



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA BASADA EN EL ESTÁNDAR IEEE 802.11 QUE OPERE
EN LA BANDA DE 5 [GHz] Y CON LA CUAL UN ISP PUEDA COMERCIALIZAR LOS
SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET EN LA PARROQUIA VELOZ
DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero en Redes y Telecomunicaciones

Profesor Guía

Ing. Maximiliano Arturo Mendoza Jaramillo

Autor

Marcelo Gustavo Layedra Ramírez

Año

2016

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de las reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulen los trabajos de titulación”

Maximiliano Arturo Mendoza Jaramillo
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones
CI: 1103824882

DECLARACIÓN DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original y de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Marcelo Gustavo Layedra Ramírez
CI: 060359973-9

AGRADECIMIENTOS

A Dios por tantas bendiciones recibidas.

A mis padres por el privilegio de la vida y por ser ejemplo de superación, respeto y humildad.

A Ligia, Lía y Luciana por permitirme quitarles el tiempo que les correspondía, para emplearlo en la elaboración de este trabajo.

DEDICATORIA

A Dios por su infinita misericordia.

A mis padres por su afable deseo de tener un hijo profesional.

A mi esposa e hijas que son el motor que impulsa mi superación.

RESUMEN

El presente trabajo busca dar a conocer nociones técnicas de diseño para la construcción de redes basadas en el estándar IEEE 802.11. Ya que Wi-Fi es una de las tecnologías inalámbricas que ha adquirido gran popularidad en los proveedores de Internet inalámbrico (WISP) en nuestro país, porque trabaja sobre uno de los protocolos más difundidos, que más ha evolucionado y que presenta variedad de soluciones para ambientes internos y externos.

En situaciones donde no es factible implementar redes FTTH, las empresas o inversionistas tienen como opción esta tecnología para impulsar el despliegue de redes de datos, para masificar el acceso a Internet en nuestro país, reduciendo así la brecha digital. Debido a que 802.11 tiene entre sus principales características: Interoperabilidad, lo que permite no estar atado a un solo fabricante, Escalabilidad, que es la capacidad para ampliar la red a un bajo costo de acuerdo a la demanda y 802.11 ac permite trabajar con velocidades de datos de alrededor de 400 [Mbps].

ABSTRACT

This project introduces the engineering concepts to design and build networks based in the IEEE 802.11 standard. Due to that WI-FI is one of the most evolved wireless technologies because It works with the most widespread protocols and there is great variety of indoor and outdoor solutions, so It which reached great popularity and acceptance whith WISP in our country.

In situations where it is not feasible to implement FTTH networks, companies have the option of this technology to drive the deployment of data access networks throughout the country and make easier the Internet access in our country, thus reducing the digital divide. Because 802.11 has the following features: interoperability, allowing not being tied to a single manufacturer, scalability, which is the ability to expand the network at a low cost of implementation according to demand and work with data speeds of around 400 [Mbps].

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Descripción de la realidad problemática	1
Formulación del problema.....	2
Prognosis	2
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos	3
Justificación de la investigación.....	3
Limitaciones del Estudio	4
Viabilidad del proyecto.....	5
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	6
1.1. Antecedentes de la investigación	6
1.1.1 Internet.....	6
1.1.2 Reseña Histórica.....	6
1.1.3 Funcionamiento del Internet	7
1.2 Bases teóricas.....	8
1.2.1 Proveedor de Servicios de Internet ISP	8
1.2.1.1 Estructura Jerárquica de los ISP	9
1.2.1.1.1 ISP de nivel 1 (Tier 1).....	9
1.2.1.1.2 ISP de nivel 2 (Tier 2).....	9
1.2.1.1.3 ISP de nivel 3 (Tier 3).....	10
1.2.1.2 NAP (Punto de Acceso a la Red)	10
1.2.1.3 WISP	10
1.2.1.4 Características técnicas que debe cumplir un ISP	10
1.2.1.5 Protocolos usados en Internet	11
1.2.1.5.1 Modelo TCP/IP	12
1.2.1.5.1.1 Arquitectura del protocolo TCP/IP	12
1.2.1.5.1.1.1 Capa de Aplicación	13
1.2.1.5.1.1.1.1 Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP) ..	14

