

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“DISEÑO DE UNA RED DE DATOS QUE PERMITA  
INTERCONECTAR ESTABLECIMIENTOS  
EDUCATIVOS URBANO-MARGINALES PARA EL  
ACCESO A INTERNET EN LOS CANTONES DE  
SANTA CLARA, ARAJUNO Y MERA DE LA  
PROVINCIA DE PASTAZA”

Autor

Mauricio Alberto Masache Heredia

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2009

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el siguiente proyecto de titulado “Diseño de una red de datos que permita interconectar establecimientos educativos urbano-marginales para el acceso a Internet en los cantones de Santa Clara, Arajuno y Mera de la provincia de Pastaza” fue desarrollado en su totalidad por el señor Mauricio Alberto Masache Heredia con C.I. 171883978-8 bajo nuestra dirección

---

Ing. Fabián Sáenz

**DIRECTOR**

---

Ing. Rodolfo Gordillo

**CODIRECTOR**

## **RESUMEN**

Este proyecto trata acerca del diseño y análisis de una red de telecomunicaciones de carácter social, con el objetivo de brindar el acceso a Internet a las escuelas urbano-marginales de los cantones Arajuno, Santa Clara y Mera de la provincia de Pastaza.

Se realizó un estudio de campo para determinar que instituciones educativas serían beneficiarias del proyecto, su ubicación geográfica y la de los puntos que tendrían influencia para el diseño, dentro de estos puntos se incluyen cerros e instituciones gubernamentales. Además se observó las condiciones en que se encuentran las comunidades de estos cantones y el equipamiento tecnológico con el que cuentan.

Para el diseño se designó a WiFi como la tecnología adecuada y se utilizó el programa de difusión libre Radiomobile para la simulación de las redes inalámbricas y su análisis de factibilidad que además permitió determinar el equipamiento necesario para su funcionamiento.

Como resultado se obtuvo el diseño de una red inalámbrica con acceso a Internet para las instituciones educativas designadas, que será subsidiada por el gobierno del Ecuador para cubrir el alto costo de implementación.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres y hermanos, gracias por su apoyo incondicional y su ayuda para alcanzar mis sueños y metas, gracias por ese amor que siempre han sabido brindarme.

A mis abuelitos, tíos y primos, gracias por estar ahí cuando los necesito, en especial gracias a mis abuelitas por su “que fue la tesis” nunca lo olvidaré y a mis tíos Eduino y Pato, es un honor y un privilegio caminar a su lado.

A Gaby, gracias por aguantarme y estar a mi lado estos años, gracias nena por todo lo que hemos pasado.

A mis grandes amigos, Niño, Santi, Tuki, Ordis, Px, Mijín, gracias por tenderme su mano, poner el hombro y acompañarme, espero lo sigan haciendo, nuestra amistad debe trascender el tiempo, en especial gracias Niño, tu ayuda fue indispensable para darle fin a este paso.

A mis maestros, han sabido guiarme a lo largo de esta carrera.

Finalmente pero no al último pues siempre está primero gracias a Dios, el amigo que nunca falla, gracias por no desampararme.

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos Jeanette, Pepé, Javier y Pablito, son mi vida.

Mamita, usted es quien me empuja a dar más de lo que creo que puedo dar, a buscar esas oportunidades y darme ese aliento para llegar tan lejos como pueda.

Papá, usted me inculcó el buen humor y la simplicidad de la vida y con mi mamá me enseñaron la humildad.

Flaco, eres mi compañero y amigo de toda la vida, esta también va por ti.

Bubú, que alegría verte crecer, contigo redescubro a diario lo hermoso de seguir siendo niño.

## **PRÓLOGO**

La provincia de Pastaza se ha convertido en el nexo más importante entre todas las comunidades orientales y el resto del país tanto así que el tercer aeropuerto con mayor cantidad de operaciones aéreas por día del Ecuador es el ubicado en la Shell detrás de los aeropuertos de Quito y Guayaquil tratándose de aeronaves pequeñas realizando conexiones.

Desde este aeropuerto se llega a sectores del oriente inaccesibles mediante otros medios que no sea el aéreo, para proveer de vituallas, medicinas, alimentos, entre otras cosas a estas poblaciones, además de que la ubicación logística de la provincia es ideal al encontrarse al centro de la región oriental del país.

Esto convierte a Pastaza en un centro de desarrollo y uno de los más adecuados para la implementación de las tecnologías de información y comunicación TIC para convertirse en una de las principales herramientas para competir a futuro.

Siendo la educación la base para el desarrollo, un proyecto que involucre redes comunitarias sobre las cuales se puede tener conexiones de internet, y los servicios que se puedan implementar sobre esta plataforma es la alternativa más adecuada para estas poblaciones donde muchas veces no existe siquiera una línea telefónica para comunicarse.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	ANTECEDENTES .....	1
1.2.	INTRODUCCIÓN .....	4
2.	FUNDAMENTOS DE REDES.....	7
2.1.	ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS – ESCENARIOS PROPUESTOS PARA REDES WAN .....	7
2.1.1.	Escenario haciendo uso de medios no guiados (Inalámbrico).....	7
2.1.2.	Escenario usando medios guiados (Cableado) .....	13
2.1.3.	Escenario Satelital .....	16
2.1.4.	Tecnología Seleccionada .....	18
2.2.	ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA REDES LAN.....	18
2.2.1.	Redes LAN .....	19
2.2.2.	Redes WLAN .....	21
2.3.	ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.....	22
2.4.	PÉRDIDAS Y GANANCIAS DE UN ENLACE.....	25
2.4.1.	Pérdidas en un Radioenlace.....	25
2.4.2.	Ganancias en un Radioenlace .....	29
2.5.	SEGURIDAD EN LAS REDES.....	29
2.5.1.	Firewall.....	30
2.5.2.	Autenticación.....	33
2.5.3.	Administración de Ancho de Banda.....	34
2.6.	HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN.....	35
2.6.1.	Simulación.....	37
2.6.2.	Propiedades de las Unidades .....	37

2.6.3.	Propiedades de las Redes.....	38
2.6.4.	Parámetros .....	39
2.6.5.	Topología.....	40
2.6.6.	Sistema .....	41
2.6.7.	Miembros.....	41
2.6.8.	Estilo.....	42
2.6.9.	Enlace de Radio .....	43
3.	ESTUDIO DE CAMPO .....	45
3.1.	ESTUDIO DE CAMPO .....	45
3.1.1.	Ubicación de las Instituciones .....	46
3.1.2.	Cerros Importantes .....	49
3.1.3.	Proveedores de Internet en la Zona .....	49
3.2.	INFORMACIÓN SOCIO-ECONÓMICA.....	50
4.	DISEÑO Y TOPOLOGÍA DE RED .....	53
4.1.	DISEÑO DE LA RED WAN.....	53
4.1.1.	Red del Cantón Arajuno .....	55
4.1.2.	Red del Cantón Santa Clara.....	57
4.1.3.	Red del Cantón Mera.....	62
4.1.4.	Direccionamiento de la Red Wan.....	67
4.2.	TECNOLOGÍA SELECCIONADA PARA REDES LAN.....	70
4.2.1.	Direccionamiento de la Red LAN .....	72
4.3.	ESTUDIO DE TRÁFICO DE LA RED .....	73
4.4.	EQUIPAMIENTO DE TELECOMUNICACIONES.....	77
4.5.	ZONAS DE COBERTURA.....	79
5.	ASPECTOS LEGALES Y REGULATORIOS .....	86
5.1.	NORMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA MDBA .....	86



5.2.	REGLAMENTO DE DERECHOS DE CONCESIÓN Y TARIFAS POR EL USO DE FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO .....	88
5.3.	REGLAMENTO DEL FONDO PARA EL DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN ÁREAS RURALES Y URBANO MARGINALES...	92
6.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA .....	96
6.1.	COSTOS DE INVERSIÓN .....	96
6.1.1.	Costos de las Antenas .....	97
6.1.2.	Costos de Torres y Mástiles .....	98
6.1.3.	Costos de Equipamiento de Red.....	98
6.1.4.	Costos de Cables.....	99
6.1.5.	Costos de Puesta a Tierra .....	100
6.1.6.	Planilla de Equipos .....	100
6.2.	COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	103
6.3.	COSTO TOTAL DEL PROYECTO .....	105
6.4.	PLANES DE SOSTENIBILIDAD .....	106
6.5.	FLUJO DE EFECTIVO .....	107
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
7.1.	CONCLUSIONES .....	111
7.2.	RECOMENDACIONES.....	112
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
9.	ANEXOS.....	116
A1.	MAPAS DE LAS UNIDADES GEOREFERENCIADAS.....	117
A2.	PERFILES DE LOS ENLACES.....	119
A3.	RESPALDO FOTOGRÁFICO .....	131

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1.1. Porcentaje de Analfabetismo por cantón.....	5
Tabla. 1.2. Porcentaje de Escolaridad por cantón.....	5
Tabla. 1.3. Porcentaje de Primaria completa por cantón.....	5
Tabla. 1.4. Porcentaje de Secundaria completa por cantón.....	6
Tabla. 2.1. Evolución de IEEE 802.16 WiMAX.....	12
Tabla. 2.2. Comparación de los distintos tipos de ADSL.....	14
Tabla. 2.3. Canalización para WiFi en la banda 2.4GHz.....	24
Tabla. 3.1. Ubicación de las Instituciones Educativas por cantón.....	46
Tabla. 3.2. Ubicación de los Municipios Cantorales.....	48
Tabla. 3.3. Ubicación de los cerros destacados de la Provincia de Pastaza.....	49
Tabla. 3.4. Beneficiarios de cada Institución Educativa.....	50
Tabla. 4.1. Características de las Antenas de la red del Cantón Arajuno.....	56
Tabla. 4.2. Enlaces de la Red del Cantón Arajuno.....	57
Tabla. 4.3. Características de las Antenas de la red del Cantón Santa Clara.....	59
Tabla. 4.4. Enlaces de la Red del Cantón Santa Clara.....	59
Tabla. 4.5. Características de las Antenas de la red del Cantón Mera.....	63
Tabla. 4.6. Enlaces de la Red del Cantón Mera.....	64
Tabla. 4.7. Tecnologías de red LAN para las instituciones educativas del cantón Arajuno.....	70
Tabla. 4.8. Tecnologías de red LAN para las instituciones educativas del cantón Mera.....	71
Tabla. 4.10. Tecnologías de red LAN para las instituciones educativas del cantón Santa Clara.....	71
Tabla. 4.11. Direccionamiento de redes LAN.....	72
Tabla. 4.12. Número de Computadoras y Ancho de Banda en Función del Número de Alumnos.....	73

Tabla. 4.13. Ancho de banda calculado en el Cantón Arajuno .....	74
Tabla. 4.14. Ancho de banda calculado en el Cantón Mera .....	75
Tabla. 4.15. Ancho de banda calculado en el Cantón Santa Clara .....	75
Tabla. 4.16. Ancho de Banda a ser considerado.....	76
Tabla. 4.17. Cálculo del Margen de Desvanecimiento en los enlaces del Cantón Arajuno	82
Tabla. 4.18. Cálculo del Margen de Desvanecimiento en los enlaces del Cantón Santa Clara .....	83
Tabla. 4.19. Cálculo del Margen de Desvanecimiento en los enlaces del Cantón Mera.....	84
Tabla. 5.1. Coeficientes y Valor de la Tarifa A.....	90
Tabla. 5.2. Valor de Fd para Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha .....	91
Tabla. 6.1. Costo de las Antenas .....	97
Tabla. 6.2. Costos de Torres y Mástiles .....	98
Tabla. 6.3. Costos del Equipamiento Informático y de Red.....	99
Tabla. 6.4. Costo de Cables .....	100
Tabla. 6.5. Costos de los Sistemas de Puesta a Tierra.....	100
Tabla. 6.6. Planilla de Equipos de Telecomunicaciones para los Cantones Arajuno, Santa Clara y Mera .....	101
Tabla. 6.7. Costo Mensual por Internet .....	103
Tabla. 6.8. Costo de Sistemas Punto - Multipunto .....	104
Tabla. 6.9. Costo Total de Operación y Mantenimiento .....	105
Tabla. 6.10. Costo Total del Proyecto .....	105
Tabla. 6.11. Egresos Anuales .....	107
Tabla. 6.12. Ingresos Anuales .....	108
Tabla. 6.13. Flujo de Caja del Proyecto Arajuno, Mera y Santa Clara .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 2.1. Tipo de conexión vía satélite.....	16
Figura. 2.2. Esquema de Red LAN tipo .....	20
Figura. 2.3. Esquema de Red WLAN tipo.....	21
Figura. 2.4. Primera Zona de Fresnel .....	26
Figura. 2.5 Representación de Red Protegida por Firewall.....	31
Figura. 2.6. Ventana de Radio Mobile con mapas SRTM.....	36
Figura. 2.7. Propiedades de las unidades.....	38
Figura. 2.8. Propiedades de las redes/Parámetros .....	39
Figura. 2.9. Propiedades de las redes/Topología.....	40
Figura. 2.10. Propiedades de las redes/Sistemas .....	41
Figura. 2.11. Propiedades de las redes/Miembros.....	42
Figura. 2.12 Propiedades del Estilo .....	43
Figura. 2.13 Ventana de Enlace de Radio .....	44
Figura. 3.1. Avenida Principal de Arajuno.....	52
Figura. 3.2. Niños de la comunidad en Arajuno.....	52
Figura. 4.1. Red de Acceso y Transporte Inalámbrico en los Cantones Arajuno, Santa Clara y Mera.....	54
Figura. 4.2. Red del Cantón Arajuno.....	55
Figura. 4.3. Diagrama de enlaces del Cantón Arajuno.....	56
Figura. 4.4. Red del Cantón Santa Clara .....	57
Figura. 4.5. Diagrama de la red de Transporte del Cantón Santa Clara .....	58
Figura. 4.6. Diagrama de Red de Acceso del Cantón Santa Clara .....	61
Figura. 4.7. Red del Cantón Mera .....	62
Figura. 4.8. Diagrama de la red de Transporte del Cantón Santa Clara .....	63

Figura. 4.9. Diagrama de Red de Acceso del Cantón Mera .....	66
Figura. 4.10. Direccionamiento IP Red Arajuno .....	67
Figura. 4.11. Direccionamiento IP Red Santa Clara.....	68
Figura. 4.12. Direccionamiento IP Red Arajuno .....	69
Figura. 4.13. Cobertura de la antena del I.M. Arajuno.....	79
Figura. 4.14. Cobertura de la radiobase La Abitagua.....	80
Figura. 4.15. Cobertura de la radiobase San Pedro de Punín .....	81

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. ANTECEDENTES**

El crecimiento acelerado de la tecnología y el desarrollo de la globalización mundial obligan al Ecuador a no dejar de lado su propio apuntalamiento hacia grandes metas y a la incorporación de todas las comunidades hacia las nuevas redes globales.

Ya que de acuerdo a la Constitución Política del Ecuador se establece que “es responsabilidad del Estado la provisión de servicios públicos, como son las comunicaciones; los mismos que, podrán ser prestados directamente o por delegación a empresas mixtas o privadas, mediante concesión, asociación, capitalización, traspaso de la propiedad accionaria, o cualquier otra forma contractual de acuerdo con la ley. El Estado garantizará que los servicios públicos, prestados bajo su control y regulación, respondan a principios de eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, continuidad y calidad; y velando además para que sus precios o tarifas sean equitativos.

Para cumplir con este mandato constitucional, la Ley para la Transformación Económica del Ecuador, delegó al Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL, la creación del Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en áreas rurales y urbano marginales, FODETEL.

El artículo 38 de la Ley Especial de Telecomunicaciones, reformada por el artículo 58 de la Ley para la Transformación Económica del Ecuador, establece que el CONATEL, expedirá el reglamento para otorgar concesiones, dicho reglamento contiene disposiciones para la creación de FODETEL.

El artículo 47 del Reglamento para Otorgar Concesiones de los Servicios de Telecomunicaciones publicado en el Registro Oficial No. 480 del 24 de diciembre del 2001 dispone:

“Se constituye el Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en áreas rurales y urbano-marginales, FODETEL.

El establecimiento, administración, financiamiento, operación y supervisión del Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en las áreas rurales y urbano marginales, se realizará a través del Reglamento del Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en áreas rurales y urbano marginales (FODETEL) aprobado por el CONATEL.”

Mediante Resolución No. 394-18 CONATEL-2000, se aprobó el Reglamento del Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en Áreas Rurales y Urbano Marginales FODETEL, reformado mediante resolución 588-22-CONATEL-2000.

Mediante Resolución No. 589-22-CONATEL-2000 se expide el Reglamento de Ejecución de Proyectos y Contratación de Servicios del FODETEL, reformado mediante resolución 075-03-CONATEL-2002.

Mediante Resolución 543-21-CONATEL-2003 del 28 de agosto de 2003, se crea e incorpora al orgánico estructural y funcional de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, la Dirección de Gestión del FODETEL, para la Administración del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones (FODETEL), bajo la dependencia administrativa y funcional del Secretario Nacional de Telecomunicaciones.”<sup>1</sup>

Nace el FODETEL bajo estos conceptos y con el propósito de proveer los servicios básicos en telecomunicaciones entre ellos los necesarios para fomentar un educación integral de todas las entidades educativas urbano-marginales haciendo uso de las Tecnologías de Información y Comunicación TIC.

La provincia de Pastaza, la más grande del país en extensión territorial, y 62 110 habitantes que limita al norte con la provincia de Napo y Orellana, al sur con la provincia de Morona Santiago, al este con la República del Perú y al oeste con las provincias de Morona Santiago y Tungurahua, considerada provincia amazónica, por su ubicación geográfica es llamada una zona de difícil acceso a medios tecnológicos.

---

<sup>1</sup> Información proporcionada por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL.

Esta provincia está conformada por 4 cantones: Pastaza, Mera, Santa Clara y Arajuno, en los cuales existe una gran cantidad de centros educativos que no disponen de recursos informáticos que garanticen una educación acorde a los adelantos de la época y en muchos las avanzadas tecnologías de la información son apenas un mito, es por ello que el FODETEL la ha hecho beneficiaria de sus proyectos de desarrollo.

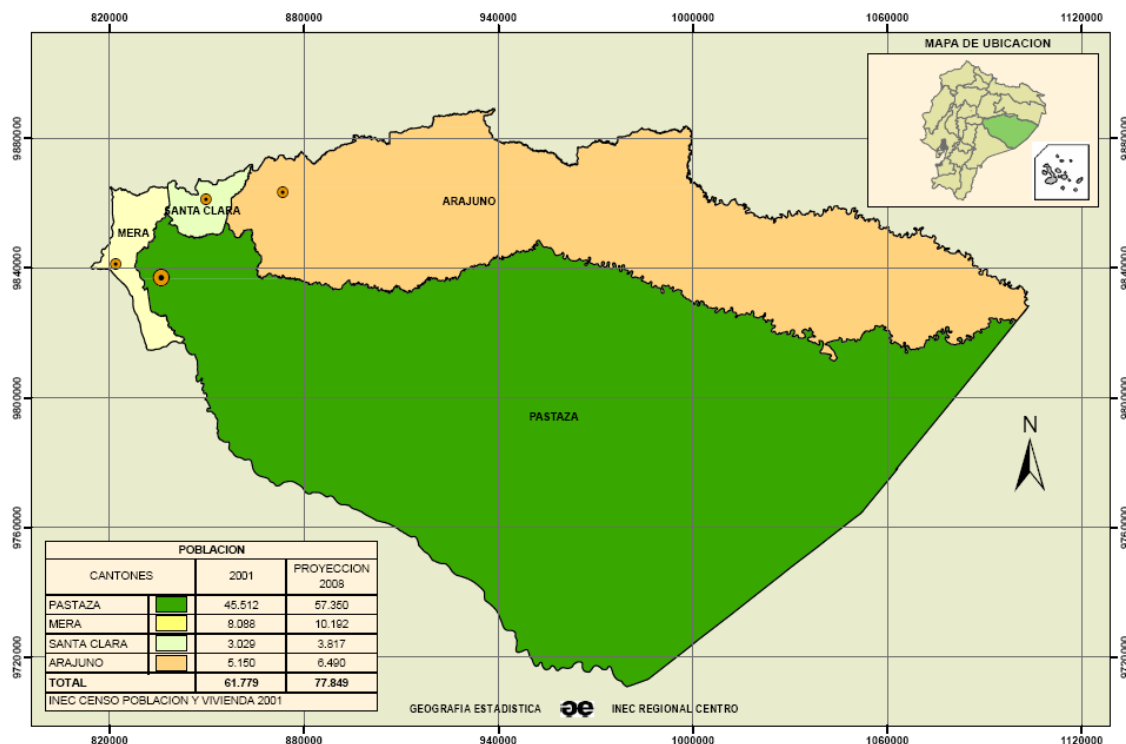


Figura. 1.1. Mapa cantonal de la provincia de Pastaza.<sup>1</sup>

El cantón Mera, se encuentra al oeste de la provincia de Pastaza. Tiene una extensión de 601 km<sup>2</sup>. Fue creado como cantón el 10 de abril de 1967. Su capital es Mera. Es la puerta de ingreso a la capital provincial, Puyo, por la vía Puyo – Baños. Está ubicada en el bosque pluvial Pre–Montano, y forma parte del corredor ecológico Baños–Puyo, a través de la cordillera oriental de la amazonía, entre el Parque Nacional Llanganates y el Parque

<sup>1</sup> Fuente: INEC Censo de Población y vivienda 2001.



Nacional Sangay. Merecedor del alto galardón de la WWF como “Regalo de la Tierra”. Tiene 9528 habitantes. Su población es Quichua-Mestiza.<sup>1</sup>

El cantón Santa Clara es el penúltimo cantón creado de la provincia de Pastaza el 2 de enero de 1992 con capital del mismo nombre. Se encuentra en la Región Central Amazónica Ecuatoriana, km 40 vía Puyo-Tena a una altitud de 595 msnm. Posee una extensión de 310 km<sup>2</sup>.

Tiene una población de 3029, entre mestiza e indígena. En el área urbana se encuentran aproximadamente 1000 y en la rural 2029. Los moradores de la zona rural se dedican a la agricultura y ganadería.<sup>2</sup>

El cantón Arajuno se ubica al noroeste de la provincia de Pastaza, a 58 km de la ciudad de Puyo, su capital es Arajuno. Fue el último cantón en crearse dentro de la provincia de Pastaza el 25 de Julio de 1996. Posee una extensión de 8767,4 km<sup>2</sup>.

Tiene 5150 pobladores, de acuerdo al censo del 2001. Es mayoritariamente indígena de la nacionalidad Kichua, seguido por Shuar y Huarani. En un número mínimo existen colonos.<sup>3</sup>

## 1.2. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto constituye un diseño de factibilidad para proporcionar el acceso a Internet a centros educativos de sectores rurales y urbano marginales de los cantones Mera, Santa Clara y Arajuno de la provincia de Pastaza, haciendo uso de tecnologías disponibles ya sean éstas con medios guiados o no guiados y tomando en cuenta un análisis económico de las redes y planes de sostenibilidad de las mismas.

Al no conocer con certeza el dato geográfico-sociológico de cada una de las escuelas potencialmente beneficiarias del proyecto en los cantones antes mencionados se realizó un estudio campo que permitió tener clara el área de trabajo, además de estudiar los requerimientos, necesidades, tipos de tecnología para cada centro educativo.

---

<sup>1</sup> Información proporcionada por el Gobierno Municipal del cantón Mera.

<sup>2</sup> Información proporcionada por el Gobierno Municipal del cantón Santa Clara.

<sup>3</sup> Información proporcionada por el Gobierno Municipal del cantón Arajuno.

Para conocer un poco acerca de la realidad en los niveles de educación en los cantones Mera, Santa Clara y Arajuno se consultó en el Sistema Integrado de indicadores sociales del Ecuador, SIISE, en su CD SIISE 4.5 entregado por el Ministerio de Coordinación de Desarrollo Social MCDS que en base al Censo de Población y Vivienda INEC en el año 2001 presentan los siguientes indicadores:

**Tabla. 1.1. Porcentaje de Analfabetismo por cantón**

<b>Cantón</b>	<b>% Analfabetismo (15 años y más)</b>
Mera	6,5
Santa Clara	10,9
Arajuno	18

**Tabla. 1.2. Porcentaje de Escolaridad por cantón**

<b>Cantón</b>	<b>% Escolaridad (24 años y más)</b>
Mera	8,1
Santa Clara	6,1
Arajuno	4,9

**Tabla. 1.3. Porcentaje de Primaria completa por cantón**

<b>Cantón</b>	<b>% Primaria Completa (12 años y más)</b>
Mera	77,1
Santa Clara	61,5
Arajuno	46

**Tabla. 1.4. Porcentaje de Secundaria completa por cantón**

<b>Cantón</b>	<b>% Secundaria Completa (12 años y más)</b>
Mera	23,5
Santa Clara	14,7
Arajuno	8,6

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTOS DE REDES

#### 2.1. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS – ESCENARIOS PROPUESTOS PARA REDES WAN

Como se ha descrito con anterioridad, en Ecuador, un país en vías de desarrollo, es frecuente que zonas rurales y urbano marginales no posean una infraestructura de telecomunicación, debido al costo elevado de las mismas, la falta de energía eléctrica en la zona, las dificultades de acceso, la falta de seguridad de las instalaciones en lugares deshabitados, por lo que esto se convierte en requerimientos a tomar en cuenta para el planteamiento de las alternativas tecnológicas.

A continuación se describen las distintas tecnologías propuestas para la instalación de la red de telecomunicaciones:

##### 2.1.1. Escenario haciendo uso de medios no guiados (Inalámbrico)

Las tecnologías inalámbricas hoy por hoy están revolucionando el mundo, haciendo uso de un sistema de envío de datos que no confina las señales mediante ningún tipo de cable sino que estas se propagan libremente por el medio que es el aire, y siendo este mercado uno de los de mayor evolución en los últimos tiempos. Ventajas e inconvenientes de las tecnologías inalámbricas tomadas en cuenta para ser analizadas en el presente estudio se detallan a continuación al igual que una breve descripción y características.

##### WiFi

WiFi es el nombre común que se da a la familia de estándares IEEE 802.11 (802.11a, 802.11b, 802.11g), que tiene asignadas las bandas ISM (*Industrial, Scientific and Medical*)

las cuales son: 902-928 MHz, 2.400-2.4835 GHz, 5.725-5.850 GHz, trabajando *WiFi* en las dos últimas

Es utilizado principalmente en redes inalámbricas de área local (*WLAN*) haciendo uso de modulaciones en espectro ensanchado, con velocidades para el estándar 802.11b entre 1 a 11 Mbps, y en el estándar 802.11g, más rápido, hasta 54 Mbps, no obstante puede ser utilizada en exteriores, con algunas restricciones legales de potencia, introduciendo antenas externas, amplificadores adecuados, y demás elementos para conformar un red exterior que se encuentran fácilmente en el mercado.

### **Ventajas:**

- Comunicación entre varios equipos sin necesidad de cableado y si se desea que la red tenga acceso a Internet solo se necesita de una puerta de enlace.
- Permite el uso de bandas no licenciadas ISM 2.4/5.8GHz.
- Se obtienen velocidades de hasta 54Mbps pero se debe tener en cuenta que el *throughput* neto está entre el 50% al 70% de estas velocidades.
- Es una tecnología ampliamente conocida y utilizada, lo que se traduce en costos por equipos e implementación bajos y de fácil acceso y configuración.
- Compatibilidad con redes cableadas.
- El hardware es integrable a un sistema impermeable que soporte condiciones meteorológicas adversas.
- Permite crear redes flexibles que no necesariamente cumplan distribuciones geométricas por la facilidad de que un nodo pueda adherirse si puede ver uno de los nodos vecinos.

### **Inconvenientes:**

- Seguridad en la red pero este problema puede solventarse implementando protocolos como *WEP* (*Wired Equivalent Privacy*), un sistema de cifrado incluido en el estándar que permite cifrar la información que se transmite.

- Hace uso de línea de vista directa lo que supone en algunos casos aumentar repetidores que encarecen los costos de la red.
- Alcance limitado pues al ser una tecnología destinada para redes de corto alcance se deben solventar problemas relacionados a su uso en distancias de decenas de kilómetros.
- La cantidad de colisiones aumenta en relación al número de usuarios.

## **VHF**

Banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias entre 30-300MHz. En esta banda se pueden alcanzar enlaces a distancias que bordean los 70km, limitados por la potencia de transmisión y altura de las antenas que deben compensar la curvatura de la tierra y obstáculos, aunque se tiene una alta tolerancia a los mismos.

Es recomendable la línea de vista entre la antena de transmisión y recepción sin embargo se soporta vegetales o invasiones no muy profundas.

Si existiera una obstrucción severa de la línea de vista este puede ser salvado haciendo uso de equipos intermedios o repetidores ubicados en zonas elevadas para permitir la comunicación entre dos o más puntos que no tengan visibilidad directa.

A pesar de que esta banda fue diseñada para transmisión de voz y los equipos de radio se diseñan y fabrican para este fin, haciendo uso de un software se puede conseguir usar la banda para comunicaciones de datos, uno de estos software es AX.25 que además permite la instalación del protocolo TCP/IP.

### **Ventajas:**

- Se tiene enlaces a largas distancias.
- Se puede hacer fácilmente reutilización de frecuencias.
- Calidad de los enlaces similar las 24 horas del día pues no es especialmente afectada la propagación por cambios climatológicos.

**Inconvenientes:**

- VHF necesita la obtención oficial de una licencia de servicio.
- Se obtienen velocidades menores que con otras tecnologías como WiFi, apenas comparables con las del módem telefónico, aunque este inconveniente puede ser solucionado mediante la compresión que incorpora el sistema de correo y permite hacer uso de aplicaciones de correo electrónico, mensajería y navegación (restringida) en Internet a velocidades aceptables.

**HF**

Banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias entre 3-30MHz. Permite enlaces de centenares y hasta de miles de km. Esta banda usa propagación por onda ionosférica es decir las ondas se transmiten y luego son reflejadas hacia el punto de recepción, pero debido a que las capas de la Ionosfera tienen un comportamiento aleatorio en cuanto a estructura y densidad con variaciones según la estación del año y la hora del día se afecta directamente a las frecuencias de trabajo, por lo que se determinan frecuencias mínimas *LUF* y máximas *MUF* para operar.

Los equipos *HF* habilitan comunicaciones entre terrenos planos, con elevación, o montañosos sin la necesidad de repetidores. De la misma manera que la banda *VHF*, *HF* ha sido diseñado para transmisión de voz y por sus características de ruido, bajo ancho de banda etc. no es recomendable para transmisión de datos y por ello los módems han sido de un alto costo, o muy lentos aunque se ha hecho investigación para superar esto desarrollando tecnologías como *OFDM* y nuevos protocolos que han permitido alcanzar más altas velocidades.

**Ventajas:**

- No se tiene limitaciones de distancias para los enlaces.
- No se tiene limitantes por el terreno o la ubicación y en consecuencia no se hace uso de repetidores pues no se requiere línea de vista entre las antenas.
- No requiere de estudios concretos de propagación

**Inconvenientes:**

- Se obtienen enlaces de baja velocidad.
- Se obtienen enlaces de baja calidad con mucha variabilidad en cortos intervalos de tiempo y solo pueden ser usados en ciertas horas, dependiendo del canal y con protocolos y modulaciones especiales.
- Los enlaces son muy sensibles a errores ya que por el gran recorrido de las ondas desde el punto de transmisión al de reflexión en la Ionosfera ubicada entre los 60 y 500 km. de la superficie terrestre y luego al punto de recepción se tienen considerables pérdidas en el espacio libre y también se tiene desvanecimiento multitrayecto de la señal.

**WiMAX**

Es el nombre más conocido y utilizado para definir la familia de estándares IEEE 802.16, una norma de transmisión por ondas de radio de última generación definido por la IEEE orientada a la última milla que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio.

Ofrece total cobertura en áreas de hasta 48 km de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología que no requiere visión directa con las estaciones base (a diferencia de las microondas). *WiMax* es un concepto parecido a *WiFi* pero con mayor cobertura y ancho de banda.

La tecnología *WiMAX* se perfila como la base de las Redes Metropolitanas de acceso a Internet, facilitando las conexiones en zonas rurales, y se utilizará en el mundo empresarial para implementar las comunicaciones internas y soporta calidad de servicio *QoS*.



Tabla. 2.1. Evolución de IEEE 802.16 WiMAX.<sup>1</sup>

ESTÁNDAR	DESCRIPCIÓN
802.16	Utiliza espectro licenciado en el rango de 10 a 66 GHz, necesita línea de vista directa, con una capacidad de hasta 134 Mbps en celdas de 2 a 5 millas. Soporta <i>QoS</i> . Publicado en el 2002.
802.16a	Ampliación del estándar 802.16 hacia bandas de 2 a 11 GHz, con sistemas <i>NLOS</i> y <i>LOS</i> y protocolo <i>PTPIPTM</i> . Publicado en Abril del 2003.
802.16c	Ampliación del estándar 802.16 para definir las características y especificaciones en la banda de 10-66GHz. Publicado en Enero del 2003.
802.16d	Revisión del 802.16 y 802.16a para añadir los perfiles aprobados por el <i>WiMAX Forum</i> . Aprobado como 802.16-2004 en Junio del 2004 (la última versión del estándar).
802.16e	Extensión del 802.16 que incluye la conexión de banda ancha nomádica para elementos portables del estilo de laptops. Publicado en Diciembre del 2005.

### Ventajas:

- La tecnología desde su concepción fue creada para redes metropolitanas exteriores.
- Puede mantener enlaces a largas distancias, teóricamente 50km.
- No requiere de línea de vista.
- Hace uso de antenas inteligentes que modifican su patrón de radiación automáticamente en función de la demanda.
- Se puede realizar gestión de la red mediante la implementación de *QoS* o calidad de servicio.

---

<sup>1</sup> Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Wimax.PNG>

**Inconvenientes:**

- El costo de instalaciones es alto sin contar las antenas, torres, etc.
- Se tiene un gran limitante que es la potencia, pues esto requiere un gran subsistema eléctrico, que es muy costoso en zonas rurales donde apenas se tiene energía eléctrica.

**2.1.2. Escenario usando medios guiados (Cableado)**

Este escenario considera un soporte físico a través del cual las ondas electromagnéticas que contienen la información son conducidas o guiadas entre emisor y receptor para lograr la comunicación dentro del sistema de transmisión de datos, este camino físico puede ser el par trenzado como el usado en *ADSL*, el cable coaxial como el usado en tecnologías de Cable modem o la fibra óptica.

En el caso de las tecnologías de acceso que usan medios guiados es el propio medio el que determina principalmente las limitaciones de la transmisión como son velocidad de transmisión de los datos, ancho de banda que puede soportar y espaciado entre repetidores, ventajas y desventajas que se detallan a continuación.

**ADSL**

Acrónimo de *Asymmetric Digital Subscriber Line* o Línea de Abonado Digital Asimétrica. Hace uso de la línea telefónica convencional transformándola en una línea digital de alta velocidad, mediante a instalación de un filtro o *splitter* que se encarga de separar la señal telefónica convencional apoyada en par de cobre que ocupa de 300 a 3800 Hz usualmente para voz de lo que será usado para la señal de conexión *ADSL*.

Es considerada una tecnología asimétrica ya que las velocidades de bajada generalmente son mayores que las de subida.

**Tabla. 2.2. Comparación de los distintos tipos de ADSL**

	<b>ADSL</b>	<b>ADSL2</b>	<b>ADSL2+</b>
<b>Ancho de banda</b>	0,5 MHz	1,1 MHz	2,2 MHz
<b>Velocidad de bajada</b>	8 Mbps	12 Mbps	24 Mbps
<b>Velocidad de subida</b>	1 Mbps	2 Mbps	5 Mbps
<b>Corrección de errores</b>	No	Sí	Sí

**Ventajas:**

- Se pueden obtener grandes anchos de banda y velocidades de conexión muchas veces incluso mayores comparados con otras tecnologías como la inalámbrica.
- Hace uso de una infraestructura existen para brindar el servicio por lo que los costos por instalación son relativamente bajos al no afrontar tampoco el montar una nueva infraestructura.
- Permite el acceso permanente al internet.
- Permite acceder a todo aquel que tenga un teléfono convencional al servicio.

**Inconvenientes:**

- Es muy sensible al estado de las líneas telefónicas convencionales, no todas las líneas permiten brindar el servicio debido a su relación señal a ruido y atenuación.
- Mantiene límites con respecto a distancias aceptables para el servicio, el límite teórico para un servicio aceptable es de 10km, debido a la atenuación en los cables usados en la telefonía convencional y su relación señal a ruido.
- Se necesita de una línea telefónica convencional y configuración adicional del computador para tener acceso al servicio.

## Cable Módem

Al igual que *ADSL* cable módem realiza la compartición de ancho de banda de una línea de transmisión para este caso la del cable coaxial usado en la infraestructura de televisión por cable.

Hace uso de un tipo especial de módem para modular la señal de datos aprovechando el ancho de banda que no es empleado en las redes de *CATV*. Además del módem, para implementar el servicio, es necesario otro equipo en el lado del proveedor del servicio, un *CMTS* o terminal de sistema de TV por cable y es entre estos dos equipos tiene lugar la gestión de acceso.

