



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**AUTOR: GUALOTUÑA PAUCAR, JOSÉ LUIS**

**TEMA: DISEÑO, ESTRUCTURACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA  
RED DE TELECOMUNICACIONES PARA ACCESO A INTERNET DE 44  
CENTROS EDUCATIVOS PÚBLICOS RURALES Y URBANO  
MARGINALES DE LA PROVINCIA DE BOLÍVAR**

**DIRECTOR: ING. SÁENZ, FABIÁN**

**CODIRECTOR: ING. CASTRO, ALEJANDRO**

**SANGOLQUÍ, MARZO 2014**

*Certificado de tutoría*

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**CERTIFICADO**

Ing. Fabián Sáenz

Ing. Alejandro Castro

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado “Diseño, Estructuración y Dimensionamiento de una Red de Telecomunicaciones para acceso a internet de 44 centros educativos públicos rurales y urbano marginales de la Provincia de Bolívar”, realizado por José Luis Gualotuña Paucar, ha sido guiado y revisado periódicamente, además cumple con las normas estatutarias establecidas por la Institución, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Sangolquí, 07 de Marzo del 2014

---

Ing. Fabián Sáenz

DIRECTOR

---

Ing. Alejandro Castro

CODIRECTOR

*Declaración de Responsabilidad*

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, JOSÉ LUIS GUALOTUÑA PAUCAR

**DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado “Diseño, Estructuración y Dimensionamiento de una Red de Telecomunicaciones para acceso a internet de 44 centros educativos públicos rurales y urbano marginales de la Provincia de Bolívar”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie, de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

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

Sangolquí, 07 de Marzo del 2014

---

José Luis Gualotuña Paucar

*Autorización de publicación*

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, José Luis Gualotuña Paucar

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Diseño, Estructuración y Dimensionamiento de una Red de Telecomunicaciones para acceso a internet de 44 centros educativos públicos rurales y urbano marginales de la Provincia de Bolívar”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría

Sangolquí, 07 Marzo del 2014

---

José Luis Gualotuña Paucar

## DEDICATORIA

A mis padres, José y María Rosa por brindarme su apoyo para poder cumplir todas las metas que me he propuesto en la vida, por estar conmigo tanto en situaciones adversas como en los momentos felices de mi vida.

En especial a mi madre quien ha sido la persona más cercana, que con su aliento y su apoyo logro hacer de mí una buena persona.

A Sandra, Jonny, Nicole y Estefanía, por darme todo su apoyo y ayudarme en momentos difíciles de mi vida.

A mi hermano Roberto.

Y a todas esas personas que estuvieron cerca de mí a lo largo de mi vida estudiantil.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Dios, porque todo lo que sucede en mi vida es únicamente por su voluntad y por su gracia.

A mi familia que supo ser parte de mis sueños.

Agradezco a todos mis compañeros y a los amigos que pude hacer en mi vida estudiantil.

A mis profesores que fueron una guía y supieron formar a la persona que ahora soy.

A todos mis amigos y demás personas que ayudaron de una forma u otra para seguir adelante en la consecución de esta gran meta.

Para todos, gracias infinitas.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>PRESENTACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>1</b>
1.1. MOTIVACIÓN .....	1
1.2. ALCANCE .....	4
1.3. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	6
1.3.1. Objetivo General .....	6
1.3.2. Objetivos Específicos.....	6
1.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS SOLUCIONES TECNOLÓGICAS.....	7
1.4.1. WiFi.....	8
1.4.2. VHF.....	10
1.4.3. HF.....	13
1.4.4. WiMAX.....	16
1.4.5. Conexión satelital (VSAT).....	19
1.5. CONDICIONES POR LOS CUALES SE ELIGE WI-FI .....	22
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>23</b>
<b>WIFI PARA LARGAS DISTANCIAS .....</b>	<b>23</b>
2.1. ESTÁNDARES WIFI .....	23
2.2. PROBLEMAS DE WIFI EN LARGAS DISTANCIAS .....	26
2.2.1. Capa Física.....	26
2.2.2. Capa MAC .....	28
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>33</b>
<b>REDES DE ACCESO Y TRANSPORTE .....</b>	<b>33</b>
3.1. EL MODELO DE RED.....	33
3.1.1. Redes cableadas .....	33
4.1.1. Redes sin cables.....	36
4.1.2. Redes mixtas .....	39
4.2. FUNCIÓN DE ACCESO.....	41
4.2.1. Enlace punto a punto (PtP).....	41
4.2.2. Enlace punto a multipunto (PtMP) .....	43

4.3. FUNCIÓN DE TRANSPORTE .....	44
4.3.1. La infraestructura PDH .....	45
4.3.2. La infraestructura SONET/SDH .....	47
4.4. MEDIOS DE TRANSMISIÓN.....	49
4.4.1. Medios de Transmisión para el Acceso .....	49
4.4.2. Medios de Transmisión para el Transporte.....	56
4.5. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA RED .....	57
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>58</b>
<b>ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE.....</b>	<b>58</b>
4.1. TIPOS DE CONEXIONES A LA INTERNET.....	58
4.1.1. Conexión Dedicada.....	59
4.1.2. Conexión Conmutada .....	61
4.1.3. Conexiones Satelitales.....	64
4.2. PRESTADORES DE SERVICIO DE INTERNET.....	65
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>67</b>
<b>DISEÑO DE LA RED.....</b>	<b>67</b>
5.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES .....	68
5.1.1. Elección de tecnologías para el acceso a Internet.....	68
5.1.2. Preselección de equipos .....	70
5.1.3. Elección del modelo de propagación .....	70
5.1.4. Herramienta de simulación radioeléctrica .....	71
5.1.5. Requisitos mínimos que deben cumplir los radioenlaces. ....	73
5.1.6. Recomendaciones para instalaciones exteriores.....	75
5.1.7. Distribuciones de equipos en la torre .....	76
5.1.8. Instalación de antenas Yagi y de grilla.....	77
5.1.9. Conexión de los cables coaxiales .....	77
5.1.10. Vulcanización de los dispositivos.....	77
5.1.11. Recomendaciones para alinear las antenas .....	78
5.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA.....	80
5.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA.....	81
5.3.1. Sistema Integral de Protección Eléctrica .....	82
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>83</b>



<b>GESTIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED .....</b>	<b>83</b>
6.1. SOFTWARE DE GESTIÓN DE LA RED.....	83
6.1.1. Tipos de log .....	85
7.2. MANTENIMIENTO DE LA RED .....	89
7.2.1. Mantenimiento preventivo .....	89
7.2.2. Mantenimiento correctivo .....	91
6.3. SEGURIDADES Y CONTROL DE CONTENIDOS .....	94
6.3.1. Sistema de Cifrado. ....	94
6.3.2. Control de Contenidos .....	96
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>99</b>
<b>SOSTENIBILIDAD DE REDES DE TELECOMUNICACIONES EN ZONAS RURALES.....</b>	<b>99</b>
7.1. PROBLEMÁTICA.....	100
7.1.1. Aspecto Económico .....	101
7.1.2. Aspecto Tecnológico.....	102
7.1.3. Aspecto Social y Organizativo .....	104
7.1.4. Aspecto Político .....	106
7.1.5. Aspecto Normativo.....	107
7.2. ALTERNATIVAS Y ESTRATEGIAS.....	107
7.2.1. Implementación de un periodo de acompañamiento y soporte.....	109
7.2.2. Elaboración y ejecución de un plan de capacitación.....	111
7.2.3. Gestión para la elaboración de convenios. ....	113
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>114</b>
<b>RESUMEN GENERAL DE LA RED A IMPLEMENTARSE.....</b>	<b>114</b>
8.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO .....	114
8.2. ESTUDIO DE CAMPO.....	115
8.2.1. Zonas de influencia .....	117
8.3. Selección de Localidades beneficiarias. ....	118
8.4. DISEÑO DE RED.....	128
8.4.1. Alternativa tecnológica propuesta para la implementación .....	128
8.4.2. Dimensionamiento de las redes.....	130
8.4.3. Cálculo de Cobertura .....	135
8.4.4. Cálculo del Radioenlace .....	137

8.4.5. Topología de la Red.....	139
8.4.6. Protocolos de Enrutamiento.....	141
8.5. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES .....	145
8.6. PERFILES DE LOS ENLACES Y SELECCIÓN DE LAS RUTAS.....	149
8.5.1. Distribución de Unidades educativas.....	149
8.5.2. Distribución de la red troncal.....	152
8.6. CALCULO DE PRESUPUESTO .....	155
8.7. MAPAS DE COBERTURA.....	171
8.8. DIRECCIONAMIENTO IP .....	187
8.9. ASPECTOS LEGALES Y REGULATORIOS .....	195
8.9.1. Regulación del Espectro .....	195
8.9.2. Regulación en el Ecuador.....	195
8.10. COSTOS DE LA RED A IMPLEMENTARSE .....	196
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>198</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>198</b>
9.1. CONCLUSIONES .....	198
9.2. RECOMENDACIONES.....	200
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>203</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>205</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras 1. Esquema temporal de funcionamiento del nivel MAC.....	29
Figuras 2. Dos equipos con tarjeta de red. ....	34
Figuras 3. Equipos que se comunican mediante un hub, switch o router. ...	34
Figuras 4. Un equipo conectado a Internet mediante un modem.....	35
Figuras 5. Conexión de 2 o más equipos a internet.....	35
Figuras 6. Conexión de dos equipos sin cables, red ad hoc.....	36
Figuras 7. Equipos configurados en modo infraestructura.....	37
Figuras 8. Salida inalámbrica a internet a través de un Punto de Acceso. ..	38
Figuras 9. Dos equipos conectados a un Punto de Acceso. ....	38
Figuras 10. Dos equipos conectados con cables e inalámbricamente.....	39
Figuras 11. Router inalámbrico D-link utilizado en conexiones mixtas. ....	40
Figuras 12. Red mixta con conexión a internet.....	41
Figuras 13. Enlace punto a punto.....	43
Figuras 14. Enlace punto a multipunto.....	43
Figuras 15. Posicionamiento de los Sistemas de Acceso de Banda Ancha.	51
Figuras 16. Límite de los Medios de Transmisión.....	52
Figuras 17. Red Completa de Telecomunicaciones.....	56
Figuras 18. Tipos de Conexiones de Acceso a Internet.....	58
Figuras 19. Cablemódem.....	62
Figuras 20. Esquema de Conexión a través de Cablemódem.....	63
Figuras 21. Funcionamiento Internet Satelital.....	64
Figuras 22. Mapas SRTM para Radio Mobile. ....	72
Figuras 23. Características de los enlaces en Radio Mobile. ....	74
Figuras 24. Áreas de cobertura de dos estaciones en Radio Mobile. ....	74
Figuras 25. Distribuciones de equipos en la torre. ....	76
Figuras 26. Vulcanización de los dispositivos.....	78
Figuras 27. Arquitectura de gestión de red. ....	84
Figuras 28. División Política de la Provincia de Bolívar .....	119
Figuras 29. Datos estadísticos Cantón Guaranda .....	120
Figuras 30. Datos estadísticos Cantón San José de Chimbo .....	121
Figuras 31. Datos estadísticos Cantón San Miguel .....	122
Figuras 32. Datos estadísticos Cantón Chillanes.....	123
Figuras 33. Datos estadísticos Cantón Echeandia .....	126
Figuras 34. Datos estadísticos Cantón Las Naves .....	127
Figuras 35. Nivel de potencia a lo largo de la trayectoria en un enlace ....	137
Figuras 36. Topologías de una Red.....	141
Figuras 37. Distribución de las Unidades Educativas. ....	150
Figuras 38. Distribución de la red troncal.....	154

Figuras 39. Repetidor Torre 5 .....	186
Figuras 40. RED TRONCAL .....	187
Figuras 41. GRADAS .....	188
Figuras 42. CASHAPUNGO .....	188
Figuras 43. CACHIYACU .....	189
Figuras 44. CAPADIA .....	189
Figuras 45. TORRE 2 .....	190
Figuras 46. TORRE 3 .....	190
Figuras 47. SUSANGA .....	191
Figuras 48. LOURDES .....	191
Figuras 49. ALUZANA .....	192
Figuras 50. CUCHICACAHUA .....	192
Figuras 51. COCHAUCA .....	193
Figuras 52. TORRE 1 .....	193
Figuras 53. TORRE 33 .....	194
Figuras 54. TORRE 4 .....	194
Figuras 55. TORRE 6 .....	194
Figuras 56. TORRE 5 .....	194

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Demanda de la capacidad del canal para la propuesta de red. ....	57
Tabla 2. Velocidades de acuerdo con el DS .....	59
Tabla 3. Listado de Fallas comunes .....	93
Tabla 4. Resumen de Protocolos de Enrutamiento.....	143
Tabla 5. Ubicación geográfica de las unidades educativas. ....	145
Tabla 6. Simbología utilizada en los mapas de Distribución .....	151
Tabla 7. Ubicación de los Cerros donde se ubicaran las torres.....	153
Tabla 8. Costos de la Red .....	196

## ÍNDICE DE ENLACES

Enlace 1. GADP BOLIVAR – GRADAS .....	155
Enlace 2. GRADAS –CASHAPUNGO .....	156
Enlace 3. GRADAS – SUSANGA .....	157
Enlace 4. GRADAS – CACHIYACU .....	158
Enlace 5. CACHIYACU-CAPADIA .....	159
Enlace 6. CAPADIA – TORRE 2.....	160
Enlace 7. CAPADIA - TORRE 3.....	161
Enlace 8. SUSANGA- LOURDES.....	162
Enlace 9. LOURDES –ALUZANA .....	163
Enlace 10. ALUZANA-CUCHICACAHUA .....	164
Enlace 11. SUSANGA-COCHAUCA.....	165
Enlace 12. COCHAUCA – TORRE 1 .....	166
Enlace 13. TORRE 1 – TORRE 33.....	167
Enlace 14. COCHAUCA - TORRE 4.....	168
Enlace 15. TORRE 4 – TORRE 5.....	169
Enlace 16. TORRE 5 – TORRE 6.....	170

## ÍNDICE DE REDES

Red 1. GRADAS .....	171
Red 2. CASHAPUNGO.....	172
Red 3. CACHIYACU .....	173
Red 4. CAPADIA.....	174
Red 5. TORRE 2.....	175
Red 6. TORRE 3.....	176
Red 7. SUSANGA.....	177
Red 8. LOURDES .....	178
Red 9. ALUZANA.....	179
Red 10. CUCHICACAHUA .....	180
Red 11. COCHAUCA.....	181
Red 12. TORRE 1.....	182
Red 13. TORRE 33.....	183
Red 14. TORRE 4.....	184
Red 15. TORRE 6.....	185

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo el Diseño, la Estructuración y el Dimensionamiento de una Red de Telecomunicaciones para acceso a internet de 44 Centros Educativos Públicos Rurales y Urbanos Marginales de la Provincia de Bolívar. La red conectara a 43 escuelas con la red de servicios que administra el GADP de Bolívar ubicado en la ciudad de Guaranda. Este centro estará equipado con 2 servidores, el primero configurado con aplicaciones de proxy y limitación de ancho de banda para una adecuada administración del servicio de Internet y el segundo con servicios de firewall y filtro de contenidos. La red será implementada en base a equipos de telecomunicaciones que trabajan en las bandas no licenciadas ISM de 2.4 GHz. En cada establecimiento educativo se instalara una pequeña red; estas redes se interconectan entre sí a través de una red inalámbrica la cual está formada por repetidores ubicados en los cerros Gradas, Capadia, Cachiyacu, Cashapungo, Cochauca, Susanga, Lourdes, Aluzana y Cuchicacahua, además de elevaciones que por no constar su nombre, se los dejo indicados con números como torre 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 33. Estos se eligieron por tener línea de vista directa con los establecimientos de su respectiva zona. Entonces la red queda conformada por 1 estación de administración en el GADP de Bolívar, 16 repetidores que forman la red troncal y 15 redes que interconectara a 43 escuelas ubicadas a lo largo de la Provincia de Bolívar.

Palabras Claves:

- 1: Acceso a Internet
- 2: Interconexión de Redes
- 3: Estación de administración
- 4: GADP Bolívar
- 5: Red Inalámbrica



## ABSTRACT

The objective of this article is the design, structuring and measuring of a network of telecommunications providing internet access to 44 Educative public rural institutions and urban marginal of the Bolívar province. The network will be implemented using radios bridge which work in unlicensed frequency ISM of 2.4 GHz, and uses distribution equipment attached to the surrounding areas of “repeated stations”. The distributors are attached to the receivers, which are found located in the schools. It is planned that there will be an equal number of receivers to match the number of existing schools which in the first phase correlates with 44 clients. The administration station located in the GRDP should be equipped with two servers; the first of which will be configured with proxy applications and limited bandwidth for an adequate connection to the internet, and the second will be configured with firewall services and content filters. Further, the elevations without names will be referred to by with numbers (tower 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 33). These were chosen because they have a direct line of sight with the establishments of their respective zones. Therefore, the network will be conformed of one administration station in the GADP of Bolívar, 16 repetitors which form the core network, and 15 networks which are interconnected with 43 schools located across the Bolívar province.

Key words:

1. Access to the internet
2. Interconnection of networks
3. Administration station
4. GAPD Bolívar
5. Wireless network

## GLOSARIO

**DQPSK.** - Differential-quadrature Phase Shift Keying.

**DTMF.** - Multi Frecuencia de Tono Dual.

**DVB-RCS.** - Digital Video Broadcasting - Return Channel via Satellite.

**ETSI.** - European Telecommunications Standards Institute.

**FCC.** - Federal Communications Commission.

**FCS.** - Frame check sequence.

**FEC.** - Forward Error Correction.

**FM.** - Frequency Modulation.

**FSK.** - Frequency-shift keying.

**FXO.** - Foreign Exchange Office.

**FXS.** - Foreign Exchange Station.

**GADP.** - Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial.

**GPG.** - GNU Privacy Guard.

**GPIO.** - General Purpose Input/Output, puerto de E/S digital de las computadoras.

**GPS.** - Global Positioning System.

**GSM.** - Global System for Mobile communications.

**HF.** - High Frequency.

**HR/DSSS.** - High Rate/Direct-sequence spread spectrum.

**IAX.** - Inter-Asterisk eXchange protocol.

**ICMP.** - Protocolo de Mensajes de Control de Internet.

**IEEE.** - Institute of Electrical and Electronics Engineers.

**IEEE 81.-** [http://www.techstreet.com/cgi-bin/detail?product\\_id=27123](http://www.techstreet.com/cgi-bin/detail?product_id=27123).

**IEEE 81.2.-** [http://www.techstreet.com/cgi-bin/detail?product\\_id=27125](http://www.techstreet.com/cgi-bin/detail?product_id=27125).

**IP.** - Internet Protocol.

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

**ITU.** - International Telecommunication Union.

**LAN.** - Local Area Network.

**LUF.** - Lowest useable frequency.

**MAC.** - Media Access Control.

**MIB.** - Management Information Base, Base de Información de Gestión.

**MINTEL.** - Ministerio de Telecomunicaciones.

**MUF.** - Maximum Usable Frequency.

**MVC.** - Modelo-Vista-Control, Model-View-Controller.

**NAT.** - Traducción de Dirección de Red.

**NAV.** - Network Allocation Vector.

**NIC.** - Network Interface Card.

**NTP.** - Network Time Protocol.

**OFDM.** - Orthogonal Frequency-Division Multiplexing.

**ONG.** - Organización No Gubernamental.

**OSPF.** - Open Shortest Path First.

**PAT.** - Puesta a tierra.

**PHY.** - Physical layer.

**PIRE.** - La máxima potencia que podemos transmitir.

**PtMP.** - punto a multipunto.

**PtP.** - punto a punto.

**PTT.** - Push-to-talk.

- PWM.** - Pulse Width Modulation.
- QoS .** - Quality of service.
- RIC.** - Repeater Interface Controller.
- ROE.** - Relación de onda estacionaria.
- RRCONN.** - Round Robin Connections.
- RTPC.** - Red Telefónica Pública Conmutada.
- RTS/CTS.** - Request to Send / Clear To Send.
- S.O. .** - Sistema Operativo.
- SENATEL.** - Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.
- SIFS.** - Tiempo fijo que define la separación entre la recepción del paquete de la transmisión de su ACK en el receptor.
- SIISE.** - Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador.
- SIP.** - Session Initiation Protocol.
- SMTP.** - Simple Mail Transfer Protocol.
- SNMP.** - Simple Network Management Protocol.
- SNR.** - Signal Noise Ratio.
- SREJ.** - Rechazo selectivo de paquetes.
- TCP.** - Transmission Control Protocol.
- TIC.** - Tecnologías de la información y las comunicaciones.
- TOS.** - Campo de 8 bits incluido dentro de un paquete IP.
- UDP.** - User Datagram Protocol.
- UHF.** - Ultra High Frequency.
- UUCP.** - Unix to Unix CoPy.
- VHF.** - Very High Frequency.
- VoIP.-** Voice Over IP, Voz sobre IP.

**VSAT.** - Very Small Aperture Terminals.

**WAN.** - Wide Area Network.

**WiFi.** - Wireless Fidelity.

**WiMAX.** - Worldwide Interoperability for Microwave Access.

**WLAN.** - Wireless LAN.

## **CAPÍTULO 1**

### **PRESENTACIÓN DEL PROYECTO**

#### **1.1. MOTIVACIÓN**

Las zonas alejadas de las grandes ciudades, en los países en vías de desarrollo son los polos de desarrollo en más de la mitad de la población mundial, pese a lo cual es generalizada su casi total carencia de infraestructuras tanto de comunicación, como de acceso a la información. El reto de dotar a estas zonas de conectividad a redes de voz y datos, ha sido en los últimos años una preocupación de gobiernos y varias organizaciones internacionales multilaterales de desarrollo, ya que en algunos casos se puede considerar un servicio básico, y en otros es de gran importancia para el desarrollo y la promoción humana. No obstante, todos los esfuerzos por generalizar el acceso a redes de comunicación en zonas aisladas suelen tener desde los inicios una gran problemática al haber ausencia de soluciones tecnológicas realmente apropiadas, realistas, sostenibles y debidos en gran parte a las siguientes características específicas de estos contextos:

- Además que se carece de infraestructuras de telecomunicación; suele ser prácticamente inexistente o de mala calidad la infraestructura de electrificación y, en muchos casos las vías de acceso. Por lo que se necesita implementar a los sistemas de telecomunicación de alimentación eléctrica autónoma para garantizar su funcionamiento continuo y su durabilidad, llegando a un encarecimiento y complejo mantenimiento, agregado a la ausencia de vías de acceso lo que también aumenta costos y dificulta tanto el despliegue de redes como su mantenimiento.

- El personal técnico calificado necesario para el mantenimiento y operación de estas tecnologías suele encontrarse en las grandes ciudades, y resulta caro y difícil contar con estos en la zona de influencia.

- La población es pobre y dispersa, por lo que no puede soportar los costos de implementación de infraestructuras, instalación, mantenimiento y operación. Tampoco los gobiernos de los países en vías de desarrollo están en condiciones de poder subvencionar la instalación de redes de comunicaciones rurales con fines de una cobertura total, tanto por falta de recursos como por la enorme proporción de las poblaciones rurales que no contribuyen a las economías nacionales.

Es por estas razones es que el Fondo de Desarrollo de Telecomunicaciones (Fodetel), adscrito al Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (MINTEL), ha decidido enfrentar estas dificultades y ha dispuesto la instalación tanto de la infraestructura, como de

la implementación de dichas redes de comunicación, con el aporte del Gobierno Nacional, de organismos de Cooperación Internacional y la intervención de las Universidades Ecuatorianas. Con este objetivo la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, por intermedio de su Departamento de Eléctrica y Electrónica y la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones colabora con su contraparte en cuanto a la planificación y diseño de las redes que pueden ser óptimas y aplicables para solucionar la problemática ya detallada.

Tomando en cuenta el desarrollo de la tecnología, la computación y su integración con las telecomunicaciones se ha propiciado el surgimiento de nuevas formas de comunicación, que son aceptadas cada vez más por las personas. El desarrollo de las redes informáticas posibilitó su conexión mutua y, finalmente, con la creación y despliegue de Internet.

A más de esto, el vertiginoso crecimiento de las redes telefónicas y celulares hacen que cada día existan mejores prestaciones en cuanto a servicios; tratando de unificar en una tecnología robusta que satisfaga de manera eficiente al usuario que requiere sistemas de voz, video y datos; con la única condición que es la de eliminar estructuras cableadas dando paso a soluciones inalámbricas, vistas ya no como un lujo corporativo o personal sino como una necesidad futurista.



## 1.2. ALCANCE

Una vez que la institución coordinadora (Fodetel) ha desarrollado un plan de Telecomunicaciones, se debe ahora determinar el alcance inicial del proyecto para decidir ¿Qué Tecnología de Telecomunicación debe utilizarse?

Los administradores deben tomar en cuenta 8 factores al escoger una red de Telecomunicaciones.

1.2.1. **Distancia:** Si las Telecomunicaciones serán en su mayoría locales y totalmente internas dentro de edificios o instituciones, no hay necesidad de WAN, líneas rentadas o comunicaciones a larga distancia.

1.2.2. **Margen de servicios:** Definir los límites de servicios que prestará esta red, como por ejemplo el correo electrónico, EDI (Intercambio Electrónico de Datos), operaciones generadas al interior, correo de voz, videoconferencias o imágenes, y si todos estos servicios deben ser integrados en la misma red.

1.2.3. **Seguridad:** Se pueden definir tres niveles de seguridad según la implementación.

- Los medios más seguros de comunicaciones a larga distancia son a través de líneas propias de la institución.

- La siguiente es a través de Redes de Acceso Virtual VAN (Virtual Access Network) que contienen información corporativa en paquetes pequeños. Esta se encuentra entre las menos seguras.

- Líneas ordinarias de teléfonos, que pueden ser interceptadas en varios puntos, son aún menos seguras que las VAN.

1.2.4. **Acceso múltiple:** Se refiere al acceso múltiple de todos los puntos que necesiten estar conectados a la red de la institución.

1.2.5. **Uso:** Es importante considerar dos aspectos de uso como lo son la frecuencia y el volumen de transmisión de datos. Conjuntamente, entre dos factores determinan la carga total en el Sistema de Telecomunicaciones.

**Comunicación de alta frecuencia y alto volumen:** Sugieren la necesidad de una LAN de alta velocidad para las comunicaciones locales y líneas rentadas para las comunicaciones a larga distancia.

**Comunicación de baja frecuencia y bajo volumen:** Sugieren circuitos telefónicos de voz que operen mediante un modem tradicional.

1.2.6. **Costo:** ¿Cuánto cuesta cada opción de Telecomunicaciones?. Se debe incluir los costos de desarrollo, operaciones, mantenimiento, expansión y administración. ¿Cuáles componentes del costo son fijos o variables? Además, ¿Existen costos ocultos que deben anticiparse? por

ejemplo el efecto *autopista*, dice que "mientras más fácil sea usar una ruta de comunicaciones, más gente querrá utilizarla".

1.2.7. **Instalación:** Referente al Sistema de Telecomunicaciones. ¿Es factible la instalación de la red en un lugar físico disponible?

1.2.8. **Conectividad:** Se requiere definir qué tanta conectividad se requiere hacer para que todos los componentes de la red se comuniquen entre sí o para entrelazar redes múltiples (TECNOMAESTROS).

### 1.3. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

#### 1.3.1. Objetivo General

- Diseñar una Red de Telecomunicaciones para dar acceso a Internet a 44 centros educativos ubicados en la Provincia de Bolívar, mediante tecnología inalámbrica Wifi en la banda de 2.4 Ghz.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Diseñar y Caracterizar la infraestructura tecnológica de Telecomunicaciones y de conectividad a Internet para unidades educativas ubicadas en las zonas rurales y urbanas marginales de la Provincia de Bolívar.

- Dimensionar y plantear parámetros para administrar la red de Telecomunicaciones.
- Realizar un análisis de sostenibilidad de la red, tanto Económicos, Tecnológicos, Políticos , Normativo, Sociales y Organizativos

#### **1.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS SOLUCIONES TECNOLÓGICAS**

Como hemos descrito anteriormente, en países en vías de desarrollo, es frecuente que zonas rurales de gran extensión carezcan por completo de infraestructuras de telecomunicación, lo cual supone un obstáculo para el desarrollo y la calidad de vida de las personas. El alto costo de las alternativas tecnológicas convencionales, las dificultades del entorno tales como la ausencia de alimentación eléctrica, las dificultades de acceso o la falta de seguridad física de las instalaciones en emplazamientos deshabitados suponen grandes limitantes para estas tecnologías. Por lo tanto, resulta necesario el planteamiento de alternativas tecnológicas que tengan en cuenta estos requerimientos.

A continuación se describirán distintas tecnologías propuestas para la instalación de redes de telecomunicaciones en este contexto. Todas ellas son inalámbricas, ya que dadas las características descritas anteriormente, una red cableada sería muy costosa de instalar y mantener.

### 1.4.1. WiFi

La utilización de la familia de estándares IEEE 802.11 (802.11a/b/g/n), más conocida como WiFi, tiene asignadas las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) 2.400-2.4835 GHz para uso en redes inalámbricas, basadas en espectro ensanchado, con objeto de lograr redes de área local inalámbricas (WLAN). WiFi comparte la mayoría de su funcionamiento interno con Ethernet, sin embargo se diferencia en la especificación de la capa física (PHY), utilizando señales de radio en lugar de cable y en su capa de control de acceso al medio (MAC); ya que para controlar el acceso a Ethernet usa CSMA/CD, mientras que WiFi usa CSMA/CA. El gran ancho de banda (entre 1 y 11 Mbps para 802.11b y hasta 54Mbps para 802.11a/g, llegando hasta 600 Mbps en 802.11n) a un precio reducido, lo presenta como una de las mejores opciones para la transmisión de datos. Tomando en cuenta ciertas restricciones legales de potencias se puede utilizar en exteriores utilizando antenas externas, amplificadores adecuados, etc. Las regulaciones vigentes permiten establecer enlaces de varias decenas de kilómetros a potencias muy bajas, con un ancho de banda mucho mayor que otras soluciones tecnológicas. Como la comunicación punto a punto sólo puede darse entre estaciones con perfecta línea de vista, en muchos escenarios, no suelen lograrse alcances mayores de unos 40 Kms. No obstante, pueden salvarse obstáculos con el uso de repetidores intermedios o las propias estaciones cliente utilizadas como repetidores, para interconectar dos estaciones que se encuentren a una mayor distancia. Las

ventajas e inconvenientes que presenta el uso de esta tecnología se indican a continuación:

### **Ventajas:**

1. Uso de frecuencias de la banda ISM 2.4 GHz, con ciertas limitaciones de potencia.

2. Velocidades desde 1 hasta 600 Mbps, siempre teniendo en cuenta que el throughput neto obtenido está alrededor de un 50 a 70% de esos valores.

3. Tecnología con estándar ampliamente difundido y fácil de configurar, lo que favorece los bajos costos de los equipos.

4. Bajo consumo de potencia, menor a 10 W por enrutador.

5. Flexibilidad: un nodo puede adherirse a la red si puede ver a uno de los nodos vecinos, esto nos beneficia en zonas rurales aisladas que normalmente no siguen una distribución geométrica ordenada alrededor de un punto central.

6. Hardware fácilmente integrable en un sistema impermeable que soporte condiciones meteorológicas adversas.

### **Inconvenientes:**

1. Requiere línea de vista directa, lo que podría aumentar el número de repetidores necesarios, aumentando los costos.

2. Al ser una tecnología creada para redes de corto alcance, hay que solucionar ciertos problemas relacionados con su utilización para distancias de varios kilómetros.

3. El número de colisiones aumenta en relación con el número de usuarios.

4. Tiene un número limitado de canales no interferentes, 3 en 2.4 GHz.

### **1.4.2. VHF**

Las redes privadas de comunicación de voz en banda VHF utilizan la banda de frecuencia de 30- 300 MHz. En ellos se alcanzan distancias de enlace en torno a los 70 Km, limitados por la potencia de transmisión y la altura de las antenas. Éstas deberán de compensar la curvatura de la tierra y salvar los obstáculos que se presentan en su ruta, aunque tiene bastante tolerancia a los mismos.

En la propagación directa desde la antena transmisora a la antena receptora es recomendable que exista línea de vista entre ellas, es decir, que exista visibilidad óptica los puntos a enlazar. Sin embargo, se soportan obstáculos vegetales o invasiones no muy profundas de la línea de vista por elevaciones propias del terreno.

El inconveniente de no lograr un enlace debido a obstrucción severa de la línea de vista puede superarse utilizando equipos intermedios o repetidores, usualmente ubicados en zonas elevadas, de forma que permitan

la comunicación a través de ellos. En Ecuador, por ejemplo, prácticamente toda la costa y toda la selva baja son apropiadas para la comunicación en VHF. Además, incluso en los valles serranos y/o corredores interandinos también es posible la comunicación en VHF, directamente o a través de repetidores.

Aunque esta banda está pensada solamente para la transmisión de voz y que además los equipos de radio se diseñan y fabrican para ese fin, mediante software se puede conseguir utilizar este medio para comunicaciones de datos. Existen diferentes tipos de herramientas software para la transmisión de datos. El más eficiente de ellos es el protocolo AX.25 que incluso permite instalar el protocolo TCP/IP sobre dicha red. AX.25 es un protocolo de nivel de enlace habitualmente usado por radio aficionados para bandas VHF/UHF y HF. Aunque la velocidad que se consigue es muy baja, apenas comparable a la velocidad de un módem telefónico, puede aumentar con la compresión que incorpora el sistema de correo, permitiendo utilizar aplicaciones de correo electrónico, mensajería y navegación un poco restringida en Internet a velocidades aceptables.

Para poder ofrecer ambos servicios, se eligen radios VHF convencionales que se utilizan normalmente para voz, pero que, intermitentemente, pasan a intercambiar datos entre un ordenador cliente y su servidor de referencia.



A continuación se presenta un listado de las ventajas y desventajas que presenta esta tecnología.

**Ventajas:**

- Enlaces a largas distancias. Aunque requiere línea de vista pueden salvarse algunos obstáculos vegetales o no muy profundos. Estos enlaces suelen implicar menor número de emplazamientos aislados necesarios para conectar establecimientos.

- La calidad de los enlaces es aceptable durante las 24 horas al día, al no verse afectada la propagación por los cambios climatológicos.

- Tecnología de radio muy conocida en los entornos rurales.

- Fácil reutilización de frecuencias.

**Inconvenientes:**

- Velocidades menores que otras tecnologías como por ejemplo WiFi.

- Mayor consumo de potencia, 100 W en transmisión, frente a los menos de 10 W requeridos para transmitir con una tecnología WiFi.

- Al requerirse potencias mayores, se tiene que proveer al sistema de mayor sistema autónomo de electrificación, por lo que se requerirá de paneles solares de superficie mucho mayor y baterías de mayor capacidad, lo que eleva su costo.

- **Mayor costo:** Una radio VHF tiene un precio en torno a 500 USD, frente a los 150 de una tarjeta WiFi.

- El uso de la banda VHF requiere de la obtención oficial de una licencia de servicio.

### 1.4.3. HF

La transmisión en banda HF tiene una frecuencia de operación de 3 a 30 MHz y permite comunicaciones de centenares y hasta miles de kilómetros. El método de propagación para la banda HF es por "Onda Ionosférica", por el cual las ondas se transmiten y luego se reflejan hacia el punto de recepción. La propagación de las ondas depende de las capas de la ionosfera, que poseen un comportamiento aleatorio en cuanto a su estructura y densidad, afectando directamente a las frecuencias de trabajo. Para tener en cuenta estas características y poder configurar los equipos a una frecuencia adecuada para las condiciones climatológicas, época, hora y lugar, se determinan frecuencias mínimas LUF y máximas MUF de trabajo. Por debajo de la LUF no se podría realizar propagación por la ionosfera, debido a que hay gran absorción y la señal quedaría enmascarada por el ruido, a frecuencias mayores de la MUF, las ondas atraviesan la ionosfera y

no son reflejadas a la tierra. Por el gran recorrido de las ondas, desde el punto de transmisión hasta el punto de reflexión y luego al punto de recepción, se producen considerables pérdidas en el espacio libre y además surge el desvanecimiento multitrayecto de la señal. Hay que tomar en cuenta que la Ionosfera está ubicada entre los 60 y los 500 Km sobre la superficie terrestre.

Por lo tanto, los sistemas de radio de onda corta HF nos ayudan en comunicaciones a través de terrenos planos, elevados o montañosos, sin la necesidad de dispositivos de retransmisión, como los repetidores. Al igual que la banda VHF, la banda HF también está destinada a la transmisión de voz y por sus características no es recomendable para la transmisión de datos. El canal HF tiene características tales como ruido, bajo ancho de banda, etc., que hacen difícil trabajar con él, por lo que los módems de HF hasta ahora han sido extraordinariamente caros o muy lentos. Para aprovechar el escaso espectro disponible, los canales suelen ser de 3 KHz y la modulación en banda lateral única, mucho menos robusta que la de FM y sometida además a desvanecimientos ocasionados por las incertidumbres de la propagación ionosférica. La investigación en esta banda se ha dirigido al desarrollo de nuevos tipos de modulación, como OFDM y nuevos protocolos que han permitido alcanzar velocidades alrededor de los 2.400 bps al precio de una tarjeta de sonido.

**Ventajas:**

- Se pueden alcanzar lugares con ubicaciones geográficas complicadas sin necesidad de repetidores, ya que no es necesaria la línea de vista a las antenas.
- Es una solución viable para cualquier situación, ya que no requiere de estudios concretos de propagación.
- La distancia no es limitante, pueden obtenerse enlaces a distancias muy largas, inclusive de hasta miles de kilómetros.

**Inconvenientes:**

- El entorno es muy sensible a errores por los desvanecimientos ocasionados por las incertidumbres de la propagación ionosférica.
- Limitaciones técnicas por la baja velocidad obtenida en la transmisión.
- Consumo de energía ligeramente mayor que VHF y mucho mayor que WiFi, normalmente se utilizan transceptores de 100 W.

- Enlaces de peor calidad con mucha variabilidad en cortos intervalos de tiempo. Además, sólo se puede usar a ciertas horas, dependiendo del canal, protocolos y modulaciones especiales.

#### **1.4.4. WiMAX**

El estándar IEEE 802.16, más conocido como WiMAX, es una consecuencia del trabajo realizado entre 2002 y 2005 en el IEEE, para la definición de nuevas propuestas tecnológicas que permiten cubrir algunas deficiencias de las redes inalámbricas de banda ancha. Se requiere tener redes inalámbricas de altas prestaciones en áreas metropolitanas sin línea de vista, viabilizar la distribución de conectividad por medios inalámbricos a distancias del orden de decenas de kilómetros en zonas semiurbanas y rurales, además de soportar calidad de servicio (QoS) y satisfacer a usuarios con requerimientos de servicio heterogéneos.

El estándar IEEE 802.16d plantea dos rangos de frecuencia de funcionamiento de los equipos. Por un lado, las bandas licenciadas de 10 a 66 GHz que proporcionan un entorno físico en el que es imprescindible disponer de línea de vista. Su uso es para proporcionar acceso en pequeñas oficinas y casas. Por otro lado, las bandas por debajo de los 11 GHz proporcionan un entorno físico en el que no es imprescindible disponer de línea de vista. El estándar proporciona soporte para escenarios con y sin línea de vista en dicha frecuencia. Su uso es para proporcionar acceso en entornos metropolitanos así como en enlaces a gran distancia, llegando a

capacidades de hasta 120 Mbps, a los abonados privados sin necesidad de llevar la red cableada hasta los emplazamientos finales.

El estándar IEEE 802.16-2004 se diseñó, al igual que el IEEE 802.11, de forma tal que su apariencia e interacción para con las capas superiores fuera la misma que la que presenta Ethernet; también al igual que toda la familia 802, define la capa PHY y la MAC. Por otra parte, su funcionamiento es similar al de una red GSM, en donde una malla de estaciones base permite el acceso a múltiples usuarios, pudiendo de esta forma manejar múltiples sectores independientes de forma simultánea. Todas las comunicaciones tienen que pasar por una estación base, siendo imposible la comunicación directa entre dos estaciones suscriptoras. WiMAX está orientado a conexión, por lo que las estaciones suscriptoras deben solicitar servicio a la misma. Cuando la estación base recibe una solicitud para incorporar una nueva estación suscriptora, esta calcula si es posible garantizarle un servicio mínimo, pero siempre manteniendo los compromisos con otras estaciones suscriptoras. Sólo en el caso de cumplir ambas condiciones se le concede el acceso, de forma que la estación base puede garantizar el servicio para con todas las estación suscriptoras, es decir throughput mínimo, retardo máximo, entre otras características.

A continuación se indican las ventajas e inconvenientes que presenta el uso de WiMAX:

**Ventajas:**

- Tiene la posibilidad de asignar diferente ancho de banda a cada canal, desde 1.5 MHz a 20 MHz.
- Posibilita la reutilización de frecuencias y de una mejor planificación de las celdas, así tenemos que el número de canales no interferentes entre sí dependa únicamente del ancho de banda disponible.
- Fue creado y diseñado como estándar para redes metropolitanas.
- No necesita línea de vista para realizar un enlace.
- Utiliza antenas inteligentes (Smart antennas), las cuales optimizan su patrón de radiación automáticamente en función de la demanda.
- En una red WiMAX se puede proporcionar QoS, lo cual es muy importante para algunas aplicaciones y para la gestión de las redes en general.
- Su rango normal de operación se encuentra entre los 7 y los 10 Km, pero puede llegar hasta 50 Km sin modificaciones.
- No sufre el problema del nodo oculto, ni aumentan las colisiones con el número de usuarios, pues la estación base va asignando slots a cada

estación, evitando así las colisiones que conllevan una importante pérdida de paquetes.

#### **Inconvenientes:**

- Los costos de las instalaciones están fuera del alcance de muchos entornos rurales ya que sus costos son muy altos; sin contar las antenas, ni las torres.
- Se necesita de un gran subsistema eléctrico para su funcionamiento, el cual es muy costoso en zonas donde apenas hay energía eléctrica del orden de 1500 W en cada estación base.

#### **1.4.5. Conexión satelital (VSAT)**

Las redes VSAT (Very Small Aperture Terminals), son redes de comunicación de datos vía satélite para el intercambio de información punto-punto, o punto-multipunto (broadcast o interactiva).

El componente principal de este sistema es el hub, que es la estación central terrestre de la red. Éste permite realizar la comunicación entre dos terminales VSAT, es decir, que todo intercambio de información tiene que pasar por el hub. Esta estructura de red logra que las estaciones terminales sean simples, baratas y fáciles de instalar. Las antenas usadas tienen un diámetro entre 2.4 m, y 1.3 m, los sistemas tienen un bajo consumo de



energía. Con esta tecnología se consiguen diseñar redes muy densas con altas velocidades de transmisión si tenemos pocos usuarios conectados simultáneamente, permitiendo la transferencia de voz, datos y vídeo. Normalmente se contratan enlaces asimétricos, con mayor capacidad en el enlace de bajada para el usuario. Los sistemas VSAT están utilizando el protocolo DVB-RCS como plataforma de soporte para el acceso bidireccional a Internet en emplazamientos aislados, con lo cual se consigue un mayor ancho de banda. Sus ventajas e inconvenientes se presentan son:

### **Ventajas:**

- Fácil y rápida implantación en lugares de difícil acceso.
- Se suele diseñar para tener una disponibilidad de la red del 99.5% del tiempo y con una BER (Bit Error Rate) de  $10^{-7}$ .
- Estabilidad de los costos de operación de la red durante un largo periodo de tiempo.
- Los enlaces asimétricos se adaptan a los requerimientos de transferencia de datos entre una estación central que transmite mucha información a estaciones lejanas que responden con poca información.
- Facilidad de reconfiguración y de ampliación de la red. El uso de un satélite hace que se pueda establecer contacto con cualquier punto dentro

de su área de cobertura con lo que los receptores pueden cambiar de ubicación sin más cambio que la reorientación de su antena.

- La introducción de un nuevo terminal no afecta significativamente al funcionamiento de los demás terminales de la red

- Evita las restricciones que impone una red pública en cuanto a costos y puntos de acceso.

- Gestión centralizada de la red, lo cual simplifica los terminales de usuario.

- Servicio independiente de la distancia.

- Cobertura global e inmediata.

**Inconvenientes:**

- Como todo sistema basado en satélites, es sensible a interferencias provenientes tanto de la tierra como del espacio.

- Las inversiones iniciales son elevadas y en algunos países no son claramente competitivas frente a redes basadas en recursos terrestres.

- El punto más crítico de la red está en el satélite. Toda la red depende de la disponibilidad del transpondedor. Si éste pierde la conexión, toda la red pierde la conexión con él.