1.2.1.5.1.1.1.2 Protocolo de Transferencia de Archivos Trivial (TFTP)	14
1.2.1.5.1.1.1.3 Protocolo Simple de Transferencia de Correo (SMTP)	14
1.2.1.5.1.1.1.4 Telnet.....	14
1.2.1.5.1.1.1.5 Protocolo Simple de Administración de Red (SNMP).....	14
1.2.1.5.1.1.1.6 DNS (Sistema de Nombres de Dominio)	15
1.2.1.5.1.1.2 Capa de Transporte	16
1.2.1.5.1.1.1.1 Protocolo de Control Transmisión (TCP)	16
1.2.1.5.1.1.1.2 Protocolo de Datagramas de Usuario (UDP).....	16
1.2.1.5.1.1.3 Capa de Red.....	17
1.2.1.5.1.1.3.1 El Protocolo IP	17
1.2.1.5.1.1.3.1.1 Direccionamiento IP	17
1.2.1.5.1.1.3.1.1.1 Introducción a IPV4	18
1.2.1.5.1.1.3.1.1.2 Introducción a IPV6	20
1.2.1.5.1.1.3.1.1.3 Enrutamiento IP.....	21
1.2.1.5.1.1.3.2 Protocolo ICMP	21
1.2.1.5.1.1.3.3 Protocolo de Resolución de Direcciones ARP... ..	22
1.2.1.5.1.1.3.4 Reverse Address Resolution Protocol (RARP) ..	22
1.2.1.5.1.1.4 Capa de Enlace de Datos	22
1.2.2 Medios de Transmisión.....	23
1.2.2.1 Medios de Trasmisión Guiados	23
1.2.2.1.1 Par trenzado de cobre	23
1.2.2.1.2 Cable coaxial.....	25
1.2.2.1.3 Fibra óptica.....	25
1.2.2.2 Medios de transmisión no guiados	26
1.2.2.2.1 Redes Inalámbricas de Datos	27
1.2.2.2.1.1 Tipos de Redes Inalámbricas de Acuerdo a su Extensión Física.....	27
1.2.2.2.1.2 Estándares usados en las redes inalámbricas	28
1.2.3 Introducción a la Tecnología WI-FI (802.11).....	29

1.2.3.1 Espectro radioeléctrico.....	31
1.2.3.2 Canales y Frecuencias IEEE 802.11	32
1.2.3.2.1 Banda ISM.....	32
1.2.3.2.2 Banda UNII.....	33
1.2.3.3 Topologías 802.11	34
1.2.3.3.1 Redes independientes (Ad-hoc).....	34
1.2.3.3.2 Modo de infraestructura	35
1.2.3.3.3 Redes Inalámbricas tipo Malla, Wireless Mesh Network (WMN).....	36
1.2.3.4 Aspectos Regulatorios de Wi-Fi en Ecuador	37
1.2.3.4.1 Normas para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.....	37
1.2.3.4.2 Reglamento para la Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones.....	39
1.2.3.5 Ventajas y Aplicaciones de la Tecnología Wi-Fi.....	40
1.2.3.6 IEEE 802.11 vs. WiMAX IEEE 802.16.....	40
1.2.3.7 Futuro de Wi-Fi.....	44
1.2.4 Técnicas de modulación digital.....	44
1.2.4.1 Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK)	45
1.2.4.2 Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)	46
1.2.4.3 Modulación por desplazamiento de fase (PSK).....	47
1.2.5 Sistemas de Comunicación Inalámbrica MIMO - OFDM.....	48
1.2.5.1 Modulación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM) ..	48
1.2.4.3.1 Múltiple Entrada Múltiple Salida (MIMO)	49
1.2.4.3.1 MU-MIMO (Múltiple Usuario MIMO).....	50
CAPÍTULO II: ANÁLISIS SITUACIONAL	51
2.1 Análisis situacional y Estudio del Mercado	51
2.1.1 Información general del cantón Riobamba	51
2.1.1.1 Situación Geográfica	51
2.1.1.2 División Política	52
2.1.1.3. Topografía	52
2.1.1.4 Aspectos Demográficos.....	52

2.1.1.5 Población por grupos de Edad	53
2.1.1.6 Aspectos Socio Económicos	53
2.1.1.7 Nivel Socioeconómico del país.....	54
2.1.1.8 Análisis de las TIC's en la provincia de Chimborazo	56
2.1.2 Información general de la parroquia veloz	56
2.2 Estudio del Mercado	57
2.2.1 Análisis de la situación de Banda Ancha en el Ecuador	57
2.2.1.1 Análisis de la situación de Banda Ancha en la provincia de Chimborazo y la ciudad de Riobamba.....	59
2.2.1.2 Costos de Internet en el Ecuador	61
2.2.2 Análisis de la Demanda	62
2.2.3 Segmentación del Mercado y Determinación del Mercado Objetivo.....	63
2.2.4 Tamaño de la muestra	64
2.2.5 Diseño de la encuesta	65
2.2.6 Presentación y análisis del resultado de las encuestas	65
CAPÍTULO III: DISEÑO DE SOLUCIÓN PROPUESTA	77
3.1 Proyección del número de clientes y Estimación del tráfico ...	77
3.1.1 Proyección del Número de Clientes Residenciales.....	77
3.1.2 Estimación del consumo del tráfico para los clientes residenciales ..	81
3.2 Diseño de la Red	82
3.2.1 Bases teóricas	83
3.2.1.1 ¿Qué es una onda de radio?	83
3.2.1.2 Polarización	83
3.2.1.3 Ancho de Banda	84
3.2.2 Arquitectura de un ISP	85
3.2.2.1 Red de acceso.....	85
3.2.2.1.1 Diseño de la Red de Acceso	86
3.2.2.1.1.1 Redes Punto Multipunto.....	86
3.2.2.1.1.2 Componentes de la Red de Acceso.....	87
3.2.2.1.1.2.1 Estaciones Base (EB).....	87