### Ventajas:

- Se reducen los límites en las distancias ya que el coaxial utilizado es menos sensible a interferencias, y a atenuaciones y la señal puede ser amplificada sin problema.
- Permite alcanzar un mayor ancho banda que con *ADSL* al no tener tantas limitaciones con el cable.
- Las degradaciones que se sufren son menores por lo que se tiene mayores velocidades de transmisión.
- Facilidad de uso ya que no exige configuraciones extra al computador.
- Tiene la capacidad de proporcionar a la operadora información sobre ciertos aspectos técnicos como estado de la línea, que facilita una mejor solución de posibles problemas a presentarse.

### Inconvenientes:

- El mayor de los inconvenientes es que los usuarios en una zona comparten la capacidad disponible que provee un solo cable coaxial, esto causa que cuando varios usuarios accedan al servicio al mismo tiempo, la velocidad se degrade.
- Las tarifas de Internet por parte de los proveedores vienen asociadas generalmente al contrato de televisión por cable lo que causa una tarificación

mas alta en el precio si solamente se requiere la conexión del servicio de Internet por cable.

- La mayoría de áreas rurales no tienen acceso al servicio.

### 2.1.3. Escenario Satelital

Es un medio de conexión de conmutación de paquetes que hace uso de satélites para efectuar la comunicación, es muy útil en regiones aisladas pues permite romper las barreras geográficas con su cobertura global.

Al encontrar al satélite fuera de la superficie terrestre ha permitido efectuar enlaces que le permiten soportar distintos números de aplicaciones lo que le otorga características muy favorables para otorgar servicios de acceso.

La tecnología más usada en el mercado es la tecnología *VSAT* acrónimo de *Very Small Aperture Terminals* que en castellano es Terminal de apertura muy pequeña que permiten el intercambio de información punto-punto o punto-multipunto.



Figura. 2.1. Tipo de conexión vía satélite<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fuente: <http://www.tech-faq.com/lang/es/vsat.shtml>

Las terminales *VSAT* son estaciones terrestre-satelitales pequeñas, confiables, baratas, y fáciles de instalar esto es debido a la estructura de red del sistema *VSAT* donde el elemento principal del sistema es el *HUB* o estación terrestre central encargada de organizar el tráfico entre terminales y optimizar el acceso al satélite de acuerdo a su capacidad, esto indica que toda la información que transporta la red tiene que pasar necesariamente por el *HUB* reduciendo la complejidad así complejidad y costos en terminales.

Las antenas que se montan en los terminales tienen un diámetro relativamente pequeño, típicamente entre 2.4m y 1.3m.

Para la conexión a los satélites, por lo general, se hace uso de los que se encuentran en órbitas geoestacionarias es decir orbitando sobre la línea ecuatorial a una altura de aproximadamente 36000km. de la superficie terrestre y que tienen un periodo igual al de rotación de la tierra, por lo que desde la perspectiva terrestre siempre se mantienen sobre un mismo punto. Y se hace uso de las bandas C y Ku para aplicaciones civiles.

Ahora se hace uso de protocolos *DVB-RCS*, que es el mismo que el usado para televisión digital como plataforma de soporte para el acceso, con esta tecnología se logran altas velocidades en redes densas, permitiendo la transferencia de voz, datos y video.

### **Ventajas:**

- Amplia cobertura ya que se hace uso de satélites geoestacionarios que pueden con solo 3 cubrir todo el globo terrestre.
- El servicio es independiente de la distancia.
- Se gestiona la red de manera centralizada lo que reduce la complejidad en los terminales de usuario.
- Gran disponibilidad de la red, usualmente 99.5% del tiempo.
- Enlaces asimétricos que se adaptan a los requerimientos.
- Fácil ampliación de la red por el uso de satélites se puede agregar un terminal que se encuentre dentro de su cobertura sin afectar significativamente los demás terminales.

**Inconvenientes:**

- Fuerte inversión inicial, muchas veces extremadamente elevadas comparadas con las alternativas terrestres como *ADSL* o *WiFi*.
- Toda la red depende la disponibilidad del satélite, si se pierde la conexión con el *transponder* toda la red pierde conexión aunque esto puede ser solucionado reorientado las antenas a otro satélite.
- Mayor retardo debido a las distancias entre los equipos terrestres y el *transponder*.
- Sensibilidad a incidencias atmosféricas o a interferencias provenientes del espacio o de la tierra.

**2.1.4. Tecnología Seleccionada**

Revisadas las ventajas y desventajas de cada una de las tecnologías se ha escogido realizar la red mediante *WiFi* pues otorga las mejores prestaciones al precio más accesible del mercado. *WiFi* alcanza grandes distancias mayores a las obtenidas por un sistema cableado al sortear obstáculos del terreno usando el aire como medio de transmisión, ideal en geografías como las que se encuentran en el oriente ecuatoriano, opera en bandas libres, es compatible con sistemas cableados, su hardware puede integrarse a sistemas impermeables que soporten condiciones meteorológicas adversas y el costo de equipos es menor a los costos de tecnologías de desempeño parecido como *WiMAX*, y mucho menor que *VSAT*. Por su popularidad, su mantenimiento y repuestos ante daños también son baratos, lo que aumenta la vida útil de la red.

**2.2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA REDES LAN**

*LAN* proviene del inglés *Local Area Network* que en traducción quiere decir red de área local, y como su nombre lo indica su funcionalidad principal es la interconexión entre varios equipos computacionales, o periféricos dentro de un perímetro que está limitado a una oficina, edificio, cuarto, usualmente no mayor a 200 metros lo que permite compartir

recursos, aplicaciones y datos. Este término de red local incluye tanto a hardware como software necesario para la interconexión y tratamiento de la información.

Dentro de este estudio el recurso que se desea compartir es el Internet proporcionado a cada institución entre las computadoras que se provean, para ello se presentan dos alternativas analizadas y sus ventajas e inconvenientes que pueden ser implementadas, las redes de área local usando medios guiados y las redes haciendo uso de medios no guiados o *WLAN*.

### 2.2.1. Redes LAN

Dentro de este tipo de redes que hacen uso de medios físicos guiados, existe un estándar en particular que se ha tomado el pedestal principal, el estándar Ethernet.

Ethernet es basada en tramas de datos. El nombre viene del concepto físico de *éter*. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de trama del nivel de enlace de datos del modelo *OSI* y define el acceso al medio con el protocolo *CSMA/CD*, Acceso Múltiple con Detección de portadora y Detección de colisiones.

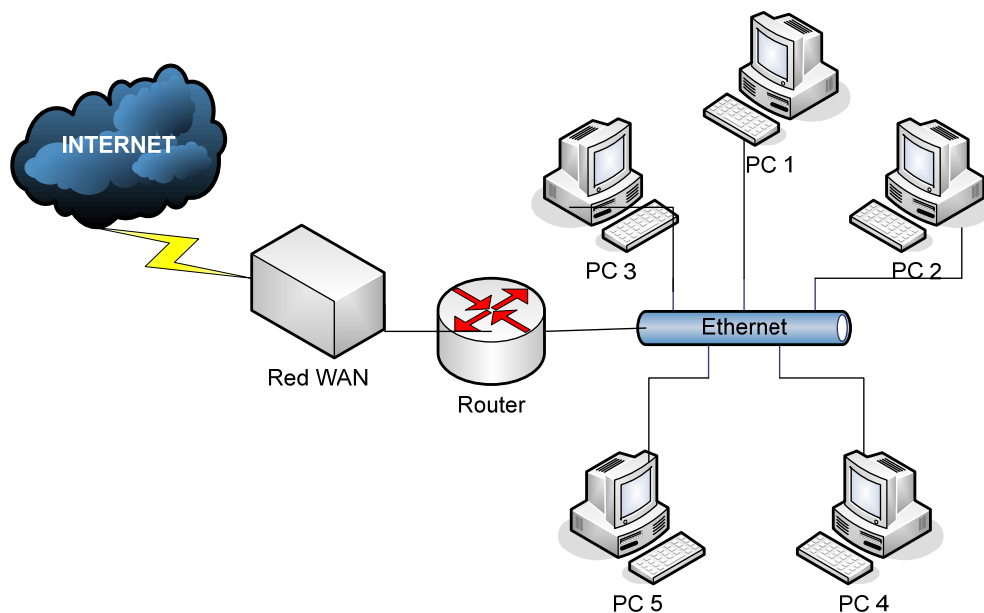
En las últimas décadas esta tecnología ha alcanzado un gran desarrollo viéndose esto reflejado en las altas velocidades de transmisión que puede alcanzar, de hasta 10Gbps, a través del uso de distintos medios de transmisión como son par trenzado, coaxial o fibra óptica.

El medio de transmisión más usado para redes *LAN* como las que se desea implementar en aulas de clase es cable *UTP*, por su costo y fácil maniobrabilidad, además del cable a utilizar una red contiene otros elementos necesarios como es la tarjeta de interfaz de red o *NIC* que viene incluida dentro de todo computadora y permite que el equipo acceda a la red, un *router* que realiza el enrutamiento de la información, este equipo realiza el enlace entre la red *LAN* y la *WAN*.

Dependiendo del *router* este tendrá entre 4 o más puertos para los equipos de la red pero si llegarán a existir equipos que sobrepasen la capacidad del *router* es necesario incluir dentro de la red un *switch* o conmutador que realice el direccionamiento de la red.



A continuación se presenta un diagrama de red LAN que contiene los elementos antes mencionados:



**Figura. 2.2. Esquema de Red LAN tipo**

#### **Ventajas:**

- Seguridad en las redes a través del empleo de servicios de autenticación lo que permite crear infraestructuras confiables.
- Velocidades de transmisión elevadas.
- Equipos de fácil acceso
- Todos los equipos computacionales tienen integrada una tarjeta de red.

#### **Inconvenientes:**

- Distancias limitadas por las características del cable, ocasionando que para sortear el inconveniente se aumenten repetidores aumentando el costo de la red
- La instalación de elementos de red es de mayor dificultad y demora que elementos de una red inalámbrica.

- Mayor sensibilidad a daños que repercuten en aumento en costos por mantenimiento.

### 2.2.2. Redes WLAN

*Wireless Local Area Network* o red de área local inalámbrica es un sistema de comunicación de datos que no usa cables, utiliza radiofrecuencia para realizar la transmisión bajo un estándar, el 802.11 o *WiFi*. Este tipo de tecnología se ha popularizado en especial en casas y oficinas por la movilidad que permite al no hacerse necesario la utilización de un medio físico guiado para llevar la información entre cada una de las máquinas y el enrutador o periféricos.

Hoy en día el mercado proporciona inclusive periféricos como impresoras que se adhieren a la red de manera inalámbrica proporcionando así mayor funcionalidad y flexibilidad para la adquisición de equipos.

A continuación se presenta un esquema de red *WLAN* que puede ser un claro ejemplo para un aula de cómputo de los centros educativos beneficiarios:

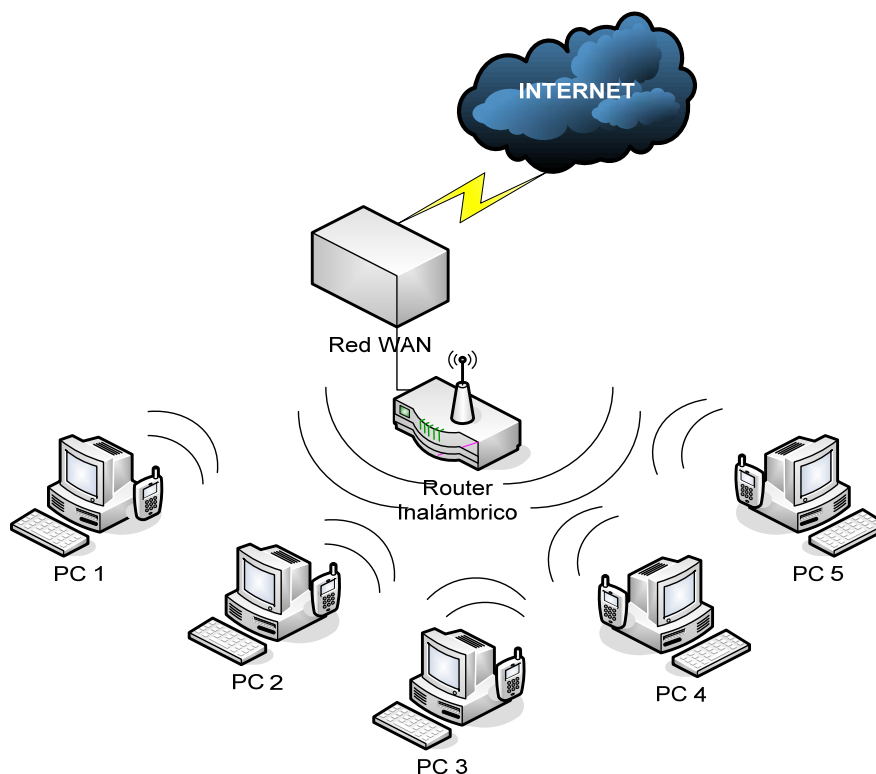


Figura. 2.3. Esquema de Red WLAN tipo

Los equipos a utilizar serán *routers* inalámbricos que en su mayoría se encuentran provistos de puertos Ethernet permitiendo el crecimiento de la red usando medios guiados o interconectando otros *routers* o *switch* a futuro en nuevas aulas.

Las tarjetas de red inalámbrica deben ser adquiridas para cada una de las computadoras de escritorio aunque esto se puede evitar mediante la adquisición de computadoras portátiles que ya la incluyen

**Ventajas:**

- Movilidad, permite la transmisión de información a cualquier lugar de la red, en todo momento, sin las limitantes del cableado.
- No existe la necesidad de romper muros o incluir canaletas reduciendo costos de instalación, y permitiendo mayor agilidad y velocidad de instalación de la red.
- Permite acceder a lugares donde no se podría llegar con cables debido a sus características para sortear obstáculos lo que le da mayor flexibilidad a la red.
- Se reducen los costos de mantenimiento y aumenta la vida útil de la red.

**Inconvenientes:**

- El máximo inconveniente es la seguridad en la red ya que cualquier persona con terminal inalámbrica puede comunicarse hacia el punto de acceso pero este problema puede solventarse implementando claves de acceso o sistemas de cifrado.
- El número de colisiones aumenta mientras mayor es la cantidad de usuarios.
- No todos los equipos incluyen tarjetas de red inalámbricas

**2.3. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

De acuerdo a la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador el espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado que requiere utilización racional, equitativa,

eficiente y económica y se refleja en un entorno radioeléctrico libre de interferencias.<sup>1</sup> El espectro radioeléctrico comprende desde los 3Hz a los  $3 \times 10^{18}$ Hz.

El estándar 802.11 o *WiFi* como se dijo anteriormente, es la tecnología seleccionada para este estudio, que puede implementarse tanto en redes externas como internas operando en las bandas no licenciadas *ICM*, en 2.4GHz y 5.8GHz, dependiendo del estándar.

Para todos los enlaces de este estudio se ha escogido la banda de 2,4GHz ya que esta banda no se encuentra difundida en estas áreas rurales y debido a que a menor frecuencia existe menor degradación de la señal causada por fenómenos medioambientales como las lluvias frecuentes en la zona oriental de nuestro bello país. Los estándares *WiFi* que trabajan en esta banda son el 802.11b y 802.11g.

El estándar 802.11b alcanza velocidades de hasta 11Mbps y realiza el acceso al medio mediante el uso de Múltiple acceso por detección de portadora *CSMA/CD*. La transmisión de datos se realiza mediante *Spread Spectrum* o técnicas de espectro ensanchado basada en *DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)*, técnica en la cual la señal a transmitirse es esparcida a lo largo de una banda muy ancha de frecuencias agregando bits a la secuencia original, más 802.11b introduce *CCK*<sup>2</sup> que define una secuencia para el número uno (1) y su complemento para el número cero (0).

802.11g es la evolución del estándar 802.11b, Alcanza velocidades de hasta 54Mbps, haciendo uso de modulación *OFDM*<sup>3</sup> y opera de manera similar a su predecesor, manteniendo su compatibilidad con el mismo.

Dentro de la banda de 2.4GHz a 2.5GHz donde trabajan los estándares b y g de *WiFi* se encuentran definidos 14 canales de operación utilizables de acuerdo a las necesidades particulares del usuario, los canales están separados por 5MHz.

Ya que el ancho de banda, 22MHz, es superior a la separación, ocasiona que estos canales no sean completamente independientes entre si y canales contiguos se superponen

---

<sup>1</sup> Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones

<sup>2</sup> Complementary Code Keying

<sup>3</sup> Modulación por Frecuencia Ortogonal

y se producen interferencias, por lo que se usan al menos 5 canales de separación para evitarlas. Generalmente se usan los canales 1, 6 y 11.

A continuación se muestra en la tabla 2.3 los canales definidos para WiFi en la banda de 2.4 GHz y las frecuencias centrales de los mismos:

**Tabla. 2.3. Canalización para WiFi en la banda 2.4GHz.**

<b>Canal</b>	<b>Frecuencia (MHz)</b>
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442
8	2447
9	2452
10	2457
11	2462
12	2467
13	2472
14	2484

A pesar de mantener compatibilidad entre los estándares b y g se recomienda el uso del primero ya que se tiene una reducción significativa en la velocidad de transmisión si a redes implementadas con estándar 802.11g se introduce un nodo 802.11b y las velocidades de transmisión del estándar b son más que suficientes para suplir las necesidades de las redes de este estudio y su futuro crecimiento.

## 2.4. PÉRDIDAS Y GANANCIAS DE UN ENLACE

Con el objetivo de mantener una correcta fiabilidad de un radioenlace, se tiene que evaluar las pérdidas que sufre el mismo ya que toda señal es susceptible a debilitamientos de energía. Estas pérdidas se dan en el medio de propagación y en los equipos mismos usados para hacer efectivo el enlace como cables, conectores, filtros entre otros y lo que se pretende es calcular el valor de las pérdidas y la ganancia necesaria para superarlas, aunque se debe enfatizar que estos cálculos nos darán resultados teóricos que deberán ser comprobados durante la implementación de la red de comunicaciones ya que estos se encuentran sometidos a variaciones en los datos pues también se tendrá influencia de factores que no pueden ser contemplados dentro del análisis como el apuntalamiento de la antena, interferencias no previstas, etc.

### 2.4.1. Pérdidas en un Radioenlace

#### **Desvanecimiento**

Para el tipo de radioenlaces realizados con frecuencias superiores a 3MHz como el realizado en este estudio a 2.4GHz se toma en cuenta que la mayor cantidad de pérdidas en el medio de transmisión que es el espacio libre son causadas debido a los desvanecimientos.

Desvanecimiento es la pérdida en la intensidad de la señal en el punto de recepción durante un período de tiempo con respecto a la potencia de umbral que es la potencia de recepción dada por el fabricante y es la mínima potencia que puede recibir un equipo.

Se tiene básicamente 4 tipos de desvanecimientos, el rápido, lento, plano y selectivo. Para el caso de las radiobases los que tienen mayor incidencia son los desvanecimientos planos que se dan cuando todas las frecuencias tienen el mismo valor de desvanecimiento y los selectivos cuando a cada frecuencia se tiene distinto desvanecimiento.

#### **Margen de Desvanecimiento**

El margen de desvanecimiento no es más que la diferencia entre la potencia que se está receptando y el umbral de recepción marcado en el equipo. Es considerado dentro del

cálculo como un factor de compensación para superar las pérdidas producidas en las peores condiciones.

### Pérdidas en el espacio libre

Pérdidas de propagación propias del medio de transmisión que es el espacio libre, calculadas solamente en función de la distancia entre los puntos de enlace y la frecuencias de funcionamiento sin tomar en cuenta los obstáculos, solo línea de vista directa entre las antenas, ni se incluyen las pérdidas adicionales que se presenten como las causadas por lluvia o niebla, absorción atmosférica entre otras.

### Zona de Fresnel

Además que preferentemente se debe tener una línea de vista sin obstrucciones entre las antenas del enlace se puede asegurar un despeje en la primera zona de Fresnel. Las Zonas de Fresnel son un área teórica que envuelve la línea imaginaria que une las antenas de enlace y que se encuentran definidas por todas las trayectorias posibles entre dos puntos donde la distancia es igual o menor a la distancia entre los puntos más  $n$ -veces la mitad de

la longitud de onda de la señal  $d + n \frac{\lambda}{2}$ , donde  $n$  definirá el número de la zona, pero la zona más influyente en radiocomunicaciones es la primera.

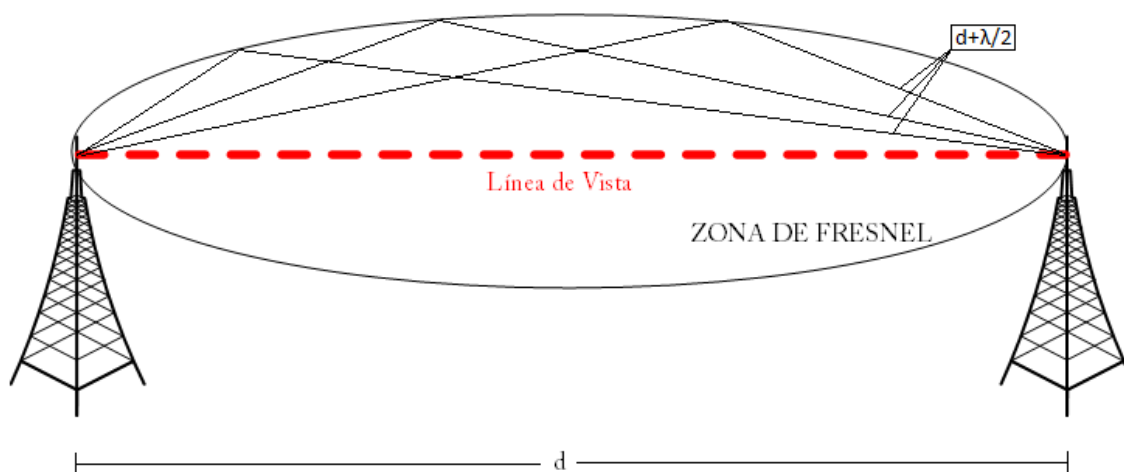


Figura. 2.4. Primera Zona de Fresnel

Todo objeto que se encuentra dentro de la primera zona de Fresnel o que ingresa a ella produce mermas en la señal debido a las reflexiones fuera de fase por lo que es recomendable tener un porcentaje mayor al 60% de la primera zona de Fresnel libre, para superar las pérdidas que puedan ocasionarse por la cancelación de la señal.

### **Pérdidas por Reflexiones**

Todo objeto que se pone en el trayecto de una señal de propagación produce un reflejo de ella, por el rebote del haz en el objeto, pero no toda la señal que choca es reflejada, parte de ella es absorbida y la cantidad de energía asimilada depende del material del objeto con el cual ha chocado el haz de acuerdo a su índice de refracción. Esta energía se transmite como calor al ambiente y se traduce como una pérdida dentro de la transmisión.

### **Pérdidas por Múltiples Trayectorias**

De acuerdo al teorema de Huygens todo punto del frente de ondas irradia otro frente de ondas, por lo que una onda transmitida por el sistema de comunicación puede llegar a su destino a través de múltiples caminos distintos, muchos de ellos se cancelaran al sumarse con la onda original provocando una pérdida en sus características.

### **Pérdidas por Absorción Atmosférica**

Cada una de las variaciones climáticas produce efectos que pueden causar pérdidas en los enlaces, estas son dependientes de la temperatura, humedad y presión, están reguladas de acuerdo a las recomendaciones de la ITU<sup>1</sup>, y de acuerdo a estas recomendaciones se pueden obtener sus valores correspondientes de pérdidas para realizar el cálculo con respecto a los niveles de cada una de las variables medidas en el ambiente.

---

<sup>1</sup> Unión Internacional de Telecomunicaciones



### **Pérdidas por Lluvia**

El agua es considerada como un medio dieléctrico con pérdidas, por lo que la lluvia ocasiona que toda señal que se propague sobre este medio sufra una atenuación debido a la absorción de potencia del mismo, además que toda gota de lluvia que es atravesada provoca una dispersión de energía del haz transmitido.

La atenuación por lluvia se encuentra sobre los 1dB/km que puede resultar significativo en el sistema por lo que se debe mejorar la potencia de antenas con la que se transmite el mensaje de datos.

### **Pérdidas por Niebla**

La niebla es básicamente vapor de agua por lo que su estructura está constituida de gotas de agua que se encuentran suspendidas y con radios pequeños de entre 0,01mm a 0,05mm.

La atenuación producida por la niebla se vuelve considerable en transmisiones con frecuencias superiores a los 100GHz y con niebla densa por lo que para el caso de este estudio con frecuencias en el rango de los 2,4GHz, esta atenuación se verá compensada con un buen margen de desvanecimientos.

### **Pérdidas por Vegetación**

Como se menciono anteriormente todo objeto que produzca una obstrucción va a generar una pérdida y en este caso es muy importante considerar las causadas por la vegetación ya que esta se encuentra con mayor frecuencia en zonas rurales y esto afecta la confiabilidad del sistema.

La altura de árboles y arbustos debe ser sorteada mediante la elevación de las antenas y evitando el efecto de la vegetación que el choque de las ondas sobre ella genera una dispersión de múltiples ondas pequeñas y su adhesión puede ser considerada como una pérdida por múltiples trayectorias.

## 2.4.2. Ganancias en un Radioenlace

### Ganancias de las Antenas

Definida como una relación de potencias, entre la potencia radiada y la potencia entregada a la antena.

Se puede expresar en dBi o decibelios isotrópicos que es una relación de la ganancia de potencia y una antena isotrópica que es aquella que irradia energía en todas direcciones. En muchos casos se expresa en dBd, que es nada más es la correspondencia con una antena dipolo.

### Potencia de salida del Transmisor

Es aquella potencia directamente medida a la salida del transmisor sin tomar en cuenta el paso por todos los elementos alimentadores como filtros, circuladores, cables, etc.

### Ganancia del Sistema

Está definida como la diferencia de potencias entre la potencia de salida del transmisor y el requerimiento mínimo de potencia que debe tener el receptor. Esta debe cumplir la condición de ser mayor o igual la suma de todas las pérdidas y ganancias del sistema.

### Confiabilidad del Sistema

Se refiere al porcentaje de tiempo en que un sistema se encuentra activo, es decir operando con normalidad. También puede expresarse como el tiempo que se encuentre fuera de servicio restando del 100% el porcentaje que el sistema está en operación.

## 2.5. SEGURIDAD EN LAS REDES

Con el crecimiento de las redes de Internet ha aumentado el crecimiento de las amenazas que afectan la privacidad de la información del usuario y se ha proliferado en la

web las páginas con contenido explícito, por lo que se hace necesario el implementar medidas de seguridad en las redes de telecomunicaciones.

La planificación de la seguridad en el diseño de la red es de suma importancia pues esto permite un buen desempeño de la red y nos ayuda a evitar posibles inconvenientes, pérdida de datos y posibles daños de la red.

Algunas de las aplicaciones que ayudan a implementar seguridad en la red pueden ser implementadas en los equipos usados además que se le puede añadir un servidor que contenga protocolos y software de seguridad y de gestión de red.

A la par de implementar medios o equipos que aseguren la red se tiene que mantener un control del uso de ancho de banda para que el desempeño de la red sea equitativo con todas las instituciones beneficiarias.

Lo primero para comenzar con las políticas de seguridad es colocar en cada computadora de los centros educativos beneficiarios un antivirus, existe gran cantidad en el mercado y muchos vienen pre instalados con el software cargado en el equipo computacional al comprarlo.

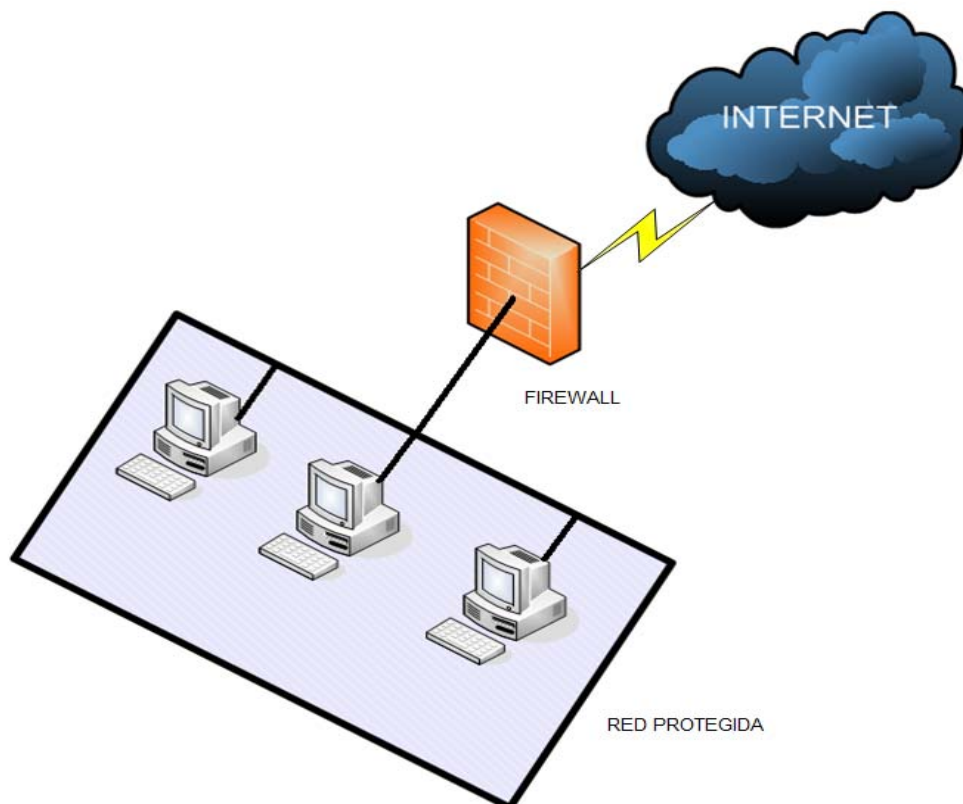
Los antivirus al ejecutarse exploran el sistema para mantenerlo libre de software mal intencionado como virus, gusanos, troyanos, etc. Generalmente realizan su actualización automáticamente y es mejor mantener actualizada la base de datos de virus para poder así mejorar la protección del equipo de las amenazas más recientes.

Ahora además de tener listos los antivirus es recomendable implementar un servidor de seguridad, estos se encargan de examinar los datos que circulan por la red y descartar los que no cumplan ciertas características definidas por el administrador, como la de restringir el acceso a páginas con contenido pornográfico, entre las utilidades que permiten prevenir violaciones de seguridad a la red se tiene:

### **2.5.1. Firewall**

Mecanismo que permite la comunicación segura entre redes, en este caso la red de Internet y la red de telecomunicaciones, permitiendo o denegando el paso de la información de acuerdo a las políticas de seguridad.

Un *firewall* funciona básicamente como un filtro, se coloca de manera que toda la información que debe ingresar a la red privada desde Internet debe pasar necesariamente por este, además que también se controla la información saliente, con esto se logra controlar el tráfico y también definir que aplicaciones de Internet que usa la red son permitidas.



**Figura. 2.5 Representación de Red Protegida por Firewall**

Permite definir un *choke point* o embudo para mantener al margen los usuarios que no se encuentren autorizados como espías fuera de la red y los servidores de Internet potencialmente dañinos prohibiendo la entrada o salida de distintos servicios protegiendo a la red de distintos ataques.

Proporciona una gran ventaja que es la simplificar los trabajos de administración al centralizar un punto donde se puede monitorear la seguridad de la red y que ante un ataque o evento problemático se generará una alarma que alerte al administrador del hecho. Además posibilita el llevar un registro de accesos.

La principal limitación que se tiene es que el *firewall* no es efectivo ante ataques efectuados en el tráfico que no pasa a través de su punto de monitoreo, es decir que si un

usuario de la red realiza por ejemplo una conexión dial-up hacia el Internet esta no puede ser fielmente asegurada debido a que se encuentra fuera de las restricciones del equipo.

Otra deficiencia es causada por virus inyectados hacia las computadoras a través de memorias flash, discos o cualquier tipo de dispositivo externo pero estas amenazas se ven controladas por los antivirus previamente instalados.

### **Políticas de Firewall**

El *firewall* para su configuración maneja dos políticas básicas.

- **Restriictiva:** Define la restricción de todo el tráfico excepto aquel que explícitamente sea escogido, es decir que se debe habilitar el servicio que se desee, Esta política limita mucho el uso de servicios.
- **Permisiva:** Define el permiso de acceso a todo el tráfico y cada amenaza será aislada caso por caso, es decir que se restringen uno a uno los servicios no deseados.

Para edificar un sistema *firewall* puede usarse uno o más de los siguientes elementos considerados como obstáculos para las distintas amenazas:

- *Router* con filtrado de paquetes.
- *Gateway* a nivel de circuito.
- *Gateway* a nivel de aplicación.

### **Router con filtrado de paquetes**

Éste es un elemento físico que toma decisiones con respecto a rehusar o permitir los paquetes que ingresan a la red privada mediante una revisión de la información de encabezado de los datagramas que identifican al paquete, información como dirección IP de origen y destino, puerto de origen o de destino, entre otros, si esta es determinada como correcta, pasa el paquete caso contrario es descartado

La implementación de este obstáculo es barata pero la configuración de las condiciones para ingresar o denegar un paquete se hace largo y tedioso.

### **Gateway a nivel de circuito**

A semeja a la función de un cable al simplemente transmitir las conexiones TCP sin realizar el proceso de filtrado de paquetes, es decir sin examinar adicionalmente los datagramas para las conexiones, pero en su función está la de copiar los bytes antes y después entre las conexiones de la red interna y la externa para que la conexión externa actúe como si fuera originada por el sistema firewall encubriendo la información sobre la protección de la red.

Este elemento puede ser perfeccionado en un *Gateway* a nivel de aplicación permitiendo que los usuarios accedan directamente a los servicios de Internet y protegiendo la red de ataques.

### **Gateway a nivel de aplicación**

*Gateway* a nivel de aplicación o también llamado servidor *Proxy* se define como un intermediario entre el equipo del usuario y el Internet, haciendo la intercepción de las conexiones entre el usuario dentro de la red privada y un servidor de destino.

Realiza el bloqueo de direcciones *Web* definidas por el administrador de la red que sean consideradas de contenido dañino para la red u ofensivo para el usuario.

Mejoran el rendimiento de la red al guardar en la memoria caché las páginas Web a las que acceden los usuarios con mayor frecuencia y cuando estas son solicitadas nuevamente por un equipo el servidor *Proxy* hace uso de la información guardada en lugar de volver a solicitarla a un servidor liberando también la carga hacia el Internet.

## **2.5.2. Autenticación**

La autenticación es la manera más usada para mantener la seguridad en la red y ya que por su naturaleza las redes inalámbricas, cualquiera en teoría que se encuentre dentro del alcance de la red puede tener acceso a ella se puede implementar.

## WEP

Sistema de cifrado cuyas siglas significan *Wired Equivalent Privacy* o Privacidad Equivalente a Cableado que se encuentra incluido dentro del estándar IEEE 802.11.

*WEP* puede realizar la autenticación mediante dos métodos, el sistema abierto donde el usuario no se identifica en el punto de acceso pero debe tener las claves correctas para acceder a los paquetes, y el segundo método es a través de clave compartida, donde el usuario pide autenticación al punto de acceso y este compara las claves para dar una confirmación o denegar la solicitud; pero este método no es muy seguro ya que se pueden interceptar las claves y descifrarlas, aunque ninguno de las dos maneras de autenticación *WEP* ofrecen una seguridad completa.

## WAP

Es el acrónimo de *WiFi Protected Access* o Acceso *WiFi* Protegido, es considerada la corrección de las deficiencias del sistema previo *WEP*. Depende de protocolos de autenticación e implementa TKIP (Protocolo de Integridad de Clave Temporal) un algoritmo de cifrado cerrado que genera claves aleatorias que pueden alterarse varias veces por segundo haciendo uso de un servidor de autenticación donde se encuentran almacenadas las identificaciones de usuario y contraseñas.

También permite implementar otro tipo de autenticación mediante un método menos seguro usando claves pre-compartidas o PSK (*Pre-Shared Key*) de la misma manera que *WEP* con la diferencia que fortalecido.

### 2.5.3. Administración de Ancho de Banda

Mediante los servidores de seguridad también se puede implementar sistemas que permitan administrar la cantidad de ancho de banda que usa la red y cada uno de los usuarios, logrando que equipos que tienen diferentes ubicaciones y prioridades accedan a velocidades correctas optimizando el rendimiento de la red y agilizando el trabajo.

Los problemas de los administradores son del todo conocidos: la proliferación de los servicios P2P para descarga de archivos multimedia, el uso y abuso del correo electrónico (envío de clips de video o imágenes de alta resolución) y otros muchos usos que se reflejan

en el desempeño de la red y conexión a Internet. De ahí surge la necesidad de regular esta tarea.

Se recomienda que de acuerdo a las nuevas políticas gubernamentales es preferible que los equipos que harán parte del sistema de seguridad y administración de red sean implementados en software de difusión libre, como es el sistema operativo LINUX, que además es distinguido y reconocido por su estabilidad y seguridad.

Los servidores Linux manejan un término denominado *QoS* (Quality of Service) mediante el cual realizaremos un control del tráfico tanto saliente, como entrante de nuestra red. Con ello se logra reservar un cierto ancho de banda para determinados servicios que así lo requieran.