### **1.5. CONDICIONES POR LOS CUALES SE ELIGE WI-FI**

Si bien el estándar IEEE802.11 no se concibió para redes extensas, sus indudables ventajas en cuanto a costo, uso de frecuencias libres de licencia y gran ancho de banda, han despertado el interés de diversos agentes tecnológicos de países en desarrollo. Incluso en entornos urbanos de muchos países se han dado experiencias de aplicaciones WiFi para distribuir el acceso a Internet con la mayor cobertura posible en exteriores. Además, el enorme éxito de WiFi en todos los ámbitos ha dado lugar a una gran cantidad de productos en el mercado, casi todos ellos de bajo consumo, con precios bajos y mucha flexibilidad de uso, especialmente en combinación con desarrollos de software abierto.

Respecto al uso de frecuencias, la mayor parte de los estados adoptan las restricciones de la FCC en el uso de las bandas ISM 2.4GHz usada por esta tecnología. Estas normas son mucho más permisivas que las europeas y permiten realizar en las zonas rurales enlaces tanto punto a punto (PtP) como punto a multipunto (PtMP) de varias decenas de kilómetros.

Por estas razones se ha decidido usar WiFi con algunas modificaciones que se irán analizando a lo largo de los siguientes capítulos.

## CAPÍTULO 2

### WIFI PARA LARGAS DISTANCIAS

#### 2.1. ESTÁNDARES WIFI

Existe una gran diferencia entre los distintos estándares WiFi. Es por ello que a continuación se realiza una presentación teórica de cada uno de ellos:

802.11: WLAN a 2,4 GHz y 2 Mbps (1997)

802.11a: WLAN a 5 GHz y 54 Mbps (1999, venta de productos 2001)

802.11b: WLAN a 2,4 GHz y 11 Mbps

802.11e: Soporte de QoS

802.11g: WLAN a 2,4 GHz, 54 Mbps , compatible con 802.11b(2003)

802.11h: Gestión del espectro radio a 5 GHz en Europa.

802.11i: Seguridad

802.11j: Regulación de 5GHz en Japón.

802.11k: Medidas sobre WLANs.

802.11n: WLAN a 300-600 Mbps, MIMO (2009)

802.11s: Redes Mesh

El estándar 802.11 fue aprobado por el IEEE en 1997, permitiendo trabajar con velocidades de transmisión de 1Mbps y 2Mbps. El estándar IEEE802.11b primero, y luego los estándares IEEE802.11a y IEEE802.11g, añadieron nuevas técnicas de modulación en la capa física logrando con esto mayores velocidades de transmisión y una mayor robustez en la conectividad.

El estándar IEEE802.11b trabaja en la banda de frecuencia de 2.4GHz utilizando el sistema de transmisión HR/DSSS. Mediante el uso de la modulación CCK se da soporte a las velocidades de transmisión de 5.5Mbps y 11Mbps. Se cuenta con catorce canales de 22MHz, los cuales pueden estar limitados a once o trece según el país, de los cuales se pueden utilizar simultáneamente hasta tres de forma no interferente.

El estándar IEEE802.11g fue desarrollado a raíz del problema de incompatibilidad entre los equipos de IEEE802.11a y IEEE802.11b. Además, la creación de este estándar se dio por el interés en incrementar la capacidad de los equipos y redes Wi-Fi. Este estandar trabaja en la banda de frecuencia de 2.4GHz, manteniendo además los mismos canales y modulaciones de IEEE802.11b, y añade el sistema OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing) mediante el cual se soportan velocidades de transmisión de hasta 54Mbps.

El estándar IEEE 802.11n-2009 es una enmienda del IEEE 802.11-2007 para proveer velocidades superiores a los estándares previos (802.11a/g)

con un aumento significativo de 54 Mbps hasta 600 Mbps, utilizando 4 flujos espaciales con un ancho de canal de 40MHz. Actualmente la capa física soporta una velocidad de 300Mbps, con el uso de 2 flujos espaciales en un canal de 40MHz. Dependiendo del entorno, esto puede transformarse a un desempeño visto por el usuario de 100Mbps. Los flujos se refieren al uso de MIMO (Multiple-Input Multiple-Output), un flujo de 2 se refiere a un MIMO de 2x2.

El Espectro a 2.4GHz divide la banda en 14 bloques de 25MHz de ancho de banda y separados a una frecuencia de 5MHz; el ancho de banda dependerá de la modulación a usar en 802.11a/b/g/n. No todos los países tienen aceptados todos los bloques. Además tenemos en cuenta que los canales continuos están solapados. A continuación se muestra los 11 canales permitidos en Norte América y en muchos países en desarrollo, entre ellos Ecuador; además en estos canales se permite un EIRP o PIRE de 4000mW en PtMP.

Canal 1: 2412 MHz

Canal 2: 2417 MHz

Canal 3: 2422 MHz

Canal 4: 2427 MHz

Canal 5: 2432 MHz

Canal 6: 2437 MHz

Canal 7: 2442 MHz

Canal 8: 2447 MHz

Canal 9: 2452 MHz

Canal 10: 2457 MHz

Canal 11: 2462 MHz

## **2.2. PROBLEMAS DE WIFI EN LARGAS DISTANCIAS**

Dado que la que la tecnología WiFi fue en su inicio diseñada para redes locales, la mayor dificultad la tenemos en aplicaciones para largas distancias.

### **2.2.1. Capa Física**

Una revisión del estándar nos permite ver que ningún elemento de la capa física limita el alcance de las comunicaciones WiFi en términos de distancia, más bien es el balance del enlace. Los límites físicos de distancia alcanzable con WiFi dependerán, de los siguientes parámetros:

- La máxima potencia que podamos transmitir (PIRE).
- Las pérdidas de propagación presentes a lo largo del enlace.
- La mínima relación señal a ruido que estemos dispuestos a aceptar como suficiente.
- La sensibilidad de recepción.

El propio estándar determina que los límites de potencia que se puede transmitir dependen de la legislación que atañe a la banda de frecuencias ISM para cada región geográfica, hasta 1 W en Ecuador. Además, hay algunos aspectos de la capa física que deben ser tenidos en cuenta para obtener una mayor estabilidad en el enlace, tales como:

**Velocidad.** El protocolo IEEE802.11 recoge distintas velocidades según el modo de funcionamiento. Estos modos usan diferentes tipos de modulación y codificación, de forma que cuanto mayor sea la velocidad, mayor es la potencia necesaria en recepción para mantener un enlace con una BER baja. Esta potencia, llamada sensibilidad, obliga a usar velocidades bajas si se quiere lograr enlaces de larga distancia con una cierta estabilidad. La diferencia en la sensibilidad de recepción entre 1 y 11Mbps, aunque dependiendo de los equipos, suele ser de más de 10 dB, lo cual equivale prácticamente a cuadruplicar con 1Mbps el alcance que se tiene con 11Mbps. Si además se tiene en cuenta que la banda de 2.4 GHz impone limitaciones en cuanto al nivel de potencia legal a transmitir, es fácil comprobar que para enlaces muy largos normalmente deben usarse las velocidades más bajas de 802.11b para tener estabilidad y buena calidad. En términos de estabilidad y prestaciones resulta mejor configurar la velocidad del canal a un valor fijo. Se recomienda ser conservadores para soportar una cierta pérdida de prestaciones que sin duda se va a dar con el tiempo por pérdida de alineación de las antenas, cambios climáticos y otros factores. Con el estándar 802.11n y el uso de MIMO 2x2, se trata de librar este inconveniente y poder transmitir hasta 100 Mbps reales.



**Fenómenos meteorológicos.** En las zonas rurales es frecuente encontrar condiciones meteorológicas adversas. Aunque tradicionalmente se suele decir que las lluvias influyen “de forma sensible” a partir de los 10GHz, cuando los enlaces son muy largos una pequeña atenuación en dB/Km acaba siendo importante. Algunos estudios no le dan mucha importancia a la atenuación por nubes y nieblas, pero todo dependerá de la distancia.

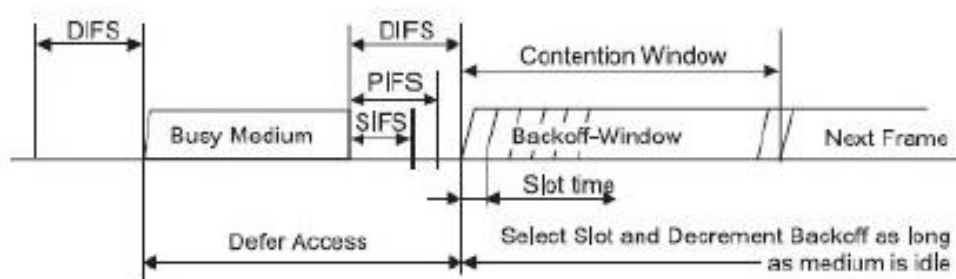
**Polarización.** El mejor comportamiento se da con polarización vertical, pero las condiciones atmosféricas y el terreno pueden producir una cierta despolarización, con lo que la recepción de la señal empeora y su atenuación aumenta.

**Interferencias.** Si bien en las zonas rurales aisladas esto no suele suceder, los enlaces que conectan zonas aisladas con zonas urbanas se pueden ver afectados por este problema.

### **2.2.2. Capa MAC**

A parte de las restricciones que impone el balance en el enlace, existen restricciones debido a la distancia, ya que los resultados así lo demuestran y, además, porque la capa MAC tiene multitud de tiempos constantes definidos que tienen diferente efecto en función de la distancia que haya entre estaciones. Estos tiempos se pueden apreciar en la Figura 1. De ahí se pueden tener tres tipos de limitaciones:

1. El temporizador de espera de los ACKs.
2. La definición de tiempos relacionados con el Slottime, y
3. El cálculo del vector que se encarga de controlar el tiempo que se debe esperar cuando el canal está reservado para la detección de portadora virtual (NAV).



**Figuras 1. Esquema temporal de funcionamiento del nivel MAC.**

Fuente: (Grupo de Telecomunicaciones Rurales-Pontificia Universidad Católica del Perú (GTR-PUCP), 2011)

- **ACKtimeout:** Este parámetro se define como el tiempo en que la estación transmisora espera la llegada del ACK una vez que ha terminado la transmisión de un paquete. Para que una comunicación WiFi funcione a una determinada distancia se tiene que cumplir que el ACKtimeout sea mayor que el tiempo de propagación de ida y vuelta más el SIFS, un tiempo fijo que define la separación entre la recepción del paquete de la transmisión de su ACK en el receptor. No obstante, el estándar no da un valor claro a este parámetro, y los equipos WiFi del mercado varían mucho en su implementación del ACKtimeout; algunos sistemas tienen un valor por defecto de aproximadamente DIFS+SIFS pero que se puede modificar, y

otras tienen valores no modificables pero más grandes. DIFS es el tiempo que cada estación espera una vez que detecta que el canal ha quedado libre. Cuando una estación intenta enviar un paquete a otra que está demasiado distante como para recibir de ella el ACK antes de que transcurra el ACKtimeout, se interpretará que la transmisión falló y se retransmitirá; cómo lo mismo le sucede a cada retransmisión, cada paquete se retransmitirá el máximo número de retransmisiones antes de descartarse y dejar paso al siguiente. La capa WiFi de la estación transmisora “entenderá” que no logró mandar el paquete, pero de hecho lo probable es que hayan llegado correctamente varias copias de éste, de las que la primera se pasará a la capa superior en el receptor. El resultado es que el enlace funciona, pero con un rendimiento ínfimo debido a que todo se retransmite varias veces, 7 por defecto.

- **Slottime.** Los valores de Slottime, SIFS y DIFS imponen restricciones al funcionamiento de la capa MAC de WiFi a partir de ciertas distancias. El estándar prevé que las estaciones que transmiten son oídas por las otras dentro del mismo slot en que se ha producido la transmisión, lo cual impone un límite de unos 3 Km. Más allá de esa distancia, las prestaciones de los enlaces empeoran conforme aumenta la distancia, aunque aún resultan utilizables si el número de nodos activos es suficientemente bajo.

- **Vulnerabilidad con nodos ocultos.** En IEEE 802.11 se emplea el mecanismo RTS/CTS para evitar colisiones entre nodos ocultos; no obstante, ese mecanismo funciona si el cómputo del NAV se corresponde

con el tiempo que verdaderamente el canal va a permanecer ocupado; puesto que el NAV no se calcula teniendo en cuenta el tiempo de propagación, a medida que la distancia aumenta su efectividad empeora; en enlaces punto a multipunto con distancias del orden de kilómetros, el RTS/CTS es prácticamente inservible, y no hay un mecanismo alternativo.

Como consecuencia de lo anterior, y dependiendo del tipo de enlace que define la arquitectura 802.11, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- **Enlaces punto a punto (PtP).** Cuando la distancia es mayor de 3 Km, se incrementa proporcionalmente con la distancia, en saltos de 3 Km, el número de slots en que una estación puede empezar a transmitir y colisionar con un paquete cuya transmisión se inició en un slot determinado; esto tiene relativamente poco impacto cuando la carga ofrecida es baja, pero es importante cuando el enlace está próximo a la saturación, ya que en ese caso casi siempre hay un paquete listo para ser transmitido; tan pronto como se considere libre el canal, y para ventanas de contención pequeñas la probabilidad de colisión será significativa. También será necesario cuidar el ajuste del ACKTimeout fijándolo a un valor ligeramente superior a dos veces el tiempo de propagación.

- **Enlaces punto a Multipunto (PtMP).** Además de darse las mismas anomalías de comportamiento de la MAC entre la estación transmisora y receptora de un paquete que se han comentado para PtP, las otras estaciones que observan pasivamente el canal esperando que se desocupe

tomarán decisiones equivocadas al considerar el canal libre cuando no lo está. Por ejemplo, si la distancia hace que los ACK se reciban más tarde que DIFS, la estación transmisora todavía podrá esperar por el ACK si el ACKTimeout es lo suficientemente grande, pero las otras estaciones cercanas a ésta que esperan a que el canal se libere optarán a ocupar el canal de inmediato, pudiendo colisionar con cierta probabilidad con el ACK que está en camino. Por lo que hay que fijar el ACKtimeout para el enlace más largo que conforme ese PtMP.

En definitiva, WiFi puede servir, aunque con cierta pérdida de prestaciones, para enlaces PtP de larga distancia si los equipos terminales permiten configurar el ACKtimeout y el Slottime; en cambio, para PtMP, aun modificando esos parámetros, el funcionamiento es notablemente deficiente a menos que la carga ofrecida y el número de nodos sean muy bajos.

## **CAPÍTULO 3**

### **REDES DE ACCESO Y TRANSPORTE**

#### **3.1. EL MODELO DE RED**

Existen varios modelos de red, y se debe encontrar el que mejor se adapte a las necesidades de nuestro diseño, a continuación analizaremos cada una de ellos.

##### **3.1.1. Redes cableadas**

Las figuras siguientes ilustran distintos modelos de red Ethernet. Todos los ordenadores incorporan una tarjeta de red Ethernet. La conexión a Internet, en caso de haberla, se lleva a cabo mediante una conexión de banda ancha (ADSL, cable TV, entre otras.)

##### **Dos ordenadores sin conexión a Internet**

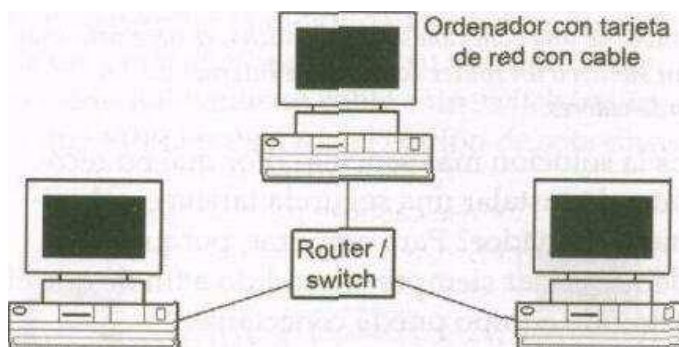
Es el tipo de red más simple: dos computadores conectados mediante un cable Ethernet cruzado.



**Figuras 2. Dos equipos con tarjeta de red.**

### **Tres equipos o más sin conexión a Internet.**

En este caso, cada equipo está conectado mediante un cable de red. Los cables están conectados a un concentrador o hub, un interruptor o switch o un enrutador o router, que se encarga de dirigir el tráfico.

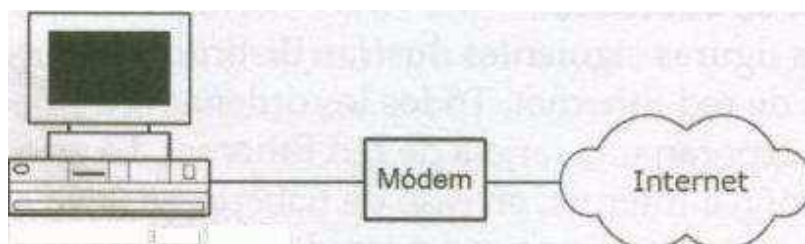


**Figuras 3. Equipos que se comunican mediante un hub, switch o router.**

### **Ordenador con tarjeta de red con cable**

Un solo equipo con conexión a Internet, un solo computador está conectado a Internet. El hardware dependerá del proveedor que se utilice y

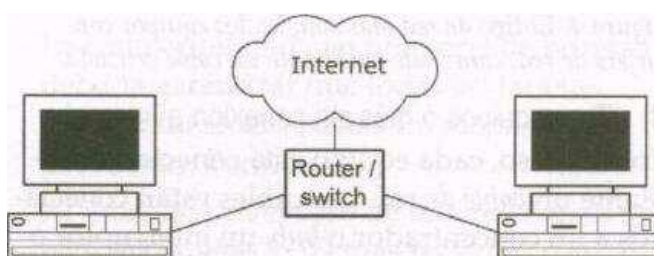
del tipo de servicio contratado. En la mayoría de los casos el proveedor proporciona un módem. El equipo debe disponer de un puerto Ethernet para conectar el módem ADSL o el cable-módem.



**Figuras 4. Un equipo conectado a Internet mediante un modem**

#### **Dos equipos o más conectados a Internet.**

Para compartir el acceso a Internet entre varios computadores, es necesario instalar un router o un switch. Además, un router siempre es mucho más práctico, pues no se quedará "colgado" y permite conectar directamente varios computadores mediante Ethernet. Y también actúa como punto de acceso inalámbrico, entonces los equipos podrán conectarse usando WiFi.



**Figuras 5. Conexión de 2 o más equipos a internet.**

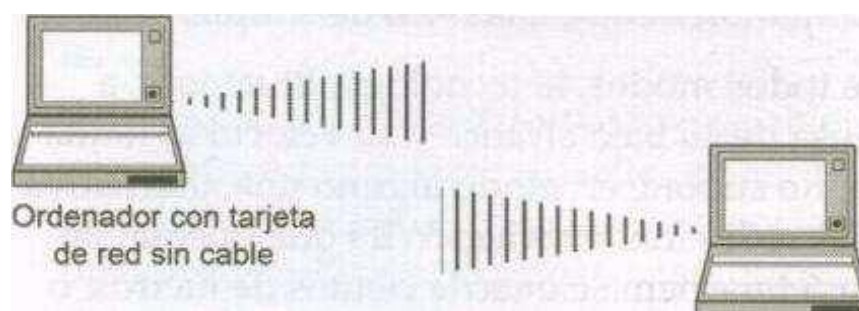


### 3.1.2. Redes sin cables

Los computadores portátiles están equipados con tarjetas de red inalámbricas. Los PC de escritorio también pueden usar este tipo de red. En este caso la conexión a Internet es de alta velocidad.

#### El modo ad hoc.

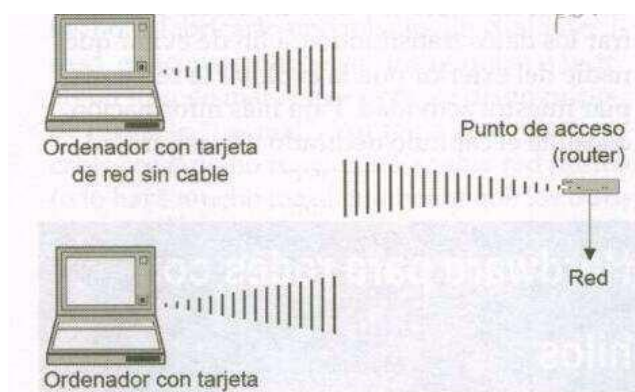
Dos equipos conectados, sin punto de acceso ni conexión a Internet. Este es el modo básico de conexión, similar al cable cruzado Ethernet, pero con la ventaja de no estar limitado únicamente a dos máquinas. Sólo se necesita una tarjeta WiFi en cada equipo. Este tipo de conexión se llama ad hoc:



**Figuras 6. Conexión de dos equipos sin cables, red ad hoc**

### **Dos equipos sin punto de acceso ni conexión a Internet.**

Un punto de acceso (Access point o AP) sirve como enrutador entre los computadores conectados sin cables, y también permite asociar la red con una red con cables convencional. Aquí, dos equipos se conectan mediante un punto de acceso, que permitirá agregar otros ordenadores a la red y establecer fácilmente una conexión a Internet a través del punto de acceso. Esta configuración se suele llamar modo infraestructura, donde los ordenadores no dialogan directamente entre ellos, sino que es el punto de acceso quien gestiona el tráfico.

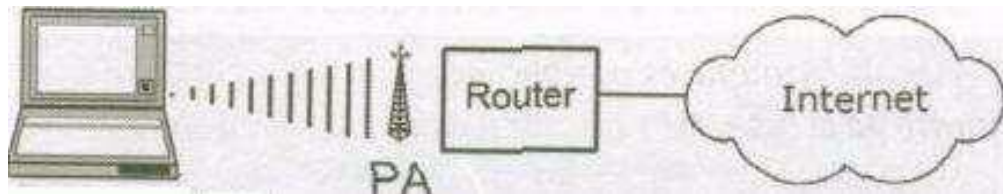


**Figuras 7. Equipos configurados en modo infraestructura**

### **Un equipo conectado a Internet sin cables**

En este tipo de configuración, un computador equipado con una tarjeta inalámbrica se conecta a Internet. Para ello se debe disponer de un punto de

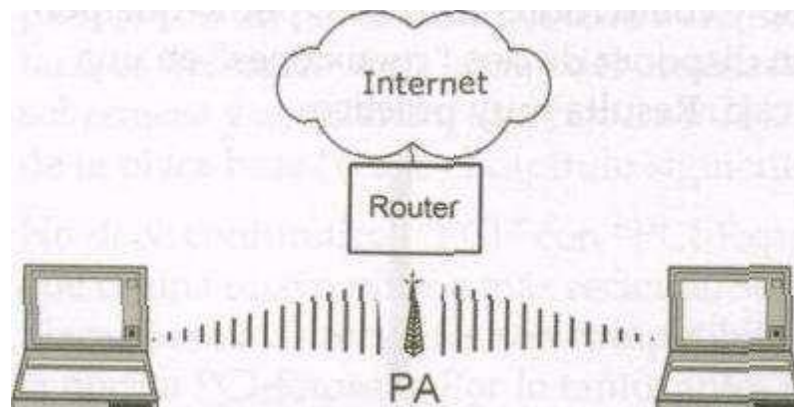
acceso para conectar el módem y permitir que el equipo sin cables reciba y envíe datos a través de Internet.



**Figuras 8. Salida inalámbrica a internet a través de un Punto de Acceso.**

### **Dos equipos o más con conexión a Internet.**

Variante sencilla del modelo anterior. La mayoría de puntos de acceso permiten conectar varios equipos sin cables al módem y, en consecuencia, compartir la conexión:



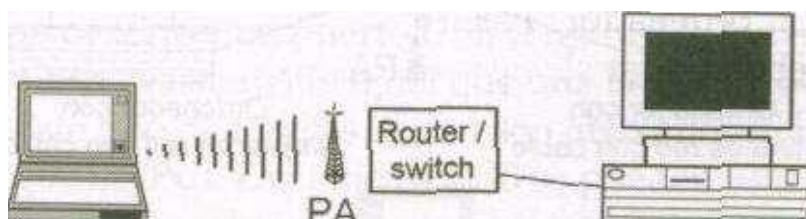
**Figuras 9. Dos equipos conectados a un Punto de Acceso.**

### 3.1.3. Redes mixtas

Este caso es muy frecuente: se dispone de computadores de escritorio conectados mediante Ethernet y se desea agregar portátiles equipados con tarjetas WiFi.

#### **Un computador sin cables y un computador con cable sin conexión a Internet**

Primero se comprueba que el portátil no disponga también de un puerto Ethernet. En ese caso, bastaría con conectar un cable cruzado entre los dos equipos. Evidentemente, se perdería la movilidad del portátil. Para conservar la movilidad, se debería disponer de un punto de acceso, que a su vez estaría conectado mediante un cable a un switch / router al que estará conectado el equipo de escritorio.



**Figuras 10. Dos equipos conectados con cables e inalámbricamente**

Luego se podrían conectar más computadores, ya sea con cables o inalámbricamente, sin tener que comprar más hardware. Existen muchos

modelos que actúan simultáneamente como AP y como router Ethernet, por lo que permiten disponer de dos "conexiones" en una sola caja.

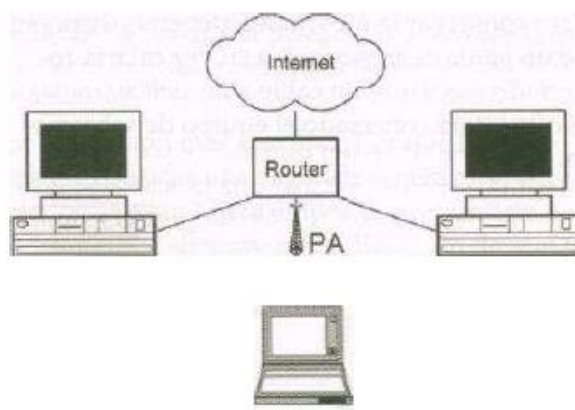


**Figuras 11. Router inalámbrico D-link utilizado en conexiones mixtas.**

A diferencia de las redes con cables que funcionan en full duplex (envío y recepción simultáneos), las redes inalámbricas son de tipo half-duplex: pueden enviar y recibir, pero no ambas al mismo tiempo.

### **Red mixta con conexión a Internet**

Variación sobre el último tipo de red. No importa mucho como se conecten los equipos a la red (WiFi o cable). La red está configurada igual que en el caso anterior, pero además se instala un módem de Internet conectado al router.



**Figuras 12. Red mixta con conexión a internet**

### **3.2. FUNCIÓN DE ACCESO**

Se denomina método de acceso al conjunto de reglas que definen la forma en que un equipo coloca los datos en la red y toma los datos ya sea esto de un medio de transmisión alámbrico o inalámbrico. Una vez que los datos se están moviendo en la red, los métodos de acceso ayudan a regular el flujo del tráfico de la red.

#### **3.2.1. Enlace punto a punto (PtP)**

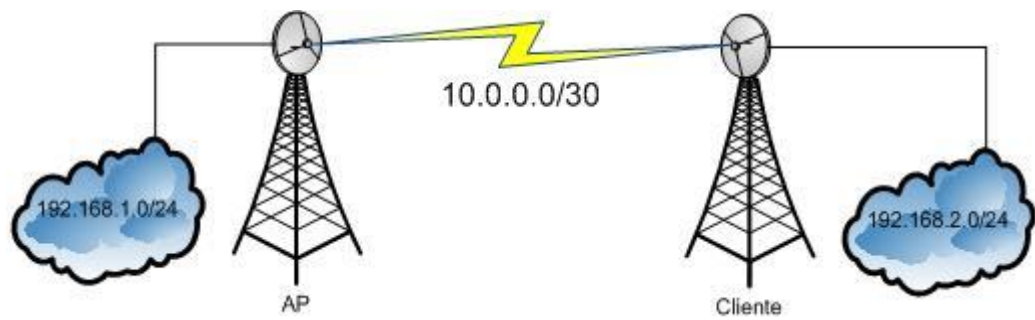
En una red punto a punto cada estación o receptor puede actuar como cliente y como servidor. Las redes punto a punto hacen que el compartir datos y periféricos sea fácil para un pequeño grupo de gente. En un ambiente punto a punto, la seguridad es difícil, porque la administración no está centralizada.

El enlace punto a punto proporciona soluciones de conectividad de un lugar con centros de trabajo múltiples que necesiten de una gran coordinación y trabajo compartido. Este enlace proporciona un entorno de intercambio de información con un coste periódico de cero, tan sólo la información. Es el complemento exterior perfecto a una instalación interior de red local estándar o inalámbrica.

Efectivamente, todos los centros conectados por el enlace punto a punto formarán parte de una única red local, exactamente como si estuvieran en el mismo edificio o lugar, pero con la flexibilidad que proporciona la distribución multicentro.

En redes inalámbricas utilizan un protocolo similar al de la red local alámbrica, pero con un alcance extendido; pueden unirse mediante el enlace punto a punto centros situados a varios kilómetros. Esto nos proporciona los beneficios que supone compartir una red local, sin ninguno de los costes ni problemas asociados a una interconexión estándar, que pueden ser la diferencia entre una instalación eficiente y con beneficios y una instalación caótica y en números rojos. Es la gran alternativa a las costosas y problemáticas líneas dedicadas de alta velocidad entre centros.

En un enlace inalámbrico se usa una topología AP – Cliente, comúnmente se usa el modo ap-bridge para el AP y el modo station para el cliente.



**Figuras 13. Enlace punto a punto**

### 3.2.2. Enlace punto a multipunto (PtMP)

En un enlace punto a multipunto, existe un punto central que se comunica con varios otros puntos remotos. Generalmente esto implica que la comunicación es solamente entre el punto central y los remotos, y de éstos hacia el central; no existe comunicación entre los remotos.



**Figuras 14. Enlace punto a multipunto**



Es la conexión entre un punto central (AP) y varios puntos remotos o suscriptores (CPEs), por el cual se puede transferir servicios multimedia: voz, datos y video; utilizando canales de frecuencias licenciadas y no licenciadas de 900Mhz; 2,4Ghz o 5,8Ghz.

Este tipo de solución permite comunicar de manera concurrente varios locales u edificios permitiendo de esta manera extender las redes LAN es decir el BACKHAUL inalámbrico de las empresas u organizaciones.

El enlace Punto a Multipunto puede funcionar como un segmento principal de red banda ancha para locaciones hotspots, outdoor access points y switches DSL. Los desarrolladores de telecomunicaciones encontrarán al enlace Punto a Multipunto muy atractivo porque puede ser usado para distribuir redes de fibra óptica y actuar como segmento principal de red de banda ancha para switches and routers DSL.

### **3.3. FUNCIÓN DE TRANSPORTE**

Las redes de transporte juegan un papel muy importante en las telecomunicaciones de la actualidad, son las encargadas del envío y multicanalización de diversos tipos de información en diferentes formatos tanto analógicos como digitales. Su evolución ha sido gradual, desde las primeras redes analógicas, las digitales, hasta las redes ópticas.

Las redes de transporte de la actualidad incluyen dos principales infraestructuras. La PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) y las SDH/SONET (Synchronous Digital Hierarchy/Synchronous Optical Network). La infraestructura PDH es conocida ampliamente por los estándares de transmisión de banda amplia T1, E1 y J1. La segunda infraestructura, SDH/SONET, son definidas por la ITU-T (Union Internacional de Telecomunicaciones – Sector Telecomunicaciones) y por la ANSI (Instituto Nacional Americano de Estandarización) respectivamente. Juntas con la SDH/SONET son la segunda jerarquía digital, la cual está basada en infraestructura física de fibras ópticas.

Tanto PDH y SDH/SONET son modelos de redes de conmutación de circuitos basados en voz que transportan millones de circuitos entre varios puntos de conmutación.

### **3.3.1. La infraestructura PDH**

PDH define un conjunto de sistemas de transmisión que utiliza dos pares de alambres, uno para transmitir, otro para recibir, y un método de multicanalización por división de tiempo (TDM) para interpolar múltiples canales de voz y datos digitales.

Plesiocrono significa que dos relojes están cercanos uno del otro en tiempo, pero no exactamente el mismo. Contrasta con isocronos, el cual significa "mismo reloj". Existen tres conjuntos diferentes de estándares PDH utilizados en las telecomunicaciones mundiales.

**T1.-** El cual define el estándar PDH de Norteamérica que consiste de 24 canales de 64 Kbps (canales DS-0) dando una capacidad total de 1.544 Mbps. También están disponibles T1s fraccionales.

**E1.-** El cual define el estándar PDH europeo, pero que es utilizado en el resto del mundo, incluyendo México. E1 consiste de 30 canales de 64 Kbps (canales E0) y 2 canales reservados para la señalización y sincronía, la capacidad total nos da 2.048 Mbps. Pero también están disponibles E1s fraccionales.

**J1.-** El cual define el estándar PDH japonés para una velocidad de transmisión de 1.544 Mbps consistente de 24 canales de 64 Kbps (canales DS-0), aunque también están disponibles J1 fraccionales. La longitud de la trama del estándar J1 es de 193 bits (24 x 8 bit, canales de voz/datos más un bit de sincronización), el cual es transmitido a una tasa de 8000 tramas por segundo. Así,  $193 \text{ bits/trama} \times 8000 \text{ tramas/segundo} = 1.544.000 \text{ bps}$  o 1.544 Mbps.

Pero así como PDH fue un gran avance en los sistemas de transmisión, tiene muchas debilidades, algunas de ellas son las siguientes:

- La estructura asíncrona de multicanalización es muy rígida
- Capacidad limitada de administración
- No existe un estándar mundial en el formato digital, existen tres estándares incompatibles entre sí, el europeo, el estadounidense y el japonés.
- No existe un estándar mundial para las interfaces ópticas. La interconexión es imposible a nivel óptico.

Debido a las desventajas de PDH, era obvia una nueva técnica de multicanalización, nace así SONET/SDH.

### **3.3.2. La infraestructura SONET/SDH**

SONET es el estándar norteamericano de transmisión de fibra óptica, mientras que SDH es el estándar europeo. Los sistemas de transmisión SONET/SDH son diseñados para sobrellevar las deficiencias de compatibilidad de los sistemas de transmisión PDH. La estructura escalable de SDH/SONET permite también la incorporación de otras tecnologías de redes ópticas y de banda ancha. Los niveles de servicio de SDH/SONET incluyen:

- **OC** (Optical Carrier): define las velocidades de transmisión de SONET para señales ópticas en incrementos de 51.84 Mbps.

- **STS** (Synchronous Transport Signal): define las velocidades de transmisión de SONET para señales eléctricas en incrementos de 51.84 Mbps
- **STM** (Synchronous Transport Mode): define las velocidades de transmisión de SONET para señales eléctricas y ópticas en incrementos de 155.52 Mbps

Algunas de las ventajas de SDH son las siguientes:

- Primer estándar mundial en formato digital
- Primer interface óptica
- La compatibilidad transversal reduce el costo de la red
- Estructura de multicanalización síncrona flexible
- El número reducido de interfaces espalda con espalda mejora la confiabilidad y desempeño de la red
- Capacidad poderosa de administración
- Compatibilidad hacia adelante y hacia atrás.

### **3.4. MEDIOS DE TRANSMISIÓN**

#### **3.4.1. Medios de Transmisión para el Acceso**

Dentro de la red de acceso, se pueden englobar todos los elementos encargados de llevar los contenidos multimedia hasta el usuario y atender las peticiones de éste por el canal de retorno.

Las diferencias entre las redes de acceso existirán, al menos, durante un largo período en el que las tecnologías y las estrategias de negocio irán siendo probadas por el propio mercado. De esta forma, con un mercado tan competitivo en las redes de acceso y en los equipos terminales, los dispositivos de interfaz jugarán un papel fundamental en el permitir que una gran variedad de equipos terminales se conecten a diferentes tipos de redes de acceso.

Un aspecto muy importante en el desarrollo de las redes de banda ancha es el hecho de que los servicios que demanda cada tipo de cliente son bastante diferentes, como lo son también los requisitos que imponen a las redes de soporte. Fundamentalmente, los usuarios residenciales van a enfocarse más a servicios relacionados con el ocio (Internet, televisión y juegos de todo tipo) y la gestión doméstica (teléfono, telecompra, entre otras.). En cambio, las empresas y organizaciones de todo tipo precisarán de servicios multimedia para la transmisión bidireccional de toda clase de

información. Las exigencias que estas necesidades impondrán a las redes van a ser muy superiores a las que planteen los usuarios residenciales.

- **Acceso a los Servicios de Banda Ancha**

Conviene dejar claramente anotado que lo que el usuario quiere es utilizar los servicios de telecomunicaciones que satisfagan sus necesidades de comunicación, ocio, entre otros.

Los servicios que se quieran dar, y el precio relativo al que se espere vender cada uno de ellos, son los que van a determinar la arquitectura y la tecnología de las redes que se construyan, y no a la inversa como ha sucedido hasta hace poco tiempo atrás. La explosión de nuevas tecnologías y la liberalización del mercado hacen viable la idea de construir una red de telecomunicaciones capaz de ofrecer los usuarios, servicios que éste demande, con unas tarifas suficientes para cubrir los gastos y permitir la amortización del capital invertido.

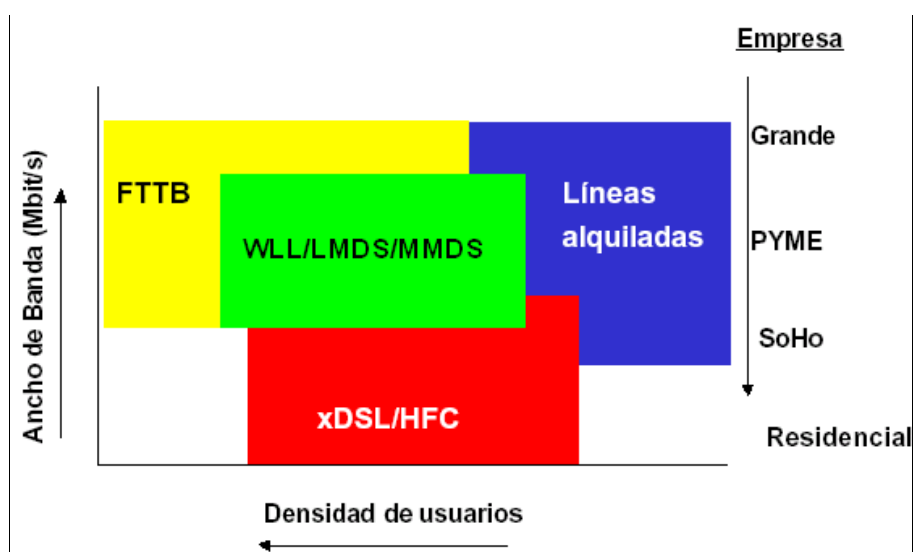
No hay que olvidar que los usuarios son absolutamente indiferentes a la tecnología o la infraestructura que se está empleando para facilitarle el servicio. Por ello el progreso o fracaso de las diferentes redes de acceso no va a depender de la solvencia técnica, empresarial o financiera de las empresas que se constituyan en operadores, sino de su capacidad para dar

servicios a los usuarios a mejores precios, con mejores prestaciones y mejor calidad.

Asimismo, la enorme capacidad de transmisión de las redes de banda ancha va a hacer que lo difícil sea conseguir tráfico suficiente para llenarlas y amortizar inversiones de su instalación.

Las redes de acceso las clasificaremos en 3 grupos:

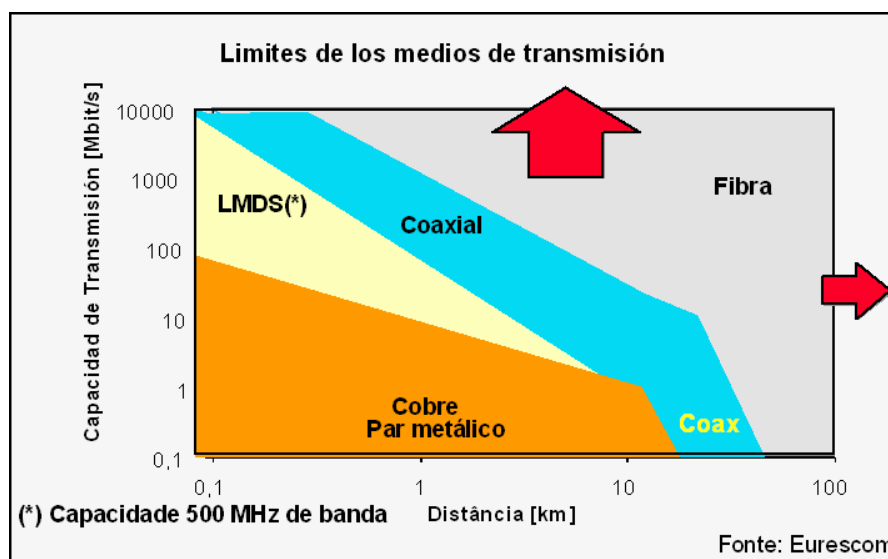
- **Las redes de acceso vía cobre:** entre las que destacan las tecnologías xDSL.
- **Las redes de acceso vía radio:** tales como WLL, MMDS y LMDS.
- **Las redes de acceso vía fibra óptica:** mención especial merecen las redes HFC, las redes PON y las redes CWDM.



**Figuras 15. Posicionamiento de los Sistemas de Acceso de Banda Ancha.**

Fuente: (Eurescom)





**Figuras 16. Límite de los Medios de Transmisión**

Fuente: (Eurescom)

- **Redes de acceso vía cobre**

Durante años se ha hablado sobre las limitaciones de las redes telefónicas y, en particular, si se podría superar los 14,4 kbps primero, y los 28,8 kbps después, utilizando pares de cobre. La RDSI dio un importante paso adelante al proporcionar 192 kbps en su acceso básico. En los siguientes años vimos cómo los nuevos módems xDSL se aproximaron a velocidades de 10 mbps. Y es que potenciales alternativas al bucle de abonado como las redes de cable o los sistemas inalámbricos de tercera generación, pasan por la instalación de nuevos medios de transmisión de fibra en el primer caso y de notables infraestructuras de antenas y estaciones base en el segundo, ambas alternativas muy costosas y nunca exentas de dificultades.

Dos acontecimientos importantes han impulsado a las tradicionales compañías operadoras telefónicas a investigar una tecnología que permitiera el acceso al servicio de banda ancha sobre sus tradicionales pares trenzados de cobre, estas nuevas aplicaciones son multimedia y el acceso rápido a contenidos de Internet.

- **Redes de acceso vía radio**

Los sistemas vía radio presentan una alternativa clara a las redes de cable.

La ventaja de este tipo de sistemas es la reducción de los costos de infraestructura, además del pequeño margen de tiempo necesario para su funcionamiento, puesto que en el instante en que se dispone de la antena, se llega inmediatamente a miles de usuarios.

Los sistemas que se presentan y desarrollan en la actualidad para el acceso a los servicios de banda ancha son, fundamentalmente el WLL (Wireless Local Loop), MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System) y el LMDS (Local Multipoint Distribution System).

- **Redes de acceso vía fibra óptica**

La introducción de la fibra óptica en el nodo de acceso va a permitir el disponer de un medio de transmisión de gran ancho de banda para el soporte de servicios de banda ancha, tanto actual como futuro.

En función de la aplicación particular y de los servicios que serán entregados, podemos encontrar diversas soluciones técnicas. A continuación enumeramos algunas de ellas:

- **Redes Híbridas Fibra-Coaxial (HFC)**

Una red de acceso HFC está constituida, genéricamente, por tres partes principales:

**Elementos de red:** dispositivos específicos para cada servicio que el operador conecta tanto en los puntos de origen de servicio como en los puntos de acceso al servicio.

**Infraestructura HFC:** incluye la fibra óptica y el cable coaxial, los transmisores ópticos, los nodos ópticos, los amplificadores de radiofrecuencia, taps y elementos pasivos.

**Terminal de usuario:** set-top-box, cable modems y unidades para integrar el servicio telefónico.

Con mayor ancho de banda, los operadores disponen de mayor espectro en el que ofrecer servicios que generen beneficio. El ancho de banda de la red HFC es la clave en la que se fundamentan las ventajas de este tipo de redes, entre las que se incluyen:

- Posibilidad de ofrecer una amplia gama de servicios tanto analógicos como digitales.
- Soporte de servicios conmutados y de difusión.
- Capacidad de adaptación dinámica a los cambios de la demanda y del mercado, debida, en gran parte, a la gran flexibilidad y modularidad de que están dotadas este tipo de redes.

