



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA EN
TELECOMUNICACIONES Y REDES

**“ESTUDIO, ANALISIS E IMPLEMENTACION DE UNA RED INALÁMBRICA
COMUNITARIA ORIENTADA AL SECTOR EDUCATIVO RURAL DEL CANTON
CHAMBO.”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES

Presentado por

SANAGUANO MORENO DANIEL ALFREDO

ZABALA HARO MONICA ANDREA

RIOBAMBA – ECUADOR

- 2011-

A Dios por regalarnos sabiduría y entendimiento en los momentos más oportunos, a toda nuestra familia, amigos, por su apoyo, y para aquellas personas que durante el transcurso de nuestra vida estudiantil nos ayudaron a cumplir con los objetivos que desde el inicio nos propusimos lograr.

A nuestro tutor Ing. Daniel Haro y colaborador Ing. Franklin Moreno por guiarnos con sus sugerencias y consejos en la elaboración del proyecto de tesis.

Al Departamento de Sistemas del Ilustre Municipio de Chambo y de manera especial a la Ing. Mercedes Sánchez por su colaboración brindada en el cristalización de este trabajo.

Daniel y Mónica

El presente trabajo lo dedico especialmente a mi familia quienes con su ejemplo y apoyo me han permitido tener un referente a seguir en mi vida, a mi madre que ha hecho un gran esfuerzo en formarnos como personas ante todo, a mi padre que a lo largo de mi vida me ha enseñado valores muy importantes como el respeto y la superación, a mi abuelita por sus cuidados y atenciones brindados, a mi tío quien gracias a sus enseñanzas he podido afrontar de mejor manera obstáculos en mi vida estudiantil y personal, a mis amigos y amigas con quienes hemos compartido muchos momentos que me han dejado experiencias y a todas las personas que de una y otra forma han aportado y seguirán aportando en mi formación.

Daniel

A mis padres por su incondicional apoyo, a mis hermanos grandes amigos de mi vida, a mis sobrinos, a David por su apoyo y acertada paciencia y en especial a la memoria de mis abuelitos.

Mónica

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Ménes		
DECANO FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA	_____	_____
Ing. Pedro Infante		
DIRECTOR DE ESCUELA ING. EN ELECTRONICA TELECOMUNICACIONES Y REDES	_____	_____
Ing. Daniel Haro		
DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Franklin Moreno		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
Tlgo. Carlos Rodríguez		
DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACION	_____	_____

NOTA DE LA TESIS: _____

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

Nosotros, Mónica Andrea Zabala Haro y Daniel Alfredo Sanaguano Moreno, somos los responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Daniel Alfredo Sanaguano Moreno

Mónica Andrea Zabala Haro

INDICE DE ABREVIATURAS

AP	Access Point
BGP	Border gateway protocol
bps	Bits por segundo
BSS	Basic Service Set
CSMA/CA	Carrier Sense, Multiple Access, Collision Avoidance
DHCP	Protocolo de configuración dinámica de host
DSS	Direct Spread Spectrum
FSL	Pérdida en el espacio libre
FTP	File transfer protocol
GB	Gigabit
GHz	Gigahercio
HTTP	Hipertext Transfer Protocol
Hz	Hercios
I.M.CH	Ilustre Municipio de Chambo
ICMP	Internet control message protocol
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IP	Internet Protocol
Kbps	Kilobit por segundo
Km	Kilometro

L Llucud

LAN Local Area Network

MAC Media access control

Mbps Megabit por segundo

MIMO Múltiple entrada múltiple salida

ms Milisegundos

MTBF Mean Time Between Failure

MTTR Mean Time Between Repair

mW Milivatio

Obt. Obtenidos

OFDM Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales

OSI Modelo de interconexión de sistemas abiertos

OSPF Open Shortest Path First

PoE Power over Ethernet

PPPoE Protocolo Punto a Punto sobre Ethernet

PPTP Point to Point Tunneling Protocol

QoS Calidad de servicio

Rec. Recomendados

RIP Routing Information Protocol

Rx Recepción

S.F San Francisco

S.R Santa Rosa

S/N Señal / Ruido

SRTM Shuttle Radar Topography Mission

SSH Secure Shell protocol

SSID Service set Identifier

SSL Secure Sockets Layer

TCP Protocolo de Control de Transmisión

Tx Transmisión

UDP User Datagram Protocol

URL Uniform resource locator

UTP Par trenzado no blindado

VLAN Red de área local virtual

VLSM Variable length subnet mask

VoIP Voice on IP

VPN Red privada virtual

WIFI Wireless fidelity

WIMAX Interoperabilidad mundial para acceso por microonda

WISP Wireless Internet Service Provider

WLAN Red de área local inalámbrica

WPA-PSK Wi-Fi Protected Access

ZCS Suite de colaboración Zimbra

INDICE

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

INDICE DE ABREVIATURAS

INDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE GRAFICOS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I.....	- 23 -
MARCO REFERENCIAL.....	- 23 -
1.1. INTRODUCCIÓN	- 23 -
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	- 24 -
1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	- 24 -
1.2.2. JUSTIFICACIÓN.....	- 24 -
1.3. OBJETIVOS	- 25 -
1.3.1. General	- 25 -
1.3.2. Específicos.....	- 25 -
1.4. HIPÓTESIS	- 26 -
1.5. MÉTODOLOGÍA.....	- 26 -
1.5.1. Deductivo - Inductivo	- 26 -
1.5.2. Método de Analítico	- 26 -
CAPÍTULO II.....	- 27 -
MARCO TEÓRICO.....	- 27 -
2.1. INTRODUCCIÓN	- 27 -
2.2. RED INALÁMBRICA	- 28 -
2.2.1. Clasificación.....	- 28 -
2.2.2. Estándar IEEE 802.11	- 29 -
2.2.3. Modos de operación	- 31 -

2.2.3.1.	Modo Ad-Hoc o independiente.....	- 32 -
2.2.3.2.	Modo Infraestructura	- 32 -
2.2.3.3.	Tipo de Redes	- 34 -
2.2.4.	Propagación de ondas electromagnéticas	- 36 -
2.2.4.1.	Conceptos Básicos.....	- 36 -
2.2.4.2.	Absorción.....	- 38 -
2.2.4.3.	Atenuación.....	- 38 -
2.2.4.4.	Reflexión.....	- 39 -
2.2.4.5.	Difracción.....	- 40 -
2.2.4.6.	Refracción.....	- 41 -
2.2.4.7.	Interferencia.....	- 41 -
2.2.5.	Antenas	- 42 -
2.2.5.1.	Diagrama de radiación o Patrón de radiación	- 43 -
2.2.5.2.	Ancho de banda	- 44 -
2.2.5.3.	Directividad.....	- 44 -
2.2.5.4.	Ganancia	- 45 -
2.2.5.5.	Impedancia de entrada.....	- 45 -
2.2.5.6.	Polarización	- 45 -
2.2.5.7.	Tipos de antenas.....	- 46 -
2.2.6.	Radioenlaces	- 48 -
2.2.6.1.	Conceptos de Diseño.....	- 49 -
2.2.6.2.	Estructura de un radio enlace	- 49 -
2.2.7.	Presupuesto de enlaces	- 50 -
2.2.7.1.	Elementos del presupuesto de enlace.....	- 50 -
2.2.7.1.1.	El lado de Transmisión.....	- 52 -
2.2.7.1.2.	Pérdidas de propagación	- 55 -
2.2.7.1.3.	Lado receptor.....	- 58 -
2.2.8.	Tecnología MIKROTIK.....	- 59 -
2.2.8.1.	Software RouterOS	- 60 -
2.2.8.2.	Hardware RouterBOARD	- 61 -
2.2.8.3.	Características sobresalientes.....	- 63 -
2.2.9.	Software Especializado	- 64 -

2.2.9.1.	Winbox	- 64 -
2.2.9.2.	Radio Mobile.....	- 64 -
2.2.9.3.	JPERF.....	- 65 -
2.2.9.4.	EDRAW	- 66 -
CAPÍTULO III.....		- 67 -
MARCO PROPOSITIVO		- 67 -
3.1.	INTRODUCCIÓN	- 67 -
3.1.	Análisis de la situación inicial.....	- 68 -
3.2.	Zona Geográfica	- 69 -
3.3.	Lugares Beneficiados.....	- 70 -
3.4.	Conceptos de diseño	- 70 -
3.4.1.	Objetivos Técnico	- 70 -
3.4.2.	Escalabilidad.....	- 71 -
3.4.3.	Disponibilidad de la red	- 71 -
3.4.4.	Estrategias de seguridad.....	- 72 -
3.4.4.1.	Seguridad Física.....	- 72 -
3.4.4.2.	Seguridad lógica.....	- 72 -
3.4.5.	Adaptabilidad	- 73 -
3.4.6.	Tecnología	- 73 -
3.4.7.	Diseño lógico de la red	- 73 -
3.4.7.1.	Topología Lógica	- 73 -
3.4.7.2.	Direccionamiento y Asignación de Nombres	- 76 -
3.4.7.3.	Asignación de nombres de los SSID	- 78 -
3.4.8.	Diseño Físico	- 79 -
3.4.8.1.	Tecnología de Capa 1 y Capa 2	- 79 -
3.4.8.2.	Infraestructura de Telecomunicaciones	- 79 -
3.4.8.3.	Cálculo de radioenlaces	- 82 -
3.4.8.4.	Presupuesto de Enlace	- 83 -
3.4.8.5.	Simulación de los enlaces en Radio Mobile	- 91 -
3.4.8.6.	Diseño final	- 100 -
CAPITULO IV		- 102 -
IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS		- 102 -

4.1.	IMPLEMENTACIÓN DE LA RED	- 102 -
4.1.1.	Instalación de equipos	- 102 -
4.1.1.1.	Torres.....	- 103 -
4.1.1.2.	Antenas.....	- 103 -
4.1.1.3.	Equipos Mikrotik	- 104 -
4.1.1.4.	Cuarto de Telecomunicaciones.....	- 104 -
4.1.1.5.	Suministro de energía	- 105 -
4.1.1.6.	Conexión a tierra	- 106 -
4.1.1.7.	Estaciones receptoras.....	- 106 -
4.1.2.	Configuración de los radio Mikrotik	- 107 -
4.1.3.	Servicio de Internet en las escuelas.....	- 114 -
4.2.	IMPLEMENTACIÓN DE SERVIDORES.....	- 115 -
4.2.1.	Servidor de mail ZIMBRA	- 115 -
4.2.2.	Servidor PROXY	- 117 -
	CAPÍTULO V	- 120 -
	MONITOREO Y ANÁLISIS DE LA RED	- 120 -
5.1.	EJECUCIÓN DE PRUEBAS.....	- 120 -
5.2.	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	- 121 -
5.3.	MONITOREO	- 121 -
5.3.1.	Ping	- 121 -
5.3.2.	Test de Ancho de Banda y Throughput	- 123 -
5.3.3.	Tasa de transmisión de las interfaces.....	- 125 -
5.3.4.	Tráfico	- 127 -
5.3.5.	Jitter.....	- 128 -
5.4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	- 131 -
5.4.1.	Latencia y paquetes perdidos.....	- 131 -
5.4.2.	Throughput.....	- 132 -
5.5.	JITTER	- 132 -
5.6.	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN Y VALIDACIÓN	- 133 -
5.6.1.	Hardware.....	- 133 -
5.6.1.1.	MIKROTIK	- 133 -
5.6.2.	Software.....	- 134 -

5.6.2.1.	Radio Mobile	- 134 -
5.6.2.2.	JPERF.....	- 134 -
5.7.	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	- 135 -
5.7.1.	Conectividad a Internet a las escuelas.....	- 135 -
5.7.2.	Establecer los niveles de operación y funcionamiento de la red	- 136 -
5.7.3.	Comprobar con los niveles óptimos de operación de la red.	- 137 -
5.7.4.	Comparación de los Resultados	- 138 -
5.7.5.	Evaluación de la Red mediante la Técnica de Ponderación	- 140 -

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMARY

GLOSARIO

ANEXO

BIBLIOGRAFÍA

INDICE DE TABLAS

Tabla II.I. Protocolos IEEE 802.11	- 31 -
Tabla II.II. Ventajas y Desventajas del modo infraestructura	- 33 -
Tabla II.III. Potencia de transmisión de los estándares IEEE 802.11 a/b	- 53 -
Tabla II.IV. Pérdidas en el Espacio Libre	- 56 -
Tabla II.V. Radio (m) para la primera zona de Fresnel	- 58 -
Tabla II.VI. Diferencias de licencias de RouterOS	- 61 -
Tabla II.VII. Características de RouterBOARD	- 62 -
Tabla III.VIII. Disponibilidad de la red	- 71 -
Tabla III.IX. Plan de Direccionamiento IP	77
Tabla III.X. Tecnología de Capa 1 y Capa 2	79
Tabla III.XI. Distribución de los equipos en estaciones repetidoras.....	80
Tabla III.XII. Distribución de los equipos en estaciones receptoras.....	81
Tabla III.XIII. Especificaciones Técnicas	81
Tabla III.XIV. Lado Transmisor: Municipio - Sta. Rosa.....	84
Tabla III.XV. Lado Receptor: Municipio - Sta. Rosa.....	85
Tabla III.XVI. Lado Transmisor: Sta. Rosa - San Francisco	86
Tabla III.XVII. Lado Receptor: Sta. Rosa - San Francisco	87
Tabla III.XVIII. Lado Transmisor: Sta. Rosa – Llucud.....	89
Tabla III.XIX. Lado Receptor: Sta. Rosa - Llucud.....	90
Tabla III.XX. Enlace Municipio – Sta. Rosa: Valores simulados vs. Valores calculados.....	92
Tabla III.XXI. Enlace Sta. Rosa - San Francisco: Valores simulados vs. Valores calculados.....	93
Tabla III.XXII. Enlace Sta. Rosa - Llucud: Valores simulados vs. Valores calculados.....	94
Tabla V.XXIII. Tráfico promedio dela red	128
Tabla V.XXIV. Análisis Cualitativo Parámetro 1 y 2	131
Tabla V.XXV. Parámetro Cualitativo Parámetro 3	132
Tabla V.XXVI. Jitter presente entre repetidoras	133
Tabla V.XXVII. Tiempo de Respuesta y paquetes perdidos hacia la Web	136
Tabla V.XXVIII. Tabla Comparativa de los parámetros de WLAN.....	137

Tabla V.XXIX. Ponderación de los Parámetros	141
Tabla V.XXX. Calificación de la Latencia	141
Tabla V.XXXI. Calificación de los Paquetes Perdidos	141
Tabla V.XXXII. Calificación del Throughput.....	142
Tabla V.XXXIII. Ponderación de los Resultados.....	142

INDICE DE GRAFICOS

Figura II.1. Modo Ad-Hoc	- 32 -
Figura II.2. Modo Infraestructura	- 33 -
Figura II.3. Propagación de Ondas Electromagnéticas	- 36 -
Figura II.4. Atenuación	- 39 -
Figura II.5. Reflexión de Ondas Electromagnéticas	- 40 -
Figura II.6. Interferencia	- 42 -
Figura II.7. Diagrama de Radiación	- 43 -
Figura II.8. Antena Dipolo.....	- 46 -
Figura II.9. Antena Omnidireccional	- 46 -
Figura II.10. Antena Panel	- 47 -
Figura II.11. Antena de Grilla	- 48 -
Figura II.12. Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor	- 51 -
Figura II.13. Potencia en dBm en función de la distancia para un radioenlace	- 52 -
Figura II.14. Distancia (m) vs. Pérdida (dB).....	- 55 -
Figura II.15. Zona de Fresnel	- 57 -
Figura II.16. RouterOS	- 61 -
Figura II.17. Software Radio Mobile	- 65 -
Figura III.18. Vista del Cantón Chambo	- 69 -
Figura III.19. Topología de red.....	- 74 -
Figura III.20. Modelo Jerárquico de 3 capas de Cisco	- 75 -
Figura III.21. Asignación de nombres	78
Figura III.22. Diseño de la WLAN	78
Figura III.23. Presupuesto de Enlace: Municipio - Sta. Rosa	85
Figura III.24. Presupuesto de enlace: Sta. Rosa - San Francisco	88
Figura III.25. Presupuesto de enlace: Sta. Rosa - Llucud.....	90
Figura III.26. Enlace Radio Mobile: Municipio - Sta. Rosa.....	92
Figura III.27. Enlace Radio Mobile: Sta. Rosa - San Francisco	93
Figura III.28. Enlace Radio Mobile: Sta. Rosa - Llucud	94
Figura III.29. Cobertura enlace Municipio - Sta. Rosa.....	95
Figura III.30. Cobertura del enlace Sta. Rosa - San Francisco	96

Figura III.31. Cobertura del enlace Sta. Rosa – Lluçud	97
Figura III.32. Cobertura de la red Pantano	97
Figura III.33. Cobertura de la red Airon	98
Figura III.34. Cobertura de la red San Francisco	99
Figura III.35. Cobertura de la red ESanFrancisco	100
Figura III.36. Diseño Lógico	100
Figura III.37. Diseño final de enlaces	101
Figura IV.38. Torres de las repetidoras	103
Figura IV.39. Antenas	104
Figura IV.40. Routerboard 433	104
Figura IV.41. Cuarto de telecomunicaciones - Sta. Rosa	105
Figura IV.42. Caja de electricidad y PoE	105
Figura IV.43. Conexión a tierra	106
Figura IV.44. Estación Receptora	106
Figura IV.45. Interfaz de Login	107
Figura IV.46. Activación de las interfaces	108
Figura IV.47. Configuración del equipo en modo Station	108
Figura IV.48. Configuración del equipo en modo AP	109
Figura IV.49. Escanear las redes	109
Figura IV.50. Alineación de la antena	110
Figura IV.51. Perfil de Seguridad	110
Figura IV.52. Configuración de DHCP Client	111
Figura IV.53. Interfaz de Recepción del DHCP Client	111
Figura IV.54. Asignación de direcciones IP a las interfaces	111
Figura IV.55. Configuración de DHCP Server	112
Figura IV.56. Configuración de NAT	113
Figura IV.57. Definición de DNS	113
Figura IV.58. Escuela Luz Elvira Vallejo	114
Figura IV.59. Escuela Amelia Guerreo	114
Figura V.60. Ping Sta. Rosa - Municipio	122
Figura V.61. Ping Sta. Rosa – Lluçud	122

Figura V.62. Ping. Sta. Rosa - San Francisco	123
Figura V.63. Ancho de Banda y Throughput: Municipio - Sta. Rosa.....	124
Figura V.64. Ancho de Banda y Throughput: Sta. Rosa - Llucud	124
Figura V.65. Ancho de Banda y Throughput: Sta. Rosa - San Francisco	125
Figura V.66. Tasa de Transmisión: Municipio - Sta. Rosa	126
Figura V.67. Tasa de Transmisión: Sta. Rosa – Llucud	126
Figura V.68. Tasa de Transmisión: Sta. Rosa - San Francisco	127
Figura V.69. Gráficas del tráfico de la red	128
Figura V.70. Jitter: Municipio - Sta. Rosa.....	129
Figura V.71. Jitter: Sta. Rosa - Llucud	130
Figura V.72. Jitter: Sta. Rosa - San Francisco	130
Figura V.73. Latencia: Observada vs Recomendada	138
Figura V.74. Paquetes Perdidos: Observada vs Recomendada	139
Figura V.75. Throughput: Observada vs Recomendada	139

INTRODUCCIÓN

Las redes de datos en la actualidad han llegado a establecerse como la base fundamental de las comunicaciones y su constante desarrollo ha impulsado a la creación de nuevas tecnologías destacando el inalámbrico gracias a las prestaciones que ofrece.

En Ecuador, el sector rural debido a condiciones geográficas, en su mayoría, no tiene acceso al servicio de última milla provocando el aumento de la brecha tecnológica, ante esta situación organismos no gubernamentales y entidades públicas toman la decisión de implementar redes inalámbricas llamadas comunitarias con el fin de contribuir al desarrollo tecnológico del sector.

En el cantón Chambo de la provincia de Chimborazo, se inicia el proyecto de diseño e implementación de una red inalámbrica comunitaria para las escuelas rurales del cantón, en base a la siguiente planificación estructural.

El capítulo I Marco Referencial se expone el planteamiento del problema, los objetivos y lineamientos con los cuales hemos de desarrollar la investigación del proyecto.

En el capítulo II Marco Teórico se realiza una introducción a los conceptos generales necesarios a tomar en cuenta para el diseño de la red inalámbrica y de las características esenciales de los elementos para realizar su implementación.

En el capítulo III Marco Propositivo se realiza todo el proceso del diseño lógico y físico de la red basada en los requerimientos y en el estudio de campo que comprende, la situación geográfica y climática del sector con la utilización de software especializado.

En el capítulo IV Implementación y Configuración de los equipos se describe la implementación de las estaciones repetidoras y receptoras así como su configuración, además del proceso de instalación de los servidores de mail y proxy implementados en el I. Municipio de Chambo.

En el capítulo V Monitoreo y Análisis de la red se establece los parámetros que prueban el funcionamiento de la red, que después de un seguimiento procedemos a analizarlos para obtener las conclusiones acerca de su funcionamiento, y con la ayuda de esto es posible comprobar la hipótesis.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se plantea el problema por el cual se ha optado por el proyecto de implementación de una red inalámbrica comunitaria en el Cantón Chambo, además se detalla los lineamientos y directrices que ayudarán a desarrollar el proyecto de una forma eficaz y objetiva. Se define las metas principales de este proyecto para cumplir con la planificación establecida.

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El cantón Chambo cuenta con una población de 10457 habitantes, de los cuales solo el 15% de los niños y adolescentes acceden a la educación primaria y secundaria respectivamente los mismos que desconocen o muy poco saben del uso de tecnologías de información debido a que en sus instituciones educativas carecen de los equipos de cómputo y de una conexión a internet. El sector rural en la provincia de Chimborazo, específicamente en el cantón Chambo el acceso a Internet es nula debido a algunos factores limitantes como ubicación geográfica, infraestructura tecnológica y altos costos con baja rentabilidad que supone proveer el servicio de última milla por parte de las empresas de comunicación.

Como consecuencia el nivel académico de instituciones educativas rurales es inferior limitando a sus alumnos a la educación tradicional, aumentando de esta manera el índice de deserción del estudio superior ya que encuentran grandes dificultades y prefieren cambiar los estudios por actividades laborales provocando un bajo número de profesionales en el cantón.

1.2.2. JUSTIFICACIÓN

El municipio de Chambo ha decidido dotar de internet a 6 escuelas por medio de una red inalámbrica comunitaria puesto que presenta varias ventajas como movilidad, facilidad de instalación, flexibilidad, reducción de costos, y sobre todo comunicación a grandes distancias, esto permitirá la distribución del servicio a sectores muy alejados fomentando así una educación actualizada, sin alterar el entorno ni estilo de vida de los estudiantes, para que todos los niños, adolescentes y maestros tengan libre acceso a la información para una educación universal y equitativa.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

- ✓ Realizar el estudio e implementar una red inalámbrica comunitaria para proveer de conectividad a internet de seis escuelas del Cantón Chambo

1.3.2. Específicos

- ✓ Analizar las condiciones iniciales del proyecto.
- ✓ Realizar el estudio de cobertura y factibilidad de los enlaces.
- ✓ Implementar y configurar los equipos que intervienen en el desarrollo del proyecto.
- ✓ Evaluar y establecer los niveles de funcionamiento de la red inalámbrica.
- ✓ Verificar el nivel operativo de la red mediante pruebas de software especializado.
- ✓ Ejecutar la implementación de servidores mail y proxy en I. Municipio de Chambo.

1.4. HIPÓTESIS

A través del estudio y análisis de una red inalámbrica comunitaria se pretende proveer de conectividad a las escuelas del cantón Chambo para establecer y comprobar los niveles óptimos de operación y funcionamiento de la red.

1.5. MÉTODOLOGÍA

La realización del estudio e implementación de una red inalámbrica involucra la utilización de diversos métodos que permitirán el desarrollo esquemático de la investigación, entre ellos optamos por los siguientes

1.5.1. Deductivo - Inductivo

El método deductivo al ir de lo general a lo particular permite la elaboración de un esquema general de todos los factores globales involucrados y como estos pueden impedir el correcto funcionamiento de la red.

A través del método inductivo deducimos la hipótesis, ya que con ello probaremos que los valores cuantitativos obtenidos del rendimiento de la red se asemejan a los establecidos en estudios previos referentes al tema.

1.5.2. Método de Analítico

Mediante el monitoreo y análisis de la red será posible determinar los valores cuantitativos con él que se desempeña la red además de validarlos con valores de referencia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo se abarca temas conceptuales muy importantes acerca de las redes inalámbricas explicando de manera resumida los aspectos generales que se debe tener en cuenta al hablar de su implementación. Además se quiere que este capítulo ayude a asimilar conceptos fundamentales para quien decida leer este documento.

2.2. RED INALÁMBRICA

El término red inalámbrica es un término que se utiliza en informática para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física y que se da por medio de ondas electromagnéticas.

2.2.1. Clasificación

Dentro de las redes inalámbricas se puede dividir en dos amplias categorías de redes inalámbricas como:

- ✓ **De Larga Distancia.-** Estas son utilizadas para transmitir la información en espacios que pueden variar desde una misma ciudad o hasta varios países circunvecinos mejor conocido como redes de área metropolitana; sus velocidades de transmisión son relativamente bajas, de 4.8 a 19.2 Kbps a diferencia de WIMAX que puede alcanzar una velocidad aproximada de 70 Mbps en un radio de varios kilómetros

- ✓ **De Corta Distancia.-** Estas son utilizadas principalmente en redes corporativas cuyas oficinas se encuentran en uno o varios edificios que no se encuentran muy retirados entre sí, con velocidades del orden de 280 Kbps hasta los 2 Mbps, teniendo entre estas las WLAN.

Una WLAN es una red que cubre un área equivalente a la red de área local de una empresa. Existen varios tipos de tecnologías, pero la más popular la tecnología WIFI o IEEE 802.11 ofrece una velocidad máxima de 54 Mbps en una distancia de varios cientos de metros.

2.2.2. Estándar IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. Los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local y redes de área metropolitana.

✓ 802.11

Especifica dos velocidades de transmisión teóricas de 1 y 2 Mbps que se transmiten por señales infrarrojas. El estándar original también define el protocolo CSMA/CA como método de acceso. Una parte importante de la velocidad de transmisión teórica se utiliza en las necesidades de esta codificación para mejorar la calidad de la transmisión bajo condiciones ambientales diversas, lo cual se tradujo en dificultades de interoperabilidad entre equipos de diferentes marcas.