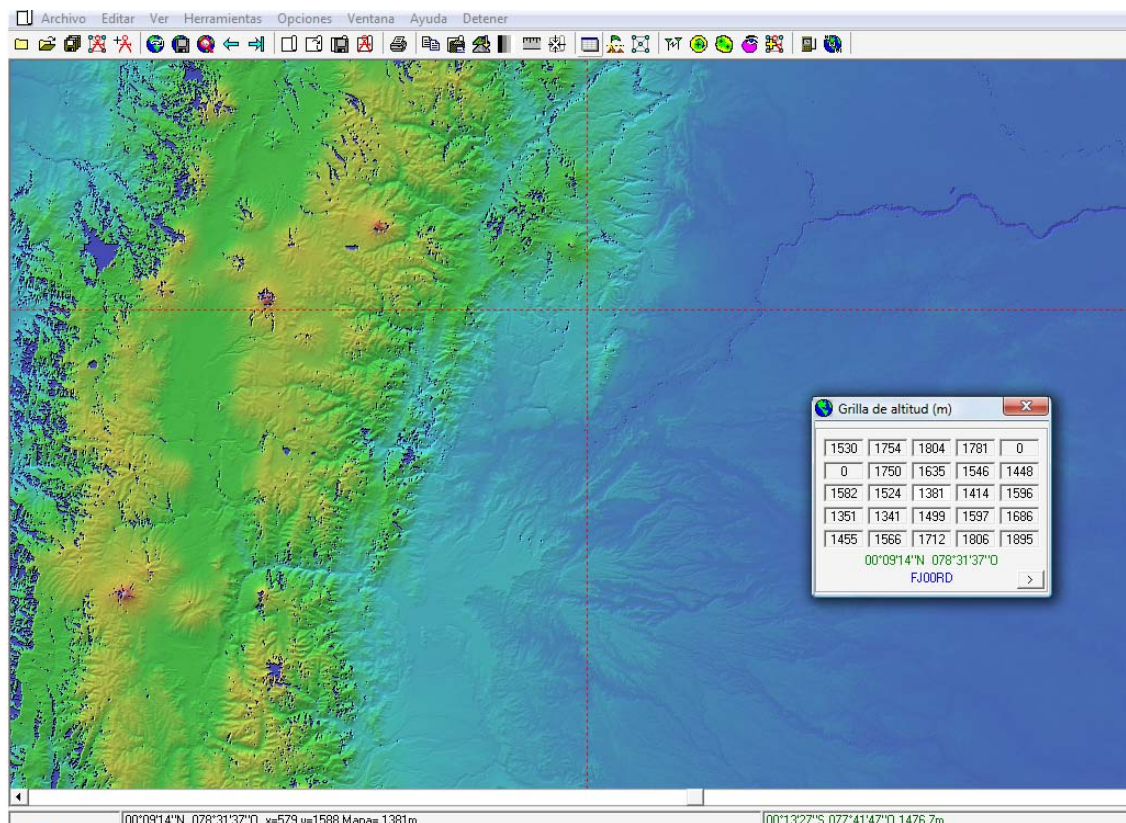
También se define en el servidor o programa escogido en Linux las prioridades, esta tarea se realiza mediante la utilización de políticas en las que se definen las prioridades de los diversos servicios, mediante las cuales se logrará optimizar y hacer más eficiente el consumo del ancho de banda, recurso limitado y costoso.

Al final lo único que se debe hacer es definir los anchos de banda de bajada y subida de los o el que se dará a cada una de las redes LAN, así como el interfaz de red en la que se tiene conectado el *router* de cada una de estas redes.

## **2.6. HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN**

Se designó como software para la simulación de los enlaces un software libre llamado Radio Mobile, que permite un gran acercamiento a la realidad de las simulaciones para propagaciones en el espacio libre al incorporar herramientas que combinan perfiles geográficos con las opciones de ingresar parámetros relacionados a los equipos a usarse como potencia, sensibilidades, pérdidas, etc.





**Figura. 2.6. Ventana de Radio Mobile con mapas SRTM**

Este software fue escrito en Visual Basic por Roger Coudé y diseñado en principio para aplicaciones de radio aficionado, pero gracias a sus grandes prestaciones hoy se ha convertido en una de las herramientas más fuertes para el diseño de redes de comunicaciones de manera sencilla.

Radio Mobile implementa el modelo de propagación de Longley-Rice o modelo del terreno irregular ITM, el más adecuado para propagaciones en el espacio libre, que le permite trabajar en frecuencias entre los 20 MHz y los 40 GHz y longitudes de trayectoria de hasta 2000km perfecto para simulaciones de redes WLAN y WWAN y topologías de red máster/esclavo, punto-punto, o punto-multipunto.

Este programa realiza la evaluación de los enlaces, mediante los perfiles geográficos de trabajo. Hace uso de mapas digitales de una extensa base de datos de elevaciones en 3 tipos de mapas, los SRTM, GTOPO30 y DTED para determinar la existencia de línea de vista entre dos puntos, área de cobertura, además de las potencias recibidas.

Latinoamérica está bien documentada en los mapas SRTM con resolución de imágenes de radar de 30-90 m y muestreada a 3 arco segundos por ello son usados en la simulación de este estudio.

Todos los mapas y el programa pueden descargarse fácilmente del Internet en la página de Radio Mobile <http://www.cplus.org/rmw/> donde se le direcciona a enlaces para descargarse el paquete completo de software que es compatible con Windows 95, 98, ME, NT, 2000, XP y Vista.

La instalación del software es sencilla y su guía detallada y clara lo que no hace necesario explicar este paso con mayor extensión en este documento.

Además se recomienda descargar y leer un manual en español del uso de Radio Mobile y todas sus funcionalidades el cual es posible encontrarlo en formato pdf en:

- [www.tsc.urjc.es/docencia/RadiocomunicMoviles/archivos\\_0708/ManualRadioMobile\\_0708.pdf](http://www.tsc.urjc.es/docencia/RadiocomunicMoviles/archivos_0708/ManualRadioMobile_0708.pdf)

### **2.6.1. Simulación**

Para realizar la simulación en Radio Mobile además de los mapas SRTM que fueron explicados se requiere la siguiente información:

- Coordenadas geográficas de todos los centros beneficiarios de la red de telecomunicaciones y de cada uno de los puntos de acceso como repetidores o antenas.
- Todas las especificaciones técnicas de equipos que se han planificado usarse en la red.

### **2.6.2. Propiedades de las Unidades**

Para ingresar los nombres de los centros beneficiarios y los puntos donde se colocarán repetidores o antenas con sus respectivas coordenadas geográficas vamos a *Archivo-Propiedades de las unidades*, en ese momento aparece un recuadro como el de la Figura ... en el recuadro que se encuentra debajo de la palabra *Nombre* colocamos el

nombre de la unidad o le asignamos un nombre al repetidor, y para ingresar las coordenadas damos un clic en *Ingresar LAT LON o QRA* y en el recuadro que aparece con nombre *Coordenadas WGS* ingresamos las coordenadas WGS como se puede ver en la también en la Figura 13.2

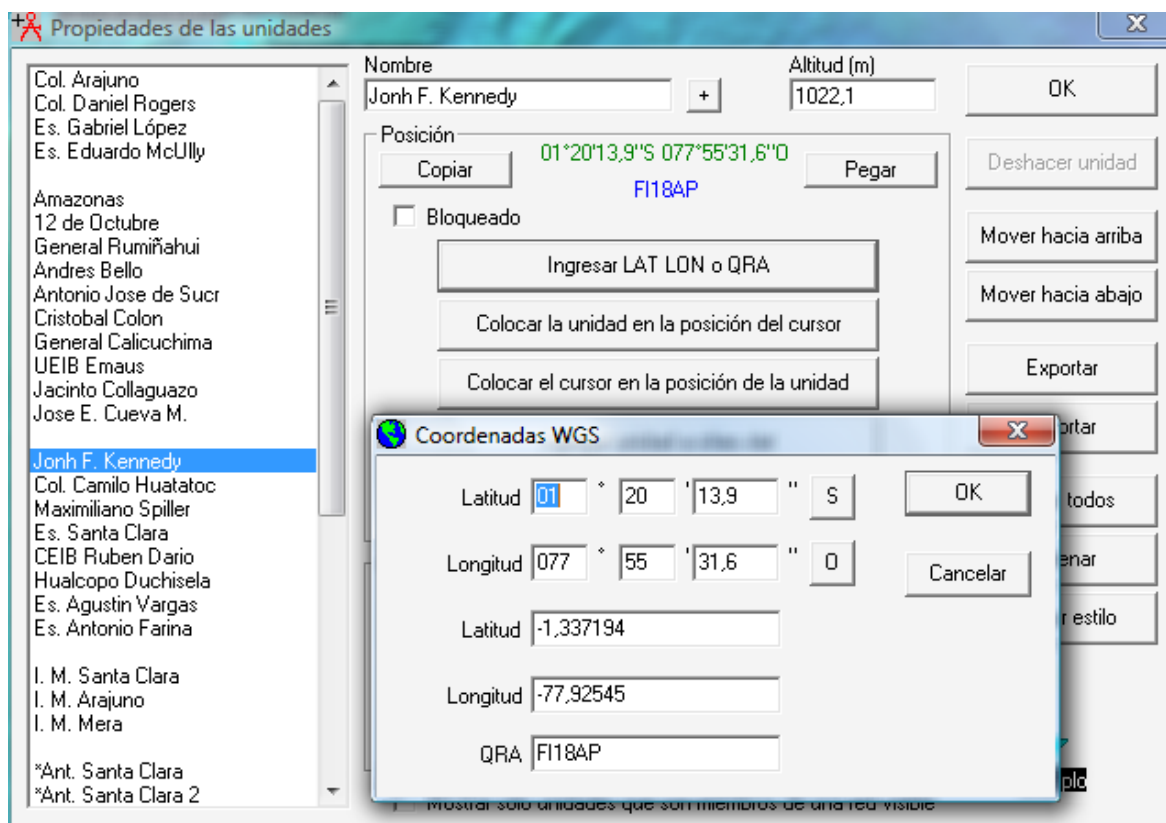
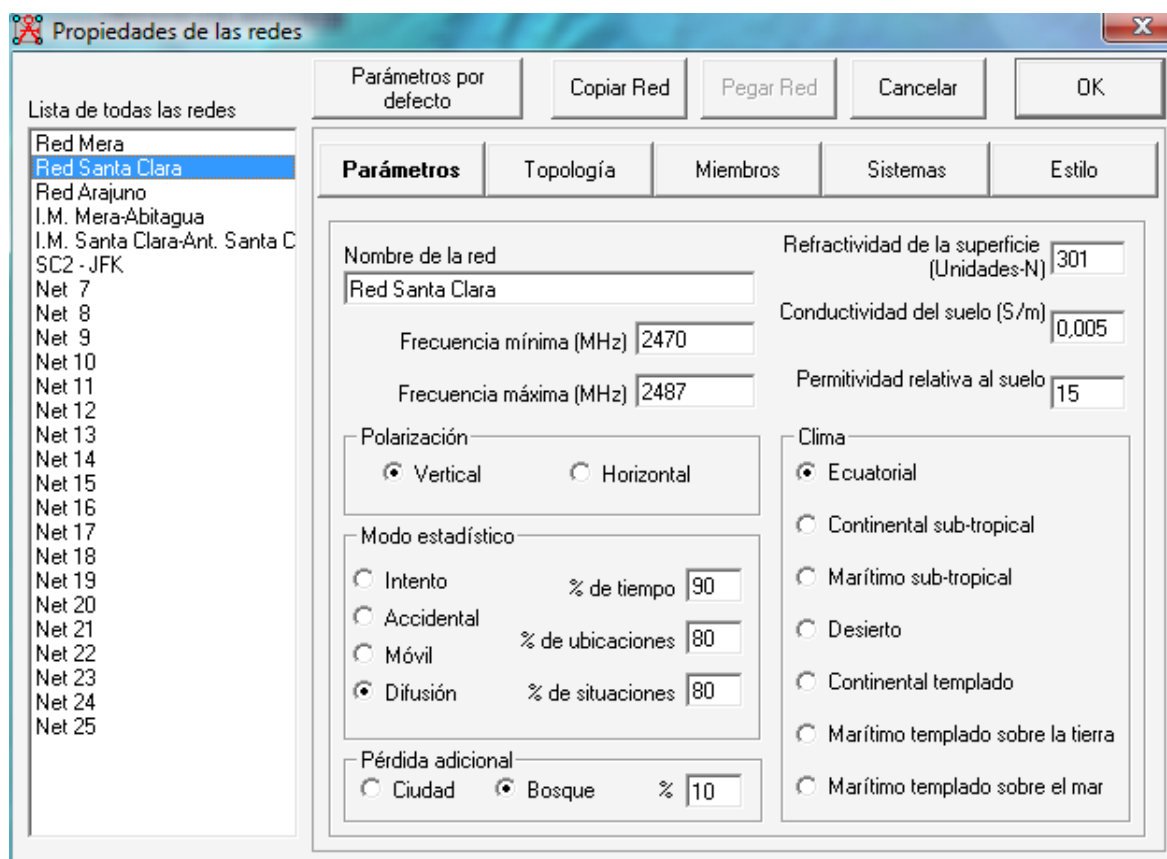


Figura. 2.7. Propiedades de las unidades

### 2.6.3. Propiedades de las Redes

Dentro de las Propiedades de las Redes encontramos distintas pestañas dentro de las cuales podemos establecer las condiciones dentro de las cuales va a operar la red de telecomunicaciones como son, condiciones climáticas, de equipamiento, topología, entre otras.

Para ingresar a las Propiedades de las redes damos clic en *Archivo-Propiedades de redes*, y en ese momento aparece una ventana como la mostrada en la Figura 13.3



**Figura. 2.8. Propiedades de las redes/Parámetros**

#### 2.6.4. Parámetros

Dentro de la primera pestaña, *Parámetros*, configuramos los datos de frecuencias mínimas y máximas de trabajo, tipo de polarización y pérdidas.

El Modo estadístico permite establecer los valores del porcentaje de tiempo, de ubicaciones, y de situaciones de los enlaces lo que hará aumentar las pérdidas en cada una de las opciones Intento, Accidental, Móvil y Difusión, además de poder agregar pérdidas adicionales por vegetación (*Bosque*) o de ciudad.

Para otorgar una mayor precisión se pueden simular las redes configurando los parámetros de refractividad de la superficie, conductividad del suelo y permitividad relativa al suelo.

### 2.6.5. Topología

Dentro de la pestaña de *Topología* seleccionamos de qué manera serán enlazadas las unidades de red que estamos utilizando, las opciones que nos presenta Radio Mobile son:

- Red de Voz (Controlador/Subordinado/Repetidor)
- Red de datos, Topología estrella (Máster/Esclavo)
- Red de datos, clúster (Nodo/Terminal)

Las topologías que se ajustan de manera más adecuada para el diseño de las redes de este proyecto son la topología clúster para las redes de transporte donde se tienen terminales de red y la topología en estrella para las redes de acceso donde se tiene una estación central y varias estaciones esclavas.

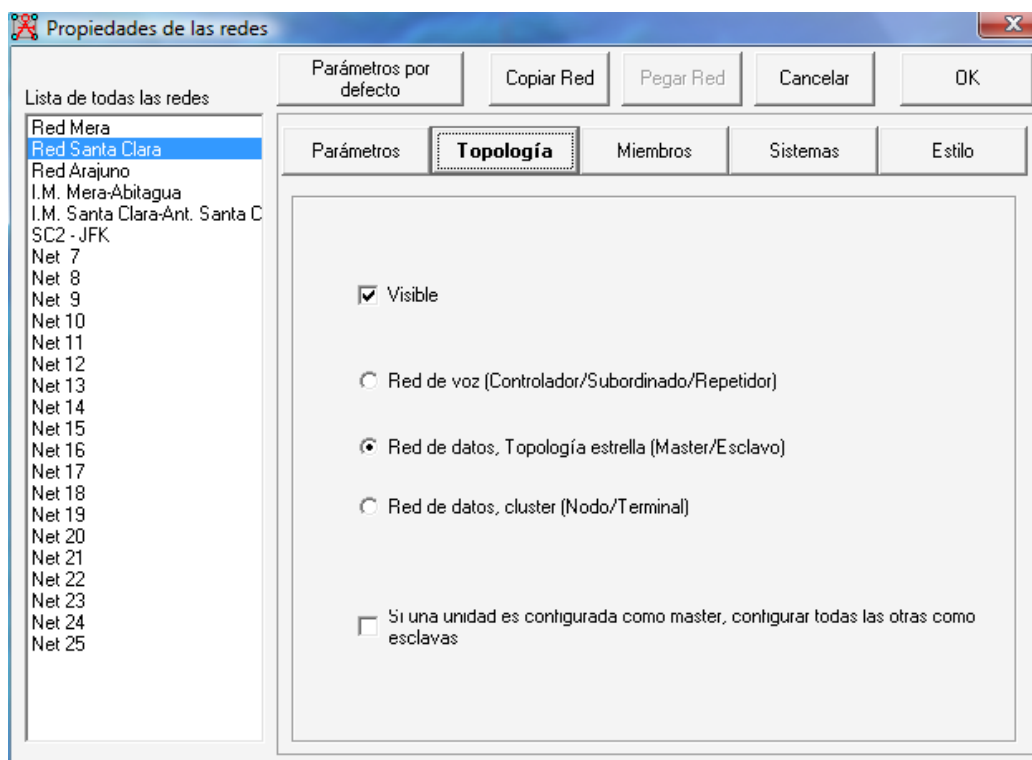


Figura. 2.9. Propiedades de las redes/Topología

### 2.6.6. Sistema

La pestaña de *Sistema* es en la cual se pueden establecer las características de los equipos a utilizarse como son el tipo de antena a utilizarse, sea yagi, omnidireccional, cardio equivalente a una sectorial de 120°, la potencia del transmisor, el umbral de recepción, pérdida de línea, propias del equipo, ganancia y altura de la antena, y pérdida adicional del cable como se muestra en la Figura 13.5

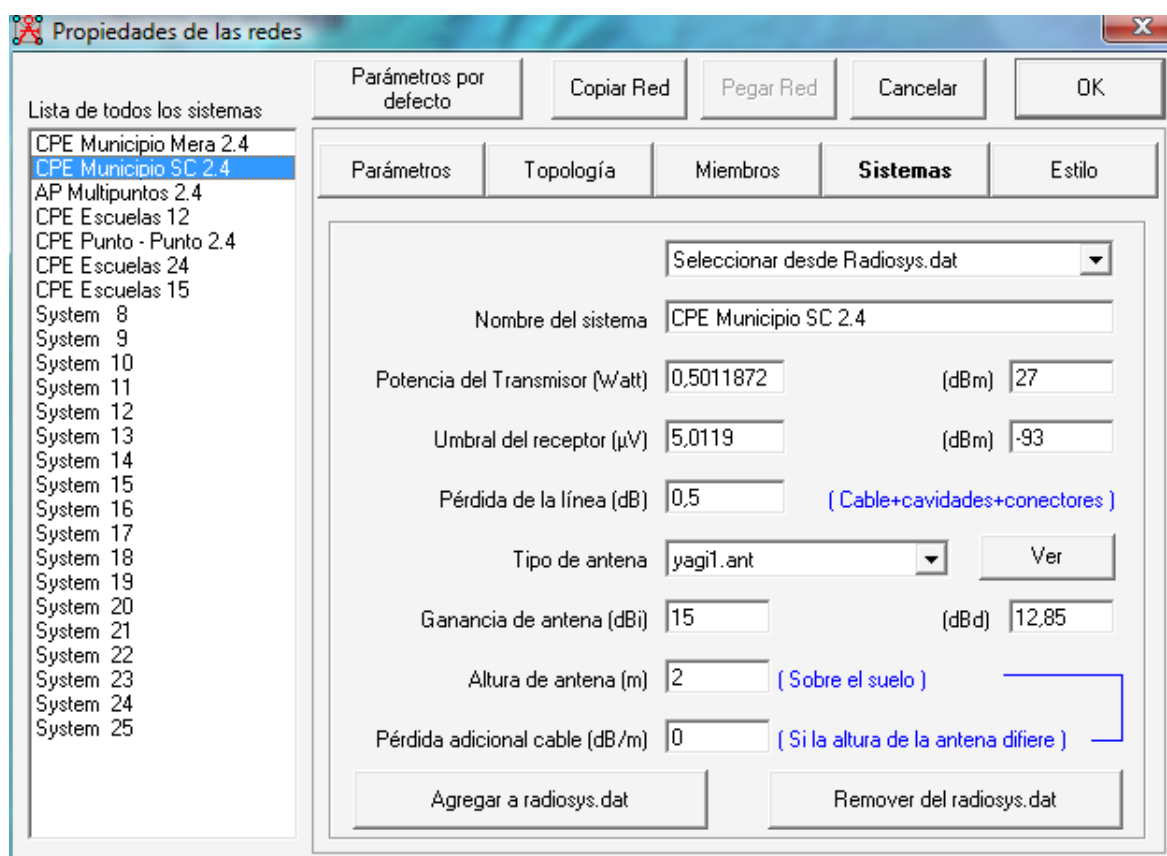


Figura. 2.10. Propiedades de las redes/Sistemas

### 2.6.7. Miembros

En esta pestaña como su nombre lo indica se escogen los miembros que forman parte de la red, y se configuran además en cada uno su rol a desempeñar dentro de la red dependiendo de la topología, en la Figura 13.6 para la red de acceso Santa Clara con topología estrella, se configuró a la antena Santa Clara como Máster y las demás unidades como esclavos.

Cada uno de los miembros tiene establecido el sistema a usarse, altura de la antena, y el azimut de la misma es decir la dirección hacia donde apunta la antena.

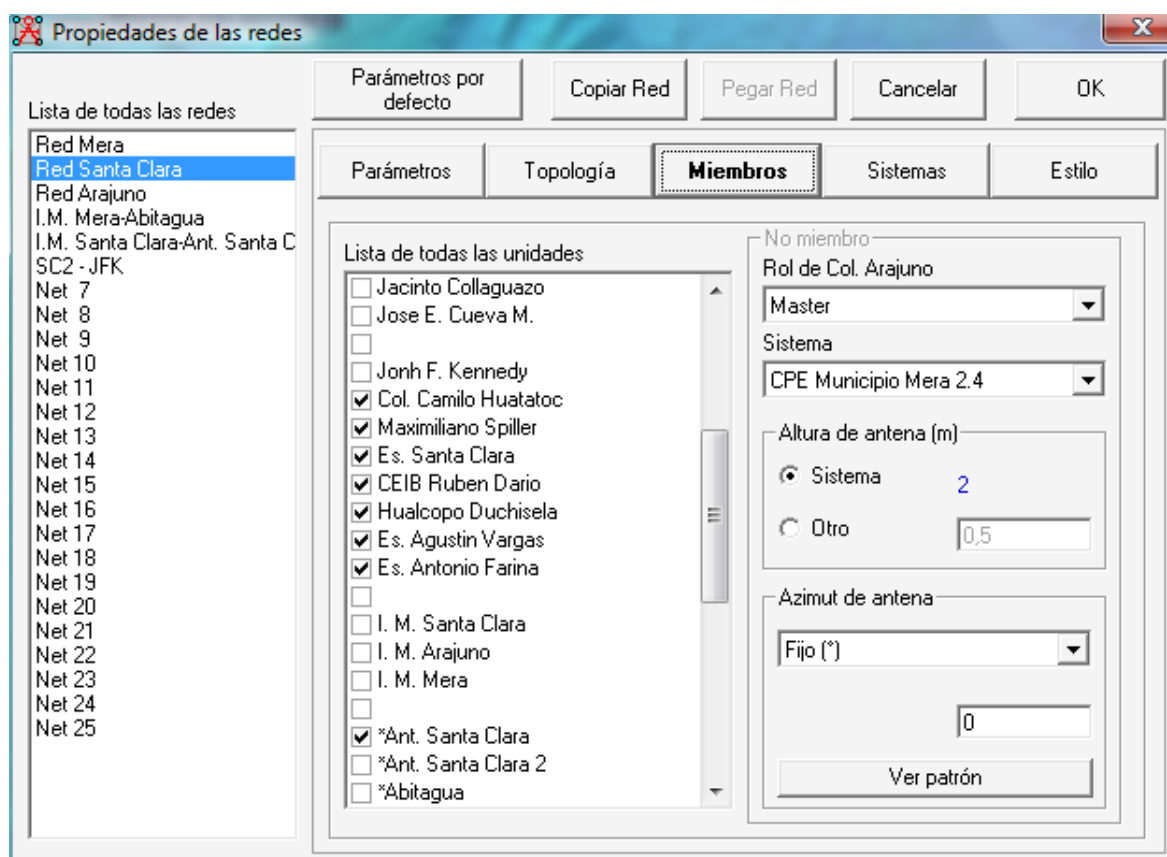


Figura. 2.11. Propiedades de las redes/Miembros

### 2.6.8. Estilo

En la pestaña de *Estilo* se realiza la configuración para determinar de una manera más gráfica si el enlace es óptimo, es decir si se requiere que los enlaces tengan un margen de desvanecimiento de 3dB para su adecuada disponibilidad entonces se configura este valor para que los enlaces con esta característica se pinten con una línea de color verde, si se requiere en este caso que el enlace tenga un punto intermedio de -3dB, se configura para que se dibuje una línea amarilla a los enlaces en donde el margen de desvanecimiento se encuentre entre 3dB y -3dB, y una línea roja para los enlaces que no cumplen estas condiciones, además es posible establecer el modo de propagación normal o con interferencia.

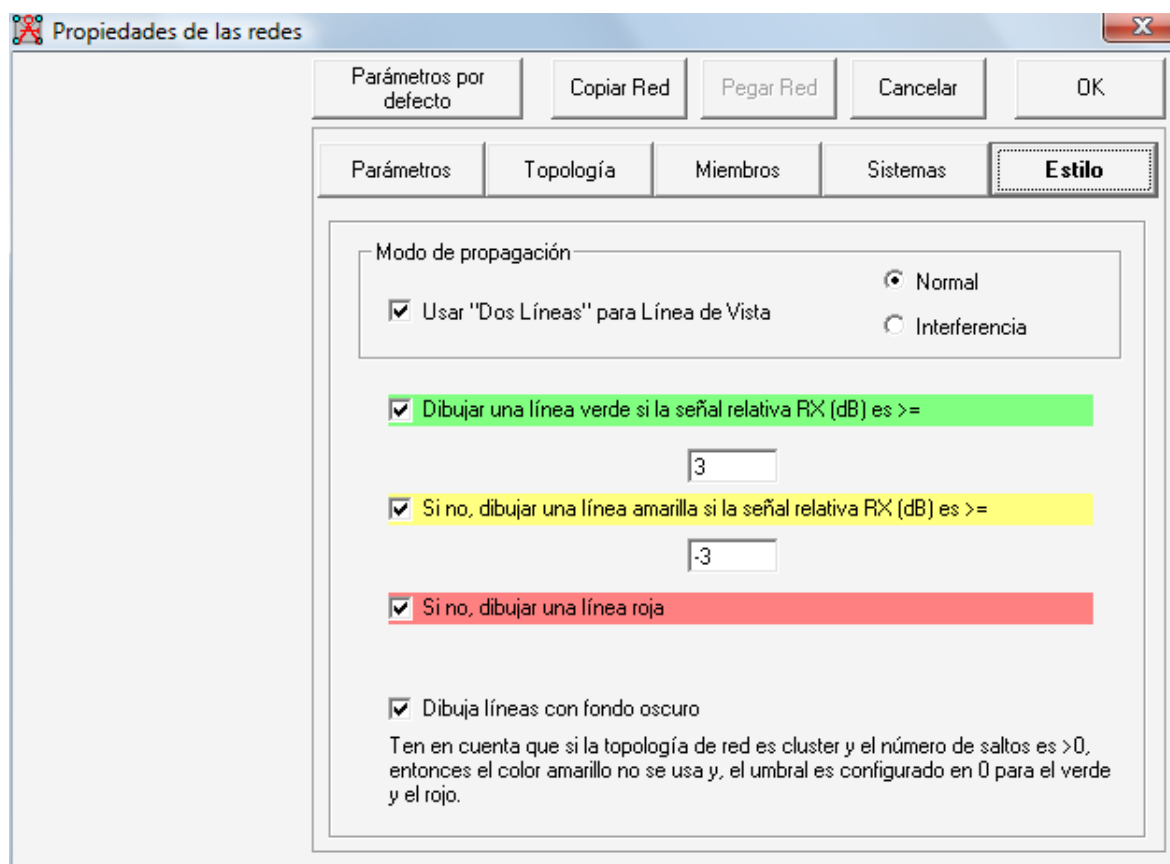


Figura. 2.12 Propiedades del Estilo

### 2.6.9. Enlace de Radio

Terminado de establecer todos los parámetros necesarios podemos dirigirnos a la pantalla principal y visualizar la simulación de la red o redes requeridas, además dirigiéndonos a *Herramientas-Enlace de Radio* es posible analizar y visualizar cada uno de los enlaces como se muestra en la Figura 13.8 en esta ventana podemos escoger dos puntos o unidades enlazadas y se despliegan las configuraciones de sistema ingresadas por nosotros, como son Potencia de la antena, pérdida, ganancia entre otros, además de la altura de cada una de las antenas, también podemos observar en la parte superior de la ventana la disposición de azimut, ángulo de elevación, despeje, que es la distancia a la cual se encuentra la primera obstrucción, la distancia del enlace, pérdidas, nivel de recepción que tiene el enlace, etc.



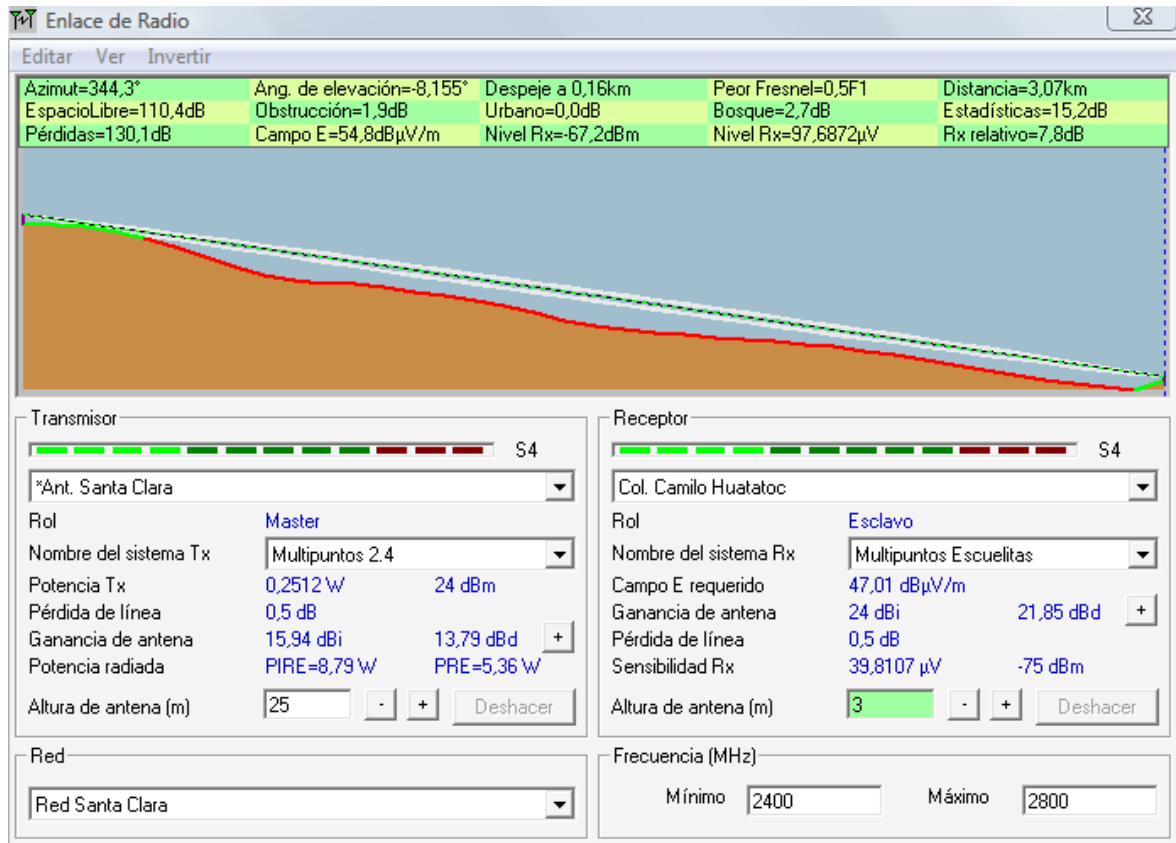


Figura. 2.13 Ventana de Enlace de Radio

## CAPÍTULO 3

### ESTUDIO DE CAMPO

Dentro de este capítulo se detalla el estudio de campo y la información obtenida, con la finalidad de conocer el estado tecnológico y la situación en que se encuentran las comunidades de los cantones Arajuno, Santa Clara y Mera, y definir cuales instituciones serán beneficiarias dentro del diseño.

#### 3.1. ESTUDIO DE CAMPO

Para que las instituciones educativas sean beneficiarias de la red de telecomunicaciones se plantearon distintos requerimientos a cumplirse:

1. Serán beneficiarias instituciones educativas que sean de enseñanza de educación básica o primaria y las de educación secundaria o bachillerato, incluyendo escuelas unidocentes, ya que las edades de los alumnos son adecuadas para el óptimo aprovechamiento de la tecnología a brindarse.
2. La institución debe contar con energía eléctrica disponible para solventar el uso de los equipos.
3. El acceso hacia el recinto debe ser terrestre y no de otro medio ya que esto abarata costos en transporte y puesto que este estudio a futuro será implementado es un buen adherente a facilidades con respecto a instalaciones.

Con la ayuda de cada uno de los Municipios Cantorales que nos proporcionaron un guía y recorriendo la provincia usando un GPS de marca Magellan eXplorist 600 para ubicar cada una de las escuelas se obtuvieron los siguientes datos presentados en varias tablas para su mejor entendimiento.



Figura. 3.1. GPS Magellan Explorerist 600.



Figura. 3.2. GPS Magellan Explorerist 600.

### 3.1.1. Ubicación de las Instituciones

La tabla 3.1 muestra la ubicación de las instituciones educativas beneficiarias con respecto a cada cantón, zona, latitudes y longitudes.

Tabla. 3.1. Ubicación de las Instituciones Educativas por cantón

No.	Cantón	Parroquia	Institución	Zona		Latitud		Longitud
1	ARAJUNO	ARAJUNO	COLEGIO ARAJUNO	Urbana	S	1°14'1.4"	W	77°41'54.3"
2	ARAJUNO	ARAJUNO	DANIEL ROGERS	Urbana	S	1°14'3.6"	W	77°4'37.9"
3	ARAJUNO	ARAJUNO	EDUARDO MC' ULLY	Rural	S	1°13'57"	W	77°41'22"
4	ARAJUNO	ARAJUNO	GABRIEL LOPEZ	Rural	S	1°13'12.8"	W	77°41'15.2"

No.	Cantón	Parroquia	Institución	Zona		Latitud		Longitud
5	MERA	MADRE TIERRA	AMAZONAS	Rural	S	1°32'28.0"	W	78°2'2.9"
6	MERA	MADRE TIERRA	ANDRES BELLO	Rural	S	1°38'5.6"	W	78°0'27.8"
7	MERA	SHELL	ANTONIO JOSE DE SUCRE	Rural	S	1°29'13.3"	W	78°4'41.3"
8	MERA	SHELL	CRISTOBAL COLON	Rural	S	1°29'49.6"	W	78°3'38.8"
9	MERA	SHELL	ESC. DE PRACTICA 12 DE OCTUBRE	Rural	S	1°29'46.0"	W	78°3'50.6"
10	MERA	MADRE TIERRA	GENERAL CALICUCHIMA	Rural	S	1°37'47.2"	W	78°0'40"
11	MERA	MADRE TIERRA	GENERAL RUMIÑAHUI	Rural	S	1°39'1.4"	W	77°55'55.9"
12	MERA	MADRE TIERRA	JACINTO COLLAGUAZO	Rural	S	1°37'3.3"	W	77°57'42.1"
13	MERA	MADRE TIERRA	JOSE EDUARDO CUEVA MEDINA	Rural	S	1°37'24.1"	W	77°57'42.0"
14	MERA	SHELL	U. E. FISCOMIACIONAL INTER CUL. BILING. EMAUS	Urbana	S	1°29'50.2"	W	78°3'52.6"
15	SANTA CLARA	SANTA CLARA	CAMILO HUATATOCA	Rural	S	1°15'54.3"	W	77°53'2.9"
16	SANTA CLARA	SANTA CLARA	CECIB RUBEN DARIO	Rural	S	1°14'46.0"	W	77°56'7.0"
17	SANTA	SANTA	ESCUELA	Rural	S	1°13'40.5"	W	77°52'50.9"

No.	Cantón	Parroquia	Institución	Zona		Latitud		Longitud
	CLARA	CLARA	AGUSTIN VARGAS					
18	SANTA CLARA	SANTA CLARA	ESCUELA ANTONIO FARINA	Rural	S	1°15'3.1"	W	77°55'53.7"
19	SANTA CLARA	SANTA CLARA	ESCUELA FISCOMISIONAL SANTA CLARA	Rural	S	1°15'39.4"	W	77°53'8.0"
20	SANTA CLARA	SANTA CLARA	HUALCOPO DUCHISELA	Rural	S	1°17'42.3"	W	77°51'6.2"
21	SANTA CLARA	SAN JOSE	JOHN F. KENNEDY	Rural	S	1°20'13.9"	W	77°55'31.6"
22	SANTA CLARA	SANTA CLARA	MAXIMILIANO SPILLER	Rural	S	1°13'12.2"	W	77°52'53.0"

Además de la ubicación de las instituciones educativas también se ha tomado la ubicación de los distintos Municipios Cantorales para ser también incluidos dentro de la red, esta se puede observar en la tabla 3.2, ya que dentro de ellos se planificó realizar el distribución del ancho de banda a cada una de las instituciones.