- **Redes Ópticas Pasivas (PON)**

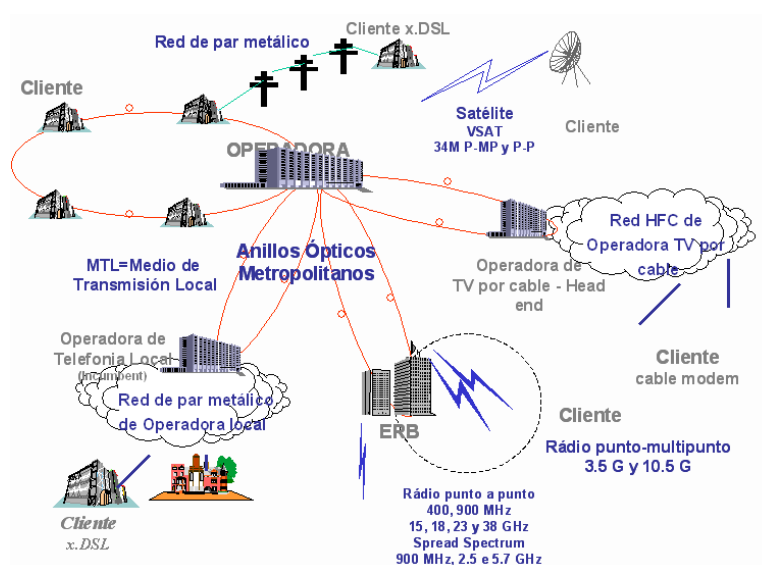
En este caso la técnica de transmisión más utilizada es la multiplexación por división en longitud de onda WDM (Wavelength División Multiplexing) y la configuración punto a punto.

Los usuarios se suelen conectar a un anillo de distribución SDH que permite velocidades de varios cientos de mbps. Al ser toda la infraestructura de fibra óptica, se proporciona una transmisión muy segura y libre de errores, con una alta capacidad de transferencia si se emplea, por ejemplo, ATM.

### 3.4.2. Medios de Transmisión para el Transporte

**Red troncal de transporte:** Es el primer nivel de la red de transporte y se encarga de hacer posible que la red alcance cualquier extensión geográfica.

**Red de distribución:** A través de la red de distribución deben llevarse a cabo las tareas de transmisión de datos y conmutación, teniendo como misión principal multiplexar la información proveniente de diferentes proveedores de servicios o distintos usuarios y adaptar el sistema de transporte a las características específicas del bucle de abonado. La red debe ser capaz de gestionar el establecimiento y liberación de las conexiones de banda ancha con los bucles de abonado, además de transportar la información con diferentes tipos de requerimientos en cuestiones de ancho de banda.



Figuras 17.Red Completa de Telecomunicaciones.

Hoy en día, no hay duda de que el sistema de transporte que engloba la red de transporte y la red de distribución para aplicaciones multimedia, tiene que utilizar fibra óptica como medio físico.

### 3.5. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA RED

Para calcular adecuadamente la capacidad (Kbps) del canal de comunicaciones, es necesario tomar en cuenta aspectos como: medio de transmisión, servicios actuales y requeridos por los usuarios. Las aplicaciones que se consideran para el dimensionamiento son: telefonía IP, datos y videoconferencia.

Se podría tomar como referencia la demanda total de ancho de banda que se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1:**  
**Demanda de la capacidad del canal para la red propuesta.**

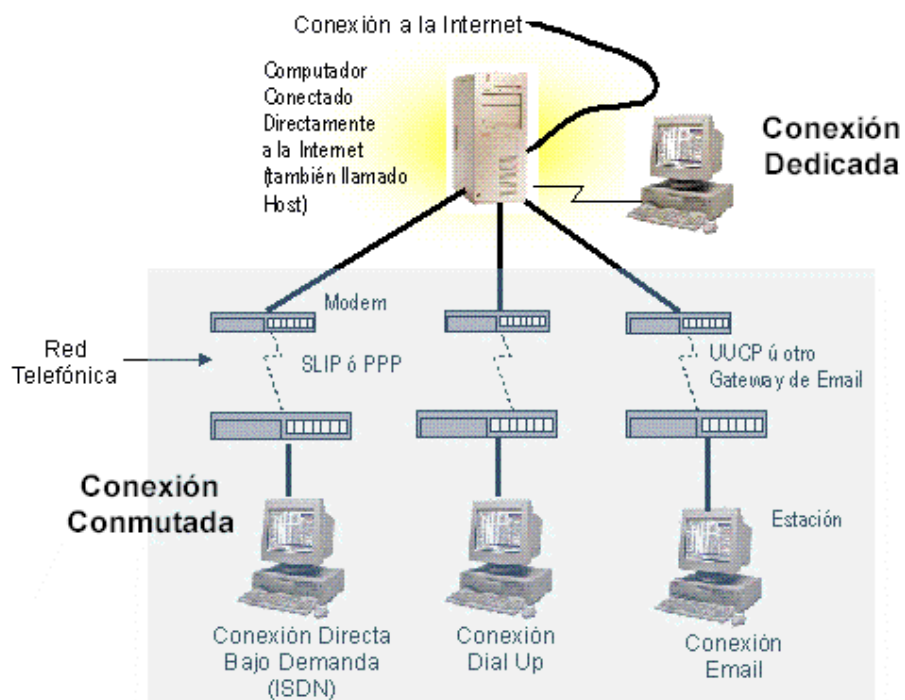
SERVICIOS	DEMANDA DE CAPACIDAD[Kbps]
VOZ	192
DATOS	3023
TOTAL	3215

## CAPÍTULO 4

### ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE

#### 4.1. TIPOS DE CONEXIONES A LA INTERNET

La conexión a la Internet se puede clasificar en dos (2) grandes grupos dependiendo de si se trata de una conexión permanente a la Internet, en cuyo caso se denominará dedicada ó una conexión temporal establecida a través de un modem, la cual se denomina conmutada.



**Figuras 18. Tipos de Conexiones de Acceso a Internet**

### 4.1.1. Conexión Dedicada

Las conexiones dedicadas son aquellas que permiten el acceso en todo momento a la Internet. Se logran a través de un Servidor conectado de forma permanente a través de un protocolo TCP/IP. Estas clases de conexión son comunes a nivel de Universidades, grandes empresas y los Proveedores de Servicio a Internet (*ISP*).

Cuando existe una conexión dedicada, cualquier usuario que esté conectado a la red en la cual se encuentra instalado el servidor de acceso a Internet, se podrá conectar y acceder todos los servicios de Internet.

Las conexiones se clasifican de acuerdo con el Nivel de Servicio de Datos (*DS*) los cuales pueden ser:

**Tabla 2:**  
**Velocidades de acuerdo con el DS**

<b>DS0</b>	64 Kbps
<b>DS1</b>	1,544 Mbps
<b>DS1C</b>	3,15 Mbps
<b>DS2</b>	6,31 Mbps
<b>DS3</b>	44,736 Mbps
<b>DS4</b>	274,1 Mbps



En nuestro medio el nivel DS1 y DS2 son los más utilizados, y dan origen a conexiones dedicadas del tipo T1 y T3.

#### **4.1.1.1 Conexiones Dedicadas T1.**

Una conexión dedicada utilizando un enlace T1 permite la transmisión a una velocidad de 1.544 Mbps. Aunque ya es considerado por algunos obsoletos, este esquema de transmisión, continúa siendo muy popular. Un circuito T1 requiere de dos líneas telefónicas con pares no apantallados, en que cada par se utiliza para transmitir la información en un sentido. Se requiere la instalación de repetidoras cada dos (2) kilómetros.

Normalmente un circuito T1 se puede demultiplexar en circuitos de 64 Kbps los cuales se utilizan para conexión a usuarios individuales. Estas conexiones son las que se utilizan por parte de empresas para tener una conexión dedicada a Internet.

#### **4.1.1.2 Conexiones Dedicadas T3.**

La conexión dedicada utilizando un enlace T3 logra transmisiones a velocidades de 44.736 Mbps, equivalente a un nivel DS3 (Data Service Level). Normalmente este tipo de circuitos son los empleados por compañías como Telecom, MCI, etc, las cuales ofrecen los servicios de telefonía internacional y de conexión a Internet.

#### **4.1.1.3. Conexiones E1**

Denominación de un estándar europeo para transmisiones digitales a una velocidad de 2.048Mbit/s. Para la señal digital de nivel 1 (DS1), se multiplexan 24 canales de voz en un canal E1.

#### **4.1.1.4. OC-1, OC-2, OC-3, OC-12 y OC-48**

"OC" es la abreviación en inglés de "Cargadores Opticos" (Optical Carrier), que transfieren múltiples señales de datos por medio de fibra óptica. El nivel base (OC-1) transmite los datos a una velocidad de 51.84 Megabits por segundo. El OC-2 corre al doble de velocidad, el OC-3 al triple y así en adelante. Los niveles existentes son el OC-1, OC-3 (155.52 Mbps), OC-12 (622.08 Mbps) y en planeación se encuentra el OC-48 (2.488 Gbps).

#### **4.1.2. Conexión Conmutada**

Un segundo tipo de Conexión a Internet es la Conexión Conmutada, en la cual se utiliza el Protocolo Punto a Punto (PtP) ó el Protocolo de Línea Serial IP (SLIP). Este tipo de conexiones se caracterizan porque requieren de un módem en cada extremo para poder establecer la conexión y normalmente también se requiere la participación de un proveedor de servicio de Internet. Este tipo de conexiones permiten un enlace que resulta efectivo desde el punto de vista costo/beneficio.

Para este tipo de conexiones es recomendable un modem con una velocidad de al menos 14.4 ó 28.8 Kbps. En el último año, los fabricantes de computadores han iniciado la integración con sus equipos de modems de 33.6 Kbps y 56 Kbps. Sin embargo sólo se puede obtener un provecho real de estos últimos cuando el proveedor de servicio cuenta con equipos capaces de establecer conexiones a estas velocidades. Existen dos variantes de este tipo de conexiones en las cuales se utiliza un tipo de Módem especial y es en la Conexión Directa Bajo Demanda que utiliza un modem de tipo ISDN, y cuya conexión se establece a través de una línea dedicada, y en el caso de los servicios de Televisión por Cable que se requiere de un cable módem.

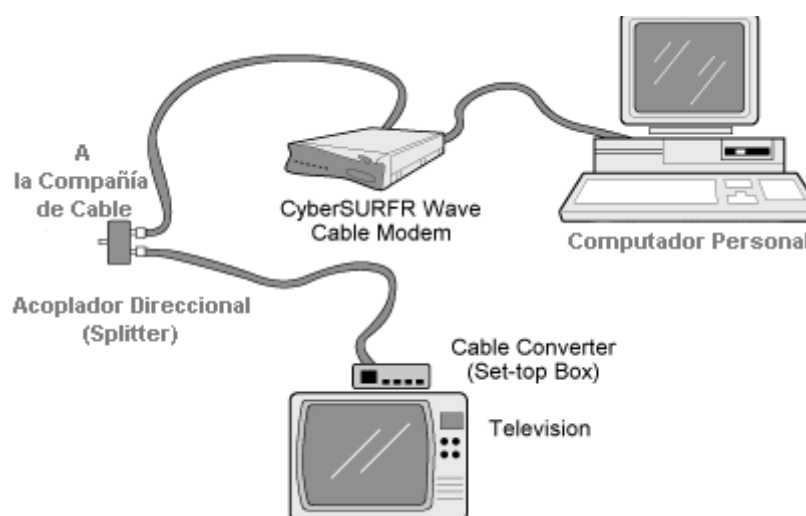


**Figuras 19. Cablemódem.**

### **Conexión a Través de Cablemódem.**

Una nueva variante aparecida desde el año 1997, la constituye la conexión a través de servicios de Televisión por Cable. En este tipo de conexiones, la conexión a Internet se realiza utilizando un Cablemódem , el cual recibe la señal de Internet a través del sistema híbrido de fibra

óptica/coaxial, utilizado por la compañía de Televisión por cable para transmitir sus señales. En estos casos el computador a ser utilizado requiere tener instalada una tarjeta de red Ethernet con interface del tipo 10 BaseT, (Ver Figura 4.3) y se establece una conexión, la cual para el usuario tiene la apariencia de ser permanente. Su ventaja frente a los servicios vía telefónica radica en el ancho de banda que hace que en el momento, esta sea el tipo de conexión más rápida a Internet para un usuario de hogar. La velocidad de un cablemódem varía si se trata de velocidad de descarga de archivos (Download) la cual es de 10 Mbps, y de hasta 1.536 Mbps en la dirección de carga de archivos hacia Internet.

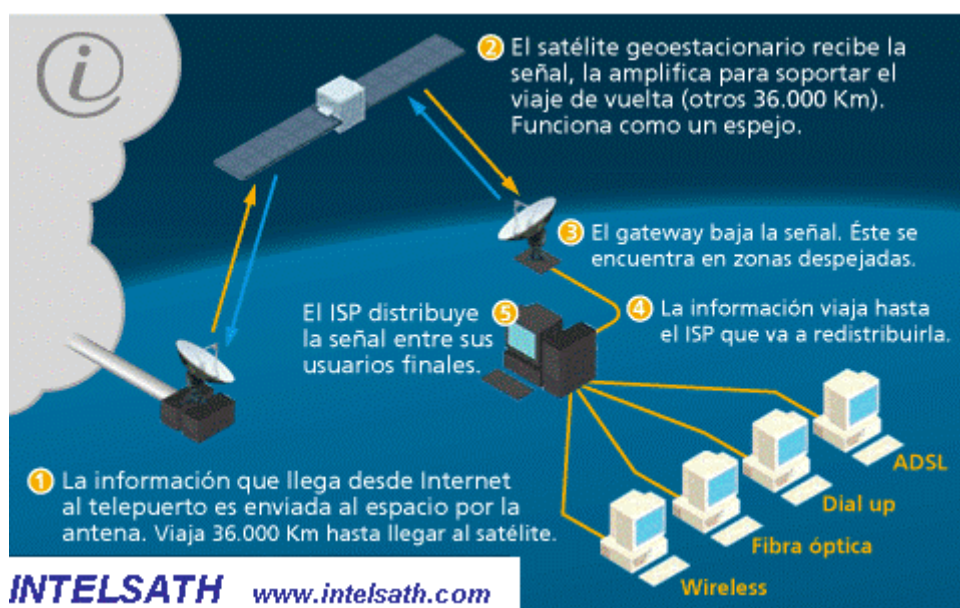


**Figuras 20. Esquema de Conexión a través de Cablemódem.**

### 4.1.3. Conexiones Satelitales

El Internet Satelital ha venido a ser una solución muy útil en los lugares donde no tenemos opciones de las grandes ciudades como ser tecnología ADSL, Cable, etc.

La tecnología Satelital es sin duda una muy buena opción para acercar muchos lugares remotos a las grandes ciudades pudiendo con ello llevar Internet y comunicación telefónica a dichos sitios.



**Figuras 21. Funcionamiento Internet Satelital.**

Fuente: [www.intelsath.com](http://www.intelsath.com)

Como se puede observar la señal viaja desde un telepuerto hasta un satélite ubicado en la órbita geostacionaria de nuestro planeta o sea a 36,000 km de altura, y luego la señal es reenviada por el satélite hasta un

sistema que instalamos en la tierra consistente en una antena parabólica, modem satelital, router y nuestra red LAN.

O bien dicha señal de Internet puede ser usada para aplicaciones de ISP (Proveedor de Servicios de Internet), para distribuir dicha señal a usuarios utilizando tecnologías Wireless (inalámbrica), Fibra Optica, Dial up o ADSL.

#### **4.2. PRESTADORES DE SERVICIO DE INTERNET.**

Entre las principales empresas públicas y privadas tenemos a los siguientes operadores:

1. Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT S.A.
2. Compañía Nacional de Transmisión Eléctrica, Transelectric S.A.
3. Compañía Workecuador Internet Services Cía. Ltda.
4. Easynet S.A.
5. Ecuonline S.A.
6. GPF Corporación Cia Ltda
7. Lutrol S.A.
8. Megadatos S.A.
9. Negocios y Telefonía (Nedotel) S.A.
10. Otecel S.A.
11. Punto Net S.A.
12. Servicios Agregados y de Telec.Network Satnet S.A.
13. Servicios de Telecomunicaciones Setel S.A.

14. Société Internationale de telecommunications Aeronautiques SITA
15. Suramericana de Telecomunicaciones S.A. Suratel
16. Systeicom
17. Telconet S.A.

## **CAPÍTULO 5**

### **DISEÑO DE LA RED**

La etapa de diseño es una parte imprescindible cuando se quiere desplegar una red de telecomunicaciones.

Un buen diseño es esencial para que la red instalada funcione según lo esperado. Por lo que es fundamental una buena selección de los equipos, una exhaustiva prueba de los mismos, y una simulación de las condiciones y el entorno en que se implementará la red. Se analizar los criterios seguidos para la realización de los diseños de las redes implementadas, así como el software utilizado. Además, dada la necesidad de dotar a los sistemas de telecomunicación de alimentación eléctrica autónoma para garantizar su funcionamiento continuo y su durabilidad. Debido a la diversidad de fenómenos eléctricos de origen atmosférico que se pueden producir en las zonas rurales, es necesaria la implementación de un subsistema de protección eléctrica que garantice la seguridad física tanto de los equipos como de las personas.

Para la realización de la instalación de los equipos de una forma cómoda y segura es necesario tener en cuenta algunos criterios para diseñar las torres



o elementos que cumplen con la finalidad de colocar estos dispositivos a una altura determinada tales como: la robustez para soportar unas determinadas condiciones meteorológicas. Además de características generales de las torres y los pasos a seguir en el proceso de montaje de las mismas.

A éstos hay que añadir el subsistema informático, fundamental para que el usuario final pueda hacer uso de la red.

## **5.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES**

Diseñar la red de telecomunicaciones consiste en determinar si los puestos que se quieren interconectar a la red de telecomunicaciones pueden hacerlo a un costo razonable, con una calidad de servicio adecuada y de forma coherente con las prioridades exigidas. Por lo tanto, habrá que determinar cuál es la mejor tecnología para la transmisión de la información en las redes troncales y de distribución. Asimismo, habrá que determinar cuántas salidas hacia Internet se instalarán, en que estaciones irán las mismas y que tecnología se utilizará para ello.

### **5.1.1. Elección de tecnologías para el acceso a Internet**

Se realiza una selección de la tecnología que se utilizará para la salida a Internet. En cada zona de trabajo se dotará a una o más estaciones, según las necesidades, de acceso directo a Internet y a la red telefónica, ya sea a través de ADSL o por enlace satelital directo. Por ejemplo, si se dispone de

una conexión de 256 kbps para el downlink, ésta puede dar cobertura a alrededor de 10 estaciones finales con usuario. Si exceden de 10, se introducirán salidas a Internet adicionales.

Cuando se pueda tener salida a Internet por ADSL, se considerará ésta como la opción preferida, ya que su precio es mucho menor y aporta una gran fiabilidad y estabilidad al sistema. Sin embargo la red se va a desplegar en zonas rurales donde suele resultar difícil contar con un punto que cuente con conexión a la línea telefónica.

Para averiguar si alguna de las estaciones propuestas tiene conexión a Internet, o si alguna población cercana a alguno de los puestos cuenta con ella, esa información se verificará al realizar el estudio de campo. En él, además, se podrán comprobar las condiciones de acceso a la zona para coordinar mejor el proceso de instalación, así como obtener la posición exacta de las estaciones y la posible ubicación de los repetidores con un GPS de alta calidad. El estudio de campo debe realizarse siempre que se pueda, pero, si no fuera posible realizar dicha evaluación in situ, se recomienda tener una posición lo más exacta posible de las estaciones finales. Para ello, se pueden utilizar herramientas tales como Google Earth, que actualmente aportan una gran exactitud en la localización de las estaciones. Estos datos serán utilizados posteriormente en la simulación software de la red.

### **5.1.2. Preselección de equipos**

A parte de la tecnología a utilizar, se ha de llevar a cabo una selección preliminar de los equipos que podrían ser instalados para utilizarlos en la simulación software. Además, se ha de garantizar que se dispondrá de repuestos, suministro, accesorios y, en general, de cualquiera elemento usado por estos equipos en el mercado nacional por un período no menor de 5 años. Asimismo, estos equipos han de cumplir con los estándares internacionales (ITU, ETSI, ANSI, IEEE) para cuyo propósito serían adquiridos.

Los equipos inalámbricas a utilizar en las redes WiFi, tendrán sus potencias variantes entre 80mW y 600mW y sus sensibilidades oscilan entre -93 y -96 dBm.

### **5.1.3. Elección del modelo de propagación**

Una vez elegido el tipo de tecnología que se va a utilizar, los equipos que podrían ser instalados, y ubicados los puntos geográficos donde se instalarán las estaciones cliente, hay que elegir el modelo de propagación que permita simular el entorno donde se instalará la red y, de esta forma, aproximar las pérdidas de propagación, interferencias, entre otras. La elección del modelo ha de tener en cuenta el tipo de medio (urbano, semiurbano o rural), las distancias, elevaciones de las antenas, frecuencias de trabajo, etc., entre otros muchos factores.

El modelo Longley-Rice combinado con mapas digitales de elevaciones y con un cuidadoso ajuste de sus parámetros permite una mejor aproximación a la realidad ya que tiene en cuenta los factores comentados.

- Modo de variabilidad: 90% del tiempo, 80% de ubicaciones, 80% de situaciones.
- Clima ecuatorial (para zona amazónica) y continental (para zona andina).
- 10% pérdidas por vegetación.
- Parámetros por defecto de refractividad, conductividad y permitividad.

Esta parametrización es bastante conservadora, por lo que los enlaces reales siempre tendrán un margen mayor que el obtenido al aplicar el modelo en el simulador software.

#### **5.1.4. Herramienta de simulación radioeléctrica**

Para realizar las simulaciones, se recomienda el programa Radio Mobile. Éste es un software de libre distribución que nos sirve para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que se desea simularse.

Este software implementa el modelo Longley-Rice, y además tiene múltiples utilidades de apoyo al diseño y simulación de los enlaces y las redes de telecomunicaciones.

Los parámetros a introducir para realizar las simulaciones permiten reflejar de forma fiel los equipos reales que se piensa utilizar en la instalación para la que estarían destinados.

Radio Mobile utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo.

La obtención de estos mapas puede realizarse directamente desde una opción del software que permite descargarlos de Internet. Hay tres tipos de mapas disponibles: los SRTM, los GTOPO30 y los DTED. Se escogió trabajar con los mapas de tipo SRTM, por ser los que ofrecen mayor resolución en la información del relieve de los terrenos bajo estudio.

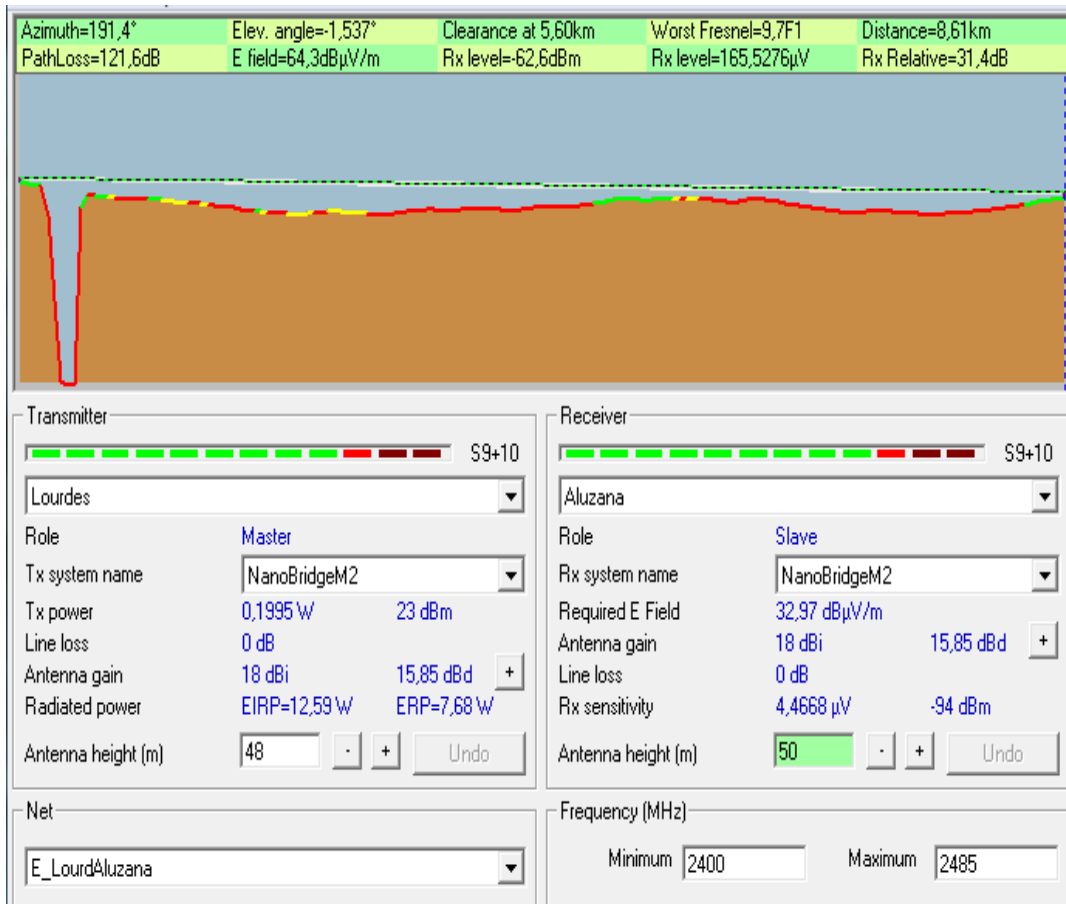


**Figuras 22. Mapas SRTM para Radio Mobile.**

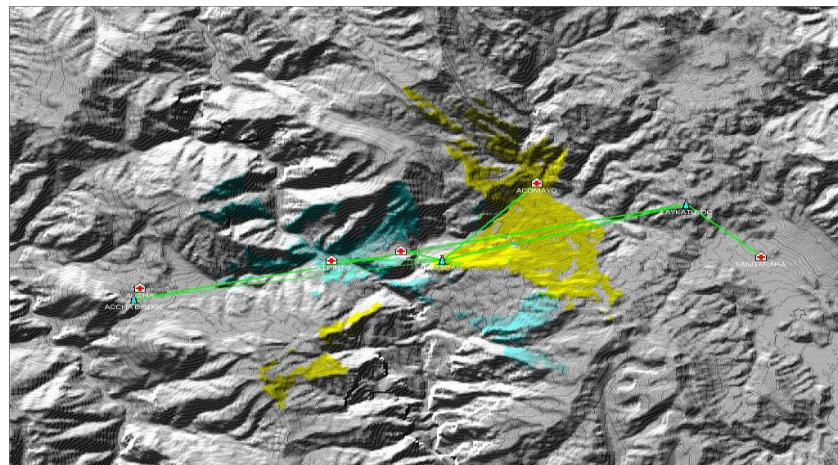
En la página de Radio Mobile, (CPLUS-ORG, 2014), existe un enlace directo a la página de descargas de Internet, donde se puede bajar un paquete de archivos para instalar el software en S.O. Windows. Esta página además incluye una guía de instalación rápida. La instalación es sencilla y la guía es bastante buena, por lo que no se considera necesario incluir una descripción adicional en la presente.

#### **5.1.5. Requisitos mínimos que deben cumplir los radioenlaces.**

Un enlace se da por bueno, si presenta un nivel de señal en recepción de entre 20 y 25 dB por encima de la sensibilidad del receptor. Además, los enlaces que se vayan a hacer con WiFi deberán tener, además de visión directa, un despeje mayor al 60% del radio de la primera zona de Fresnel. Asimismo, se evitará que los enlaces WiFi atraviesen vegetación, aunque en el momento de la instalación se obtenga en recepción un nivel de señal suficiente. En caso de que se tenga constancia de que lo están haciendo, se tiene que comprobar que en el punto más crítico que la claridad mínima del enlace será de 20 m, que corresponde con altura estimada de los árboles. La claridad es la distancia entre el terreno y el haz radioeléctrico.



**Figuras 23. Características de los enlaces en Radio Mobile.**



**Figuras 24. Áreas de cobertura de dos estaciones en Radio Mobile.**

En una estación con WiFi se podrán tener varios sistemas en cascada (conectados por Ethernet), para poder disponer de un mayor número de interfaces que permitan un mayor número de enlaces, siempre que todas las interfaces radio de una misma estación operen en canales no interferentes. Se asume que se pueden emplear hasta 3 canales no interferentes en WiFi en la banda de 2.4GHz, y al menos 8 más en 5.8GHz.

El uso de una banda de frecuencias u otra depende de varios factores.

- En aquellos entornos urbanos donde pueda haber más redes en 2.4GHz, se recomienda el uso de la banda de 5.8 GHz.
  
- Resulta más recomendable usar la banda de frecuencias de 2.4GHz para la red de acceso y la de 5.8GHz para la red troncal, ya que esta última ofrece un mayor ancho de banda. Sin embargo, al usar un rango de frecuencias superior, está expuesta a mayores pérdidas por atenuación. Aunque, esto se puede compensar aumentando la altura de las torres, incrementa el costo de la estación. Por lo que hay que valorar para cada caso las ventajas que introduce el uso de una banda u otra.

#### **5.1.6. Recomendaciones para instalaciones exteriores**

Se presentan a continuación, algunas buenas prácticas de montaje de equipos en exteriores, típicamente instaladas en torres. Las



recomendaciones tratan de evitar que la humedad, el polvo, el viento o el calor dañen los equipos.

#### **5.1.7. Distribuciones de equipos en la torre**

Las antenas deben ser instaladas en el último tramo o en los últimos tramos de la torre, seguidamente vendrán los equipos de enrutamiento que van dentro de una caja metálica. Estos estarán instalados a una distancia entre 1.0 m y 1.5 m por debajo de las antenas. 1.5 m debajo vendrá la caja de la batería o los soportes de los módulos solares de tal modo que cuando se realice un mantenimiento, no se tenga problemas para desplazarse a través de la torre.



**Figuras 25. Distribuciones de equipos en la torre.**

### **5.1.8. Instalación de antenas Yagi y de grilla**

Las antenas se ha de instalarse de tal forma que no sufran ningún daño, para ello se deben sellar todas las posibles perforaciones que contenga los dipolos de las mismas. De esa forma se evitan posibles filtraciones de agua debido a la lluvia.

Los cables de los dipolos deben estar libres y por ningún motivo deben ser doblados con ángulos mayores a 90 grados. De ser así, generaría que el cable del dipolo se quiebre o produzca una mala señal por un mal contacto.

### **5.1.9. Conexión de los cables coaxiales**

Estos cables deben conectarse con bastante paciencia y siguiendo lentamente los hilos de la rosca del conector N-hembra. Éste es el conector estático, mientras que el N-Macho será el móvil. Estos deben apretarse manualmente de modo que haya un buen contacto.

### **5.1.10. Vulcanización de los dispositivos**

Para llevar a cabo la vulcanización de los dispositivos es necesario limpiar los extremos de los cables coaxiales de cualquier impureza. Luego se corta un trozo de cinta vulcanizante Scotch #23, y, sin retirar de la cinta el plástico protector, ya que la grasa de las manos impediría un buen vulcanizado, estirar progresivamente la cinta siguiendo una trayectoria

armoniosa hasta el punto deseado. Se recomienda vulcanizar desde unos 3 cm antes de la unión del final del conector N-macho hasta 3 cm después del final del conector N-hembra. La vulcanización es necesario distribuirla de modo que no permita filtraciones de agua y posteriormente reforzarla con cinta aislante Scotch #33.



**Figuras 26. Vulcanización de los dispositivos.**

#### **5.1.11. Recomendaciones para alinear las antenas**

La alineación y sujeción de las antenas es fundamental a la hora de construir un óptimo enlace WiFi de larga distancia. Un buen apuntamiento y una buena sujeción de las antenas proporcionan un enlace satisfactorio, perdurable en el tiempo y estable ante el efecto de las condiciones climatológicas y el propio peso de las antenas.

La alineación de las antenas se lleva a cabo después de haber instalado las antenas, cables, protectores de línea y los ruteadores. Para ello se recomienda utilizar dispositivos de alineamiento como el Teletronics. Estos

dispositivos son, básicamente, transmisores/receptores de onda portadora en la frecuencia necesaria. Además, poseen una pantalla en la que puede medirse el nivel de señal que se recibe del otro extremo. Si no se tuviera esa herramienta pueden usarse las opciones software del enrutador.

El alineamiento inicial se realiza orientando las antenas según el diseño en el Software de simulación, usando para ello una brújula. Las antenas se ajustan parcialmente, es decir, no se ajustan de manera definitiva.

Luego se procede a realizar un alineamiento fino, para ello se asume que con el alineamiento inicial se ha conseguido enlazar ambas estaciones de la red troncal y lo que se quiere es mejorar en la medida de lo posible el enlace establecido.

Para realizar el alineamiento es importante verificar el parámetro signal level con un valor aproximado a -69 dBm.

El objetivo de realizar el alineamiento es conseguir que la señal irradiada por cada una de las antenas concentre la mayor parte de su energía hacia la otra antena, por ello tendremos que alinear ambas antenas, primero una, luego la otra y así sucesivamente al menos 2 veces. Manteniendo establecida la conexión remota con el ruteador del repetidor, se observara el parámetro Signal Level mientras se mueve la antena.

Las lecturas correspondientes al nivel de señal recibido deben transmitirse usando un medio de comunicación alternativo, por ejemplo, radios VHF o teléfonos móviles. Si se llega a perder la conexión se deberá realizar el mismo proceso explicado anteriormente.

Al tener una alineación satisfactoria, se ajustarán las abrazaderas de las antenas teniendo cuidado de no perder la alineación conseguida. El ajuste final de los cables coaxiales y las antenas debe ser manual, sin uso de herramientas como llaves hexagonales o llaves autoajustables. El uso de estas herramientas en el ajuste de los conectores lleva a que el conector N macho del cable coaxial y el N hembra de la antena estén extremadamente ajustados, lo cual es perjudicial cuando el calor hace que los metales se dilaten y por tanto al no tener un margen para expansión se producirá un quiebre en el metal. En conclusión los conectores deben estar ajustados pero no extremadamente ajustados.

## **5.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA**

En las zonas rurales se encuentran identificadas diferentes realidades que condicionan el diseño de los sistemas eléctricos. La mayoría de comunidades no cuenta con sistema alguno de abastecimiento eléctrico y el resto utiliza motores cuyo funcionamiento está sujeto a un suministro de combustible externo y muy variable.

Por estas razones, la principal recomendación es que sea provisto de su propio sistema de energía eléctrica. La solución más popular es el uso de paneles solares, baterías y accesorios.

### **5.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA.**

En las zonas rurales hay gran diversidad de fenómenos eléctricos de origen atmosférico que pueden afectar a la salud de las personas y al buen funcionamiento de los equipos electrónicos. Por ello, es necesaria la implementación de un sistema de protección eléctrica que garantice la seguridad de las personas y la funcionalidad de los equipos.

El sistema de protección eléctrica debe cumplir los siguientes objetivos:

- Protección y seguridad para la vida humana.
- Protección y seguridad en la operación electrónica.
- Continuidad de operación.
- Compatibilidad electromagnética (mínimos niveles de interferencia y contaminación entre equipos, aparatos, componentes, accesorios y seres humanos).

El principal problema que se presenta en zonas de selva (alta y baja) y en zonas de alta montaña es la caída de rayos. La descarga de rayos directos, los mismos que impactan en las cercanías o que caen sobre las líneas de suministro de energía que alimentan a los establecimientos,

pueden producir efectos transitorios de alto voltaje y alta corriente. Las estaciones de radio son particularmente vulnerables a las descargas de rayos y transitorios, pues están situadas en lugares elevados para la mejor propagación de la señal.

### **5.3.1. Sistema Integral de Protección Eléctrica**

No hay ninguna tecnología que por sí sola pueda eliminar el riesgo de los rayos y sus transitorios.

Es necesario un sistema integral, que se encargue de:

- Capturar la descarga atmosférica.
- Derivar el rayo hacia tierra en forma segura.
- Disipar la energía a tierra.

## **CAPÍTULO 6**

### **GESTIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED**

Para garantizar el correcto funcionamiento de las redes desplegadas durante la mayor cantidad de tiempo posible, es necesario solucionar las posibles complicaciones que surjan con los equipos instalados con la mayor celeridad. Estas complicaciones, que pueden provocar que la red caiga durante un tiempo indeterminado. Sin embargo, el uso de determinadas herramientas puede ayudar a la correcta identificación de un fallo en el momento justo en que se produce, permitiendo de esta forma una rápida intervención para solucionar el problema detectado. Estas aplicaciones se denominan herramientas de gestión de red. Además, un correcto cuidado físico de los equipos que conformen la red es imprescindible para prevenir que estos se deterioren con el tiempo y así reducir la ocurrencia de los fallos. Por lo tanto, la gestión y el mantenimiento de la red se desarrollaran tanto en software, como en hardware.

#### **6.1. SOFTWARE DE GESTIÓN DE LA RED**

El sistema de gestión de red analizado para detectar y diagnosticar problemas que afectan al buen funcionamiento de las mismas, permitiendo también conocer el uso que los usuarios hacen de los servicios ofrecidos.



Por lo que se busca una forma de monitorear los enrutadores instalados en los nodos *WiFi*, y a lo largo de la red troncal, de forma diferente, ya que a los últimos se les presupone conectividad permanente a Internet, mientras que a las primeras no. Pero incluso los ruteadores pueden tener períodos sin conexión y se establece que en el sistema de gestión de red, el gestor no debería depender de la conectividad permanente con los equipos gestionados para poder realizar sus tareas de monitoreo y control. Además que los equipos gestionados deberían recolectar su propia información de gestión y enviarla en el momento en el que tengan conexión. Estos dos aspectos determinaron que la mejor alternativa para lograr la comunicación entre el gestor y los equipos gestionados era el correo electrónico. Por lo que la arquitectura de gestión para dichas redes sigue el esquema mostrado.



**Figuras 27.Arquitectura de gestión de red.**

Para los ruteadores se pensó en utilizar el protocolo *SNMP*, uno de los más extendidos entre las herramientas de gestión de red, ya que por su baja complejidad es muy adecuado para este contexto. Entonces, se buscó un agente *SNMP* que fuera libre, que permitiera la gestión de las tarjetas inalámbricas utilizadas y que además funcionara bajo los sistemas operativos utilizados en los ruteadores. Se encontraron las *MIBs* (*Management Information Base*), es decir, los controladores de los equipos

utilizados en redes de telecomunicaciones, de los chipset de las tarjetas inalámbricas para el agente Net-SNMP. Donde se va a incorporar el correo electrónico como el mecanismo de comunicación entre el gestor y las estaciones.

### **6.1.1. Tipos de log**

El equipo gestionado maneja los siguiente tipos de *logs*: log con información del sistema, log con información de corto plazo, log de “*alive*” y log diario. La información que éstos contienen y que se describe a continuación, se obtiene mediante la ejecución de comandos ejecutados remotamente por el gestor o internamente en el equipo gestionado. A continuación se describe la información de gestión que contiene cada uno de los *logs* del equipo gestionado.

- **Log con información del sistema**

Este log se envía cada 15 días y contiene información necesaria para la gestión de la red como:

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>1.</b> Nombre del equipo    | <b>7.</b> Sistema de archivos                      |
| <b>2.</b> Paquetes instalados  | <b>8.</b> Buses                                    |
| <b>3.</b> Tabla de particiones | <b>9.</b> Impresoras conectadas al equipo          |
| <b>4.</b> Memoria              | <b>10.</b> Información de configuración del equipo |

- **Log con información de corto plazo**

Este log se encarga de recopilar la información de lo que está ocurriendo en cada momento en las placas, temperatura y estado de la CPU. Para ello se utiliza ACPI (Interfaz Avanzada de Configuración y Energía) y se registra la temperatura y el estado de la CPU. Además del tiempo de encendido, pues registra el intervalo de tiempo en el que la estación estuvo encendida.

Información general de las interfaces: dirección IP, dirección MAC, paquetes, bytes y errores de transmisión y recepción, entre otros., para las interfaces inalámbricas: punto de acceso, frecuencia, tasa de bits, señal, ruido, y potencia de transmisión, entre otros.

Para las tarjetas con *chipset Prism*: descartes, errores de *FCS* en recepción, y tramas y octetos, *unicast* y *multicast* de transmisión y recepción, entre otros.

Para las tarjetas chipset *Atheros*: además de los de las tarjetas con *chipset Prism*, errores a nivel físico, tramas de transmisión descartadas, tramas transmitidas sin *ACK*, fallas de *CRC* en recepción, reintentos fallidos en transmisión, entre otros.

Para los clientes de las tarjetas *chipset Prism*: bytes transmitidos y recibidos, señal, ruido, tasa de bits, paquetes a 1, 2, 5 y 11 Mbps de transmisión y recepción, entre otros.

Para los clientes de las tarjetas *chipset Atheros*: además de los de las tarjetas con *chipset Prism*, señal, ruido, entre otros.

- **Log de “alive”**

Este log indica si el nodo en cuestión está “vivo”, es decir, si está funcionando. Si el período de “*alive*” es inferior a 1 día la información de gestión de las interfaces monitoreadas se envía como adjunto en este correo, pero si el período de “*alive*” es superior a 1 día esa información se envía junto con la información de gestión diaria.

- **Log diario**

Información de configuración de gestión.

Estado de discos duros. Permite saber si hubo algún problema o si va a haber alguno en las próximas horas. Para ello se utiliza la aplicación *smartools* que proporciona información de los discos duros.

“*Crashes*”. Indica las reiniciaciones no adecuadas del sistema.

Se informa también del espacio total, usado y disponible en bytes, los cuales almacenan archivos regulares, directorios, y enlaces simbólicos.

Estadísticas de la CPU. Se analizan los datos registrados en el log que contiene información de corto plazo y se determinan las temperaturas mínima y máxima y sus *timestamps* (fecha de creación o modificación en los archivos) inicial y final de los datos registrados. Además, a partir de la temperatura promedio se determina el estado de la CPU, para ello se tienen en cuenta los estados especificados por ACPI en función de la temperatura.

Estadísticas de encendido. Se leen los datos almacenados en el log que contiene información de corto plazo y se determinan los intervalos de tiempo en los que el computador estuvo encendido.

Correo electrónico, placa de interfaz y conexiones por módem. Se obtiene la información registrada en el sistema, se determina el número de correos entrantes y salientes, así como, las cuentas de correo con el número de correos que han enviado o recibido. Para la placa de interfaz se obtiene el nivel de batería, y para cada una de las conexiones de radio, el ROE y la temperatura de cada una de ellas.

Telefonía. Se utiliza un log de *asterisk*, que es una herramienta que permite integrar la *RTPC* e Internet, y se determina los tipos de llamadas, extensiones desde las que se han realizado llamadas y de las cuales se han recibido, la cantidad de éstas, entre otros datos.

Cola de correo. Se determina el número de mensajes, el tamaño en bytes de esos mensajes y el tiempo más largo que un mensaje ha estado en la cola de correo.

Usuarios. Se determina el número de cuentas de usuario que existen en el sistema.

## **6.2. MANTENIMIENTO DE LA RED**

A parte de tener un software que permita conocer el estado de la red en cualquier momento, también es necesario llevar a cabo distintas tareas de mantenimiento para mantener la red funcionando durante la mayor cantidad de tiempo posible. Este mantenimiento puede ser de dos tipos: preventivo y correctivo. El primero, como su propio nombre indica, sirve para prevenir la aparición de problemas y el segundo para solucionar los que, inevitablemente, se presentaran.

### **6.2.1. Mantenimiento preventivo**

Analiza los procedimientos para efectuar un mantenimiento preventivo básico en los equipos instalados. Todas las actividades anotadas son simples, rápidas y de permanente ejecución. Si no se toma en cuenta estas tareas se tendrían una disminución en la vida útil de los componentes de la red y la aparición de frecuentes fallas que podrían terminar en problemas de mayor gravedad.

- **Sistema de Telecomunicaciones**

El mantenimiento preventivo de este subsistema se basa en verificar el buen estado físico de las conexiones, el deterioro de ellas convergería en un deterioro del nivel de señal recibido.

- **Verificación del nivel de señal recibido**

Accediendo de manera remota al enrutador y ejecutar el comando iwconfig. Este nivel de señal se debe mantener constante lo cual indica que la señal no se ha degradado, es decir, no hay pérdidas que se hayan incrementado con el paso del tiempo.

- **Mantenimiento y limpieza del cableado**

Para poder llevar a cabo con mayor precisión y eficiencia las verificaciones anteriores, se debe mantener libre de polvo, hongos, moho, etc. ya que al menos en la parte de los conectores vulcanizados debemos asegurarnos que no existan filtraciones de agua. Debe asegurarse que la antena mantiene los sellos de silicona en los orificios de la antena Yagi, pero esta limpieza se debe hacer sin desalinear la antena.