✓ 802.11a

El estándar 802.11a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, opera en la banda de 5 GHz y utiliza 52 subportadoras OFDM con una velocidad máxima de 54 Mbps, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbps.

Dado que la banda de 2.4 GHz tiene gran uso, el utilizar la banda de 5 GHz representa una ventaja del estándar 802.11a, dado que se presentan menos interferencias.

Sin embargo, la utilización de esta banda también tiene sus desventajas, dado que restringe el uso de los equipos 802.11a a únicamente puntos en línea de vista, con lo que se hace necesario la instalación de un mayor

número de puntos de acceso; esto significa también que los equipos que trabajan con este estándar no pueden penetrar tan lejos como los del estándar 802.11b dado que sus ondas son más fácilmente absorbidas.

✓ **802.11b**

802.11b tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbps y utiliza el mismo método de acceso CSMA/CA definido en el estándar original. El estándar 802.11b funciona en la banda de 2.4 GHz, debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo CSMA/CA, en la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5.9 Mbps sobre TCP y 7.1 Mbps sobre UDP.

802.11b es usualmente usada en configuraciones punto y multipunto como en el caso de los AP que se comunican con una antena omnidireccional con uno o más clientes que se encuentran ubicados en un área de cobertura alrededor del AP.

✓ **802.11g**

Este utiliza la banda de 2.4 GHz pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbps, o cerca de 24.7 Mbps de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el hacer compatibles los dos estándares.

Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación. Esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar b.

✓ 802.11n

En enero de 2004, la IEEE anunció la formación de un grupo de trabajo 802.11 para desarrollar una nueva revisión del estándar 802.11 la velocidad real de transmisión podría llegar a los 500 Mbps y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y cerca de 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b.

802.11n se construye basándose en las versiones previas del estándar 802.11 añadiendo MIMO. MIMO utiliza múltiples transmisores y antenas receptoras permitiendo incrementar el tráfico de datos.

En el siguiente cuadro se muestra una comparación entre los diferentes protocolos de WLAN.

Protocolo	Frecuencia de operación	Velocidad de Tx (Mbps)	Velocidad máxima de Tx (Mbps)
802.11	2.4 – 2.5 GHz	1	2
802.11a	5.15 – 5.8 GHz	25	54
802.11b	2.4 – 2.5 GHz	65	11
802.11g	2.4 – 2.5 GHz	25	54
802.11n	2.4 o 5 GHz	200	540

Tabla II.I. Protocolos IEEE 802.11

2.2.3. Modos de operación

El estándar 802.11 ofrece dos posibles modos de operación de las redes wireless:

2.2.3.1. Modo Ad-Hoc o independiente

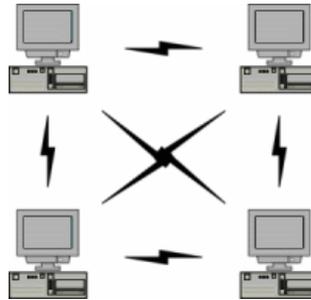


Figura II.1. Modo Ad-Hoc

Es el modo de operación más simple de una red inalámbrica, actuando como una red punto a punto entre un conjunto de equipos con adaptadores wireless, no existen puntos de acceso ni ningún tipo de equipo que dé soporte a la red en sí.

En este modo de operación, la información viaja directamente entre el emisor y receptor sin pasar por ningún otro equipo.

Este es el modo más fácil, rápido y barato de establecer una red inalámbrica, pero presenta la enorme desventaja de que los equipos deben estar dentro del área de cobertura de los demás para comunicarse con ellos, por lo que sólo es aconsejable para redes con pocos equipos y próximos entre sí.

2.2.3.2. Modo Infraestructura

En este modo, cada cliente wireless envía su información a un punto de acceso, que la hace llegar al destino adecuado.

La presencia de los AP eleva el coste de inversión necesario para instalar una red wireless, pero ofrece numerosos beneficios gracias a sus capacidades.

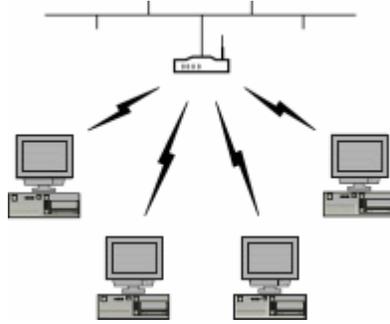


Figura II.2. Modo Infraestructura

Los puntos de acceso permiten aumentar la cobertura de la red wireless, dado que los equipos clientes se comunican con él y no directamente entre sí, y por su condición de equipos fijos ubicados en zonas estratégicas y con antenas de más calidad, ofrecen una mayor cobertura y mejor fiabilidad del enlace. Además, existe la posibilidad de instalar varios puntos de acceso que actúen como repetidores para cubrir áreas mayores permitiendo el roaming de usuarios entre ellos.

Los puntos de acceso actúan normalmente como bridge entre la red cableada y la red inalámbrica, lo que permite el acceso de los clientes wireless a los servicios de la red, aunque también pueden ofrecer servicios más avanzados, como servidores DHCP, así como la posibilidad del empleo de herramientas de seguridad y control de acceso a la red wireless.

Entre las ventajas y desventajas podemos destacar:

Ventajas	Desventajas
Movilidad	Menor ancho de banda
Desplazamiento	Seguridad
Flexibilidad	Interferencias
Costo	Incertidumbre tecnológica
Escalabilidad	

Tabla II.II. Ventajas y Desventajas del modo infraestructura

Debido a que estas redes están propensas a interferencias, los países necesitan regulaciones que definan los rangos de frecuencia y la potencia de transmisión que permita a cada una categoría de uso.

2.2.3.3. Tipo de Redes

✓ Punto a punto

Las redes punto a punto son aquellas que responden a un tipo de arquitectura de red en las que cada canal de datos se usa para comunicar únicamente dos nodos, en contraposición a las redes multipunto, en las cuales cada canal de datos se puede usar para comunicarse con diversos nodos.

Las redes punto a punto son relativamente fáciles de instalar y operar. A medida que las redes crecen, las relaciones punto a punto se vuelven más difíciles de coordinar y operar. Su eficiencia decrece rápidamente a medida que la cantidad de dispositivos en la red aumenta.

Los enlaces que interconectan los nodos de una red punto a punto se pueden clasificar en tres tipos según el sentido de las comunicaciones que transportan:

- **Simplex.** La transacción sólo se efectúa en un solo sentido.
- **Half-dúplex.** La transacción se realiza en ambos sentidos, pero de forma alternativa, es decir solo uno puede transmitir en un momento dado, no pudiendo transmitir los dos al mismo tiempo.
- **Full-Dúplex.-** La transacción se puede llevar a cabo en ambos sentidos simultáneamente.

✓ **Multipunto**

Se denominan redes multipunto a aquellas en las cuales cada canal de datos se puede usar para comunicarse con diversos nodos. En una red multipunto solo existe una línea de comunicación cuyo uso esta compartido por todas las terminales en la red. La información fluye de forma bidireccional y es discernible para todas las terminales de la red. En este tipo de redes las terminales compiten por el uso del medio de forma que el primero que lo encuentra disponible lo acapara, aunque también puede negociar su uso está más sencilla: esta permite la unión de varios terminales a su computadora compartiendo la única línea de transmisión, la ventaja consiste en el abaratamiento de su costo aunque pierde velocidad y seguridad

✓ **Árbol**

Esta estructura se utiliza en aplicaciones de televisión por cable, sobre la cual podrían basarse las futuras estructuras de redes que alcancen los hogares. También se ha utilizado en aplicaciones de redes locales analógicas de banda ancha.

✓ **Malla**

Esta involucra o se efectúa a través de redes WAN, una red malla contiene múltiples caminos, si un camino falla o está congestionado el tráfico, un paquete puede utilizar un camino diferente hacia el destino. Los routers se utilizan para interconectar las redes separadas.

✓ **Interconexión total**

La solución de redes permite a cada lugar individual encaminar datos en forma directa a un sitio anfitrión (host) secundario o cualquier otro lugar de

la red del cliente, en lugar de transmitir por medio de la casa matriz como redes de arquitectura de interconexión radial.

2.2.4. Propagación de ondas electromagnéticas

Una onda electromagnética es la forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio. Aunque el espacio libre realmente implica en el vacío, con frecuencia la propagación por la atmósfera terrestre se llama propagación en el espacio libre.

Las ondas electromagnéticas se propagan a través de cualquier material dieléctrico incluyendo el aire pero no se propagan bien a través de conductores con pérdidas como por ejemplo el agua de mar ya que los campos eléctricos hacen que fluyan corrientes en el material disipando con rapidez la energía de las ondas.

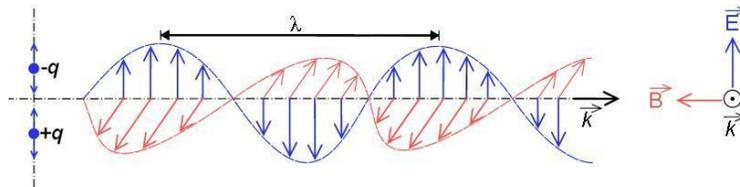


Figura II.3. Propagación de Ondas Electromagnéticas

2.2.4.1. Conceptos Básicos

Siguen a continuación una serie de conceptos que es necesario repasar para entender mejor el comportamiento de estas ondas y sus aplicaciones.

- ✓ **Ciclo.-** Se denomina ciclo a cada patrón repetitivo de una onda.
- ✓ **Período.-** Es el tiempo que tarda la onda en completar un ciclo.
- ✓ **Frecuencia.-** Número de ciclos que completa la onda en un intervalo de tiempo. Si dicho intervalo es de un segundo, la unidad de frecuencia es el

Hertz (Hz). Otras unidades de frecuencias muy utilizadas son las revoluciones por minuto (RPM) y los radianes por segundo (rad/s).

✓ **Amplitud.-** Es la medida de la magnitud de la máxima perturbación del medio producida por la onda.

✓ **Longitud.- (λ)** La longitud de una onda viene determinada por la distancia entre el punto inicial y final de un ciclo.

✓ **Velocidad.-** Las ondas se desplazan a una velocidad que depende de la naturaleza de la onda y del medio por el cual se mueven. En el caso de la luz, por ejemplo, la velocidad en el vacío se denota $c = 3.10^8$ m/s.

✓ **Fase.-** La fase de una onda relaciona la posición de una característica específica del ciclo, con la posición de la misma característica en otra onda. Puede medirse en unidades de tiempo, distancia, fracción de la longitud de onda.

✓ **Relación:** El período y la frecuencia están relacionados de la siguiente manera:

$$f = \frac{1}{T}$$

f = frecuencia

T = período

✓ Los conceptos de velocidad, longitud y frecuencia están interrelacionados. Para el caso de las ondas electromagnéticas, la relación es:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

λ = longitud de onda

c = velocidad de la luz

2.2.4.2. Absorción

Es la captación de luz, calor u otro tipo de energía radiante por parte de las moléculas. La radiación absorbida se convierte en calor; la radiación que no se absorbe es reflejada, y sus características cambian.

Las ondas de radio, de cualquier clase, son atenuadas o debilitadas mediante la transferencia de energía al medio en el cual viajan cuando éste no es el vacío. En general, se encuentran una fuerte absorción en materiales conductores, sobre todo en metales.

En redes inalámbricas al trabajar en frecuencias del rango de las microondas el mayor problema en absorción es el agua en todas sus formas (lluvia, neblina y la contenida en el cuerpo humano), por lo general se encuentra absorción intermedia en rocas, ladrillos y concreto dependiendo de la composición de los materiales, así como en árboles madera y otros materiales, que absorben energía fundamentalmente determinado por la concentración de agua.

2.2.4.3. Atenuación

La energía de una señal decae con la distancia como se lo puede apreciar en la Figura II.4. La atenuación es la pérdida de la potencia de una señal. Por ello para que la señal llegue con la suficiente energía es necesario el uso de amplificadores o repetidores. La atenuación se incrementa con la frecuencia, con la temperatura y con el tiempo.

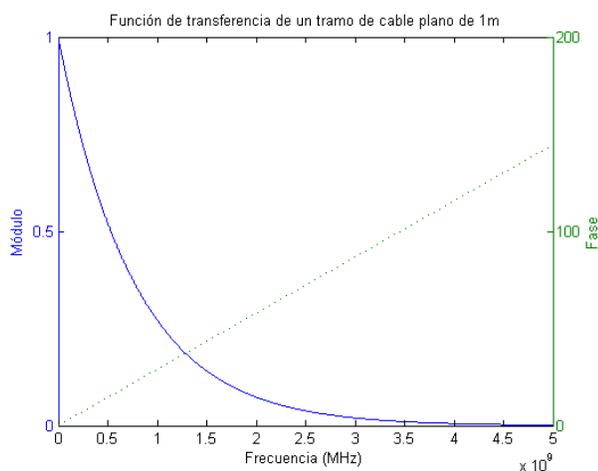


Figura II.4. Atenuación

La atenuación, es expresada en decibelios por la fórmula siguiente:

$$\alpha = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

Dónde:

α = Atenuación

P_1 = Potencia de Salida

P_2 = Potencia de Entrada

2.2.4.4. Reflexión

La reflexión es el cambio de dirección de un rayo o una onda que ocurre en la superficie de separación entre dos medios, de tal forma que regresa al medio inicial.

Para la radiofrecuencia, la reflexión ocurre principalmente en el metal, pero también en superficies de agua y otros materiales con propiedades iguales. Los

accidentes geográficos, naturales o artificiales tales como cabos, islas, entradas estrechas a bahías, o fenómenos marinos son los obstáculos más comunes que pueden oponerse o interponerse al oleaje, produciendo los fenómenos de reflexión.

Se puede decir que estos son las leyes de la reflexión regular.

- ✓ El rayo incidente, el rayo reflejado y la recta normal, deben estar en el mismo plano con respecto a la superficie de reflexión en el punto de incidencia.
- ✓ El ángulo formado entre el rayo incidente y la recta normal es igual al ángulo que existe entre el rayo reflejado y la recta normal.

$$\theta_i = \theta_r$$

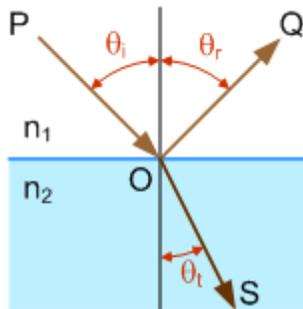


Figura II.5. Reflexión de Ondas Electromagnéticas

2.2.4.5. Difracción

En física, la difracción es un fenómeno característico de las ondas, éste se basa en el curvado y esparcido de las ondas cuando encuentran un obstáculo o al atravesar una rendija.

La interferencia se produce cuando la longitud de onda es mayor que las dimensiones del objeto, por tanto, los efectos de la difracción disminuyen hasta hacerse indetectables a medida que el tamaño del objeto aumenta comparado con la longitud de onda.

La difracción es un fenómeno basado en el hecho de que las ondas no se propagan en una sola dirección. Ocurre cuando las ondas se encuentran un obstáculo en su trayectoria. Para redes inalámbricas debido a que la longitud de onda es pequeña se requiere una línea de vista entre transmisor y receptor.

2.2.4.6. Refracción

La refracción es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si éstos tienen índices de refracción distintos. La refracción se origina en el cambio de velocidad de propagación de la onda.

Cuando un rayo se refracta al pasar de un medio a otro, el ángulo de refracción con el que entra es igual al ángulo en que sale al volver a pasar de ese medio al medio inicial.

2.2.4.7. Interferencia

Las ondas siguen el denominado principio de superposición, que afirma que cuando dos ondas se encuentran en el espacio se combinan en ese punto de encuentro, siguiendo posteriormente cada una de ellas su camino anterior sin producirse ninguna variación ni en su amplitud ni en su frecuencia ni en su fase.

Se ha visto que, si dos ondas coinciden en el espacio, su interacción permanece mientras dura esa coincidencia. Por tanto, si tiene dos ondas superpuestas y viajando en la misma dirección, su interacción será permanente, produciendo lo que se denomina interferencia, y la onda resultante será de la suma de las dos ondas iniciales como se ve en la Figura II.6.

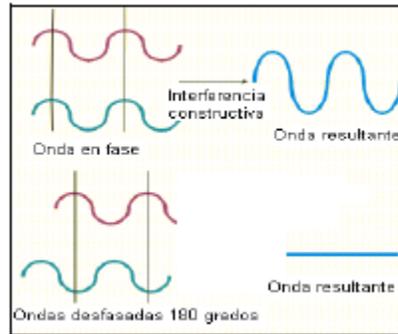


Figura II.6. Interferencia

Si las ondas tienen la misma frecuencia, y están en fase, se dice que su interferencia es constructiva, dando lugar a una onda resultante de la misma frecuencia cuya amplitud es mayor que las amplitudes de las ondas originales. Si las ondas están desfasadas 180 grados, se dice que su interferencia es destructiva, ya que si sus amplitudes son iguales, la amplitud de la onda resultante es cero. La interferencia tiene un papel importante en la difracción de las ondas.

2.2.5. Antenas

Se define antena como el dispositivo, generalmente metálico, capaz de irradiar y recibir ondas de radio o como la parte del sistema transmisor o receptor específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas. En otras palabras, la antena es un elemento de transición entre un dispositivo de guía de ondas y el espacio libre, en el caso del sistema transmisor o viceversa en el caso del sistema receptor.

Un principio fundamental de las antenas, llamada reciprocidad, denota que toda antena es un dispositivo recíproco porque las características y el desempeño de transmisión y de recepción son idénticas, como la ganancia, directividad, frecuencia de operación, ancho de banda, resistencia de radiación, eficiencia, entre otras.

2.2.5.1. Diagrama de radiación o Patrón de radiación

El patrón de radiación de una antena es una representación gráfica de la ganancia de la antena en función del ángulo. Precisamente hablando, esto es un modelo de dos dimensiones, una función tanto de la dirección y los ángulos de elevación y azimut. El lóbulo principal de la antena es donde la ganancia máxima se produce.

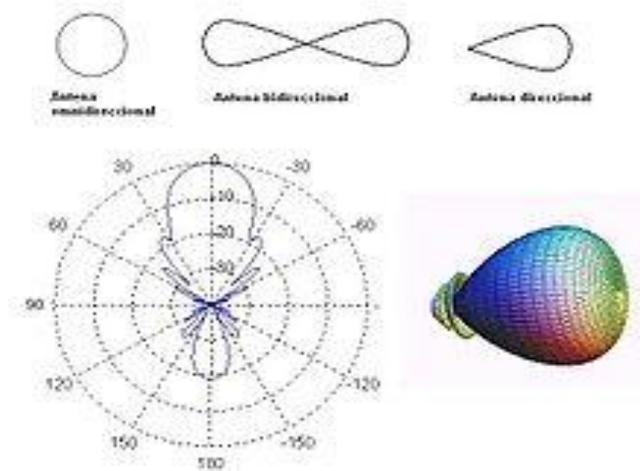


Figura II.7. Diagrama de Radiación

Los parámetros más importantes del diagrama de radiación son:

1. **Dirección de apuntamiento.-** Es la de máxima radiación. Directividad y Ganancia.
2. **Lóbulo principal.-** Es el margen angular en torno a la dirección de máxima radiación.

3. **Lóbulos secundarios.**- Son el resto de máximos relativos, de valor inferior al principal.

4. **Ancho de haz.**- Es el margen angular de direcciones en las que el diagrama de radiación de un haz toma un valor de 3dB por debajo del máximo. Es decir, la dirección en la que la potencia radiada se reduce a la mitad.

2.2.5.2. Ancho de banda

Es el margen de frecuencias en el cual los parámetros de la antena cumplen unas determinadas características. Se puede definir un ancho de banda de impedancia, de polarización, de ganancia o de otros parámetros.

2.2.5.3. Directividad

La Directividad (D) de una antena se define como la relación entre la intensidad de radiación de una antena en la dirección del máximo y la intensidad de radiación de una antena isotrópica que radia con la misma potencia total.

$$D = \frac{U_{max}}{U_{iso}}$$

La Directividad no tiene unidades y se suele expresar en unidades logarítmicas (dBi) como:

$$D = 10 \times \log \frac{U_{max}}{U_{iso}} \text{ [dBi]}$$

2.2.5.4. Ganancia

Se define como la ganancia de potencia en la dirección de máxima radiación. La Ganancia (G) se produce por el efecto de la directividad al concentrarse la potencia en las zonas indicadas en el diagrama de radiación.

$$G = 10 \times \log \left[4\pi \times \frac{U_{max}}{P_{in}} \right]$$

La unidad de Ganancia (G) de una antena es el dBd o dBi, dependiendo si esta se define respecto a un dipolo de media onda o a la isotrópica.

2.2.5.5. Impedancia de entrada

Es la impedancia de la antena en sus terminales. Es la relación entre la tensión y la corriente de entrada.

$$Z = \frac{V}{I}$$

La impedancia es un número complejo. La parte real de la impedancia se denomina Resistencia de Antena y la parte imaginaria es la Reactancia. La resistencia de antena es la suma de la resistencia de radiación y la resistencia de pérdidas. Las antenas se denominan resonantes cuando se anula su reactancia de entrada.

2.2.5.6. Polarización

Las antenas crean campos electromagnéticos radiados. Se define la polarización electromagnética en una determinada dirección, como la figura geométrica que

traza el extremo del vector campo eléctrico a una cierta distancia de la antena, al variar el tiempo. La polarización puede ser lineal, circular y elíptica.

2.2.5.7. Tipos de antenas

✓ **Dipolos.-** Un dipolo es una antena con alimentación central empleada para transmitir o recibir ondas de radiofrecuencia. Estas antenas son las más simples desde el punto de vista teórico.

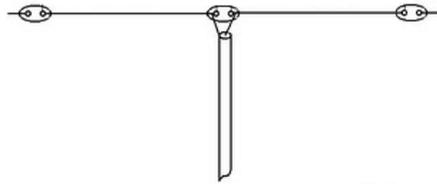


Figura II.8. Antena Dipolo

✓ **Antenas omnidireccionales:** Se les llama también antenas de fuste vertical. Se utilizan principalmente para emitir la señal en todas las direcciones. En realidad la señal que emite en esa forma de óvalo, y sólo emite en plano.



Figura II.9. Antena Omnidireccional

Se suelen colocar en espacios abiertos para emisión todas las direcciones. También se usan en espacios cerrados. En caso de colocarlas en el exterior es conveniente colocarle un filtro de saltos de tensión, para evitar problemas con tormentas eléctricas. Son baratas, fáciles de instalar y duraderas. Su ganancia está en torno a los 15 dBi.

✓ **Antenas Panel**

Al igual que las antenas omnidireccionales, su uso es para conexiones punto a multipunto. Estas sin embargo solo emiten en una dirección Su radio de cobertura está entre los 60 y los 180 grados.



Figura II.10. Antena Panel

La ganancia de estas antenas es mejor que las omnidireccionales aproximadamente 22 dBi, y permiten orientarlas hacia la dirección que más interesa.

✓ **Antena de Grilla o Semi Parabólicas**

Las antenas Semi Parabólicas reflectoras de rejilla se han diseñado para operaciones de largo alcance y se pueden configurar para la polarización vertical u horizontal. Estas antenas han sido construidas con material de

alta calidad y pueden adquirir alcanzar distancias de hasta varios kilómetros. Cuando el enlace inalámbrico se realiza entre edificios debe existir línea de vista entre los puntos y se hace preciso utilizar antenas direccionales y protectores contra rayos. Son muy utilizadas en enlaces inalámbricos de datos a frecuencias de 900 MHz, 2.4 GHz, y 5.8 GHz.



Figura II.11. Antena de Grilla

2.2.6. Radioenlaces

Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz

Los radios enlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencia asignada para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal, los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía.

Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región. Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.

2.2.6.1. Conceptos de Diseño

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

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

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

2.2.6.2. Estructura de un radio enlace

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

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

✓ **Repetidores**

• **Activos**

En ellos se recibe la señal en la frecuencia de portadora y se la baja a una frecuencia intermedia para amplificarla y retransmitirla en la frecuencia de salida. No hay demodulación y son transceptores.

• **Pasivos**

Se comportan como espejos que reflejan la señal y se los puede dividir en pasivos convencionales, que son una pantalla reflectora y los pasivos back-back, que están constituidos por dos antenas espalda a espalda. Se los utiliza en ciertos casos para salvar obstáculos aislados y de corta distancia.

2.2.7. Presupuesto de enlaces

Un presupuesto de potencia para un enlace punto a punto es el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor, a través de cables, conectores y espacio libre hacia el receptor. La estimación del valor de potencia en diferentes partes del radioenlace es necesaria para hacer el mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado.

2.2.7.1. Elementos del presupuesto de enlace

Los elementos pueden ser divididos en 3 partes principales:

- ✓ El lado de Transmisión con potencia efectiva de transmisión.
- ✓ Pérdidas en la propagación.
- ✓ El lado de Recepción con efectiva sensibilidad receptiva

Un presupuesto de radio enlace completo es simplemente la suma de todos los aportes en el camino de las tres partes principales.

Presupuesto de enlace = Potencia del transmisor [dBm] – Pérdida en el cable TX [dB] + ganancia de antena TX [dBi] – Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto [dB] + ganancia de antena RX [dBi] – Pérdidas en el cable del RX [dB] = Margen – Sensibilidad del receptor [dBm].