**Tabla. 3.2. Ubicación de los Municipios Cantorales**

MUNICIPIO		LATITUD		LONGITUD
I. MUNICIPIO DE ARAJUNO	S	01°13'57"	W	77°41'04"
I. MUNICIPIO DE MERA	S	01°27'22"	W	78°06'48"
I. MUNICIPIO DE SANTA CLARA	S	01°15'44"	W	77°53'10"

### 3.1.2. Cerros Importantes

Gracias al apoyo del Consejo Provincial de Pastaza se nos facilitó la ubicación de los cerros de mayor importancia en la provincia que servirán para colocar las radiobases para la red de telecomunicaciones, estos cerros tienen la facilidad de que se puede encontrar energía eléctrica, pues son usados por las compañías celulares y por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones<sup>1</sup> para sus enlaces, lo que hace accesible el montar una infraestructura para redes de telecomunicaciones.

**Tabla. 3.3. Ubicación de los cerros destacados de la Provincia de Pastaza**

<b>CERRO</b>		<b>LATITUD</b>		<b>LONGITUD</b>
LA ABITAGUA	S	01°25'21.761"	W	78°8'54.8378"
SAN PEDRO DE PUNÍN	S	01°17'30"	W	77°52'36"

Todas las ubicaciones de cada uno de los centros educativos y de los puntos de los cerros importantes pueden verse en los mapas del Anexo 1.

### 3.1.3. Proveedores de Internet en la Zona

Siendo la región oriental de nuestro país una de las más olvidadas tecnológicamente por su difícil acceso, se observa que los cantones poseen una limitada accesibilidad a Internet. Dentro de este estudio, el único cantón que tiene redes de Internet, provisto por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT, es el cantón Mera, a pesar de ello, se nos informó que el nodo que se ubica en la ciudad del Puyo, encargado de brindar este servicio, se encuentra saturado por lo que es necesario hacer la adquisición de nuevos equipos.

El cantón Santa Clara, y el cantón Arajuno mostraron realidades en donde no se dispone de ningún tipo de despliegue de redes para dotar de Internet, aunque se puede

---

<sup>1</sup> Información proporcionada por el Consejo Provincial de la Provincia de Pastaza

hacer uso de portadoras satelitales o de otro tipo como el proporcionado por otras compañías que tengan cobertura nacional.

### 3.2. INFORMACIÓN SOCIO-ECONÓMICA

En la tabla. 3.4 se observan las unidades educativas beneficiarias y sus cantidades respectivas de alumnos, cuerpo docente y cuerpo administrativo, información que será utilizada para hacer el dimensionamiento de la red de telecomunicaciones, y se debe tener en cuenta que todas las instituciones funcionan en jornada matutina.

**Tabla. 3.4. Beneficiarios de cada Institución Educativa**

No.	Institución	Régimen	Sostenimiento	Alum.	Admin.	Prof.
1	COLEGIO ARAJUNO	Sierra	Fiscal	161	5	10
2	DANIEL ROGERS	Sierra	Fiscal	173	3	1
3	EDUARDO MC' ULLY	Sierra	Fiscal	190	3	12
4	GABRIEL LOPEZ	Sierra	Fiscal	169	0	0
5	AMAZONAS	Sierra	Fiscal	45	0	3
6	ANDRES BELLO	Sierra	Fiscal	55	0	0
7	ANTONIO JOSE DE SUCRE	Sierra	Fiscal	51	1	1
8	CRISTOBAL COLON	Sierra	Fiscomisional	414	2	33
9	ESC. DE PRACTICA 12 DE OCTUBRE	Sierra	Fiscal	342	0	27
10	GENERAL CALICUCHIMA	Sierra	Fiscal	55	0	2
11	GENERAL RUMIÑAHUI	Sierra	Fiscal	25	0	1
12	JACINTO COLLAGUAZO	Sierra	Fiscal	31	0	0
13	JOSE EDUARDO CUEVA MEDINA	Sierra	Fiscal	24	0	0
14	U. E. FISCOMISIONAL	Sierra	Fiscomisional	203	1	3

No.	Institución	Régimen	Sostenimiento	Alum.	Admin.	Prof.
	INTER CUL. BILING. EMAUS					
15	CAMILO HUATATOCA	Sierra	Fiscal	98	3	3
16	CECIB RUBEN DARIO	Sierra	Fiscal	12	0	0
17	ESCUELA AGUSTIN VARGAS	Sierra	Fiscal	34	1	0
18	ESCUELA ANTONIO FARINA	Sierra	Fiscal	9	0	0
19	ESCUELA FISCOMISIONAL SANTA CLARA	Sierra	Fiscomisional	235	1	26
20	HUALCOPO DUCHISELA	Sierra	Fiscal	47	0	2
21	JOHN F. KENNEDY	Sierra	Fiscomisional	58	0	6
22	MAXIMILIANO SPILLER	Sierra	Fiscomisional	42	0	0
<b>TOTAL</b>				2473	20	130

Se tienen 22 centros educativos beneficiarios, con un total 2473 alumnos entre educación básica y bachillerato, además de 3 Municipios cantorales que serán incluidos dentro de la red.

Hay que tomar en cuenta que luego de realizadas las visitas se comprobó la realidad en la que viven muchos pueblos de nuestro país.

Al llegar al cantón Arajuno, uno de los más bellos pero el de más difícil acceso, en el Municipio se nos informó que el servicio de telefonía fija fue instalado a finales del mes de Agosto del 2008 con lo cual recién al momento de nuestra visita aún no habían pagado la primera factura de consumo, también comprobamos que en todo el cantón no se dispone de señal celular de ninguna operadora y que con recursos propios se había comprado bases celulares para comunicarse con el resto del país. Las carreteras inclusive dentro de la ciudad no tienen asfaltado, son vías de segundo orden lastradas.





**Figura. 3.1. Avenida Principal de Arajuno.**



**Figura. 3.2. Niños de la comunidad en Arajuno**

El cantón Santa Clara nos recibió con una sorpresa, el Municipio se encontraba en remodelación y en esos momentos se encontraba funcionando dentro del coliseo de la ciudad.

Además muchas de las instituciones educativas poseían debido a donaciones u otros medios, cierto número de equipos computacionales pero estos debido a su antigüedad, uso y el clima se encontraban deteriorados y la mayoría ni siquiera poseía los puertos necesarios para incorporarse a una red por lo que no serán tomados en cuenta dentro del diseño, ni en el estudio de tráfico.

## CAPÍTULO 4

### DISEÑO Y TOPOLOGÍA DE RED

#### 4.1. DISEÑO DE LA RED WAN

Se ha escogido brindar una solución inalámbrica *WiFi*, después de analizar las ventajas y desventajas de la misma. Además se considera un punto a favor adicional que es el de permitir el uso de los mismos equipos sobre la red, es decir que toda la red se base en una misma infraestructura.

Se diseñó para cada cantón una red independiente, pues las condiciones irregulares del terreno no permitieron la interconexión, pero de esta manera se puede tener una mejor visión y cada cantón puede gestionar su propia infraestructura.

Para simular cada una de las redes se ha escogido el programa Radio Mobile de difusión libre que presenta grandes recursos de fácil manejo para realizar los perfiles, análisis de coberturas y aproximaciones muy buenas de lo que será la red.

La red será centralizada en cada uno de los Municipios donde llegará el servicio para luego ser distribuido a cada uno de los centros educativos.

Como se verificó en estudio de campo ya conocemos la ubicación de dos cerros importantes en la provincia que servirán para colocar las radiobases que se encargarán de hacer llegar la información a cada centro educativo, los cerros serán distribuidos de la siguiente manera:

- Para el cantón Mera el cerro la Abitagua con las coordenadas
  - Latitud: 01 ° 25 ' 21.761 " S
  - Longitud: 78 ° 8 ' 54.8378 " W

- Para el cantón Santa Clara el cerro ubicado en la entrada a San Pedro de Punín con las coordenadas:
  - Latitud: 01 ° 17 ' 30 " S
  - Longitud: 77 ° 52 ' 36 " W

Para el cantón Arajuno por el número reducido de instituciones, la ubicación de las escuelas y la del Municipio, no hace falta un cerro para colocar una radiobase, se repartirán los datos directamente desde el municipio.

A continuación se muestran las redes realizadas en la ventana de Radio Mobile y su distribución, si se desea tener una mejor idea de la ubicación de las instituciones educativas y las radiobases puede revisarse el Anexo 1 donde se encuentran los mapas georeferenciados de todos los puntos involucrados en el diseño.

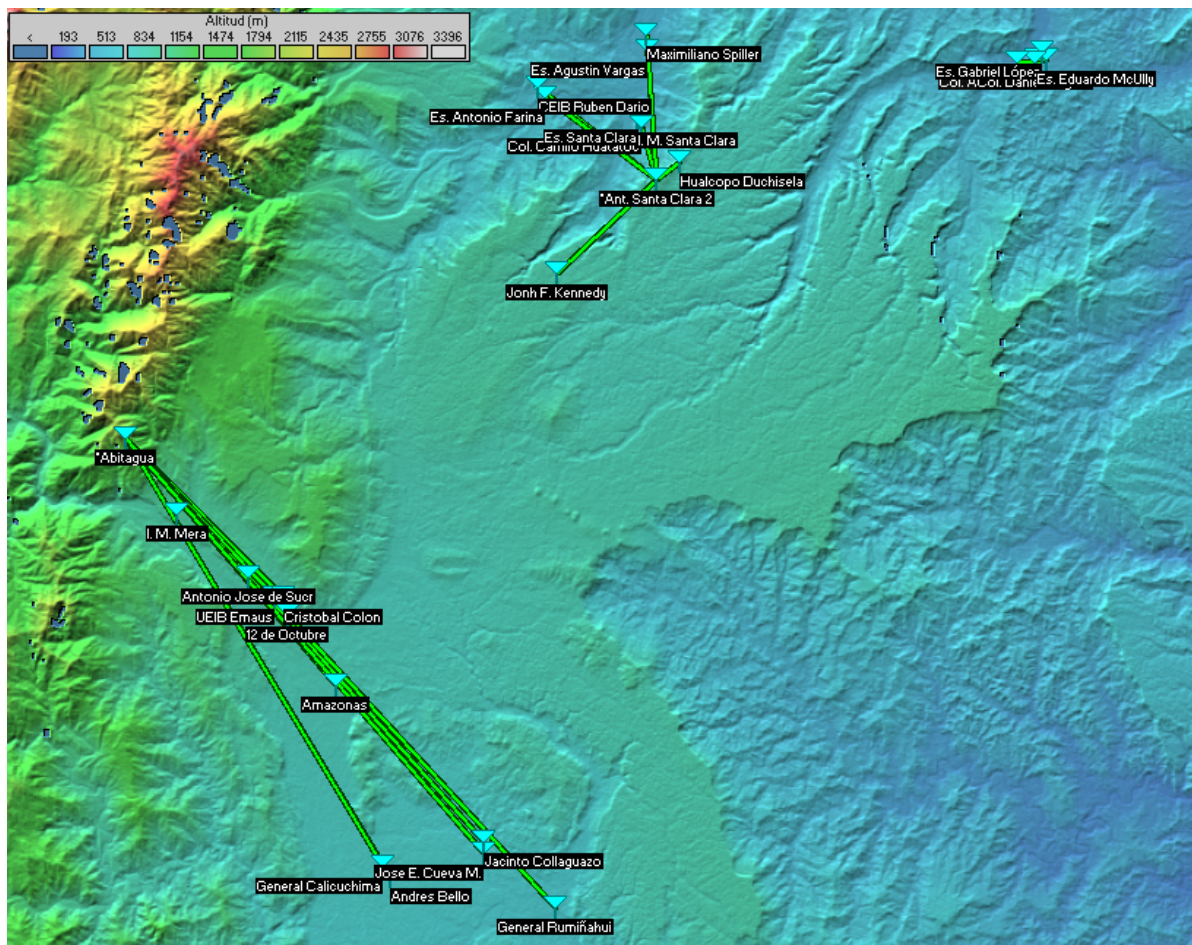


Figura. 4.1. Red de Acceso y Transporte Inalámbrico en los Cantones Arajuno, Santa Clara y Mera.

Todos los enlaces han sido simulados dentro de la banda de 2,4GHz ya que esta banda no se encuentra difundida en estas áreas rurales y debido a que a menor frecuencia existe menor degradación de la señal causada por fenómenos medioambientales como las lluvias frecuentes en la zona oriental de nuestro bello país.

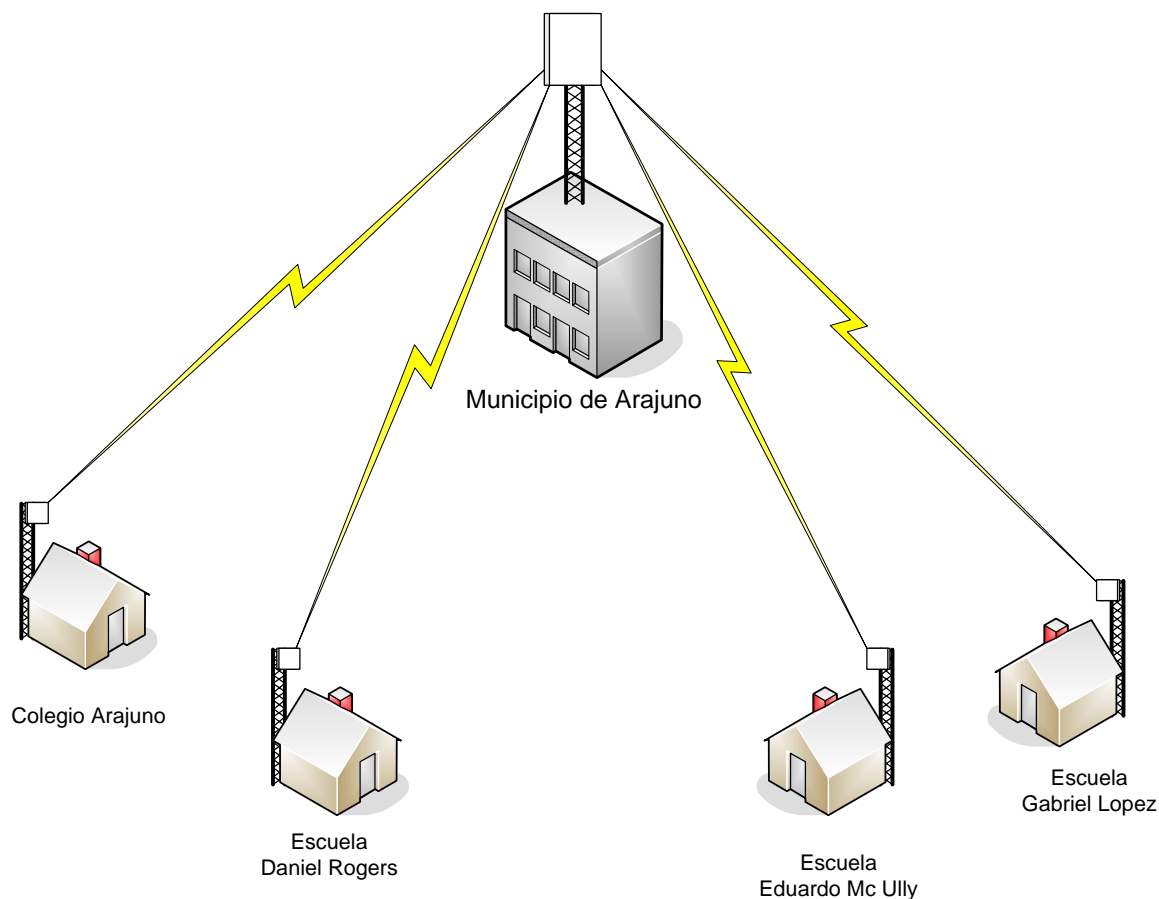
Las características de los equipos ingresados a los sistemas del simulador se encuentran descritas dentro del equipamiento de la red de telecomunicaciones. Para que cada enlace se considere correcto estos debían superar el umbral de recepción de los equipos así como cumplir con el requisito de tener un despeje mayor al 60% de la zona de Fresnel como se pudo ver en el cálculo de pérdidas y ganancias.

#### 4.1.1. Red del Cantón Arajuno



Figura. 4.2. Red del Cantón Arajuno

La antena encargada de la repartición de los datos está ubicada en lo alto del municipio de Arajuno y mantiene una correcta comunicación con las unidades educativas beneficiarias en este cantón.



**Figura. 4.3. Diagrama de enlaces del Cantón Arajuno**

La tabla 4.1 describe las antenas usadas y la altura que deberán tener en cada estación de telecomunicaciones de la red del Cantón Arajuno y el tipo de equipo con que debe ser configurada.

**Tabla. 4.1. Características de las Antenas de la red del Cantón Arajuno**

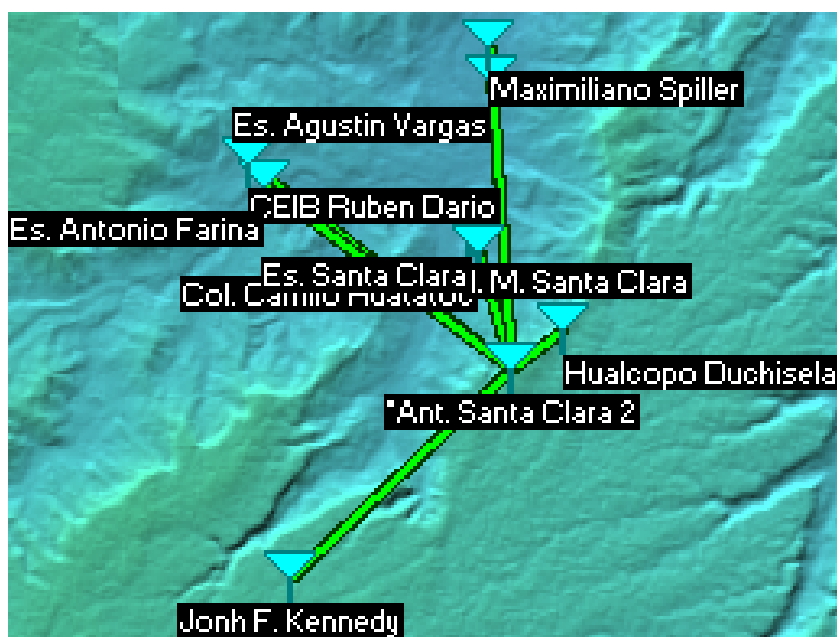
No.	Estación	Equipos	Ganancia Antena (dBi)	Altura de la Antena (m)	Tipo de Antena
1	COLEGIO ARAJUNO	CPE	12	2	Direccional
2	DANIEL ROGERS	CPE	12	1	Direccional
3	EDUARDO MC' ULLY	CPE	12	1	Direccional
4	GABRIEL LOPEZ	CPE	12	1	Direccional
5	I. MUNICIPIO DE ARAJUNO	AP	16	10	Sectorial

Cada uno de los enlaces realizados con este tipo de antenas para el cantón Arajuno es descrito a continuación conjuntamente con la distancia entre la estación y el punto de acceso.

**Tabla. 4.2. Enlaces de la Red del Cantón Arajuno**

No.	Estación	Tipo de Enlace	Acceso	Distancia (km)
1	COLEGIO ARAJUNO	Punto-Multipunto	I. MUNICIPIO DE ARAJUNO	1,56
2	DANIEL ROGERS	Punto-Multipunto	I. MUNICIPIO DE ARAJUNO	0,60
3	EDUARDO MC' ULLY	Punto-Multipunto	I. MUNICIPIO DE ARAJUNO	0,56
4	GABRIEL LOPEZ	Punto-Multipunto	I. MUNICIPIO DE ARAJUNO	0,44

#### 4.1.2. Red del Cantón Santa Clara



**Figura. 4.4. Red del Cantón Santa Clara**



### Red de Transporte

Este enlace es lanzado desde el Municipio de Santa Clara, donde se concentrará el Internet para el cantón, hacia el cerro ubicado en la entrada a San Pedro de Punín del cual ya describimos sus coordenadas previamente.

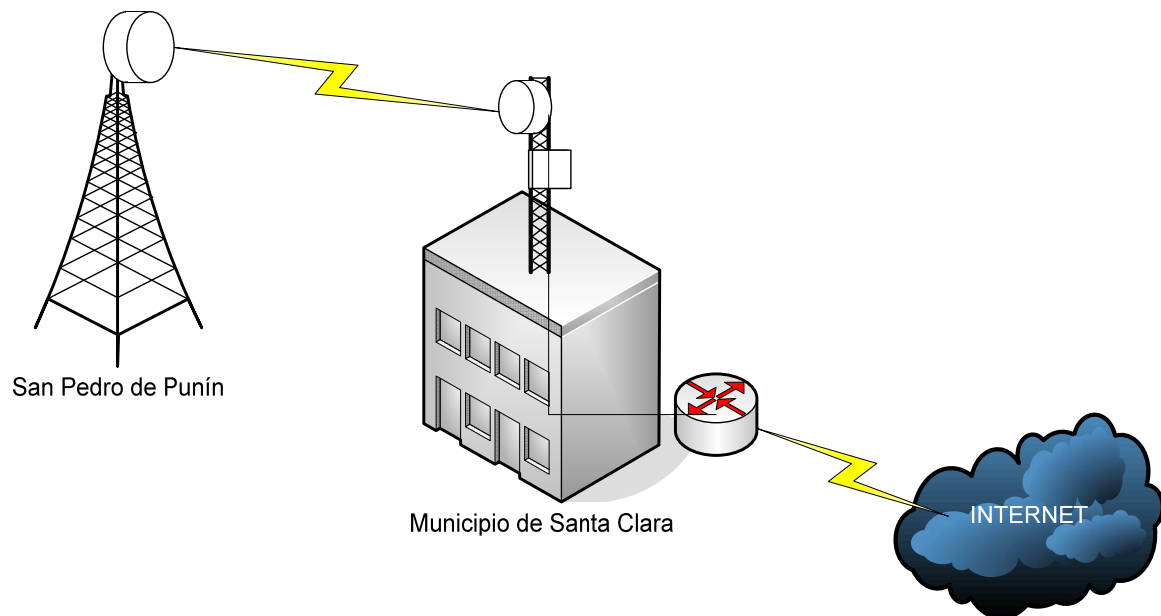


Figura. 4.5. Diagrama de la red de Transporte del Cantón Santa Clara

### Red de Acceso

Cada una de las instituciones tendrá acceso a través del *acces point* ubicado en la radiobase San Pedro de Punín, mediante el uso de una antena sectorial. La Unidad Educativa Jonh F. Kennedy tendrá acceso a través de un enlace punto-punto pues se encontraba aislada al otro lado del sector donde se concentraban todas las demás instituciones, como se observa en la Figura 8.4 y en los mapas del Anexo 1, el enlace es con el fin de reducir costos en las antenas al no tener que usar varias para lograr cubrir los 360° sino apenas una que cubra el sector de mayor tamaño y otra que se encargue de esta institución.

La tabla 4.3 describe las antenas usadas y la altura que deberán tener en cada estación de telecomunicaciones de la red del Cantón Santa Clara y el tipo de equipo con que debe ser configurada.

Tabla. 4.3. Características de las Antenas de la red del Cantón Santa Clara

No.	Estación	Equipos	Ganancia Antena (dBi)	Altura de la Antena (m)	Tipo de Antena
1	CAMILO HUATATOCA	CPE	12	5	Direccional
2	CECIB RUBEN DARIO	CPE	24	1	Direccional
3	ESCUELA AGUSTIN VARGAS	CPE	15	1	Direccional
4	ESCUELA ANTONIO FARINA	CPE	15	3	Direccional
5	ESCUELA FISCOMISIONAL SANTA CLARA	CPE	15	2	Direccional
6	HUALCOPO DUCHISELA	CPE	12	2	Direccional
7	JOHN F. KENNEDY	CPE	12	5	Direccional
8	MAXIMILIANO SPILLER	CPE	15	2	Direccional
9	I. MUNICIPIO DE SANTA CLARA	CPE	15	5	Direccional
10	ANTENA SAN PEDRO DE PUNÍN CPE 1	CPE	15	24	Direccional
11	ANTENA SAN PEDRO DE PUNÍN CPE 2	CPE	12	20	Direccional
12	ANTENA SAN PEDRO DE PUNÍN AP	AP	16	27	Sectorial

Cada uno de los enlaces realizados con este tipo de antenas para el cantón Santa Clara es descrito a continuación conjuntamente con la distancia entre la estación y el punto de acceso.

Tabla. 4.4. Enlaces de la Red del Cantón Santa Clara

No.	Estación	Tipo de Enlace	Acceso	Distancia (km)
1	CAMILO HUATATOCA	Punto-Multipunto	Radiobase San Pedro de Punín	3,07



<b>No.</b>	<b>Estación</b>	<b>Tipo de Enlace</b>	<b>Acceso</b>	<b>Distancia (km)</b>
2	CECIB RUBEN DARIO	Punto-Multipunto	Radiobase San Pedro de Punín	8,25
3	ESCUELA AGUSTIN VARGAS	Punto-Multipunto	Radiobase San Pedro de Punín	7,10
4	ESCUELA ANTONIO FARINA	Punto-Multipunto	Radiobase San Pedro de Punín	7,60
5	ESCUELA FISCOMISIONAL SANTA CLARA	Punto-Multipunto	Radiobase San Pedro de Punín	3,55
6	HUALCOPO DUCHISELA	Punto-Multipunto	Radiobase San Pedro de Punín	1,65
7	JOHN F. KENNEDY	Punto-Punto	Radiobase San Pedro de Punín	7,41
8	MAXIMILIANO SPILLER	Punto-Multipunto	Radiobase San Pedro de Punín	7,98
9	Radiobase San Pedro de Punín	Punto-Punto	I. MUNICIPIO DE SANTA CLARA	3,44

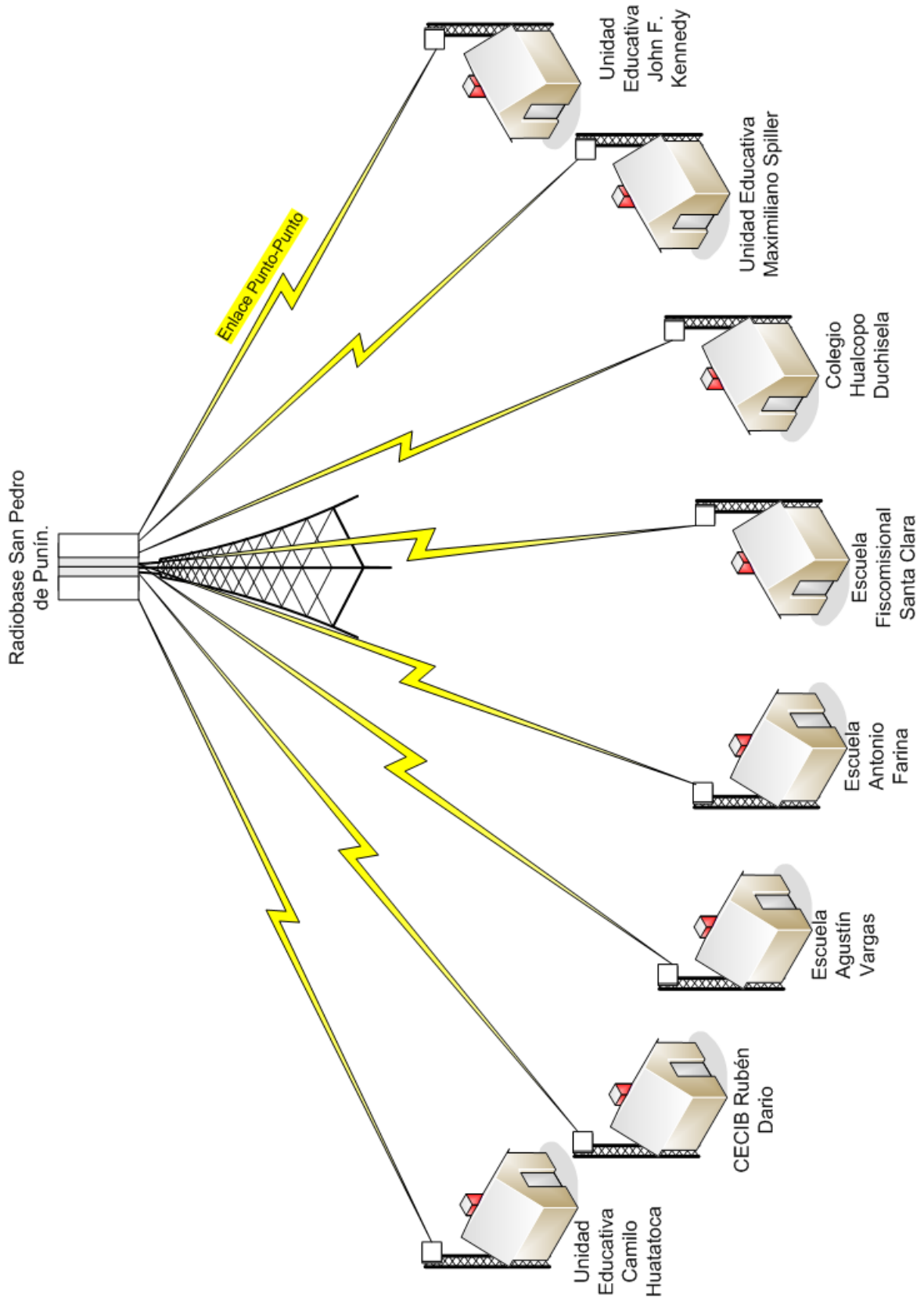


Figura. 4.6. Diagrama de Red de Acceso del Cantón Santa Clara

### 4.1.3. Red del Cantón Mera



Figura. 4.7. Red del Cantón Mera

#### Red de Transporte

Este enlace es lanzado desde el I. M. de Mera, donde se concentrará el Internet para el cantón, hacia el cerro ubicado La Abitagua del cual ya describimos sus coordenadas previamente.

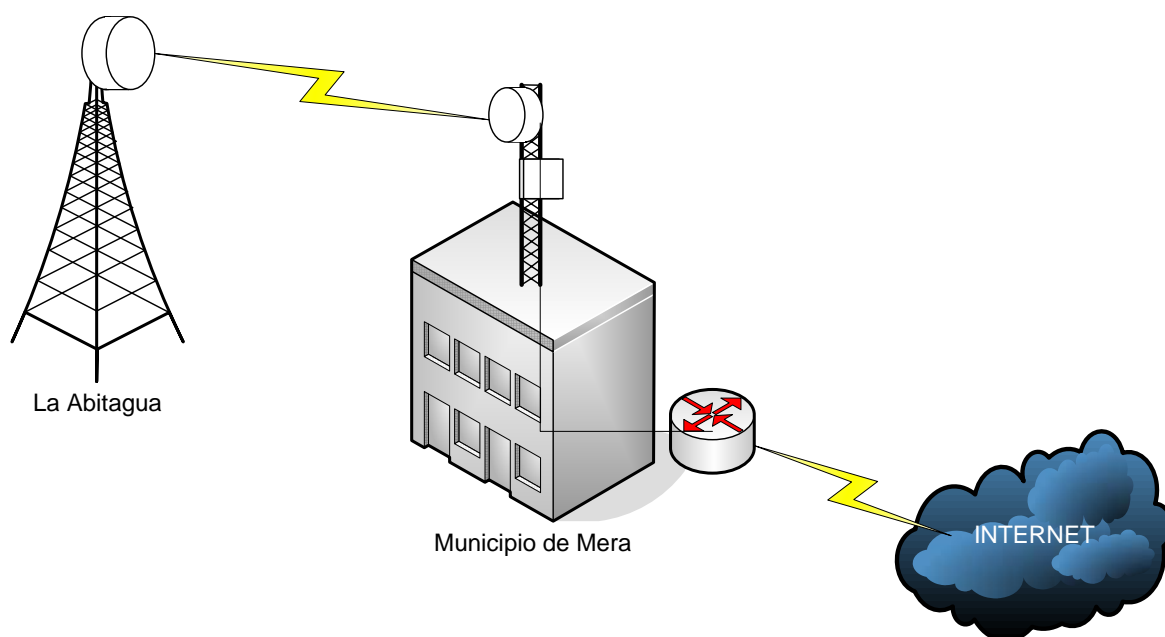


Figura. 4.8. Diagrama de la red de Transporte del Cantón Santa Clara

### Red de Acceso

Estos enlaces es la manera en como se dará acceso a cada una de las instituciones a través del *acces point* ubicado en la radiobase La Abitagua, mediante el uso de una antena sectorial, que cubre la zona de todas las instituciones beneficiarias.

La tabla 4.5 describe las antenas usadas y la altura que deberán tener en cada estación de telecomunicaciones de la red del Cantón Mera y el tipo de equipo con que debe ser configurada.

Tabla. 4.5. Características de las Antenas de la red del Cantón Mera

No.	Estación	Equipos	Ganancia Antena (dBi)	Altura de la Antena (m)	Tipo de Antena
1	AMAZONAS	CPE	24	2	Direccional
2	ANDRES BELLO	CPE	24	2	Direccional
3	ANTONIO JOSE DE SUCRE	CPE	24	2	Direccional
4	CRISTOBAL COLON	CPE	24	3,5	Direccional

No.	Estación	Equipos	Ganancia Antena (dBi)	Altura de la Antena (m)	Tipo de Antena
5	ESC. DE PRACTICA 12 DE OCTUBRE	CPE	24	1,5	Direccional
6	GENERAL CALICUCHIMA	CPE	24	2	Direccional
7	GENERAL RUMIÑAHUI	CPE	24	1	Direccional
8	JACINTO COLLAGUAZO	CPE	24	1	Direccional
9	JOSE EDUARDO CUEVA MEDINA	CPE	24	2	Direccional
10	U. E. FISCOMISIONAL INTER CUL. BILING. EMAUS	CPE	24	1,5	Direccional
11	I. MUNICIPIO DE MERA	CPE	12	2	Direccional
12	ANTENA LA ABITAGUA CPE	CPE	12	18	Direccional
13	ANTENA LA ABITAGUA AP	AP	16	20	Sectorial

Cada uno de los enlaces realizados con este tipo de antenas para el cantón Santa Clara es expuesto a continuación en la tabla 4.6 conjuntamente con la distancia entre la estación y el punto de acceso.