- **Sistema de Energía**

El mantenimiento preventivo básico para el subsistema de energía se centra en el cuidado y vigilancia del estado de tres elementos: las baterías, el regulador y los paneles solares:

- **Sistema de Protección Eléctrica**

El mantenimiento preventivo del sistema de puesta a tierra consiste en asegurar una firme conexión de los cables que llegan a la barra máster y además realizar una periódica humidificación de los pozos PAT. Esta actividad se realiza al inicio de cada mes y consiste en verter agua con sal en la boca del pozo o a lo largo del mismo según sea del tipo vertical u horizontal respectivamente. Es suficiente el vertido de 30 litros de agua en temporada de lluvia y 60 litros de agua en temporada seca. Además, donde se cuenta con corriente alterna en caso de cortes inesperados del suministro, los fusibles podrían quemarse, por lo que se debe verificar esta posibilidad.

### **6.2.2. Mantenimiento correctivo**

- **Consideraciones generales**

El mantenimiento correctivo se refiere a fallas que se han producido en la red y por tanto, uno de los parámetros más importantes para su evaluación



es el tiempo de respuesta ante estos fallos. Sin embargo, debido a la complejidad de los sistemas instalados, es conveniente simplificar al máximo el proceso de atención de averías mediante la disposición de un adecuado grupo de repuestos que permitan agilizar la reposición de los servicios que hubiesen podido sufrir cortes o deterioros. Si bien las fallas tienen un carácter aleatorio, la experiencia permite prever la ocurrencia de algunas circunstancias que, a su vez, deriven en la aparición de averías en la red, así como nos ayuda para detectar de forma rápida y certera el origen real de las mismas. A continuación se presentan algunas fallas comunes que se pueden presentar y sus posibles soluciones.

**Tabla 3:**  
**Listado de Fallas comunes**

<b>Síntoma</b>	<b>Problema</b>	<b>Solución</b>
<b>No enciende ningún equipo.</b>	El interruptor del tablero de energía está apagado.	Poner en estado de encendido el interruptor termo magnético del tablero de energía.
	El cable de conexión en el tablero de energía esta desconectada o flojo.	Poner en estado de apagado el interruptor del tablero de energía. Ajustar los pernos de los cables de alimentación del tablero de energía y volverlo a poner en estado de encendido.
<b>No enciende ningún equipo.</b>	Las luce del regulador están en rojo.	Poner en estado de apagado el interruptor del tablero de energía. Verificar si hay algún cable que hace falso contacto, aislar el cable, luego presionar el botón de "reset" del regulador y volver a poner en estado de encendido el interruptor del tablero de energía. Informar al encargado de mantenimiento.
	No enciende ninguna luz del regulador	Revisar si los cables del tablero de energía están bien conectados al regulador.
	Ha caído un rayo.	Informar al encargado de mantenimiento.
<b>No enciende la computadora.</b>	El interruptor que está en la parte posterior del CPU está en estado de apagado.	Poner en estado de encendido el interruptor del CPU.
	El fusible esta quemado.	Cambiar fusible.
	El cable de alimentación está dañado.	Informar al encargado de mantenimiento.
<b>Se enciende la computadora pero no carga el sistema operativo</b>	La batería esta baja	Esperar que la batería se cargue.
	El disco duro esta dañado.	Informar al encargado de mantenimiento.
<b>No enciende el monitor.</b>	El inversor está apagado.	Encender el inversor
	En el inversor se enciende una luz roja.	Esperar a que se cargue la batería.
	El cable de alimentación del monitor esta desconectado.	Conectar el cable de alimentación al inversor.



CONTINUA

Síntoma	Problema	Solución
Se oscurece el monitor después de un tiempo de funcionamiento.	El monitor se ha calentado demasiado.	Apagará el monitor, esperar a que se enfríe, encender y bajar el nivel de brillo del monitor por debajo de 50.
No se pueden enviar ni recibir correos.	Esta des configurado el programa de correos. No hay enlace con el servidor.	Informar al encargado de mantenimiento. Comunicar al encargado de mantenimiento.
No enciende la impresora.	El cable de alimentación esta flojo o suelto.	Conectar bien el cable de alimentación de la impresora.
No enciende la luminaria.	El inversor está apagado. Esta quemada la luminaria.	Encender el inversor. Reemplazar la luminaria.
Se escucha la entrecortado la comunicación.	Las baterías están bajas Saturación del enlace	Esperar que se carguen bien. Esperar algunos minutos a que disminuya el tráfico en la red.
Las baterías no se cargan lo suficiente.	El nivel de líquido de las baterías no es el apropiado. Los paneles están sucios.	Agregar agua destilada a las baterías y esperar que se carguen. Limpiar los paneles con mucho cuidado.
	Están sulfatados los bornes de la batería.	Limpiar los bornes de la batería, ajustar bien y agregarle vaselina.
Se ha quedado colgada o bloqueada la computadora	El cable de red esta desconectado o flojo.	Asegurara que le cable de red esté conectado correctamente con el enrutador.
	Se activa el protector de pantallas.	Ingresar el nombre de usuario y clave.

Fuente: (Grupo de Telecomunicaciones Rurales-Pontificia Universidad Católica del Perú (GTR-PUCP), 2011)

### 6.3. SEGURIDADES Y CONTROL DE CONTENIDOS

#### 6.3.1. Sistema de Cifrado.

**WEP (Wired Equivalent Privacy)**, que ha sido el primer estándar, donde es posible establecer contraseñas de 64 y 128 bits, para el primero se necesitan 10 dígitos hexadecimales, mientras que en el segundo son

necesarios<sup>10</sup>, y lógicamente debe coincidir con la clave de los puntos de acceso, este sistema no es seguro, pero si no se dispone de otro, es mejor que nada, existen aplicaciones que "rompen" o son capaces de resolver el WEP.

En el equipo o equipos "cliente" lógicamente también deberemos tener activada la clave WEP, a esta se puede acceder desde las propiedades de conexión de red, desde la pestaña de "Redes Inalámbricas - Asociación" donde estableceremos la misma clave.

**WPA ( Wi-Fi Protected Access)**, estándar desarrollado por la Wi-Fi Alliance (WECA) y que trata de ser el sustituto de WEP y es posible incorporarlos en algunos ruteadores que no lo incorporan con una simple actualización de firmware, está basada en los estándares IEEE 802.11i que mejora de manera notoria la protección de datos y control de acceso pudiendo decir que el nivel de protección es alto ya que mejora el cifrado de datos mediante TKIP (Temporal Key Integrity Protocol), donde se usan claves de sesión dinámica por usuario, sesión y paquete, pero es necesario acceder a través de un server de autenticación y que asegura la confidencialidad de datos y por otro lado, WPA también ofrece la autenticación de los usuarios mediante el estándar 802.11x y EAP (Extensible Authentication Protocol) que permite controlar a todos y cada uno de los usuarios que se conectan a la red aunque también permite si se quiere el acceso al usuario anónimo. No obstante se pueden tomar las siguientes medidas para tratar de garantizar nuestra seguridad:

- Deshabilitar *SSID*
- Habilitar la *WEP*
- Habilitar el cifrado *MAC*
- Usar capas superiores tipo *https*
- Usar autenticación *EAP*
- Revisar nuestra red para comprobar que no existen accesos no autorizados.

### **6.3.2. Control de Contenidos**

Desde el punto de vista técnico, esto ha supuesto establecer las especificaciones de unas "etiquetas" (metadatos entendibles por el software de filtrado. Estas etiquetas *PICS* pueden obtenerse de muy diversas maneras; bien incluidas en un *CD-ROM*, o sencillamente viajar con el resto del contenido que vendría "etiquetado". Pueden venir firmadas digitalmente, de forma que se pueda verificar su autenticidad con independencia de la forma en que se hayan obtenido. Aparte de la posible auto-calificación que puedan realizar los propios creadores de contenidos, otro método propuesto sería su obtención (en tiempo real) de compañías especializadas. Este método establece que protocolo utilizar cuando el consumidor A pide a la compañía B datos sobre clasificación de los contenidos del proveedor u origen C.

Aunque *PICS* introduce en la arquitectura los Web nuevos protocolos y formatos para los datos, y esta tecnología está pensada originariamente para satisfacer las exigencias de una cierta "decencia" en las recepciones. En realidad puede tener muchas otras aplicaciones, y se pretende que los principios utilizados puedan aplicarse en desarrollos futuros.

Dado que la tecnología permite el establecimiento simultáneo de muchos sistemas y organismos de evaluación independientes, los protocolos que se desarrollan para "interrogación" de etiquetas, pueden ser utilizados también para indicar si el material puede ser utilizado para la enseñanza; su nivel de calidad en general; su orientación religiosa, política, etc. No solo pueden ser utilizados en contenidos Web, también en otro tipo de ciber-contenidos (juegos de consola, por ejemplo). Esta especie de "certificados de calidad" permitiría a cada uno seleccionar sus lecturas, compras, entretenimientos, entre otros, con conocimiento de causa.

Las recomendaciones técnicas sobre la materia, contienen especificaciones que permiten incluso que el cliente pueda establecer sus preferencias en esta materia en sus consultas de interrogación a los motores y dispositivos de búsqueda. Entre los organismos de "evaluación de contenidos" existentes, podemos citar los siguientes:

**NetShepherd:** Este sistema ha clasificado unos 300.000 sitios Web.

**Safe Surf:** Este sistema ha catalogado unos 50.000 sitios.

**RSAC:** Esta organización ("Recreational Software Advisory Council") independiente y sin ánimo de lucro, pretende establecer un sistema objetivo de auto-etiquetado que permita a los creadores de software de entretenimiento y de otro tipo (como los editores Web), establecer una auto-evaluación de contenidos atendiendo a cuatro aspectos de la información que pudieran ser potencialmente ofensivos: Sexo, Desnudo, Violencia y Lenguaje obsceno (por su vulgaridad o su contenido de odio).

## **CAPÍTULO 7**

### **SOSTENIBILIDAD DE REDES DE TELECOMUNICACIONES EN ZONAS RURALES**

La carencia de servicios de telecomunicaciones es una característica específica de las zonas rurales de países en vías de desarrollo.

Por lo tanto todas las iniciativas para lograr el acceso a redes de telecomunicaciones, deben enfrentar el desafío que implica no solo cumplir exitosamente con los objetivos propuestos, sino también la más importante, es mantener los beneficios o prestaciones a través del tiempo para hacer sostenible el aporte realizado. Cabe señalar que, tanto para las iniciativas mencionadas como en el análisis posterior no se considera el caso de las instalaciones efectuadas por operadores de servicios, en el entendido que el carácter comercial de las mismas determina casi totalmente su viabilidad o permanencia.

De acuerdo a lo anterior, la sostenibilidad de las redes de telecomunicaciones inalámbricas en entornos rurales puede ser considerada un objetivo o un fin en sí misma al interior de cada proyecto, por lo que su aseguramiento tiene una gran importancia, que está en directa proporción a



la hostilidad del medio geográfico y al aislamiento del entorno socio cultural en el que se despliega.

Por otro lado, si bien es lógico que la institución, comunidad o colectivo beneficiario tenga la responsabilidad, a futuro, de mantener operativa la red implementada, también es cierto que éste objetivo sólo podrá cumplirse en la medida en que dicha institución disponga de los recursos y conocimientos necesarios para ello. Este es uno de los aspectos fundamentales de la sostenibilidad, tan importante como la creación de un contexto favorable en el medio local y la existencia de una voluntad política para hacer cumplir los nuevos procesos y de una fuente permanente de financiamiento que garantice la ejecución de las actividades necesarias.

El presente capítulo pretende ofrecer una visión global sobre la sostenibilidad de redes de telecomunicaciones inalámbricas para zonas rurales.

## **7.1. PROBLEMÁTICA**

Para asegurar la sostenibilidad de las redes de telecomunicaciones a desplegarse en zonas rurales es necesario considerar una diversidad de aspectos y resolver, total o parcialmente en algunos casos, las dificultades que cada entorno específico presenta. Teniendo en consideración que la problemática de la sostenibilidad de las redes de telecomunicaciones inalámbricas para zonas rurales y aisladas se enmarca en la situación global

del país (realidad socio-cultural y económica) y por tanto, es un tema bastante complejo, se plantea aquí un análisis que identifica cinco aspectos interrelacionados y complementarios entre sí, como forma de comprender esta realidad.

### **7.1.1. Aspecto Económico**

La principal preocupación de la mayor parte de proyectos es la sostenibilidad económica de los servicios o resultados obtenidos. Sin embargo, existen ciertas limitaciones que están contra la consecución de este objetivo, la principal de las cuales es la escasez de recursos que puedan ser asignados permanentemente al mantenimiento de las redes o soluciones implementadas, lo que depende directamente de los beneficiarios. En el caso de instituciones públicas se hace necesario un proceso formal para considerar en su presupuesto los gastos previstos para la red (recursos humanos, actividades, repuestos), sin embargo, es muy probable que solo una parte del monto global pueda ser realmente asumido por las mismas. Este es un importante tema a considerar durante las formulaciones de proyectos.

Cuando el beneficiario es una comunidad o alguna organización social, es particularmente crítico efectuar una previsión pues los fondos propios disponibles, en general, son escasos o inexistentes.

Una posibilidad poco frecuente es que una organización de ayuda tales como: una *ONG*, dependencia de organismos de cooperación, organización local de largo trayecto, reciba y administre directamente la plataforma o red instalada. Este es el caso en el que más posibilidades se tienen para asegurar un respaldo económico, teniendo previamente que pasar por una negociación con esa entidad con el fin de lograr los acuerdos que sean necesarios.

Una segunda e importante característica de los proyectos es su carácter transitorio, limitado en el tiempo, es decir, con un plazo de ejecución que puede ser extenso, pero finito. Así, las iniciativas privadas y de cooperación, son las encargadas de buscar los mejores métodos para prever, durante el periodo de ejecución de los proyectos, no solo que los sistemas instalados funcionen adecuadamente, sino establecer las relaciones necesarias y los mecanismos pertinentes que permitan la sostenibilidad de las actividades del proyecto para que sean llevadas a cabo por sus protagonistas, lo cual incluye velar por la seguridad económica del proyecto, es decir que se hayan previsto los fondos para una actividad de plazo indeterminado, incluyendo sus mecanismos de uso.

### **7.1.2. Aspecto Tecnológico.**

En la mayoría de las redes de transmisión de datos, el nivel de complejidad técnica es relativamente elevado, por lo que es necesario atender a un tema importante, en las zonas rurales casi no existen recursos

humanos preparados para asimilar adecuadamente los conocimientos necesarios para realizar una efectiva transferencia tecnológica. Esto puede convertirse en un problema de gran importancia pues luego de desplegadas las redes, concluidos los proyectos o ejecutados los convenios, los beneficiarios deberán asumir la responsabilidad de su continuidad, para lo cual requieren de un conocimiento técnico mínimo el cual debe ser adquirido durante la ejecución del proyecto.

Es importante para la sostenibilidad de las redes, que la tecnología empleada disponga de soporte en el mercado local, tanto en el tema de repuestos como en el de servicios, lo cual reduce el espectro de posibles soluciones tecnológicas y dificulta los procesos de mantenimiento, expansión o réplica de la experiencia.

Un aspecto adicional a tener en consideración, en algunos casos, es la posible fragilidad de las soluciones frente al medio en el que se instala. Dependiendo de la coherencia de la formulación, además de las características del grupo beneficiario y de la robustez de la solución, éste puede ser un factor determinante para la viabilidad en el tiempo del proyecto, ya que no es el mismo tratamiento el requerido para instalaciones en zonas montañosas de gran altura que en entornos de selva tropical húmeda. En estos casos, el entorno puede incluir al factor humano, pues está comprobado que un elevado porcentaje de fallas en sistemas de telecomunicaciones se originan justamente en la actividad de los usuarios.

### **7.1.3. Aspecto Social y Organizativo**

Según se ha mencionado, las características del grupo o institución beneficiaria en los aspectos social y organizativo son variables importantes a tener en cuenta en cualquier análisis de viabilidad de iniciativas o proyectos en tecnologías de la información y las comunicaciones (*TIC*). En particular, en proyectos de instalación de redes de telecomunicaciones inalámbricas dos son los temas a tener en consideración: El primero remite al perfil de los beneficiarios como grupo social y como individuos con determinado conocimiento o afinidad con los nuevos servicios que se implementan. El segundo se refiere al tipo de organización a la que se beneficia, su estructura interna y como la misma puede responder al reto de adaptarse para usar los nuevos servicios o asimilar la “nueva forma” de hacer sus actividades.

Cuando el beneficiario local es una institución pública, las principales dificultades a vencer son la propia inercia organizativa y las numerosas formalidades a cumplir hasta la asimilación efectiva y “oficial” de la red implementada. Por otro lado, puede ser muy complicado encontrar recursos humanos potencialmente capaces no solo de asimilar los conocimientos necesarios para el mantenimiento, sino también de asumir esas actividades pues en el general de los casos, no es viable la contratación de personal nuevo para esta dedicación. Otro tema importante representa el alto índice de rotación del personal que labora en las dependencias insertas en las comunidades pues los nuevos encargados no tienen los conocimientos

necesarios para interactuar con los sistemas implementados reduciéndose su uso o provocándose fallas por omisión o desconocimiento.

En estos casos, además, se plantea una situación diferente según el tipo de institución beneficiaria, dependencias del gobierno central o gobiernos locales, pues cada una tiene diferentes métodos para interactuar con la comunidad o hacer uso de sus recursos. En general, la baja incidencia en la adaptación de procesos es una constante que suele repetirse y que se resume en una alta resistencia al cambio, tanto institucional como a nivel personal.

Si el beneficiario lo constituye una comunidad o parte de la misma, hay aspectos importantes a tener en cuenta como por ejemplo sus características culturales y como las mismas influirán en la participación de los miembros en el uso de los sistemas o servicios implementados. Es similar el caso de las organizaciones sociales de base comunitaria, las cuales no suelen tener propensión para articularse adecuadamente con otras organizaciones similares que se encuentren dentro del ámbito del proyecto.

Un último punto a considerar, es que poco a poco se va reconociendo la necesidad de contar con estudios sociales o antropológicos que brinden una clara idea de la realidad social en la que se va a intervenir, no siendo aislados los casos en que los proyectos encuentran su mayor debilidad en el desconocimiento de esa realidad que pretenden modificar.

#### **7.1.4. Aspecto Político**

Tanto en las zonas urbanas como en las rurales, es común observar como varían las políticas públicas según cambian los gobiernos locales o nacionales. Lamentablemente, la falta de instituciones sólidas, con programas a largo plazo que no dependan del grupo que en un momento dado las dirija, provoca una alta sensibilidad de las estrategias y actividades promovidas por los gobiernos respecto del contexto político local o regional. Esto crea la necesidad, por ejemplo, de renovar los convenios de colaboración ya suscritos luego de cada elección de autoridades, también origina que el soporte económico a proyectos de desarrollo pueda ser orientado políticamente y que se cambien estrategias de promoción, difusión o implementación de iniciativas privadas o públicas en todos los campos y en particular en el área de las *TIC* para el desarrollo.

En la formulación de proyectos y en la implementación de redes inalámbricas es conveniente considerar este aspecto como un catalizador que puede incrementar o reducir la expectativa de colaboración participación de las instituciones locales en la ejecución de los mismos, dependiendo de sus objetivos, envergadura, espacio tecnológico y social en el que se piense intervenir.

### **7.1.5. Aspecto Normativo**

Finalmente, es posible mencionar que en algunos contextos, es necesario considerar un aspecto adicional que es el referido al marco regulatorio y legal en que es inscrito el proyecto o iniciativa a realizar pues la normativa aplicable puede ser un factor que potencie o limite no solo las características tecnológicas de la solución sino también la forma en que la misma puede ser aplicada a la realidad que se pretende transformar.

## **7.2. ALTERNATIVAS Y ESTRATEGIAS**

La sostenibilidad de redes de telecomunicaciones inalámbricas en entornos rurales depende de varios factores y es un tema complejo que debe ser evaluado en forma previa a la implementación de las redes. Es con este fin que se identifican aquí dos alternativas genéricas para afrontar la sostenibilidad: Una opción pasa por la subvención permanente, semipermanente periódica de los recursos necesarios para asegurar la correcta operación de la red instalada, para lo cual se requiere que la organización que implementa la iniciativa o proyecto disponga de los recursos necesarios para este fin o que los obtenga en forma regular de la misma o diversas fuentes. La opción alternativa es conseguir que sean los beneficiarios directamente los que, en el corto, mediano o incluso largo plazo, asuman o contraten las actividades requeridas y provean de los recursos necesarios para las mismas, directamente o mediante convenios de



colaboración. En este caso, las redes serían auto sostenibles, lo cual es el objetivo último y más importante a conseguir.

Dentro del primer esquema, el apoyo del gobierno local, regional o central, de una institución pública o de una organización privada con presupuesto permanente representan, casi, el único camino a seguir, sin embargo, no se trata del común de los casos, excepto para programas públicos que, lamentablemente, no son muy frecuentes en países en desarrollo.

El segundo esquema es el más frecuente para proyectos o iniciativas que implementan redes inalámbricas es por esto que, generalmente, los beneficiarios son instituciones u organizaciones sociales sólidas y con cierta trayectoria. En este contexto, como resulta obvio, el esfuerzo necesario para lograr la sostenibilidad es mayor y es inevitable afrontar la problemática descrita en la sección anterior, por lo que se hace necesario diseñar un conjunto de estrategias que permitan alcanzar los objetivos planteados en el proyecto, las cuales deben corresponder a la realidad en la que se interviene y requieren de una cuidadosa elaboración con el objetivo de ser totalmente viables en el tiempo de implementación previsto, el cual es, la mayor parte de las veces, bastante breve.

A continuación se presenta un conjunto de estrategias de gestión, bien podrían ser tomadas en cuenta para la ejecución de iniciativas o proyectos que impliquen el despliegue de redes inalámbricas en entornos rurales.

Cabe indicar que las estrategias a detallar, si bien responden al objetivo general que es la sostenibilidad, se alinean en tres aspectos específicos: sostenibilidad técnica, sostenibilidad económica y sostenibilidad administrativa.

### **7.2.1. Implementación de un periodo de acompañamiento y soporte.**

Una de las estrategias a proponer para asegurar la sostenibilidad de las redes de telecomunicaciones implementadas es diseñar, promover y formalizar, un periodo de acompañamiento y asistencia tecnológica posterior a la culminación de los trabajos de instalación, pero considerado como una actividad propia del proyecto que debería ser efectuada por personal especializado.

Este acompañamiento refiere no solamente participación en los trabajos de mantenimiento preventivo y/o correctivo, sino también actividades de capacitación y asesoría en la adaptación de la organización beneficiaria de los nuevos servicios ofrecidos por las redes implementadas, teniendo la finalidad de garantizar una adecuada transferencia tecnológica hacia los beneficiarios. Lamentablemente, es poco frecuente que en los proyectos sea considerada esta estrategia, debido al relativamente breve periodo de tiempo en el que se ejecutan los proyectos y a la escasez de recursos, los que fundamentalmente son orientados a la compra e instalación de equipamiento.

El periodo para que se efectúe un acompañamiento tecnológico adecuado varía de acuerdo al proyecto y al entorno en que se desarrolla. Se considera que el mínimo indispensable es seis meses, aunque para algunos casos se propuso en dos años. Según esto, es fundamental prever y disponer del fondo financiero y del recurso humano requeridos para tal fin.

Para el periodo de acompañamiento tecnológico deben definirse, desde la formulación, las actividades necesarias según el modelo a aplicar y un presupuesto global anualizado que defina un estimado de inversión. Algunas de estas posibles actividades son indicadas a continuación:

- **Visitas de mantenimiento preventivo a las redes instaladas.**

La programación de las visitas se planifica y detalla en coordinación con el beneficiario. Estas visitas servirían también como entrenamiento de los técnicos en mantenimiento.

- **Visitas de mantenimiento correctivo.**

En vista de que puede ser necesario que la organización que implementa la red efectúe visitas o atenciones por mantenimiento correctivo, se requiere prever personal y recursos para este fin. Los procedimientos a seguir para estas atenciones deben ser formalizados y documentados.

- **Reforzamientos en la capacitación a usuarios.**

Resulta conveniente efectuar charlas de reforzamiento a los usuarios de los sistemas instalados en forma periódica, manteniendo un registro y una metodología coherente durante todo el periodo.

- **Asesoría y atención de consultas a distancia.**

En vista que los usuarios pueden llegar a sentirse “abandonados” luego de concluidos las actividades de implementación, es muy conveniente que se mantenga un vínculo durante y aún después del periodo de acompañamiento. Los medios de consultas podrían ser vía telefónica o correo electrónico o incluso vía radio, dependiendo de las características de la solución implementada.

### **7.2.2. Elaboración y ejecución de un plan de capacitación.**

La capacitación de los usuarios directos de los sistemas instalados, así como del personal que se dedicaría a las labores de mantenimiento es fundamental para el aseguramiento de la sostenibilidad de las redes implementadas. Por lo que se debería elaborar y ejecutar un plan de capacitación permanente a usuarios y técnicos de mantenimiento con el objetivo de desarrollar, en el personal local, las capacidades y competencias necesarias para operar y mantener las redes instaladas. Como parte de este planeamiento se incluirían cursos presenciales específicamente orientados a

los usuarios, diferenciados de los que estarían destinados a técnicos de mantenimiento. En forma adicional, en los lugares donde la tecnología implementada lo permita, es conveniente la realización de cursos a distancia y una interacción remota en base a la ejecución de “tareas” específicas a ser revisadas y evaluadas por los capacitadores.

El plan de capacitación debería tener la característica de permanente en el sentido que se extenderá durante el plazo de ejecución del proyecto o de implementación de la red, pues está demostrado que es bajo el aprovechamiento en cursos aislados que no tienen reforzamientos posteriores, más aún en casos en los que los beneficiarios no tienen conocimiento previo de TIC o sistemas informáticos. Además, resulta conveniente entregar material impreso y/o en medios digitales para que sirva como apoyo en la ejecución de las actividades que realizarán tanto los usuarios como los técnicos de mantenimiento.

Teniendo en cuenta que no siempre existen empleados en la organización o miembros de la comunidad con el perfil y la disposición para recibir esta función, es crucial atender a este tema desde el inicio mismo del proyecto.

Adicionalmente a lo mencionado, en caso se implementen procesos específicos para la gestión del mantenimiento de las redes, resulta indispensable que todos los que interactúan con las redes instaladas sean

adecuadamente capacitados en las actividades que les corresponderá realizar, según las funciones que desempeñan.

Finalmente, dependiendo de las características del proyecto o iniciativa, puede ser pertinente la identificación y capacitación de personal local que asuma la responsabilidad de replicar la formación recibida a nuevos grupos de usuarios, lo que haría, efectivamente, permanente el proceso de aprendizaje del conjunto de personas que forman la organización o colectivo beneficiario.

### **7.2.3. Gestión para la elaboración de convenios.**

Una falencia común en las zonas rurales es la falta de recursos humanos con el conocimiento suficiente para realizar las actividades técnicas requeridas en el mantenimiento de las redes, a pesar de que se puedan efectuar cursos de capacitación. Por este motivo, resulta de gran importancia la identificación de instituciones tecnológicas de educación superior o empresas privadas, dedicadas a las telecomunicaciones, que cuenten con ese conocimiento y que tengan el interés pedagógico, científico o comercial de participar en esas actividades.

## **CAPÍTULO 8**

### **RESUMEN GENERAL DE LA RED A IMPLEMENTARSE**

#### **8.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO**

El proyecto esta formulado de la siguiente forma:

La red será implementada en base a radios/equipos bridge que trabajan en las bandas no licenciadas ISM de 2.4 Ghz, se utiliza equipos de distribución enlazados en las cercanías con las estaciones repetidoras.

La redes se enlazaran a los receptores (CPE), los cuales se encontraran ubicados en las escuelas y se plantea tantos receptores como escuelas beneficiarias existan, esto es para una primera fase de 43 access clients. El ancho de banda será mínimo de 256 Kbps para subida y bajada de información desde la red disponiendo de una capacidad máxima de 3 Mbps en cada unidad.

El nodo principal deberá estar equipado con 2 servidores, en el primero que se configuren aplicaciones de proxy y limitación de ancho de banda para una adecuada administración del servicio de Internet disponible y que será

entregado a los diferentes centros educativos, y el segundo utilizado para el monitoreo de la red inalámbrica y de los servidores de cada centro educativo, en el que se instalara aplicaciones que permitan realizar los monitoreos antes descritos, con los que se lograra una adecuada administración y control del sistema a implementarse.

En este nodo se realizara el control y distribución del servicio de Internet, por lo tanto se debe realizar una asignación optima del ancho de banda contratado.

## **8.2. ESTUDIO DE CAMPO.**

La provincia de Bolívar se encuentra situada sobre la vertiente occidental de la cordillera de los Andes, tiene una extensión de 3.254 km<sup>2</sup>, lo que lo convierte en una de las provincias más pequeñas del Ecuador. No tiene elevaciones importantes, a excepción del Volcán Chimborazo que se encuentra parcialmente en esta provincia.

Se encuentra delimitada al norte con las provincias de Tungurahua y Cotopaxi, al sur con la provincia de Guayas, al este con la provincia de Chimborazo y al oeste con la provincia de Los Ríos.

Esta provincia tiene un clima variado que va desde el frío de los páramos hasta el cálido de las zonas subtropicales con temperaturas entre 22 y 25 grados centígrados, teniendo como principales actividades



económicas la agricultura, la ganadería y el turismo; además de la producción artesanía, armería, pirotecnia, minería, etc.

Se divide en 7 cantones: Caluma, Chillanes, Chimbo, Echeandía, Guaranda, Las Naves, San Miguel.

Su entorno geográfico es muy irregular predominado una gran cantidad de elevaciones, no por nada a su capital Guaranda la llaman “ciudad de las siete colinas”, ya que es una ciudad rodeada por varias alturas, de aquí que los enlaces en cuanto a acceso se vuelvo complicado ya que las diferentes unidades se encuentran muy distantes entre sí y no hay una distribución geográfica que favorezca al estudio del proyecto.

La mayoría de localidades se encuentra en el medio de valles, y se encuentran muy dispersas. Luego de las simulaciones se analizara la complejidad real del terreno y las tácticas oportunas a tomar.

La mayoría de puntos cuentan con telefonía fija, servicio de energía eléctrica las 24 horas del día; las interferencias electromagnéticas no son un problema ya que en la mayoría de localidades se pudo detectar servicio de telefonía celular de una y como máximo 2 de las 3 operadoras que actúan a nivel nacional; señal de televisión, la mayoría de localidades necesitan ubicar antenas exteriores para acceder a este recurso; además de radios AM y FM en pequeño número.

Algunas localidades, por lo general fundaciones e instituciones educativas con convenios internacionales tienen acceso al internet a través de redes VSAT, pero son en un pequeño número y no es accesible para la mayoría de población.

Las condiciones geográficas y climáticas son extremos en varios puntos llegando a alturas por arriba de los 3000 m y llegando a condiciones lluviosas y de extremo frío, varía desde los páramos fríos 4° C a 7° C hasta subtropical cálido 18° C a 24° C. La temperatura promedio es de 13° C.

En cuanto al personal directamente beneficiado como niños, profesores y padres de familia de las diferentes escuelas se encontró un alto interés en cuanto al proyecto ofreciendo un gran apoyo a la iniciativa, en una primera etapa ayudaran con mano de obra para la ejecución de trabajos a realizar en sus unidades o en su zona de influencia y luego en recibir la capacitación para apropiarse del proyecto en un corto plazo.

#### **8.2.1. Zonas de influencia**

La zona de influencia de la red está dada por la división de parroquias en cada uno de los cantones de la Provincia de Bolívar

**Cantones:** Guaranda, Chimbo, San Miguel, Chillanes, Caluma, Echeandia, Las Naves

**Parroquias:** Apagua, Asunción, Balsapamba, Bilován, Camarón , Capilla de Pacay, Capito, Piedra Redonda, Chalta Bajo, Charquiyacú, Chávez, Cuatro Esquinas, Cumbilli Chico, El Sinche, Facundo Vela, Guanujo, Julio Moreno, La Magdalena, La Cena, La Moya, Las Cochas, Las Guardias, Parnazo, Pasagua, Quindigua Alto, Quindigua Bajo, Regulo de Mora, Rodeopamba, Salinas, San Lorenzo, San Luis de Pambil, San Pablo, San Pedro de Guayabal, San Sebastián, San Simón, San Vicente, Santa Fe, Santiago, Simiatug, Tablas Chico, Telimbela, Ungubi, Veintimilla, Villamora, Vinchoa, Yatuví, Zaragata.

### **8.3. Selección de Localidades beneficiarias.**

Para la selección de las localidades en donde será instalado el servicio de internet, se toma en cuenta a las que están ubicadas en sectores rurales y urbano marginales de la Provincia de Bolívar, y deben ser consideradas por el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial, como las más idóneas para el presente proyecto, debiendo cubrir todas las escuelas rurales, ubicadas en los distintos cantones y parroquias detallados en la sección anterior.

Con respecto a la información socio-económica se presentan a continuación datos y tablas generales, de cada uno de los cantones:

## Provincia de Bolívar.

La cual se encuentra administrada por el GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE BOLIVAR, que de ahora en adelante lo llamaremos como GADPB o GADP Bolívar, para efectos de simplificar su nombre y tiene como máxima autoridad al Prefecto; esta entidad se encarga de coordinar con las instituciones participantes del presente proyecto. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2014)

	Cantón	Pob. (2010)	Área (km <sup>2</sup> )	Cabecera Cantonal
	Caluma	13.129	175	Caluma
	Chillanes	11.861	655	Chillanes
	Chimbo	17.406	262	Chimbo
	Echeandía	12.114	230	Echeandía
	Guaranda	21.877	1.898	Guaranda
	Las Naves	6.092	147	Las Naves
	San Miguel	3.565	570	San Miguel

**Figuras 28. División Política de la Provincia de Bolívar**  
Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2014)

## Guaranda.

La ciudad y el cantón Guaranda, se rige por una municipalidad según lo estipula la Constitución Política Nacional. La Municipalidad de Guaranda es una entidad de gobierno seccional que administra el cantón de forma autónoma al gobierno central. El Alcalde es la máxima autoridad

administrativa y política del Cantón Guaranda. Es la cabeza del cabildo y representante del Municipio.

El cantón se divide en parroquias urbanas y rurales, que a su vez son representadas por las Juntas Parroquiales ante el Municipio de Guaranda. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2014)

### Actividad económica

Por ser capital de provincia su economía es movida teniendo a la agricultura y al turismo como motores de desarrollo.

### Demografía

Dinámica demográfica	Habitantes <sup>3</sup>
Total	81.643
hombres	42.181
mujeres	39.462
menores a 1 año	1.665
1 a 9 años	19.273
10 a 14 años	10.269
15 a 29 años	20.063
30 a 49 años	16.104
50 a 64 años	7.764
de 65 y más años	6.505

**Figuras 29. Datos estadísticos Cantón Guaranda**  
Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2014)

## Chimbo.

### Actividad económica

En los barrios de Chimbo existen diversas y variadas industrias de tipo artesanal. En Ayurco se confecciona guitarras; En Tambán: escopetas, carabinas, revólveres, candados, cocinas, etc. Hacia el sureste por la vía a San Miguel, en la parroquia Magdalena, puede visitarse el santuario de la Virgen de Lourdes, sitio muy visitado por nacionales y extranjeros.

### Demografía

Población - Dinámica demográfica	Habitantes <sup>2</sup>
Población (habitantes)	15.005
Población - hombres	7.718
Población - mujeres	7.287
Población - menores a 1 año	280
Población - 1 a 9 años	2.909
Población - 10 a 14 años	1.708
Población - 15 a 29 años	3.600
Población - 30 a 49 años	2.987
Población - 50 a 64 años	1.782
Población - de 65 y más años	1.739

**Figuras 30. Datos estadísticos Cantón San José de Chimbo**

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2014)

## San Miguel.

### Actividad económica

Se economía se basa especialmente en la agricultura.

### Características demográficas

Población - Dinámica demográfica	Habitantes <sup>1</sup>
Población (habitantes)	26.747
Población - hombres	13.688
Población - mujeres	13.059
Población - menores a 1 año	449
Población - 1 a 9 años	5.363
Población - 10 a 14 años	3.394
Población - 15 a 29 años	6.499
Población - 30 a 49 años	5.038
Población - 50 a 64 años	3.080
Población - de 65 y más años	2.924

**Figuras 31. Datos estadísticos Cantón San Miguel**

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2014)

### Servicios básicos

Un significativo porcentaje de la población carece de alcantarillado, apenas lo poseen el 31% de viviendas, mientras que el 66,15% dispone de algún sistema de eliminación de excretas.

Otros servicios básicos tienen la siguiente cobertura:

- Agua entubada dentro de la vivienda: 0,29%.
- Energía eléctrica 85,68%.
- Servicio telefónico 8,31%.

## Chillanes.

### Actividad económica

La economía del cantón Chillanes está basada en la producción agraria y rústica del minifundio, se basa fundamentalmente en el 90,16% de la agricultura. La producción agrícola corresponde a los cuatro pisos climáticos existentes en la zona y ocupa toda la superficie territorial, calificando a sus terrenos como unos de los más fértiles del país. A pesar de esto, de acuerdo con el SIISE, la pobreza por necesidades básicas insatisfechas, alcanza el 84,45% de la población total del cantón. (Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, 2014)

### Características demográficas

Población - Dinámica demográfica	Habitantes <sup>2</sup>
Población (habitantes)	18.685
Población - hombres	9.219
Población - mujeres	9.466
Población - menores a 1 año	347
Población - 1 a 9 años	4.300
Población - 10 a 14 años	2.542
Población - 15 a 29 años	4.234
Población - 30 a 49 años	3.571
Población - 50 a 64 años	2.034
Población - de 65 y más años	1.657

**Figuras 32. Datos estadísticos Cantón Chillanes**  
Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2014)



## **Caluma.**

### **Actividad económica**

Es una zona muy rica en producción agrícola de productos subtropicales. El río Caluma atraviesa esta privilegiada región que ostenta paisaje de exótica belleza haciéndole atractiva para el turismo.

Caluma goza de un excelente clima y con un entorno natural extraordinario para quienes aman la naturaleza y los deportes extremos, su vegetación es exuberante al igual que su fauna, cuenta con decenas de cascadas, ríos y cultivos de naranja, cacao, mandarina, entre otras especies. El cantón Caluma comprende la cabecera cantonal, y no cuenta con parroquias rurales. (Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, 2014)

### **Características demográficas**

La población predominante es la mestiza con un 87,45% en relación con el total de habitantes. De acuerdo con el SIISE, la pobreza por necesidades básicas insatisfechas, alcanza el 66,52% de la población total del cantón, y la extrema pobreza: 23,81%. (Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, 2014)

De acuerdo con los datos presentados por el INEC, del último Censo de Población y Vivienda, realizado en el país en el 2010, Caluma presenta una

población predominantemente joven, edades comprendidas entre 0 y 19 años. La tasa de crecimiento anual de la población, en el período 1990-2001, fue de 1,1%.

En el área rural del cantón se encuentra concentrada un 59% de la población de Caluma. La población femenina alcanza el 49,7%, mientras que la masculina, el 50,3%. El analfabetismo en mujeres se presenta en 8,9%, mientras que en varones, 6,7%.

Un significativo porcentaje de la población carece de alcantarillado, apenas lo poseen el 41% de viviendas, mientras que el 71% de las viviendas cuentan con algún sistema de eliminación de excretas. Otros indicadores:

- Agua entubada por red pública dentro de la vivienda: 36%.
- Energía eléctrica 81% y,
- Servicio telefónico 17,7%.
- Servicio de recolección de basuras: 39% de las viviendas.

En síntesis, el déficit de servicios residenciales básicos alcanza al 70,09% de viviendas. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2014)

## Echeandía.

### Actividad económica

Climáticamente, pertenece a la zona subtropical, lo cual favorece su economía, ya que la mayor parte de la población se dedica a la agricultura, con la producción de la zona: naranjas, café, cacao, caña de azúcar. El cantón comprende la cabecera cantonal, y no posee parroquias rurales.

De acuerdo SIISE, la pobreza por necesidades básicas insatisfechas, alcanza el 74,39% de la población total del cantón. (Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, 2014)

### Características demográficas

Población - Dinámica demográfica	Habitantes <sup>1</sup>
Población (habitantes)	10.951
Población - hombres	5.408
Población - mujeres	5.543
Población - menores a 1 año	216
Población - 1 a 9 años	2.396
Población - 10 a 14 años	1.273
Población - 15 a 29 años	2.757
Población - 30 a 49 años	2.355
Población - 50 a 64 años	1.074
Población - de 65 y más años	880

**Figuras 33. Datos estadísticos Cantón Echeandia**  
Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2014)

## Las Naves.

### Actividad económica

Sus tierras ofrecen una variedad de recursos para el ecoturismo. Este cantón es eminentemente agrícola, produce: naranja, sandía, zapote, aguacate, pina, mango, guaba, arroz, plátano, cacao, café, maíz, frijol, verduras, entre otras.

La población predominante es la mestiza con un 80% de sus habitantes. De acuerdo con el SIISE, la pobreza por necesidades básicas insatisfechas, alcanza el 83,91% de la población total del cantón, y la extrema pobreza alcanza el 37,89%. El cantón Las Naves comprende la cabecera cantonal, con su parroquia urbana “Las Mercedes”, no cuenta con parroquias rurales. (Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, 2014)

### Características demográficas

Población - Dinámica demográfica	Habitantes <sup>1</sup>
Población (habitantes)	5.265
Población - hombres	2.498
Población - mujeres	2.767
Población - menores a 1 año	128
Población - 1 a 9 años	1.152
Población - 10 a 14 años	658
Población - 15 a 29 años	1.374
Población - 30 a 49 años	1.172
Población - 50 a 64 años	475
Población - de 65 y más años	306

**Figuras 34. Datos estadísticos Cantón Las Naves**  
Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2014)

## 8.4. DISEÑO DE RED

### 8.4.1. Alternativa tecnológica propuesta para la implementación

Se propone la utilización de la familia de estándares IEEE 802.11 (802.11a/b/g/n), más conocida como WiFi, tiene asignadas las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) 2.400-2.4835 GHz para uso en redes inalámbricas, basadas en espectro ensanchado, con objeto de lograr redes de área local inalámbricas (WLAN). WiFi comparte la mayoría de su funcionamiento interno con Ethernet, sin embargo se diferencia en la especificación de la capa física (PHY), utilizando señales de radio en lugar de cable y en su capa de control de acceso al medio (MAC); ya que para controlar el acceso a Ethernet usa CSMA/CD, mientras que WiFi usa CSMA/CA. El gran ancho de banda (entre 1 y 11 Mbps para 802.11b y hasta 54Mbps para 802.11a/g, llegando hasta 600 Mbps en 802.11n) a un precio reducido, lo presenta como una de las mejores opciones para la transmisión de datos. Tomando en cuenta ciertas restricciones legales de potencias se puede utilizar en exteriores utilizando antenas externas, amplificadores adecuados, etc. Las regulaciones vigentes permiten establecer enlaces de varias decenas de kilómetros a potencias muy bajas, con un ancho de banda mucho mayor que otras soluciones tecnológicas. Como la comunicación punto a punto sólo puede darse entre estaciones con perfecta línea de vista, en muchos escenarios, no suelen lograrse alcances mayores de unos 40 Kms. No obstante, pueden salvarse obstáculos con el uso de repetidores intermedios o las propias estaciones cliente utilizadas

como repetidores, para interconectar dos estaciones que se encuentren a una mayor distancia. Las ventajas e inconvenientes que presenta el uso de esta tecnología se indican a continuación:

### **Ventajas:**

1. Uso de frecuencias de la banda ISM 2.4 GHz, con ciertas limitaciones de potencia.
2. Velocidades desde 1 hasta 600 Mbps, siempre teniendo en cuenta que el throughput neto obtenido está alrededor de un 50 a 70% de esos valores.
3. Tecnología con estándar ampliamente difundido y fácil de configurar, lo que favorece los bajos costos de los equipos.
4. Bajo consumo de potencia, menor a 10 W por enrutador.
5. Flexibilidad: un nodo puede adherirse a la red si puede ver a uno de los nodos vecinos, esto nos beneficia en zonas rurales aisladas que normalmente no siguen una distribución geométrica ordenada alrededor de un punto central.
6. Hardware fácilmente integrable en un sistema impermeable que soporte condiciones meteorológicas adversas.

### **Inconvenientes:**

1. Requiere línea de vista directa, lo que podría aumentar el número de repetidores necesarios, aumentando los costos.

2. Al ser una tecnología creada para redes de corto alcance, hay que solucionar ciertos problemas relacionados con su utilización para distancias de varios kilómetros.