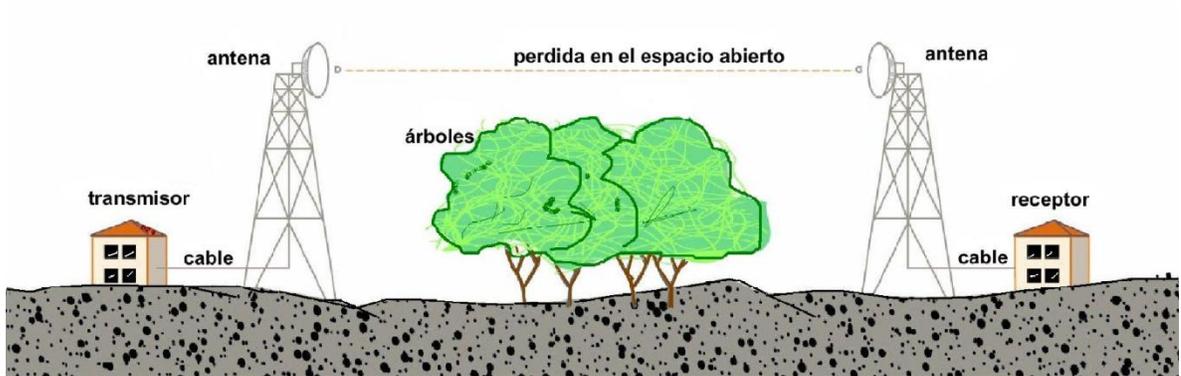


Figura II.12. Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor

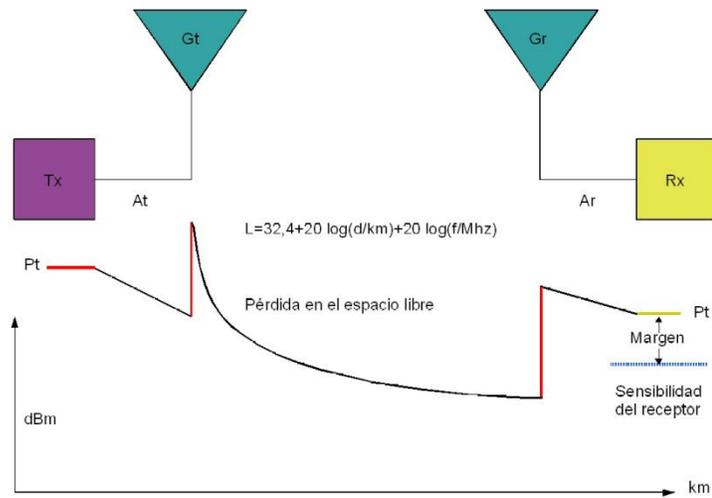


Figura II.13. Potencia en dBm en función de la distancia para un radioenlace

2.2.7.1.1. El lado de Transmisión

✓ Potencia de Transmisión (Tx)

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En general, los radios con mayor potencia de salida son más costosos. La potencia de transmisión del radio, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vendedor. Tenga en cuenta que las especificaciones técnicas le darán valores ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la tensión de alimentación.

La potencia de transmisión típica en los equipos IEEE 802.11 varía entre 15 – 26 dBm o 30 – 400 mW.

Protocolo	Potencia pico [dBm]	Potencia pico [mW]
IEEE 802.11a	18	65
IEEE 802.11b	20	100

Tabla II.III. Potencia de transmisión de los estándares IEEE 802.11 a/b

✓ **Pérdida en el cable**

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

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

Las pérdidas en los cables dependen mucho de la frecuencia, por eso al calcular la pérdida en el cable, se debe asegurar de usar los valores correctos para el rango de frecuencias usadas.

✓ **Pérdidas en los conectores**

Estime por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conector en su cableado. Estos valores son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal soldados pueden implicar pérdidas mayores.

Si se usan cables largos, la suma de las pérdidas en los conectores está incluida en una parte de la ecuación de Pérdidas en los cables pero para estar seguro, siempre considere un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5 dB por conector como regla general.

Además, los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre las antenas y el radio deben ser presupuestados hasta con 1 dB de pérdida, dependiendo del tipo.

✓ **Amplificadores**

Opcionalmente, se pueden usar amplificadores para compensar la pérdida en los cables o cuando no haya otra manera de cumplir con el presupuesto de potencia. En general, el uso de amplificadores debe ser la última opción. Una escogencia inteligente de las antenas y una alta sensibilidad del receptor son mejores que la fuerza bruta de amplificación.

Los amplificadores de alta calidad son costosos y uno económico empeora el espectro de frecuencia, lo que puede afectar los canales adyacentes. Todos los amplificadores añaden ruido extra a la señal, y los niveles de potencia resultantes pueden contravenir las normas legales.

Técnicamente hablando, prácticamente no hay límites en la cantidad de potencia que puede agregar a través de un amplificador, pero nuevamente, tenga en cuenta que los amplificadores siempre elevan el ruido también.

✓ **Ganancia de antena**

La ganancia de una antena típica varía entre 2 dBi (antena integrada simple) y 8 dBi (omnidireccional estándar) hasta 21 – 30 dBi (parabólica).

Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente relacionadas con una incorrecta instalación debido a pérdidas en la inclinación, en la polarización, objetos metálicos adyacentes, entre otros. Esto significa que sólo puede esperar una ganancia completa de antena, si está instalada en forma óptima.

2.2.7.1.2. Pérdidas de propagación

Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando esta sale de la antena de transmisión hasta que llega a la antena receptora.

✓ Pérdidas en el espacio libre (FSL)

La mayor parte de la potencia de la señal de radio se perderá en el aire. Aún en el vacío, una onda de radio pierde energía que se irradia en direcciones diferentes a la que puede capturar la antena receptora. La pérdida en el espacio libre, mide la potencia que se pierde en el mismo sin ninguna clase de obstáculo, la señal de radio se debilita en el aire debido a la expansión dentro de una superficie esférica.

La pérdida en el espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia. Aplicando decibeles, resulta la siguiente ecuación:

$$FSL_{(dB)} = 92.4 + 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f)$$

d = distancia [Km]

f = frecuencia [GHz]

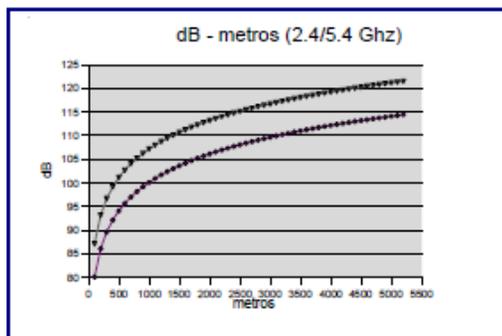


Figura II.14. Distancia (m) vs. Pérdida (dB)

El gráfico muestra la pérdida en dB para 2.4 GHz y 5.4 GHz, se puede ver que después de 1,5km. Como regla general en una red inalámbrica a 2.4 GHz, 100 dB se pierden en el 1er kilómetro y la señales reducida a 6 dB cada vez que la distancia se duplica. Esto implica que un enlace de 2 km tiene una pérdida de 106 dB y a 4km tiene una pérdida de 112 dB, etc.

Distancia [km]	915 MHz	2.4 GHz	5.8GHz
1	92 dB	100 dB	108 dB
10	112 dB	120 dB	128 dB
100	132 dB	140 dB	148 dB

Tabla II.IV. Pérdidas en el Espacio Libre

Estos valores son teóricos y pueden muy bien diferir de las mediciones tomadas, Hay que tomar en cuenta que las pérdidas pueden ser muchas veces más grandes debido a las influencias del terreno y las condiciones climáticas. En particular, las reflexiones en cuerpos de agua o en objetos conductores pueden introducir pérdidas significativas.

✓ **Zona de Fresnel**

La zona de Fresnel, es el espacio alrededor del eje que contribuye a la transferencia de potencia desde la fuente hacia el receptor. Basados en esto, podemos calcular cuál debería ser la máxima penetración de un obstáculo en esta zona para contener las pérdidas.

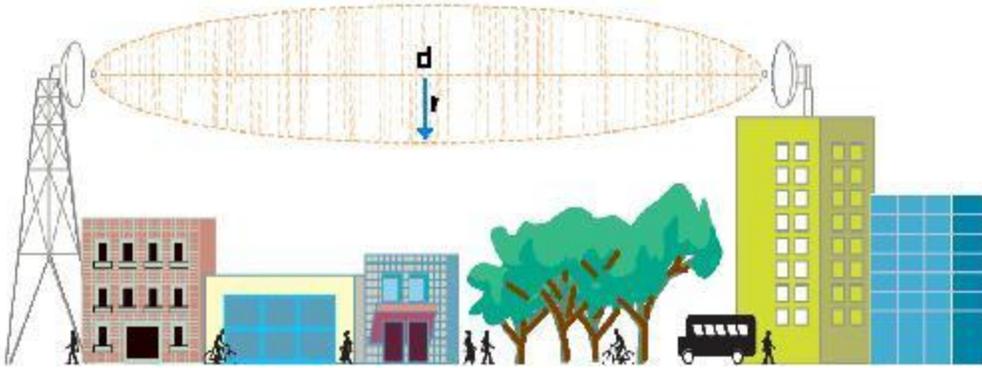


Figura II.15. Zona de Fresnel

Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un enlace satisfactorio. En aplicaciones críticas, habrá que hacer el cálculo también para condiciones anómalas de propagación, en la cuales las ondas de radio se curvan hacia arriba y por lo tanto se requiere altura adicional en las torres. Para grandes distancias hay que tomar en cuenta también la curvatura terrestre que introduce una altura adicional que deberán despejar las antenas.

La siguiente fórmula calcula la primera zona de Fresnel:

$$r = 17,32 * \sqrt{\frac{d_1 * d_2}{d * f}}$$

d1= distancia al obstáculo desde el transmisor [km]

d2= distancia al obstáculo desde el receptor [km]

d= distancia entre transmisor y receptor [km]

f= frecuencia [GHz]

r= radio [m]

Si el obstáculo está situado en el medio ($d_1 = d_2$), la fórmula se simplifica:

$$r = 17,32 * \sqrt{\frac{d}{4f}}$$

Distancia [km]	915 MHz	2.4 GHz	5.8GHz	Curvatura terrestre
1	9	6	4	0
10	29	18	11	4,2
100	90	56	36	200

Tabla II.V. Radio (m) para la primera zona de Fresnel

2.2.7.1.3. Lado receptor

Los cálculos son casi idénticos que los del lado transmisor.

✓ **Ganancia de antena desde el receptor**

Mismo procedimiento visto desde el receptor.

✓ **Amplificadores desde el receptor**

Los cálculos y los principios son los mismos que el transmisor. Nuevamente, la amplificación no es un método recomendable a menos que otras opciones hayan sido consideradas y aun así sea necesario.

✓ **Sensibilidad del receptor**

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer "bits lógicos" y alcanzar una cierta tasa de bits. Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio. Un valor típico es -82 dBm en un enlace de 11 Mbps y -94 dBm para uno de 1 Mbps.

Una diferencia de 10dB aquí es tan importante como 10 dB de ganancia que pueden ser obtenidos con el uso de amplificadores o antenas más grandes. Nótese que la sensibilidad depende de la tasa de transmisión.

✓ **Margen y Relación S/N**

No es suficiente que la señal que llega al receptor sea mayor que la sensibilidad del mismo, sino que además se requiere que haya cierto margen para garantizar el funcionamiento adecuado.

La relación entre el ruido y la señal se mide por la tasa de señal a ruido (S/N). Un requerimiento típico de la SNR es 16 dB para una conexión de 11 Mbps y 4 dB para la velocidad más baja de 1 Mbps.

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

$$\text{Relación } S/N \text{ [dB]} = 10 \log_{10} \frac{(\text{Potencia de la señal [W]})}{\text{Potencia del ruido [W]}}$$

En condiciones normales sin ninguna otra fuente en la banda de 2.4 GHz y sin ruido de industrias, el nivel de ruido es alrededor de los -100 dBm.

2.2.8. Tecnología MIKROTIK

Mikrotik Ltd., conocida internacionalmente como Mikrotik, es una compañía letona vendedora de equipo informático y de redes. Vende principalmente productos de

comunicación inalámbrica como routerboards o routers, también conocidos por el software que lo controla llamado RouterOS.

2.2.8.1. Software RouterOS

El principal producto de Mikrotik es el sistema operativo conocido como Mikrotik RouterOS basado en Linux. Permite a los usuarios convertir un ordenador personal PC en un router, lo que permite funciones como firewall, VPN Server y Cliente, Gestor de ancho de banda, QoS, punto de acceso inalámbrico y otras características comúnmente utilizado para el enrutamiento y la conexión de redes.

El sistema operativo es licenciada en la escalada de niveles

Aunque RouterOS se puede probar gratis, el software viene con algunas limitaciones. Puede adquirir un nivel 3, 4, 5 y 6. El nivel 1 es la licencia de demostración. La diferencia entre los niveles de licencia se muestra en la Tabla II.6.

Número de nivel	1	3 (WISP)	4 (WISP)	5 (WISP)	6 (Contralor)
Precio	registrarse	volumen sólo	\$ 45	\$ 95	\$ 250
Para actualizable	sin mejoras	ROS V6.x	ROS V6.x	ROS v7.x	ROS v7.x
Inicial de configuración de Apoyo	-	-	15 días	30 días	30 días
Punto de acceso inalámbrico	-	-	sí	sí	sí
Cliente inalámbrico y el puente	-	sí	sí	sí	sí

RIP, OSPF, BGP	-	sí (*)	sí	Sí	sí
PPPoE túneles	1	200	200	500	ilimitado
Túneles PPTP	1	200	200	500	ilimitado
Interfaces VLAN	1	ilimitado	ilimitado	ilimitado	ilimitado
HotSpot usuarios activos	1	1	200	500	ilimitado
RADIUS cliente	-	sí	sí	sí	sí
Colas	1	ilimitado	ilimitado	ilimitado	ilimitado
Web proxy	-	sí	sí	sí	sí
Interfaces síncronos	-	-	sí	sí	sí
Sesiones de usuario administrador de activos	1	10	20	50	Unlimited

Tabla II.VI. Diferencias de licencias de RouterOS

2.2.8.2. Hardware RouterBOARD



Figura II.16. RouterOS

Es la división de hardware de la marca Mikrotik caracterizado por su Sistema Operativo RouterOS por ser muy potente y fácil de configurar. Estos dispositivos tienen la ventaja de tener una relación beneficio/costo muy alto.

Los modelos generalmente empiezan con la letra RBXXX indicando la plataforma que usa. Se dividen en routers de media/baja gama, routers de alta gama, Interfaces y adaptadores, La venta de RouterOS, combinado con su línea de productos hardware conocida como Mikrotik RouterBOARD, está enfocada a los pequeños y medianos proveedores de acceso a Internet, que normalmente proporcionan acceso de banda ancha inalámbrica en áreas remotas.

Modelo	Crossroads	RB450	RB411/A/AH	RB493/AH
CPU	MIPS32 4KEc basado 184MHz	Atheros AR7130 300MHz	AtherosAR7130/ AR7130/AR7161	Atheros AR7130/AR7161
RAM	32MB	32MB	32/64/64MB	64MB/128MB
Puertos Ethernet	1 x 10/100	5 x 10/100	1 x 10/100	9 x 10/100
Expansión	Onboard 802.11b/g wireless card	Ninguna	1 miniPCI	3 miniPCI
Almacenamiento	64MB	64MB	64MB	64MB
PoE	Si	Si	Si	SI
Software	RouterOS Level4	RouterOS Level4	RouterOS L3/L4/L4	RouterOS L4/L5

Tabla II.VII. Características de RouterBOARD

Con los equipos Mikrotik es posible obtener un gran ancho de banda, el equipamiento ofrece diversas características incluyendo firewalls, NAT, VPN, gestión de ancho de banda, QoS además de soportar ruteo estático y una

variedad de protocolos dinámicos como RIP v1 y v2, OSPF v2, BGP v4.en Ipv4 y RIPng, OSPFv3, BGP en Ipv6

2.2.8.3. Características sobresalientes

✓ Firewall

El Firewall implementa el filtro de paquetes, a su vez provee funciones de seguridad robusta, utilizadas para manejar el flujo de datos hacia, desde y a través del enrutador. En conjunto con NAT “Network Address Translation” sirve para prevenir acceso no autorizado a redes directamente adjuntas y en el mismo enrutador como un filtro para el tráfico saliente.

✓ QoS

El control de ancho de banda es un conjunto de mecanismos para controlar la repartición de tasa de datos, variabilidad de retraso, tiempo de entrega y confiabilidad de entrega. La calidad de servicio (QoS) significa que el enrutador puede priorizar y modelar el tráfico de la red. Algunas características del mecanismo de control de tráfico están listadas a continuación:

- Límite de tasa de datos para ciertas direcciones IP, subredes, protocolos, puertos.
- Límite del trafico punto a punto “Peer to Peer”.
- Prioriza algunos flujos de paquetes sobre otros especificados.
- Utiliza la ráfaga de cola “queuing” para una búsqueda por Web más rápida.
- Comparte el tráfico disponible entre usuarios por igual, o dependiendo de la carga del canal.

2.2.9. Software Especializado

2.2.9.1. Winbox

Existe un software llamado Winbox que ofrece una sofisticada interfaz gráfica para el sistema operativo RouterOS. El software también permite conexiones a través de FTP y Telnet, SSH y acceso shell. También hay una API que permite crear aplicaciones personalizadas para la gestión y supervisión.

2.2.9.2. Radio Mobile

Radio Mobile es un programa de simulación de radio enlaces gratuito que nos sirve para operar dentro del rango de 20 MHz a 20 GHz, basado en el modelo de propagación ITS (Irregular Terrain Model).

El programa permite dibujar la elevación en los mapas usando los datos SRTM descargados desde Space Shuttle Radar Terrain Mapping Mission, con la posibilidad de agregar los mapas de rutas y autopistas simultáneamente a los relieves del contorno, obviamente junto a las curvas de nivel.

El rendimiento de cada unidad transmisora o receptora puede ser especificada detallando la potencia, sensibilidad, parámetros de la antena, etc. los enlaces entre las unidades también pueden ser analizados. El patrón de cobertura puede analizarse individualmente para cada unidad en caso de ser necesario.

No es necesario especificar la característica básica que debe poseer un software para simulación de este estilo, y que por supuesto Radio Mobile posee, a saber: radio de fresnel, curvatura terrestre, horizonte visual, características troposféricas.

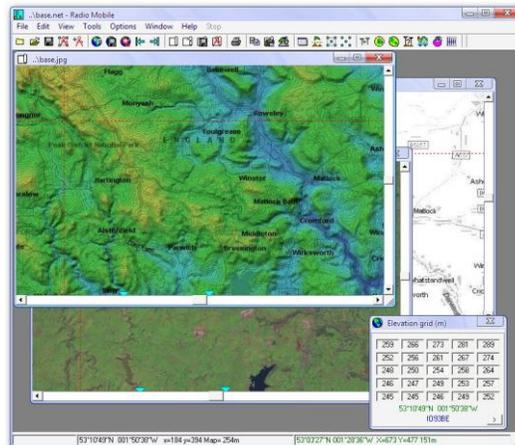


Figura II.17. Software Radio Mobile

Resumiendo, Radio Mobile es un excelente software de simulación de radio enlaces que debería ser instalado por los estudiantes de Ingeniería Electrónica para corroborar sus cálculos y mediciones hechos en papel.

2.2.9.3. JPERF

Jperf es una herramienta de prueba de red de uso general que puede crear flujos de datos TCP y UDP y medir el rendimiento de una red.

Jperf permite al usuario configurar los distintos parámetros que pueden ser utilizados para realizar pruebas en una red, alternativamente, para optimizar el ajuste o una red. Jperf tiene un cliente y servidor de la funcionalidad, y se puede medir el rendimiento entre los dos extremos, ya sea unidireccional o bidireccionalmente.

Se trata de software de código abierto y funciona en varias plataformas, incluyendo Linux, Unix y Windows. Es apoyada por el Laboratorio Nacional de la Red de Investigación Aplicada.

Jperf es significativo, ya que es una herramienta multiplataforma que puede ejecutarse en cualquier red y las medidas de salida estándar de rendimiento. Por lo tanto, puede ser utilizado para la comparación de equipos de redes cableadas e inalámbricas y tecnologías de una manera imparcial.

2.2.9.4. EDRAW

Edraw Max es un software de diagrama de todo en uno que hace que sea sencillo para crear diagramas de flujo de aspecto profesional, organigramas, diagramas de red, presentaciones de negocios, planes de construcción, diagramas de ingeniería eléctrica, mapas direccionales, diagramas de bases de datos y mucho más, con más de 4600 símbolos vectoriales incluidos, y una extensa biblioteca de predibujadas ilustraciones, si está familiarizado con el entorno de Microsoft Office, que va a retomar Edraw Max. El uso de plantillas, formas y herramientas de dibujo, es posible construir intuitivamente gráficos y diagramas que transmiten la información con más eficacia que nunca. Usando una técnica de diseño de arrastrar y soltar, junto con la alineación automática y su elección de colores, fuentes y estilos, la construcción de los diagramas en Edraw Max es rápida y fácil.

CAPÍTULO III

MARCO PROPOSITIVO

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe el proceso de diseño de la red. Iniciamos con las consideraciones previas acerca de la geografía y la población, con una especial atención a la realidad de la gente que vive en la zona, seguido de aspectos tecnológicos como la arquitectura de red, el diseño de los radioenlaces y el direccionamiento de la red.

3.1. Análisis de la situación inicial

La era del Internet junto a las nuevas tecnologías de información incentivan a un cambio hacia un nuevo paradigma educativo más personalizado, la alfabetización digital, el índice de fracaso escolar y la creciente multiculturalidad de la sociedad constituyen poderosas razones para lograr instituciones educativas más eficaces e inclusivas.

El sector rural en la provincia de Chimborazo, específicamente el cantón Chambo el índice de acceso a Internet es nula esto se debe a que no existe una infraestructura que permita proveer del servicio a estos sectores teniendo como limitaciones a factores geográficos, climáticos, políticos y económicos que restringen el acceso al mismo. Chambo cuenta con una población de 10457 habitantes, de los cuales solo el 15% de los niños y adolescentes acceden a la educación primaria y secundaria respectivamente los mismos que desconocen o muy poco saben del uso de las tecnologías de información debido a que en sus instituciones educativas carecen de los equipos de cómputo y de una conexión a internet.

Como consecuencia el nivel académico de instituciones educativas rurales es inferior limitando a sus alumnos a la educación tradicional, aumentando de esta manera el índice de fracaso escolar debido a que al optar por estudios de nivel superior encuentran grandes dificultades y prefieren cambiar los estudios por actividades laborales provocando un bajo número de profesionales en el cantón.

El municipio de Chambo ha decidido dotar de internet a las escuelas por medio de una red inalámbrica comunitaria puesto que presenta varias ventajas lo que permitirá la distribución del servicio a sectores muy alejados fomentando así una educación actualizada, sin alterar el entorno ni estilo de vida de los estudiantes, para que los niños, adolescentes y maestros tengan libre acceso a la información para una educación universal y equitativa.

Las especificaciones del diseño el Ilustre Municipio de Chambo ha decidido la utilización de bandas libres ya que representará menor inversión en la implementación del proyecto.

3.2. Zona Geográfica

Chambo, es uno de los cantones más importantes de la Provincia de Chimborazo, está situado a 8 kilómetros de la ciudad de Riobamba, se encuentra en una altura de 2600 a 4711 msnm con una temperatura que fluctúan entre 0-15 °C y una precipitación promedio anual de 714 mm, Chambo goza de tres pisos climáticos:

- ✓ Piso Templado Sub Andino
- ✓ Piso Frio Andino
- ✓ Piso Glacial

Su topografía es variada, mientras una parte de su territorio que es la playa baja del Rio Chambo se encuentra a 2600 msnm y la parte alta alcanza a 4711 msnm cerca de los Cubillines evidenciando su caprichosa geografía.



Figura III.18. Vista del Cantón Chambo

El cantón Chambo al encontrarse entre estos pisos se puede esperar una serie de condiciones climáticas que tienden a una variación entre nublado y lluvioso afectando calidad del enlace, principalmente el viento y la lluvia fuerte.

3.3. Lugares Beneficiados

Las instituciones educativas del cantón Chambo se concentra en las diferentes parroquias urbanas y rurales, debido a la gran afluencia de estudiantes en cada uno de ellas, las escuelas beneficiadas para proveerlas de conectividad a Internet son:

- ✓ Amelia Guerrero
- ✓ Vacas Galindo
- ✓ Diego Donoso
- ✓ Cacique Achamba
- ✓ Facundo Bayas
- ✓ Luz Elvira Vallejo

Cada una ubicada en las comunidades de Santa Rosa, Pantaño, Lluçud, Guallabamba y San Francisco.

3.4. Conceptos de diseño

3.4.1. Objetivos Técnico

El objetivo técnico es proporcionar un medio seguro y confiable para la transmisión de datos, mediante el diseño de una red de datos en base a estándares y normativas vigentes con la finalidad de proporcionar conectividad a Internet a las escuelas rurales del cantón Chambo.

3.4.2. Escalabilidad

- ✓ Gracias a la topología de árbol elegida para el diseño se proporciona de escalabilidad a la red, aumentando su capacidad de expansión.
- ✓ El proyecto se inicia con 6 escuelas del cantón para las cuales se realizará un diseño de acuerdo a los requerimientos de cada escuela respecto a la situación actual y futura de cada institución educativa.
- ✓ Realizar el estudio de campo para determinar los puntos estratégicos de instalación de las estaciones repetidoras.
- ✓ Conectar a la red las escuelas y entidades educativas que se encuentren dentro del área de cobertura y que el I. Municipio de Chambo considere integrar al proyecto.

3.4.3. Disponibilidad de la red

Los equipos MIKROTIK implementados en la red ofrecen un MTBF mayor a 100000 horas y el administrador se compromete reparar la falla en un tiempo máximo de 24 horas considerando factores externos que provoquen tal demora.

- ✓ **MTBF** = 100000 h
- ✓ **MTTR** = 24 h

$$Disponibilidad = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right) * 100$$

$$Disponibilidad = 99,97\%$$

- ✓ **Desconexión por minutos**

Disponibilidad	Por Hora	Por día	Por mes	Por año
99,97%	0,018	0,432	12,96	155

Tabla III.VIII. Disponibilidad de la red

3.4.4. Estrategias de seguridad

3.4.4.1. Seguridad Física

✓ **Equipos**

- Los equipos Mikrotik tienen incorporado bases de fijación de metal que permiten la firmeza del equipo asegurándolo contra agentes climáticos externos y robos.
- Candados para cuartos de telecomunicaciones.
- Caja eléctrica de telecomunicaciones.
- Soporte para antenas.
- Instalación a tierra.

✓ **Estaciones finales**

- Colocación de los Switches a la pared con la ayuda de tornillos.
- La seguridad propia de cada escuela para salvaguardar los bienes informáticos.

3.4.4.2. Seguridad lógica

✓ **Autenticación y autorización**

Por medio de contraseñas tanto para personal que tiene acceso a los recursos de la institución como para los dispositivos críticos.

✓ **Encriptación**

En la transmisión de información entre dispositivos mediante WPA-PSK en los equipos de distribución.

- ✓ Protegermos de códigos maliciosos mediante el uso de aplicaciones apropiadas para su eliminación.

- ✓ Respecto a la seguridad lógica se ha optado por la instalación de antivirus que permitirán el mejor desempeño de las estaciones de trabajo en cada escuela mejorando el desempeño mismo de la red.
- ✓ Implementación de políticas de seguridad para el uso debido de la red. (Anexo 1).

3.4.5. Adaptabilidad

- ✓ Los equipos Mikrotik trabajan con estándares internacionales permitiendo la compatibilidad de los equipos de distintas marcas, obteniendo así una red adaptable a cambios tecnológicos.

3.4.6. Tecnología

De acuerdo a los requerimientos propuestos por el I. Municipio de Chambo y en base marco teórico se opta por la tecnología 802.11 b/g, ya que es una banda libre y a los beneficios que presenta esta tecnología respecto a la 802.11a en la zona que se aplicará.