**Tabla. 4.6. Enlaces de la Red del Cantón Mera**

No.	Estación	Tipo de Enlace	Acceso	Distancia (km)
1	AMAZONAS	Punto-Multipunto	Radiobase La Abitagua	17,74
2	ANDRES BELLO	Punto-Multipunto	Radiobase La Abitagua	28,01

<b>No.</b>	<b>Estación</b>	<b>Tipo de Enlace</b>	<b>Acceso</b>	<b>Distancia (km)</b>
3	ANTONIO JOSE DE SUCRE	Punto-Multipunto	Radiobase La Abitagua	10,07
4	CRISTOBAL COLON	Punto-Multipunto	Radiobase La Abitagua	12,21
5	ESC. DE PRACTICA 12 DE OCTUBRE	Punto-Multipunto	Radiobase La Abitagua	13,15
6	GENERAL CALICUCHIMA	Punto-Multipunto	Radiobase La Abitagua	27,33
7	GENERAL RUMIÑAHUI	Punto-Multipunto	Radiobase La Abitagua	34,85
8	JACINTO COLLAGUAZO	Punto-Multipunto	Radiobase La Abitagua	29,51
9	JOSE EDUARDO CUEVA MEDINA	Punto-Multipunto	Radiobase La Abitagua	29,99
10	U. E. FISCOMIACIONAL INTER CUL. BILING. EMAUS	Punto-Multipunto	Radiobase La Abitagua	11,92
11	Radiobase La Abitagua	Punto-Punto	I. MUNICIPIO DE MERA	4,95

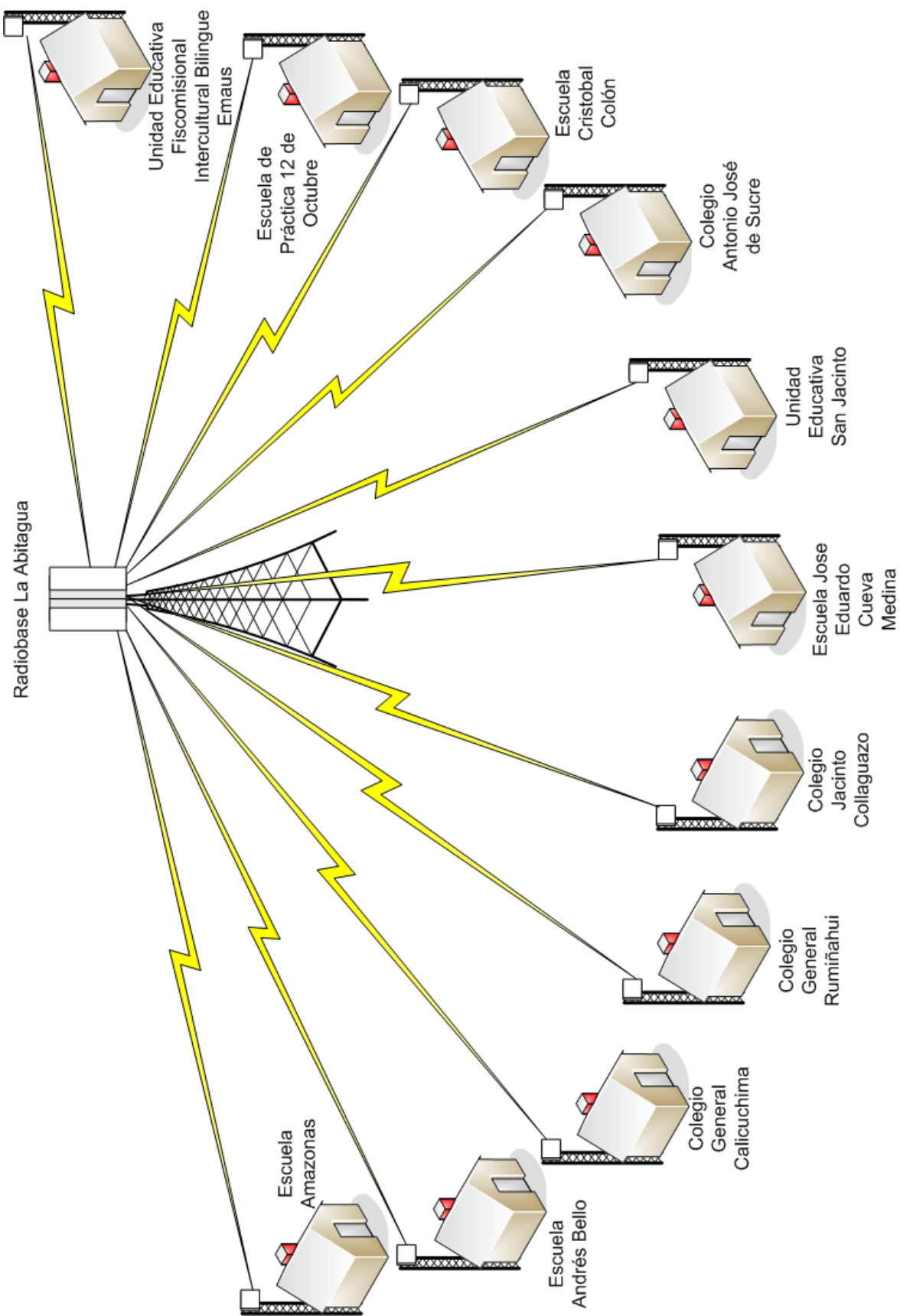


Figura. 4.9. Diagrama de Red de Acceso del Cantón Mera

#### 4.1.4. Direccionamiento de la Red Wan

A continuación se muestra los diagramas esquemáticos del direccionamiento de las 3 redes:

##### Direccionamiento IP Red Arajuno

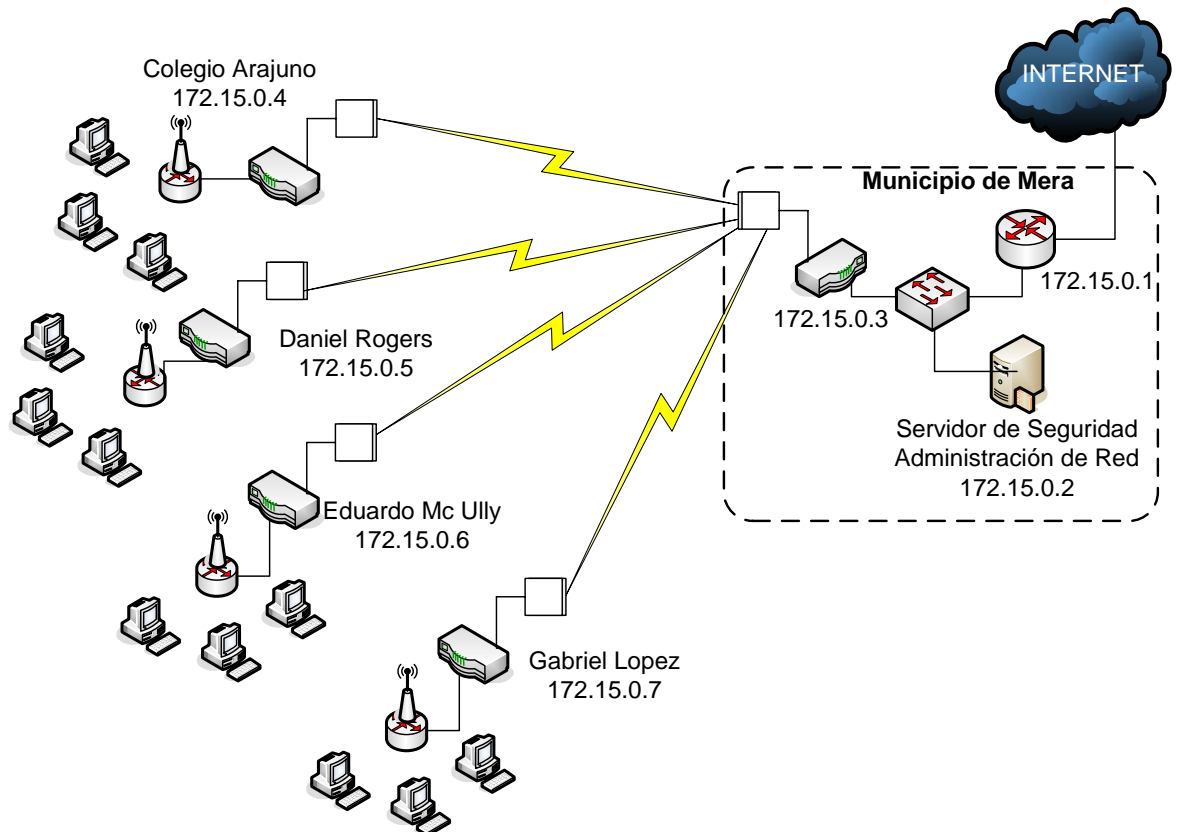
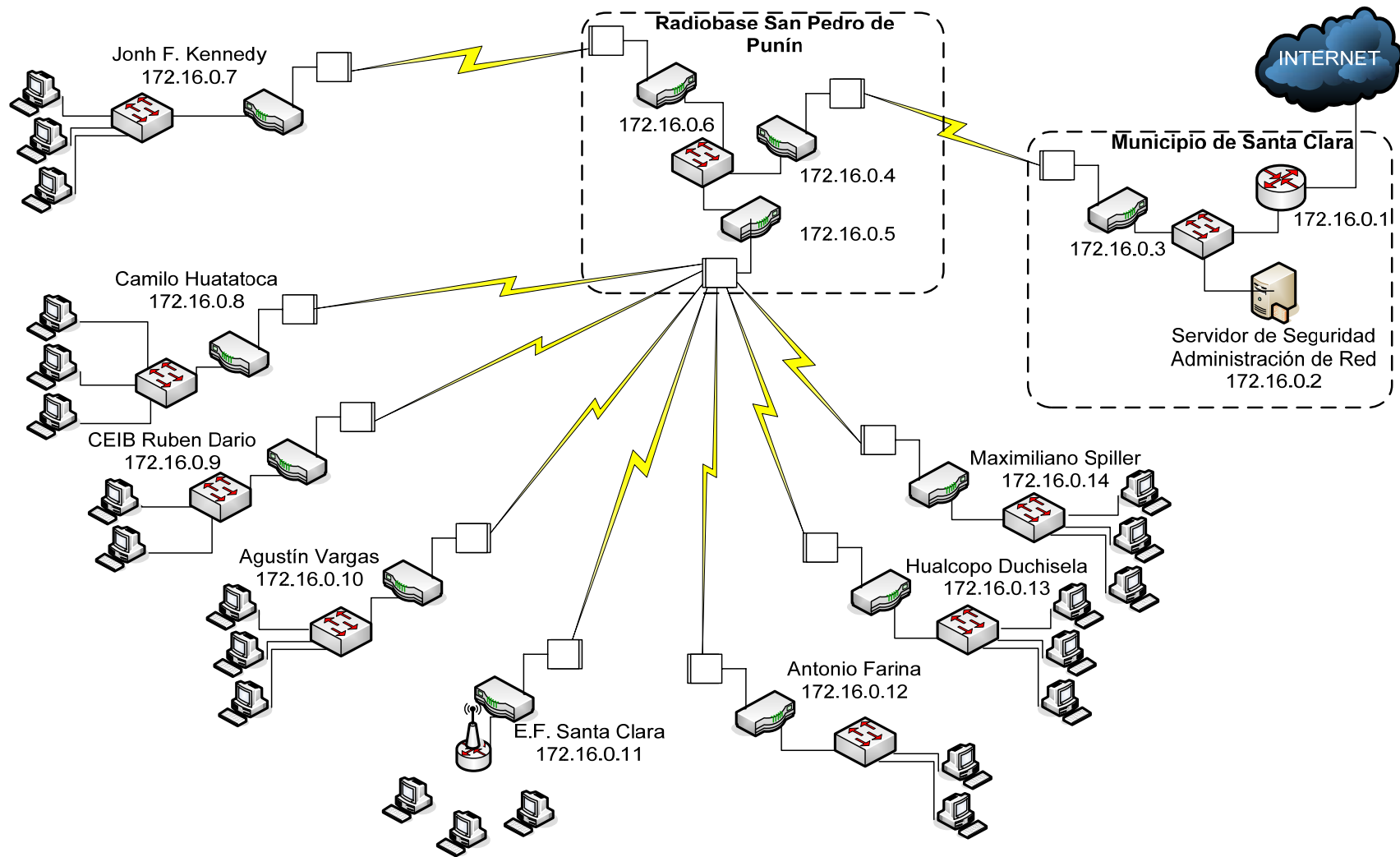


Figura. 4.10. Direccionamiento IP Red Arajuno

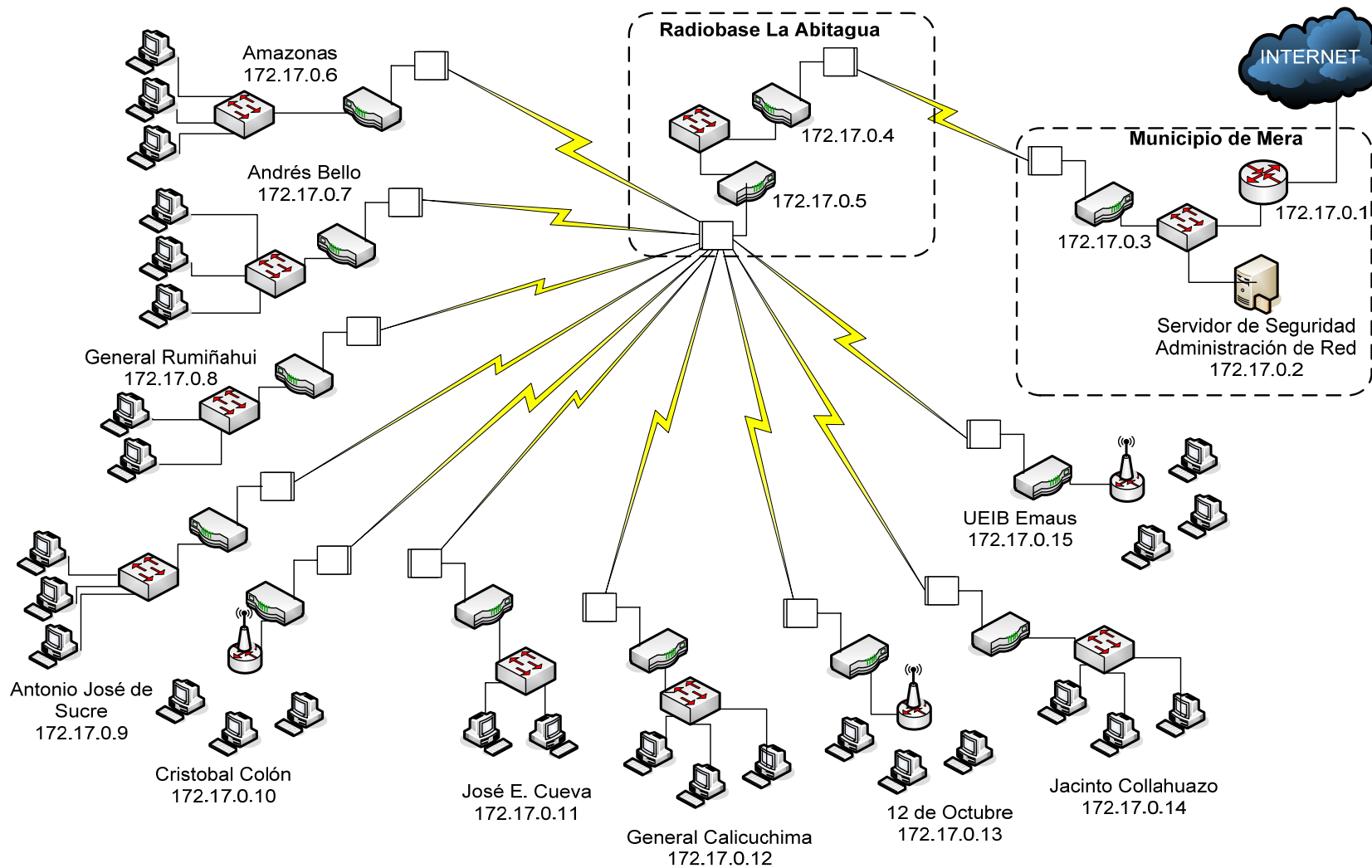


**Direccionamiento IP Red Santa Clara:**



**Figura. 4.11. Direccionamiento IP Red Santa Clara**

**Direccionamiento IP Red Mera**



**Figura. 4.12. Direccionamiento IP Red Mera**

#### 4.2. TECNOLOGÍA SELECCIONADA PARA REDES LAN.

Se ha seleccionado *WLAN* para el diseño de las redes en las escuelas que de acuerdo al estudio de tráfico se tenga más de 10 computadoras, por su facilidad de implementación que optimiza el tiempo y permite el ahorro en mano de obra y mantenimiento de la red, es menos susceptible a daños físicos, a pesar de que las tarjetas de red inalámbricas deben ser compradas aparte el costo de las mismas se ha vuelto bastante competitivo por la popularidad que han alcanzado este tipo de redes.

Para las demás instituciones se ha seleccionado la tecnología de red usando medios guiados ya que en el resto de escuelas no se sobrepasa las 3 computadoras por institución lo que permite adquirir equipos para este tipo de red que en comparación con la inalámbrica son más baratos y además el costo por cableado no se hace extremadamente alto y su instalación no se convierta en una complejidad, lo que se puede visualizar en las siguientes tablas.

#### Cantón Arajuno:

**Tabla. 4.7** Tecnologías de red LAN para las instituciones educativas del cantón Arajuno

No.	Institución	No. Computadoras	Tipo de Red
1	COLEGIO ARAJUNO	10	WLAN
2	DANIEL ROGERS	10	WLAN
3	EDUARDO MC' ULLY	10	WLAN
4	GABRIEL LOPEZ	10	WLAN

**Cantón Mera:****Tabla. 4.8. Tecnologías de red LAN para las instituciones educativas del cantón Mera**

<b>No.</b>	<b>Institución</b>	<b>No. Computadoras</b>	<b>Tipo de Red</b>
1	AMAZONAS	3	LAN
2	ANDRES BELLO	3	LAN
3	ANTONIO JOSE DE SUCRE	3	LAN
4	CRISTOBAL COLON	15	WLAN
5	ESC. DE PRACTICA 12 DE OCTUBRE	15	WLAN
6	GENERAL CALICUCHIMA	3	LAN
7	GENERAL RUMIÑAHUI	2	LAN
8	JACINTO COLLAGUAZO	3	LAN
9	JOSE EDUARDO CUEVA MEDINA	2	LAN
10	U. E. FISCOMISIONAL INTER CUL. BILING. EMAUS	10	WLAN

**Cantón Santa Clara:****Tabla. 4.9. Tecnologías de red LAN para las instituciones educativas del cantón Santa Clara**

<b>No.</b>	<b>Institución</b>	<b>No. Computadoras</b>	<b>Tipo de Red</b>
1	CAMILO HUATATOCA	3	LAN
2	CECIB RUBEN DARIO	2	LAN
3	ESCUELA AGUSTIN VARGAS	3	LAN
4	ESCUELA ANTONIO FARINA	2	LAN
5	ESCUELA FISCOMISIONAL SANTA CLARA	10	WLAN
6	HUALCOPO DUCHISELA	3	LAN
7	JOHN F. KENNEDY	3	LAN

No.	Institución	No. Computadoras	Tipo de Red
8	MAXIMILIANO SPILLER	3	LAN

#### 4.2.1. Direccionamiento de la Red LAN

Cada una de las redes *LAN* se encuentra separada de la red *WAN* por un equipo que hará de enlace por lo que cada red puede tomarse como privada e implementarse una misma dirección IP privada sin inconvenientes, la sugerencia es hacer uso de la dirección IP 192.168.30.0/24 y puede ser revisada en la tabla 4.11.

**Tabla. 4.10. Direccionamiento de redes LAN**

	Direccionamiento IP:
<b>Puerta de Enlace</b>	192.168.30.1
<b>PC 1</b>	192.168.30.2
<b>PC 2</b>	192.168.30.3
...	192.168.30....
<b>Broadcast</b>	192.168.30.255

Para las redes *WLAN* el *router* inalámbrico de enlace implementa el protocolo *DHCP*<sup>1</sup> el cual asigna direcciones IP dinámicamente a cada uno de los equipos que se

---

<sup>1</sup> Protocolo Dinámico de Configuración de Anfitrión

encuentren dentro de su alcance, esto facilita las configuraciones en cada uno de los equipos pero pueden provocarse intromisiones de seguridad en la red aunque este protocolo puede ser desactivado y haciendo uso de la tabla 4.11 pueden darse las direcciones IP a cada computador.

### 4.3. ESTUDIO DE TRÁFICO DE LA RED

Para realizar el estudio de tráfico se conoce que las computadoras que tienen ciertas instituciones, como se explicó, por su antigüedad y deterioro no son adecuadas y no van a ser tomadas en cuenta para dotarlas del servicio. Por lo tanto todos los centros educativos deben ser dotados de equipos computacionales, la cantidad de estos que tendrá que proporcionarse será en relación a lo acordado con el FODETEL, y que se ve detallado en la Tabla 4.12 con la cantidad de ancho de banda requerido para cada una de las instituciones beneficiarias en función del número de alumnos de cada centro educativo.

Se debe notar que las aplicaciones que deben usarán el servicio de Internet en su mayoría serán para realizar consultas del tipo académico por lo que el ancho de banda que requieran no será extremadamente alto, además que el tiempo de uso de las computadoras y el Internet podría ser en un promedio de 12 horas diarias para poder brindar también a la comunidad la posibilidad de acceder a realizar consultas académicas o terminar trabajos de investigación después del horario de clases normales de los estudiantes.

**Tabla. 4.11. Número de Computadoras y Ancho de Banda en Función del Número de Alumnos<sup>1</sup>**

<b>Alumnos</b>	<b>Internet Requerido (kbps)</b>	<b>Computadoras</b>
10 a 30	128	2
31 a 100	128	3
101 a 300	128	10
301 a 600	256	15
601 a 1000	512	20

<sup>1</sup> Información proporcionada por FODETEL

<b>Alumnos</b>	<b>Internet Requerido (kbps)</b>	<b>Computadoras</b>
1001 a 3000	512	40
3001 o más	1.024	40

Se debe acotar que el Internet será concentrado los Municipios de cada cantón por lo que estos también deberán tener acceso a Internet que tendrá que soportar otras aplicaciones como las de gestión de red para lo que les dotaremos de un ancho de banda de 128 kbps independiente del tiempo de ocupación y cantidad de computadores.

Se realizó un diseño independiente por cantón que se muestra en las tablas comprendidas entre la tabla 4.13 a 4.15, que detallan la cantidad de computadoras asignadas a cada institución beneficiaria de acuerdo a la cantidad de estudiantes y en relación a lo expuesto en la tabla 4.12, además de la cantidad de ancho de banda correspondiente, pero cabe recalcar que este ancho de banda calculado debe mantener entre las instituciones una compartición de 4 a 1.

### **Cantón Arajuno:**

**Tabla. 4.12. Ancho de banda calculado en el Cantón Arajuno**

<b>No.</b>	<b>Institución</b>	<b>Alumnos</b>	<b>No. Computadoras</b>	<b>Ancho de Banda (kbps)</b>
1	COLEGIO ARAJUNO	161	10	128
2	DANIEL ROGERS	173	10	128
3	EDUARDO MC' ULLY	190	10	128
4	GABRIEL LOPEZ	169	10	128
5	I. MUNICIPIO DE ARAJUNO			128
	<b>TOTAL</b>	693	40	640

**Cantón Mera:****Tabla. 4.13. Ancho de banda calculado en el Cantón Mera**

<b>No.</b>	<b>Institución</b>	<b>Alumnos</b>	<b>No. Computadoras</b>	<b>Ancho de Banda (kbps)</b>
6	AMAZONAS	45	3	128
7	ANDRES BELLO	55	3	128
8	ANTONIO JOSE DE SUCRE	51	3	128
9	CRISTOBAL COLON	414	15	256
10	ESC. DE PRACTICA 12 DE OCTUBRE	342	15	256
11	GENERAL CALICUCHIMA	55	3	128
12	GENERAL RUMIÑAHUI	25	2	128
13	JACINTO COLLAGUAZO	31	3	128
14	JOSE EDUARDO CUEVA MEDINA	24	2	128
15	U. E. FISCOMICIONAL INTER CUL. BILING. EMAUS	203	10	128
16	I. MUNICIPIO DE MERA			128
	<b>TOTAL</b>	1245	59	1664

**Cantón Santa Clara:****Tabla. 4.14. Ancho de banda calculado en el Cantón Santa Clara**

<b>No.</b>	<b>Institución</b>	<b>Alumnos</b>	<b>No. Computadoras</b>	<b>Ancho de Banda (kbps)</b>
17	CAMILO HUATATOCA	98	3	128
18	CECIB RUBEN DARIO	12	2	128
19	ESCUELA AGUSTIN VARGAS	34	3	128



No.	Institución	Alumnos	No. Computadoras	Ancho de Banda (kbps)
20	ESCUELA ANTONIO FARINA	9	2	128
21	ESCUELA FISCOMISIONAL SANTA CLARA	235	10	128
22	HUALCOPO DUCHISELA	47	3	128
23	JOHN F. KENNEDY	58	3	128
24	MAXIMILIANO SPILLER	42	3	128
25	I. MUNICIPIO DE SANTA CLARA			128
	<b>TOTAL</b>	535	29	1152

Si la cantidad de ancho de banda fuera dedicada a cada cantón tendríamos la solución para la velocidad de Internet que se les debe asignar, pero se debe mantener una compartición de 4 a 1 con respecto a las tablas presentadas anteriormente. Para cumplir con este requerimiento se divide el valor total de ancho de banda de cada cantón para 4 y de esta manera conocer el valor real más un 20% del valor, que es tomado en cuenta para el crecimiento de la red.

Se cumple con esto con las especificaciones dadas por FODETEL y con el cual se tiene el requerimiento de ancho de banda que a ser considerado y que se ve reflejado en la Tabla 4.16.

**Tabla. 4.15. Ancho de Banda a ser considerado**

Cantón	Ancho de Banda Calculado	Ancho de Banda Real
ARAJUNO	640 kbps	192 kbps
MERA	1664 kbps	500 kbps
SANTA CLARA	1152 kbps	346 kbps

La demanda de ancho de banda nos permite canalizar mejor las alternativas que se tienen para implementar la red conociendo que la tecnología escogida es capaz de soportar esta demanda y de esta manera aplicar los planes de sostenibilidad a cada comunidad considerando que la vida útil de esta red de comunicaciones se ha planificado que sea de 10 años y que mientras el tiempo avanza mejoran las prestaciones por velocidades de conexión y se aminoran los costos.

#### 4.4. EQUIPAMIENTO DE TELECOMUNICACIONES

Aquí se detallarán las características básicas de equipos a ser utilizados y las cuales fueron configuradas en la herramienta de simulación para que esta se apegue más a la realidad.

Puesto que este estudio entrará a una licitación o concurso público no podemos favorecer a una empresa o marca por lo que estas no serán utilizadas y las características de los equipos se consideran como referenciales

##### **Equipo CPE/AP**

- Diseño impermeable para uso al aire libre.
- Frecuencia de Operación 2.400 ~ 2.497GHz (Programable de acuerdo a las regulaciones de cada país).
- Integra equipo de radio y *router*.
- Completa compatibilidad con IEEE 802.11a/b/g que permite la inter-operación entre múltiples proveedores.
- Potencia de hasta 30dBm/1000mW para largas distancias (hasta 50km) sin amplificado.
- Tasa de transferencia de datos de hasta 54Mbps.
- Power over Ethernet - PoE.
- Soporta 64/128/152 WEP, WPA y WPA2.

- Administrable vía *Web*.
- Control de Ancho de Banda.
- Firewall SPI y packet/URL filtering.
- Sensibilidad: -93dBm a 1Mbps / -75dBm a 54 Mbps.

### **Antenas para CPE**

- Ganancia de Antena: 12dBi, 15dBi, 24dBi
- Frecuencia de Operación: 2300 ~ 2712MHz.
- Polarización Horizontal o Vertical.
- Directiva.

### **Antenas para AP**

- Ganancia de Antena: 16dBi
- Frecuencia de Operación: 2300 ~ 2712MHz.
- Polarización Horizontal o Vertical.
- Sectorial 90°.

### **Switch**

- 8 puertos
- Velocidad 10/100Mbps sobre Ethernet

#### 4.5. ZONAS DE COBERTURA

Se designo el uso de antenas sectoriales que cumplen la función de dar el acceso a cada institución, éstas están ubicadas en las cumbres para dar cobertura a un sector, más para efecto de demostración se ha simulado antenas de cobertura de  $360^{\circ}$  para observar toda la zona que puede ser alcanzada, esto es mostrado en las gráficas siguientes.

##### Cantón Arajuno:

Antena sectorial ubicada en lo alto del municipio cantoral

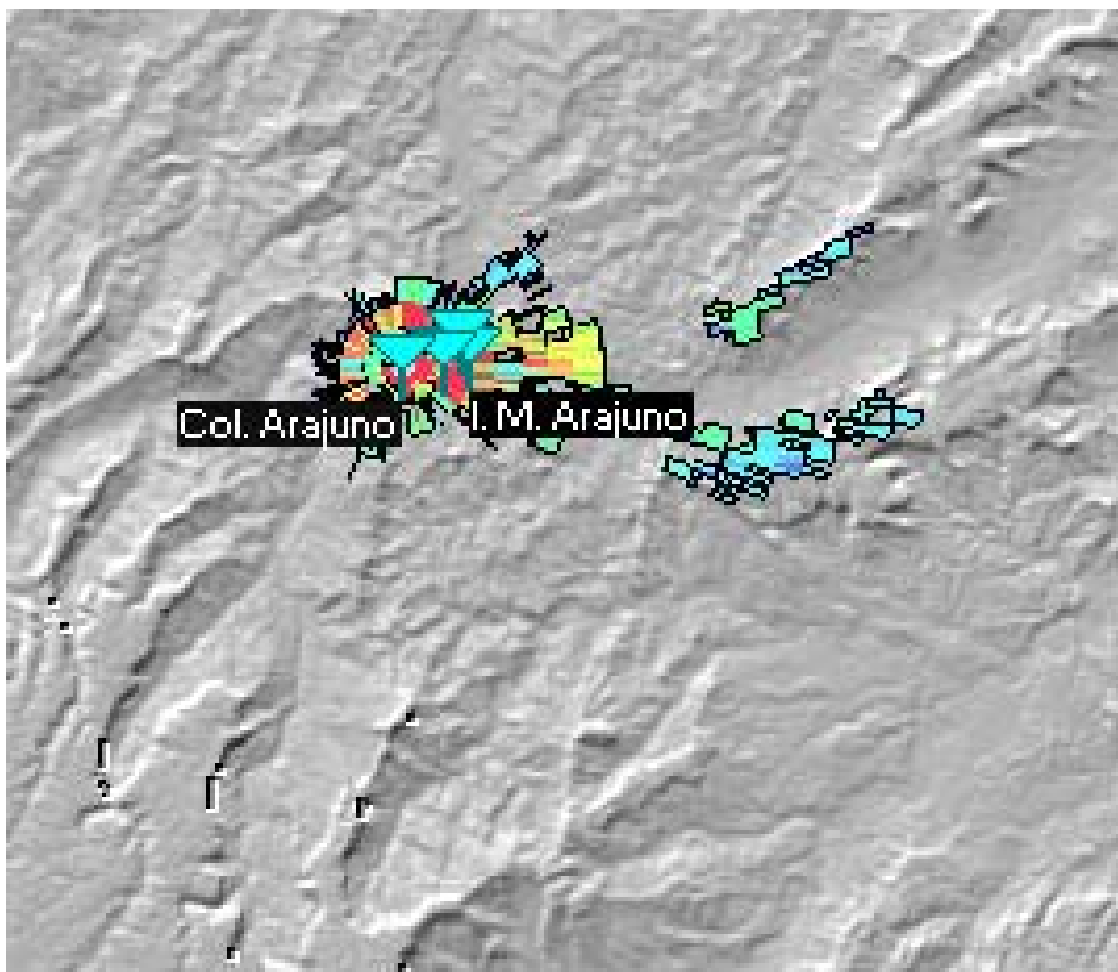


Figura. 4.13. Cobertura de la antena del I.M. Arajuno

### Cantón Mera:

Antena ubicada en el cerro la Abitagua, esta antena en su cobertura además de abarcar al cantón Mera también cubre ciertas zonas del cantón Pastaza y de la provincia de Morona Santiago aunque gran parte de estas zonas de cobertura de se encuentran deshabitadas pero es un buen indicador que si a futuro llegaran a poblarse se puede acceder a las mismas sin necesidad de otra infraestructura.

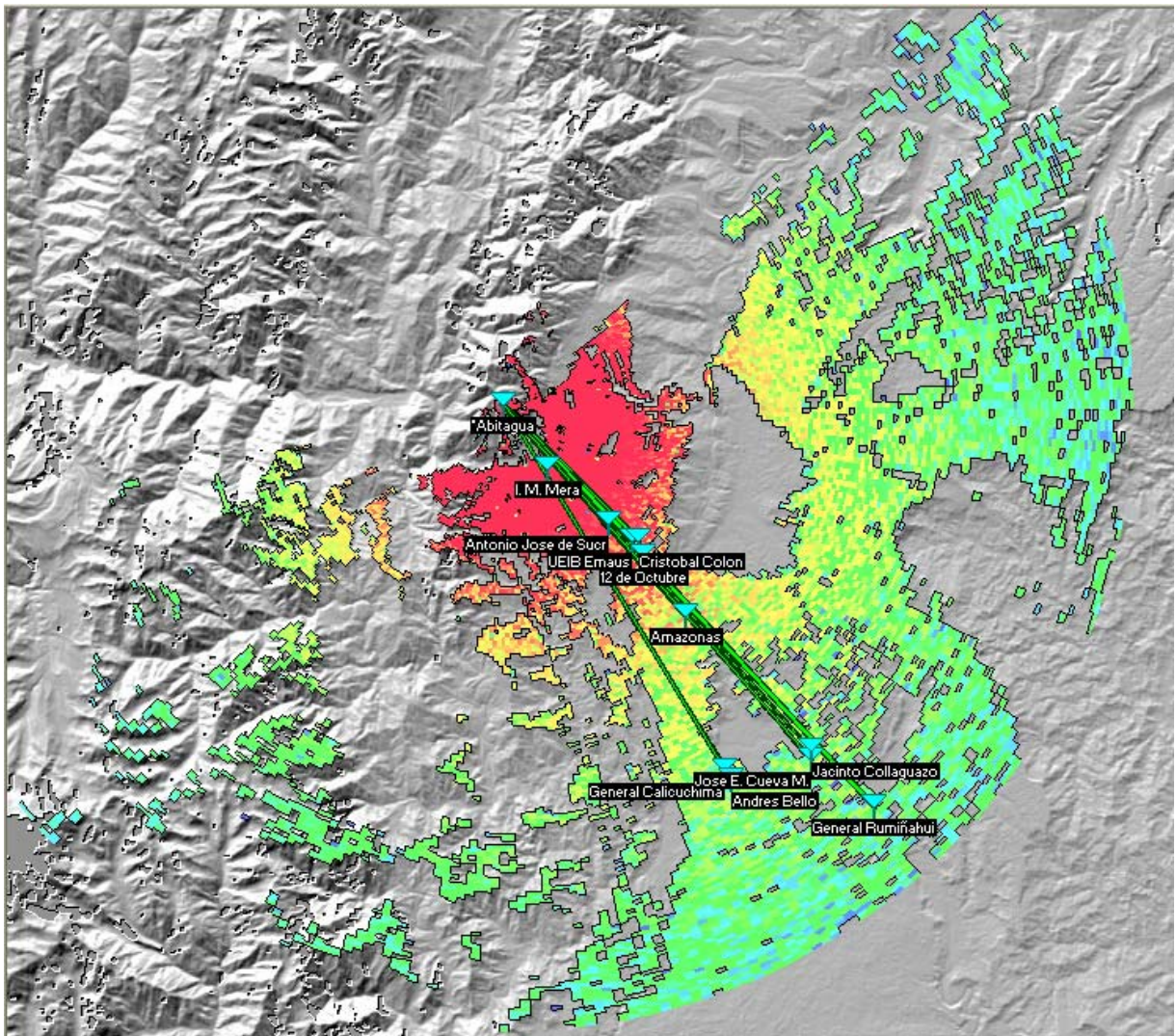


Figura. 4.14. Cobertura de la radiobase La Abitagua

### Cantón Santa Clara:

Antena ubicada en el cerro San Pedro de Punín



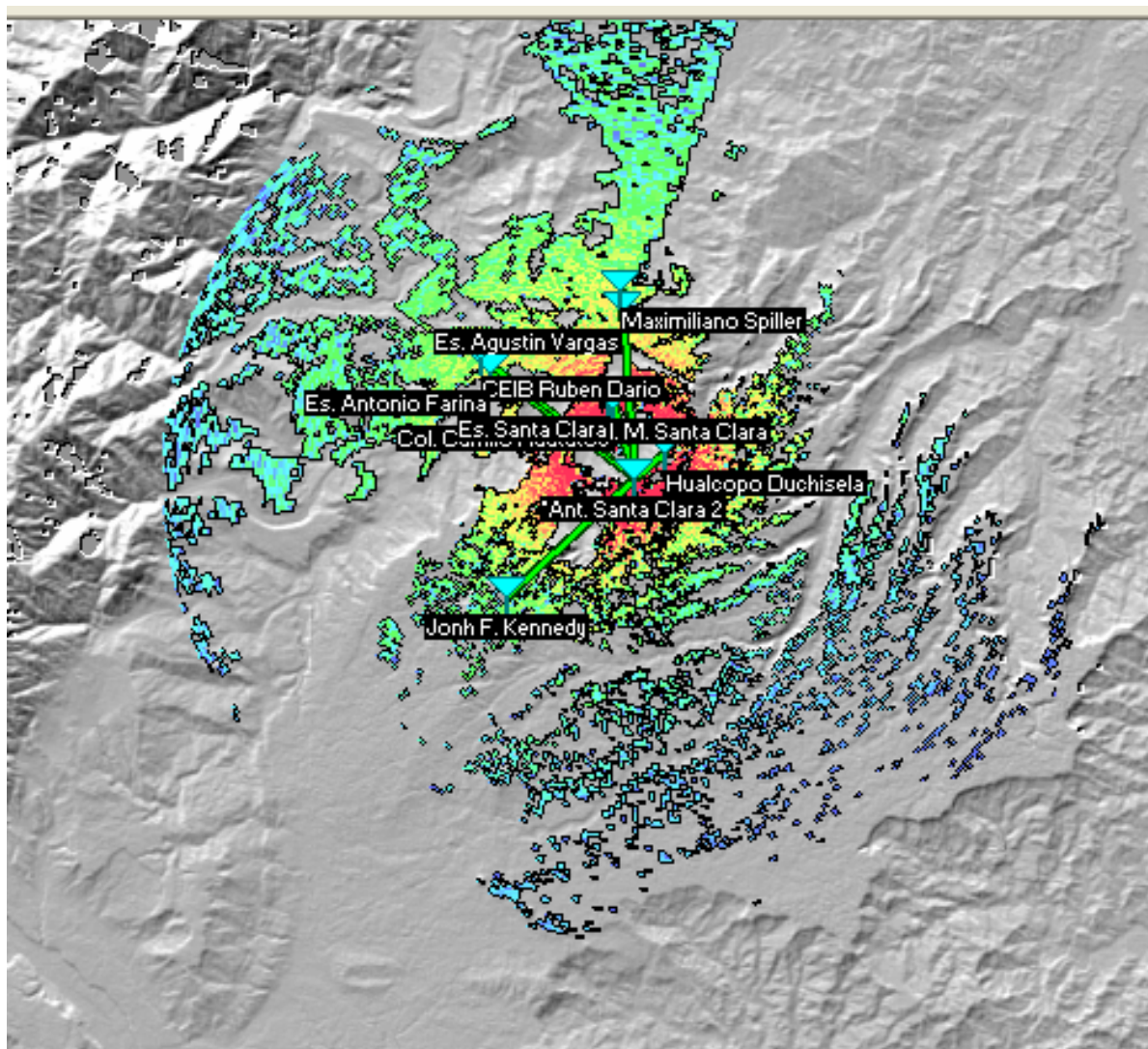


Figura. 4.15. Cobertura de la radiobase San Pedro de Punín

La cobertura mostrada se ve tan interrumpida por la irregularidad del terreno y la cantidad de vegetación existente en estas zonas orientales.