3. El número de colisiones aumenta en relación con el número de usuarios.

4. Tiene un número limitado de canales no interferentes, 3 en 2.4 GHz.

#### **8.4.2. Dimensionamiento de las redes**

Al momento de realizar nuestro dimensionamiento tenemos que tener en cuenta la siguiente premisa: Planear y diseñar antes de instalar y configurar

Es muy común en este tipo de redes que los usuarios, compren e instalen equipo sin una previa planeación y diseño. Trayendo como resultado un deficiente desempeño y en casos muy extremos, el robo de la información. La instalación y la configuración de estas redes pueden ser un proceso muy sencillo, pero precisamente esto las hace ser un blanco fácil para ataques externos e internos. Recordemos que el medio por el cual se comunican dispositivos inalámbricos es el aire, y que cualquier espía con los dispositivos necesarios puede rastrear las señales y utilizar en su beneficio los recursos de la red; con la intención de optimizar el desempeño, así como también de reducir el nivel de inseguridad que presentan este tipo de redes, hay que tomar en consideración ciertos factores en el diseño y planeación de una red WiFi:

1. **Ancho de banda/Velocidad de transmisión:** Los estándares IEEE 802.11a y IEEE 802.11g, permiten velocidades de hasta 54 Mbps, por otro lado el estándar IEEE 802.11b permite velocidades de transmisión de hasta 11 Mbps. Este ancho de banda es mucho menor al de las redes cableadas, las cuales operan a 100 Mbps. Con el estándar IEEE 802.11n llegamos a velocidades de transmisión de hasta 600 Mbps. El ancho de banda especificado por los estándares 802.11a/b/g/n es teórico y se cumple sólo en condiciones ideales. El máximo desempeño depende de muchos otros factores.

2. **Tipos de aplicaciones:** Debemos delimitar el tipo de aplicaciones que se van a tener en la red inalámbrica, tales como: acceso a Internet, correo electrónico, consultas a base de datos y transferencia de archivos. Dado el limitado ancho de banda, se tendrá que hacer un análisis para aplicaciones que consumen alto ancho de banda tales como transferencia de video e imágenes, videoconferencia, audio/video streaming.

3. **Número máximo de usuarios:** Uno de los factores importantes es delimitar el número de usuarios que utilizará la red. Los estándares definen diferente número de usuarios conectados simultáneamente a un punto de acceso (AP). Es obvio afirmar que a mayor número de usuarios conectados, menor será el desempeño de la misma. Hay que tener en cuenta el número máximo de usuarios que soporta cada estándar 802.11a/b/g/n.



4. **Área de cobertura:** Mientras la frecuencia aumenta, generalmente el rango de cobertura de la señal disminuye, de modo que la frecuencia de operación de 5 GHz generalmente tiene menor rango de cobertura que la de 2.4 GHz. Por lo que es en esta frecuencia donde se realiza la presente. De acuerdo con esto, si se utiliza el estándar 802.11a se requiere un número mayor de AP's para extender la cobertura, y esto implica un mayor presupuesto. Por otro lado el estándar 802.11b tiene una mayor cobertura aunque con un menor ancho de banda. El uso de antenas con mayor ganancia aumentará considerablemente la cobertura.

5. **Material con el que están contruidos los edificios:** La propagación de las ondas electromagnéticas se comportan de manera diferente en relación al material con el que estén contruidos los edificios donde se instalará las redes. Hablamos entonces de diversos materiales tales como: madera, ladrillo, tabla roca. Ciertos materiales reflejan las señales sin problema como la madera y la tabla roca, lo cual puede extender la cobertura. Otros materiales duros como el concreto con varilla, acero y cemento absorben o atenúan la potencia de la señal disminuyendo la cobertura.

6. **Conexión con la red cableada:** Se debe tener en cuenta que los puntos de acceso necesitan electricidad para poder operar y además deben estar conectados a la red cableada. Existen puntos de acceso que proveen la electricidad al AP a través del cable par trenzado. Esta característica se le conoce como PoE (power over Ethernet).

**7. Disponibilidad de productos en el mercado:** Se debe tomar en cuenta el mercado y la disponibilidad del equipamiento, además factores como el costo y el soporte técnico disponible. A veces lo barato puede salir caro.

**8. Planeación y administración de las direcciones IP:** Hay que tomar en cuenta que los dispositivos inalámbricos necesitan de una dirección IP para poder identificarse. Por lo que será necesario reservar direcciones IPs para los equipos que se van a conectar a la red. Además que será necesario emplear enrutadores que puedan proporcionar direcciones IPs estáticas. También hay que considerar el uso de servidores DHCP para asignar direcciones dinámicamente; pero esto puede ser contraproducente. El administrador de la red deberá decidir si se utiliza esta opción o asignar direcciones manualmente.

**9. Los identificadores de la red (SSID):** Los SSIDs son los identificadores de los puntos de acceso. Se deben poner SSIDs adecuados y no muy obvios, estos identificadores son fácilmente rastreables por aplicaciones o por otros APs. Es muy común que al instalar un AP, no se cambie el nombre del SSID que viene de fábrica. Esta mala práctica ocasiona que los usuarios maliciosos identifiquen claramente el nombre del fabricante del AP y puedan obtener la contraseña. Para después entrar al panel de administración de la configuración del AP y tomar el control total de la red.

10. **La Seguridad:** Es quizás el factor menos tomado en cuenta y resulta ser de lo más crítico. Las redes inalámbricas son más susceptibles a ataques debido a que los intrusos no requieren conexión física para acceder a la red. En este punto hay que tener en cuenta cual será el nivel de seguridad que utilizaremos para proteger nuestra red. Existen 3 niveles de seguridad: básico, intermedio y avanzado.

En el nivel básico existe ya por omisión un mecanismo de seguridad en el estándar 802.11x, conocido como WEP. Este mecanismo utiliza una llave de 64 o 128 bits para acceder al AP. También existe en este nivel básico de seguridad el filtrado de direcciones MAC. Con este mecanismo se logra filtrar aquellas direcciones MAC que no pertenezcan a nuestra red. Se ha visto que es muy fácil corromper estos dos mecanismos, por lo cual no es muy recomendable si se desea un nivel de seguridad mayor.

En el nivel intermedio se encuentran los servidores de autenticación, tales como el RADIUS y el kerberos. Para ellos se requiere la instalación y configuración de un servidor de autenticación, el cual implica un gasto extra por la contratación de personal calificado que lo instale, configure y administre. El acceso al AP se hace mediante un login y password más personalizado para cada usuario. El servidor de autenticación validará ésta información antes de darle acceso al AP. Una de las desventajas de los servidores de autenticación es que éstos pueden ser accedidos maliciosamente por los hackers y obtener la lista completa de contraseñas y usuarios.

En el nivel avanzado se hace uso de servidores de autenticación más sofisticados. En este nivel se pueden emplear protocolos de encriptación tales como IPSec, SSL o TLS. Además pueden comprarse equipos VPN para crear túneles seguros entre los usuarios y los servidores de autenticación.

Tomado en cuenta estos ítems se utilizara equipos de la familia 802.11n, ya que cuenta con la tecnología *MIMO*, que permite el manejo simultáneo de procesos de envío y recepción mediante varias antenas. Eso multiplica su cobertura y su capacidad.

El Wi-Fi 802.11 n tiene un alcance de hasta 100 m para uso en el interior de edificios. La velocidad máxima normal es de 450 Mbps. Y en exteriores varias decenas de kilómetros con velocidades de hasta 300 Mbps.

#### 8.4.3. Cálculo de Cobertura

##### **Modelo de Propagación en el Espacio Libre. Ecuación de Friss**

El modelo de propagación en espacio libre se utiliza para predecir el nivel de potencia recibido en cierta ubicación, cuando existe línea de vista (line-of-sight, LOS) entre el transmisor (Tx) y el receptor (Rx). Por ejemplo, este modelo es utilizado en el diseño de los enlaces satelitales.

Este modelo predice que la potencia disminuye en función de la separación “d” entre el Tx y Rx, de acuerdo a la ecuación de Friis:

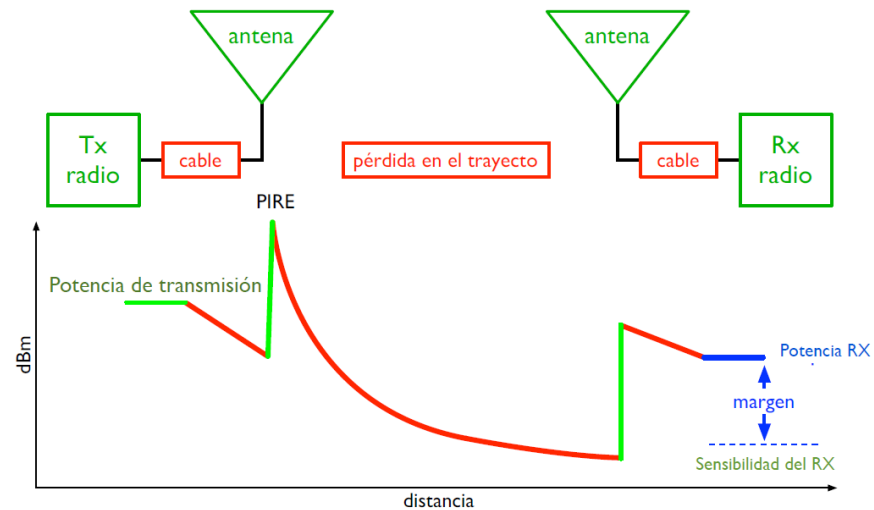
$$Pr(d) = \frac{PtGtGr}{L} \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

Dónde:

1. Pr(d) es la potencia recibida (que es una función de la separación entre transmisor y receptor)
2. Pt es la potencia transmitida
3. Gt es la ganancia de la antena de transmisión
4. Gr es la ganancia de la antena de recepción
5. d es la separación Tx –Rx en metros
6. L son las pérdidas del sistema no relacionada a la propagación ( $L \geq 1$ )
7.  $\lambda$  es la longitud de onda de la señal electromagnética en metros

#### 8.4.4. Cálculo del Radioenlace

##### Potencia en un sistema inalámbrico



**Figuras 35. Nivel de potencia a lo largo de la trayectoria en un enlace**

El transmisor produce una potencia  $P_t$ , una pequeña cantidad se pierde por atenuación  $A_t$ , en el cable entre el transmisor y la antena; la antena transmisora enfoca la potencia hacia dirección deseada, sumando una ganancia  $G_t$ . En la salida de la antena transmisora tenemos el nivel máximo de potencia de todo el enlace, este nivel se denomina PIRE (Potencia Isotrópica Irradiada) o EIRP en inglés y esta expresada en dBm.

A continuación tendremos las pérdidas en el espacio, que aumentan cuadráticamente con la distancia entre los extremos del enlace y debido también a la absorción, cuya suma es la pérdida en el trayecto (path loss). La antena receptora suministra una ganancia  $G_r$ , mientras que el cable entre

esta y el receptor induce una atenuación  $A_r$ . Si la potencia  $P_t$  que llega a la entrada del receptor es mayor que la sensibilidad del receptor por un cierto margen  $M$ , el enlace es viable.

El valor de  $M$  determina el grado de confiabilidad de nuestro enlace. Este valor debe ser al menos de 10 dB y para enlaces críticos es mejor un margen de 20 dB.

### **Presupuesto de potencia**

Las prestaciones de cualquier enlace de comunicaciones depende de la calidad del equipo utilizado, por lo que el presupuesto o balance de Potencia es una manera de cuantificar las características de nuestro enlace.

En un enlace 802.11 la potencia recibida está determinada por 3 factores: la potencia de transmisión ( $P_t$ ), la ganancia de la antena transmisora ( $G_t$ ) y la ganancia de la antena receptora ( $G_r$ ). Si esta potencia, menos las perdida en el trayecto es mayor que el nivel mínimo de la señal recibida del receptor, tendremos un enlace viable.

La diferencia entre el nivel de la señal recibida y el nivel mínimo de señal recibida (sensibilidad del receptor) es el margen del enlace, este margen debe ser positivo y debemos de tratar de maximizarlo al menos 10 dB para un enlace viable.

Hay que tomar en cuenta en no confundir el presupuesto de Potencia con el costo de los equipos, ya que no se trata de dinero más bien de dB, el mismo que reflejara el impacto de las diferentes variables en la potencia que llega al receptor.

La sensibilidad del receptor depende fuertemente de la tasa de transmisión, a mayor tasa de transmisión, mayor será la potencia que le receptor requerirá para un enlace aceptable.

Si no alcanzamos un margen requerido a una tasa de transmisión, será necesario reducir la velocidad de transmisión, además que la pérdida en el espacio libre es al que existe cuando la distancia entre Tx y Rx está completamente libre de obstáculos, con al menos el 60% de la primera zona de Fresnel. La obstrucción de esta primera zona o la presencia de paredes u otros objetos causa pérdidas adicionales que deben añadirse a la pérdida en el espacio libre necesarias para calcular las pérdidas totales en la trayectoria.

#### **8.4.5. Topología de la Red**

Se refiere a la disposición geométrica de los elementos de la red, la trayectoria de las señales a través de la conexión física y el medio que los comunica.



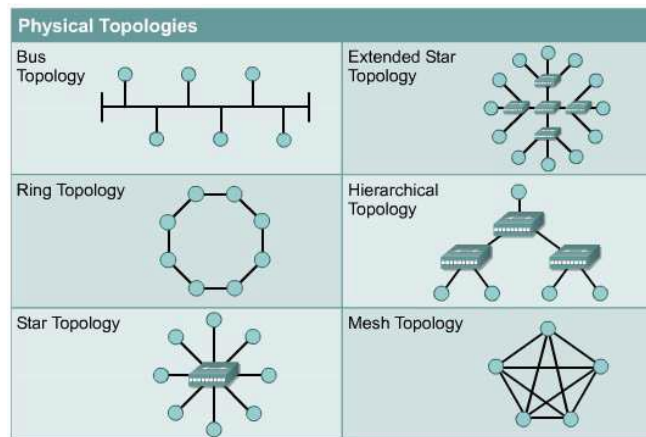
**Topología Bus.** Se caracteriza por tener un solo cable backbone que debe terminarse en ambos extremos, a este se le conectan todos los hosts que forman parte de la red.

**Topología Anillo.** Se caracteriza porque los hosts se conectan uno después de otro y el último con el primero, formando un anillo físico de cable.

**Topología Estrella.** Se caracteriza porque tiene un punto central de concentración al cual se conectan todos los hosts y este controla el flujo de información a través de la red.

**Topología Jerárquica.** Parecida a la topología estrella extendida, con la diferencia de que los switches o hubs no se conectan entre sí, sino que el sistema se conecta a un computador, el mismo que se encarga del control de tráfico de la red.

**Topología Malla.** En esta topología, cada host está conectado a todos los demás hosts haciendo posible varias rutas cuando se envíe cierta información.



**Figuras 36. Topologías de una Red**

## 8.4.6. Protocolos de Enrutamiento

### 8.4.6.1. Criterios para Seleccionar un Protocolo de Enrutamiento

**Topología de Red.** Los protocolos del tipo OSPF e IS-IS requieren un modelo jerárquico formado un backbone y una o varias áreas lógicas, lo que nos puede llegar a exigir que rediseñemos toda la red.

**Resumen de Ruta y Dirección.** Mediante VLSM podemos reducir considerablemente el número de entradas en la tabla de enrutamiento, en consecuencia la carga de los routers, por lo que son recomendados protocolos como OSPF y EIGRP.

**Velocidad de Convergencia.** Uno de los criterios más importantes es la velocidad con la que un protocolo de enrutamiento identifica rutas no disponibles, selecciona una nueva y propaga la información sobre ésta.

Protocolos como RIP-1 e IGRP suelen ser más lentos en converger que protocolos como EIGRP y OSPF.

**Criterios de Selección de Ruta.** Cuando las diferentes rutas de la intranet se compongan de varios tipos de medios LAN y WAN, puede no ser aconsejable un protocolo que dependa estrictamente del número de saltos, como es el caso de RIP, este considera que el salto de un router en un segmento Fast Ethernet tiene el mismo coste que un salto por un enlace WAN a 56 Kbps.

**Capacidad de ampliación.** Los protocolos de vector de distancia tienen un menor ciclo de consumo en su CPU que los protocolos de estado de enlace con sus complejos algoritmos SPF. Sin embargo, los protocolos de estado de enlace consumen menos ancho de banda que los protocolos de vector de distancia.

**Sencillez de implementación.** RIP, IGRP, y EIGRP no requieren mucha planificación ni organización en su topología para que se puedan ejecutar de manera eficaz. OSPF e IS-IS requieren que se piense muy cuidadosamente la topología de la red y los modelos de direccionamiento antes de su implementación.

**Seguridad.** Algunos protocolos como OSPF y EIGRP admiten poderosos métodos de autenticación, como la autenticación de claves MD5.

**Compatibilidad.** Teniendo en cuenta el carácter propietario de Cisco de protocolos como IGRP y EIGRP, dichos protocolos no los podremos utilizar con protocolos de otros fabricantes, si estamos desarrollando una red compuesta exclusivamente de dispositivos Cisco, no tendremos ninguna duda en utilizar EIGRP como protocolo de enrutamiento, por ser sencillo de configurar, no requerir una topología específica, admitir VLSM, y ofrecer una convergencia rápida.

En el presente diseño no utilizaremos en su totalidad equipos Cisco, por lo que haremos un análisis para determinar el Protocolo de Enrutamiento.

**Tabla 4:**

**Resumen de Protocolos de Enrutamiento.**

	RIP-1	RIP-2	IGRP	EIGRP	OSPF	BGP
<b>¿Soporta VLSM?</b>	NO	SI	NO	SI	SI	SI
<b>Velocidad</b>	Lenta	Media	Media	Rápida	Rápida	Rápida
<b>Convergencia</b>						
<b>Tecnología</b>	Vector	Vector	Vector	Mixto	Enlace	Vector
<b>Núm. Máx. Saltos</b>	15	15	255	255	65535	
<b>seguridad</b>		MD5		MD5	MD5	
<b>Selección de ruta</b>	Saltos	Saltos	Varias métricas	Varias métricas	Ancho banda	
<b>Compatibilidad</b>	Universal	Universal	Cisco	Cisco	Universal	Universal
<b>Tipo</b>	IGP	IGP	IGP	IGP	IGP	EGP
<b>¿Proceso / ASN?</b>	NO	NO	PROCESO	PROCESO	PROCESO	ASN
<b>¿Depende de topología?</b>	NO	NO	NO	NO	SI	SI

FUENTE: (CISCO SYSTEMS, 2014)

Del análisis de la Tabla 4, elegimos el protocolo OSPF

## **OSPF - Open Shortest Path First.**

Es un protocolo de enrutamiento jerárquico de pasarela interior, de investidura dinámica IGP, que usa el algoritmo SmoothWall Dijkstra enlace-estado (LSE - Link State Algorithm) para calcular la ruta más corta posible, utilizando la métrica de menor costo, por ejemplo una métrica podría ser el menor costo de RTT (Round Trip Time). Usa cost como su medida de métrica. Además, construye una base de datos enlace-estado (link-state database, LSDB) idéntica en todos los enrutadores de la zona.

OSPF es probablemente el tipo de protocolo IGP más utilizado en redes grandes. IS-IS, otro protocolo de enrutamiento dinámico de enlace-estado, es más común en grandes proveedores de servicio. Puede operar con seguridad usando MD5 para autenticar a sus puntos antes de realizar nuevas rutas y antes de aceptar avisos de enlace-estado, acepta VLSM o CIDR sin clases desde su inicio. Se han ido creando nuevas versiones, como OSPFv3 que soporta IPv6 o como las extensiones multidifusión para OSPF (MOSPF), aunque no están extendidas. OSPF puede "etiquetar" rutas y propagar por otras rutas, puede descomponer en regiones más pequeñas. Hay un área especial llamada área backbone que forma la parte central de la red y donde hay otras conectadas a ella. Las rutas entre diferentes áreas circulan siempre por el backbone, por lo tanto todas las áreas deben conectar con el backbone. Si no es posible hacer una conexión directa con el backbone, se puede hacer un enlace virtual entre redes. (CISCO SYSTEMS, 2014)

## 8.5. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES

**Tabla 5:**

**Ubicación geográfica de las unidades educativas.**

ID	Cantón	Parroquia	Unidad Educativa	Longitud				Latitud			
				hem	grad	Min	seg	hem	grad	min	Seg
1	Guaranda	San Lorenzo	Esc. Manuela Cañisares	W	78	59	52,80	S	1	40	35,4
2	Guaranda	San Simón	Esc. Luís A Castillo	W	78	59	37,50	S	1	37	19,6
3	Guaranda	Julio Moreno	Esc. Carlos Gualberto Galarza	W	79	1,00	58	S	1	35	32
4	Guaranda	Veintimilla	Escuela Republica del Ecuador	W	78	56,00	8,2	S	1	36	12,5
5	Guaranda	Salinas	Esc. Quintillano Sánchez	W	79	1,00	1,2	S	1	24	16,4
6	Guaranda	Guanujo	Esc. Manuel Rivadeneira	W	79	0,00	45	S	1	34	31,8
7	Guaranda	Apagua	24 de Julio	W	79	2,00	31	S	1	27	39,7
8	Guaranda	Santa Fe	Esc. Juan Montalvo	W	79	0	47,60	S	1	36	49
9	Chimbo	Asunción	Esc. Coronel José García	W	79	2	22,30	S	1	39	51,8

CONTINUA

ID	Cantón	Parroquia	Unidad Educativa	Longitud				Latitud			
				hem	grad	Min	seg	hem	grad	min	Seg
10	Chimbo	La Magdalena	Esc. Jaime Roldós Aguilera	W	79	4	7,20	S	1	39	55,6
11	Chimbo	Telimbela	Esc. Cinco de Junio	W	79	10	20,70	S	1	39	58,4
12	San Miguel	Bilován	Esc. Josefina Barba	W	79	6,00	9,7	S	1	48	26,9
13	San Miguel	San Pablo	Esc. Eloy Alfaro	W	79	4,00	5,6	S	1	48	58,4
14	San Miguel	Santiago	Esc. 24 de Octubre	W	78	59	53,40	S	1	41	58,1
15	San Miguel	San Vicente	Esc. Luís Aurelio Gonzáles	W	79	1	11,10	S	1	43	0,6
16	San Miguel	Regulo de Mora	Esc. Carmen Insúa Muñoz	W	79	11,00	17,6	S	1	52	41,9
17	Chillanes	Central	Esc. Fray Vicente Solano	W	79	3,00	50,6	S	1	56	45,8
18	Caluma	Pita	Esc. Francisco Pizarro	W	79	18	0,00	S	1	37	50,3
19	Caluma	Charquiyacú	Guillermo León Velasco	W	79	13	10,30	S	1	34	54,5
20	Caluma	Central	Esc. Honduras	W	79	19	0,80	S	1	37	26,9


 CONTINUA

ID	Cantón	Parroquia	Unidad Educativa	Longitud				Latitud			
				hem	grad	Min	seg	hem	grad	min	Seg
21	Guaranda	Vinchoa	Escuela Gabriel Ignacio de Veintimilla	W	78	59	13,90	S	1	36	10,7
22	Guaranda	Canduya	Esc. Manuel Paliz	W	78	58	31,00	S	1	40	17
23	Guaranda	Simiátug	Escuela José Ignacio Guzmán	W	78	57,00	44	S	1	17	29,4
24	San Miguel	Ungubi	Esc. Juan León Mera	W	78	59	58,60	S	1	45	18,7
25	San Miguel	Las Guardias	Escuela 10 de Noviembre	W	79	8,00	57,5	S	1	49	52,5
26	San Miguel	Villamora	Esc. Quito	W	79	4,00	35	S	1	46	33,6
27	San Miguel	Balsapamba	Esc. Manuel J Calle	W	79	10	53,30	S	1	46	0,5
28	Caluma	Sarapata	Escuela 2 de Agosto	W	79	7	47,70	S	1	34	48,7
29	Caluma	Tablas Chico	Escuela Luz de América	W	79	9	4,30	S	1	34	5,7
30	Caluma	Parnazo	Esc. Quiroga	W	79	16	15,70	S	1	40	11,4
31	Caluma	Yatuví	Esc. Amable Araúz	W	79	17	58,90	S	1	36	25,3


 CONTINUA



ID	Cantón	Parroquia	Unidad Educativa	Longitud				Latitud			
				hem	grad	Min	seg	hem	grad	min	Seg
32	Caluma	Pasagua	Esc. José H Gonzáles	W	79	9	57,50	S	1	34	37
33	Guaranda	Capito	Escuela Roberto Andrade	W	78	58	51,50	S	1	39	34,9
34	Guaranda	Gradas Chico	Escuela Gabriel Pazmiño Armijos	W	78	59	7,60	S	1	37	10,1
35	Chillanes	Capilla de Pacay	Esc. Gral. José Villamil	W	79	4,00	36,1	S	1	50	57,5
36	Guaranda	San Simón	Esc. General Pintag	W	78	56,00	21,2	S	1	36	52,5
37	Chimbo	San Sebastián	Escuela Federico Gonzáles	W	79	2	12,00	S	1	41	28,2
38	Chillanes	San Pedro de Guayabal	Esc. Río Napo	W	79	4,00	32,8	S	2	0	15,1
39	Guaranda	Quindigua Bajo	Esc. Telmo Jiménez	W	78	56,00	3,5	S	1	29	56,1
40	Guaranda	Quindigua Alto	Esc. Lorenza Abimañay	W	78	56,00	3,5	S	1	29	6,4
41	Guaranda	Guaranda	Consejo Provincial de Bolívar	W	79	0	0,30	S	1	35	22,2
42	Guaranda	San Luis de Pambil	Diego de Almagro	W	79	9	49	S	1	16	42,8

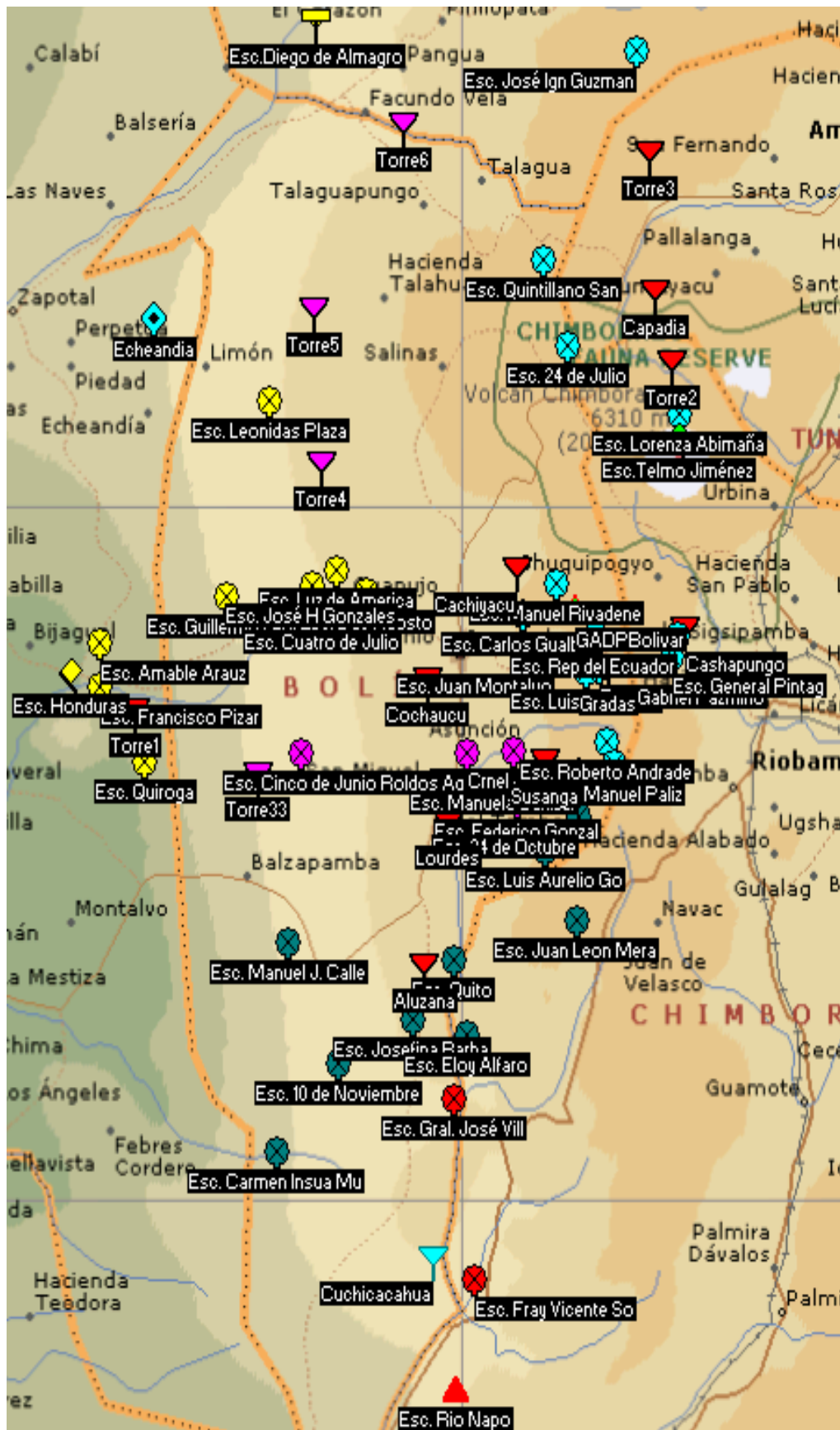

 CONTINUA

ID	Cantón	Parroquia	Unidad Educativa	Longitud				Latitud			
				hem	grad	Min	seg	hem	grad	min	Seg
43	Caluma	Cumbilli	Cuatro de Julio	W	79	9	31	S	1	35	27,8
44	Echeandía	La Cena	Leonidas Plaza	W	79	11	36,29	S	1	28	40,13

## 8.6. PERFILES DE LOS ENLACES Y SELECCIÓN DE LAS RUTAS.

### 8.5.1. Distribución de las Unidades Educativas.

Luego del estudio de campo se determinó llegar con el servicio a 43 Unidades Educativas y se tomó al GADP de Bolívar como el centro monitoreo de la red, teniendo un total de 44 puntos, como se observa en la figura 37, a lo largo de la provincia de Bolívar.



Figuras 37. Distribución de las Unidades Educativas.

## SIMBOLOGIA

Cada color y figura representa la ubicación de las unidades en un cantón de la Provincia de Bolívar

Tabla 6:

### Simbología utilizada en los mapas de Distribución

FÍGURA	CANTÓN	OBSERVACIÓN
	Guaranda	
	Chimbo	
	Caluma	
	San Miguel	
	Chillanes	
	Caluma	Punto extremo norte
	Chillanes	Punto extremo Sur
	San Miguel	Punto extremo Este
	Caluma	Punto extremo Oeste

### **8.5.2. Distribución de la red troncal**

La red troncal se diseñó con la finalidad de llegar a la mayor parte de la provincia de Bolívar.

La red cuenta con un centro de gestión y monitoreo que se encuentra en el edificio del GADP de Bolívar.

Se implementarán 16 torres en los sitios remotos que son cerros o lomas, los cuales están descritos y en los casos en los que no constan los nombres ya sea porque no tienen un nombre en específico se utiliza un número para llamar a este punto.

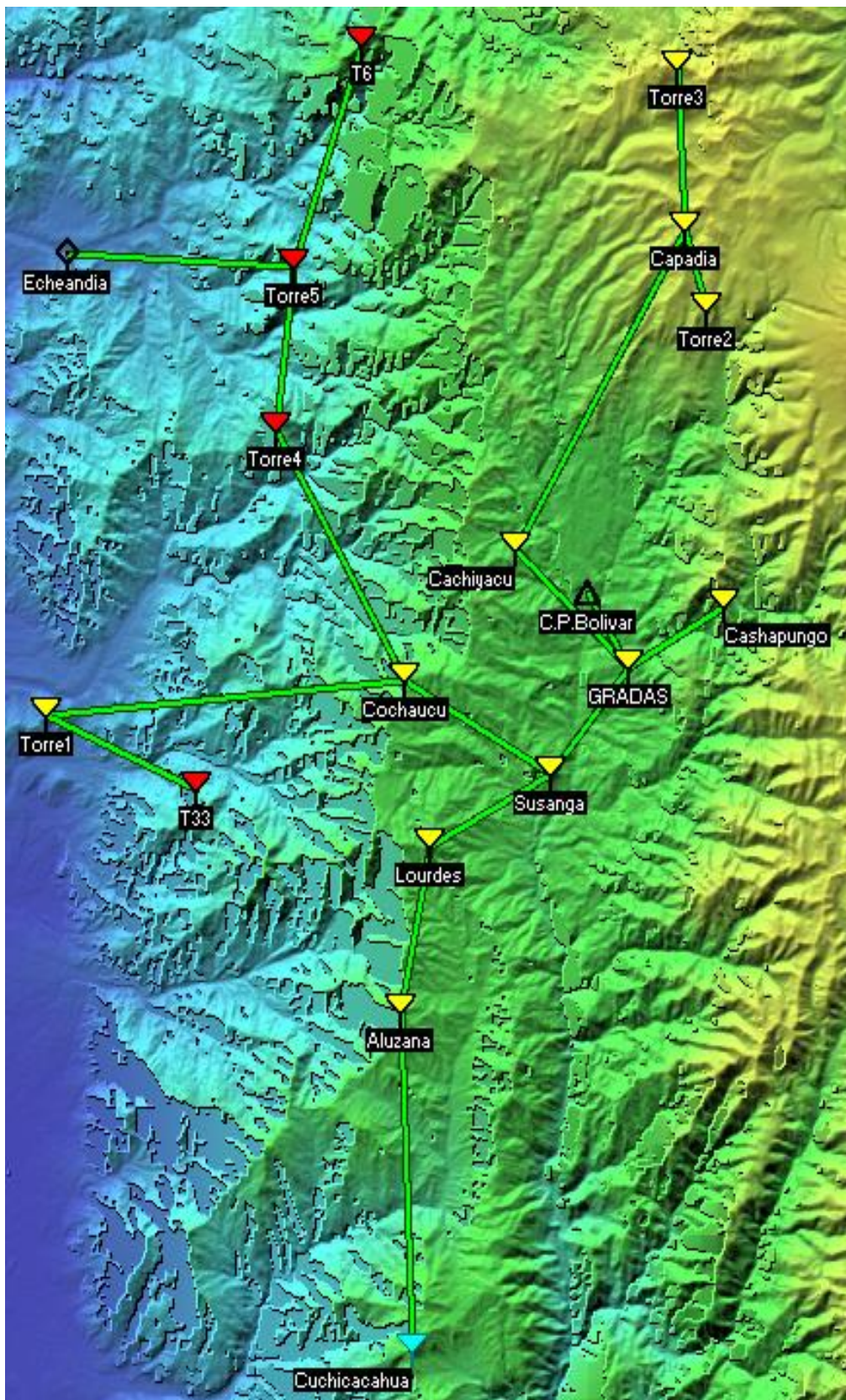
Se diseñó 16 enlaces para ocupar la mayor parte de la Provincia de Bolívar.

Se cuenta con 16 redes, ya que desde estos puntos se pretende cubrir las zonas aledañas.

Se cuenta con la torre 5 la cual nos ayuda solo como enlace entre la torre 4 y torre 6, en un futuro esta torre nos ayudara a interconectarnos con el Cantón Echeandía, no tomado en cuenta en el presente estudio.

**Tabla 7:****Ubicación de los Cerros donde se ubicaran las torres.**

<b>ID</b>	<b>CERROS</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Elevación (metros)</b>
1	GRADAS	1°37'25.9"S	78°58'44.4"W	2879
2	CASHAPUNGO	1°36'09.3"S	78°55'52.2"W	3275
3	CACHIYACU	1°34'12.6"S	79°02'13.8"W	3168
4	CAPADIA	1°25'23.2"S	78°57'00.5"W	4417
5	TORRE 2	1°27'36.1"S	78°56'20.8"W	4126
6	TORRE 3	1°20'57.6"S	78°57'13.4"W	4384
7	SUSANGA	1°40'21.0"S	79°01'09.0"W	2874
8	LOURDES	1°42'19.7"S	79°04'49.2"W	3253
9	ALUZANA	1°46'53.2"S	79°05'44.4"W	3028
10	CUCHICACAHUA	1°56'14.3"S	79°05'21.1"W	2755
11	COCHAUCA	1°37'43.5"S	79°05'37.5"W	2966
12	TORRE 1	1°38'43.9"S	79°16'39.3"W	594
13	TORRE 33	1°40'46.3"S	79°12'00.7"W	1468
14	TORRE 4	1°30'52.8"S	79°09'32.5"W	2038
15	TORRE 5	1°25'55.2"S	79°09'53.6"W	1560
16	TORRE 6	1°20'01.3"S	79°06'28.6"W	2819
17	ECHEANDIA	1°26'02.2"S	79°15'57.3"W	345



Figuras 38. Distribución de la red troncal

## 8.6. CALCULO DE PRESUPUESTO

ENLACE GADP BOLIVAR-GRADAS				
Distancia	4480,0	metros	4,5	Km
Frecuencia	2,4	GHz	2400,0	MHz
Altura de la antena	10,0	metros		
$Prx = Ptx - PGtx + GAtx - Lb + GARx - PGrx$				
Potencia - Tx	200,0	mW	23,0	dBm
Perdida en cable - Tx	0,0	dB		
Ganancia de antena - Tx	18,0	dBi		
FSL	-113,1	dB		
Ganancia de antena - Rx	18,0	dBi		
Perdida en cable - Rx	0,0	dB		
Sensibilidad del equipo - Rx	-94,0	dBm		
			FSL	113,08 dB
			PIRE	41,01 dBm
			Prx	-54,07 dBm
			MARGEN	39,93 dB
			RADIO FRESNEL	11,83 metros
Azimuth=148,5° Elev. angle=2,928° Clearance at 1,56km Worst Fresnel=6,6F1 Distance=4,48km				
PathLoss=121,0dB E field=65,0dBμV/m Rx level=-62,0dBm Rx level=178,7268μV Rx Relative=32,0dB				

**Transmitter**

Role: Master

Tx system name: NanoBridgeM2

Tx power: 0,1995 W 23 dBm

Line loss: 0 dB

Antenna gain: 18 dBi 15,85 dBd +

Radiated power: EIRP=12,59 W ERP=7,68 W

Antenna height (m): 10 - + Undo

**Receiver**

Role: Slave

Rx system name: NanoBridgeM2

Required E Field: 32,97 dBμV/m

Antenna gain: 18 dBi 15,85 dBd +

Line loss: 0 dB

Rx sensitivity: 4,4668 μV -94 dBm

Antenna height (m): 50 - + Undo

**Net**

E\_GADPBGradas

**Frequency (MHz)**

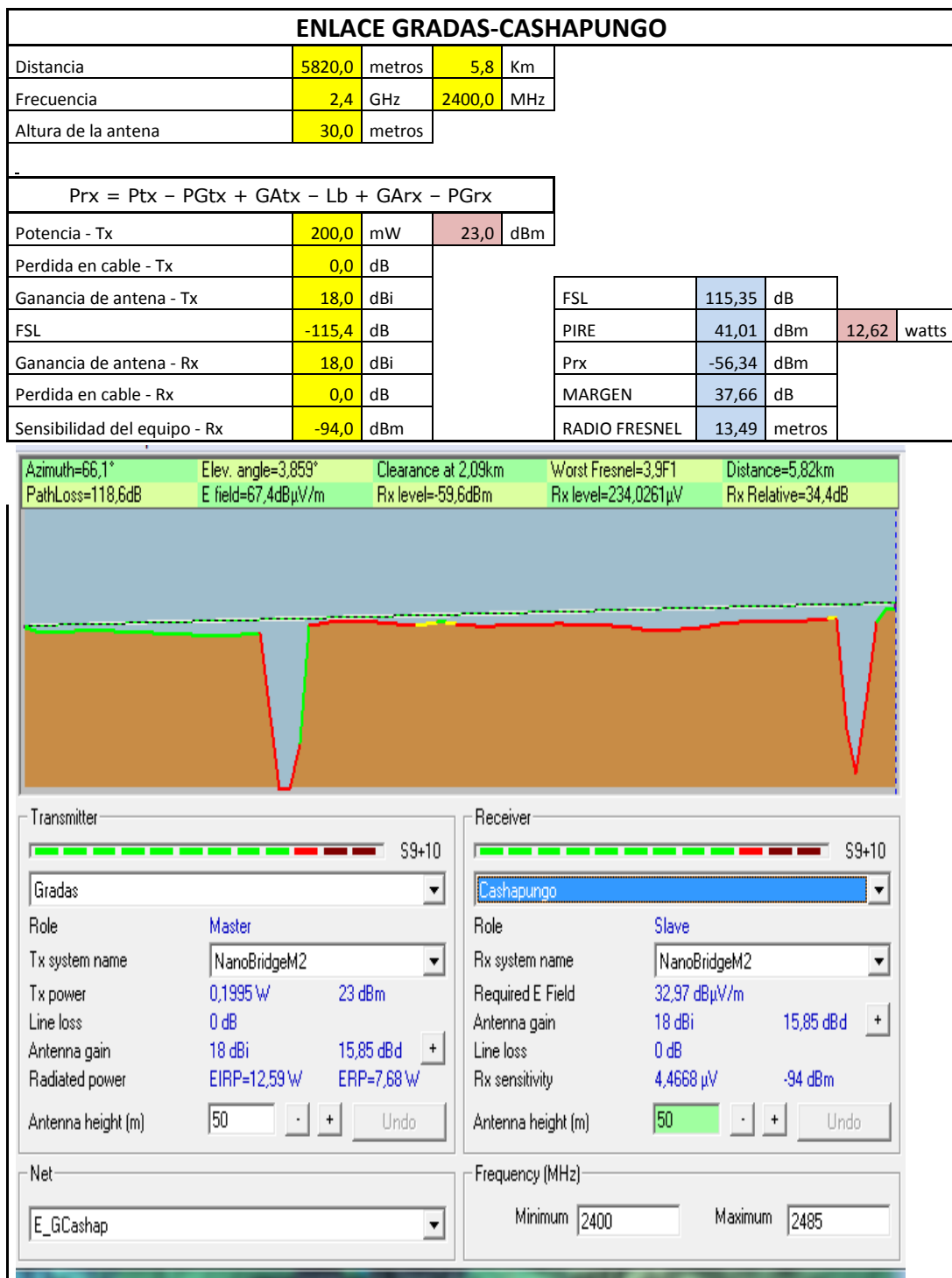
Minimum: 2400 Maximum: 2485

### Enlace 1. GADP BOLIVAR – GRADAS

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.





### Enlace 2. GRADAS –CASHAPUNGO

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.

ENLACE GRADAS-SUSANGA				
Distancia	7010,0	metros	7,0	Km
Frecuencia	2,4	GHz	2400,0	MHz
Altura de la antena	50,0	metros		
- Prx = Ptx - PGtx + GAtx - Lb + GARx - PGrx				
Potencia - Tx	200,0	mW	23,0	dB
Perdida en cable - Tx	0,0	dB		
Ganancia de antena - Tx	18,0	dBi		
FSL	-117,0	dB		
Ganancia de antena - Rx	18,0	dBi		
Perdida en cable - Rx	0,0	dB		
Sensibilidad del equipo - Rx	-94,0	dBm		
FSL	116,97	dB		
PIRE	41,01	dBm	12,62	watts
Prx	-57,96	dBm		
MARGEN	36,04	dB		
RADIO FRESNEL	14,80	metros		

Azimuth=219,5°	Elev. angle=-0,087°	Clearance at 0,19km	Worst Fresnel=14,4F1	Distance=7,01km
PathLoss=124,4dB	E field=61,5dBμV/m	Rx level=-65,4dBm	Rx level=119,9089μV	Rx Relative=28,6dB

**Transmitter**

Gradas

Role: Master

Tx system name: NanoBridgeM2

Tx power: 0,1995 W 23 dBm

Line loss: 0 dB

Antenna gain: 18 dBi 15,85 dBd +

Radiated power: EIRP=12,59 W ERP=7,68 W

Antenna height (m): 50 - + Undo

**Receiver**

Susanga

Role: Slave

Rx system name: NanoBridgeM2

Required E Field: 32,97 dBμV/m

Antenna gain: 18 dBi 15,85 dBd +

Line loss: 0 dB

Rx sensitivity: 4,4668 μV -94 dBm

Antenna height (m): 50 - + Undo

**Net**

E\_GradSusang

**Frequency (MHz)**

Minimum: 2400 Maximum: 2485

### Enlace 3. GRADAS – SUSANGA

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.