3.4.7. Diseño lógico de la red

3.4.7.1. Topología Lógica

Para este diseño se ha considerado la topología en árbol o topología jerárquica debido a las ventajas que ofrece, el diseño consta de tres repetidores siendo el repetidor central el encargado de conectar a los otros dos y estos a su vez serán los responsables de la conectividad con los nodos receptores de la red.

Este tipo de topología es elegida debido a los requerimientos de funcionamiento de la red además en caso de fallos los nodos individuales pueden quedar aislados sin afectar el rendimiento general de la red.

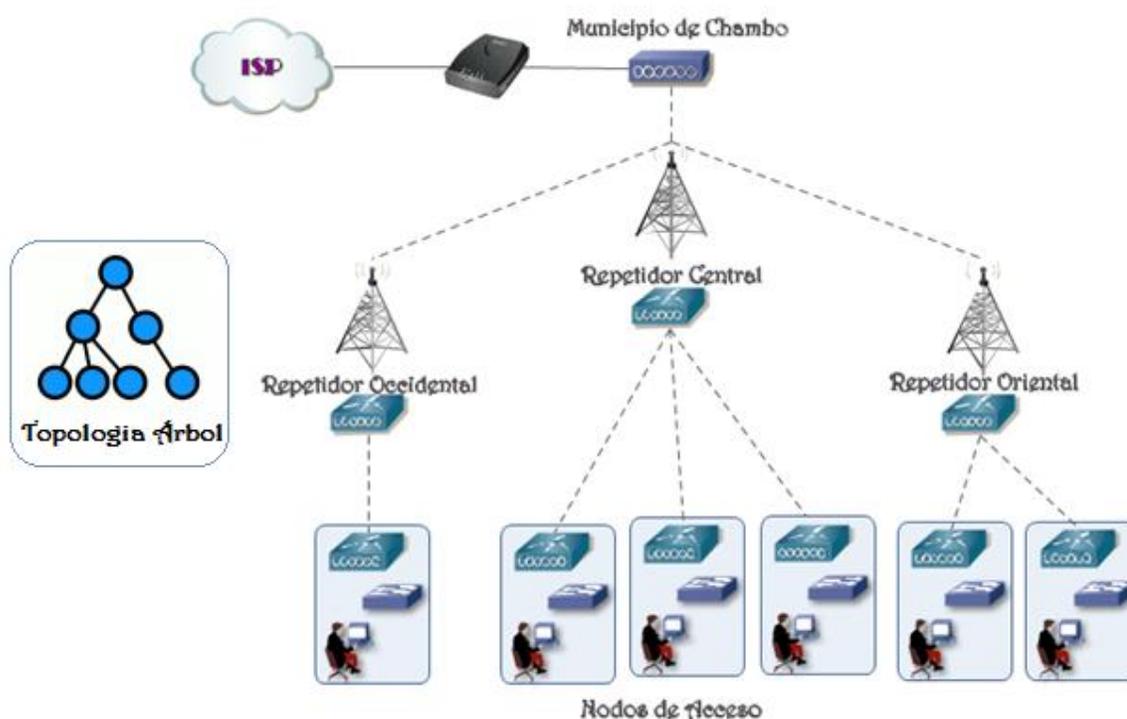


Figura III.19. Topología de red

Con el fin de simplificar el diseño, implementación y administración de las redes, Cisco utiliza un modelo jerárquico para describir la red. Aunque la práctica de este método suele estar asociado con el proceso de diseño de una red, es importante comprender el modelo para poder determinar qué equipo y que características se van a necesitar en la red.

El modelo se compone de tres capas:

- ✓ Capa de acceso
- ✓ Capa de distribución
- ✓ Capa de núcleo

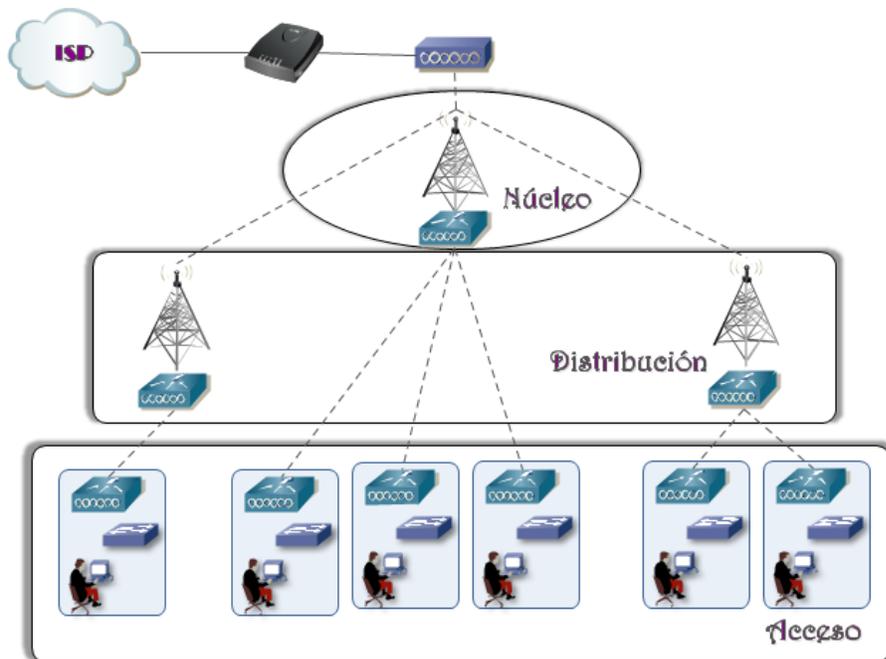


Figura III.20. Modelo Jerárquico de 3 capas de Cisco

Asignadas de la siguiente manera:

Núcleo:

- ✓ Santa Rosa

Nivel de Distribución:

- ✓ Llucud
- ✓ San Francisco

Nivel de Acceso:

- ✓ Amelia Guerrero
- ✓ Cacique Achamba
- ✓ Vacas Galindo
- ✓ Diego Donoso

- ✓ Luz Elvira Vallejo
- ✓ Facundo Bayas

Las características de los equipos han sido escogidas de acuerdo a la función e importancia que desempeñan dentro de la red. *Ver Infraestructura de Telecomunicaciones*

3.4.7.2. Direccionamiento y Asignación de Nombres

En base a los requerimientos de la red se opta por la utilizar una dirección de red tipo C y direccionar mediante la técnica de VLSM para evitar el menor desperdicio de direcciones, aplicaremos el protocolo DHCP tanto en los repetidores como en las estaciones receptoras. Con esto lograremos escalabilidad en la red.

- ✓ **Plan de Direccionamiento IP**

- Se requiere tener mínimo 5 host y máximo 20 hosts por subred.
- 192.168.1.0-> Dirección de red
- 255.255.255.0 -> Máscara de la red

- ✓ **Asignación de nombres**

- Se estructura una asignación de nombres de acuerdo a las capas del modelo jerárquico, es decir a que capa pertenece y haciendo referencia al dispositivo que lo precede.

Host	Escuela	Asignación de nombres	Dirección de subred	Máscara de subred	Primera dirección	Última dirección	Dirección de broadcast
20	AMELIA GUERRERO	A_AG	192.168.1.32	255.255.255.224	192.168.1.33	192.168.1.62	192.168.1.63
12	VACAS GALINDO	A_VG	192.168.1.64	255.255.255.240	192.168.1.65	192.168.1.78	192.168.1.79
10	Red SAN FRANCISCO	N_SROSA	192.168.1.80	255.255.255.240	192.168.1.81	192.168.1.94	192.168.1.95
8	FACUNDO BAYAS	A_FB	192.168.1.96	255.255.255.240	192.168.1.97	192.168.1.110	192.168.1.111
6	CACIQUE ACHAMBA	A_CA	192.168.1.112	255.255.255.248	192.168.1.113	192.168.1.18	192.168.1.119
5	DIEGO DONOSO	A_DD	192.168.1.120	255.255.255.248	192.168.1.121	192.168.1.126	192.168.1.127
5	LUZ ELVIRA VALLEJO	A_LEV	192.168.1.128	255.255.255.248	192.168.1.129	192.168.1.34	192.168.1.35
4	E. SAN FRANCISCO	D_SFRAN	192.168.1.136	255.255.255.248	192.168.1.137	192.168.1.142	192.168.1.143
2	Red PANTAÑO	N_SROSA	192.168.1.144	255.255.255.248	192.168.1.145	192.168.1.150	192.168.1.151
2	Red LLUCUD	D_LLU	192.168.1.152	255.255.255.248	192.168.1.153	192.168.158	192.168.1.159

Tabla III.IX. Plan de Direccionamiento IP

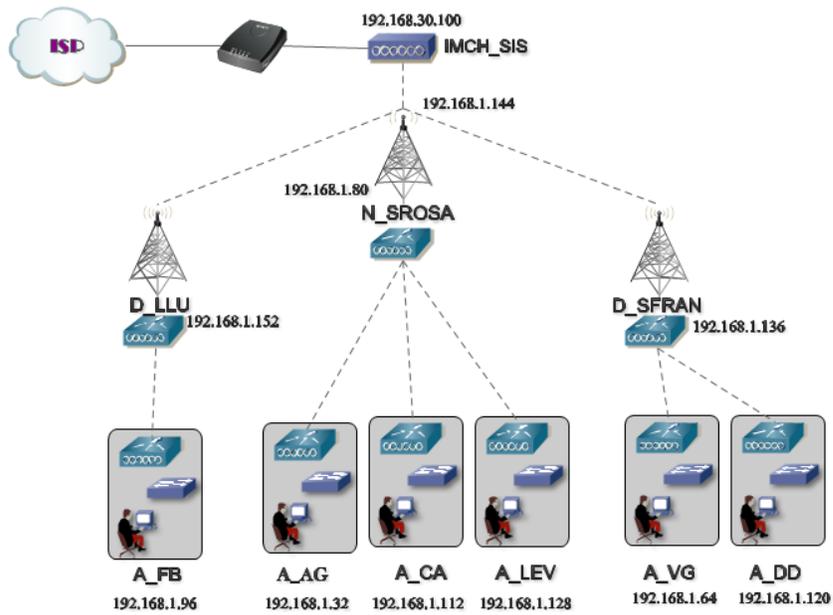


Figura III.21. Asignación de nombres

3.4.7.3. Asignación de nombres de los SSID

Los SSID se han asignado de acuerdo a las zonas de cobertura.

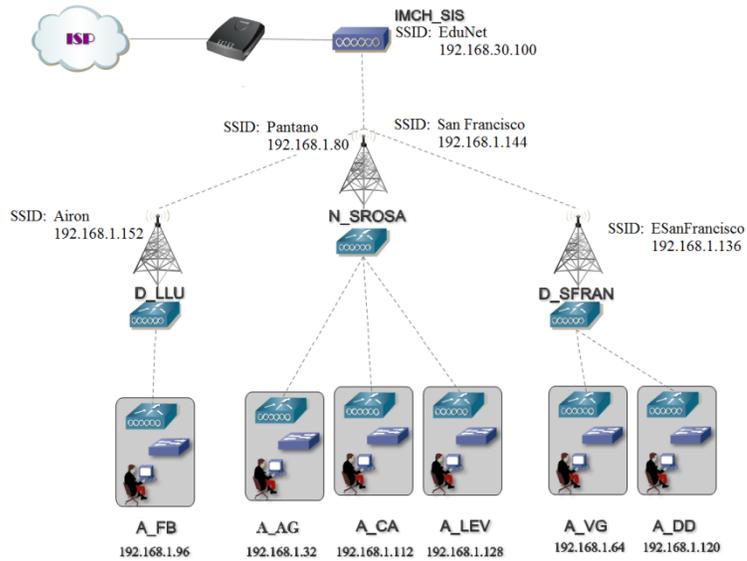


Figura III.22. Diseño de la WLAN

3.4.8. Diseño Físico

3.4.8.1. Tecnología de Capa 1 y Capa 2

El diseño físico consiste en la elección de tecnología de capa 1 y capa 2 del modelo OSI, en la Tabla III.10 presentamos un resumen de las tecnologías utilizadas.

	Estándares	Modo de operación
Conexión inalámbrica entre repetidores	802.11 b/g	BSS
Cableado laboratorios de cada escuela	802.3	100 BASE-T
Norma de cableado	TIA/EIA 568B	N/A

Tabla III.X. Tecnología de Capa 1 y Capa 2

3.4.8.2. Infraestructura de Telecomunicaciones

✓ **Distribución e instalación de los equipos**

En base al diseño, se procede a la asignación de los equipos en cada una de las repetidoras y escuelas receptoras.

✓ **Estaciones Repetidoras**

Estaciones repetidoras	Equipo	Tipo de Antena	Ganancia (dBi)	Altura Mástil
Municipio de Chambo	1 Access Point D-LINK	Microstrip	8	2
Santa Rosa	1 Routerboard 433	3 antenas tipo Panel	14	40
San Francisco	1 Routerboard 433	1 Tipo Panel	14	15
		1 Tipo Rejilla	24	
Llucud	1 Routerboard 433	1 Tipo Panel	14	15
		Antena Microstrip Integrada	10	

Tabla III.XI. Distribución de los equipos en estaciones repetidoras

✓ **Estaciones Receptoras**

Comunidad	Escuelas	Equipo	Tipo de Antena	Ganancia (dBi)
Catequilla	Facundo Bayas	1 Routerboard 411	Antena Microstrip Integrada.	10
San Francisco	Diego Donoso	1 Routerboard 411	Antena Microstrip Integrada.	10
Gullabamba	Vacas Galindo	1 Routerboard 411 1 Switch DLINK de 16 puertos	Antena Microstrip Integrada.	10
Llucud	Cacique Achamba	1 Routerboard 411 1 Switch DLINK de 8 puertos	Antena Microstrip Integrada.	10

Santa Rosa	Amelia Guerrero	1 Routerboard 411	Antena Microstrip Integrada.	10
Pantaño	Luz Elvira Vallejo	1 Routerboard 411 1 Switch DLINK de 8 puertos	Antena Microstrip Integrada.	10

Tabla III.XII. Distribución de los equipos en estaciones receptoras

✓ **Especificaciones Técnicas**

Equipos	Características
RouterBoard 411	Potencia de salida de 100mW, marca Mikrotik estándar 802.11b/g, incluye PoE.
RouterBoard 433	Radio triple, Potencia de salida de 400mW, marca Mikrotik estándar 802.11b/g, incluye PoE.
Access Point D-link	Inalámbrico estándar 802.11 g, velocidad de transmisión 54 a 108 MBS, modelo DLK-DWL-2100AP, marca D-Link
Switch D-LINK	D-Link DSS-8+, 8 puertos 10/100BASE-TX
Antenas Sectoriales	Ganancia de 14dBi, 120° de apertura, conector tipo N, marca Hyperlink.
Antenas Direccionales	Ganancia de 24dBi, reflector tipo grilla en aluminio, conector tipo N, marca Hyperlink.
Cable Coaxial	Cable coaxial del tipo RG 59, con una impedancia de 75 Ohmios
Cable UTP	100 BASE-T cat. 5e
Conectores de coaxial	Tipo N macho Tipo RP-SMA
Conectores	RJ-45

Tabla III.XIII. Especificaciones Técnicas

3.4.8.3. Cálculo de radioenlaces

✓ Relevamiento del perfil del terreno

Por la situación geográfica del cantón Chambo los lugares de los repetidores deben ser estratégicos con la finalidad de ubicar correctamente los equipos permitiendo la óptima conexión entre ellas es por eso que se establece tres repetidores que cubren la parte central, occidental y oriental del cantón.

✓ Municipio

Altura	2776 msnm
Latitud	01°43'42,2"S
Longitud	78°35'44,2" O

✓ Repetidor Central

El cerro Santa Rosa, por estar ubicado dentro de la ciudad es elegido como repetidor principal ya que su elevación e infraestructura es apropiada, cuenta con una torre de 40 m que fue utilizada para repetidor de radio anteriormente.

Altura	2810 msnm
Latitud	01°43'56.8" S
Longitud	78°36'24.9" O

✓ **Repetidor Oriental**

La comunidad de Llucaud se implementara un repetidor el cual proveerá de conectividad a la comunidad de Catequilla.

Altura	2776 msnm
Latitud	01°43'3.6" S
Longitud	78°34'56.6" O

✓ **Repetidor Occidental**

El repetidor se ubica en la parte más alta de la comunidad San Francisco, se instala dentro de una vivienda que es facilitada por el dueño.

Altura	3063 msnm
Latitud	01°47'22" S
Longitud	78°34'21.6" O

Una vez elegido la ubicación estratégica de los repetidores se especifica las características de los equipos y demás cálculos que implica el presupuesto de enlace.

3.4.8.4. Presupuesto de Enlace

El proyecto consta de 3 radioenlaces los cuales se conectan de la siguiente manera:

- I. Municipio de Chambo - Santa Rosa
- Santa Rosa - San Francisco
- Santa Rosa - Lluclud

✓ **Enlace “Municipio de Chambo - Santa Rosa”**

- **Lado del transmisor**

Dispositivo	Potencia	Ganancia
Access Point D-Link	100 mW	20 dBm
Elementos	Unidades	Pérdidas
Cable	1 m	1 dB/m
Conectores	2 u	1 dB
Antena	Unidades	Ganancia
Microstrip	1 u	8dBi

Tabla III.XIV. Lado Transmisor: Municipio - Sta. Rosa

✓ **Perdidas en la Propagación**

$$FSL_{(dB)} = 92.4 + 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f)$$

$$d = 1.34 \text{ Km}$$

$$f = 2.4 \text{ GHz}$$

$$FSL_{(dB)} = 92.4 + 20 \log_{10}(1.34) + 20 \log_{10}(2.4)$$

$$FSL_{(dB)} = 92.4 + 0,9843 + 7,60$$

$$FSL_{(dB)} = 102,54$$

✓ **Zona de Fresnel**

$$r = 8,657 * \sqrt{\frac{d}{f}}$$

r = radio [m]

d = distancia entre dos antenas [km]

f = frecuencia [GHz]

$$r = 8,657 * \sqrt{\frac{1,34}{2,4}}$$

$$r = 6,46 [m]$$

✓ Lado del receptor

Dispositivo	Potencia	Ganancia
Radio Mikrotik	400 mW	26 dBm
Sensibilidad de Rx		-95 dBm
Elementos	Unidades	Pérdidas
Cable	1 m	1 dB/m
Conectores	2 u	1 dB
Antena	Unidades	Ganancia
Tipo Panel	1 u	14dBi

Tabla III.XV. Lado Receptor: Municipio - Sta. Rosa



Figura III.23. Presupuesto de Enlace: Municipio - Sta. Rosa

Potencia del transmisor [dB] - Pérdidas en el Cable Tx [dB] + Ganancia de la antena Tx [dBi]- FSL [dB]+ Ganancia de la antena Rx [dBi]-Pérdidas en el Cable Rx [dB] = Margen-Sensibilidad del receptor [dBm]

Margen = 10 dB

$$20 \text{ dBm} - 0,5 \text{ dB} - 1 \text{ dB} - 0,5 \text{ dB} + 8 \text{ dBi} - 100,98 \text{ dB} + 14 \text{ dBi} - 0,5 \text{ dB} - 1 \text{ dB}$$

$$-0,5 \text{ dB} = \text{Margen} - 95 \text{ dBm}$$

$$-62,98 = 10 \text{ dB} - \text{Sensibilidad}$$

$$\text{Sensibilidad} = 62,98 \text{ dBm} + 10 \text{ dB}$$

$$\text{Sensibilidad} = 72,98 \text{ dBm}$$

10 dB < Margen < 20,02

✓ **Enlace “Santa Rosa - San Francisco”**

✓ **Lado del transmisor**

Dispositivo	Potencia	Ganancia
Radio Mikrotik	400 mW	26 dBm
Elementos	Unidades	Pérdidas
Cable	1 m	1 dB/m
Conectores	2 u	1 dB
Antena	Unidades	Ganancia
Tipo Panel	1 u	14dBi

Tabla III.XVI. Lado Transmisor: Sta. Rosa - San Francisco

✓ **Pérdidas en la Propagación**

$$FSL_{(dB)} = 92.4 + 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f)$$

$$d = 7.4 \text{ Km}$$

$$f = 2.4 \text{ GHz}$$

$$FSL_{(dB)} = 92.4 + 20 \log_{10}(7.4) + 20 \log_{10}(2.4)$$

$$FSL_{(dB)} = 92.4 + 17,38 + 7,60$$

$$FSL_{(dB)} = 117.38 \text{ dB}$$

✓ **Zona de Fresnel**

$$r = 8,657 * \sqrt{\frac{d}{f}}$$

r = radio [m]

d = distancia entre dos antenas [km]

f = frecuencia [GHz]

$$r = 8,657 * \sqrt{\frac{7,4}{2,4}}$$

$$r = 15,20 \text{ [m]}$$

✓ **Lado del receptor**

Dispositivo	Potencia	Ganancia
Radio Mikrotik	400 mW	26 dBm
Sensibilidad de Rx		-95dBm
Elementos	Unidades	Pérdidas
Cable	1 m	1 dB/m
Conectores	2 u	1 dB
Antena	Unidades	Ganancia
Tipo Panel	1 u	14dBi

Tabla III.XVII. Lado Receptor: Sta. Rosa - San Francisco

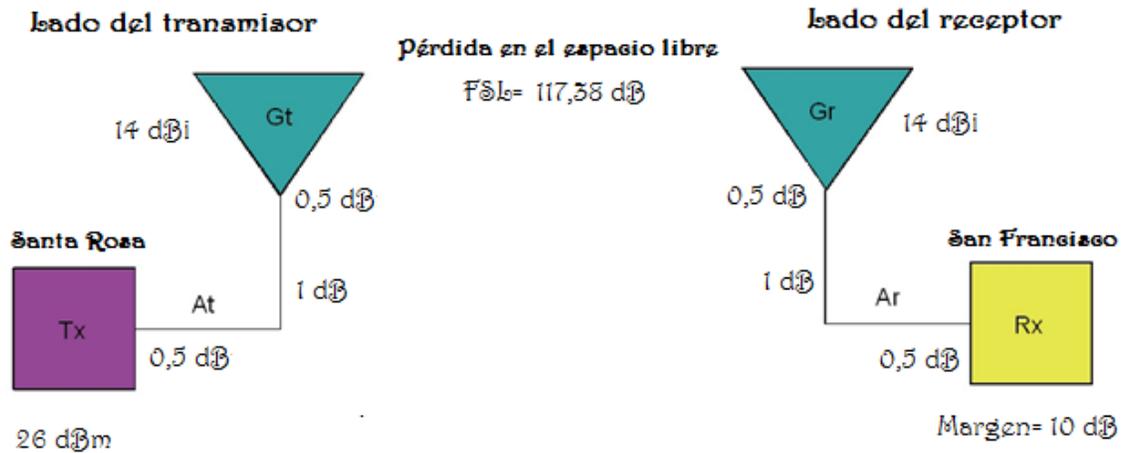


Figura III.24. Presupuesto de enlace: Sta. Rosa - San Francisco

Potencia del transmisor [dB] - Pérdidas en el Cable Tx [dB] + Ganancia de la antena Tx [dBi] - FSL [dB] + Ganancia de la antena Rx [dBi] - Pérdidas en el Cable Rx [dB] = Margen - Sensibilidad del receptor [dBm]

Margen = 10 dB

$$26 \text{ dBm} - 0,5 \text{ dB} - 1 \text{ dB} - 0,5 \text{ dB} + 14 \text{ dBi} - 117,38 \text{ dB} + 14 \text{ dBi} - 0,5 \text{ dB}$$

$$- 1 \text{ dB} - 0,5 \text{ dB} = 10 \text{ dB} - \text{Sensibilidad}$$

$$-67,38 = 10 \text{ dB} - \text{Sensibilidad}$$

$$\text{Sensibilidad} = 67,38 \text{ dBm} + 10 \text{ dB}$$

$$\text{Sensibilidad} = 77,38 \text{ dBm}$$

✓ **Enlace “Santa Rosa - Lluçud”**

✓ **Lado del transmisor**

Dispositivo	Potencia	Ganancia
Radio Mikrotik	400 mW	26 dBm
Elementos	Unidades	Pérdidas
Cable	1 m	1 dB/m
Conectores	2 u	1 dB
Antena	Unidades	Ganancia
Tipo Panel	1 u	14dBi

Tabla III.XVIII. Lado Transmisor: Sta. Rosa – Lluçud

✓ **Perdidas en la Propagación**

$$FSL_{(dB)} = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + K$$

$$d = 3,19 \text{ Km}$$

$$f = 2,4 \text{ GHz}$$

$$FSL_{(dB)} = 20 \log_{10}(3,19) + 20 \log_{10}(2,4)$$

$$FSL_{(dB)} = 110,76 \text{ dB}$$

✓ **Zona de Fresnel**

$$r = 8,657 * \sqrt{\frac{d}{f}}$$

r = radio [m]

d = distancia entre dos antenas [km]

f = frecuencia [GHz]

$$r = 8,657 * \sqrt{\frac{3,19}{2,4}}$$

$$r = 9,96 \text{ [m]}$$

✓ **Lado del receptor**

Dispositivo	Potencia	Ganancia
Radio Mikrotik	400 mW	26 dBm
Sensibilidad de Rx		-95 dBm
Elementos	Unidades	Pérdidas
Cable	1 m	1 dB/m
Conectores	2 u	1 dB
Antena	Unidades	Ganancia
Tipo Panel	1 u	14dBi

Tabla III.XIX. Lado Receptor: Sta. Rosa - Lluçud

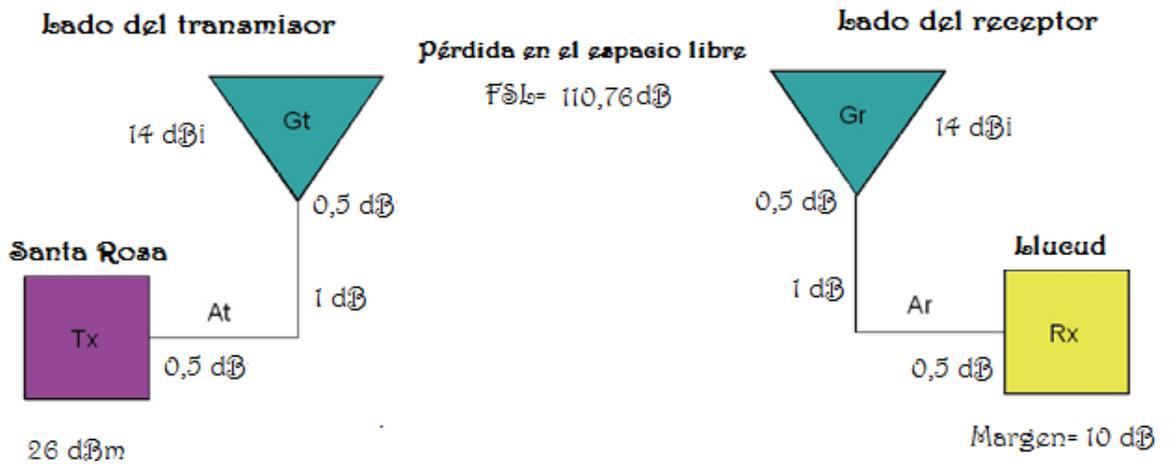


Figura III.25. Presupuesto de enlace: Sta. Rosa - Lluçud

Potencia del transmisor [dB] - Pérdidas en el Cable Tx [dB] + Ganancia de la antena Tx [dBi]- FSL [dB]+ Ganancia de la antena Rx [dBi]-Pérdidas en el Cable Rx [dB] = Margen-Sensibilidad del receptor [dBm]

Margen = 10 dB

$$26 \text{ dBm} - 0,5 \text{ dB} - 1 \text{ dB} - 0,5 \text{ dB} + 14 \text{ dBi} - 110,76 \text{ dB} + 14 \text{ dBi} - 0,5 \text{ dB}$$

$$- 1 \text{ dBm} - 0,5 \text{ dB} = 10 \text{ dB} - \text{Sensibilidad}$$

$$-60,76 = 10 \text{ dB} - \text{Sensibilidad}$$

$$\text{Sensibilidad} = 60,76 \text{ dBm} + 10 \text{ dB}$$

$$\text{Sensibilidad} = 70,76 \text{ dBm}$$

3.4.8.5. Simulación de los enlaces en Radio Mobile

Mediante la utilización del software de diseño es posible simular las condiciones en las cuales se desarrolla el enlace ya que Radio Mobile proporciona la información fundamental de cada uno de ellos en base a los datos obtenidos.