### Cálculos de los Radioenlaces

Para mantener una mayor fiabilidad con respecto a los cálculos, para cada enlace se ha realizado el cálculo de pérdidas y ganancias con el programa de simulación Radiomobile, configurando las características de los equipos reales que se encuentran dentro del equipamiento de la red, y se han establecido los siguientes parámetros para el modelo de propagación, de Longley Rice, usado por el software:

- Modo Estadístico: 90% del tiempo, 80 % de ubicaciones, 80% de situaciones.
- Clima ecuatorial para zona amazónica
- Pérdidas por vegetación 10%
- Parámetros por defecto de refractividad, conductividad y permitividad.

Estos parámetros se ajustaron de acuerdo a las medidas de señal de enlaces WiFi verificadas empíricamente en las redes que han sido desplegadas por el Grupo de Telecomunicaciones Rurales de la Pontificia Universidad Católica del Perú (GTR-PUCP) en sitios amazónicos cercanos a nuestra selva y de las mismas características.

Cabe recalcar que de acuerdo al GTR-PUCP 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 software de simulación.

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los enlaces en su red correspondiente, que superan el umbral de recepción de los equipos marcado en -93dBm que comprueba que la interconexión es fiable. Todos los valores se encuentran en dB y los datos pueden encontrarse en los perfiles de los enlaces en el Anexo 2.

### Cantón Arajuno

**Tabla. 4.16. Cálculo del Margen de Desvanecimiento en los enlaces del Cantón Arajuno**

No.	Estación	Acceso	Perdidas Espacio Libre	Pérdidas Totales	Nivel Rx	Margen Desvan.
1	COLEGIO ARAJUNO	I. MUNICIPIO DE ARAJUNO	104,1	120,4	-71,9	21,1
2	DANIEL ROGERS	I. MUNICIPIO DE ARAJUNO	95,8	110,9	-62,9	30,1

No.	Estación	Acceso	Perdidas Espacio Libre	Pérdidas Totales	Nivel Rx	Margen Desvan.
3	EDUARDO MC' ULLY	I. MUNICIPIO DE ARAJUNO	95,2	113,8	-65,1	27,9
4	GABRIEL LOPEZ	I. MUNICIPIO DE ARAJUNO	93,2	113,7	-62,9	30,1

### Cantón Santa Clara

Tabla. 4.17. Cálculo del Margen de Desvanecimiento en los enlaces del Cantón Santa Clara

No.	Estación	Acceso	Perdidas Espacio Libre	Pérdidas Totales	Nivel Rx	Margen Desvan.
1	CAMILO HUATATOCA	Radiobase San Pedro de Punín	110	126	-75	18
2	CECIB RUBEN DARIO	Radiobase San Pedro de Punín	118,6	136,2	-73,3	19,7
3	ESCUELA AGUSTIN VARGAS	Radiobase San Pedro de Punín	117,3	132,8	-79	14
4	ESCUELA ANTONIO FARINA	Radiobase San Pedro de Punín	117,9	133,4	-79,5	13,5
5	ESCUELA FISCOMISIONAL SANTA CLARA	Radiobase San Pedro de Punín	111,3	131,4	-77,4	15,6
6	HUALCOPO DUCHISELA	Radiobase San Pedro de Punín	104,7	126,2	-77,2	15,8
7	JOHN F. KENNEDY	Radiobase San Pedro de Punín	117,7	132,7	-79,7	13,3
8	MAXIMILIANO	Radiobase San	118,3	133,2	-79,4	13,6



No.	Estación	Acceso	Perdidas Espacio Libre	Pérdidas Totales	Nivel Rx	Margen Desvan.
	SPILLER	Pedro de Punín				
9	Radiobase San Pedro de Punín	I. MUNICIPIO DE SANTA CLARA	111	131,6	-75,6	17,4

### Cantón Mera

Tabla. 4.18. Cálculo del Margen de Desvanecimiento en los enlaces del Cantón Mera

No.	Estación	Acceso	Perdidas Espacio Libre	Pérdidas Totales	Nivel Rx	Margen Desvan.
1	AMAZONAS	Radiobase La Abitagua	125,3	139,5	-76,5	16,5
2	ANDRES BELLO	Radiobase La Abitagua	129,2	143,7	-80,8	12,2
3	ANTONIO JOSE DE SUCRE	Radiobase La Abitagua	120,3	136,3	-73,3	19,7
4	CRISTOBAL COLON	Radiobase La Abitagua	122	138,5	-75,5	17,5
5	ESC. DE PRACTICA 12 DE OCTUBRE	Radiobase La Abitagua	122,7	141,3	-78,3	14,7
6	GENERAL CALICUCHIMA	Radiobase La Abitagua	129	146,5	-83,5	9,5
7	GENERAL RUMIÑAHUI	Radiobase La Abitagua	131,1	145,3	-82,3	10,7
8	JACINTO COLLAGUAZO	Radiobase La Abitagua	129,7	144,3	-81,3	11,7
9	JOSE EDUARDO CUEVA MEDINA	Radiobase La Abitagua	129,8	144,2	-81,2	11,8

<b>No.</b>	<b>Estación</b>	<b>Acceso</b>	<b>Perdidas Espacio Libre</b>	<b>Pérdidas Totales</b>	<b>Nivel Rx</b>	<b>Margen Desvan.</b>
10	U. E. FISCOMISIONAL INTER CUL. BILING. EMAUS	Radiobase La Abitagua	121,8	135,4	-73,4	19,6
11	Radiobase La Abitagua	I. MUNICIPIO DE MERA	114,2	130,4	-80,4	12,6

## **CAPÍTULO 5**

### **ASPECTOS LEGALES Y REGULATORIOS**

Para realizar la implementación de estas redes sociales en el Ecuador se está sujeto a ciertas normas y leyes, que van de la mano o se encuentran en función de la tecnología que desee usarse.

El gobierno del Ecuador a través del Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL se encarga de la creación de estas normas y su cumplimiento, quien a su vez ha delegado como agente regulador de las distintas tecnologías y sus frecuencias de operación a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones SENATEL y quien realiza la función de supervisar y controlar es la Superintendencia de Telecomunicaciones SUPTEL.

Todas estas normas abarcan un gran campo por lo que a continuación se detalla las que competen con este estudio.

#### **5.1. NORMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA MDBA**

Norma que permite la regulación de sistemas que utilicen modulaciones de banda ancha como espectro ensanchado o modulación por división de frecuencias ortogonales como las usadas en sistemas descritos en este estudio.

Para otorgar permisos de operación de sistemas MDBA se lo hace mediante título secundario y debe hacérselo comprobando que el sistema este activo sin causar interferencias que perjudiquen a algún sistema que haya sido concesionado como título primario, es decir que tenga un contrato de concesión de frecuencias, caso contrario los sistemas implementados deberán ser retirados de manera inmediata hasta que la SUPTEL

realice un informe técnico indicando que el problema de interferencia ha sido solucionado satisfactoriamente para ambas partes.

Las frecuencias asignadas en el Plan Nacional de Frecuencias para los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha se atribuyen a las siguientes bandas de frecuencias: 902-928MHz, 2400-2483.5MHz, 5150-5250MHz, 5250-5350MHz, 5470-5725MHz y 5725-5850MHz.

En caso que se decida hacer uso de bandas de frecuencias distintas a las mencionadas dentro del Plan Nacional de Frecuencias se debe presentar un estudio técnico para su aprobación ante el CONATEL.

Dentro de las bandas antes descritas por el plan se encuentran las ICM o no licenciadas y las bandas INI que son bandas atribuidas especialmente para MDBA, también cabe mencionar que los propietarios deben asegurar que las emisiones se encuentren dentro de la banda de frecuencias de operación.

Para mantener una correcta operación se han descrito esta norma la manera de configuración y potencias máximas para cada una de las frecuencias en cada modo de configuración en que los sistemas MDBA pueden operar y son tres: Punto – Punto, Punto – Multipunto o móviles. Las potencias máximas de operación para cada una de las bandas se establecen en el Anexo 1 de la Norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha, los anexos de esta norma se pueden encontrar en la página *Web* de CONATEL.

Cada uno de los equipos que vayan a ser utilizados dentro de la implementación de redes con sistemas MDBA deberán ser homologados por la SUPTEL, esta homologación debe tener en cuenta las características del equipo y lo establecido en el Reglamento para Homologación de Equipos de Telecomunicaciones.

Para solicitar el registro de operación de este tipo de sistemas se deberá presentar la información legal y técnica en los respectivos formularios que son:

- Formulario RC-1B. Formulario para información legal (Sistemas de MDBA).
- Formulario RC-2A. Formulario para la información de la infraestructura del sistema de radiocomunicaciones.

- Formulario RC-3A. Formulario para información de antenas.
- Formulario RC-4A. Formulario para información de equipamiento.
- Formulario RC-9A. Formulario para los Sistemas MDBA punto – punto.
- Formulario RC-9B. Formulario para los Sistemas MDBA punto – multipunto.
- Formulario RC-9C. Formulario para los Sistemas MDBA móviles.
- Formulario RC-14A. Esquema del Sistema
- Formulario RC-15A. Emisiones del RNI (Radiación no Ionizante)

Además de otros documentos que la SENATEL solicite.

Al finalizar los trámites mediante este formulario será otorgado el certificado de Registro de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha que tiene un plazo de duración de cinco años y si se requiere este puede ser renovado dentro de los 30 días previos a su vencimiento.

De acuerdo a su uso los sistemas de MDBA pueden ser designados como sistemas de explotación (con fines de lucro) o como sistemas privados (sin fines de lucro) para lo cual se deberá adquirir el título habilitante correspondiente.

Si se desea realizar una modificación técnica como cambio de equipo, frecuencia, potencia, ganancia o ubicación de los sitios de transmisión se debe presentar una solicitud de la modificación ante la SENATEL que será la encargada de autorizar el cambio.

## **5.2. REGLAMENTO DE DERECHOS DE CONCESIÓN Y TARIFAS POR EL USO DE FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

Reglamento que define las tarifas que se aplicaran al pago de la concesión y uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, se encuentra basado en las nuevas tecnologías para servicios de comunicación y está en función del índice inflacionario definido por el CONATEL de acuerdo a un estudio y que debe ser el menor registrado en el primer mes del año.

De acuerdo a la última reforma a este reglamento aprobada el 10 de noviembre de 2008, los artículos que rigen a los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha son los siguientes:

“**Art. 19.-** Los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha que operen en configuración punto-punto, en las bandas que el CONATEL determine, pagarán una tarifa mensual por uso de frecuencias, según la ecuación 6:

$$T (\text{US\$}) = K_a * \alpha_6 * \beta_6 * B * NTE \text{ (Ec.6)}$$

Donde:

**T (US\$)** = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América.

**K<sub>a</sub>** = Factor de ajuste por inflación.

**α<sub>6</sub>** = Coeficiente de valoración del espectro para los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha (De acuerdo a la Tabla 1, Anexo 5 del Reglamento).

**β<sub>6</sub>** = Coeficiente de corrección para los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.

**B** = Constante de servicio para los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha (De acuerdo a la Tabla 2, Anexo 5 del Reglamento).

**NTE** = Es el número total de estaciones fijas y móviles de acuerdo al sistema.

El valor del coeficiente α<sub>6</sub> se detalla en la Tabla 1, Anexo 5 y el valor de la constante B para los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha se detalla en la Tabla 2, Anexo 5.”<sup>1</sup>

De acuerdo a las tablas y anexos mencionados en el artículo, los valores de K<sub>a</sub> y β<sub>6</sub> son iguales a 1, el valor de α<sub>6</sub> es 0.5333 y el valor de B es igual a 12, por lo que se tiene:

$$T (\text{US\$}) = 1 * 0.5333 * 1 * 12 * NTE$$

$$T (\text{US\$}) = 6.4 * NTE$$

Cada uno de los enlaces Punto-Punto considera 2 estaciones, dentro de todo el estudio para los 3 cantones, Arajuno, Santa Clara y Mera se suman 3 enlaces de este tipo por lo que NTE = 6 entonces:

$$TA (\text{US\$}) = 2 * 6.4 = \$12.80$$

---

<sup>1</sup> Art. 19. del Reglamento de derechos por concesión y tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico

Las tarifas definidas para los sistemas Punto–Multipunto se rigen de acuerdo al Artículo 10 de este reglamento, que indica a que sistemas se los considera de esta categoría y que aplica las Tarifas A y C.

La Tarifa A indica que para los sistemas Punto–Multipunto que utilicen MDBA se considerará como ancho de banda a la correspondiente sub-banda asignada por el CONATEL. La ecuación para la Tarifa A es la siguiente:

$$T (\text{US\$}) = K_a * \alpha^4 * \beta^4 * A * D^2$$

“Donde:

**T (US\$)** = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América.

**K<sub>a</sub>** = Factor de ajuste por inflación.

**α<sup>4</sup>** = Coeficiente de valoración del espectro para el servicio fijo y móvil (multiacceso)(de acuerdo a Tabla 1, Anexo 4 del Reglamento).

**β<sup>4</sup>** = Coeficiente de corrección para la tarifa por estación de base o estación central fija.

**A** = Anchura de banda del bloque de frecuencias en MHz concesionado en transmisión y recepción.

**D** = Radio de cobertura de la estación de base o estación central fija, en km (De acuerdo a la Tabla 1, Anexo 4 del Reglamento).”<sup>1</sup>

A continuación se muestra un resumen de la Tabla 1 del Anexo 4 del Reglamento de Tarifas donde se muestran los valores que deben obtenerse de la Tarifa A para cada una de las bandas de frecuencia de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.

**Tabla. 5.1. Coeficientes y Valor de la Tarifa A**

<b>Bandas de Frecuencias (MHz)</b>	<b>Ancho de Banda</b>	<b>α<sup>4</sup></b>	<b>D</b>	<b>Valor Tarifa A</b>
902-928	28	0,0036731	16,5	<b>28</b>
2400-2483,5	83,5	0,0020828	11,5	<b>23</b>
5150-5250	100	0,0015625	8	<b>10</b>

<sup>1</sup> Art. 11. del Reglamento de derechos por concesión y tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico

<b>Bandas de Frecuencias (MHz)</b>	<b>Ancho de Banda</b>	<b><math>\alpha_4</math></b>	<b>D</b>	<b>Valor Tarifa A</b>
5250-5350	100	0,0015625	8	<b>10</b>
5470-5725	255	0,0015625	8	<b>25,5</b>
5725-5850	125	0,0015625	8	<b>12,5</b>

La Tarifa C indica que se consideran el número total de estaciones fijas y móviles de un sistema multiacceso. La ecuación para esta tarifa es la siguiente:

$$T (\text{US\$}) = K_a * \alpha_5 * F_d$$

“Donde:

**T (US\$)** = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América.

**K<sub>a</sub>** = Factor de ajuste por inflación.

**$\alpha_5$**  = Coeficiente de valoración del espectro por estaciones de abonado móviles y fijas para el Servicio Fijo y Móvil (multiacceso) (De acuerdo a la Tabla 2, Anexo 4 del Reglamento).

**F<sub>d</sub>** = Factor de capacidad (De acuerdo al Servicio Fijo y Móvil (multiacceso), refiérase a las Tablas 3 hasta la 8, Anexo 4 del Reglamento).”<sup>1</sup>

Ya que el valor del factor K<sub>a</sub> y  $\alpha_5$  es igual a 1 el valor de la Tarifa C se reduce a ser igual a F<sub>d</sub>. Los valores de F<sub>d</sub> son los que se muestran en la tabla 5.2.

**Tabla. 5.2. Valor de F<sub>d</sub> para Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha**

<b>Número de estaciones</b>	<b>F<sub>d</sub></b>
3 < N ≤ 10	3
10 < N ≤ 20	7
20 < N ≤ 30	10
30 < N ≤ 40	15

<sup>1</sup> Art. 13. del Reglamento de derechos por concesión y tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico



Número de estaciones	Fd
$40 < N \leq 50$	19
$N > 50$	25

En resumen el precio total que debe ser cancelado mensualmente para los sistemas de enlaces Punto–Multipunto es la suma de los valores obtenidos de acuerdo a la Tarifa A más los valores de la Tarifa C, por lo que queda en función de la banda de frecuencias y el número total de estaciones de cada sistema.

### 5.3. REGLAMENTO DEL FONDO PARA EL DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN ÁREAS RURALES Y URBANO MARGINALES

El reglamento norma la administración, financiamiento, operación y fiscalización del fondo para el desarrollo de las telecomunicaciones en las áreas rurales y urbano marginales y dentro del cual se incluyen las siguientes definiciones que caracterizarán los proyectos manejados a través del FODETEL.

**“Servicio universal:** Es la obligación de extender el acceso a un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones a todos los habitantes del territorio nacional, sin perjuicio de su condición económica, social, o localización geográfica, a precio asequible y con la calidad debida.

**Acceso universal:** Es la disponibilidad de los servicios de telecomunicaciones a una distancia aceptable con respecto a los hogares o lugares de trabajo.

**Telecentro Comunitario Polivalente:** Es el centro de telecomunicaciones ubicado en comunidades rurales y urbano marginales para la prestación de entre otros, los siguientes servicios y facilidades: voz, datos, video, multimedia y acceso a internet. Además puede contar con instalaciones para teleducación, telemedicina y otras afines.

**Terminal domiciliario:** Aparato telefónico o aparato terminal de datos, conectado a la red pública de sistemas de telefonía fija o móvil.

**Contrato de financiamiento:** Es el convenio administrativo mediante el cual se otorga financiamiento para infraestructura de programas y proyectos del FODETEL.

Cuando así se establezca en las bases o disposiciones pertinentes, el contrato de financiamiento podrá incluir estipulaciones respecto de la operación, mantenimiento y subsidios directos a los usuarios.

**Contrato de concesión:** Para efecto del presente reglamento, es el convenio mediante el cual se otorga a una persona natural o jurídica el derecho a explotar los servicios de telecomunicaciones que se financien con recursos del FODETEL.

**Términos técnicos:** Los términos técnicos usados en el presente reglamento tendrán los significados que les atribuye la Ley Especial de Telecomunicaciones y su Reglamento General, los cuales tendrán prevalencia sobre cualquier otra definición. En caso de no estar definidos en este reglamento y los instrumentos mencionados, tendrán el significado que les atribuye la Unión Internacional de Telecomunicaciones (U.I.T.).”<sup>1</sup>

El Reglamento define los principales objetivos que se deben tener dentro del FODETEL y los cuales son:

- a. “Financiar programas y proyectos destinados a instaurar o mejorar el acceso a los servicios de telecomunicaciones de los habitantes de las áreas rurales y urbano marginales, que forman parte del Plan de Servicio Universal; así como estudios, seguimiento, supervisión y fiscalización de estos programas y proyectos;
- b. Incrementar el acceso de la población en áreas rurales y urbano marginales a los servicios de telecomunicaciones, con miras a la universalización en la prestación de estos servicios para favorecer la integración nacional, mejorar el acceso de la población al conocimiento y la información, coadyuvar con la prestación de los servicios de educación, salud y emergencias, así como ampliar las facilidades para el comercio y la producción;

---

<sup>1</sup> Artículo 2 del REGLAMENTO DEL FONDO PARA EL DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN ÁREAS RURALES Y URBANO MARGINALES.

- c. Atender, prioritariamente, las áreas rurales y urbano marginales que no se encuentren servidas o tengan un bajo índice de penetración de servicios de telecomunicaciones; y,
- d. Promover la participación del sector privado en la ejecución de sus programas y proyectos.”<sup>1</sup>

Estos objetivos cumplen con la principal enmienda de creación de esta entidad la cual es destinar los recursos económicos con los que cuenta al desarrollo de servicios de comunicaciones para que cumplan el plan de servicio universal.

Los recursos de FODETEL además de ser parte de las asignaciones realizadas por el CONATEL provienen de los aportes de los proveedores de servicios de telecomunicaciones y operadores de redes públicas, titulares de concesiones, autorizaciones y permisos de telecomunicaciones en el país, además de donaciones, convenios de cooperación suscritos con entidades nacionales o internacionales y los intereses, beneficios y rendimientos resultantes de la gestión de sus recursos.

Todos los programas y proyectos a ser financiados por FODETEL deben estar contenidos dentro de un plan operativo elaborado por el Director del FODETEL dentro del marco del Plan de Servicio Universal, y basado en investigaciones propias de la entidad e iniciativas de ministerios, gobiernos seccionales, organismos no gubernamentales y otros sectores que demuestren interés en tales proyectos promoviendo además la iniciativa de la demanda en el servicio de carácter social. Estos programas se establecerán en base a estudios de la mejor relación costo beneficio y se tomarán en cuenta la atención a los sectores de educación, salud y producción, provisión de servicios en áreas no servidas, incremento del servicio en áreas con bajo índice de penetración y atención a zonas fronterizas.

Con el fin de realizar la contratación de proyectos se llamará a un concurso público sujeto al Reglamento de Ejecución de Proyectos y Contratación de Servicios del FODETEL, que determinará que proyectos por su monto u origen de los recursos no

---

<sup>1</sup> Artículo 4 del REGLAMENTO DEL FONDO PARA EL DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN ÁREAS RURALES Y URBANO MARGINALES.

requieren de concurso público y establecerá los mecanismos para su contratación y ejecución.

Toda persona que no tenga impedimento para obtener concesiones Puede participar en los concursos públicos llamados por FODETEL y una vez adjudicado el contrato de concesión del proyecto, se firmará el contrato de financiamiento para de acuerdo a este ser otorgados los fondos.

La fiscalización de los proyecto será realizada directamente por FODETEL o por contratación a terceros y comprenderá principalmente a equipos, materiales, instalación y pruebas de operación, condiciones de conexión e interconexión, fiscalización financiera y legal.

## CAPÍTULO 6

### ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

El presente capítulo muestra el análisis de los costos de las 3 redes comunales correspondientes a los cantones Arajuno, Santa Clara y Mera de la provincia de Pastaza que servirá de base ha ser comparada con el presupuesto que deberá tener este proyecto.

Dentro de este análisis se incluyen el costo de implementación y mantenimiento de las redes por un período de 5 años que será financiado por el gobierno en relación a lo acordado con el FODETEL, además de alternativas de de sostenibilidad para que estas redes sean autosustentables pasado el tiempo antes mencionado.

Los precios son referenciales de acuerdo a propuestas de proveedores, características de los equipos y datos entregados por FODETEL, además del costo relacionado con la concesión.

#### 6.1. COSTOS DE INVERSIÓN

La tecnología escogida es *WiFi* pues se tiene las mejores prestaciones, los puntos a tomar en consideración en las redes pueden ser observados en el diseño de la red *WAN* en las tablas 4.1 a 4.6, pero en resumen se encuentran divididos de la siguiente manera:

En el cantón Arajuno existen 4 estaciones con equipos CPE (antena y equipo final de cliente) y 1 punto de acceso con 1 antena sectorial de 90<sup>0</sup> que será ubicada sobre el municipio del cantón.

El cantón Santa Clara consta de 11 estaciones finales y 1 punto de acceso con una antena direccional de 90<sup>0</sup> ubicada en el cerro San Pedro de Punín que si consideramos que no se podría alquilar las distintas torres en donde esta antena debe ser ubicada tomaremos

en cuenta la construcción de una torre al igual que en el cantón Mera que consta de 1 punto de acceso con antena de 90<sup>0</sup> en el cerro La Abitagua y 12 estaciones finales.

Para efectos de generar una tabla de costos general todos los rubros que se generen en las 3 redes han sido sumados y se encuentran detallados a continuación conjuntamente con sus respectivos costos.

### 6.1.1. Costos de las Antenas

Se tomarán en cuenta equipos con antenas de ganancia 12dBi, 15 dBi, 24 dBi, los equipos ha ser usados con incorporan un sistema de *router* lo que les permite bajar de la antena directamente con cable UTP, el mismo utilizado en las redes LAN, además de los equipos que se muestran en la tabla 6.1.

**Tabla. 6.1. Costo de las Antenas**

CANT.	DESCRIPCION DE MATERIALES	COSTO	
		UNITARIO	TOTAL
	<b>Antenas</b>		
10	CPE con Antena integrada de Ganancia 12 dBi, 2.4GHz	498,00	4.980,00
6	CPE con Antena integrada de Ganancia 15 dBi, 2.4GHz	598,00	3.588,00
11	CPE para Antena de Ganancia 24 dBi, 2.4GHz	590,00	6.490,00
3	AP con Antena sectorial de 90 grados de Ganancia 16 dBi, 2.4GHz	890,00	2.670,00
11	Antena de 24 dBi, 2.4GHz	75,00	825,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>18.553,00</b>

### 6.1.2. Costos de Torres y Mástiles

Debido a los inconvenientes que pudieran presentarse consideraremos el costo de las torres en el cerro La Abitagua y San Pedro de Punín, y mástiles para las estaciones que las alturas de sus antenas se encuentren entre los 3 y 5 metros.

**Tabla. 6.2. Costos de Torres y Mástiles**

CANT.	DESCRIPCION DE MATERIALES	COSTO	
		UNITARIO	TOTAL
	<b>Torres y Mástiles</b>		
1	Torre Triangular 20m (La Abitagua)	953,20	953,20
1	Torre Autosoportada 27m(San Pedro de Punín)	1.120,30	1.120,30
2	Mástil para Antena de 3 m	90,72	181,44
3	Mástil para Antena de 5 m	207,22	621,66
3	Sistema de respaldo de energía en Radiobases	1.885,00	5.655,00
6	Base de hormigón (Base de torres y pilotes de anclaje)	300,00	1.800,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>10.331,60</b>

### 6.1.3. Costos de Equipamiento de Red

Como se indicó, cada institución educativa será dotada de equipos de computadoras para que se haga uso correcto de la red y se excluye de esta dotación a los municipios de cada cantón ya que estos cuentan con sus propios equipos y su propia infraestructura de redes LAN.

Se debe considerar en total 128 computadores para los 2473 alumnos beneficiarios y sus respectivas instituciones, además de los *switch* en las instituciones que utilicen redes LAN y los *routers* y tarjetas inalámbricas en las instituciones que usen redes WLAN.

Para la seguridad de la red y administración de la red se debe incluir un servidor por cada una de las redes, que opere en software libre es decir en sistema operativo *Linux*.

Además de estos equipos el FODETEL junto con el Fondo de Solidaridad han dispuesto la necesidad dotar a las instituciones educativas de equipos que faciliten capacitaciones a alumnos, docentes y comunidad en general sobre el uso del Internet estos equipos son pizarras electrónicas y proyectores, que tiene un gran ventaja de mejora en la enseñanza al facilitar estas herramientas de última tecnología.

**Tabla. 6.3. Costos del Equipamiento Informático y de Red**

CANT.	DESCRIPCION DE MATERIALES	COSTO	
		UNITARIO	TOTAL
	<b>Equipos de Red</b>		
128	Computador	442,75	56.672,00
19	Switch	43,11	819,09
8	Router WLAN	80,00	640,00
95	Tarjetas WLAN	25,00	2.375,00
3	Equipo Servidor OS Linux	1.740,00	5.220,00
25	UPS	132,00	3.300,00
22	Impresora Multifunción	90,00	1.980,00
22	Pizarra Electrónica	1.502,88	33.063,36
22	Proyector	919,49	20.228,78
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>124.298,23</b>

#### 6.1.4. Costos de Cables

Dentro de este rubro constan los cables tipo *pigtail* para las antenas y el cable UTP para los equipos, incluido también el que deberá ser utilizado en las redes LAN que utilizan medios guiados de las unidades educativas beneficiarias de este estudio excluyendo a las redes internas que puedan tener los municipios por la razón antes mencionada de que poseen ya su propia infraestructura de red.



Tabla. 6.4. Costo de Cables

CANT.	DESCRIPCION DE MATERIALES	COSTO	
		UNITARIO	TOTAL
	<b>Cables</b>		
30	Cable tipo Pigtail	30,00	900,00
380	Cable UTP	0,30	114,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>1.014,00</b>

### 6.1.5. Costos de Puesta a Tierra

Un sistema de protección muy importante y que debe ser implementado debido a la cantidad de tormentas eléctricas que se registran en el oriente ecuatoriano.

Tabla. 6.5. Costos de los Sistemas de Puesta a Tierra

CANT.	DESCRIPCION DE MATERIALES	COSTO	
		UNITARIO	TOTAL
	<b>E. Puesta a Tierra</b>		
27	Protector de Línea (Arrester)	35,00	945,00
25	Sistema de Puesta a Tierra CPE	200,00	5.000,00
3	Sistema de Puesta a Tierra AP	1.800,00	5.400,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>11.345,00</b>

### 6.1.6. Planilla de Equipos

Todos los rubros se encuentran dentro de la planilla de equipos adicionando también el costo que se tiene por mano de obra que incluyen los materiales que el personal necesita, costo de instalación y configuración, con lo cual se obtiene el valor neto sin IVA que se necesita en la inversión de equipamiento.

Tabla. 6.6. Planilla de Equipos de Telecomunicaciones para los Cantones Arajuno, Santa Clara y Mera

ITEM	UNI	CANT.	DESCRIPCION DE MATERIALES	COSTO	
				UNITARIO	TOTAL
			<b>A. Antenas</b>		
A-01	U	10	CPE con Antena integrada de Ganancia 12 dBi, 2.4GHz	498,00	4.980,00
A-02	U	6	CPE con Antena integrada de Ganancia 15 dBi, 2.4GHz	598,00	3.588,00
A-03	U	11	CPE para Antena de Ganancia 24 dBi, 2.4GHz	590,00	6.490,00
A-04	U	3	AP con Antena sectorial de 90 grados de Ganancia 16 dBi, 2.4GHz	890,00	2.670,00
A-05	U	11	Antena de 24 dBi, 2.4GHz	75,00	825,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>18.553,00</b>
			<b>B. Torres y Mástiles</b>		
B-01	U	1	Torre Triangular 20m (La Abitagua)	953,20	953,20
B-02	M	1	Torre Autosoportada 27m(San Pedro de Punín)	1.120,30	1.120,30
B-03	U	2	Mástil para Antena de 3 m	90,72	181,44
B-05	U	3	Mástil para Antena de 5 m	207,22	621,66
B-06	U	3	Sistema de respaldo de energía en Radiobases	1.885,00	5.655,00
B-07	U	6	Base de hormigón (Base de torres y pilotes de anclaje)	300,00	1.800,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>10.331,60</b>
			<b>C. Cables</b>		
C-01	U	30	Cable tipo Pigtail	30,00	900,00
C-02	M	380	Cable UTP	0,30	114,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>1.014,00</b>
			<b>D. Equipos de Red</b>		
D-01	U	128	Computador	442,75	56.672,00
D-02	U	19	Switch	43,11	819,09
D-03	U	8	Router WLAN	80,00	640,00
D-04	U	95	Tarjetas WLAN	25,00	2.375,00
D-05	U	3	Equipo Servidor OS Linux	1.740,00	5.220,00

ITEM	UNI	CANT.	DESCRIPCION DE MATERIALES	COSTO	
				UNITARIO	TOTAL
D-06	U	25	UPS	132,00	3.300,00
D-07	U	22	Impresora Multifunción	90,00	1.980,00
D-08	U	22	Pizarra Electrónica	1.502,88	33.063,36
D-09	U	22	Proyector	919,49	20.228,78
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>124.298,23</b>
			<b>E. Puesta a Tierra</b>		
E-01	U	27	Protector de Línea (Arrester)	35,00	945,00
E-02	U	25	Sistema de Puesta a Tierra CPE	200,00	5.000,00
E-03	U	3	Sistema de Puesta a Tierra AP	1.800,00	5.400,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>11.345,00</b>

RESUMEN POR PARTIDAS	
A. Antenas	18.553,00
B. Torres y Mástiles	10.331,60
C. Cables	1.014,00
D. Equipos de Red	124.298,23
E. Puesta a Tierra	11.345,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>	<b>165.541,83</b>
<b>MANO DE OBRA:</b>	
Materiales de Instalación x 27	4.233,60
Instalación y Configuración x 27	3.628,80
<b>TOTAL MANO DE OBRA:</b>	<b>3.628,80</b>
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS (Mat. + M. de obra)</b>	<b>169.170,63</b>
<b>COSTO DE ALQUILER DE CASSETAS ANUAL (2)</b>	<b>3.600,00</b>
<b>T O T A L</b>	<b>172.770,63</b>
<b>VALOR DE ESTA PLANILLA (SIN INCLUIR IVA)</b>	<b>172.770,63</b>

Se puede observar claramente que el total de la inversión que se debe hacer por equipos es de \$172770,63 (ciento setenta y dos mil setecientos setenta dólares con sesenta y tres centavos) sin incluir el impuesto al valor agregado.

## 6.2. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Estos costos se deben agregar al total de la inversión y dentro de estos se incluyen a todos los que deben ser cancelados mes a mes de acuerdo al tiempo de vida de la red de comunicaciones, por concepto de Internet, de utilización del espectro radioeléctrico, y mantenimiento.

El costo de Internet se encuentra de acuerdo al ancho de banda requerido y se debe contratar un proveedor que cumpla estas especificaciones, el ancho de banda necesario por cantón fue determinado en el estudio de tráfico pero para dar alcance a los precios determinados en el mercado este será aproximado a los anchos de banda que los proveedores pueden suplir como se muestra en la tabla 6.7.

**Tabla. 6.7. Costo Mensual por Internet<sup>1</sup>**

<b>Cantón</b>	<b>Ancho de Banda Requerido</b>	<b>Canal Dedicado</b>	<b>Precio Mensual</b>
ARAJUNO	192 kbps	256 kbps	\$270
MERA	500 kbps	512 kbps	\$526
SANTA CLARA	346 kbps	512 kbps	\$526
<b>TOTAL</b>			<b>\$1.322</b>

Este costo mensual total sirve de referencia para estimar el total a pagarse por el Internet en los 5 años y con esto desembolsar el dinero, y se añade un costo de instalación que aproximadamente está en \$500 por red con lo que se tiene:

**Costo de Internet:** \$1322 x 5 años (60 meses) = \$79.320

---

<sup>1</sup> Fuente: FODETEL

**Costo de Instalación:**  $\$500 \times 3 = \$1.500$

**Costo Total por concepto de Internet:** \$80.820

Los precios que se asignaran por el uso del espectro radioeléctrico serán designados mediante el uso de las ecuaciones y tablas del Reglamento de Derechos de Concesión y Tarifas por el uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico, como fue explicado dentro de los Aspectos Legales y Regulatorios.

Cada sistema tiene su costo, por lo que de acuerdo a lo expuesto anteriormente, el derecho que se paga por cada sistema Punto-Punto es de \$12.80, dentro de este estudio se realizaron 3 enlaces de este tipo por los 60 meses especificados anteriormente se tiene:

**Costo Sistemas Punto – Punto:**  $\$12,80 \times 3 \times 60 \text{ meses} = \$2.304$

Para los sistemas Punto-Multipunto, que dentro de este estudio existen 3, uno por cada cantón, y que cuentan el del Municipio de Arajuno con 4 estaciones, el de la Radiobase La Abitagua en Mera con 10 y el de la Radiobase San Pedro de Punín con 7, se usarán los valores de las tablas 5.1 y 5.2 donde se registra la Tarifa A para la banda de frecuencias de estos equipos, 2400-2483.5 MHz, con el valor de 23 y la Tarifa C en función de las estaciones de cada sistema como se muestra en la tabla 6.8, con los valores totales a pagar por mes que son el resultado de la suma de las Tarifas A y C para cada sistema y el valor por los 5 años de uso.