ENLACE GRADAS-CACHIYACU				
Distancia	8790,0	metros	8,8	Km
Frecuencia	2,4	GHz	2400,0	MHz
Altura de la antena	50,0	metros		
$\text{Prx} = \text{Ptx} - \text{PGtx} + \text{GAtx} - \text{Lb} + \text{GARx} - \text{PGrx}$				
Potencia - Tx	200,0	mW	23,0	dBm
Perdida en cable - Tx	0,0	dB		
Ganancia de antena - Tx	18,0	dBi		
FSL	-118,9	dB		
Ganancia de antena - Rx	18,0	dBi		
Perdida en cable - Rx	0,0	dB		
Sensibilidad del equipo - Rx	-94,0	dBm		
FSL	118,93	dB		
PIRE	41,01	dBm	12,62	watts
Prx	-59,92	dBm		
MARGEN	34,08	dB		
RADIO FRESNEL	16,57	metros		

Azimuth=312,7°	Elev. angle=1,834°	Clearance at 8,68km	Worst Fresnel=14,1F1	Distance=8,79km
PathLoss=122,0dB	E field=63,9dBμV/m	Rx level=63,0dBm	Rx level=157,7471μV	Rx Relative=31,0dB

**Transmitter**

Gradas

Role: Master

Tx system name: NanoBridgeM2

Tx power: 0,1995 W    23 dBm

Line loss: 0 dB

Antenna gain: 18 dBi    15,85 dBd +

Radiated power: EIRP=12,59 W    ERP=7,68 W

Antenna height (m): 50

**Receiver**

Cachiyacu

Role: Slave

Rx system name: NanoBridgeM2

Required E Field: 32,97 dBμV/m

Antenna gain: 18 dBi    15,85 dBd +

Line loss: 0 dB

Rx sensitivity: 4,4668 μV    -94 dBm

Antenna height (m): 50

**Net**

E\_GradCachiyacu

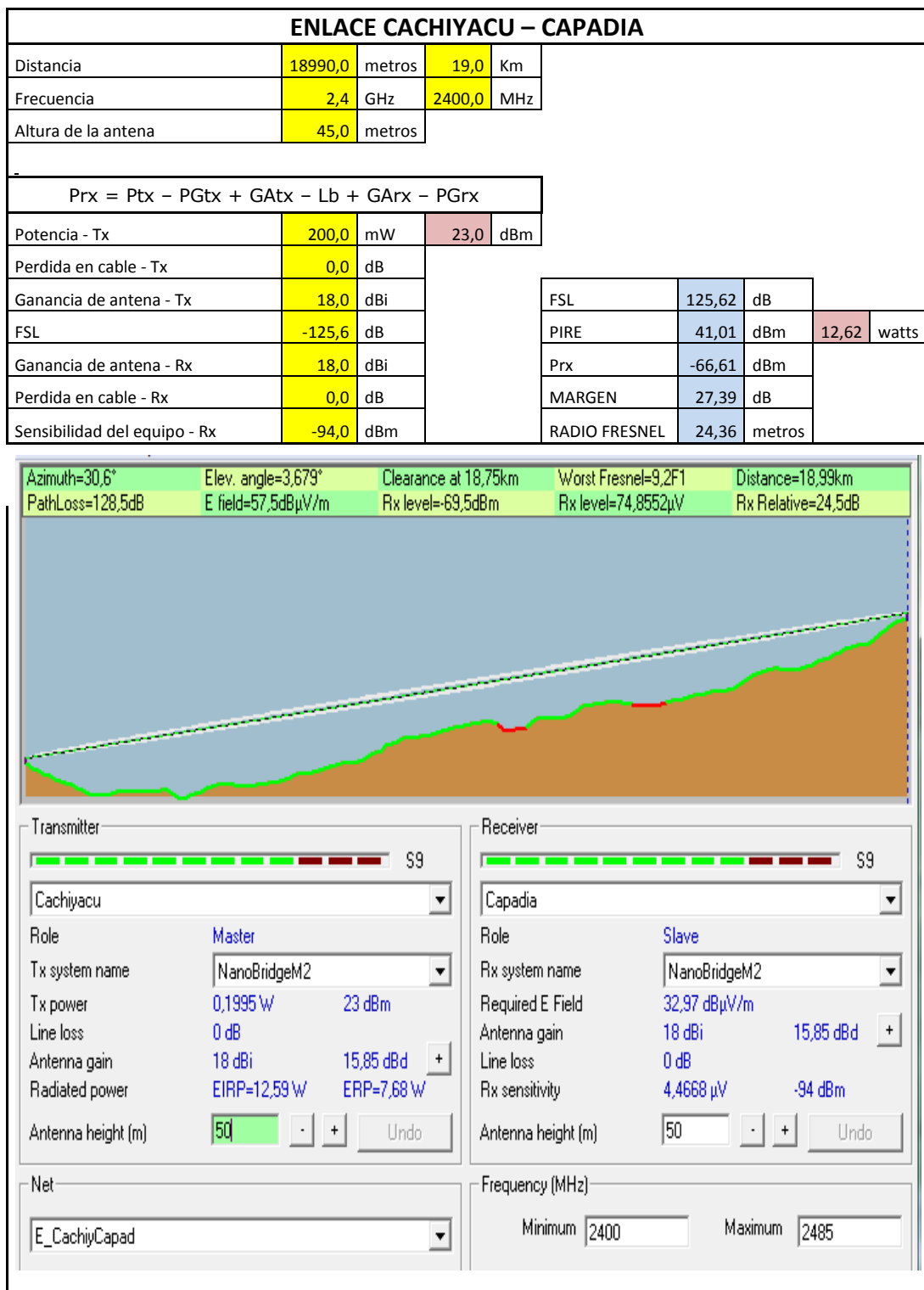
**Frequency (MHz)**

Minimum: 2400    Maximum: 2485

#### Enlace 4. GRADAS – CACHIYACU

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.



### Enlace 5. CACHIYACU-CAPADIA

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.

ENLACE CAPADIA-TORRE 2				
Distancia	4280,0	metros	4,3	Km
Frecuencia	2,4	GHz	2400,0	MHz
Altura de la antena	45,0	metros		
$Prx = Ptx - PGtx + GAtx - Lb + GARx - PGrx$				
Potencia - Tx	200,0	mW	23,0	dBm
Perdida en cable - Tx	0,0	dB		
Ganancia de antena - Tx	18,0	dBi		
FSL	-112,7	dB		
Ganancia de antena - Rx	18,0	dBi		
Perdida en cable - Rx	0,0	dB		
Sensibilidad del equipo - Rx	-94,0	dBm		
FSL	112,68	dB		
PIRE	41,01	dBm	12,62	watts
Prx	-53,67	dBm		
MARGEN	40,33	dB		
RADIO FRESNEL	11,56	metros		

Azimuth=163,4°	Elev. angle=-4,089°	Clearance at 4,09km	Worst Fresnel=7,0F1	Distance=4,28km
PathLoss=116,1dB	E field=69,8dBμV/m	Rx level=-57,1dBm	Rx level=311,9363μV	Rx Relative=36,9dB

**Transmitter**

Capadia

Role: Master

Tx system name: NanoBridgeM2

Tx power: 0,1995 W 23 dBm

Line loss: 0 dB

Antenna gain: 18 dBi 15,85 dBd +

Radiated power: EIRP=12,59 W ERP=7,68 W

Antenna height (m): 45 - + Undo

**Receiver**

Torre2

Role: Slave

Rx system name: NanoBridgeM2

Required E Field: 32,97 dBμV/m

Antenna gain: 18 dBi 15,85 dBd +

Line loss: 0 dB

Rx sensitivity: 4,4668 μV -94 dBm

Antenna height (m): 30 - + Undo

**Net**: E\_CapadT2

**Frequency (MHz)**: Minimum 2400 Maximum 2485

### Enlace 6. CAPADIA – TORRE 2

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.

ENLACE CAPADIA-TORRE 3				
Distancia	8210,0	metros	8,2	Km
Frecuencia	2,4	GHz	2400,0	MHz
Altura de la antena	45,0	metros		
$\text{Prx} = \text{Ptx} - \text{PGtx} + \text{GAtx} - \text{Lb} + \text{GARx} - \text{PGrx}$				
Potencia - Tx	200,0	mW	23,0	dB
Perdida en cable - Tx	0,0	dB		
Ganancia de antena - Tx	18,0	dBi		
FSL	-118,3	dB		
Ganancia de antena - Rx	18,0	dBi		
Perdida en cable - Rx	0,0	dB		
Sensibilidad del equipo - Rx	-94,0	dBm		
FSL	118,34	dB		
PIRE	41,01	dBm	12,62	watts
Prx	-59,33	dBm		
MARGEN	34,67	dB		
RADIO FRESNEL	16,02	metros		

Azimuth=357,2°	Elev. angle=0,363°	Clearance at 3,71km	Worst Fresnel=4,1+1	Distance=8,21km
PathLoss=122,7dB	E field=63,2dBµV/m	Rx level=-63,7dBm	Rx level=145,8699µV	Rx Relative=30,3dB

**Transmitter**

Capadia

Role: Master

Tx system name: NanoBridgeM2

Tx power: 0,1995 W 23 dBm

Line loss: 0 dB

Antenna gain: 18 dBi 15,85 dBd +

Radiated power: EIRP=12,59 W ERP=7,68 W

Antenna height (m): 45 - + Undo

**Receiver**

Torre3

Role: Slave

Rx system name: NanoBridgeM2

Required E Field: 32,97 dBµV/m

Antenna gain: 18 dBi 15,85 dBd +

Line loss: 0 dB

Rx sensitivity: 4,4668 µV -94 dBm

Antenna height (m): 30 - + Undo

**Net**

E\_CapadT3

**Frequency (MHz)**

Minimum: 2400 Maximum: 2485

### Enlace 7. CAPADIA - TORRE 3

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.

ENLACE SUSANGA - LOURDES					
Distancia	7720,0	metros	7,7	Km	
Frecuencia	2,4	GHz	2400,0	MHz	
Altura de la antena	50,0	metros			
-					
Prx = Ptx - PGtx + GAtx - Lb + GARx - PGrx					
Potencia - Tx	631,0	mW	28,0	dBm	
Perdida en cable - Tx	0,5	dB			
Ganancia de antena - Tx	24,0	dBi			
FSL	-117,8	dB			
Ganancia de antena - Rx	24,0	dBi			
Perdida en cable - Rx	0,5	dB			
Sensibilidad del equipo - Rx	-96,0	dBm			
			FSL	117,81	dB
			PIRE	52,50	dBm
			Prx	-40,81	dBm
			MARGEN	55,19	dB
			RADIO FRESNEL	15,53	metros
Azimuth=241,7°   Elev. angle=2,759°   Clearance at 7,57km   Worst Fresnel=14,9F1   Distance=7,72km					
PathLoss=144,4dB   E field=52,1dBμV/m   Rx level=-69,4dBm   Rx level=75,9736μV   Rx Relative=26,6dB					
- Transmitter		- Receiver			
Susanga		Lourdes			
Role: Master		Role: Slave			
Tx system name: RocketDish		Rx system name: RocketDish			
Tx power: 0,631 W   28 dBm		Required E Field: 25,47 dBμV/m			
Line loss: 0,5 dB		Antenna gain: 24 dBi   21,85 dBd			
Antenna gain: 24 dBi   21,85 dBd		Line loss: 0,5 dB			
Radiated power: EIRP=141,25 W   ERP=86,13 W		Rx sensitivity: 3,5481 μV   -96 dBm			
Antenna height (m): 50		Antenna height (m): 50			
- Net		Frequency (MHz)			
E_SusangLourdes		Minimum: 2400   Maximum: 2485			

### Enlace 8. SUSANGA- LOURDES

Equipos a utilizar para el enlace:

2 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.

2 Rocket Dish 2x2 PtP Bridge Dish Antenna, model: RD-2G-24.

ENLACE LOURDES-ALUZANA				
Distancia	8610,0	metros	8,6	Km
Frecuencia	2,4	GHz	2400,0	MHz
Altura de la antena	48,0	metros		
$Prx = Ptx - PGtx + GAtx - Lb + GARx - PGRx$				
Potencia - Tx	200,0	mW	23,0	dBm
Perdida en cable - Tx	0,0	dB		
Ganancia de antena - Tx	18,0	dBi		
FSL	-118,8	dB		
Ganancia de antena - Rx	18,0	dBi		
Perdida en cable - Rx	0,0	dB		
Sensibilidad del equipo - Rx	-94,0	dBm		
			FSL	118,75 dB
			PIRE	41,01 dBm
			Prx	-59,74 dBm
			MARGEN	34,26 dB
			RADIO FRESNEL	16,40 metros
				12,62 watts

Azimuth=191,4°	Elev. angle=-1,537°	Clearance at 5,60km	Worst Fresnel=9,7F1	Distance=8,61km
PathLoss=121,6dB	E field=64,3dBμV/m	Rx level=-62,6dBm	Rx level=165,5276μV	Rx Relative=31,4dB

**Transmitter**

Role: Master

Tx system name: NanoBridgeM2

Tx power: 0,1995 W / 23 dBm

Line loss: 0 dB

Antenna gain: 18 dBi / 15,85 dBd

Radiated power: EIRP=12,59 W / ERP=7,68 W

Antenna height (m): 48

**Receiver**

Role: Slave

Rx system name: NanoBridgeM2

Required E Field: 32,97 dBμV/m

Antenna gain: 18 dBi / 15,85 dBd

Line loss: 0 dB

Rx sensitivity: 4,4668 μV / -94 dBm

Antenna height (m): 50

**Net:** E\_LourdAluzana

**Frequency (MHz):** Minimum 2400, Maximum 2485

### Enlace 9. LOURDES –ALUZANA

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.



ENLACE ALUZANA-CUCHICACAHUA				
Distancia	17340,0	metros	17,3	Km
Frecuencia	2,4	GHz	2400,0	MHz
Altura de la antena	50,0	metros		
Prx = Ptx - PGtx + GAtx - Lb + GARx - PGrx				
Potencia - Tx	200,0	mW	23,0	dBm
Perdida en cable - Tx	0,0	dB		
Ganancia de antena - Tx	18,0	dBi		
FSL	-124,8	dB		
Ganancia de antena - Rx	19,0	dBi		
Perdida en cable - Rx	0,0	dB		
Sensibilidad del equipo - Rx	-94,0	dBm		
FSL	124,84	dB		
PIRE	41,01	dBm	12,62	watts
Prx	-64,82	dBm		
MARGEN	29,18	dB		
RADIO FRESNEL	23,28	metros		

Azimuth=177,6°	Elev. angle=-0,989°	Clearance at 14,35km	Worst Fresnel=10,8F1	Distance=17,34km
PathLoss=128,1dB	E field=57,8dBμV/m	Rx level=-69,1dBm	Rx level=78,2592μV	Rx Relative=24,9dB

**Transmitter**

Aluzana

Role: Master

Tx system name: NanoBridgeM2

Tx power: 0,1995 W 23 dBm

Line loss: 0 dB

Antenna gain: 18 dBi 15,85 dBd +

Radiated power: EIRP=12,59 W ERP=7,68 W

Antenna height (m): 50 - + Undo

**Receiver**

Cuchicacahua

Role: Slave

Rx system name: NanoBridgeM2

Required E Field: 32,97 dBμV/m

Antenna gain: 18 dBi 15,85 dBd +

Line loss: 0 dB

Rx sensitivity: 4,4668 μV -94 dBm

Antenna height (m): 50 - + Undo

**Net**: Enlace\_AlCuchic

**Frequency (MHz)**: Minimum 2400 Maximum 2485

### Enlace 10. ALUZANA-CUCHICACAHUA

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.

ENLACE SUSANGA-COCHAUCA				
Distancia	9610,0	metros	9,6	Km
Frecuencia	2,4	GHz	2400,0	MHz
Altura de la antena	50,0	metros		
$Prx = Ptx - PGtx + GAtx - Lb + GARx - PGrx$				
Potencia - Tx	200,0	mW	23,0	dBm
Perdida en cable - Tx	0,0	dB		
Ganancia de antena - Tx	18,0	dBi		
FSL	-119,7	dB		
Ganancia de antena - Rx	18,0	dBi		
Perdida en cable - Rx	0,0	dB		
Sensibilidad del equipo - Rx	-94,0	dBm		
FSL	119,71	dB		
PIRE	41,01	dBm	12,62	watts
Prx	-60,70	dBm		
MARGEN	33,30	dB		
RADIO FRESNEL	17,33	metros		

Azimuth=300,4°	Elev. angle=0,563°	Clearance at 6,40km	Worst Fresnel=3,5F1	Distance=9,61km
PathLoss=124,4dB	E field=61,6dBμV/m	Rx level=-65,4dBm	Rx level=120,7565μV	Rx Relative=28,6dB

Transmitter		Receiver	
Susanga		Cochauca	
Role	Master	Role	Slave
Tx system name	NanoBridgeM2	Rx system name	NanoBridgeM2
Tx power	0,1995 W 23 dBm	Required E Field	32,97 dBμV/m
Line loss	0 dB	Antenna gain	18 dBi 15,85 dBd +
Antenna gain	18 dBi 15,85 dBd +	Line loss	0 dB
Radiated power	EIRP=12,59 W ERP=7,68 W	Rx sensitivity	4,4668 μV -94 dBm
Antenna height (m)	50 - + Undo	Antenna height (m)	50 - + Undo
Net		Frequency (MHz)	
E_SusangCochauca		Minimum	2400
		Maximum	2485

### Enlace 11. SUSANGA-COCHAUCA

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.

ENLACE COCHAUCA-TORRE 1				
Distancia	20510,0	metros	20,5	Km
Frecuencia	2,4	GHz	2400,0	MHz
Altura de la antena	45,0	metros		
Prx = Ptx - PGtx + GAtx - Lb + GARx - PGrx				
Potencia - Tx	200,0	mW	23,0	dBm
Perdida en cable - Tx	0,0	dB		
Ganancia de antena - Tx	18,0	dBi		
FSL	-126,3	dB		
Ganancia de antena - Rx	18,0	dBi		
Perdida en cable - Rx	0,0	dB		
Sensibilidad del equipo - Rx	-94,0	dBm		
FSL	126,29	dB		
PIRE	41,01	dBm	12,62	watts
Prx	-67,28	dBm		
MARGEN	26,72	dB		
RADIO FRESNEL	25,32	metros		

Azimuth=264,8°	Elev. angle=-6,704°	Clearance at 4,31km	Worst Fresnel=6,1F1	Distance=20,51km
PathLoss=129,8dB	E field=56,1dBμV/m	Rx level=-70,8dBm	Rx level=64,3115μV	Rx Relative=23,2dB

**Transmitter**

Role: Master

Tx system name: NanoBridgeM2

Tx power: 0,1995 W 23 dBm

Line loss: 0 dB

Antenna gain: 18 dBi 15,85 dBd +

Radiated power: EIRP=12,59 W ERP=7,68 W

Antenna height (m): 50

**Receiver**

Role: Slave

Rx system name: NanoBridgeM2

Required E Field: 32,97 dBμV/m

Antenna gain: 18 dBi 15,85 dBd +

Line loss: 0 dB

Rx sensitivity: 4,4668 μV -94 dBm

Antenna height (m): 50

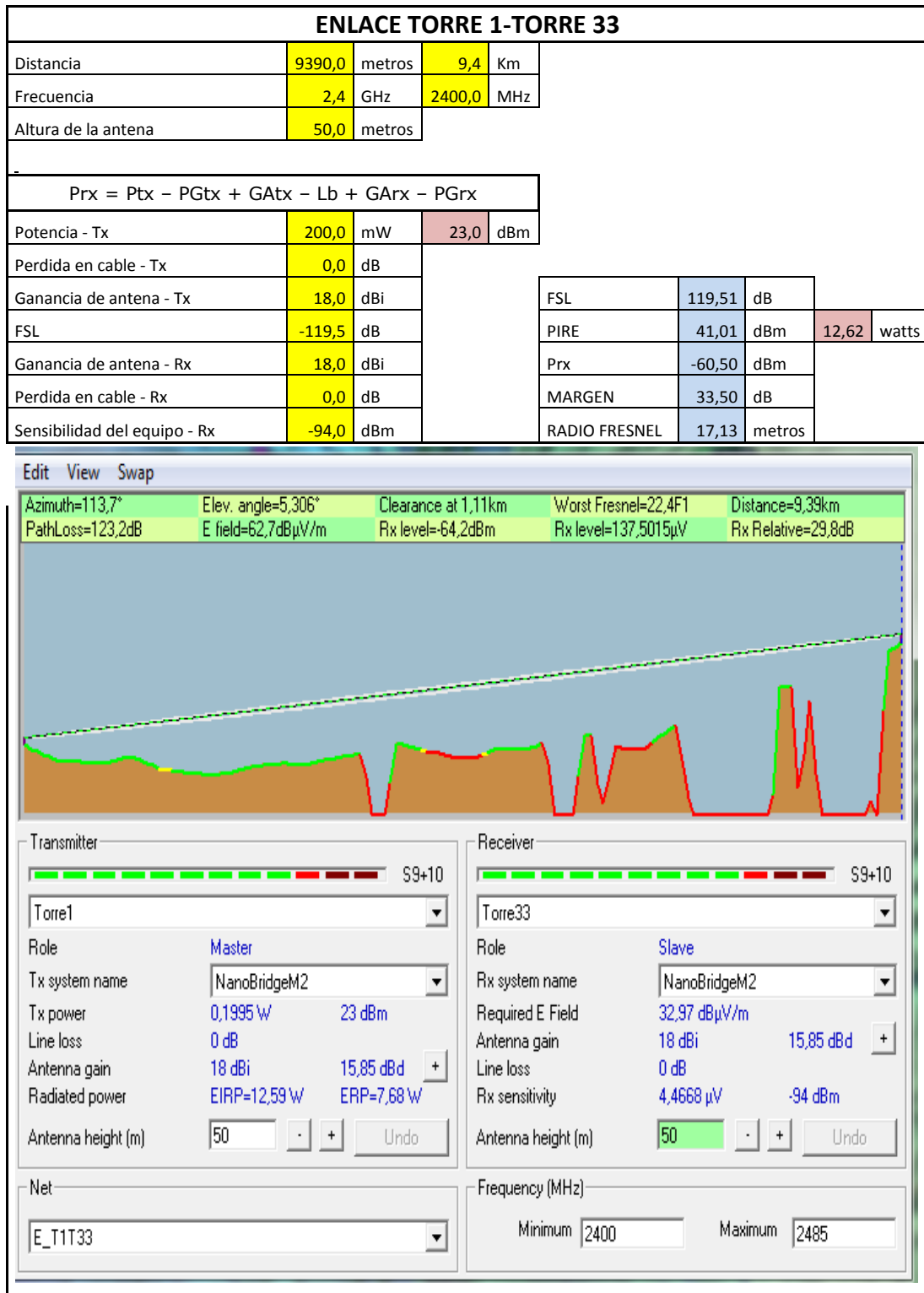
**Net**: E\_CochaucaT1

**Frequency (MHz)**: Minimum 2400 Maximum 2485

### Enlace 12. COCHAUCA – TORRE 1

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.



**Enlace 13. TORRE 1 – TORRE 33**

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.

ENLACE COCHAUCA - TORRE 4				
Distancia	14650,0	metros	14,7	Km
Frecuencia	2,4	GHz	2400,0	MHz
Altura de la antena	30,0	metros		
Prx = Ptx - PGtx + GAtx - Lb + GARx - PGrx				
Potencia - Tx	200,0	mW	23,0	dBm
Perdida en cable - Tx	0,0	dB		
Ganancia de antena - Tx	18,0	dBi		
FSL	-123,4	dB		
Ganancia de antena - Rx	18,0	dBi		
Perdida en cable - Rx	0,0	dB		
Sensibilidad del equipo - Rx	-94,0	dBm		
FSL	123,37	dB		
PIRE	41,01	dBm	12,62	watts
Prx	-64,36	dBm		
MARGEN	29,64	dB		
RADIO FRESNEL	21,40	metros		

Azimuth=329,9°	Elev. angle=-3,656°	Clearance at 14,28km	Worst Fresnel=16,4F1	Distance=14,65km
PathLoss=126,7dB	E field=59,3dBμV/m	Rx level=-67,7dBm	Rx level=92,6032μV	Rx Relative=26,3dB

Transmitter		Receiver	
Role	Master	Role	Slave
Tx system name	NanoBridgeM2	Rx system name	NanoBridgeM2
Tx power	0,1995 W 23 dBm	Required E Field	32,97 dBμV/m
Line loss	0 dB	Antenna gain	18 dBi 15,85 dBd +
Antenna gain	18 dBi 15,85 dBd +	Line loss	0 dB
Radiated power	EIRP=12,59 W ERP=7,68 W	Rx sensitivity	4,4668 μV -94 dBm
Antenna height (m)	45 - + Undo	Antenna height (m)	50 - + Undo
Net	E_CochauT4	Frequency (MHz)	Minimum 2400 Maximum 2485

### Enlace 14. COCHAUCA - TORRE 4

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.

ENLACE TORRE 4 - TORRE 5				
Distancia	9200,0	metros	9,2	Km
Frecuencia	2,4	GHz	2400,0	MHz
Altura de la antena	50,0	metros		
$Prx = Ptx - PGtx + GAtx - Lb + GARx - PGrx$				
Potencia - Tx	200,0	mW	23,0	dBm
Perdida en cable - Tx	0,0	dB		
Ganancia de antena - Tx	18,0	dBi		
FSL	-119,3	dB		
Ganancia de antena - Rx	18,0	dBi		
Perdida en cable - Rx	0,0	dB		
Sensibilidad del equipo - Rx	-94,0	dBm		
FSL	119,33	dB		
PIRE	41,01	dBm	12,62	watts
Prx	-60,32	dBm		
MARGEN	33,68	dB		
RADIO FRESNEL	16,96	metros		

Azimuth=356,5°	Elev. angle=-2,968°	Clearance at 5,96km	Worst Fresnel=17,7F1	Distance=9,20km
PathLoss=122,6dB	E field=63,4dBμV/m	Rx level=-63,6dBm	Rx level=148,5137μV	Rx Relative=30,4dB

**Transmitter**

Torre4

Role: Master

Tx system name: NanoBridgeM2

Tx power: 0,1995 W    23 dBm

Line loss: 0 dB

Antenna gain: 18 dBi    15,85 dBd

Radiated power: EIRP=12,59 W    ERP=7,68 W

Antenna height (m): 45

**Receiver**

Torre5

Role: Slave

Rx system name: NanoBridgeM2

Required E Field: 32,97 dBμV/m

Antenna gain: 18 dBi    15,85 dBd

Line loss: 0 dB

Rx sensitivity: 4,4668 μV    -94 dBm

Antenna height (m): 50

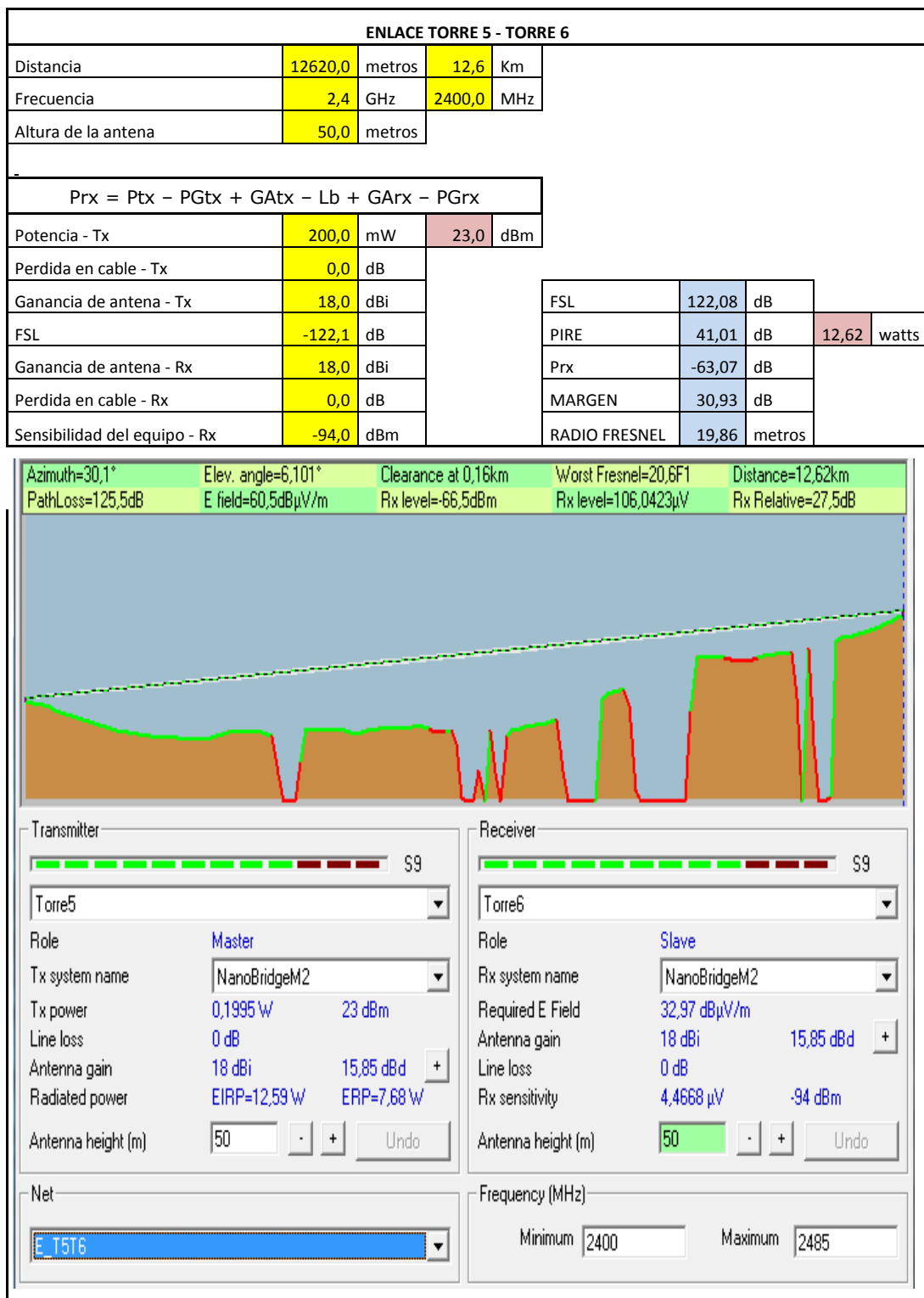
**Net:** Enlace\_45

**Frequency (MHz):** Minimum 2400    Maximum 2485

### Enlace 15. TORRE 4 – TORRE 5

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.

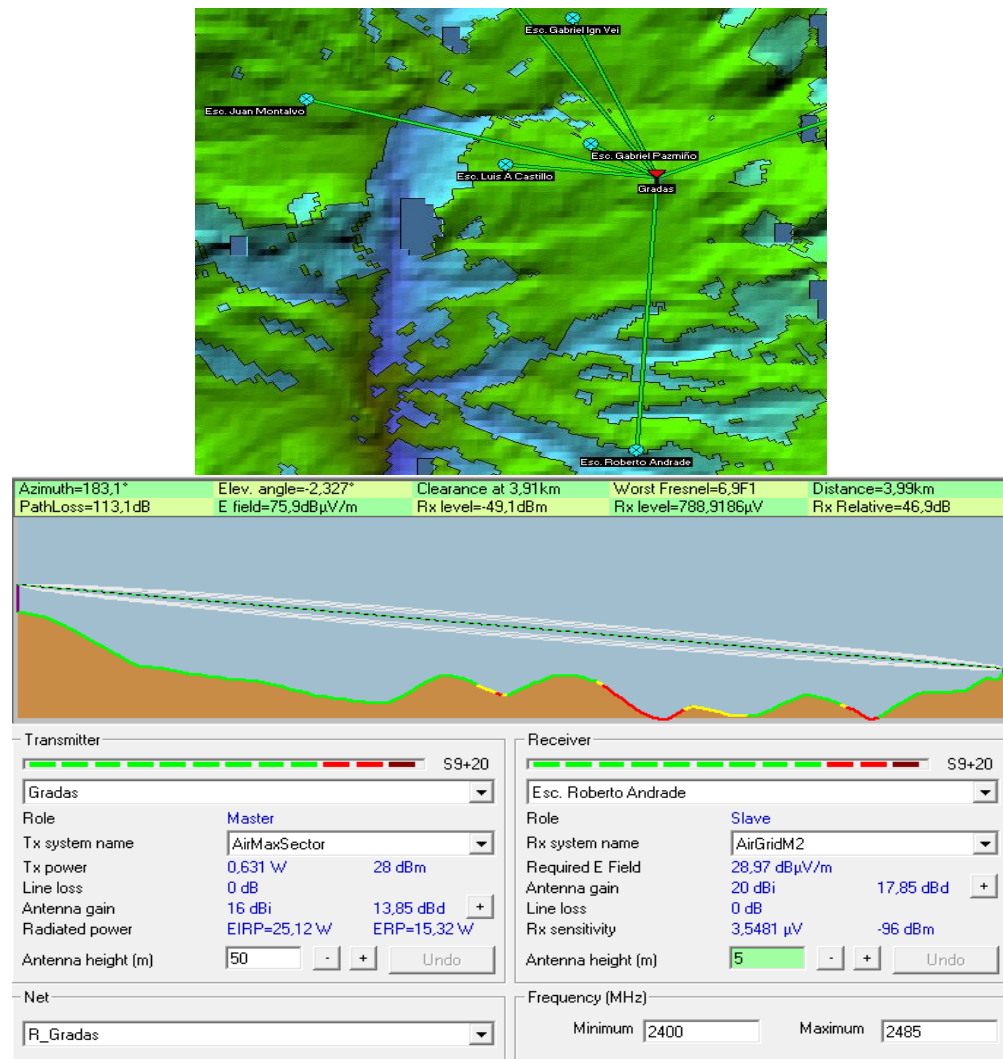


**Enlace 16. TORRE 5 – TORRE 6**

Equipos a utilizar para el enlace:

2 NanoBridge M2 Ubiquiti @ 2.4GHz, 18dBi 2x2 MIMO, Potencia: 23 dBm.

## 8.7. MAPAS DE COBERTURA



### Red 1. GRADAS

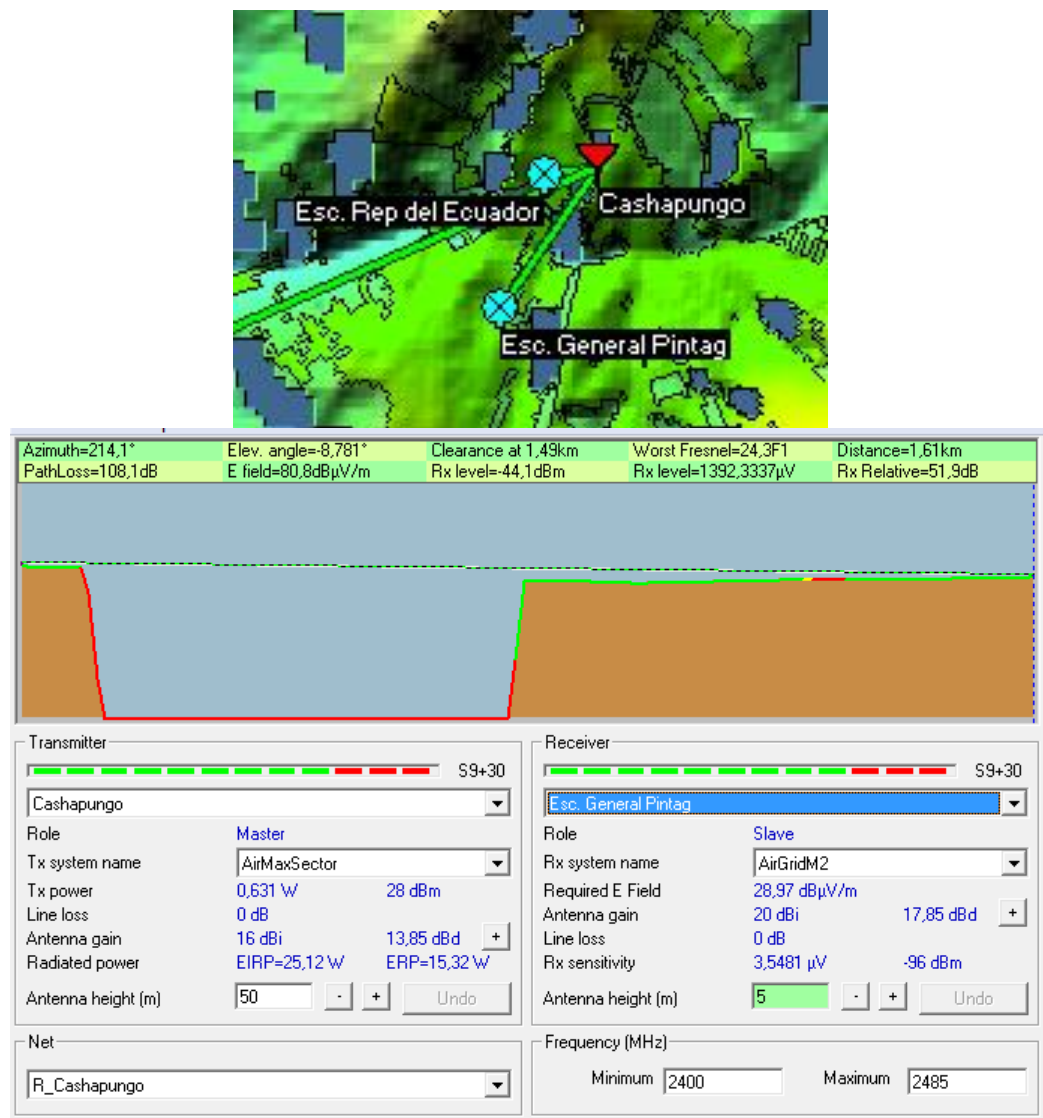
#### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 2 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg) .
- 2 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

#### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 5 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.





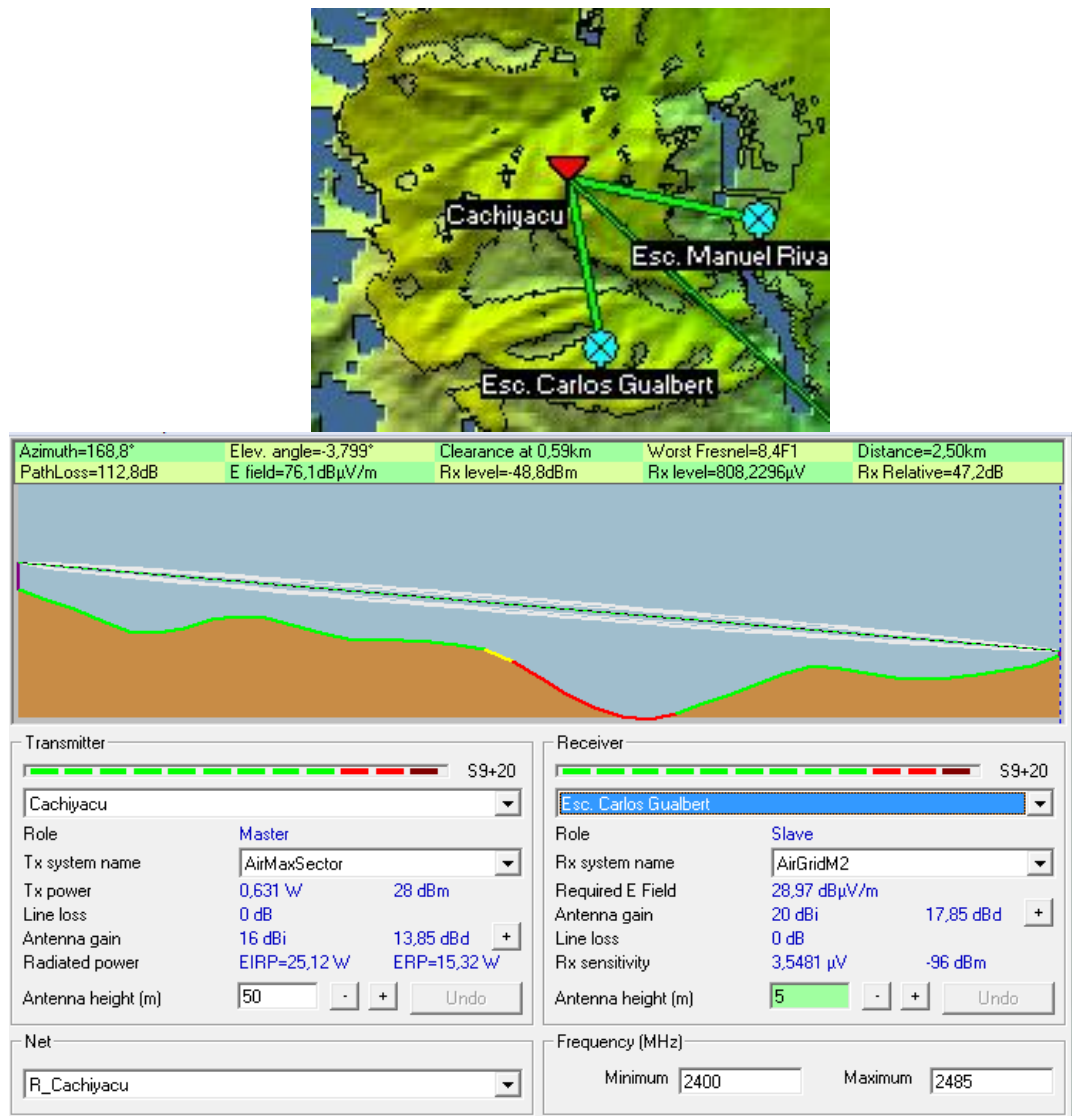
## Red 2. CASHAPUNGO

### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 1 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg)
- 1 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 2 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.



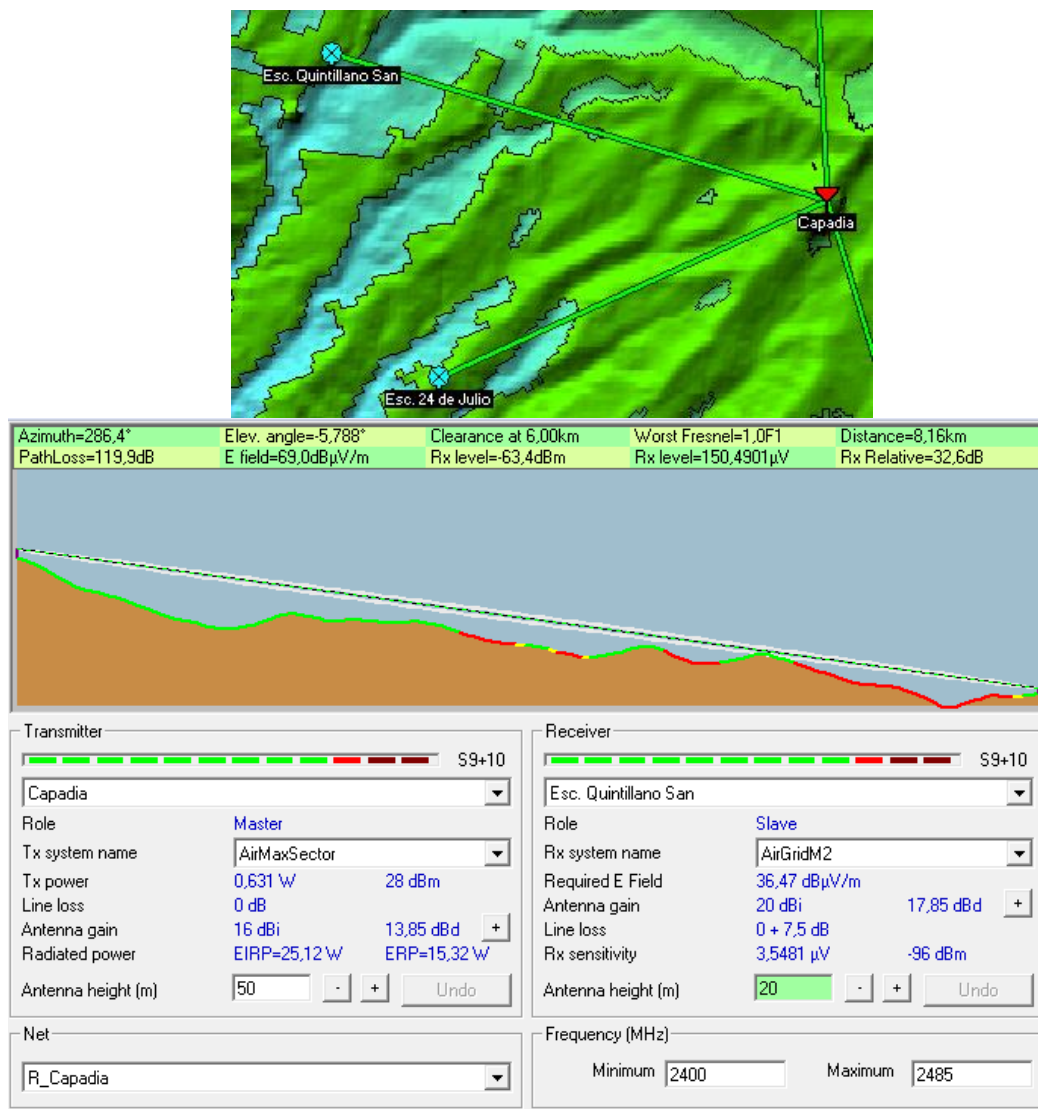
### Red 3. CACHIYACU

#### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 1 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg).
- 1 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

#### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 2 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.