✓ **Factibilidad de los Enlaces**

Para comprobar la factibilidad de los enlaces nos basamos en parámetros como:

- Línea de Vista
- Radio de Zona de Fresnel
- Señal recibida
- Nivel de Sensibilidad de Rx

Los mismos que permitirán evaluar bajo qué condiciones está funcionando el enlace entre los principales repetidores:

✓ Enlace Municipio de Chambo - Santa Rosa

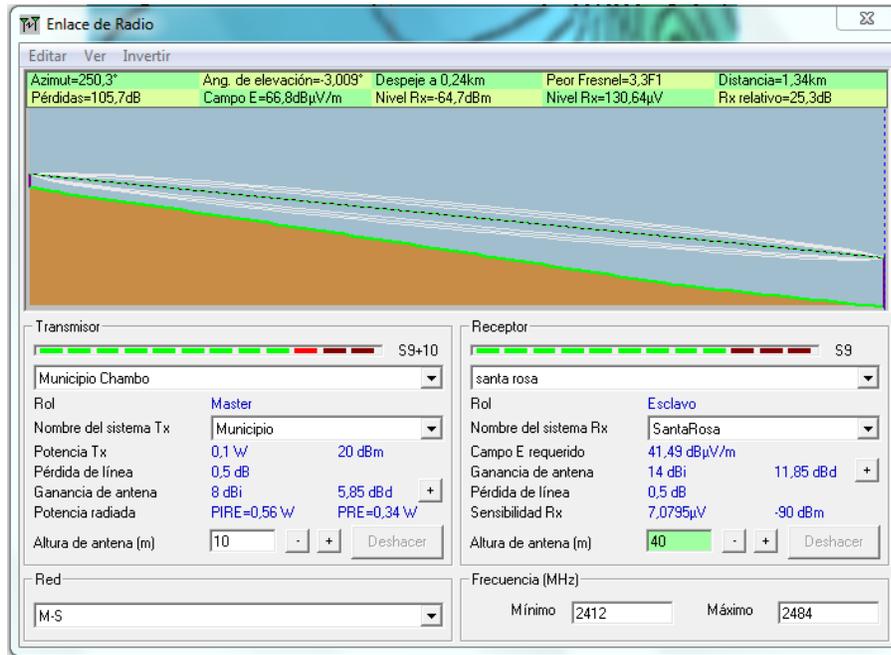


Figura III.26. Enlace Radio Mobile: Municipio - Sta. Rosa

Parámetros de Evaluación	Valores	
	Radio Mobile	Cálculo visual/manual
Línea de Vista	Si	Si
Radio de Zona de Fresnel	3,3F1	6,46 m
Señal recibida	-64.7 dBm	-62,98 dBm
Nivel de Sensibilidad de Rx	90 dBm	72,98 dBm

Tabla III.XX. Enlace Municipio – Sta. Rosa: Valores simulados vs. Valores calculados

✓ **Enlace Santa Rosa - San Francisco**

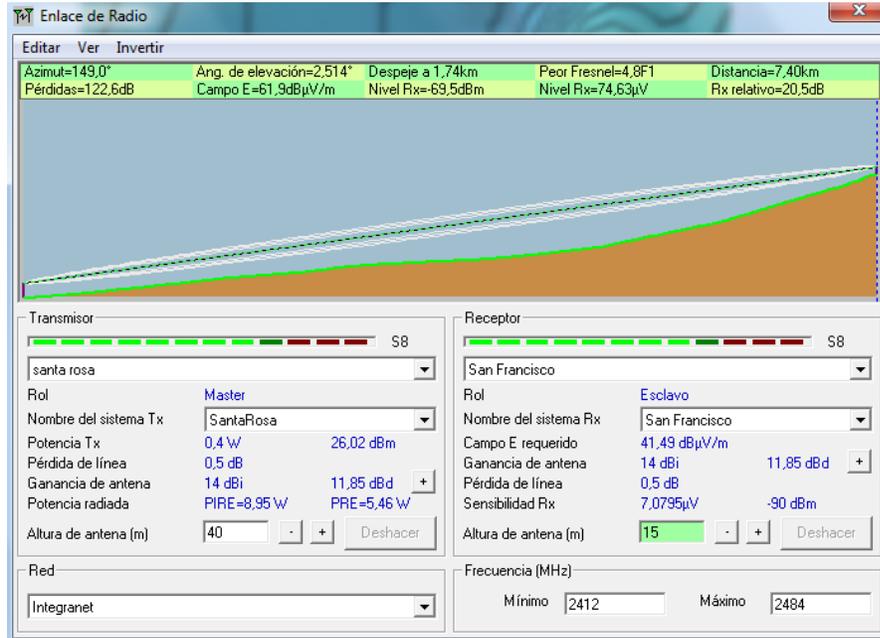


Figura III.27. Enlace Radio Mobile: Sta. Rosa - San Francisco

Parámetros de Evaluación	Valores	
	Radio Mobile	Calculo visual/manual
Línea de Vista	Si	Si
Radio de Zona de Fresnel	4,8F1	15,20 [m]
Señal recibida	-69,5 dBm	-67,38 dBm
Nivel de Sensibilidad de Rx	90 dBm	77,38 dBm

Tabla III.XXI. Enlace Sta. Rosa - San Francisco: Valores simulados vs. Valores calculados

✓ **Enlace Santa Rosa – Lluçud**

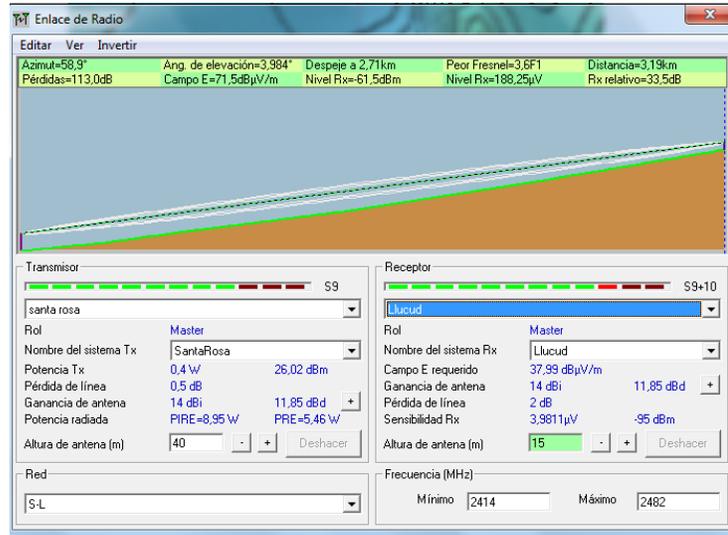


Figura III.28. Enlace Radio Mobile: Sta. Rosa - Lluçud

Parámetros de Evaluación	Valores	
	Radio Mobile	Calculo visual/manual
Línea de Vista	Si	Si
Radio de Zona de Fresnel	3,6F1	9,96 [m]
Señal recibida	-61.5 dBm	-60,76 dBm
Nivel de Sensibilidad de Rx	95 dBm	70,76 dBm

Tabla III.XXII. Enlace Sta. Rosa - Lluçud: Valores simulados vs. Valores calculados

✓ **Observaciones:**

- Existe línea de vista entre antena transmisora y receptora.
- El radio de Fresnel en todos enlaces garantiza más del 60% de la primera zona de Fresnel.

- El equipo Mikrotik posee una sensibilidad de -95 dBm @ 1 Mbps el estándar 802.11b, el presupuesto de enlace diseñado garantiza la recepción de la señal en todos los enlaces debido que se ha obtenido una menor sensibilidad con un margen de 10 dB con la finalidad de alcanzar una mejor tasa de bits.

✓ **Cobertura de las estaciones Repetidoras**

El área de cobertura de los enlaces se presenta en las siguientes graficas:

✓ **Cobertura del enlace Municipio de Chambo - Santa Rosa.**



Figura III.29. Cobertura enlace Municipio - Sta. Rosa

Como observamos en la figura III.29 la antena receptora ubicada en Santa Rosa se encuentra dentro de del lóbulo principal de la antena de equipo transmisor ubicado en el I. Municipio de Chambo con los niveles de potencia requeridos y el estándar establecido dentro de un alcance de 4 km.

✓ **Cobertura del enlace Santa Rosa – San Francisco**

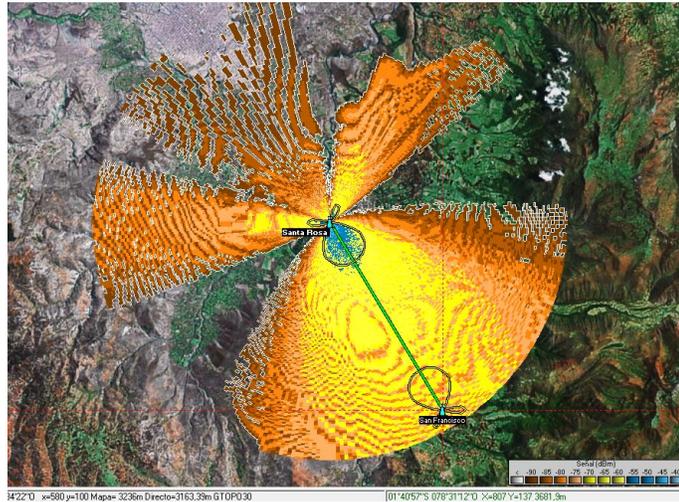


Figura III.30. Cobertura del enlace Sta. Rosa - San Francisco

La figura III.30 muestra al repetidor san francisco dentro del lóbulo principal de la antena de equipo transmisor ubicado en el repetidor santa rosa, con los niveles de potencia requeridos y el estándar establecido dentro de un alcance de 8 km.

✓ **Cobertura del enlace Santa Rosa – Lluçud**

Como se observa en la figura III.31. el repetidor Lluçud no se encuentra dentro de del lóbulo principal de la antena de equipo transmisor ubicado en el repetidor Santa Rosa pero está dentro de los niveles de potencia requeridos, del estándar establecido dentro de un alcance de 4 km.

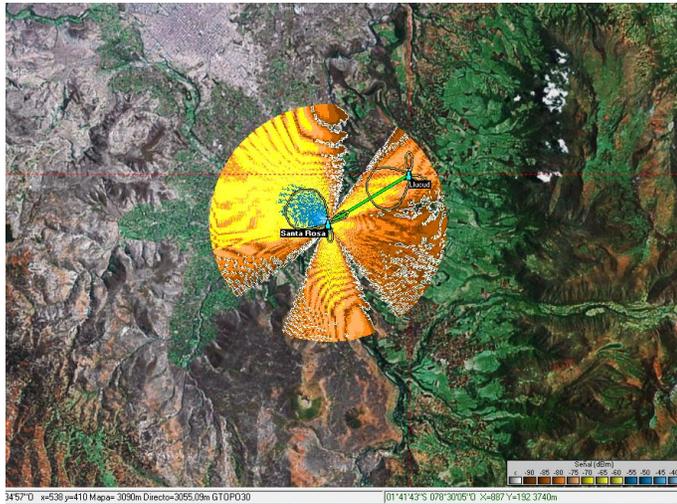


Figura III.31. Cobertura del enlace Sta. Rosa – Lluçud

- ✓ Cobertura de las estaciones transmisoras
- ✓ Cobertura la red Pantano en el transmisor Santa Rosa

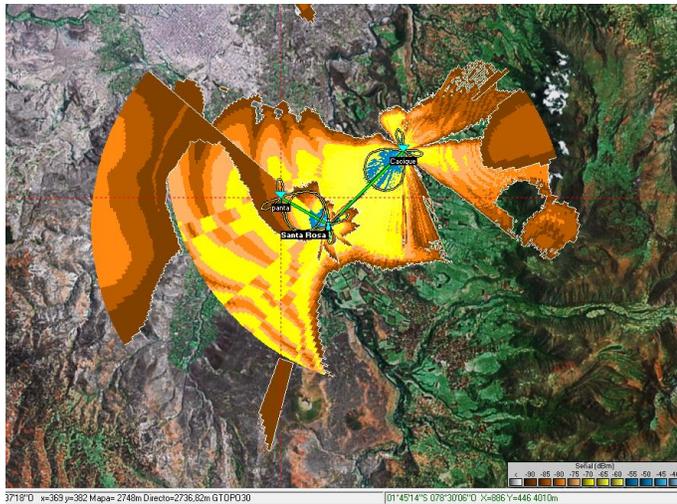


Figura III.32. Cobertura de la red Pantano

Respecto a la gráfica la escuela de Pantaño se encuentra dentro de los niveles de potencia aceptables para el estándar 802.11 b/g, si bien la escuela Cacique Achamba no está dentro de la cobertura de la antena transmisora del repetidor santa rosa pero esta recibe una señal adecuada

debido a la antena en la estación receptora, como se muestra en la figura III.32 permitiendo la conexión sin problemas.

✓ **Cobertura de la red Airon del transmisor Llucud**

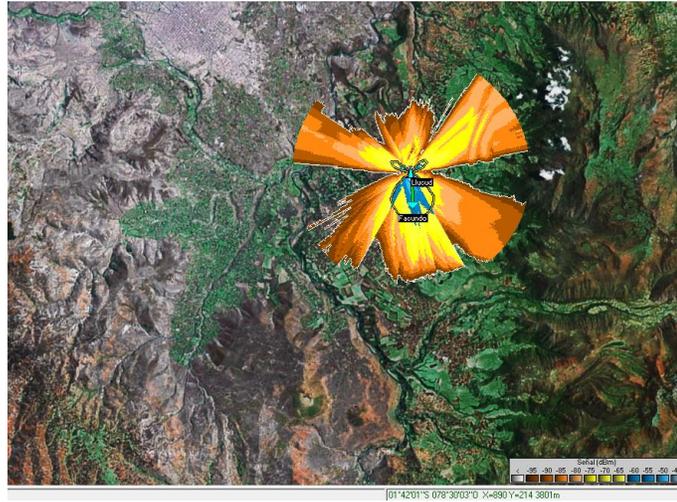


Figura III.33. Cobertura de la red Airon

La estación receptora que se conecta con la red inalámbrica Airón transmitida por la repetidora Llucud es la escuela Facundo Bayas de la comunidad Catequilla, como se ve en la figura III.33 esta se encuentra dentro del primer lóbulo principal de la antena transmisora del repetidor de Llucud obteniendo niveles de señal adecuado para el estándar utilizado.

✓ **Cobertura de la red San Francisco del transmisor Sta. Rosa**



Figura III.34. Cobertura de la red San Francisco

La escuela Amelia Guerrero se conecta a la red inalámbrica san francisco transmitida por el repetidor santa rosa ya que se encuentra dentro del rango de cobertura.

✓ **Estaciones Receptoras de la red ESanFrancisco**

En la red inalámbrica de ESanFrancisco se encuentran conectadas las escuelas Diego Donoso de la comunidad San Francisco y la escuela Vacas Galindo de la Comunidad Guallabamba las cuales reciben la señal del repetidor de San Francisco, como se observa existe una cobertura de la señal para las dos escuelas.



Figura III.35. Cobertura de la red ESanFrancisco

3.4.8.6. Diseño final

Una vez realizado los respectivos estudios y diseño de la red tenemos como resultado la siguiente red.

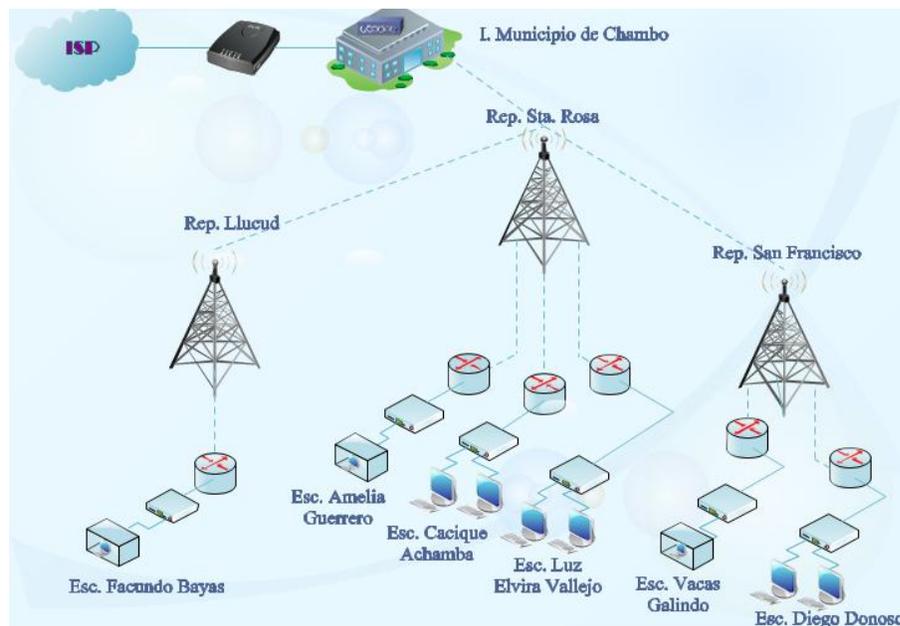


Figura III.36. Diseño Lógico

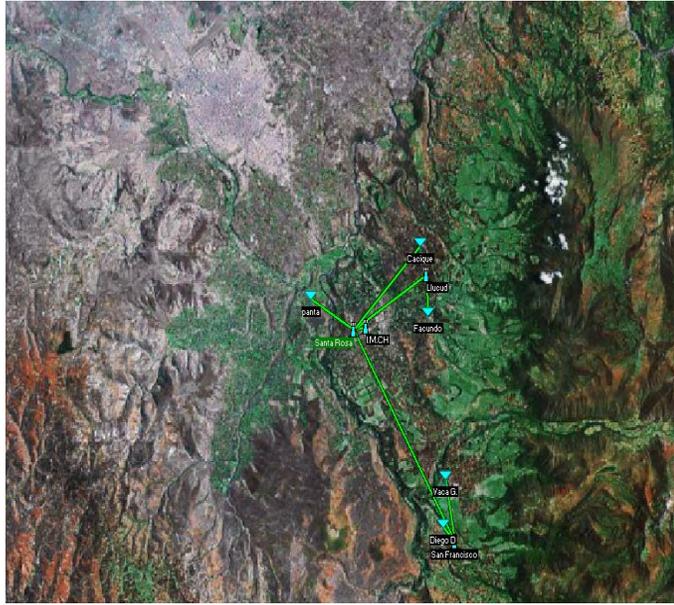


Figura III.37. Diseño final de enlaces

Con esto es posible avanzar al siguiente paso, la implementación de la red basados en el diseño propuesto.

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS

4.1. IMPLEMENTACIÓN DE LA RED

4.1.1. Instalación de equipos

Una vez determinada las características de los equipos y distribuidos correctamente de acuerdo al diseño propuesto se procede a la implementación de la red inalámbrica.

4.1.1.1. Torres

Las torres representan un elemento importante en la instalación de los equipos ya que dependiendo de la altura que se instale la antena podremos garantizar línea de vista entre repetidoras, como se dijo al inicio contamos con una torre de 40 m en el repetidor central ubicado en el cerro Sta. Rosa, las demás repetidoras según el estudio hecho en Radio Mobile para que exista factibilidad en el enlace tendrán altura de 15 m en las repetidoras de Llucud y San Francisco respectivamente.



Figura IV.38. Torres de las repetidoras

4.1.1.2. Antenas

En la Figura IV.39 se muestran las antenas utilizadas en cada una de las estaciones repetidoras de acuerdo al diseño propuesto. (Ver infraestructura de telecomunicaciones).



Figura IV.39. Antenas

4.1.1.3. Equipos Mikrotik

Las principales precauciones que se debe tomar en la instalación de los equipos Mikrotik es cerciorarse que la tarjeta inalámbrica este correctamente conectada al equipo y a su vez el mini pigtail a la antena en uso.



Figura IV.40. Routerboard 433

4.1.1.4. Cuarto de Telecomunicaciones

Ubicado en el Cerro Santa Rosa en el repetidor central al ser el nodo principal de comunicación se tiene las seguridades necesarias para proteger los equipos.



Figura IV.41. Cuarto de telecomunicaciones - Sta. Rosa

4.1.1.5. Suministro de energía

Para la instalación de los equipos se utilizó un sistema de alimentación de energía eléctrica con corriente alterna de 110 voltios, además se hizo uso de energía a través de Ethernet o PoE. Cabe recalcar que cada uno de los repetidores cuenta con abastecimiento de energía eléctrica independiente.



Figura IV.42. Caja de electricidad y PoE

4.1.1.6. Conexión a tierra

Es importante la conexión a tierra para proteger a los equipos de descargas eléctricas.



Figura IV.43. Conexión a tierra

4.1.1.7. Estaciones receptoras



Figura IV.44. Estación Receptora

4.1.2. Configuración de los radio Mikrotik

Una vez instalado la aplicación WINBOX se debe conectar a Mikrotik por medio de un cable cruzado y una PC.

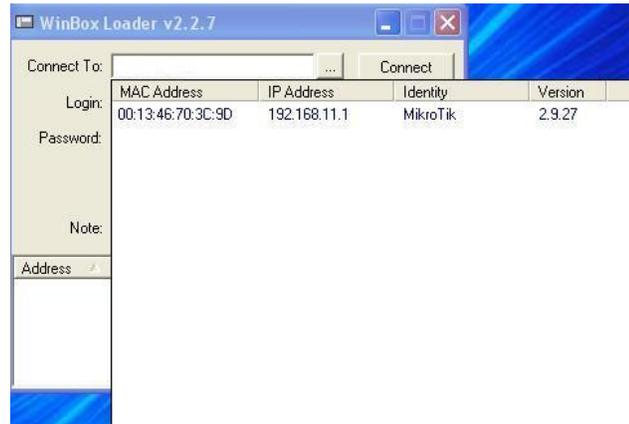


Figura IV.45. Interfaz de Login

Se ejecuta Winbox y se selecciona el botón “...” ahí debe aparecer la MAC de la tarjeta a la cual estamos conectados.

- ✓ **Login:** admin.
- ✓ **Password:** xxxxxxxxxxx

Teniendo todo esto, clic en **Connect**.

- ✓ **Definición de nombre para Interfaces**

Nos dirigimos a interfaces y habilitamos la interfaz WLAN y ETHERNET, modificamos los atributos de las mismas.

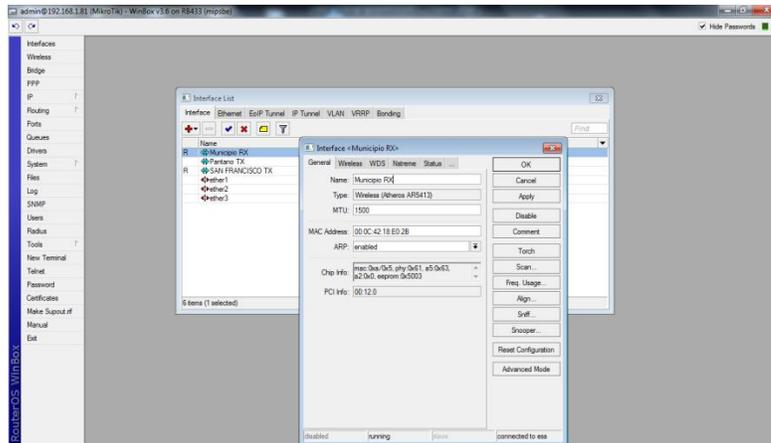


Figura IV.46. Activación de las interfaces

Para las interfaces WLAN operar de dos maneras como Access Point o Station, de las cuales las estaciones repetidoras actuarán en Modo APs y las estaciones receptoras como son las escuelas operan Modo Station.