**Tabla. 6.8. Costo de Sistemas Punto - Multipunto**

	<b>Número de Estaciones</b>	<b>Tarifa A US\$</b>	<b>Tarifa C US\$</b>	<b>Tarifa Mensual US\$</b>	<b>Tarifa 5 Años US\$</b>
Municipio de Arajuno	4	23	3	26	1.560
Radiobase San Pedro de Punín	7	23	3	26	1.560
Radiobase La Abitagua	10	23	7	30	1.800
				<b>TOTAL</b>	4.920

Para obtener el valor total por el uso del espectro radioeléctrico sumamos el costo de los sistemas Punto-Punto y Punto-Multipunto y se tiene:

**Costo por el uso del espectro radioeléctrico:**  $\$2.304 + \$4.920 = \$7.224$

Y para el mantenimiento anual de la red el valor se encuentra estimado en el 1% del costo total de la inversión con lo que se tiene:

**Costo por mantenimiento:**  $\$172.770,63 \times 1\% \times 5 \text{ años} = \$8.638,53$

El costo total por Operación y Mantenimiento es la suma de los rubros antes calculados, servicio de Internet, uso del espectro radioeléctrico y el mantenimiento con se muestra a continuación

**Tabla. 6.9. Costo Total de Operación y Mantenimiento**

<b>Servicio</b>	<b>Precio Total US\$</b>
Internet	80.820
Uso del Espectro Radioeléctrico	7.224
Mantenimiento	8.638,53
<b>TOTAL</b>	<b>96 682,53</b>

### 6.3. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El costo del proyecto es calculado en sumando los rubros por concepto de inversión que se registra en la planilla de equipos, y por concepto de operación y mantenimiento y que se pueden observar en la tabla 6.10.

**Tabla. 6.10. Costo Total del Proyecto**

<b>Rubro</b>	<b>Costo US\$</b>
Planilla de Equipos	172770,63

Operación y mantenimiento	96682,53
<b>TOTAL</b>	<b>269 453,16</b>

El proyecto se encuentra estimado en \$269453,16 (Doscientos sesenta y nueve mil cuatrocientos cincuenta y tres dólares con 16 centavos)

#### **6.4. PLANES DE SOSTENIBILIDAD**

El gobierno financiará el proyecto por un período de 5 años pasado el mismo se debe tener alternativas para que las comunidades a través de cada uno de sus Municipios pueda mantener los beneficios de contar con una red de Internet y que esta sea autosustentable corriendo con los gastos de operación y mantenimiento pues se espera una vida útil de 10 años.

La idea base es que se permitan ingresos a través de la red, algunas alternativas son las siguientes:

- Conversar a través de juntas comunales para cobrar dentro de las planillas mensuales de luz un valor por servicio de internet a todas las casas y edificios de la comunidad recaudado a través del Municipio, explicando que este valor extra no será significativo, como por ejemplo 25 centavos de dólar, y que el beneficio para sus hijos y la comunidad en general es alto al contar con el servicio de Internet.
- Cobrar un valor por Internet a cada alumno beneficiario en las unidades educativas. Este valor puede estimarse en \$5 por alumno anualmente, es decir \$0,50 dólares por cada mes de clase aunque este valor puede ser difícil de recaudar al ser las familias de escasos recursos.
- Cobrar por el uso del Internet por las tardes en los centros educativos a personas no pertenecientes a la institución, pero permitiendo a los alumnos con carnet estudiantil el uso de las instalaciones sin costo, además de incluir centros de copiado e impresiones para que generen más ingresos analizando

el costo de la inversión en equipos y mantenimiento aunque estos pueden ser donados por fundaciones y procurando voluntarios para la atención.

- Ayuda financiera otorgada por fundaciones, empresas privadas y organizaciones internacionales como la Unión Europea para ayudar con el financiamiento de los centros y mejoramiento de la red.

## 6.5. FLUJO DE EFECTIVO

El flujo de efectivo tiene como objetivo el comparar los ingresos con los egresos. Ya que este es un proyecto de carácter social, no se obtiene un beneficio económico por él, pero se considera como ingresos a los obtenidos a través de uno o varios de los planes de sostenibilidad y egresos a los costos que se dan por operación y mantenimiento.

Para determinar la rentabilidad del proyecto haremos uso de las variables VAN o Valor Actual Neto, muy importante para la valoración de inversiones; si su valor es mayor a cero, el proyecto es rentable, considerándose el valor mínimo de rendimiento para la inversión. Y la variable TIR o Tasa Interna de Retorno definida como la tasa de interés con la cual VAN es igual a cero, a mayor TIR mayor rentabilidad.

Estas variables se calculan a través de flujos de caja anuales, trasladando los valores de ingresos y egresos al presente por lo que primero se calcula los egresos que se tendrá anualmente.

Tabla. 6.11. Egresos Anuales

<b>Egreso</b>	<b>Costo Mensual US\$</b>	<b>Costo Anual US\$</b>
Internet	1322	15.864,00
Uso del Espectro Radioeléctrico	120,4	1.444,80
Mantenimiento	143,98	1.727,71
<b>TOTAL</b>	<b>1.586,38</b>	<b>19.036,51</b>



Los ingresos si se asume un caso intermedio donde se implementan 2 de los 4 planes de sostenibilidad planteados tendríamos:

- Un pago por alumno de \$5 anuales en un total de 2473 alumnos
- Un ingreso mensual por el alquiler de internet y los centros de impresión y copiado de aproximadamente \$100 al mes en los 22 centros educativos

Todo esto se ve especificado en la tabla 6.12:

**Tabla. 6.12. Ingresos Anuales**

<b>Ingreso</b>	<b>Mensual US\$</b>	<b>Anual US\$</b>
Pago Anual de los Alumnos	1.236,50	12.365,00
Cyber y Centros de Impresión y Copiado	100,00	26.400,00
Ayuda Económica de Fundaciones/Empresas/OI		20.000,00
<b>Total</b>		71.130,00

Asumiremos que todos estos ingresos se dan desde el momento de implementado el proyecto para que se tenga un respaldo económico cuando este debe sustentarse pasados los 5 años.

Ahora veremos el flujo de caja desde el año 2009, cuando se espera ya contar con una solución tangible del proyecto al 2014 cuando se prevé que el proyecto se comience a sustentar solo.

Tabla. 6.13. Flujo de Caja del Proyecto Arajuno, Mera y Santa Clara

	ESTIMACION DEL FLUJO DE CAJA LIBRE PROYECTO ARAJUNO, MERA Y SANTA CLARA					
	0 2009	1 2010	2 2011	3 2012	4 2013	5 2014
<b>1 Ingresos</b>		<b>308218,16</b>	<b>38765,00</b>	<b>38765,00</b>	<b>38765,00</b>	<b>38765,00</b>
Pago Anual de los Alumnos		12365,00	12365,00	12365,00	12365,00	12365,00
Cyber y Centros de Impresión y Copiado		26400,00	26400,00	26400,00	26400,00	26400,00
Subsidio del FODETEL		269453,16				
<b>2 Costos</b>		<b>-19036,51</b>	<b>-19036,51</b>	<b>-16672,51</b>	<b>-16672,51</b>	<b>-13172,51</b>
Internet		-15864,00	-15864,00	-13500,00	-13500,00	-10000,00
Uso del Espectro Radioeléctrico		-1444,80	-1444,80	-1444,80	-1444,80	-1444,80
Mantenimiento		-1727,71	-1727,71	-1727,71	-1727,71	-1727,71
<b>MARGEN OPERACIONAL BRUTO</b>		<b>289181,65</b>	<b>19728,49</b>	<b>22092,49</b>	<b>22092,49</b>	<b>25592,49</b>
<b>3 Gastos no desembolsables</b>		<b>-47612,31</b>	<b>-47612,31</b>	<b>-47612,31</b>	<b>-47612,31</b>	<b>-47612,31</b>
Depreciación equipos		-47612,31	-47612,31	-47612,31	-47612,31	-47612,31
<b>MARGEN OPERACIONAL FINAL</b>		<b>241569,34</b>	<b>-27883,82</b>	<b>-25519,82</b>	<b>-25519,82</b>	<b>-22019,82</b>
<b>4 Ajuste por Gastos no desembolsables</b>		<b>47612,31</b>	<b>47612,31</b>	<b>47612,31</b>	<b>47612,31</b>	<b>47612,31</b>
Depreciación por equipamiento		47612,31	47612,31	47612,31	47612,31	47612,31
<b>5 Inversión</b>	<b>-165541,83</b>			<b>-56672,00</b>		
	<b>165541,83</b>					
Antenas	18553,00					
Torres y Mástiles	10331,60					
Cables	1014,00					
Equipos de Red	124298,23			-56672,00		
Puesta a Tierra	11345,00					
<b>Total US\$</b>	<b>-165541,83</b>	<b>289181,65</b>	<b>19728,49</b>	<b>-34579,51</b>	<b>22092,49</b>	<b>25592,49</b>

Hay que tener en cuenta dentro de la tabla 6.13 que se espera que las computadoras cumplan su ciclo en 3 años por lo que en el año 2012 se tiene una inversión nuevamente en estos equipos.

El análisis de rentabilidad del proyecto para conocer el porcentaje de rentabilidad es de acuerdo a las variables TIR y VAN como se mencionó y adicionalmente de hacer uso del flujo de caja estas serán calculadas tomando como punto de referencia la tasa de descuento de la zona definida, si la variable TIR es mayor a esta tasa entonces diremos que el proyecto es rentable.

**Tasa Interna de Retorno (TIR):** 78,7%

**Valor Actual Neto (VAN) US\$:** 125.39

Como se observa el proyecto es altamente rentable y por lo tanto es sostenible a través del tiempo, también se incluye que se espera que el valor del Internet se reduzca conforme el tiempo pasa, mejorando con esto los ingresos que tiene la red y pudiendo implementar así mejores equipos y mayores velocidades de servicio.

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1. CONCLUSIONES

Se logró realizar el diseño de una red de telecomunicaciones de carácter social que permitirá brindar acceso a Internet a establecimientos educativos urbano-marginales y a los municipios de los cantones Arajuno, Santa Clara y Mera de la Provincia de Pastaza.

Mediante el estudio de campo se determinó que las comunidades orientales del Ecuador tienen una baja inclusión dentro de la tecnológica y muchas de ellas recientemente habían accedido a una telefonía convencional por lo que hablar de redes de acceso a Internet en estos sitios era hasta hace poco una realidad muy lejana.

Se realizó una red independiente para cada uno de los cantones, Arajuno, Santa Clara y Mera, puesto que, debido a las condiciones geográficas no fue factible interconectarlos, mas estas redes se ven comunicadas dentro de la gran telaraña de Internet y cada cantón puede gestionar su propia infraestructura.

Varias unidades educativas se vieron excluidas de este estudio y diseño de red debido a la falta de servicios eléctricos en sus zonas y a la inexistencia de caminos que faciliten el acceso o que los medios de acceso solo sean fluviales o aéreos.

Se determinó para el diseño de la red de telecomunicaciones el uso de la tecnología WiFi debido a las grandes prestaciones a precios competitivos dentro del mercado, una de ellas, de gran importancia en este estudio, es que a pesar de haber sido pensada para redes locales hoy alcanza grandes distancias dentro de las decenas de kilómetros como las presentadas en este proyecto, a velocidades de hasta 54Mbps suficientes para los requerimientos de la red.

La inversión inicial para la implementación de este tipo de proyectos es alta y puesto que se encuentra enmarcado dentro un proyecto de tipo social, este no genera suficientes ingresos para recuperarla por lo que si no es subsidiado por el gobierno del Ecuador este no podrá ser sustentable.

El Estado Ecuatoriano mediante la implementación de estos proyectos permiten la inclusión de la tecnología en escuelas y colegios urbano-marginales de escasos recursos, mejorando su contacto con el mundo a través del Internet, aumentando su desarrollo en el campo educativo y profesional, capacitándolos para salir a un mundo tan cambiante como el que vivimos desarrollando sus capacidades y oportunidades y de esta manera también ayudando al crecimiento del país.

## **7.2. RECOMENDACIONES**

Se puede realizar convenios con distintas entidades para dotar de equipos que generen energía eléctrica mediante el uso de paneles solares, en sitios donde no puede llegar aún una línea de energía y de esta manera aumentar la cantidad de escuelas que puedan beneficiarse de redes como las expuestas en este estudio ya que la falta de este servicios es considerada una de las limitantes principales.

Para superar el inconveniente de los accesos se pueden instalar repetidores pero el presupuesto de este deberá salir de empresas de telecomunicaciones interesadas para instalarlos en sitios estratégicos y que trabajen de manera conjunta con las entidades que ayuden con la dotación de equipos generadores de energía eléctrica.

Se prevé que los costos de Internet disminuirán con el tiempo, por lo que se recomienda implementar los planes de sostenibilidad desde el inicio del proyecto. Se logra con esto fondos para contratar mejores planes de Internet, aumentando así velocidades y prestaciones de la red y a futuro hacer uso de servicios de video conferencias o distintas aplicaciones que requieren mayores anchos de banda en su funcionamiento.

Se recomienda que todos estos tipos de proyectos sean acompañados de sistemas de capacitación y desarrollo comunitario, como se dijo anteriormente, el mundo de la tecnología aún no ha alcanzado distintos rincones del país, un ejemplo puede ser usando

las aulas de clase fuera de horario para enseñar a la comunidad a usar el computador en aplicaciones como Excel para hacer sus cuentas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Grupo de Telecomunicaciones Rurales, Pontificia Universidad Católica del Perú**, *Redes Inalámbricas Para Zonas Rurales*, Primera Edición, Lima, Enero 2008.
- Alegsá. [En línea], WiFi, <http://www.alegsa.com.ar/Dic/wi-fi.php>, 10 de octubre del 2008.
- Aulaclíc. [En línea], WiFi, <http://www.aulaclíc.es/articulos/wifi.html>, 10 de Octubre del 2008.
- Wikipedia. [En línea], Alta Frecuencia, [http://es.wikipedia.org/wiki/Alta\\_frecuencia](http://es.wikipedia.org/wiki/Alta_frecuencia), 16 de octubre del 2008.
- Wikipedia. [En línea], WiMAX, <http://es.wikipedia.org/wiki/WiMAX>, 16 de octubre del 2008.
- Blogwimax. [En línea], WiMAX, <http://blogwimax.com/que-es-wimax/>, 27 de octubre del 2008.
- Guía ADSL. [En línea], ADSL, <http://guia-adsl.com.ar/ventajas-y-desventajas-del-adsl/>, 3 de noviembre del 2008.
- Wikipedia. [En línea], ADSL, <http://es.wikipedia.org/wiki/ADSL>, 3 de noviembre del 2008.
- Preguntas Tecnológicas Frecuentes. [En línea], VSAT, <http://www.tech-faq.com/lang/es/vsat.shtml>, 8 de noviembre del 2008
- Wikipedia. [En línea], Cable Modem, <http://es.wikipedia.org/wiki/Cablem%C3%B3dem>, 17 de noviembre del 2008
- Radiocomunicaciones.net. [En línea], Espectro Ensanchado, [http://www.radiocomunicaciones.net/pdf/spread\\_spectrum.pdf](http://www.radiocomunicaciones.net/pdf/spread_spectrum.pdf), 17 de noviembre del 2008
- Wikipedia. [En línea], WEP, <http://es.wikipedia.org/wiki/WEP>, 22 de noviembre del 2008.

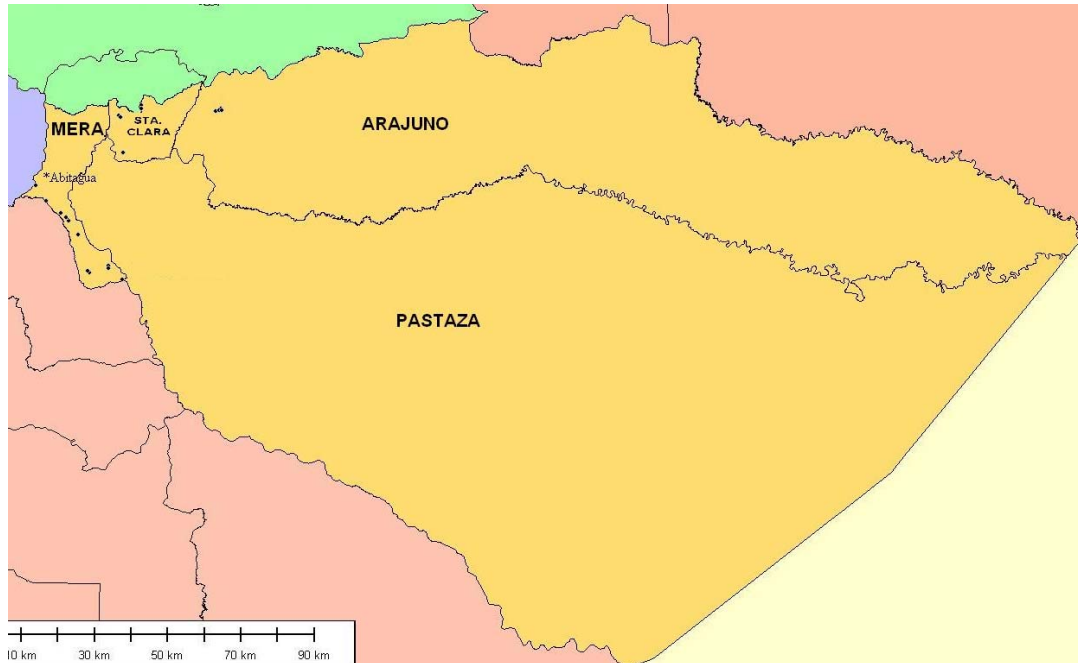
- Wikipedia. [En línea], WPA, [http://es.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi\\_Protected\\_Access](http://es.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi_Protected_Access), 12 de diciembre del 2009.
- Kioskea, [En línea], WPA, <http://es.kioskea.net/contents/wifi/wifi-wpa.php3>, 12 de diciembre del 2009.
- Universidad de Navarra. [En línea], Acceso Satelital, [http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/Tecnologias%20de%20Acceso/SATELITE/Satelite\\_index.htm](http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/Tecnologias%20de%20Acceso/SATELITE/Satelite_index.htm), 16 de diciembre del 2008.
- Word Press. [En línea], Cable Modem, <http://terabyteslibres.wordpress.com/2008/05/14/adsl-o-cable-modem/>, 8 de enero del 2009.
- Ordenadores y Portátiles. [En línea], Cable Modem, <http://www.ordenadores-y-portatiles.com/modem-cable.html>, 8 de enero del 2009.
- Wikipedia. [En línea], WLAN, <http://es.wikipedia.org/wiki/WLAN>, 14 de enero del 2009.
- Wikipedia. [En línea], LAN, <http://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet>, 14 de enero del 2009.
- Superintendencia de Telecomunicaciones. [En línea], Espectro Radioeléctrico, <http://www.supertel.gov.ec/radiocomunicaciones/espectro.htm>, 23 de enero del 2009.
- Radióptica. [En línea], Calculo de Radioenlaces, [http://www.radioptica.com/Radio/calculo\\_radioenlaces.asp](http://www.radioptica.com/Radio/calculo_radioenlaces.asp), 28 de enero del 2009.
- Wikipedia. [En línea], Firewall, [http://es.wikipedia.org/wiki/Cortafuegos\\_\(inform%C3%A1tica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Cortafuegos_(inform%C3%A1tica)), 2 de febrero del 2009.
- Microsoft. [En línea], Seguridad en Redes, [http://www.microsoft.com/spain/empresas/seguridad/articulos/administracion\\_seguridad\\_red.msp](http://www.microsoft.com/spain/empresas/seguridad/articulos/administracion_seguridad_red.msp), 9 de febrero del 2009.
- Monografías. [En línea], Seguridad en Redes, <http://www.monografias.com/trabajos43/seguridad-redes/seguridad-redes.shtml>, 9 de febrero del 2009.



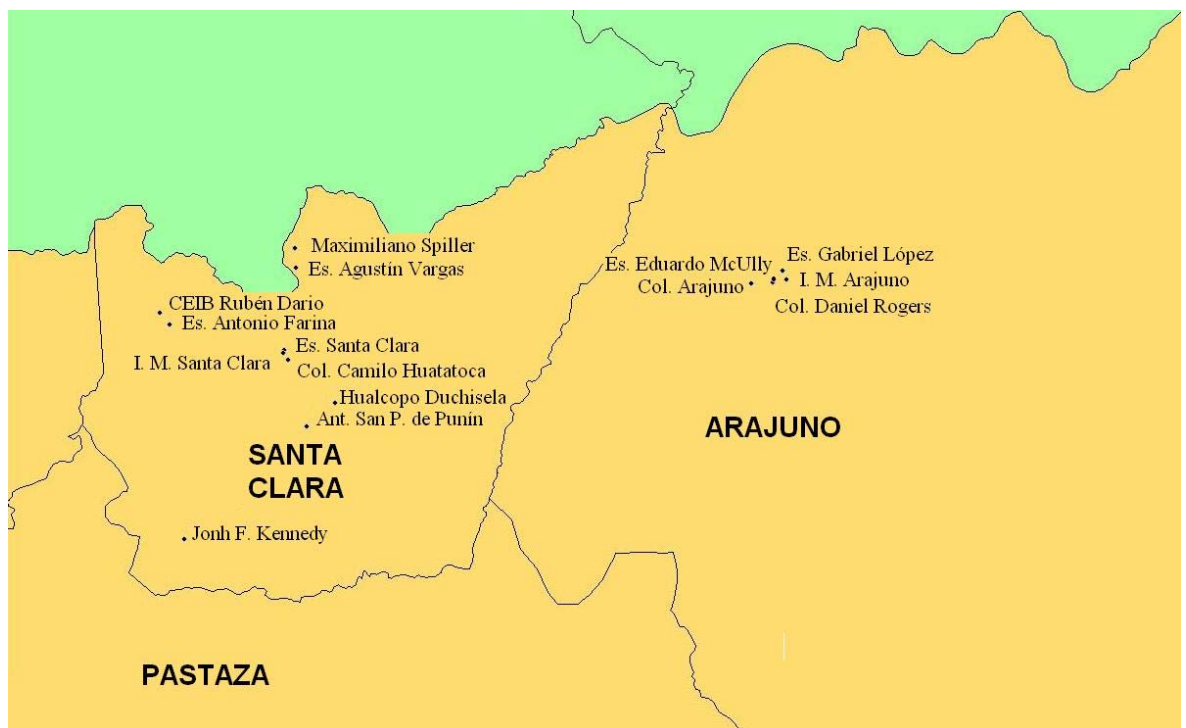
# **ANEXOS**

## A1. MAPAS DE LAS UNIDADES GEOREFERENCIADAS

### 1. Mapa de la provincia de Pastaza y sus cantones



### 2. Mapa de las unidades georeferenciadas de los Cantones Santa Clara y Arajuno



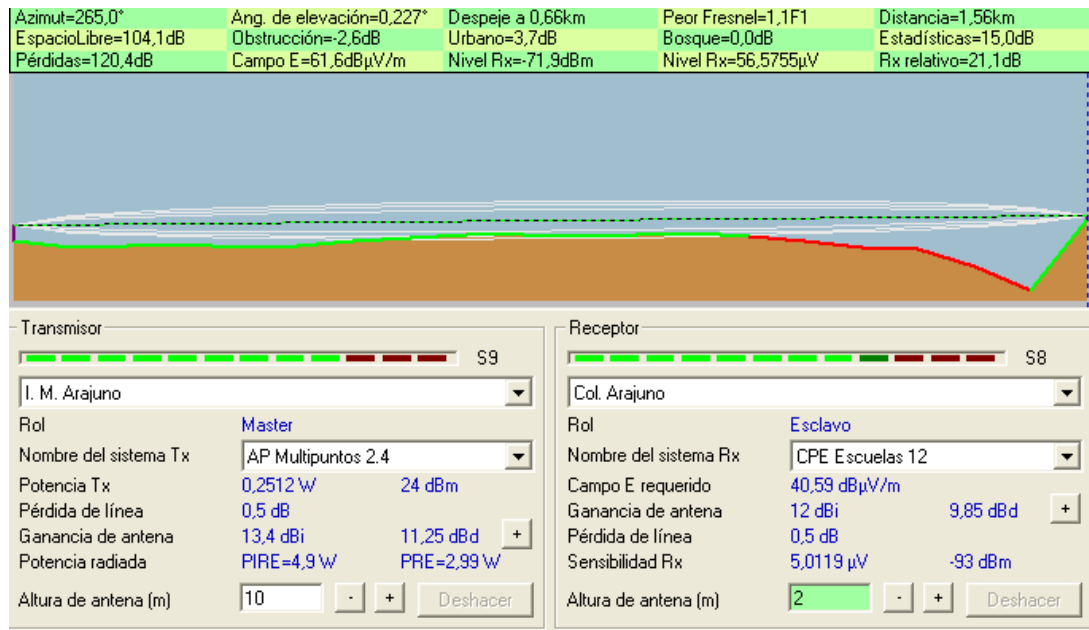
### 3. Mapa de las unidades georeferenciadas del Cantón Mera



## A2. PERFILES DE LOS ENLACES

### Enlaces Cantón Arajuno

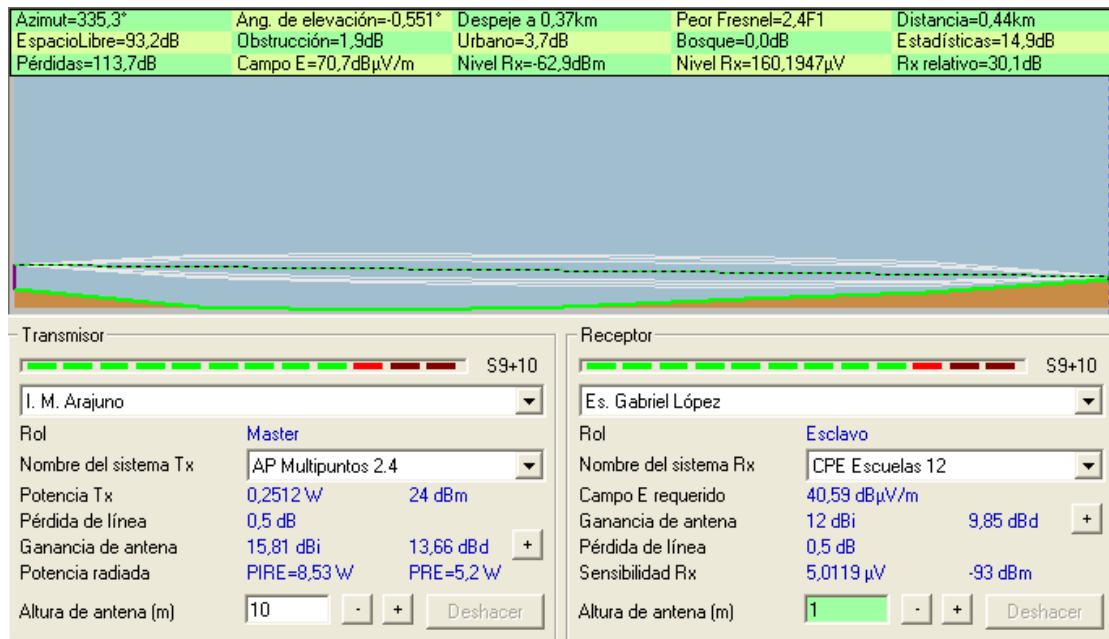
#### 1. Enlace I. M. Arajuno-Colegio Arajuno



#### 2. Enlace I. M. Arajuno-Colegio Daniel Rogers



### 3. Enlace I. M. Arajuno-Escuela Gabriel López

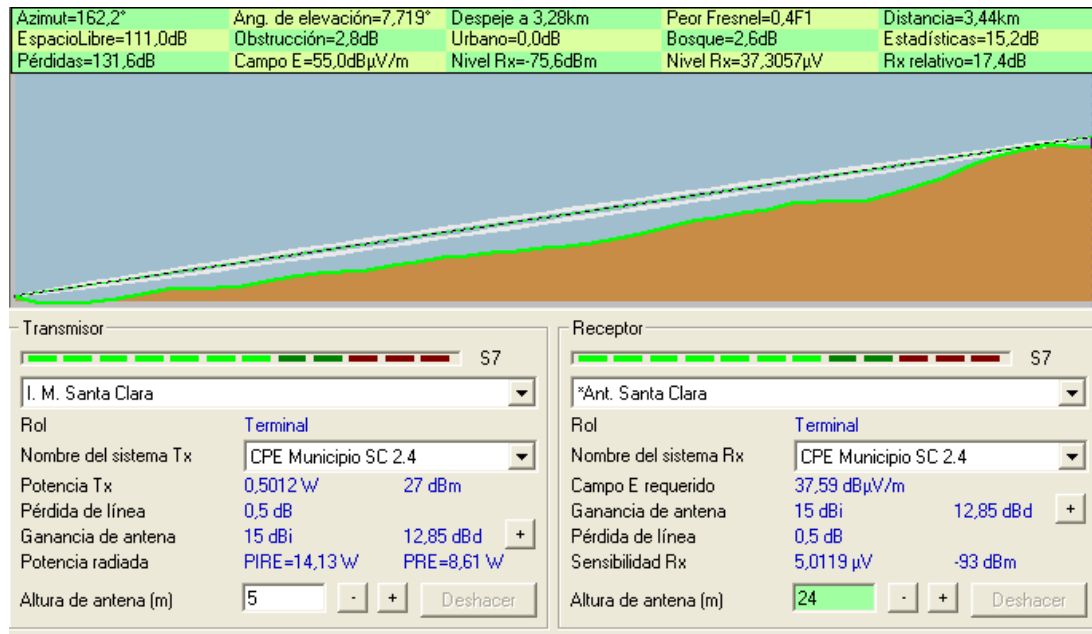


### 4. Enlace I. M. Arajuno-Escuela Edurado Mc. Ullly



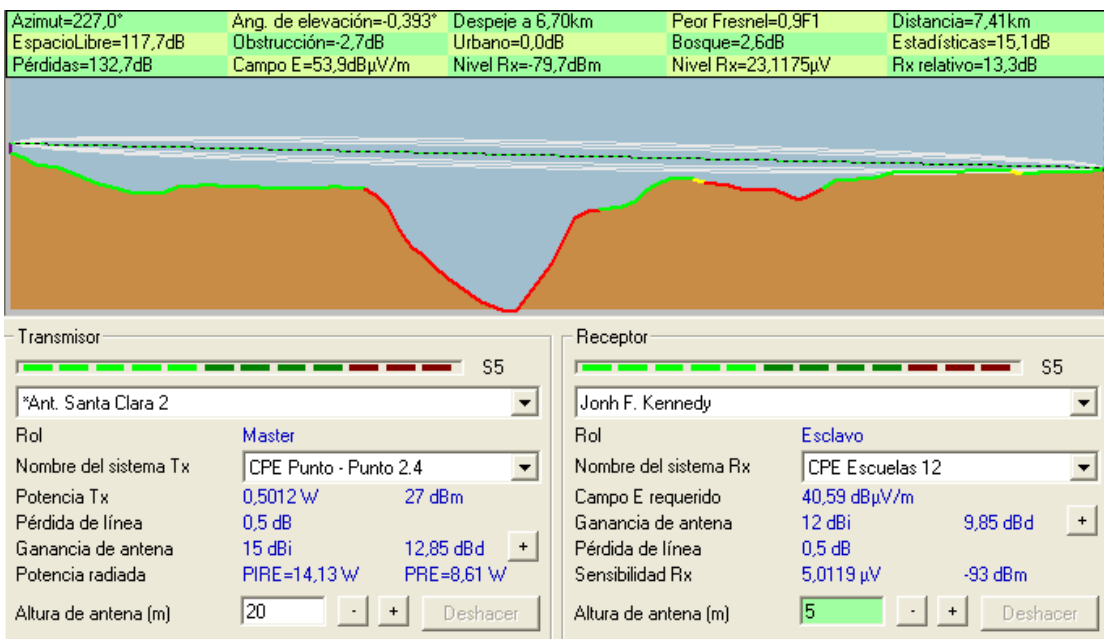
## Enlaces Cantón Santa Clara

### Red de Transporte

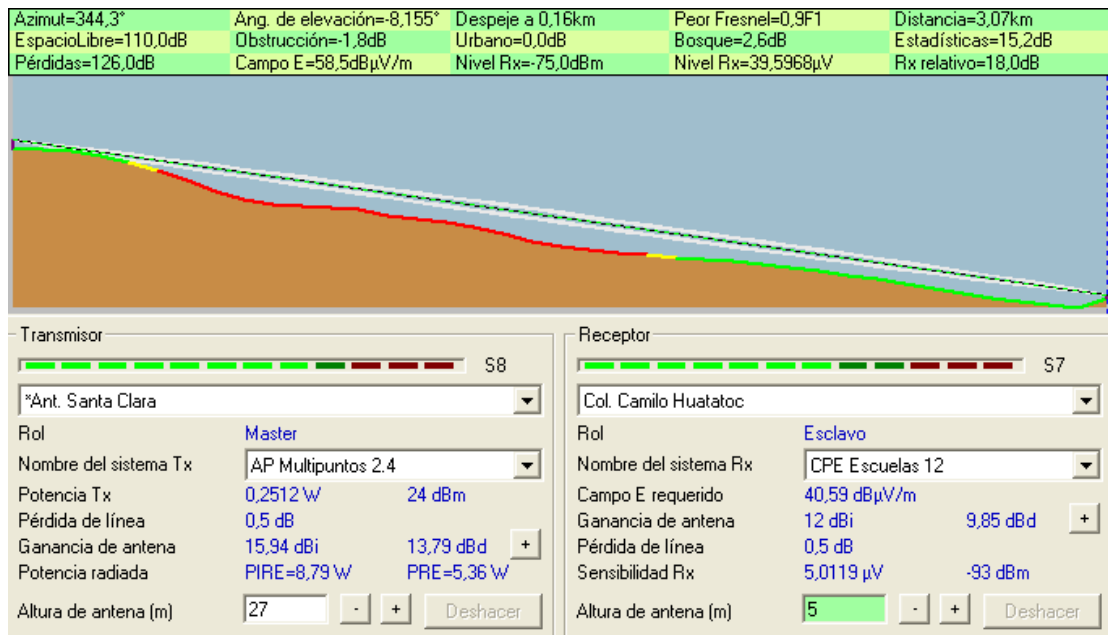


### Red de Acceso

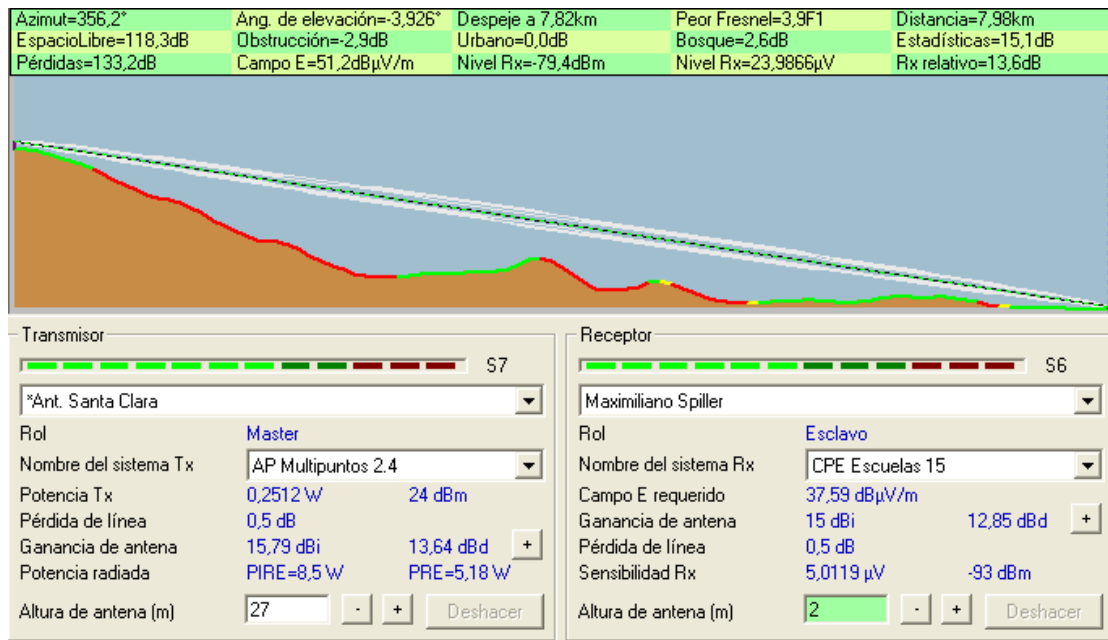
#### 1. Enlace Antena San Pedro de Punín-John F. Kennedy



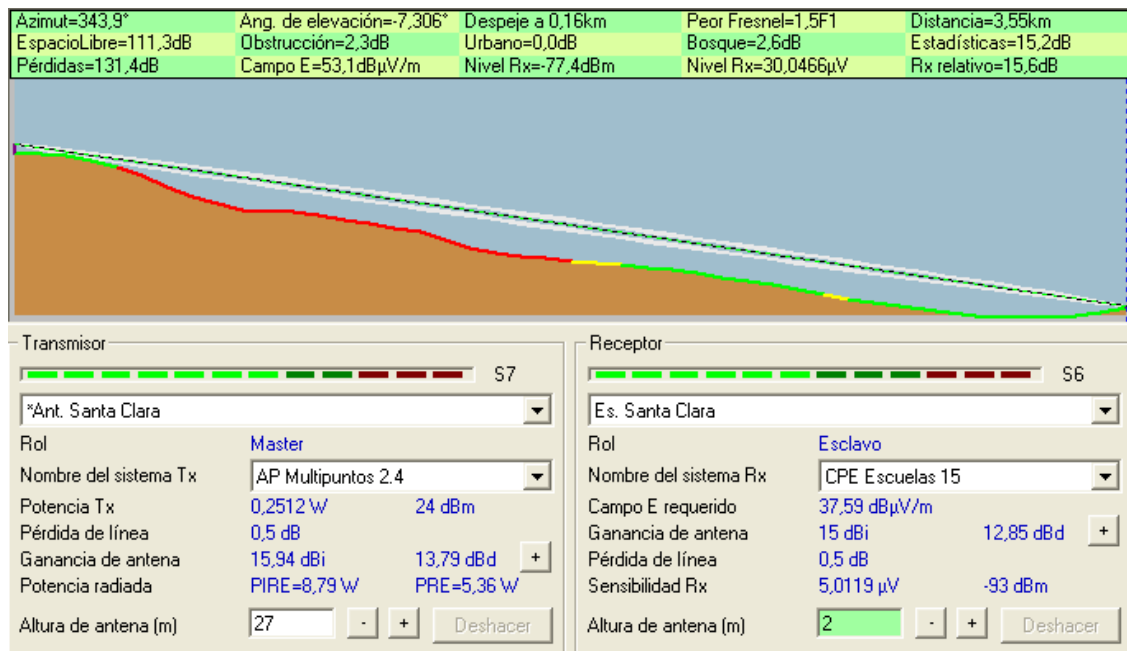
## 2. Enlace Antena San Pedro de Punín-Camilo Huatatoca