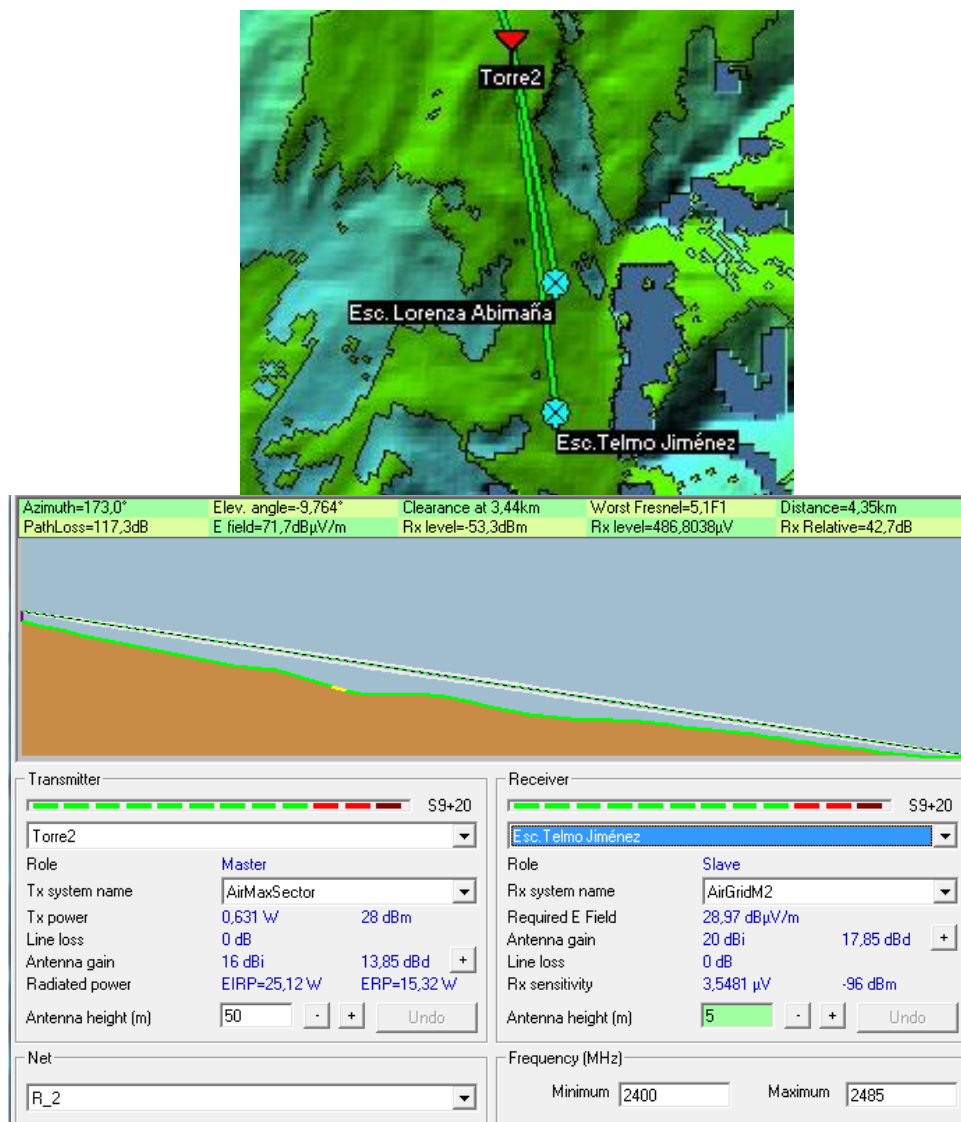
## Red 4. CAPADIA

### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 1 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg).
- 1 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 2 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.



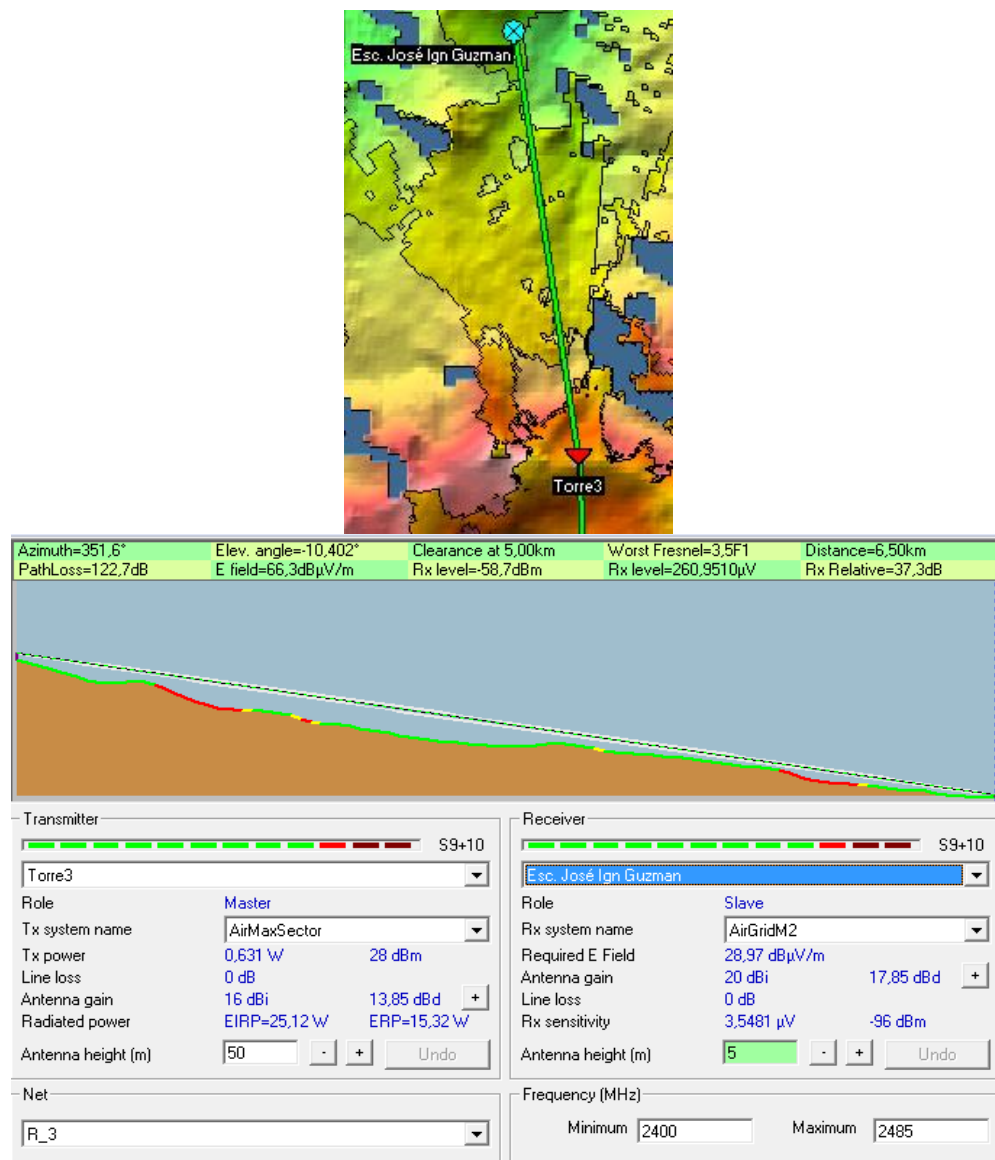
## Red 5. TORRE 2

### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 1 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg).
- 1 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 2 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.



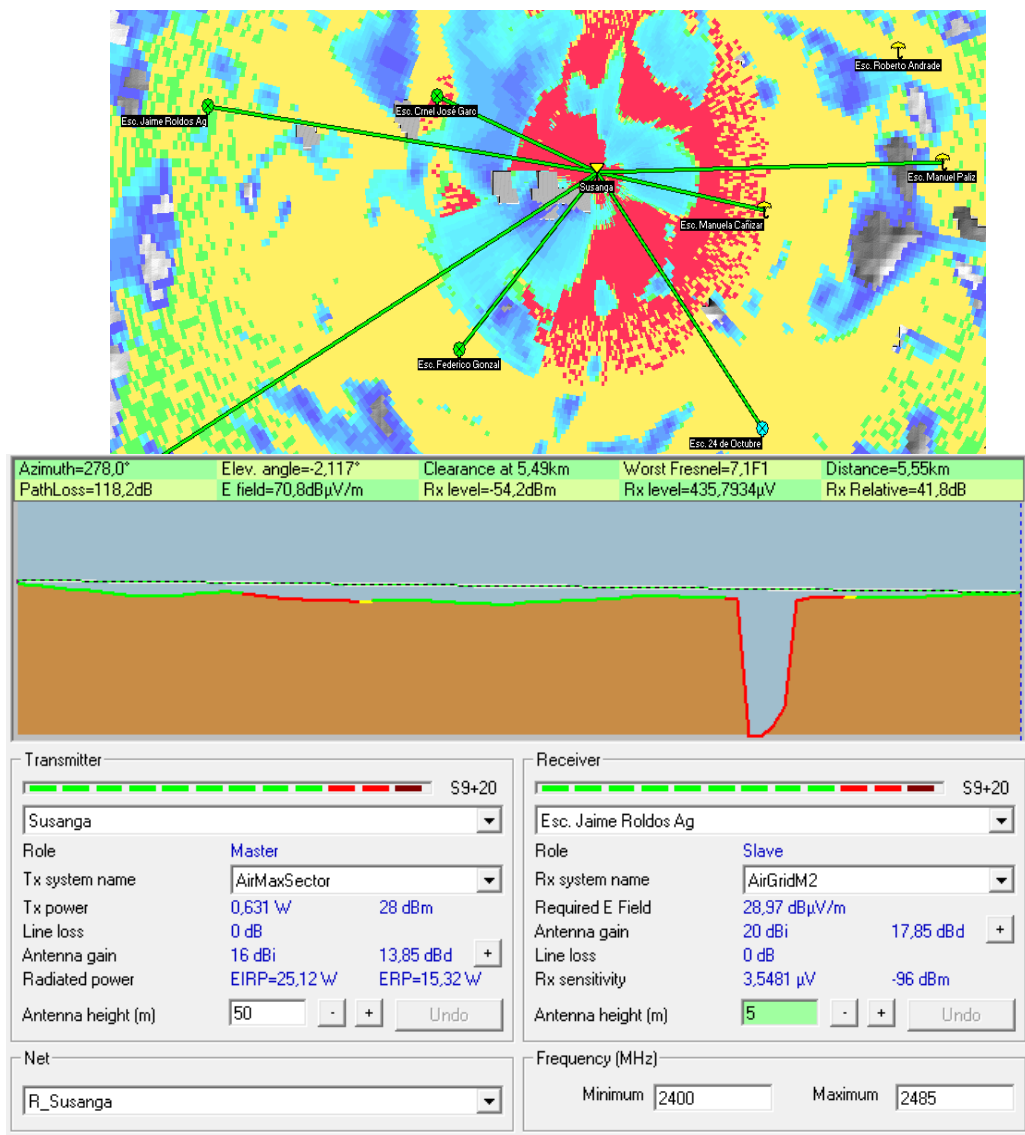
### Red 6. TORRE 3

#### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 1 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg).
- 1 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

#### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 1 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.



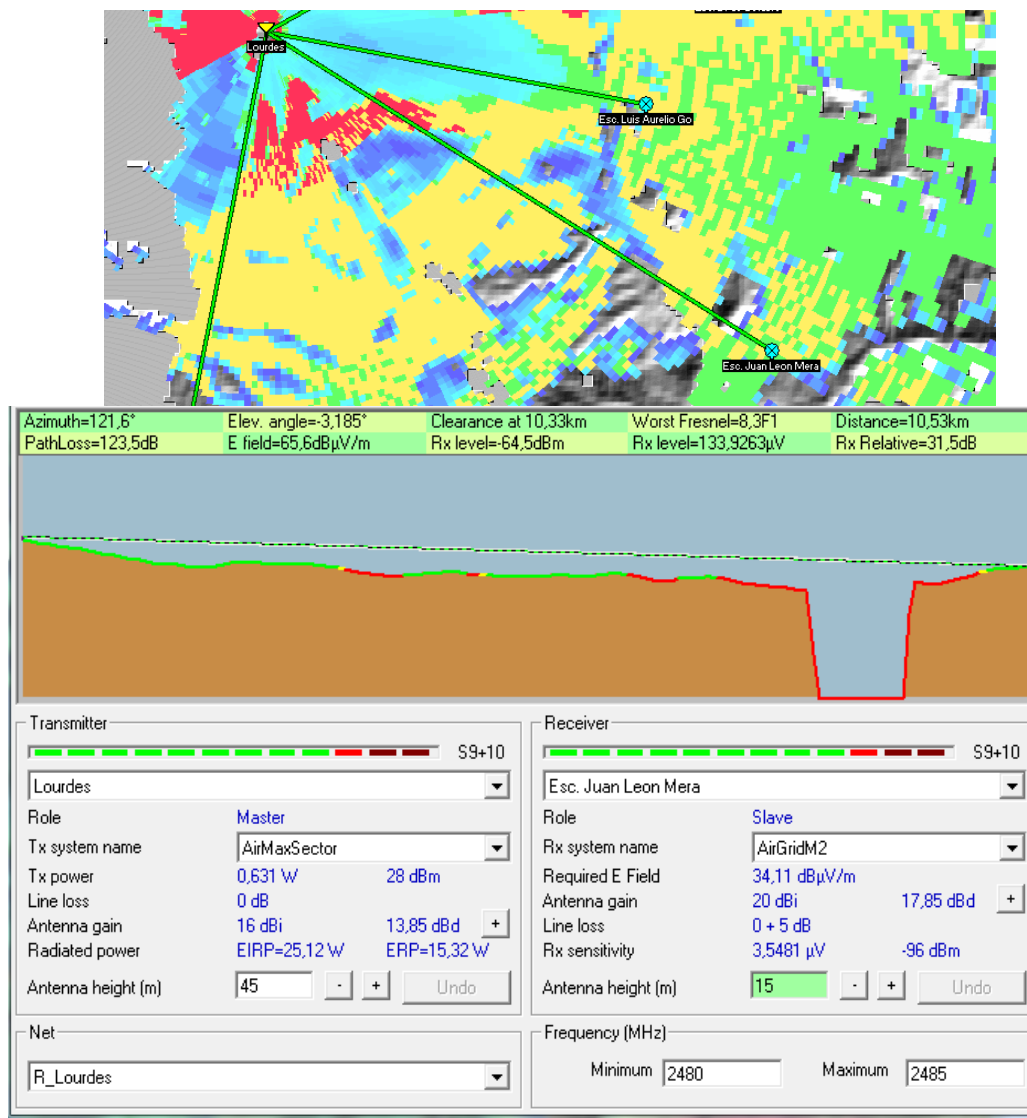
## Red 7. SUSANGA

### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 3 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg).
- 3 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 7 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.



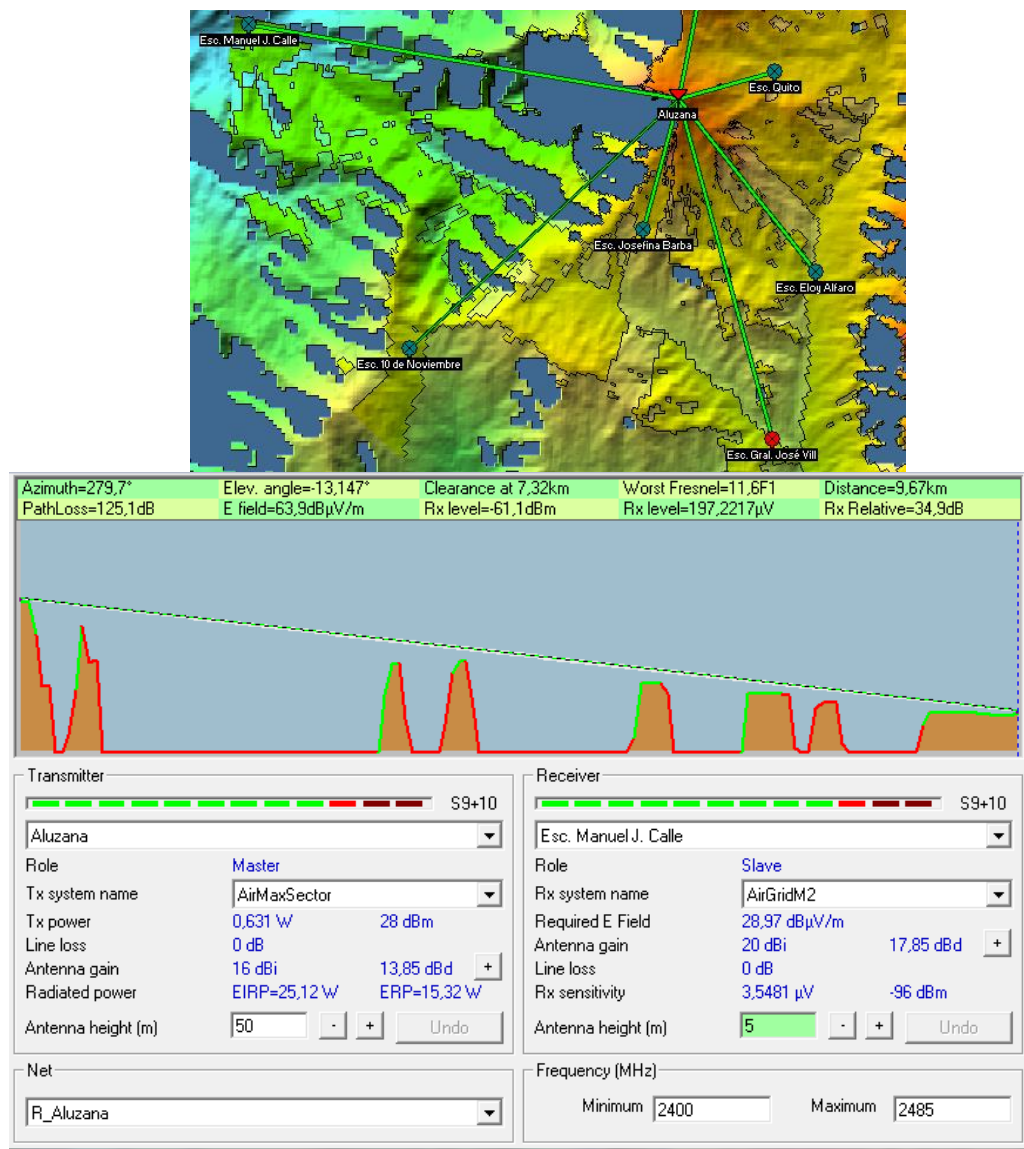
## Red 8. LOURDES

### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 1 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg).
- 1 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 2 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.



## Red 9. ALUZANA

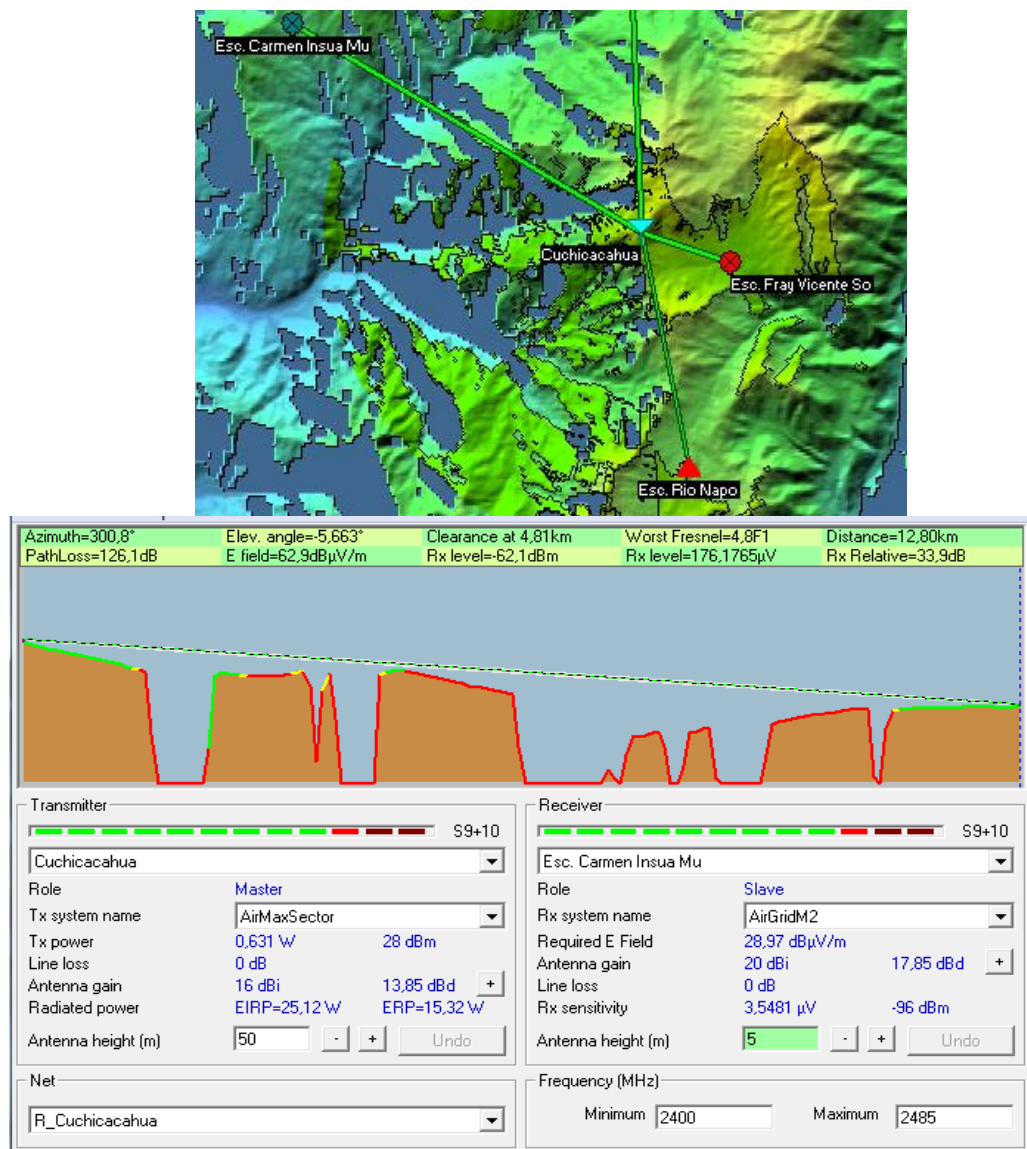
### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 2 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg).
- 2 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 6 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.





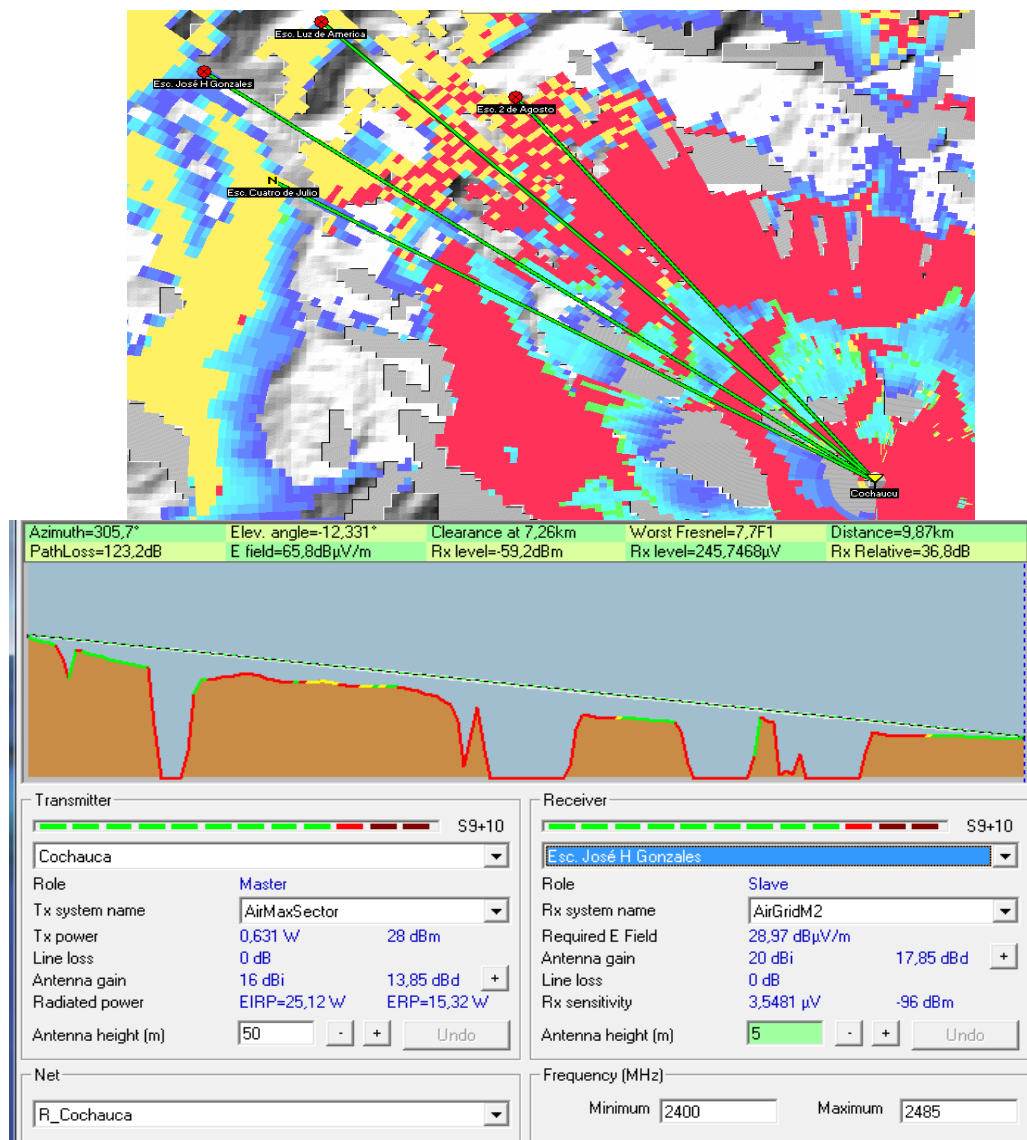
## Red 10. CUCHICACAHUA

### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 2 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg).
- 2 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 3 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.



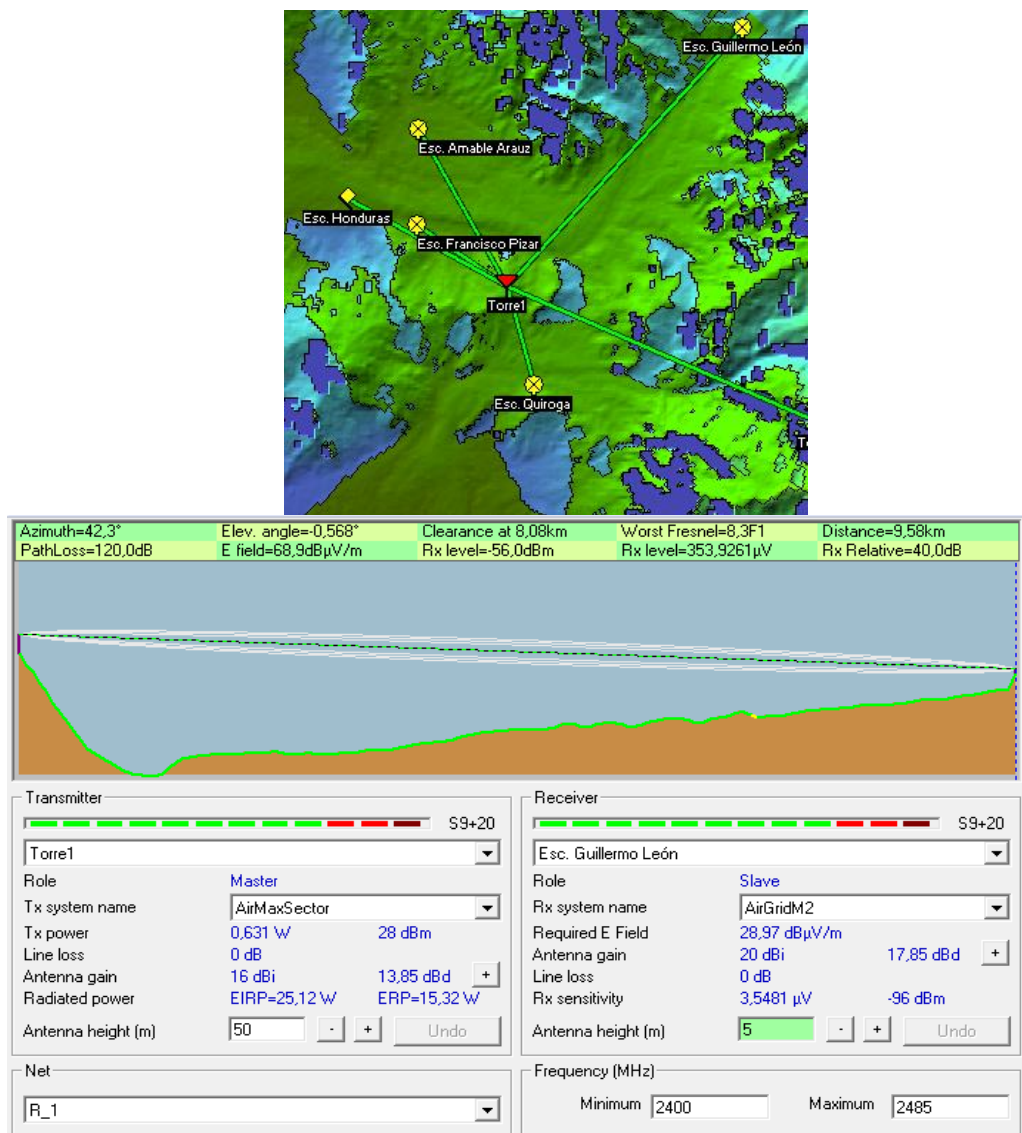
## Red 11. COCHAUCA

### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 2 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg).
- 2 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 4 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.



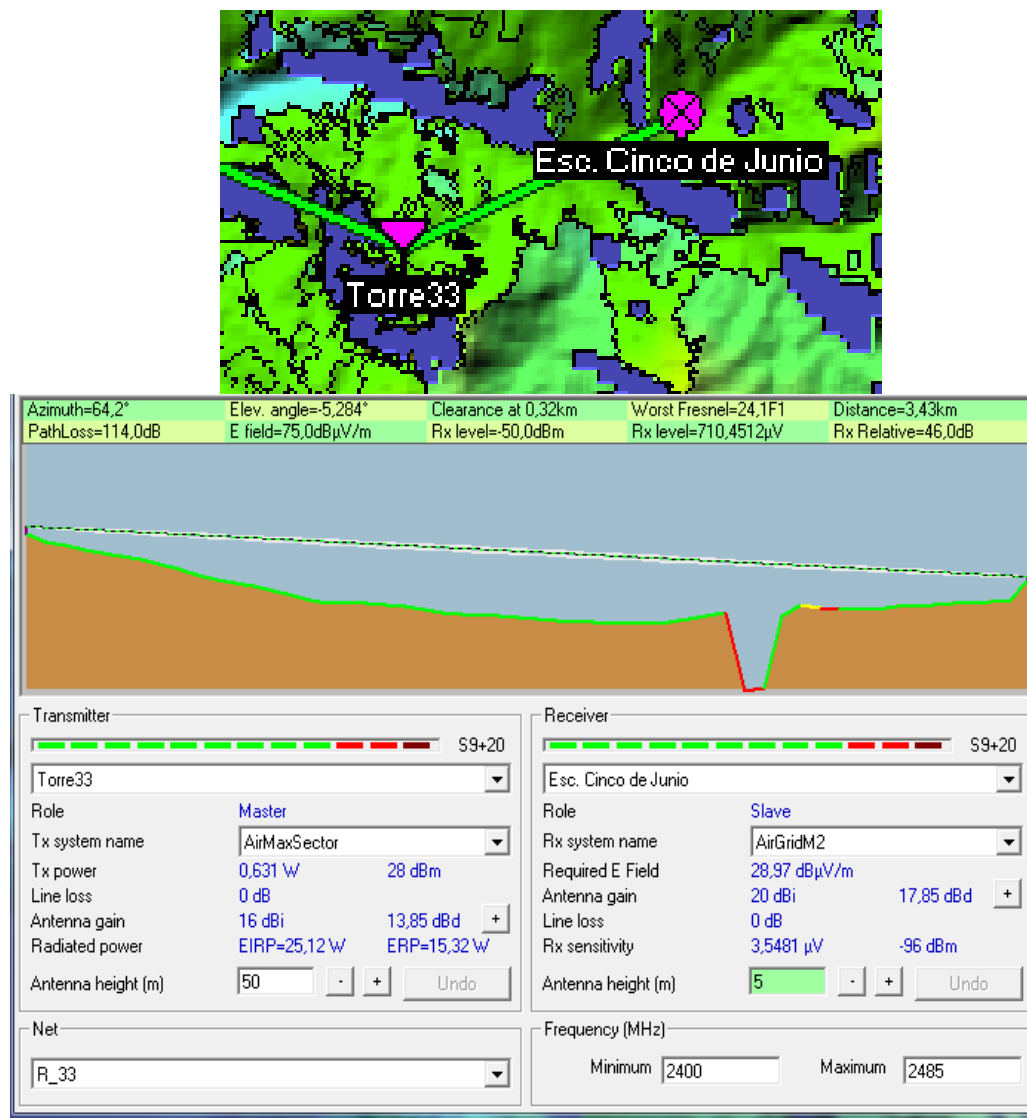
## Red 12. TORRE 1

### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 3 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg).
- 3 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 5 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.



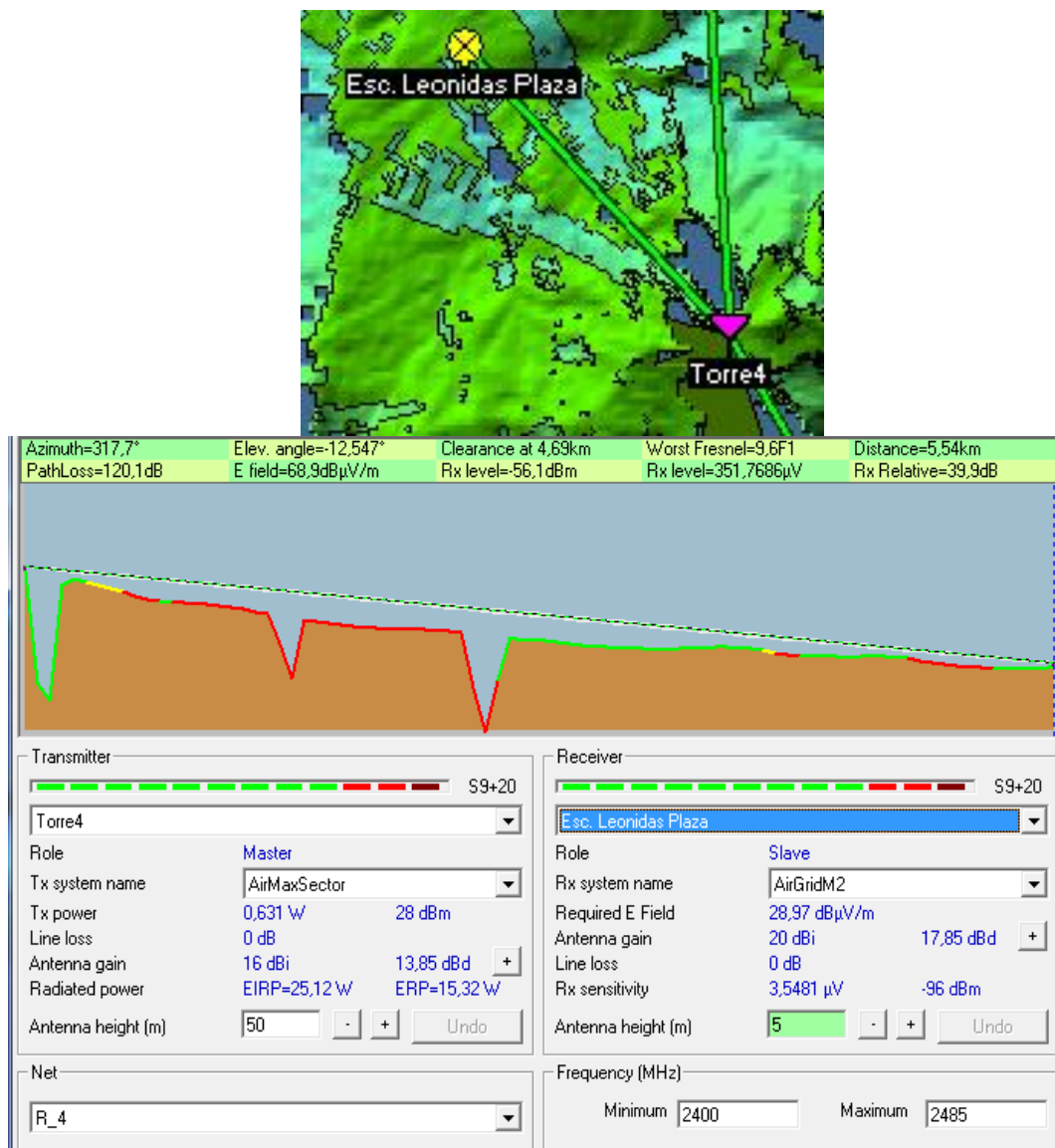
### Red 13. TORRE 33

#### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 1 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg).
- 1 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

#### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 1 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.



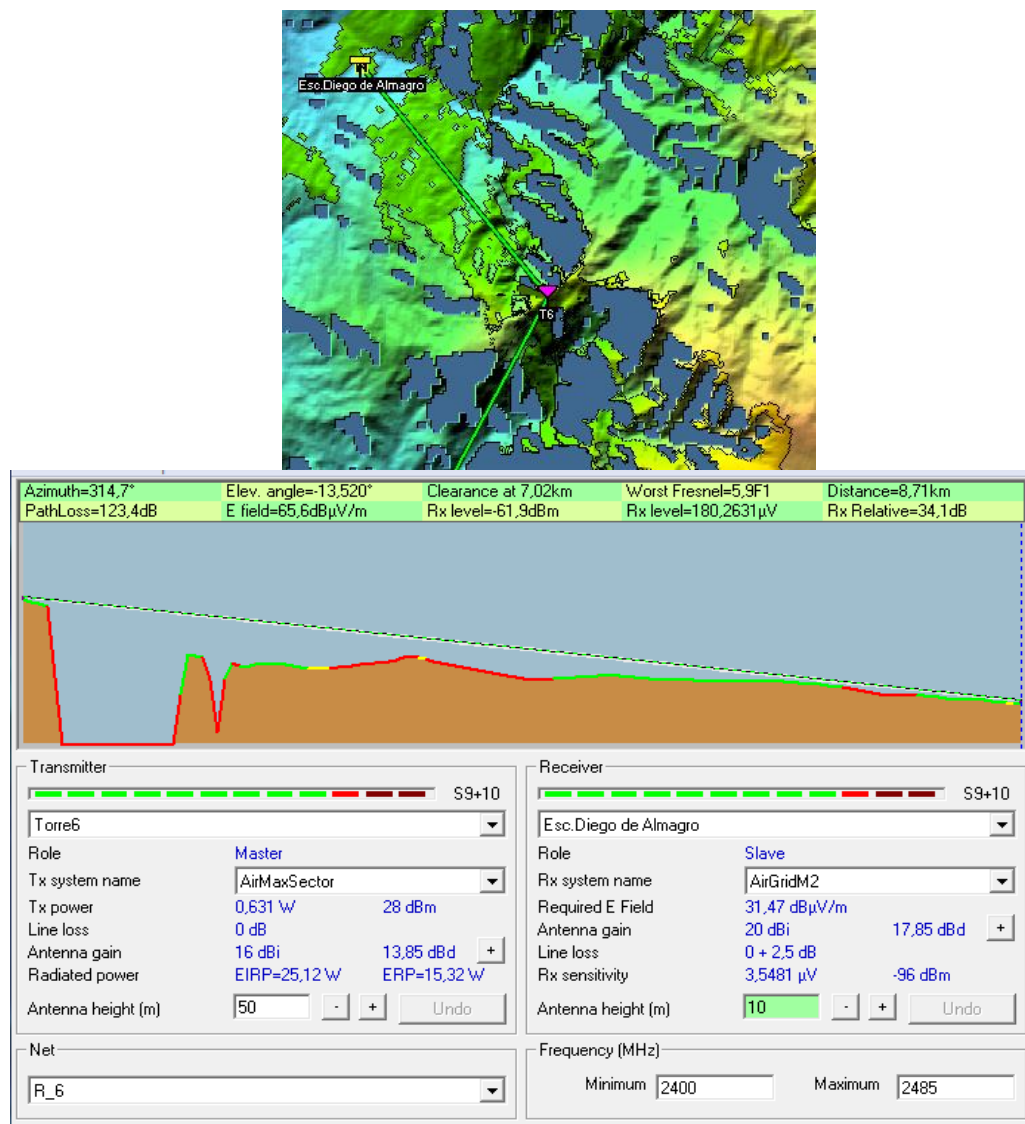
## Red 14. TORRE 4

### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 1 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg).
- 1 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 1 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.



## Red 15.TORRE 6

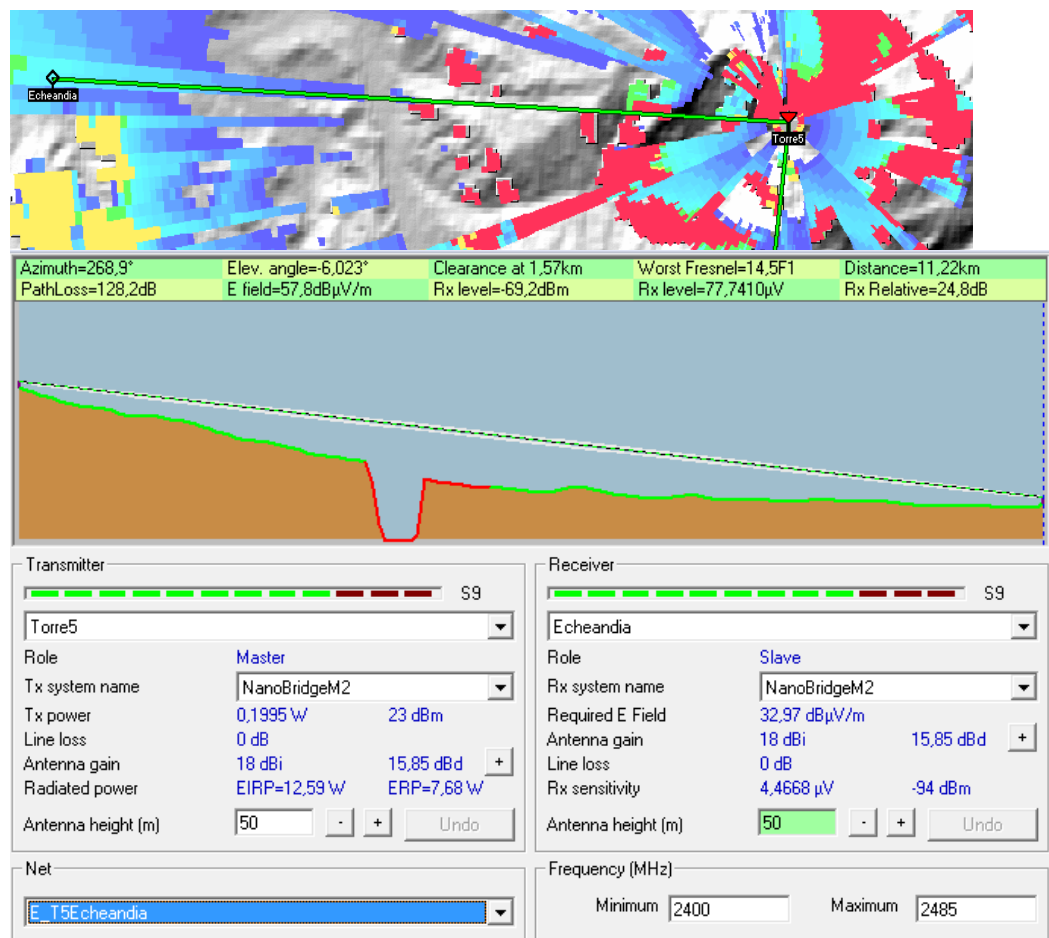
### Infraestructura y equipos a utilizar:

- 1 Torre de 50 metros.
- 1 AirMax 2x2 MIMO Sector 2-16-90(2,4 Ghz, 16 dBi, 90 deg).
- 1 RocketM2, OutPower: 28 dBm, Rx Power: -96 dBm.
- 1 RouterBoard 450G- Mikrotik.