✓ Modo Station

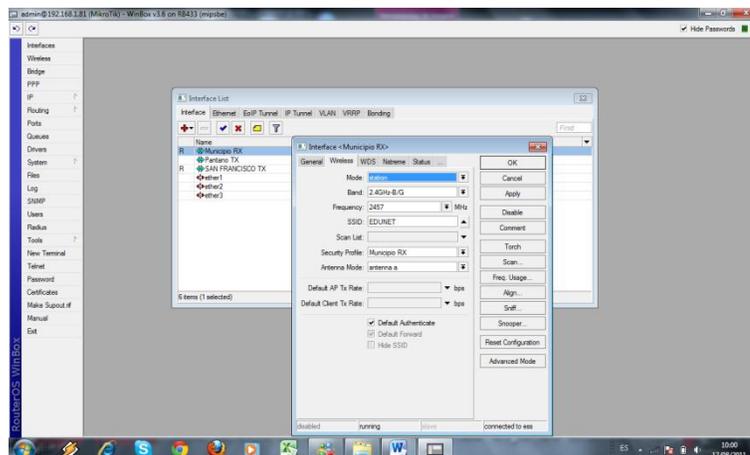


Figura IV.47. Configuración del equipo en modo Station

✓ Modo Access Point

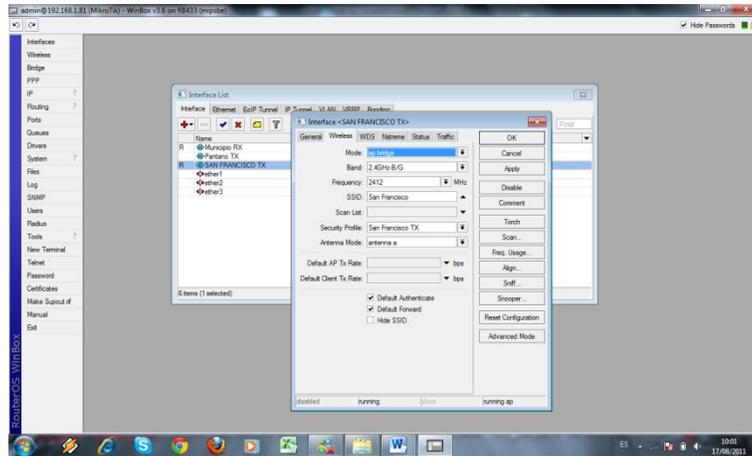


Figura IV.48. Configuración del equipo en modo AP

✓ Escanear Redes.

Se escanea como Station

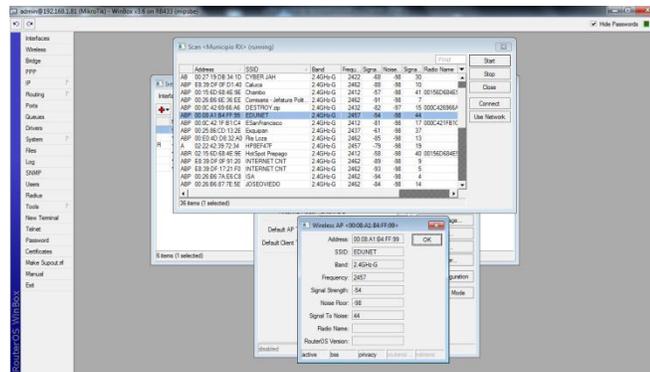


Figura IV.49. Escanear las redes

Copiamos la MAC del equipo transmisor para alinear la antena para tener una mejor recepción.

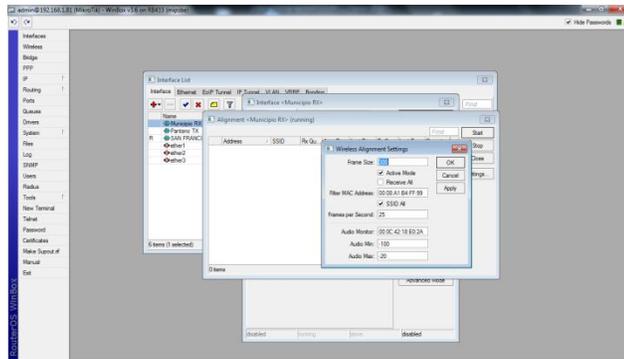


Figura IV.50. Alineación de la antena

✓ Configurar perfil de seguridad

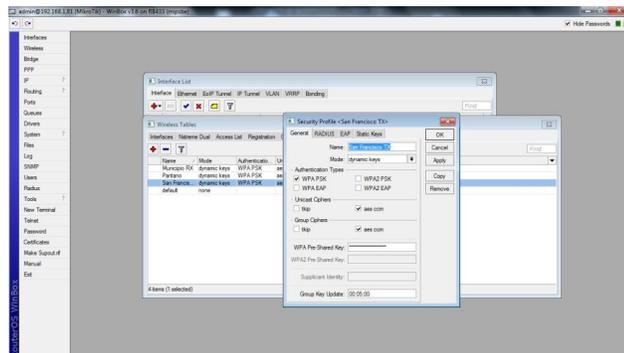


Figura IV.51. Perfil de Seguridad

✓ Configurar DHCP Client

Vamos a la opción IP – Addresses, luego agregar las interfaces, para eso hacemos “+” y aparecerá una ventana, en la cual hay q definir el Hades, network, y todo eso, además la interfaz a la cual se está asignando los IP

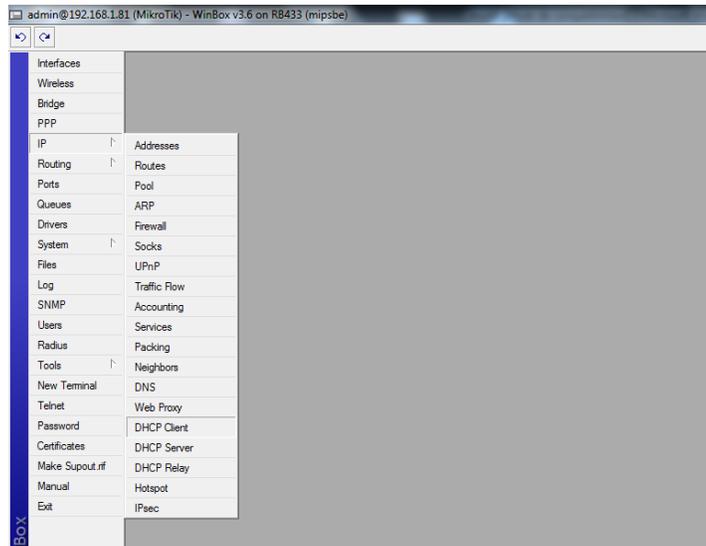


Figura IV.52. Configuración de DHCP Client

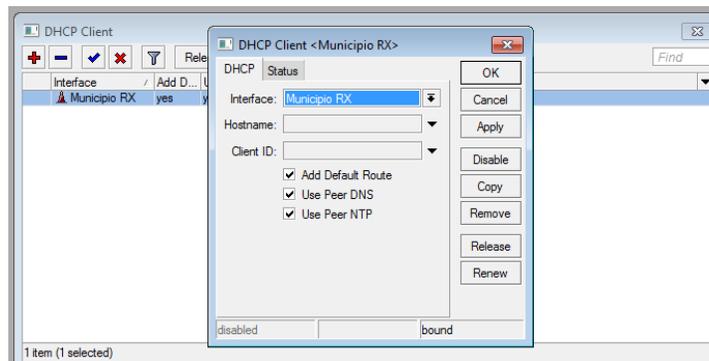


Figura IV.53. Interfaz de Recepción del DHCP Client

✓ **Configurar una dirección IP en las interfaces**

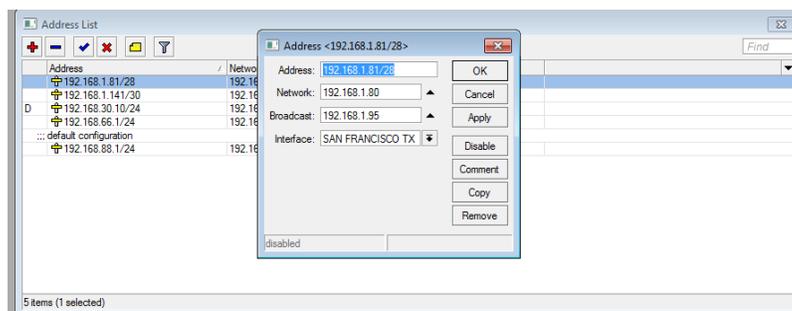


Figura IV.54. Asignación de direcciones IP a las interfaces

✓ Configurar DHCP Server

Primero hay que definir el POOL, el cual contiene los numero IP correlativos de la red, la cuales pueden ser 10.10.0.2-10.10.0-254

Ahora se debe crear el DHCP Server, para eso nos dirigimos a IP – DHCP Server, luego de damos agregar “+” indicamos el nombre que preferimos y la interface seria LAN, luego asignamos el POOL creada.

Después de crear el DHCP Server, hay que crear la Network, para eso obviamente vamos a la pestaña Network. En la ventana que aparece, le ponemos todos nuestros IP.

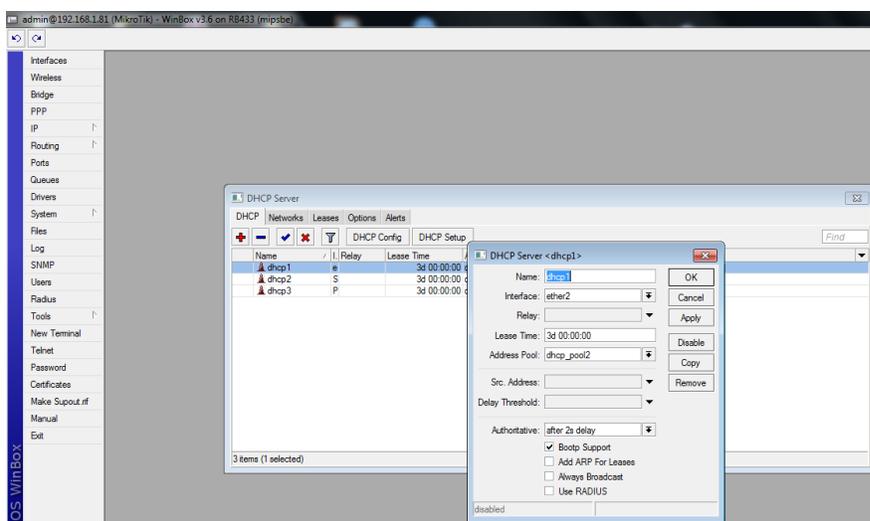


Figura IV.55. Configuración de DHCP Server

✓ Firewall – NAT

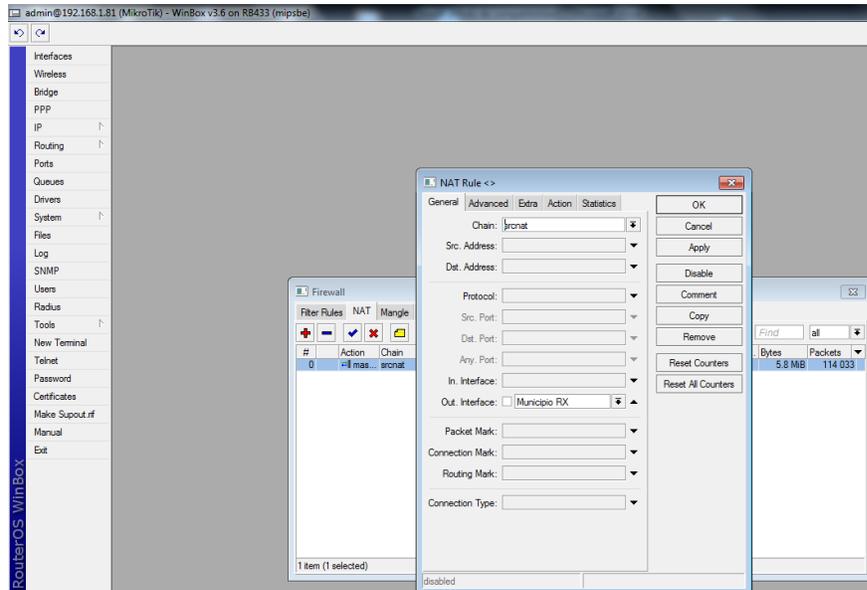


Figura IV.56. Configuración de NAT

✓ Definir DNS para Mikrotik

En esta paso, solo introducimos los IP de nuestro DNS, para eso vamos al siempre y bien ponderado IP – DNS y en la pestaña Static le damos a la opción Settings y ahí van los DNS.

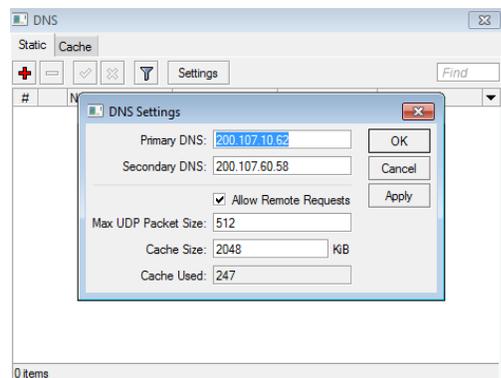


Figura IV.57. Definición de DNS

4.1.3. Servicio de Internet en las escuelas

Se muestra en las siguientes figuras el resultado de la implementación de la red inalámbrica, siendo el objetivo la dotación del servicio de internet en las escuelas beneficiadas.



Figura IV.58. Escuela Luz Elvira Vallejo

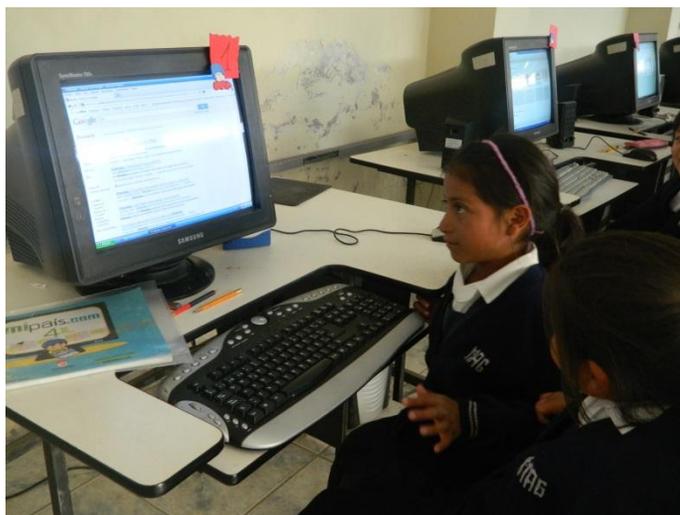


Figura IV.59. Escuela Amelia Guerreo

4.2. IMPLEMENTACIÓN DE SERVIDORES

4.2.1. Servidor de mail ZIMBRA

Unos de los motivos principales que han hecho del correo electrónico, el servicio de Internet más utilizado a través del tiempo, radican en las posibilidades que se desprenden de su utilización. Al igual que otro tipo de tecnologías, el e-mail ha transformado la vida de gran parte de la población mundial, a la vez que ha contribuido en gran medida al desarrollo de los negocios y el bajo de costo en las comunicaciones.

Zimbra es un cliente/servidor de correo y calendario, que tiene el estilo igual a Yahoo Mail en cuanto contenido y al estilo de Gmail en cuanto a velocidad. Haciéndolo muy rápido debido a su interfaz, que al igual que Gmail utiliza lenguaje AJAX (JavaScript + XML) que almacena parte de la página en el cliente, por lo que gran parte de la comunicación entre el cliente y el servidor se reduce inversamente proporcional a la velocidad.

- ✓ **Características principales:**
 - ✓ Cliente Web Basada en Ajax: incluye correo electrónico, contactos, calendario compartido, VoIP, aplicaciones y datos "mezclados" de diversas fuentes de Internet para empresas, y también de autoría de documentos web; todo incluido en el navegador web.
 - ✓ Compatibilidad con Aplicaciones de escritorio: sincronización propia entre ZCS y Microsoft Outlook, Entourage, Apple Mail, Libreta de direcciones e iCal; soporte completo de aplicaciones IMAP/POP.
 - ✓ Servidores ZCS Linux y MAC OS X: con agente de transporte de correo (MTA), antispam, antivirus, directorio, base de datos, herramientas de migración, y consola de administración web basada en Ajax.

- ✓ Flexibilidad – personaliza Zimbra fácilmente según las necesidades de tu organización.
- ✓ Libertad – utiliza el cliente web de Zimbra junto con otros programas tradicionales, como plataforma mixta

Por lo anteriormente mencionado se ha decidido implementar el Servidor Mail Zimbra Collaboration Suite en el Municipio de Chambo dentro de un servidor HP ProLiant ML370 con características:

- ✓ Soporte para procesadores Intel® Xeon® serie 5600 de procesadores de actualización.
- ✓ Hasta 192 GB de memoria DDR3 registrada (RDIMM) o hasta 48 GB DDR3 sin búfer (UDIMM) con memoria ECC avanzada, en línea de repuesto y el modo de espejo de memoria
- ✓ Dispone de ranuras PCI-Express Gen2 de expansión para ofrecerle la última performance de I / O
- ✓ iLO Advanced abre todas las capacidades del Administrador línea ProLiant para ofrecer un control preciso de los servidores ProLiant desde cualquier lugar a través del navegador web
- ✓ El soporte de almacenamiento ampliable de hasta 24 factor de forma pequeño (SFF) o 14 de factor de forma grande (LFF) hot plug bahías para apoyar Serial-Attached SCSI (SAS) y Serial ATA (SATA)

El servidor Zimbra se implementará con las siguientes características:

- ✓ Configuración del cortafuegos debe estar configurado en deshabilitada, y el Security Enhanced Linux (SELinux) debe ser desactivada
- ✓ Distribución de CentOS.
- ✓ Zimbra Collaboration Suite Open Source
- ✓ Software de cliente SSH para transferir e instalar el software de Zimbra Collaboration Suite.

- ✓ DNS configurado con un registro A y MX registro y las librerías necesarias
- ✓ Dirección de red Estática

Para la instalación del servidor se ha configurado una dirección estática dentro de la red 192.168.10.0/24 y con el nombre del dominio mail.municipio.gob.ec en la siguiente gráfica mostramos algunas pantallas del servidor.

4.2.2. Servidor PROXY

Squid es un popular programa de software libre que implementa un servidor proxy y un dominio para caché de páginas web, publicado bajo licencia GPL. Tiene una amplia variedad de utilidades, desde acelerar un servidor web, guardando en caché peticiones repetidas a DNS y otras búsquedas para un grupo de gente que comparte recursos de la red, hasta caché de web, además de añadir seguridad filtrando el tráfico. Está especialmente diseñado para ejecutarse bajo entornos tipo Unix.

Squid ha sido desarrollado durante muchos años y se le considera muy completo y robusto. Aunque orientado principalmente a HTTP y FTP es compatible con otros protocolos como Internet Gopher. Implementa varias modalidades de cifrado como TLS, SSL, y HTTPS.

- **Características**

Squid posee las siguientes características:

- ✓ **Proxy y Caché de HTTP, FTP, y otras URL**

Squid proporciona un servicio de Proxy que soporta peticiones http, HTTPS y FTP a equipos que necesitan acceder a Internet y a su vez provee la

funcionalidad de caché especializado en el cual almacena de forma local las páginas consultadas recientemente por los usuarios. De esta forma, incrementa la rapidez de acceso a los servidores de información Web y FTP que se encuentra fuera de la red interna.

✓ **Proxy para SSL**

Squid también es compatible con SSL (*Secure Socket Layer*) con lo que también acelera las transacciones cifradas, y es capaz de ser configurado con amplios controles de acceso sobre las peticiones de usuarios.

✓ **Caché transparente**

Squid puede ser configurado para ser usado como proxy transparente de manera que las conexiones son enrutadas dentro del proxy sin configuración por parte del cliente, y habitualmente sin que el propio cliente conozca de su existencia. De modo predefinido Squid utiliza el puerto 3128 para atender peticiones, sin embargo se puede especificar que lo haga en cualquier otro puerto disponible o bien que lo haga en varios puertos disponibles a la vez.

✓ **Control de acceso**

Ofrece la posibilidad de establecer reglas de control de acceso. Esto permite establecer políticas de acceso en forma centralizada, simplificando la administración de una red.

✓ **Aceleración de servidores HTTP**

Cuando un usuario hace petición hacia un objeto en Internet, este es almacenado en el caché, si otro usuario hace petición hacia el mismo objeto, y este no ha sufrido modificación alguna desde que lo accedió el usuario anterior, Squid mostrará el que ya se encuentra en el caché en lugar de volver a descargarlo desde Internet. Esta función permite navegar

rápidamente cuando los objetos ya están en el caché y además optimiza enormemente la utilización del ancho de banda.

✓ **Caché de resolución DNS**

Squid está compuesto también por el programa *dnsserver*, que se encarga de la búsqueda de nombres de dominio. Cuando Squid se ejecuta, produce un número configurable de procesos *dnsserver*, y cada uno de ellos realiza su propia búsqueda en DNS. De este modo, se reduce la cantidad de tiempo que la caché debe esperar a estas búsquedas DNS.

✓ **Proxy Web**

El proxy caché es una manera de guardar los objetos solicitados de Internet (por ejemplo, datos como páginas web) disponibles vía protocolos HTTP, FTP y Gopher en un sistema más cercano al lugar donde se piden. Los navegadores web pueden usar la caché local Squid como un servidor proxy HTTP, reduciendo el tiempo de acceso así como el consumo de ancho de banda.

Estas características nos permiten tener un control de acceso de los clientes hacia el internet brindado seguridad y rapidez en la navegación haciendo a la red más eficiente y segura. El equipo donde se implementará el servidor consta de las siguientes características:

- ✓ Procesador INTEL Core 2 Duo 2.93 GHz
- ✓ Distribución GNU/LINUX CentOS 5.3
- ✓ Memoria DDR2 de 2GB
- ✓ Disco Duro 500 GB 7200 rpm

CAPÍTULO V

MONITOREO Y ANÁLISIS DE LA RED

5.1. EJECUCIÓN DE PRUEBAS

Finalizada la instalación y configuración de los equipos se procede a verificar el funcionamiento de la red, para lo cual se realiza las respectivas pruebas que valide el funcionamiento de la misma.

Las pruebas se realizaran entre los principales enlaces:

- ✓ Repetidor Santa Rosa -Enlace I. Municipio de Chambo
- ✓ Repetidor San Francisco - Santa Rosa
- ✓ Repetidor Llucud - Santa Rosa

5.2. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Hemos considerado que los principales parámetros que muestran la operatividad y conectividad de la red son:

- ✓ Ping, Latencia y Paquetes Perdidos
- ✓ Test de Ancho de Banda y Throughput
- ✓ Tasa de Transmisión de la interfaz
- ✓ Jitter
- ✓ Tráfico

5.3. MONITOREO

5.3.1. Ping

Ping utiliza Internet Control Message Protocol (ICMP) Echo mensajes para determinar si un host remoto está activo o inactivo, para determinar el tiempo de ida y vuelta además de datos de paquetes perdidos.

- ✓ **Enlace Santa Rosa - I. Municipio de Chambo**

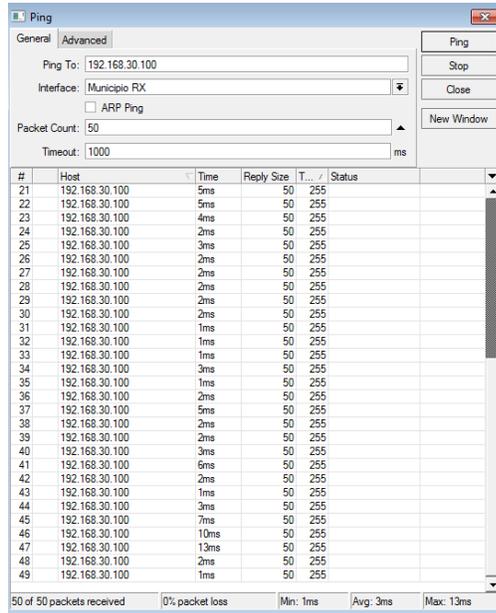


Figura V.60. Ping Sta. Rosa - Municipio

✓ Enlace Llucud - Santa Rosa

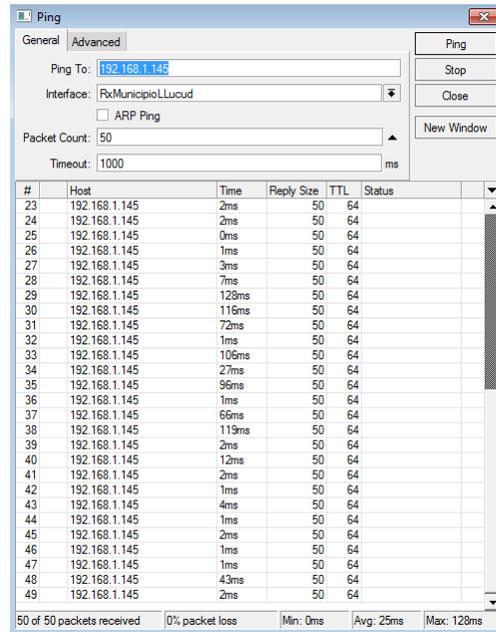


Figura V.61. Ping Sta. Rosa – Llucud

✓ **Enlace San Francisco - Santa Rosa**

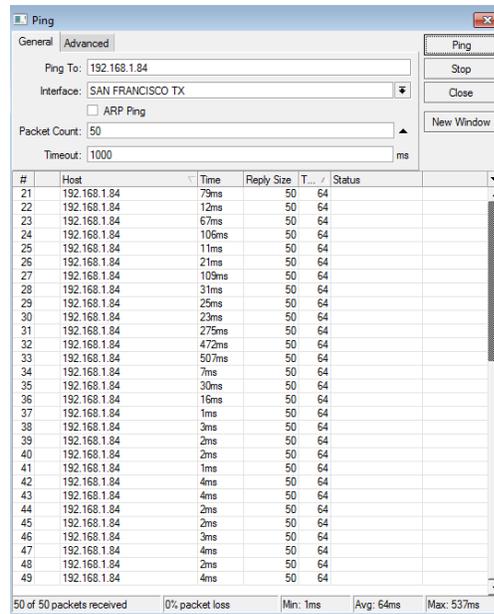


Figura V.62. Ping. Sta. Rosa - San Francisco

5.3.2. Test de Ancho de Banda y Throughput

El Throughput al ser la cantidad de datos transferidos de un lugar a otro en una cantidad especificada de tiempo, en el monitoreo de la red con la herramienta JPERF medimos el ancho de banda y throughput que dispone los enlace entre repetidoras para finalmente descubrir cuellos de botella en la red.

Normalmente, se miden en kbps, Mbps y Gbps.