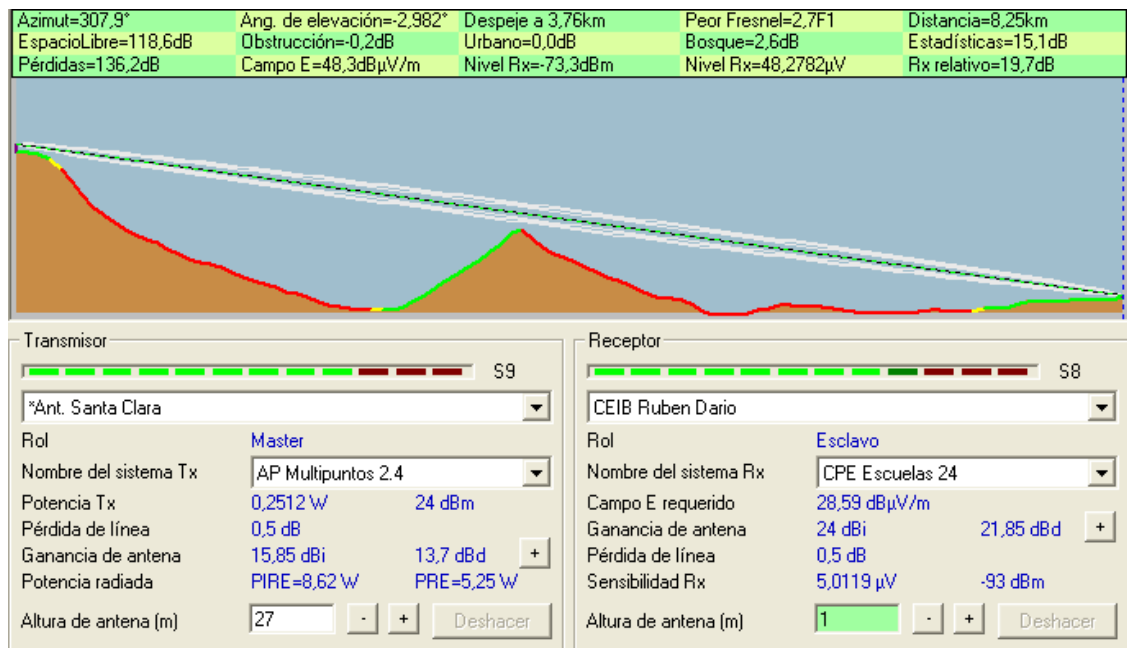
## 3. Enlace Antena San Pedro de Punín-Maximiliano Spiller



#### 4. Enlace Antena San Pedro de Punín-Escuela Santa Clara

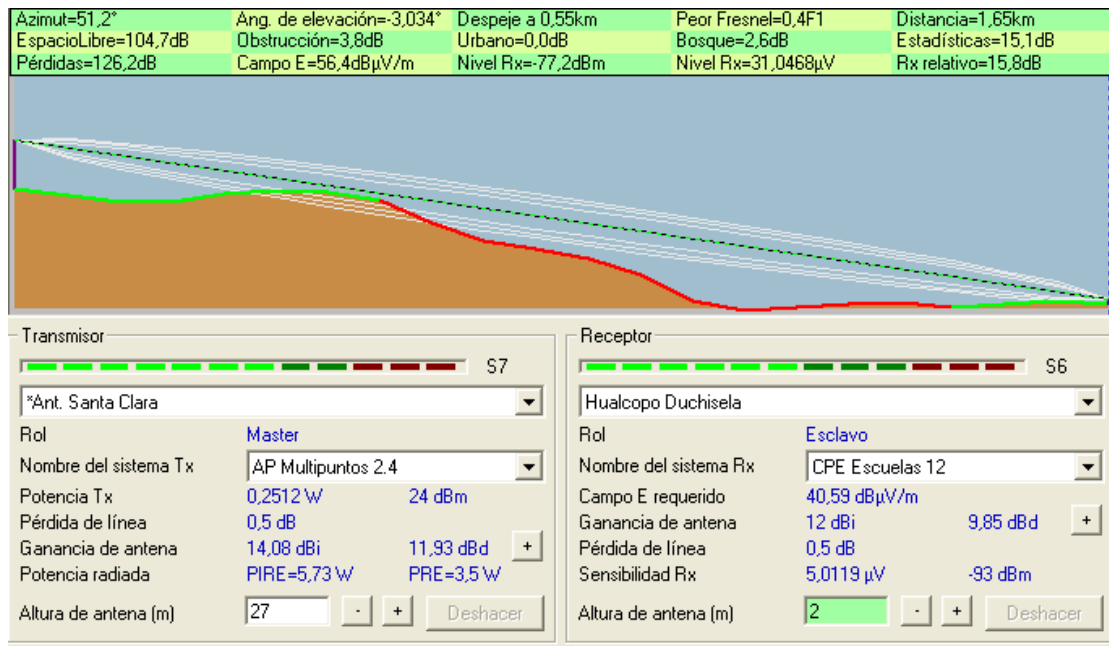


#### 5. Enlace Antena San Pedro de Punín-CEIB Rubén Dario

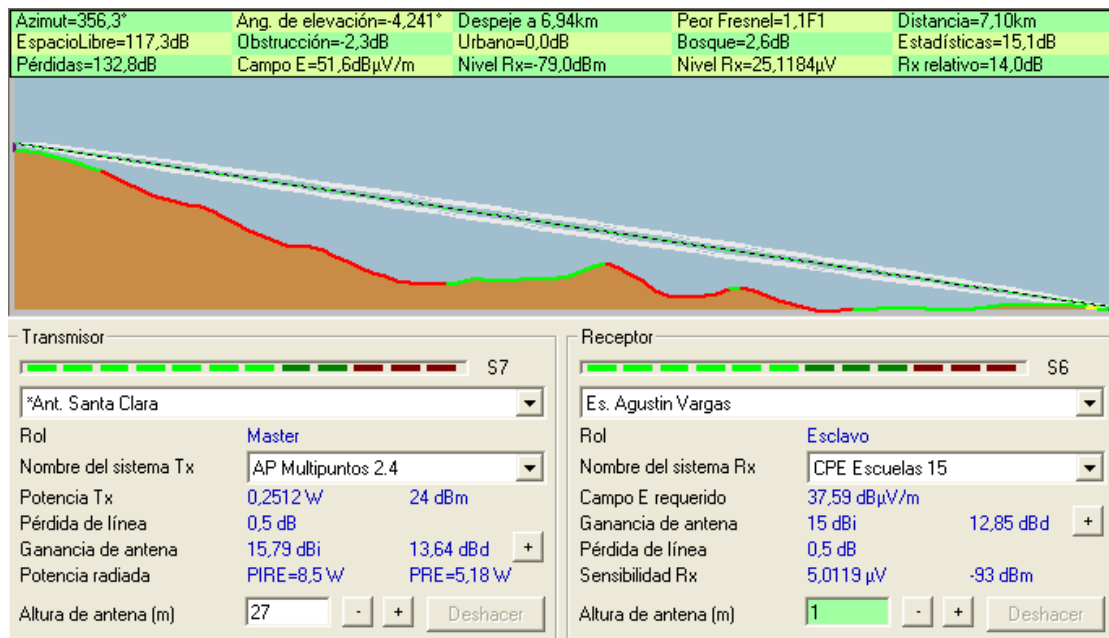




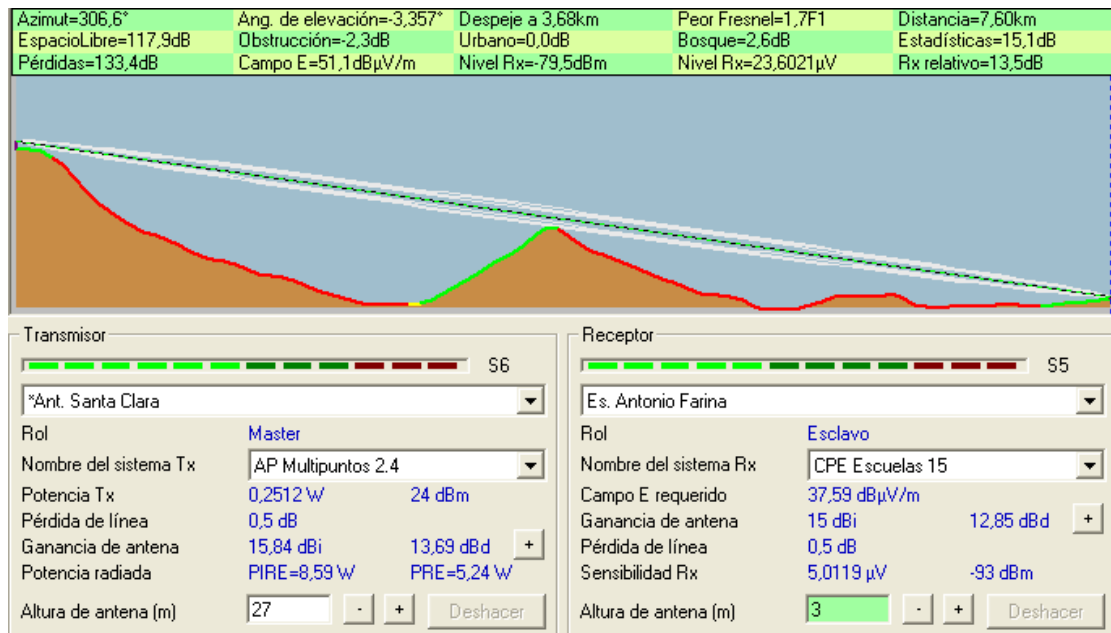
## 6. Enlace Antena San Pedro de Punín-Hualcupo Duchisela



## 7. Enlace Antena San Pedro de Punín-Agustín Vargas

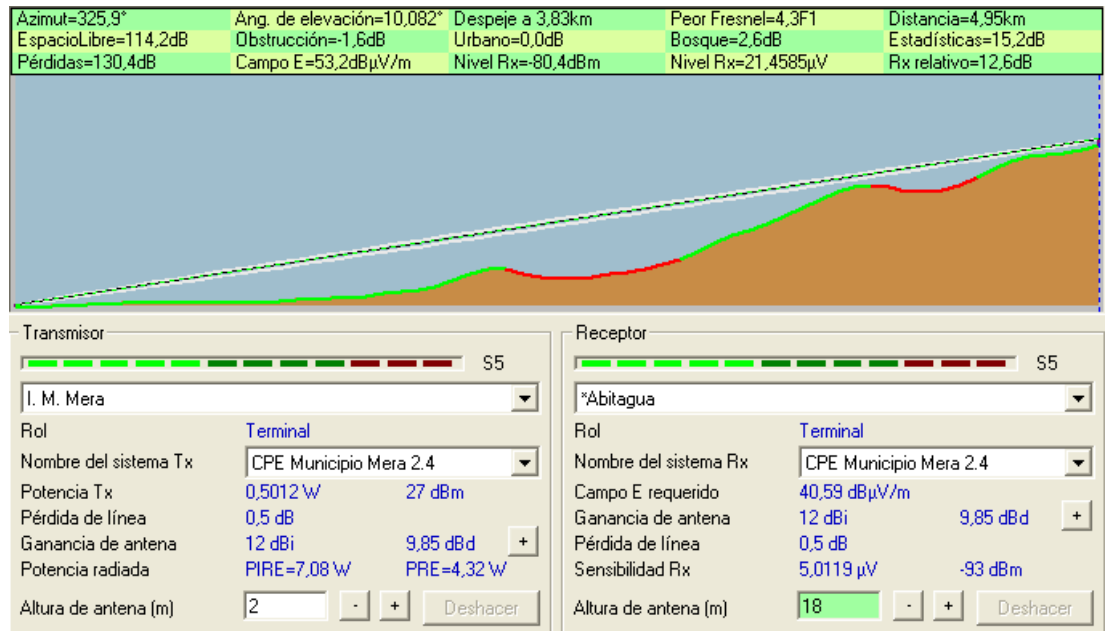


### 8. Enlace Antena San Pedro de Punín-Antonio Farina



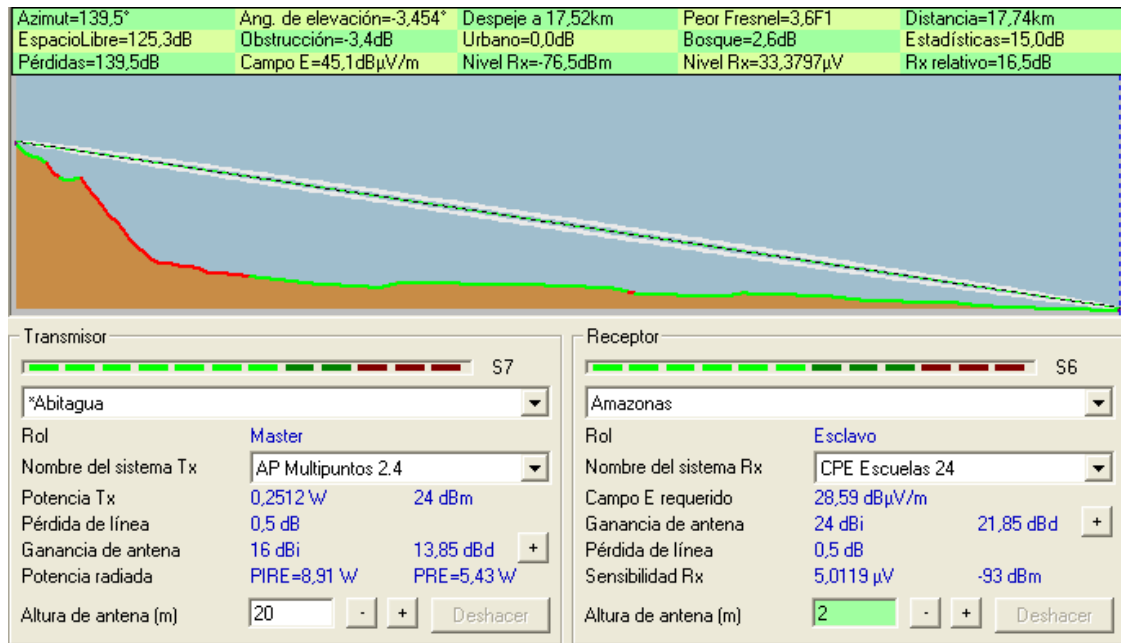
### Enlaces Cantón Mera

#### Red de Transporte

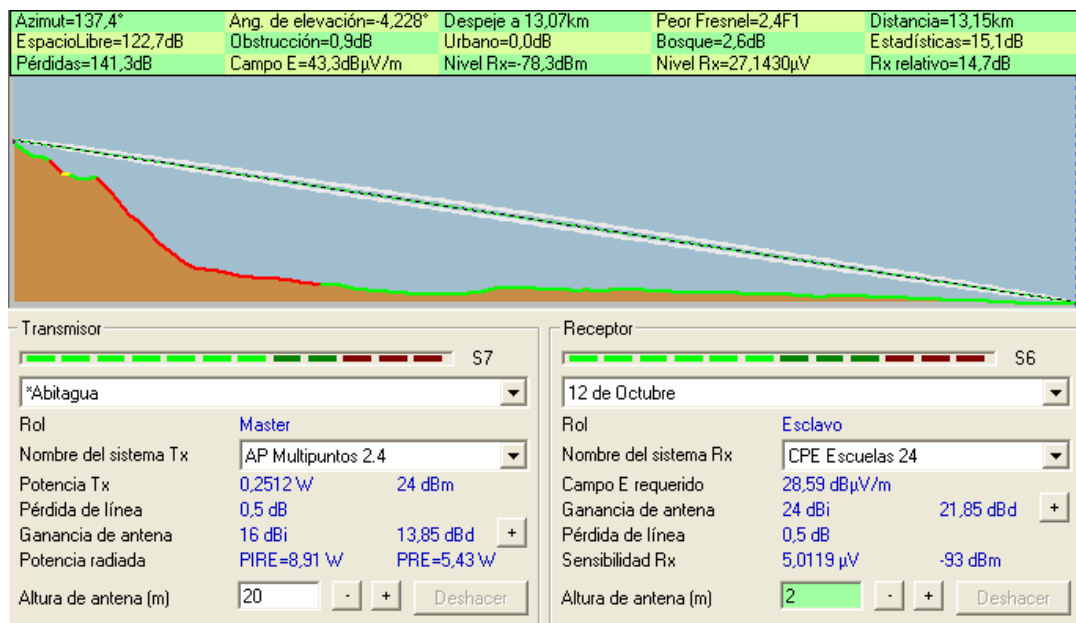


## Red de Acceso

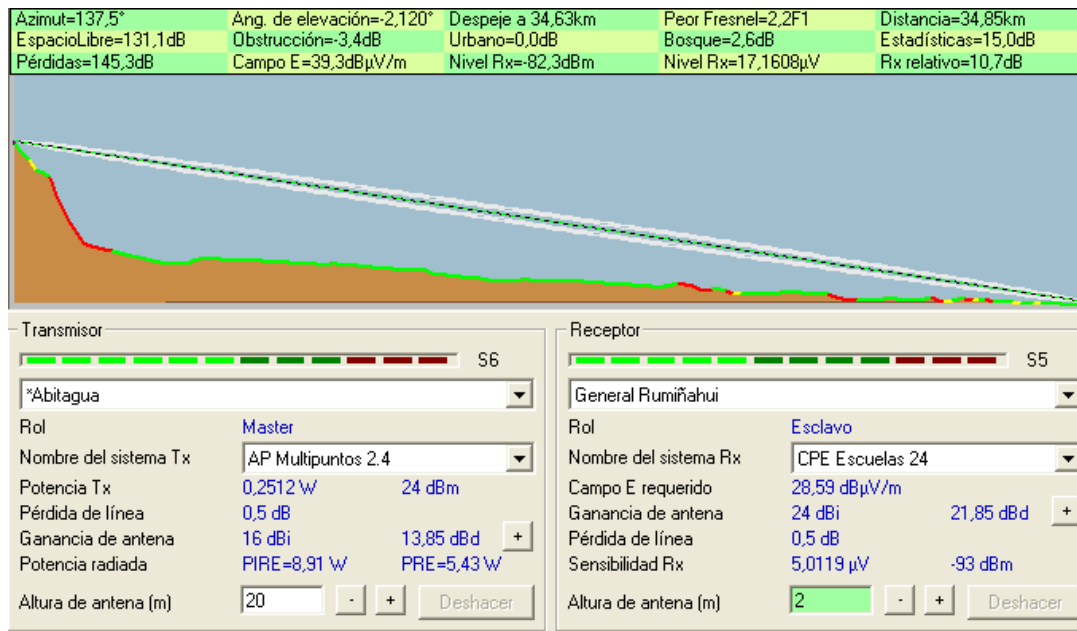
### 1. Enlace la Abitagua-Amazonas



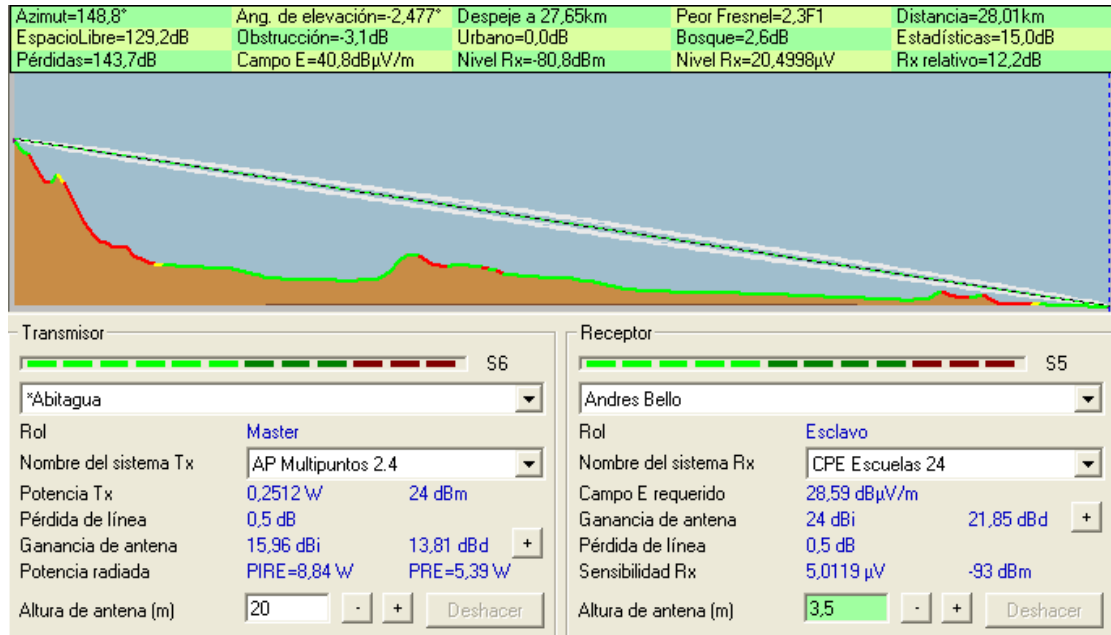
### 2. Enlace la Abitagua -12 de Octubre



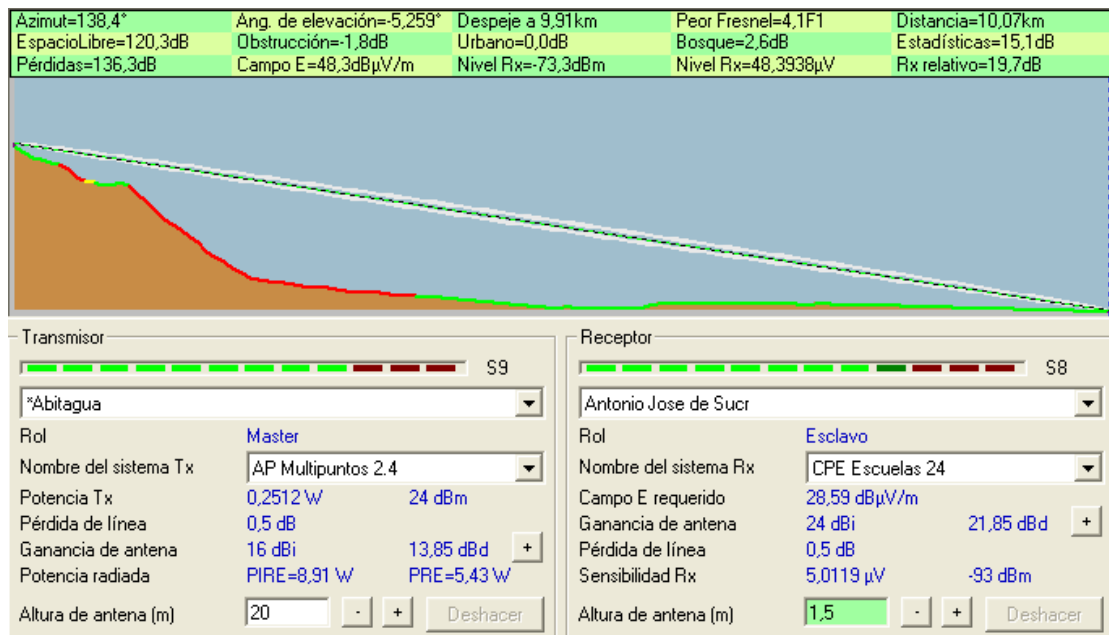
### 3. Enlace la Abitagua -General Rumiñahi



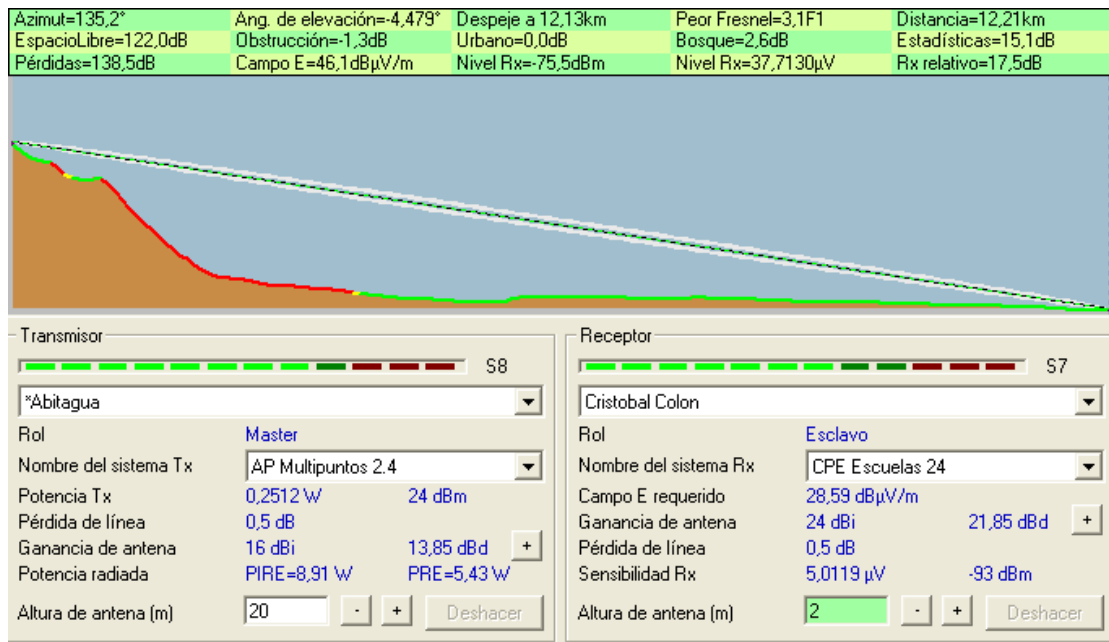
### 4. Enlace la Abitagua -Andrés Bello



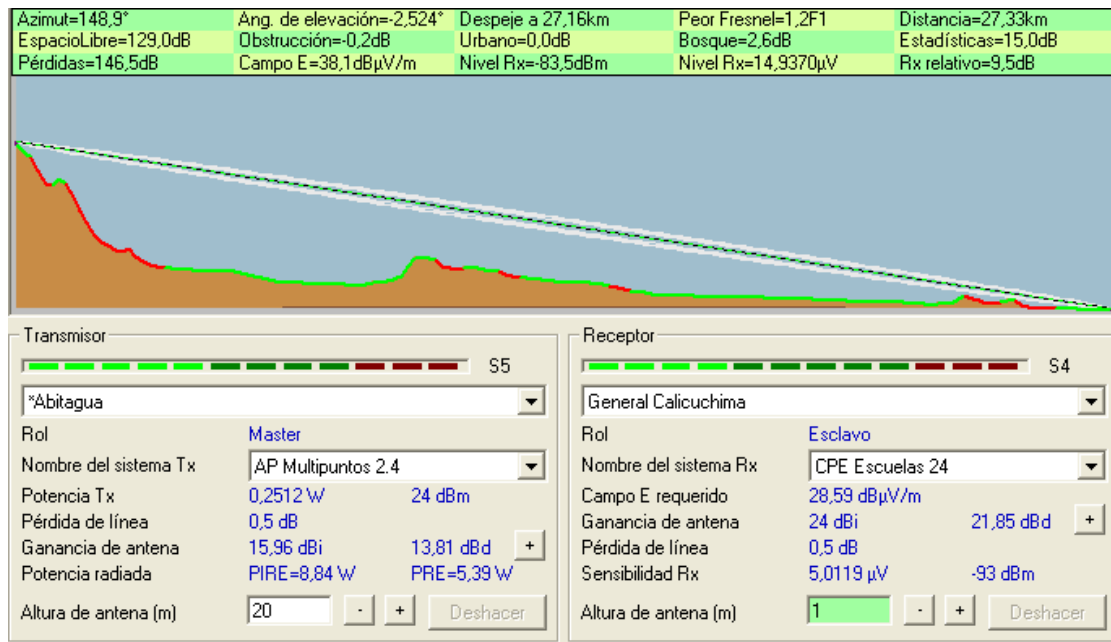
## 5. Enlace la Abitagua -Antonio José de Sucre



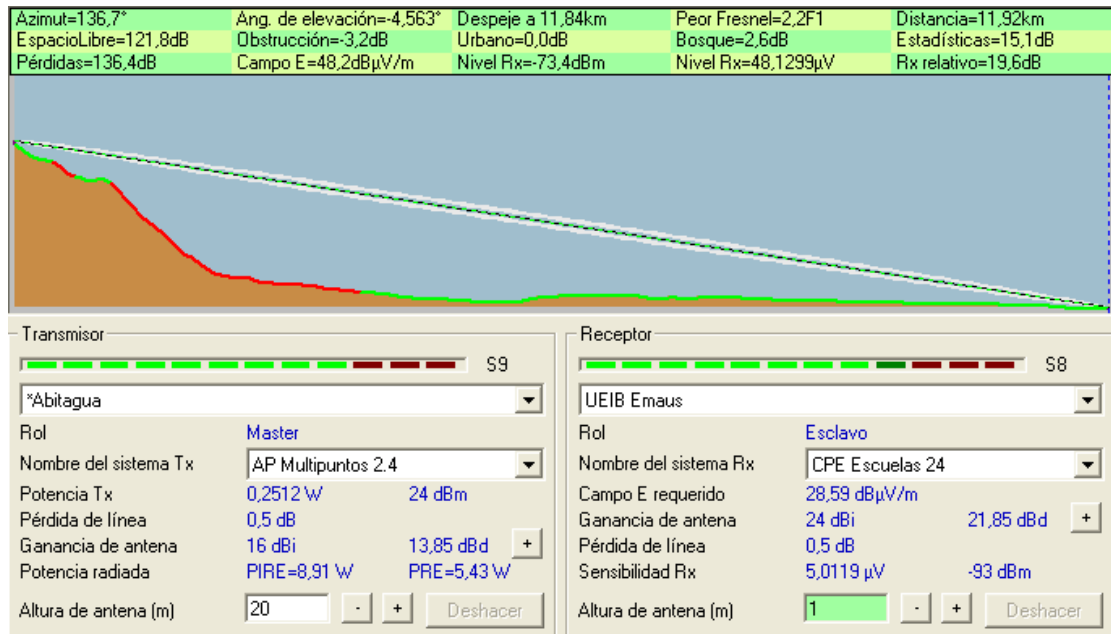
## 6. Enlace la Abitagua -Cristóbal Colón



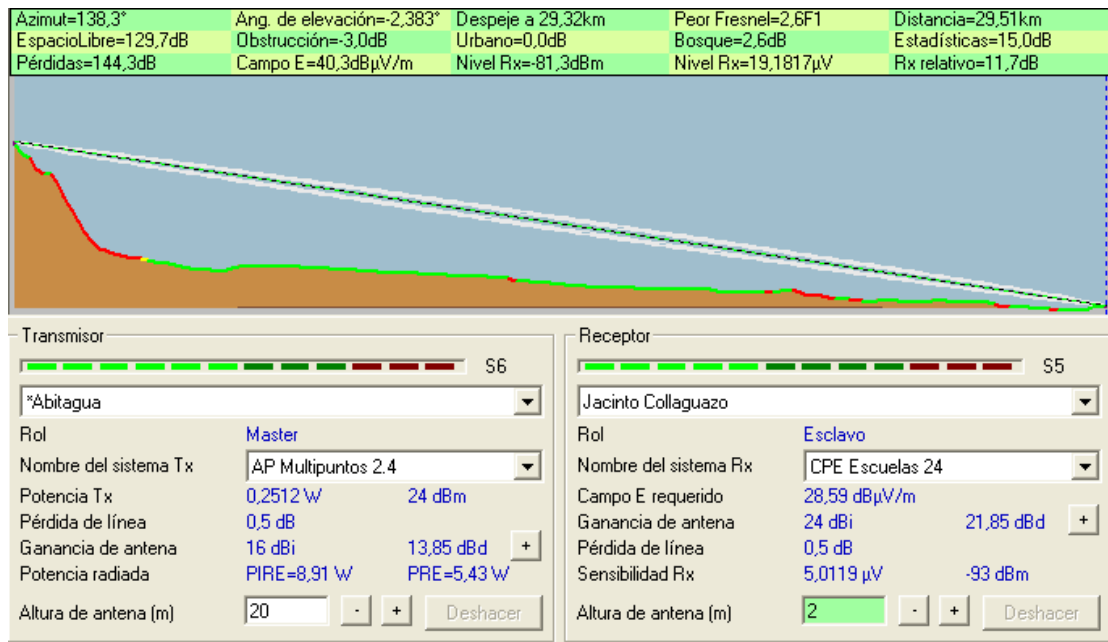
## 7. Enlace la Abitagua - General Calicuchima



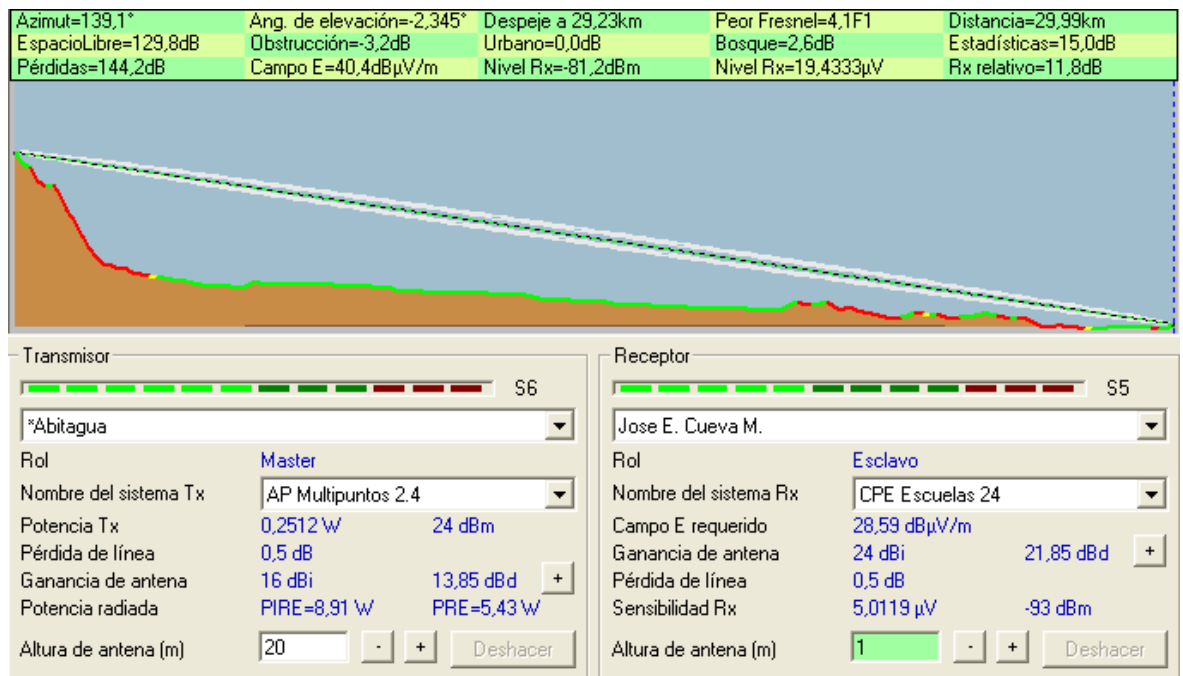
## 8. Enlace la Abitagua -Unidad Educativa Intercultural Bilingüe Emaus



## 9. Enlace la Abitagua -Jacinto Collaguazo



## 10. Enlace la Abitagua -José Eduardo Cueva Medina





### A3. RESPALDO FOTOGRÁFICO



**Título:** Entrada al Cantón Mera



**Título:** Palacio Municipal de Mera



**Título:** U. Educativa Jacinto Collahuazo - Cantón Mera



**Título:** UEIB Emaus – Cantón Mera





**Título:** Entrada al Cantón Santa Clara



**Título:** Municipio/Coliseo de Santa Clara



**Título:** E. Santa Clara - Cantón Santa Clara



**Título:** U.E. Hualcopo Duchisela – Cantón Santa Clara



**Título:** Ruta de Ingreso al Cantón Arajuno



**Título:** Entrada a Arajuno



**Título:** Escuela Gabriel López - Cantón Arajuno



**Título:** Rector y Secretaria del Colegio. Arajuno – Cantón Arajuno

## **FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO**

El presente proyecto de grado fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica, reposando en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, 20 de marzo del 2009.

---

MSC. Ing. Gonzalo Olmedo.

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

---

Mauricio Alberto Masache Heredia

**Autor**