### Equipos en los clientes (Escuelas en la Red)

- 1 AirGridM2, CPE Outdoor 2.4GHz, Gain: 20dBi, Rx Power: -96 dBm.

8.7.2. **REPETIDOR 1.-** Se utiliza la torre 5 solo como repetidor, no tiene clientes (escuelas). Por lo que no se le considera como red. Este punto es importante ya que de aquí se puede realizar un enlace punto a punto hacia el canton Echeandia, pero no se lo toma en el actual estudio.

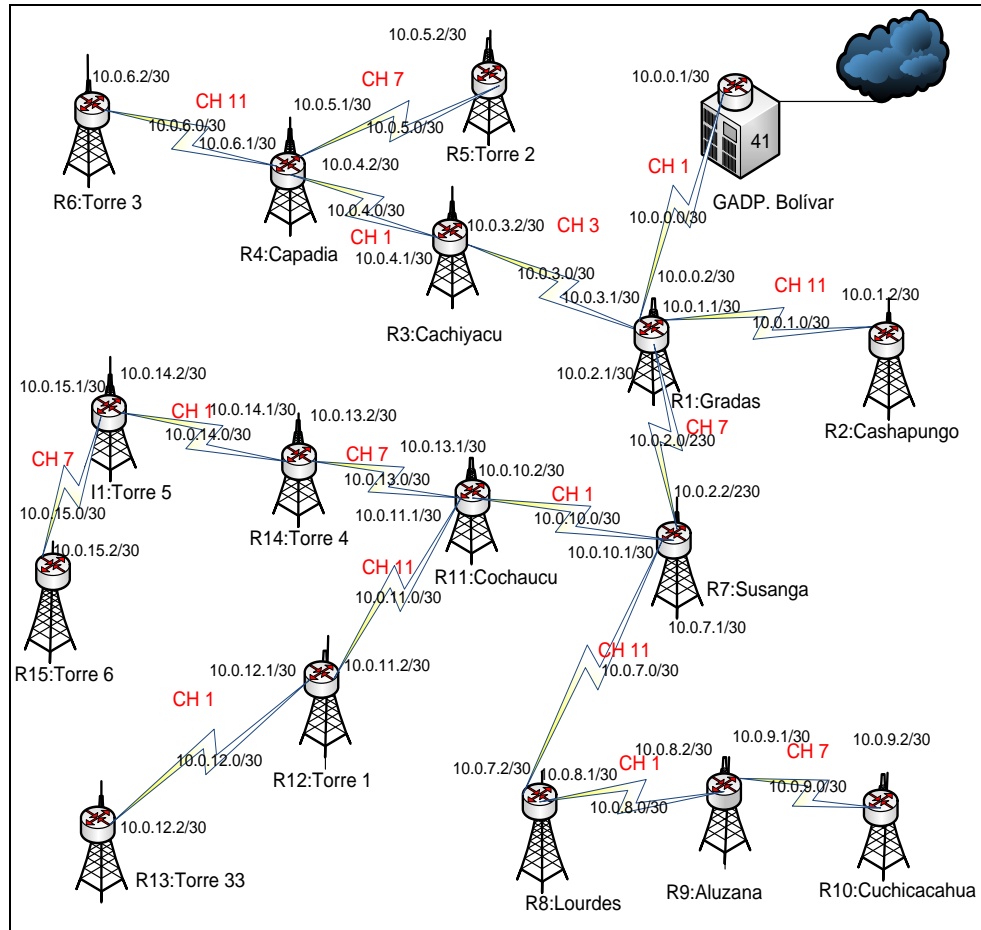


**Figuras 39. Repetidor Torre 5**

#### **Infraestructura y equipos a utilizar:**

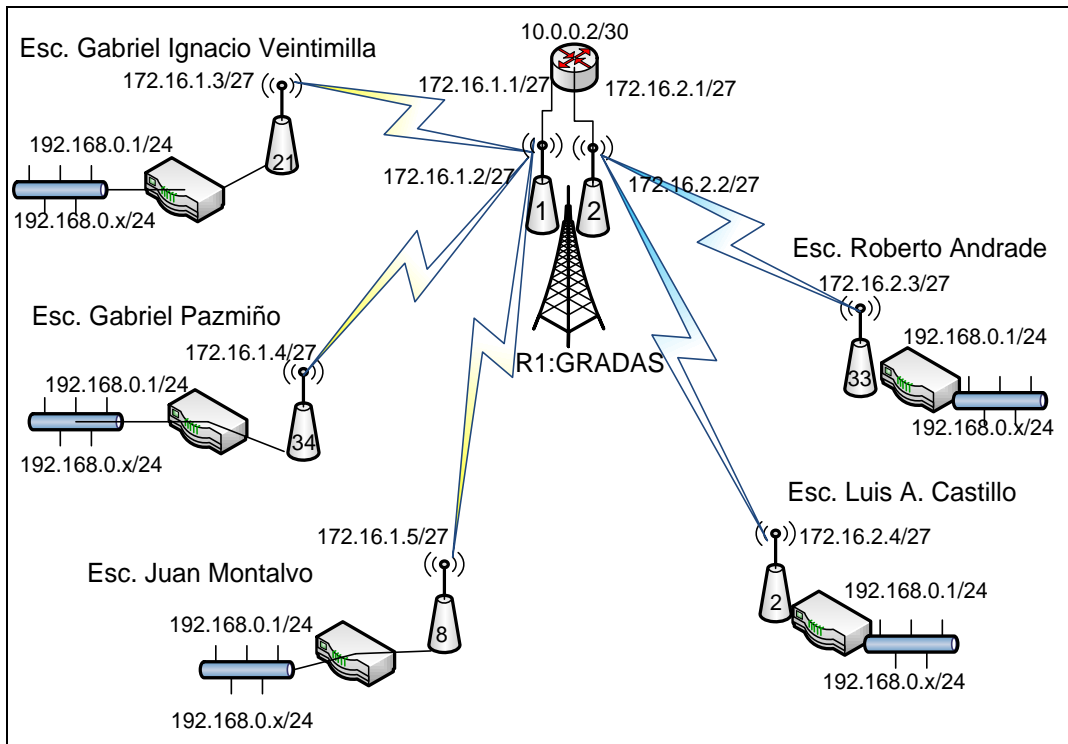
- a) 1 Torre de 50 metros.
- b) 1 RouterBoard 450G- Mikrotik

### 8.8. DIRECCIONAMIENTO IP

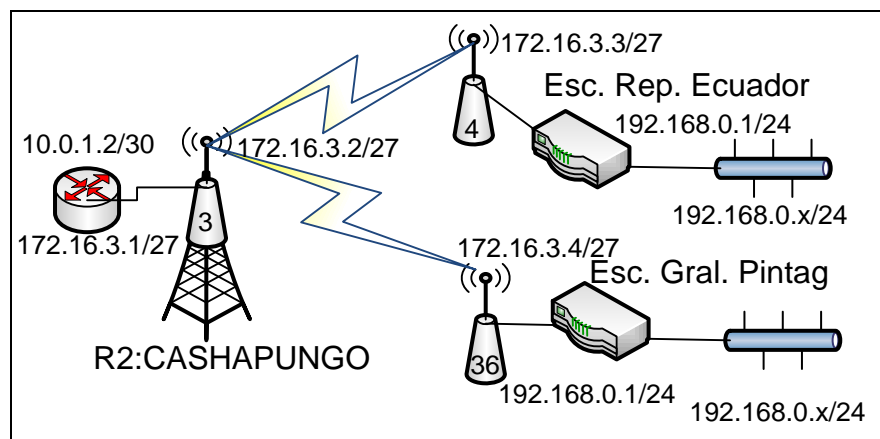


Figuras 40. RED TRONCAL

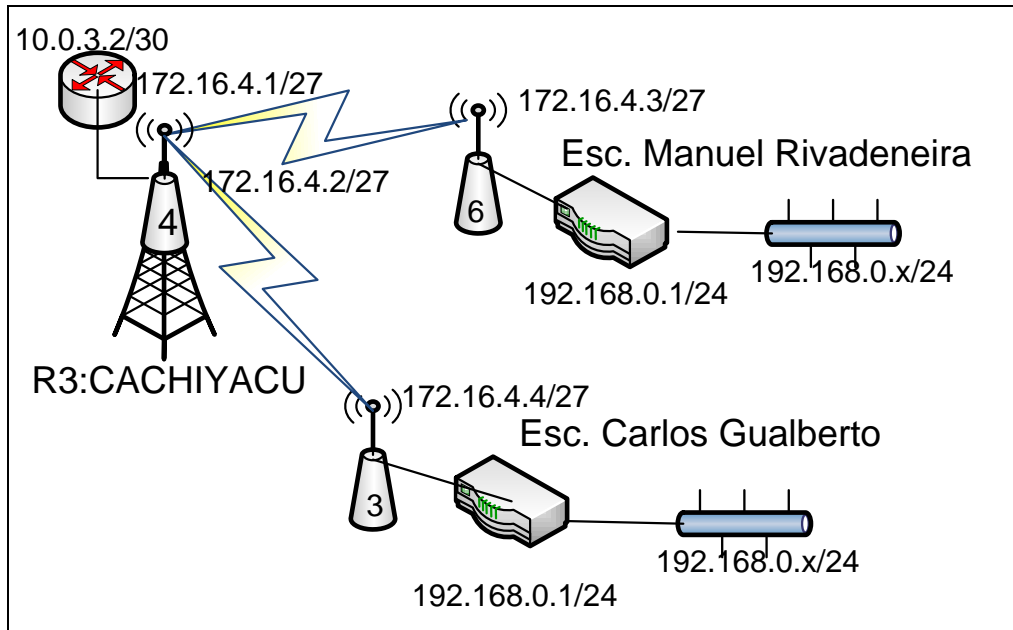




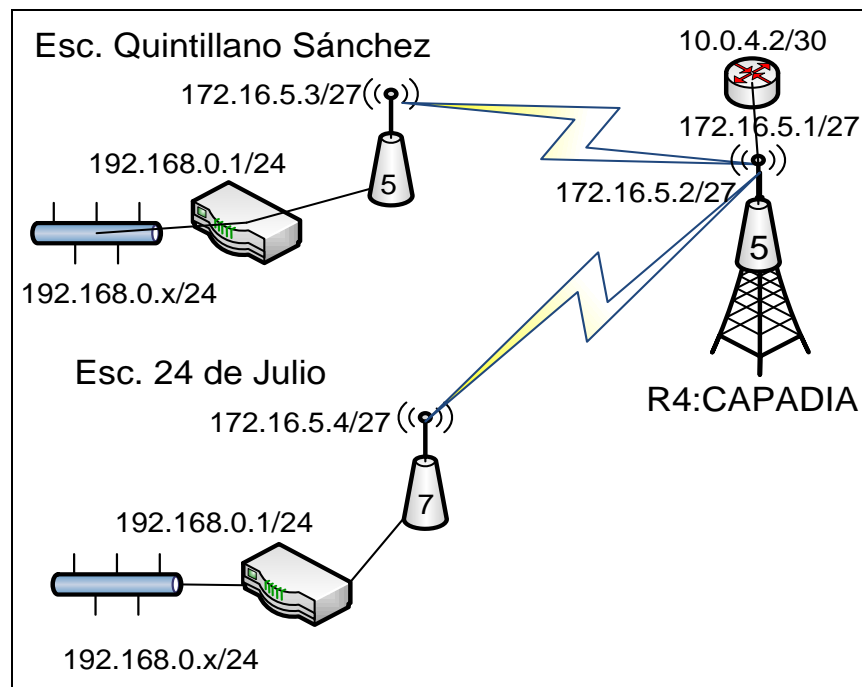
**Figuras 41. GRADAS**



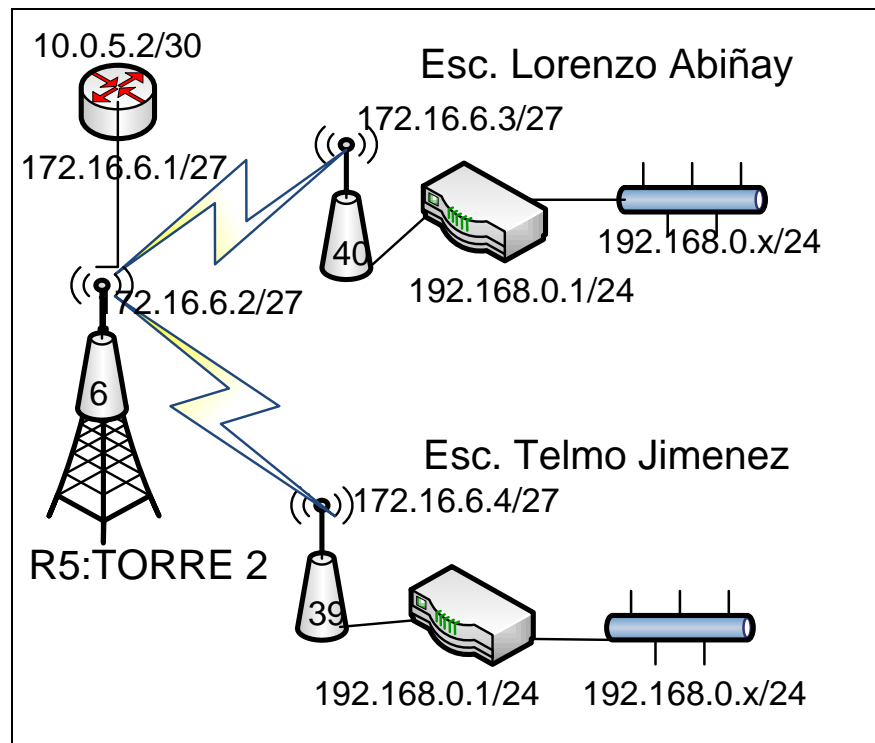
**Figuras 42. CASHAPUNGO**



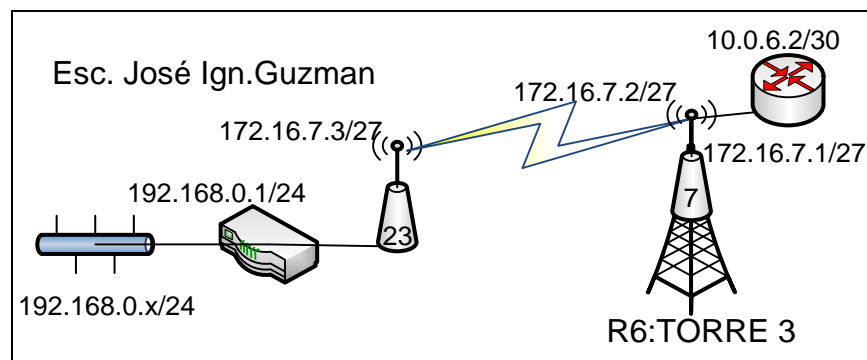
**Figuras 43. CACHİYACU**



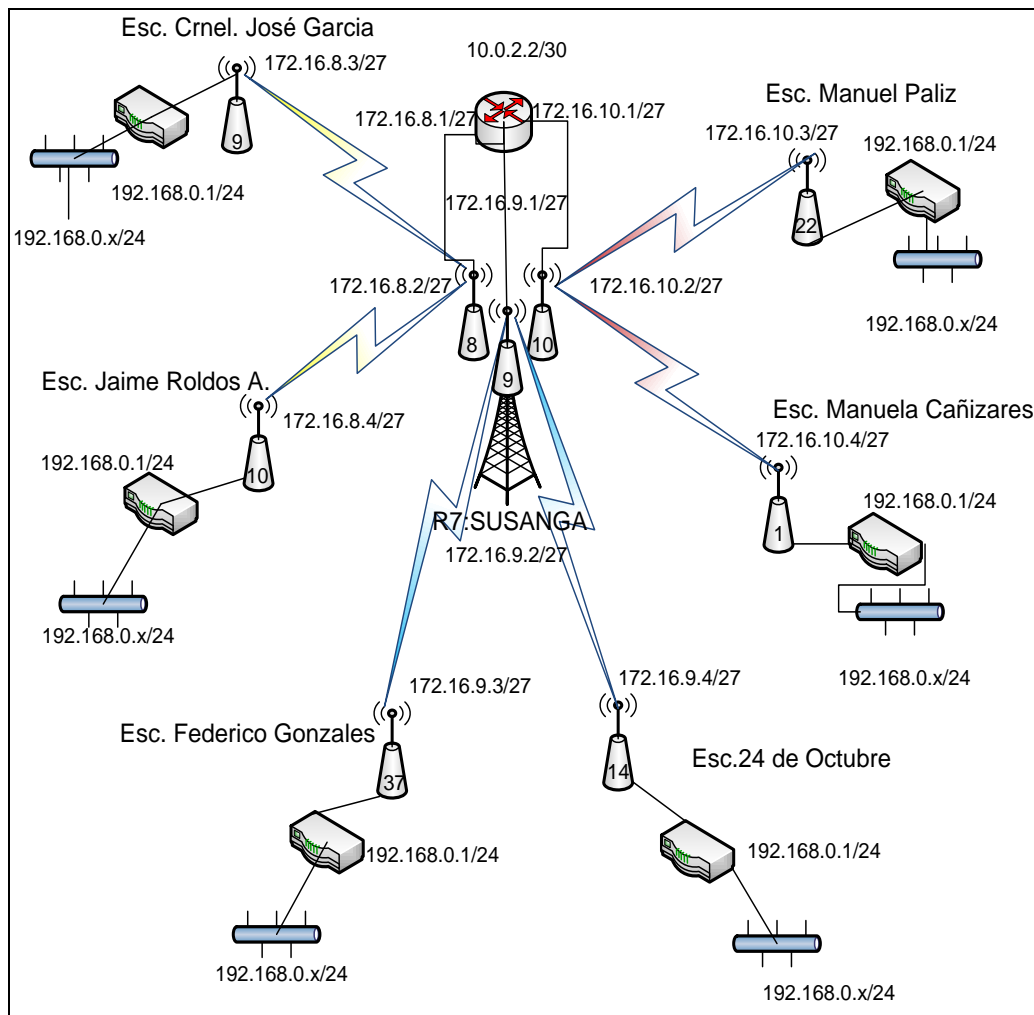
**Figuras 44. CAPADIA**



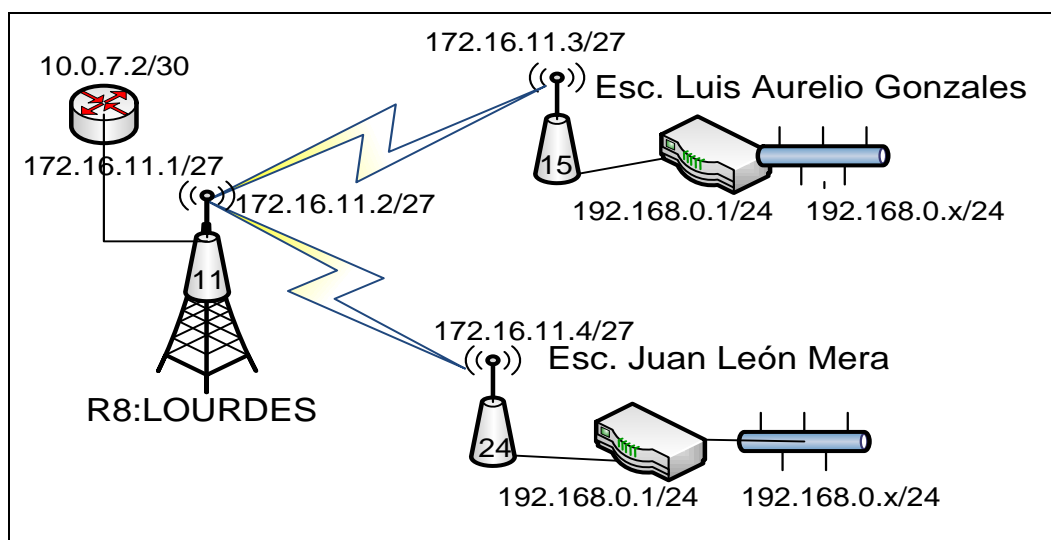
Figuras 45. TORRE 2



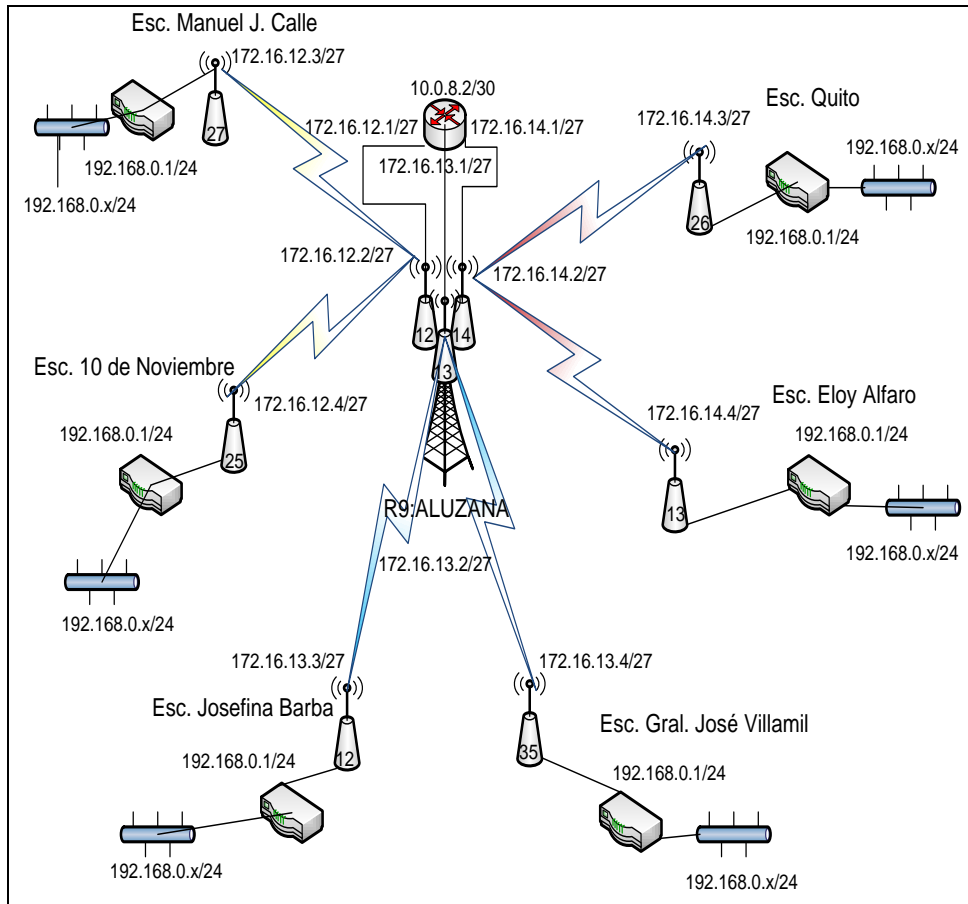
Figuras 46. TORRE 3



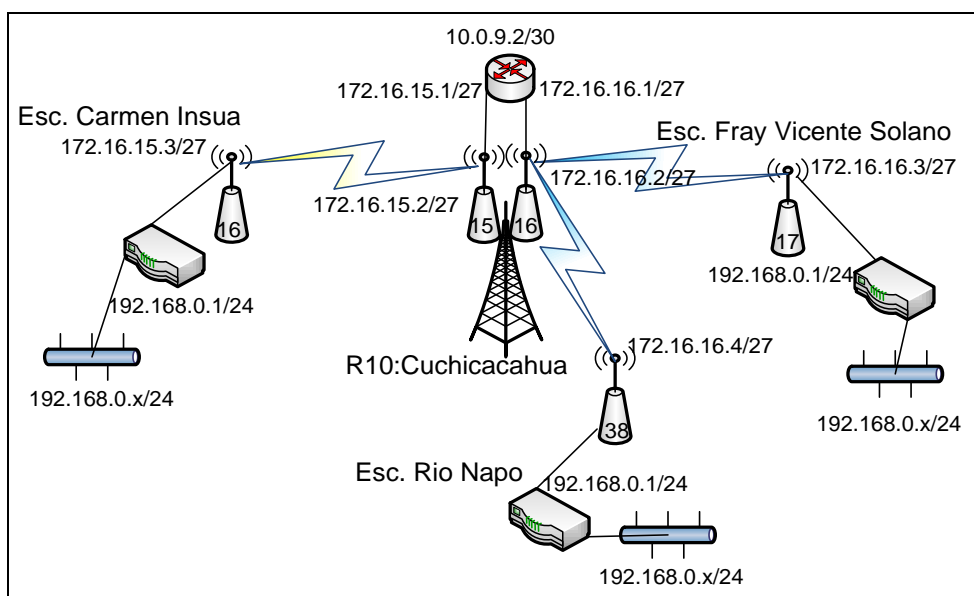
**Figuras 47. SUSANGA**



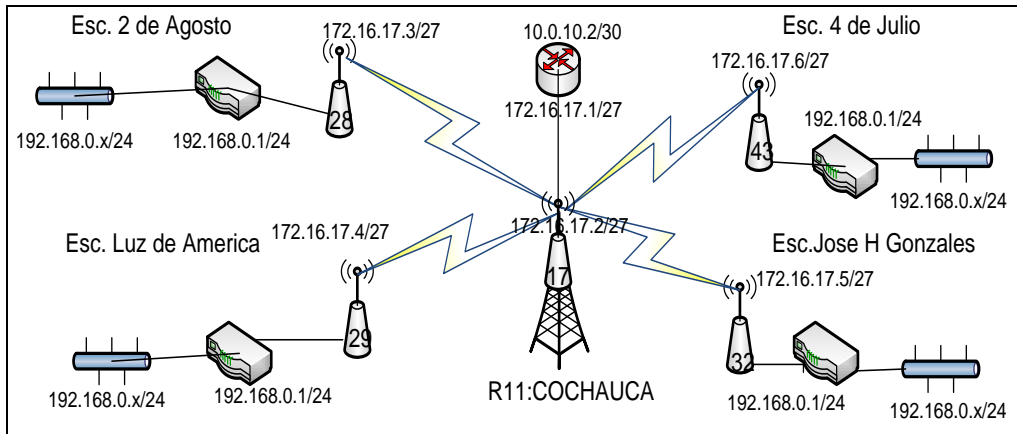
**Figuras 48. LOURDES**



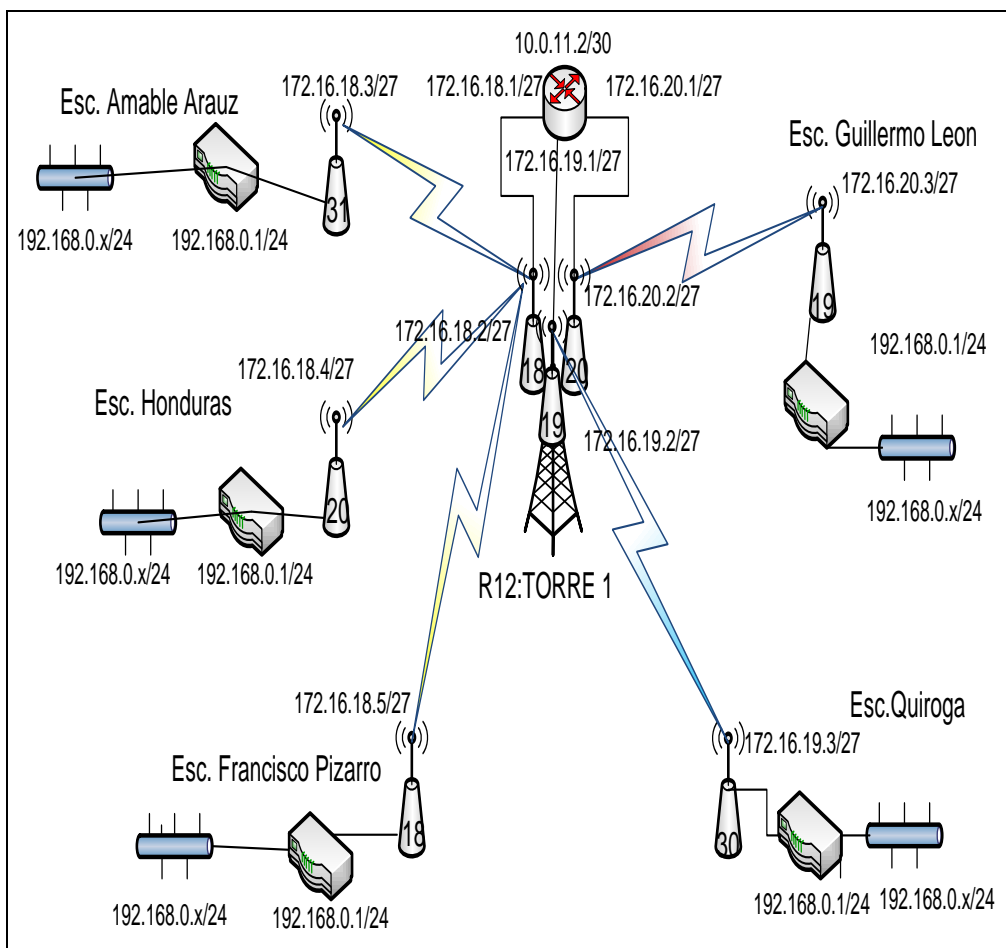
**Figuras 49. ALUZANA**



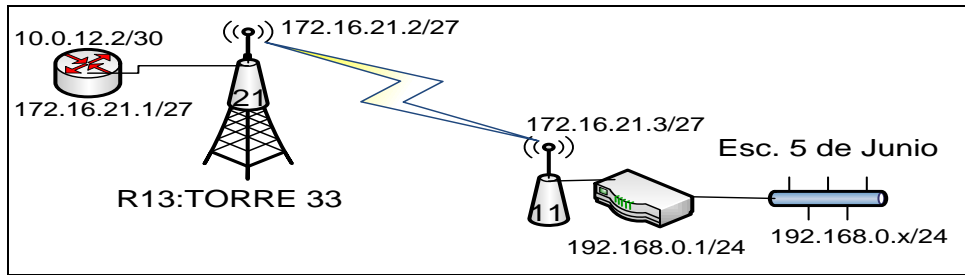
**Figuras 50. CUCHICACAHUA**



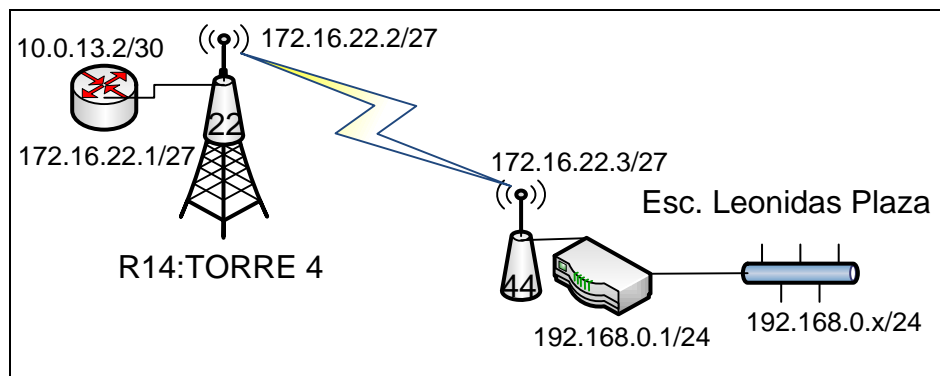
**Figuras 51. COCHAUCA**



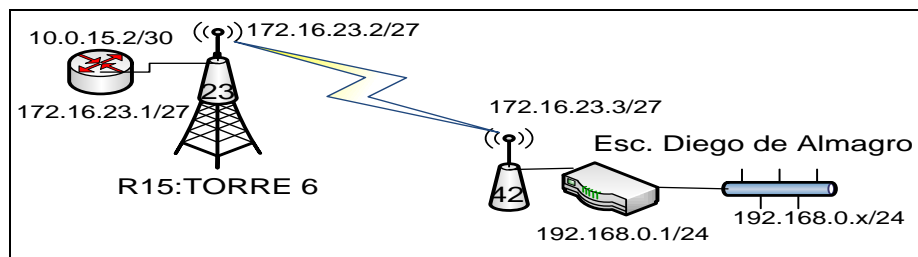
**Figuras 52. TORRE 1**



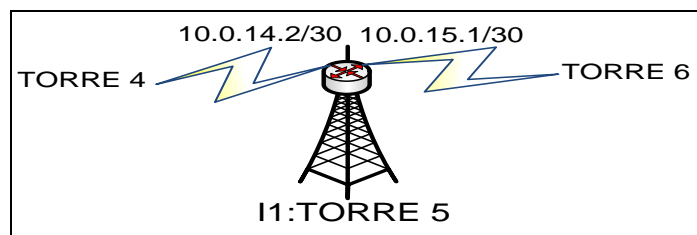
Figuras 53. TORRE 33



Figuras 54. TORRE 4



Figuras 55. TORRE 6



Figuras 56. TORRE 5

## **8.9. ASPECTOS LEGALES Y REGULATORIOS**

### **8.9.1. Regulación del Espectro**

El espectro de radiofrecuencias (RF) es un recurso escaso y compartido, utilizado nacional e internacionalmente que está sujeto a un amplio cuadro de supervisiones por parte de los organismos reguladores. En Ecuador, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) es el ente regulador que adjudica el espectro y resuelve los conflictos que lo conciernen, en tanto que en el ámbito internacional la UIT que es una agencia especializada de las Naciones Unidas que desempeña el mismo papel.

### **8.9.2. Regulación en el Ecuador**

Para poder operar como un Proveedor de Servicios de Internet se debe tener un permiso para brindar servicios de valor agregado (servicio audio texto y/o acceso a internet), independientemente del tipo de tecnología que utilice para dar el servicio al usuario final, para su obtención se debe presentar ciertos requisitos técnicos y legales a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL).

El permiso para brindar servicios de valor agregado puede solicitarse como persona natural o jurídica.



## 8.10. COSTOS DE LA RED A IMPLEMENTARSE

Tabla 8:

### Costos de la Red

	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UN.	TOTAL
<b>INFRAESTRUCTURA EN LAS TORRES</b>	TORRE DE 60 m	16	\$ 9.000,00	\$ 144.000,00
	CASSETAS	16	\$ 5.000,00	\$ 80.000,00
	CAJA METALICA OUTDOOR	16	\$ 80,00	\$ 1.280,00
<b>SISTEMA ELECTRICO EN TORRES</b>	UPS TORRE	16	\$ 500,00	\$ 8.000,00
	MODULO FOTOVOLTAICO (PANEL SOLAR)	16	\$ 150,00	\$ 2.400,00
	CABLE NLT 2X 10(PANEL SOLAR A CONTROLADOR)	16	\$ 20,00	\$ 320,00
	INTERRUPTORES TERMO MAGNETICOS	16	\$ 50,00	\$ 800,00
	PROTECTORES DE LINEA DC	16	\$ 25,00	\$ 400,00
	CONTROLADORES DE PANEL SOLAR	16	\$ 80,00	\$ 1.280,00
	BORNERAS DE CONEXIÓN	32	\$ 5,00	\$ 160,00
	CABLE TW6 (BATERIA A CONTROLADOR)	16	\$ 5,00	\$ 80,00
	SISTEMA DE TIERRA	16	\$ 100,00	\$ 1.600,00
	PARARAYOS Y BALIZAS	16	\$ 200,00	\$ 3.200,00
	INSTALACION	16	\$ 1.000,00	\$ 16.000,00
	<b>EQUIPOS ENLACES RED TRONCAL</b>	NANOBRIDGE_M2 NB2G18	30	\$ 120,00
ROCKETM2		2	\$ 120,00	\$ 240,00
DISH ANTENNA		2	\$ 200,00	\$ 400,00
INSTALACION		16	\$ 500,00	\$ 8.000,00
<b>EQUIPOS SECTORIALES</b>	ROCKETM2	23	\$ 120,00	\$ 2.760,00
	AIRMAX SECTOR 2G-16-90	23	\$ 220,00	\$ 5.060,00
	ROUTER BOARD 450G	16	\$ 300,00	\$ 4.800,00
	INSTALACION	16	\$ 500,00	\$ 8.000,00
<b>EQUIPOS CLIENTES</b>	PC DE ESCRITORIO CORED DUO, 2GB RAM, 250 HDD,DVR/RW	43	\$ 400,00	\$ 17.200,00
	MONITORES	43	\$ 90,00	\$ 3.870,00
	IMPRESORAS	43	\$ 55,00	\$ 2.365,00
	AIRGRID M2	43	\$ 82,00	\$ 3.526,00
	20 METROS CABLE DE RED	43	\$ 20,00	\$ 860,00
	SWITCH DE 16 PUERTOS	43	\$ 69,00	\$ 2.967,00
	INSTALACION Y CONFIGURACION DE EQUIPOS	43	\$ 100,00	\$ 4.300,00



CONTINUA

	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UN.	TOTAL
<b>CENTRO DE ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE RED</b>	PC DE ESCRITORIO PARA ADMINISTRACION	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
	PC DE ESCRITORIO PARA GESTION	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
	SWITCH CISCO- CAPA 3- SRW224G4-K9	1	\$ 500,00	\$ 500,00
	ROUTERBOARD RB1100AH	1	\$ 600,00	\$ 500,00
	VARIOS ELEMENTOS DE RED	1	\$ 500,00	\$ 500,00
	INSTALACION	1	\$ 500,00	\$ 500,00
<b>SERVICIO ACCESO INTERNET</b>	15 MEGAS POR UN AÑO	1	\$ 22.500,00	\$ 22.500,00
<b>TOTAL:</b>				<b>\$ 353.968,00</b>

## CAPÍTULO 9

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 9.1. CONCLUSIONES

- El presente estudio servirá como base para el diseño e implementación de una Red de Telecomunicaciones que permita proveer Servicio de Internet bajo el estándar Wi-Fi (2,4 GHz) a 44 unidades educativas ubicadas en sectores rurales y urbanos marginales de la provincia de Bolívar.

- Luego de analizar los estándares de comunicaciones inalámbricas 802.11b, 802.11g, y 802.11n, se puede concluir que el 802.11n se ajusta mejor a las necesidades de nuestra red, ya que los suscriptores poseen una mayor ganancia y el ancho de banda de hasta 100 Mbps.

- Por las características técnicas y de software del *Punto de Acceso*; tales como la autenticación por dirección MAC, el control de ancho de banda por dirección IP, el monitoreo gráfico en cada una de las interfaces, la buena sensibilidad de recepción, entre otras; se logra conseguir una aceptable seguridad y calidad en el servicio a prestar.

- Para la implementación de los servidores es necesario contar con un rango de direcciones IP públicas fijas, ya que al momento de registrar el dominio se debe ingresar las direcciones asignadas a los servidores; por lo tanto, estas no deben cambiar.
- Mediante las pruebas de cobertura realizadas en los simuladores, que consistieron en medir la velocidad de la transmisión de datos (throughput) y el nivel de señal de potencia en dBm, se determinó que se puede brindar servicio de calidad a los sectores donde se espera llegar con la cobertura de este proyecto.
- El servidor ftp es muy útil ya que mediante éste los usuarios pueden almacenar información a la cual podrán acceder desde cualquier sitio con acceso a Internet utilizando su nombre de usuario y contraseña.
- La conclusión tal vez más importante y a la par casi obvia, es que, si bien subsiste la necesidad de iniciativas (privadas o públicas) que busquen implementar redes de voz y datos en zonas rurales como medio de promover el desarrollo y la integración de las zonas rurales, éstas deben considerar como un aspecto fundamental en su concepción, formulación y realización el tema de la sostenibilidad de la plataforma tecnológica que se instala y de los servicios que la misma ofrece a los beneficiarios.

- La sostenibilidad no debe ser considerada un objetivo complementario ni adicional, sino parte de la misión misma del proyecto; las herramientas que se entregan para promover el desarrollo y mejorar la calidad de vida deben ser duraderas en el tiempo.

- Es de gran importancia una correcta interpretación de la realidad local y la correspondiente elaboración e implementación de estrategias conducentes a establecer redes sostenibles o auto sostenibles, las cuales no se vean deterioradas con el pasar del tiempo.

- La identificación de los beneficiarios con los objetivos del proyecto, su iniciativa para con él mismo; es una condición necesaria, aunque no suficiente, para el aseguramiento de su sostenibilidad.

- Si el conjunto de beneficiarios no logra interiorizar la utilidad de lo que se ha implementado y no asumen un compromiso real respecto a su uso y cuidado, el aporte no será viable en el tiempo, lo que significa que se deberán planificar conjuntamente planes de sostenibilidad del proyecto.

## **9.2. RECOMENDACIONES**

- Para conseguir un correcto desempeño de los servidores, es recomendable que éstos se encuentren en un cuarto que posea aire acondicionado. Dependiendo de la zona donde se instalen estas redes, se

tomara en cuenta los climas locales y la ubicación geográfica de los puntos centrales y las zonas remotas.

- Debido a que los servicios que ofrece un nuestra red deben ser permanentes, es necesario contar con una fuente de energía alternativa como respaldo en caso de ocurrir un corte de energía pública. Por lo que se debe dimensionar equipos de backup de energía eléctrica como baterías, inversores, entre otros.

- Es recomendable contar con servidores de backup para los servicios que se desea brindar con el fin de tener un respaldo del servidor principal, por esta razón se puede utilizar servidores de backup gratuitos como del sitio [www.xname.org](http://www.xname.org).

- Se mejora la seguridad de nuestra red con el fin de evitar el acceso no deseado a los equipos agregando un computador que actúa como *firewall*. Además que este firewall también nos sirve como filtro de contenidos, el cual nos ayuda para administrar las páginas que estén disponibles o no para el correcto uso de los servicios de nuestra red.

- Es importante mantener un monitoreo constante del desempeño de la red utilizando las herramientas que permiten gestionar cada una de sus partes como son el *monitoreo gráfico* en línea del tráfico upload y download mediante MRTG (*Multi Router Traffic Grapher*), la medición de la velocidad

asignada al ISP utilizando un velocímetro, el correcto funcionamiento de los servidores y la gestión local o remota de los mismos.

- Conforme se incremente el número de clientes se deberá verificar el estado del ancho de banda contratado, ya que este deberá abastecer la demanda y en el caso de producirse saturación en el canal, se deberá solicitar un incremento en el ancho de banda contratado al proveedor.

- La distancia de la línea de vista entre la antena del punto central y las antenas remotas no deben de exceder los 12 km, caso contrario, se debe establecer una línea de vista entre el punto central y una estación repetidora; y otra entre la repetidora y el usuario.

- El uso de las TIC, es el objetivo principal para la implementación de las redes en sectores rurales, por lo que se deberá dimensionar los parámetros que vayan acordes con las nuevas tendencias en cuanto a estos servicios.

- Colaboración activa del GADP de Bolívar, que permita la sostenibilidad, el mantenimiento, la capacitación, así como el monitoreo del uso de la infraestructura.

## BIBLIOGRAFIA

- Bates, R. (1994). *Comunicaciones en Redes Inalámbricas*. NY: McGraw-Hill.
- CISCO SYSTEMS. (2014). Obtenido de Manual Cisco-Protocolos de Enrutamiento:  
[http://www.guillesql.es/Articulos/Manual\\_Cisco\\_CCNA\\_Protocolos\\_Enrutamiento.aspx](http://www.guillesql.es/Articulos/Manual_Cisco_CCNA_Protocolos_Enrutamiento.aspx)
- CPLUS-ORG. (2014). Obtenido de Radio Mobile:  
<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>
- Grupo de Telecomunicaciones Rurales-Pontificia Universidad Católica del Perú (GTR-PUCP). (2011). *Redes Inalámbricas Para Zonas Rurales*. Lima: GTR-PUCP.
- Instituto Geográfico Militar. (2014). Obtenido de IGM-ECUADOR:  
<http://www.igm.gob.ec/work/index.php>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2014). Obtenido de INEC:  
[www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec)
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2014). Obtenido de Ecuador en Cifras: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Martinez, J. (2009). *Redes de Comunicaciones*. Madrid: Alfaomega.
- Secretaría Nacional de Telecomunicaciones. (2014). Obtenido de SENATEL:  
[www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec)
- Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador. (2014). Obtenido de SIISE: <http://www.siise.gob.ec>
- Tanenbaum, A. (2003). *Redes de Computadoras*. Mexico: PrenticeHall.
- TECNOMAESTROS. (s.f.). *Tecnom maestros*. Obtenido de  
[http://tecnomaestros.awardspace.com/plan\\_telecomunicaciones.php](http://tecnomaestros.awardspace.com/plan_telecomunicaciones.php)
- WDDW-ORG. (2014). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*. Obtenido de <http://wndw.net/>



## **ANEXOS**