✓ Enlace Santa Rosa - I. Municipio de Chambo

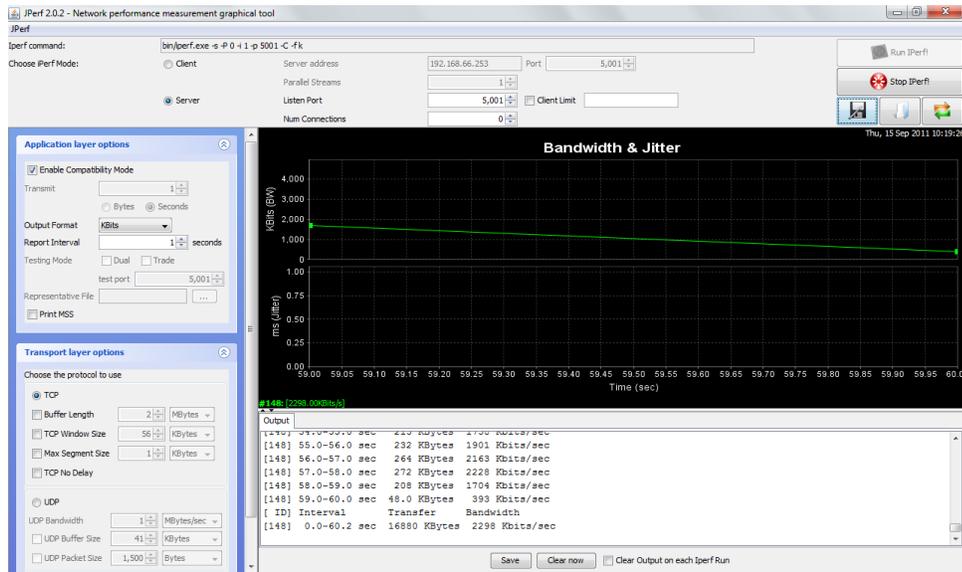


Figura V.63. Ancho de Banda y Throughput: Municipio - Sta. Rosa

✓ Enlace Lluclud - Santa Rosa

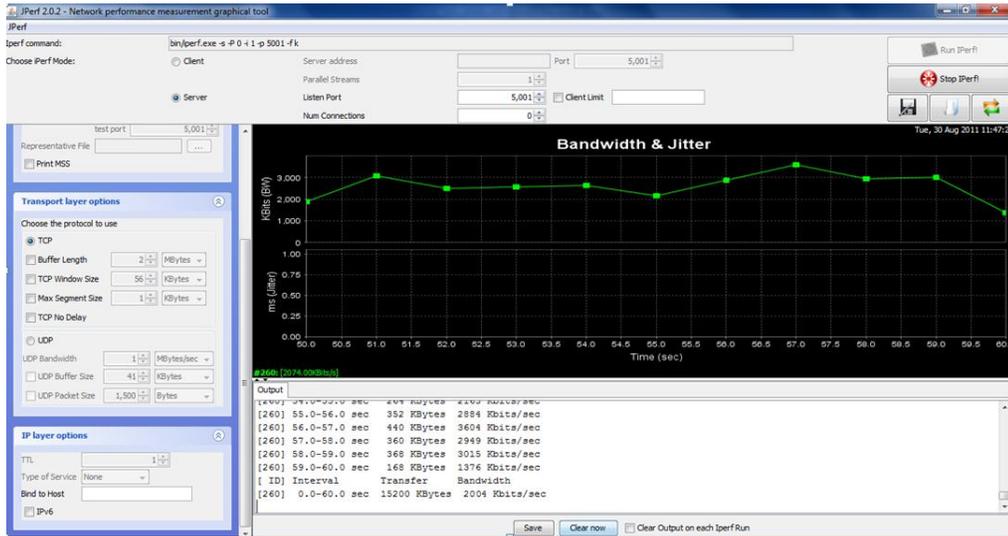


Figura V.64. Ancho de Banda y Throughput: Sta. Rosa - Lluclud

✓ Enlace San Francisco - Santa Rosa

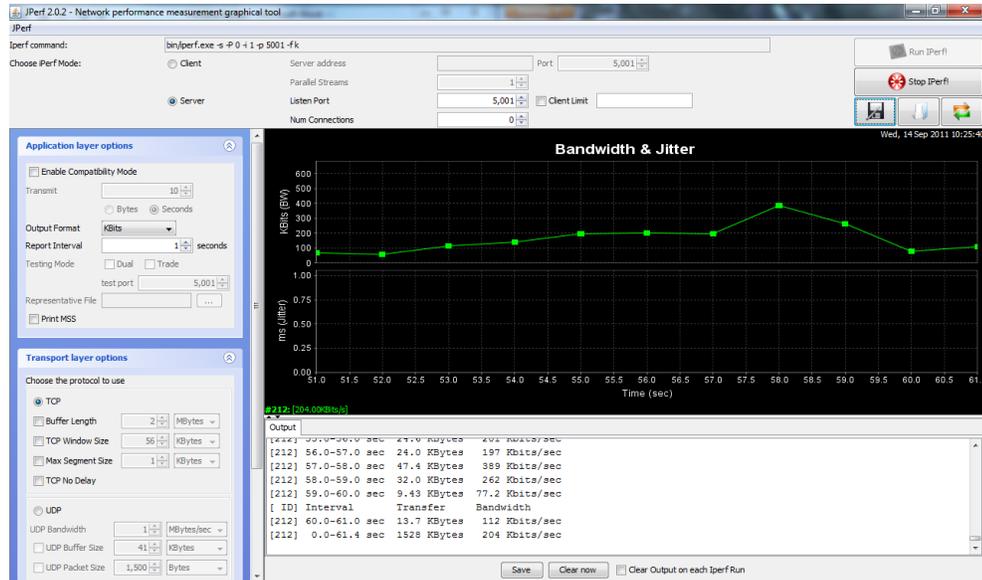


Figura V.65. Ancho de Banda y Throughput: Sta. Rosa - San Francisco

5.3.3. Tasa de transmisión de las interfaces

La velocidad de transmisión es la relación entre la información transmitida a través de una red de comunicaciones y el tiempo empleado para ello. La tasa de transmisión a la cual trabaje dependerá de varios factores entre ellos: (Ver Tabla II.1)

- ✓ Estándar
- ✓ Distancia
- ✓ Potencia
- ✓ Sensibilidad
- ✓ Configuración

La unidad para medir la velocidad de transmisión es el bit por segundo (bps) pero es más habitual el empleo de múltiplos como Kbps o Mbps.

✓ **Enlace Santa Rosa - I. Municipio de Chambo**

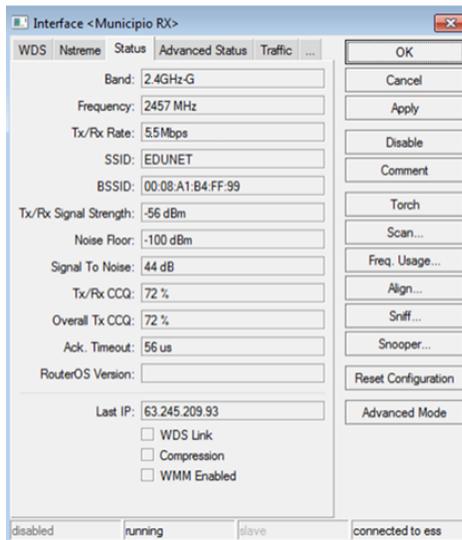


Figura V.66. Tasa de Transmisión: Municipio - Sta. Rosa

✓ **Enlace Llucud - Santa Rosa**

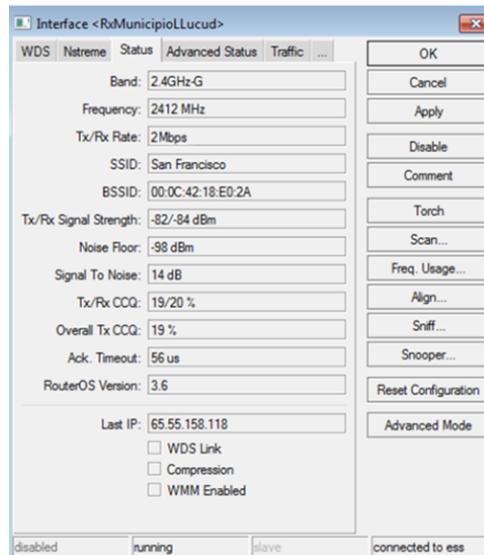


Figura V.67. Tasa de Transmisión: Sta. Rosa – Llucud

✓ **Enlace San Francisco - Santa Rosa**

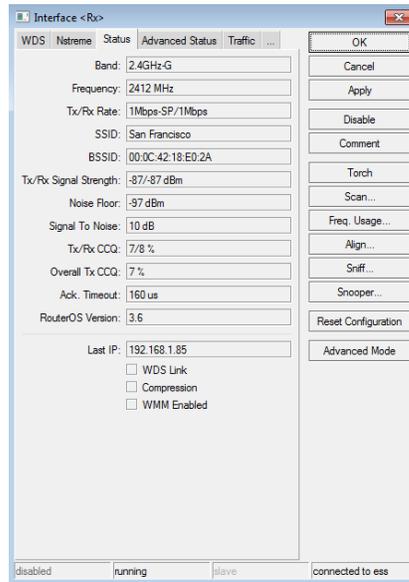


Figura V.68. Tasa de Transmisión: Sta. Rosa - San Francisco

5.3.4. Tráfico

Graphing herramienta propietaria de los equipos Mikrotik permite medir el tráfico que genera y recibe la red, la información del tráfico es representada a través de gráficas y tiene un registro diario, semanal y mensual. La red cuenta con un enlace troncal ya que es la vía esencial de comunicación entre la red y el ISP es por ello que el monitoreo del trafico lo hacemos en la interfaz *Municipio RX* identificando el tráfico que genera la red.

✓ Interfaz Municipio Rx.

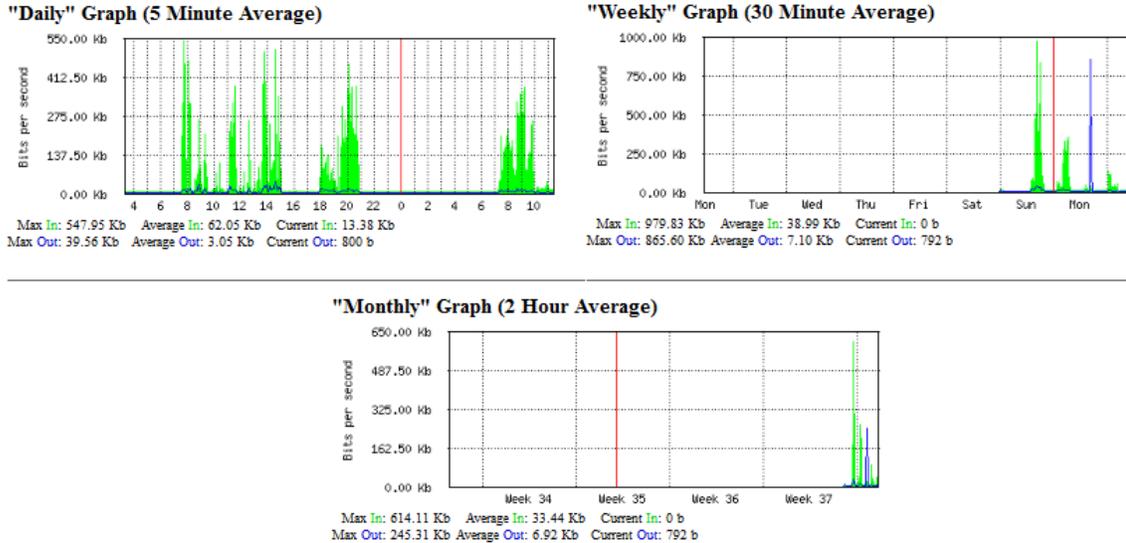


Figura V.69. Gráficas del tráfico de la red

	Tráfico d Entrada (Kbps)		Tráfico de Salida (Kbps)	
	Max	Promedio	Max	Promedio
Promedio Semanal	979,83	38,99	865,60	7,10

Tabla V.XXIII. Tráfico promedio dela red

En la tabla V.23. se muestra el promedio de tráfico tanto de entrada como de salida siendo el que más tráfico tiene el de entrada debido a que las peticiones son más de downlink que de uplink.

5.3.5. Jitter

El Jitter es un efecto de las redes de datos no orientadas a conexión y basadas en conmutación de paquetes. El Jitter se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino.

Siendo este un parámetro que afecta significativamente el rendimiento de la red en las aplicaciones de tiempo real lo monitoreamos con la ayuda de la herramienta JPERF en cada uno de los enlaces actuando como servidor el repetidor Santa Rosa y como clientes a las repetidoras Llucud y San Francisco.

✓ Enlace Santa Rosa - I. Municipio de Chambo

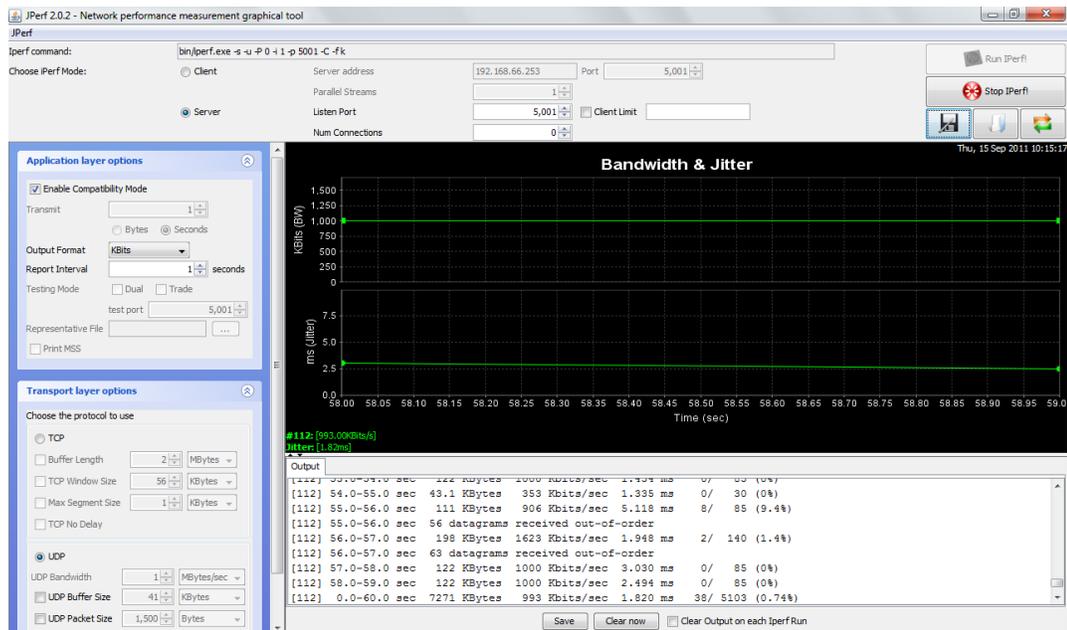


Figura V.70. Jitter: Municipio - Sta. Rosa

✓ Enlace Lluclud - Santa Rosa

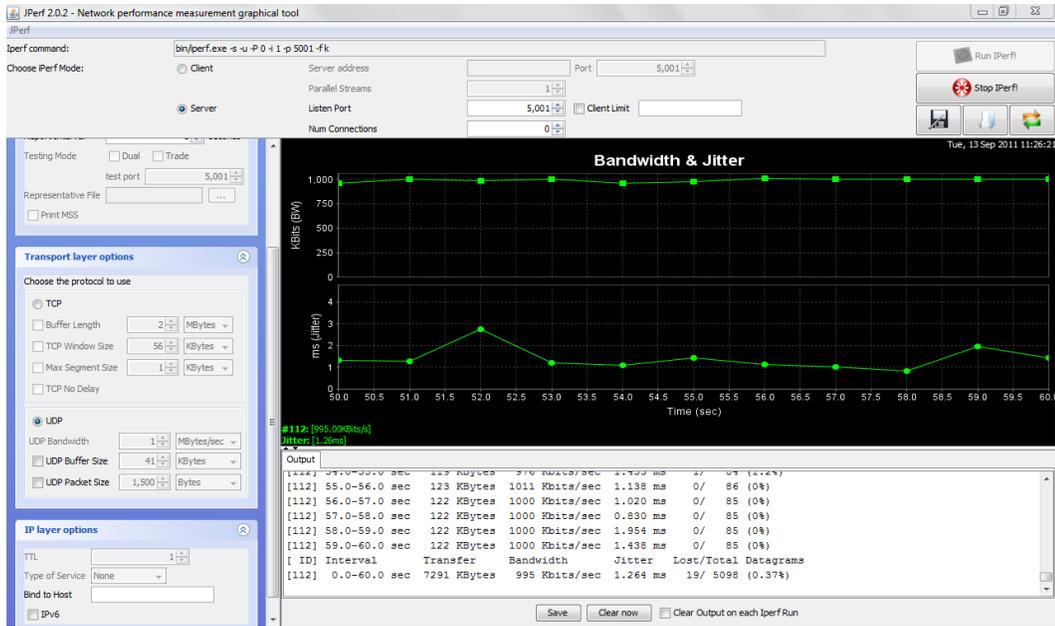


Figura V.71. Jitter: Sta. Rosa – Lluclud

✓ Enlace Santa Rosa – San Francisco

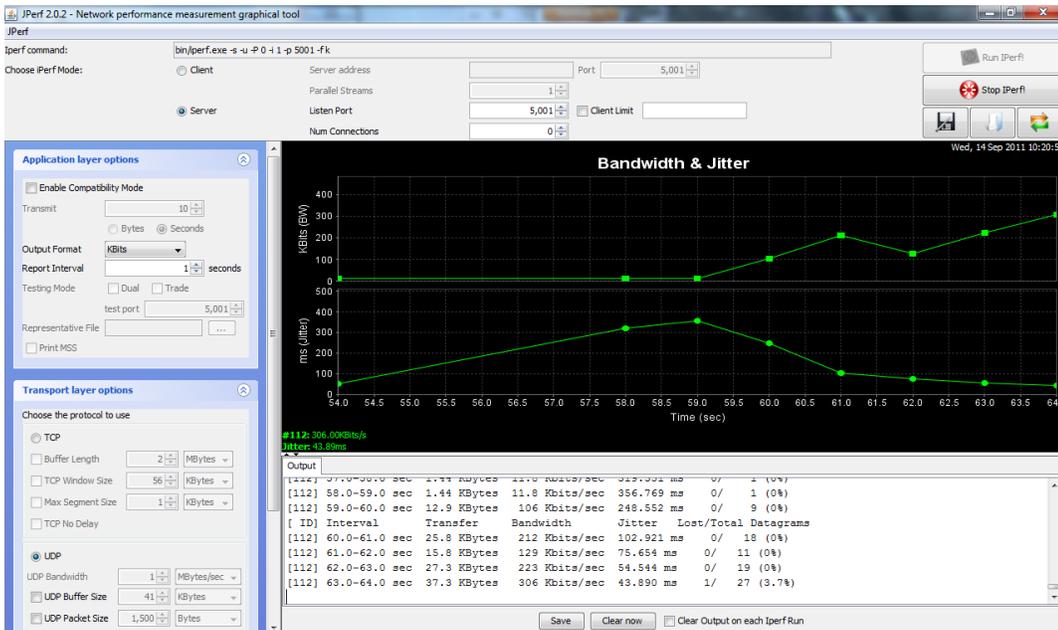


Figura V.72. Jitter: Sta. Rosa - San Francisco

5.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En base a los resultados obtenidos del monitoreo de la red es posible analizar su comportamiento mediante parámetros de medición como:

- ✓ **Parámetro 1:** Latencia
- ✓ **Parámetro 2:** Paquetes Perdidos
- ✓ **Parámetro 3:** Throughput

5.4.1. Latencia y paquetes perdidos

Una vez obtenidos los valores del PING se procede a analizarlos e identificar el nivel de operación de la red. Presentamos los valores con los cuales la red inalámbrica está actualmente operando además de los valores que se presenta al conectarse al Internet.

✓ Red Inalámbrica

Enlaces	N° de paquetes enviados	Paquetes Perdidos (%)	Tiempo de respuesta (ms)		
			Min	Max	Promedio
I.M.CH.-SR	50	0	1	53	2
L-SR	50	0	0	128	25
SF – SR	50	0	1	537	164

Tabla V.XXIV. Análisis Cualitativo Parámetro 1 y 2

5.4.2. Throughput

Siendo el throughput uno de los parámetros más importantes se obtiene los siguientes datos:

Cliente	Tasa de Transmisión (Mbps)	Intensidad de la Señal (dBm)	Throughput (Kbps)	Throughput (%)
I.M.CH	5.5	-56	2298	41.78%
Llucud	2	-82	2004	97.85%
San Francisco	1	-97	204	20.40%

Tabla V.XXV. Parámetro Cualitativo Parámetro 3

Al trabajar con el estándar 802.11 b/g mantenemos un rango de tasa de transmisión de 1 – 56 Mbps como máximo pero por efecto de factores externos la tasa es variable especialmente con el nivel de potencia. (Anexo 2).

5.5. JITTER

La red inalámbrica no está diseñada específicamente para el uso de aplicaciones en tiempo real como videoconferencias o VoIP sin embargo en las instituciones educativas es sabido la importancia de la utilización de servidores de video como youtube es por eso que analizamos este parámetro para indicar el nivel con el cual operara estos tipos de aplicaciones y no lo tomamos como parámetro fundamental de análisis del rendimiento de la red.

✓ Valores recomendados

El Jitter entre el punto inicial y final de la comunicación debiera ser inferior a 100 ms y la pérdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación deber ser inferior al 1%.

Enlaces	Jitter (ms)	Paquetes perdidos (%)
I.M.CH	1.82	0.74
Llucud	1.264	0.37
San Francisco	43.89	3.7
Promedio	15.65	1.6

Tabla V.XXVI. Jitter presente entre repetidoras

5.6. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN Y VALIDACIÓN

5.6.1. Hardware

5.6.1.1. MIKROTIK

Mikrotik Ltd., conocida internacionalmente como Mikrotik, es una compañía letona vendedora de equipo informático y de redes. Vende principalmente productos de comunicación inalámbrica como routerboards o routers, también conocidos por el software que lo controla llamado RouterOS.

La variedad de sus productos los encontramos en su página oficial que abaliza la calidad y disponibilidad además de sus características de cada uno de sus dispositivos.

<http://www.mikrotik.com/>

5.6.2. Software

5.6.2.1. Radio Mobile

Radio Mobile es un programa de simulación por computadora utilizados para predecir la cobertura de radio de una estación base, repetidor o de la red de radio. Elevación del terreno y los distintos parámetros de radio se tienen en cuenta para predecir la cobertura de radio en torno a un radio de sitios únicos o múltiples.

Después de la cobertura se calcula para un área geográfica, un mapa puede ser superpuesto en el gráfico para mostrar la cobertura de varios lugares y la cobertura como resultado a lo largo de las carreteras y en las zonas de las ciudades, pueblos, etc.

En conclusión, Radio Mobile es un excelente software de simulación de radio enlaces que debería ser instalado por los estudiantes de Ingeniería Electrónica para corroborar sus cálculos y mediciones hechos en papel.

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

5.6.2.2. JPERF

Jperf es una herramienta de prueba de red de uso general que puede crear flujos de datos TCP y UDP y medir el rendimiento de una red.

Jperf permite al usuario configurar los distintos parámetros que pueden ser utilizados para realizar pruebas en una red, alternativamente, para optimizar el ajuste o una red. Jperf tiene un cliente y servidor de la funcionalidad, y se puede medir el rendimiento entre los dos extremos, ya sea unidireccional o bidireccionalmente.

<http://wirelesslanprofessionals.com/>

5.7. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

La verificación de la hipótesis se constituye de tres partes:

- ✓ A través de una red inalámbrica comunitaria se pretende proveer de conectividad a internet a las escuelas.
- ✓ Establecer los niveles de operación y funcionamiento de la red
- ✓ Comprobar con los niveles óptimos de operación de la red.

Para la obtención de datos se toma una muestra de acuerdo a cada parámetro como se indica:

- ✓ **Latencia:** 50 paquetes
- ✓ **Paquetes perdidos:** 50 paquetes
- ✓ **Throughput:** 60 segundos

5.7.1. Conectividad a Internet a las escuelas

Ejecutamos PING con 50 paquetes desde las estaciones receptoras hacia la web tomando en cuenta a www.google.com por ser el motor de búsqueda más popular. (Anexo 3).

Escuela	Redes Inalámbricas	N° de paquetes enviados	Paquetes Perdidos (%)	Tiempo de respuesta (ms)		
				Min	Max	Promedio
Diego Donoso y Vacas Galindo	ESANFRANCISCO	50	0	82	1968	174
Facundo Bayas	AIRON	50	0	80	986	190
Amelia Guerrero	SAN FRANCISCO	50	0	81	263	107
Elvira Vallejo, Cacique Achamba	PANTAÑO	50	0	79	210	99

Tabla V.XXVII. Tiempo de Respuesta y paquetes perdidos hacia la Web

Según la Tabla V.25. se muestra los resultados del ping desde las escuelas hacia a google, comprobando que existe conectividad al internet.

5.7.2. Establecer los niveles de operación y funcionamiento de la red

Según los datos obtenidos a través del jperf y la herramienta PING tenemos como resultado un promedio de los valores en cada parámetro como se muestra:

	Latencia (ms)	Paquetes Perdidos (%)	Throughput (Kbps)
I.M.CH.-SR	2	0	2298
L-SR	25	0	2004
SF – SR	164	0	204

Tabla V.26. Matriz de valores observados

En condiciones normales la red opera según los valores en la Tabla V.26. se observa que el porcentaje de paquetes perdidos en los tres enlaces es nula garantizando la entrega confiable de los paquetes, la latencia y el throughput varía considerablemente de acuerdo a cada enlace debido a las condiciones externas

que presentan, el enlace santa rosa san francisco presenta alto tiempo de respuesta y bajo throughput siendo la principal causa el factor distancia.

5.7.3. Comprobar con los niveles óptimos de operación de la red.

Según estudios realizados acerca de los parámetros que indican el rendimiento de las WLAN [5 y 7] los valores recomendados que deben existir para un buen funcionamiento en la 802.11 b/g son los siguientes:

Latencia (ms)	Paquetes Perdidos	Throughput
<150	< 1%	50% de la tasa de transmisión

Tabla V.27. Valores recomendados de 802.11 b/g

Una vez establecidos los valores de funcionamiento de la red implementada es necesario comprobarlos con los recomendados para así respaldarlos.

De la muestra de 50 paquetes el 1% es el 0.5 paquetes perdidos.

	Latencia (ms)		Paquetes Perdidos (paquetes)		Throughput (Kbps)	
	Obt.	Rec.	Obt.	Rec.	Obt.	Rec.
I.M.CH.-SR	2	<150	0	0.5	2298 (41.78%)	≥2816
L-SR	25	<150	0	0.5	2004 (97.85%)	≥1024
SF – SR	164	<150	0	0.5	204 (20.40%)	≥ 500
Promedio	63.7	<150	0	0.5	1502	≥1446,66

Tabla V.XXVIII. Tabla Comparativa de los parámetros de WLAN.

5.7.4. Comparación de los Resultados

Se compara los datos obtenidos del monitoreo de la red versus los valores recomendados respecto a los parámetros que miden el rendimiento de la red, con la finalidad de verificar si los valores obtenidos están dentro del rango aceptable para el funcionamiento de las WLAN.

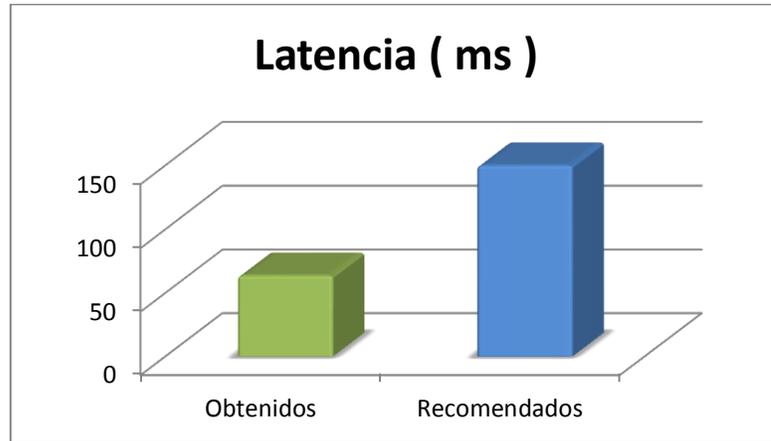


Figura V.73. Latencia: Observada vs Recomendada

- ✓ Mediante la herramienta Ping se mide el tiempo de respuesta entre los repetidores, obteniendo un promedio logramos definir la latencia de la red inalámbrica implementada, y como se observa ésta es menor a la recomendada.

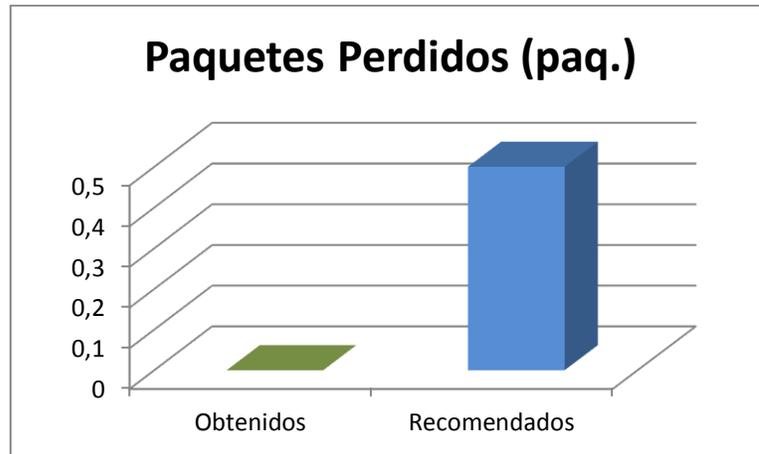


Figura V.74. Paquetes Perdidos: Observada vs Recomendada

- ✓ La pérdida de paquetes es un factor importante dentro del desempeño de la red ya que influye mucho en la calidad de la transmisión de datos orientados o no a la conexión, según la muestra de los 50 paquetes el 1% es el máximo porcentaje de pérdida aceptable en una comunicación que representa el 0,5 paquetes, y la red presenta una pérdida de 0%.

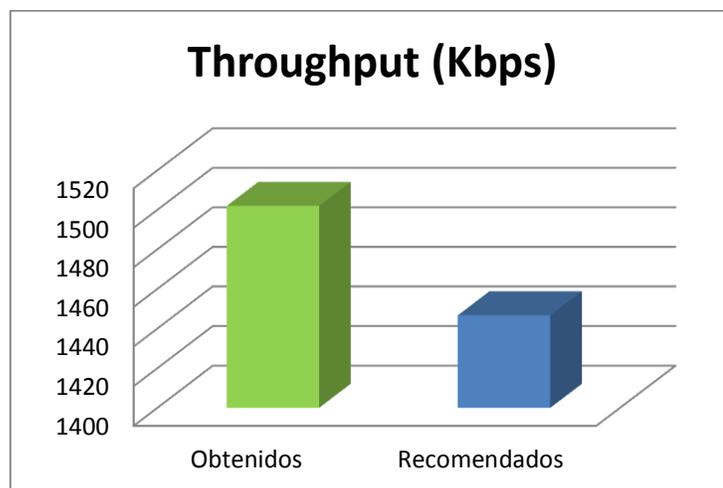


Figura V.75. Throughput: Observada vs Recomendada

Grandes distancias entre el transmisor y el receptor y el receptor causará el deterioro del throughput debido a que el aumento en el número de errores (bit error rate, BER) crea la necesidad de retransmisiones. Los sistemas modernos de espectro ensanchado son configurados para hacer saltos discretos para especificar las tasas de transmisiones (1, 2, 5.5 y 11 Mbps para IEEE 802.11b). Si una tasa de transmisión de 11 Mbps no puede ser mantenida, por ejemplo, entonces el dispositivo bajará a 5.5 Mbps. Dado que el throughput es cerca del 50% de la tasa de transmisión en una WLAN, el cambio de la tasa producirá un impacto significativo en el throughput.

- ✓ Según las tasas de transmisión configurados en cada enlace teórico determinamos un promedio y se obtiene el 50% siendo este el valor recomendado alcanzando un throughput de 1446,66 Kbps, de igual manera al medir el throughput mediante la herramienta jperf en uno de los enlaces se alcanza un promedio de 1502 Kbps demostrando así que throughput medido es mayor que el 50 % recomendado.

En conclusión se ha demostrado que los tres parámetros se encuentran dentro del rango de funcionamiento aceptable demostrando que los valores con los que actualmente opera la red son normales, respaldando la verificación de nuestra hipótesis.

5.7.5. Evaluación de la Red mediante la Técnica de Ponderación

Se toma en cuenta la asignación de los valores en una escala del 0 al 10 siendo el cero un puntaje inaceptable y 10 es un valor óptimo, además de la asignación de los pesos a los parámetros de acuerdo a la importancia que presenta cada uno en el rendimiento de la red.

Variables	Recomendados	Aceptable	Inaceptables	Valor asignado
Latencia	< 150 ms	150 - 200ms	> 200ms	40
Paquetes Perdidos	<1%	= 1%	>1%	25
Throughput	> 50%	50% - 20 %	> 20%	35

Tabla V.XXIX. Ponderación de los Parámetros

Para establecer los valores de calificación de la latencia, se propone un rango recomendado de 0 - 150 ms, en una escala del 10 al 4, tomando en consideración que el 4 es el valor máximo recomendado, si la latencia esta entre 150 - 200 ms se considera aceptable a lo contrario de latencias mayores a 200ms se los considera inaceptables asignándole una valoración nula.

Latencia (ms)	Valor Ponderado
0 - 50	10 - 8
50 - 100	8 - 6
100 - 150	6 - 4
150 - 200	4 - 1
> 200	0

Tabla V.XXX. Calificación de la Latencia

La calificación de los paquetes perdidos se establece en la escala del 10 al 4, donde el 10 es el 0% de paquetes perdidos y el 4 es el 1% de los paquetes, los cuales están dentro del rango de valores aceptables a lo contrario de paquetes perdidos mayores al 1% que a los cuales se les asigna una valoración nula.

Paquetes Perdidos (%)	Valor Ponderado
0 - 0.5	10 - 7
0.5 - 1	7 - 4
> 1	4 - 0

Tabla V.XXXI. Calificación de los Paquetes Perdidos

Para calificar el throughput, se propone un rango recomendado entre 90 – 50% de la tasa transmisión de cada enlace, en una escala del 10 al 4, tomando en consideración que el 4 es el valor máximo recomendado, si se encuentra entre el 50- 20% se considera en funcionamiento a lo contrario de throughput menores al 20% se los considera inaceptables asignándole una valoración nula.

Throughput (%)	Valor Ponderado
90 – 80	10 – 8
80 – 60	8 – 6
60 - 50	6 – 4
50 - 20	4 - 1
< 20	0

Tabla V.XXXII. Calificación del Throughput

Para la ponderación de los parámetros se tomó los valores de la tabla V.28 asignándoles una calificación de acuerdo a las valoraciones anteriormente explicadas obteniendo los siguientes datos.

PÁRAMETROS	Peso	Puntaje de cada Enlace					
		I.M.CH.-SR		L-SR		SF – SR	
		Calificación		Calificación		Calificación	
Latencia	40%	9,9	3,96	9	3,6	2,5	1
Paquetes Perdidos	25%	10	2,5	10	2,5	10	2,5
Throughput	35%	4	1,4	9,3	3,25	1	0,35
TOTAL	100%		7,86		9,35		3,85
Promedio		7,02					

Tabla V.XXXIII. Ponderación de los Resultados

Mediante la técnica de ponderación se concluye que el rendimiento de la red alcanza una valoración del 7.02 sobre 10, equivalente al 70.02 % del rendimiento máximo.

CONCLUSIONES

1. Para el diseño de la red inalámbrica comunitaria en el cantón Chambo se analizó factores geográficos, climáticos y técnicos para lo cual se opta por el estándar 802.11 b/g debido a las especificaciones técnicas que ofrece como la velocidad de transmisión, largo alcance además de su bajo coste y una gran variedad en equipos.
2. El dotar de conectividad a internet a través de la implementación redes inalámbricas al sector rural del cantón Chambo constituye un aporte importante para el desarrollo del sector educativo.
3. En la implementación se utiliza equipos Mikrotik por ser dispositivos multicapas, escalable tanto en hardware como en software ya que permite la actualización de tarjetas inalámbricas y licencias, además de una fácil configuración e interfaz amigable.
4. Los parámetros que indican el rendimiento de la red son latencia, paquetes perdidos y throughput, dentro de la red inalámbrica se obtuvo valores de latencia 63,7 ms, 0 % de paquetes perdidos y el throughput de 1502 Kbps con los cuales la red opera normalmente.
5. Existen estudios publicados en donde se recomienda valores nominales para los parámetros que indican el rendimiento de una WLAN siendo estos latencia menor a 150 ms, el porcentaje de paquetes perdidos debe ser menor al 1% que representa 0,5 paquetes de la muestra y el throughput debe ser mayor o igual al 50 % de la tasa de transmisión el cual es 1446.67 Kbps, demostrando que los valores obtenidos de la red inalámbrica comunitaria opera dentro de lo recomendado.
6. El parámetro Jitter presente es el 1.6 % de paquetes perdidos medidos en la red, para soportar aplicaciones en tiempo real el valor máximo aceptable en la pérdida de paquetes es del 1 % y al ser este mayor al recomendado existirá problemas en las aplicaciones de tiempo real ocasionando distorsión durante la comunicación por lo que no se garantiza un buen streaming.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar equipos Mikrotik en este tipo de infraestructura en ambientes externos ya que soportan altas y bajas temperaturas, humedad además ofrece beneficios económicos como tecnológicos.
2. Se recomienda un trabajo en conjunto entre la comunidad para mejorar las condiciones que afectan al servicio como poda de árboles, suministro de energía eléctrica y responsabilidad del cuidado del equipo.
3. Ante la posibilidad de expandir el servicio a otras instituciones educativas recomendamos al departamento de sistemas del Ilustre Municipio de Chambo incrementar la capacidad del ancho de banda contratado al ISP con la finalidad de brindar un buen servicio.
4. En casos de daños de la red recomendamos verificar el suministro de energía y daños en el PoE, verificar las conexiones de los puertos de administración y el estado de los cables, verificar si no existe un cortocircuito en el equipo, de ser necesario subir a la torre tomar las debidas precauciones de seguridad, si el daño no es físico revisar la configuración del equipo en base al diseño realizado.
5. Para mejorar los servicios en tiempo real recomendamos la implementación de políticas de calidad de servicio que pueden ser configurados en los equipos Mikrotik.
6. Utilizar los equipos apropiados de acuerdo a la función que cumple de dentro del modelo de capas jerárquico de cisco utilizado en el diseño de la red.

RESUMEN

El objetivo de realizar el Estudio, Análisis e Implementación de un Red Inalámbrica Comunitaria es para proveer de conectividad a internet a 6 escuelas del sector rural del cantón Chambo ubicadas en las comunidades de Guallabamba, Llucud, Pantaño, Catequilla, San Francisco y Santa Rosa. El método de investigación deductivo nos permitió discernir todos los aspectos generales que intervienen y afectan en la ejecución de la red como factores climáticos y geográficos, saturación radioeléctrica y económica, el método inductivo en el cuál observamos parámetros específicos que miden el rendimiento de la red como la latencia, los paquetes perdidos y el throughput finalmente el método analítico nos permitirá analizar los valores con los cuales la red opera. Se realiza el estudio de factibilidad de los enlaces con la herramienta de software Radio Mobile el cual muestra los elementos del presupuesto de enlace, así como la línea de vista, cobertura de las repetidoras y la zona de Fresnel.

Para la implementación se opta por la tecnología Mikrotik ya que son dispositivos diseñados para ambientes externos, soporta los estándares 802.11 a/b/g, además adaptabilidad con una variedad de antenas y tarjetas. En cada repetidora se utiliza un Routerboard 433 AH y distintas antenas de acuerdo a las características de cada enlace, para mayor cobertura antenas tipo panel que tiene una ganancia de 14 dBi y un ángulo de cobertura de 120 grados, las de grilla con ganancia de 24 dBi que son de largo alcance y se utiliza para conexiones punto a punto.

Una vez que la red esta operativa se midió los parámetros de rendimiento obteniendo los siguientes datos: latencia 63.7 ms, 0 % de paquetes perdidos y el throughput de 1502 Kbps de una tasa de transmisión de 2833Kbps con los cuales la red opera, al ser comparados con valores establecidos como recomendados verificamos que la red opera al 70.02 % del rendimiento máximo.

SUMMARY

The thesis objective deals with the Study, Analysis and Implementation of a Community Wireless Network to provide connectivity to the internet to 6 schools of the rural sector of Chambo Canton located in the communities of Guallabamba, Llacud, Pantaño, Catequilla, San Francisco and Santa Rosa. The deductive investigation method allowed us to discern all the general aspects intervening and affecting the network execution such as climatic and geographic factors, radio electric saturation and economic situation, the inductive method in which specific parameters which measure the network yield such as latency, the lost packages and throughput are observed. Finally the analytic method will permit us to analyze values with which the network works. The feasibility study of the links with the software tool Radio Mobile is carried out which shows the zone.

For the Implementation the Mikrotik technology is chosen as they are devices designed for external environments, support the 802.11 a/b/g standards and the adaptability with a variety of antennas and cards. In each repeater a Routerboard 433 AH is used and various antennas according to the characteristics of each link; for a better coverage, panel-type antennas which have a gain of 14 dBi and 120 – degree coverage angle; those grill once with a gain of 24 dBi which are long range used for point to point connections. Once the network is operative, the yield parameters were measured obtaining the following data: 63.7 ms latency, 0% lost packages and 1502 Kbps throughput of a transmission rate of 2833 Kbps with which the network works, upon being compared to the values established as recommended. It was verified that the network works at 70,02 % the maximum yield.

GLOSARIO

100 BASE-T.- es una variedad del protocolo de red Ethernet recogido en la revisión IEEE 802.3i en 1990 que define la conexión mediante cable de par trenzado. Utilizada para cortas distancias debido a su bajo costo. Cada cable de par trenzado consta de 4 parejas de cables. En cada pareja van trenzados entre sí un cable de color y un cable blanco marcado con el mismo color. Los colores que se usan habitualmente son el naranja, el verde, el azul y el marrón. Este cable es capaz de transmitir a 10Mbps.

dBi.- El dBi, o decibelio isótropo, es una unidad para medir la ganancia de una antena en referencia a una antena isótropa teórica. El valor de dBi corresponde a la ganancia de una antena ideal (teórica) que irradia la potencia recibida de un dispositivo al que está conectado, y al cual también transmite las señales recibidas desde el espacio, sin considerar ni pérdidas ni ganancias externas o adicionales de potencias.

dBm.- unidad de medida utilizada, principalmente, en telecomunicación para expresar la potencia absoluta mediante una relación logarítmica. El dBm se define como el nivel de potencia en decibelios en relación a un nivel de referencia de 1 mW.

DDR3.- es un tipo de memoria RAM. Forma parte de la familia SDRAM de tecnologías de memoria de acceso aleatorio, que es una de las muchas implementaciones de la SDRAM. El principal beneficio de instalar DDR3 es la habilidad de hacer transferencias de datos más rápido, lo que permite obtener velocidades de transferencia y velocidades de bus más altas que las versiones DDR2 anteriores.

GNU/LINUX.- es uno de los términos empleados para referirse a la combinación del núcleo o kernel libre similar a Unix denominado **Linux**, que es usado con herramientas de sistema GNU. Su desarrollo es uno de los ejemplos más prominentes de software libre; todo su código fuente puede ser utilizado, modificado y redistribuido libremente por cualquiera bajo los términos de la GPL (Licencia Pública General de GNU, en inglés: **General Public License**) y otra serie de licencias libres.

Roaming.- El concepto de roaming o itinerancia utilizado en las redes Wi-Fi significa que el dispositivo Wi-Fi del cliente puede desplazarse e ir registrándose en diferentes bases o puntos de acceso.

TIA/EIA 568B.- Los estándares TIA/EIA-568-B se publicaron por primera vez en 2001. Sustituyen al conjunto de estándares TIA/EIA-568-A que han quedado obsoletos. Tal vez la característica más conocida del TIA/EIA-568-B.1-2001 sea la asignación de pares/pines en los cables de 8 hilos y 100 ohmios (Cable de par trenzado). Esta asignación se conoce como T568A y T568B, y a menudo es nombrada (erróneamente) como TIA/EIA-568A y TIA/EIA-568B.

ANEXOS

ANEXO 1

Política de seguridad

1. Cambiar las claves por defecto cuando instalemos el software del Punto De Acceso.
2. Control de acceso con autenticación bidireccional.
3. Control y filtrado de direcciones MAC e identificadores de red para restringir los adaptadores y puntos de acceso que se puedan conectar a la red.
4. Crear varias claves WPSK, para el punto de acceso y los clientes y que varíen cada día.
5. Toda persona que necesite utilizar el sistema ingresara mediante a asignación de una IP y contraseña.
6. Está terminantemente prohibido ejecutar programas que intenten adivinar las contraseñas del AP.
7. No guardar claves de acceso en documentos dentro del computador o en papeles dentro de la oficina.
8. Se prohíbe a los usuarios desactivar el firewall del sistema operativo así como la del antivirus que esté en funcionamiento.
9. Todos y cada uno de los equipos son asignados a un responsable, por lo que es de su competencia hacer buen uso de los mismos.
10. Todo el equipo de cómputo que esté o sea conectado a la Red debe de sujetarse a los procedimientos de acceso que emite el departamento de Sistemas del I. Municipio de Chambo.
11. Los recursos disponibles a través de la Red serán de uso exclusivo para asuntos relacionados con las actividades educativas de las instituciones beneficiadas.
12. Cualquier violación a las políticas y normas de seguridad deberá ser sancionada de acuerdo al reglamento emitido por el Departamento de Comunicaciones del I. Municipio de Chambo.

13. Recuerde que nuestro sistema pretende facilitar el trabajo y mejorar el el manejo tecnológico de las escuelas. Las políticas de seguridad adoptadas están concebidas para ayudarle, no para obstaculizar su trabajo. Si desea plantear alguna pregunta o cuestión al respecto, no dude en ponerse en contacto con el administrador de la red.

ANEXO 2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ROUTERBOARD 433 AH

El RouterBoard 433AH incluye una unidad central de procesamiento CPU Atheros con 680 MHz de velocidad de procesamiento. El procesador Atheros MIP 24K con 64KB/32KB de memoria cache instrucción/data es probablemente el procesador más rápido utilizado en puntos de acceso inalámbrico. También consta con memoria de 128MB SDRAM, cargador de arranque RouterBOOT integrado, memoria NAND con 64MB integrada. También cuenta con tres puertos Fast Ethernet 10/100 Mbit/s soportando Auto-MDI/X. Tres ranuras MiniPCI Tipo IIIA/IIIB. Las tres ranuras Ethernet y Mini PCI proveen un amplio rango de interfaces de datos.

Componente	Especificaciones
Procesador	Procesador de red Atheros AR7161 680 MHz
Memoria	Tarjeta de memoria integrada 128 MB DDR SDRAM
Cargador de Arranque	RouterBOOT
Almacenamiento de datos	64 MB de memoria NAND integrada y microSD
Ethernet	Tres puertos Ethernet 10/100 Mbit/s con Auto-MDI/X
MiniPCI	Tres ranuras MiniPCI tipo IIA/IIIB con 3.3 V de señalización para conectar tarjetas inalámbricas entre otras.
Extras	Reset, Beeper
Puerto Serial	Un conector serial asíncrono DB9 RS232C
Opciones de potencia	Alimentación a través de Ethernet 10.28 V DC
Temperatura Operacional	-20° C to +65° C (-4° F to 149° F)
Sistema Operativo	Mikro Tik enrutador OS
Humedad Operacional	70% humedad relativa

Rango de frecuencias	802.11 b/g 2312-1497 (5MHz step); 802.11 ^a 4920 – 6100 (5 MHz step)	
Seguridad	Hardware 64 y 128 bit WEP; Hardware TKIP y AES-CCM encriptación; 802.1x WPA autenticación.	
Modulación	802.11b+g DSSS, OFDM para tasas de datos >30 Mbps 802.11a: OFDM OFDM: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM DSSS: DBPSK, DQPSK, CCK	
Potencia de Salida/ Sensibilidad de Recepción	IEEE 802.11a	17dBm/-88dBm@6Mbps 13 dBm/-71dBm@54 Mbps.
	IEEE 802.11b	19dBm/-95dBm@1Mbps 19dBm/-90dBm@11Mbps
	IEEE 802.11g	18dBm/-90dBm@6Mbps 15dBm/-73dBm@54Mbps
Tasa de transferencia	802.11b	11,5.5,2,1 Mbps, Auto-fallback
	802.11g (modo normal)	54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps, Auto-fallback

ANEXO 3

PING A GOOGLE

- ✓ Edunet

```
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=80ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=78ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=81ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=80ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=80ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=79ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=84ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=77ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=78ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=80ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=85ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=81ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=114ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=82ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=82ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=79ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=80ms TTL=49
Respuesta desde 74.125.229.212: bytes=32 tiempo=84ms TTL=49

Estadísticas de ping para 74.125.229.212:
    Paquetes: enviados = 50, recibidos = 50, perdidos = 0
    (0% perdidos).
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 76ms, Máximo = 497ms, Media = 95ms

C:\Users\Monita>
```

- ✓ ESan francisco

```
Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe

Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=84ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=85ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=88ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=84ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=100ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=87ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=87ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=189ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=84ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=87ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=96ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=129ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=87ms TTL=47
Respuesta desde 74.125.229.211: bytes=32 tiempo=87ms TTL=47

Estadísticas de ping para 74.125.229.211:
    Paquetes: enviados = 54, recibidos = 54, perdidos = 0
    (0% perdidos).
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 82ms, Máximo = 1968ms, Media = 174ms

Control-C
^C
C:\Users\Familia>
```

- ✓ Airon

The screenshot shows the Windows Ping utility window with the following settings: Ping To: www.google.com, Interface: any, Packet Count: 50, Timeout: 1000 ms. The results table is as follows:

#	Host	Time	Reply Size	TTL	Status
34	74.125.229.210	82ms	50	48	
35	74.125.229.210	349ms	50	48	
36	74.125.229.210	377ms	50	48	
37	74.125.229.210	359ms	50	48	
38	74.125.229.210	382ms	50	48	
39	74.125.229.210	351ms	50	48	
40	74.125.229.210	292ms	50	48	
41	74.125.229.210	405ms	50	48	
42	74.125.229.210	286ms	50	48	
43	74.125.229.210	447ms	50	48	
44	74.125.229.210	546ms	50	48	
45	74.125.229.210	timeout			
46	74.125.229.210	660ms	50	48	
47	74.125.229.210	191ms	50	48	
48	74.125.229.210	527ms	50	48	
49	74.125.229.210	986ms	50	48	

Summary: 49 of 50 packets received, 2% packet loss, Min: 80ms, Avg: 190ms, Max: 986ms.

✓ San Francisco

```
Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=84ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=82ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=93ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=122ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=87ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=118ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=87ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=96ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=91ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=113ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=112ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=102ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=84ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=100ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=129ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=112ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=112ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=81ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=110ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=95ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=108ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=90ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=263ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=98ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=90ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.52: bytes=32 tiempo=118ms TTL=48

Estadísticas de ping para 74.125.229.52:
    Paquetes: enviados = 50, recibidos = 50, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 81ms, Máximo = 263ms, Media = 107ms

C:\Users\Familia>
```

✓ Pantano

```
Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=85ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=84ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=82ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=81ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=84ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=85ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=87ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=88ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=87ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=88ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=87ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=104ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=92ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=84ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=86ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=81ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.229.51: bytes=32 tiempo=79ms TTL=48

Estadísticas de ping para 74.125.229.51:
    Paquetes: enviados = 50, recibidos = 49, perdidos = 1
    (2% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 79ms, Máximo = 210ms, Media = 97ms

C:\Users\Familia>
```

BIBLIOGRAFÍA

1. ARTEAGA M, TANDAZO E; Implementación de una red WIFI para proveer servicio de internet de banda ancha; Tesis Ing. Informática Universidad Técnica Americana., México D.F. – México., 2010., Pp. 35 - 36 - 37 - 51 - 53 - 64 - 65.
2. BRIONES. A, GRACIA N., Análisis Comparativo de las Tecnologías WIFI y WIMAX; Aplicaciones y Servicios., Tesis Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Superior Politécnica del Litoral., Guayaquil – Ecuador., 2006., Pp. 55 - 56 - 57 - 58.
3. CHAVEZ. O., Influencia de la Radiación Solar sobre el Desempeño de las Redes Wifi en la Banda de los 5 GHZ 802.11a., Caracas - Venezuela; Universidad Rafael Bellosó Chacín., 2011., 21 p.
4. IGLESIA MOUTERIA RÚBEN., Instalación de Equipos y Sistemas de Comunicación Radioeléctricos., 2a ed., Madrid-España; Ideas Propias., 2004., 32p.
5. ZENNARO M y OTROS., On a Long Wireless Link for Rural Telemedicine in Malawi., Lilongüe - Malawi., 2008., 5p.
6. **Cálculo de Radioenlace**
<http://www.eslared.org.ve/tricalcar/>
2011 - 04 - 01.

7. **Desempeño de las Redes WLAN 802.11b**

<http://www2.elo.utfsm.cl/~elo352/exp/>

2011 - 07 – 16.

8. **How to connect to Mikrotik**

<http://www.wispforum.net/entry.php?5>

2011 - 05 - 25.

9. **Documentación Iperf v1.7.0**

<http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>

2011 - 08 – 05.

10. **IEEE 802.11**

http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

2011 - 04 - 01.

11. **IEEE 802.11n**

<http://www.jeuazarru.com/docs/802.11n.pdf>

2011 - 04 - 01.

12. **Manual de Usuario**

http://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:License_levels

2011 – 05 - 23.

13. **RAJIC MIRO, Analytical Testing for IEEE 802.11b**

<http://www2.elo.utfsm.cl/~elo352/exp/electivas/>

2011 – 05 - 23.