3.2.2.1.1.2.1.1	Access Point (AP).....	88
3.2.2.1.1.2.1.2	Antenas Wi-Fi para enlaces punto multipunto ..	89
3.2.2.1.1.2.1.2.1	Antenas Omnidireccionales.....	90
3.2.2.1.1.2.1.2.2	Antenas Sectoriales	90
3.2.2.1.1.2.2	CPE (Equipo Local del Cliente)	91
3.2.2.1.1.2.3	Enrutador Inalámbrico.....	91
3.2.2.1.1.3	Cálculo del área de cobertura y cantidad de EBs requeridas	92
3.2.2.1.1.3.1	Cantidad de EB Requeridas	93
3.2.2.1.1.4	Elección de los Equipos Requeridos.....	96
3.2.2.1.1.4.1	Características del RouterOS como Wireless.....	98
3.2.2.1.1.4.2	Elección del Estándar IEEE 802.11	99
3.2.2.1.1.4.2.1	IEEE 802.11 ac.....	101
3.2.2.1.1.4.3	Especificaciones Técnicas del AP	103
3.2.2.1.1.4.3.1	Configuración básica del AP.....	105
3.2.2.1.1.4.4	Especificaciones Técnicas de las Antenas	106
3.2.2.1.1.4.5	Especificaciones Técnicas del CPE.....	110
3.2.2.1.1.4.5.1	Configuración básica de una estación.....	111
3.2.2.1.1.5	Diagrama de la red de Acceso	112
3.2.2.1.1.6	Simulación de la Red de Acceso con Radio Mobile.....	113
3.2.2.2	Red de Distribución	118
3.2.2.2.1	Diseño de la Red de Distribución	118
3.2.2.2.1.1	Redes Punto a Punto (PtP).....	119
3.2.2.2.1.2	Componentes de la Red de Distribución.....	119
3.2.2.2.1.3	Cálculo de los enlaces Punto a Punto.....	120
3.2.2.2.1.3.1	Comportamiento de las ondas de radio	120
3.2.2.2.1.3.1.1	Absorción.....	120
3.2.2.2.1.3.1.2	Reflexión.....	121
3.2.2.2.1.3.1.3	Difracción.....	121
3.2.2.2.1.3.1.4	Interferencia.....	122
3.2.2.2.1.3.1.5	Línea visual	123
3.2.2.2.1.3.1.5.1	Zona de Fresnel	123

3.2.2.2.1.3.1.6 Potencia.....	124
3.2.2.2.1.3.1.6.1 Cálculo en dB	124
3.2.2.2.1.3.2 Cálculo del enlace punto a punto Nodo	
Principal-EB1	125
3.2.2.2.1.3.2.1 Calculo de la Distancia y los Ángulos de	
Vista de las Antenas.....	125
3.2.2.2.1.3.2.1.1 Calculo de la Distancia del Enlace	125
3.2.2.2.1.3.2.1.2 Calculo de la los ángulos de Elevación	
y Azimut	126
3.2.2.2.1.3.2.2 Calculo del presupuesto de Potencia	128
3.2.2.2.1.3.2.3 Análisis de la primera Zona de Fresnel	132
3.2.2.2.1.3.2.4 Simulación del Enlace en Radio Mobile	133
3.2.2.2.1.3.3 Cálculo de los enlace Nodo Principal-EB2.....	135
3.2.2.2.1.3.3.1 Calculo de la Distancia y los Ángulos de	
Vista de las Antenas.....	136
3.2.2.2.1.3.3.1.1 Calculo de la Distancia del Enlace	136
3.2.2.2.1.3.3.1.2 Calculo de la los ángulos de Elevación	
y Azimut	137
3.2.2.2.1.3.3.2 Calculo del presupuesto de Potencia	138
3.2.2.2.1.3.3.3 Análisis de la primera Zona de Fresnel	139
3.2.2.2.1.3.3.4 Simulación del Enlace en Radio Mobile	140
3.2.2.2.1.4 Especificaciones Técnicas de los Equipos	
seleccionados	141
3.2.2.2.1.4.1 Antenas Directivas	141
3.2.2.2.1.4.2 Especificaciones técnicas de los equipos	
seleccionados.....	142
3.2.2.3 Red de Core	143
3.2.2.3.1 Firewall.....	143
3.2.2.3.2 Router de borde	146
3.2.2.3.3 Administrador de Ancho de Banda, QoS.....	148
3.2.2.3.4 DHCP Server.....	150
3.1.3.4 Red de gestión	152

3.1.3.4 Diagrama de la Red del WISP	153
3.2.3 Seguridad Wi-Fi	154
3.2.3.1 Tipos de Ataques.....	154
3.2.3.2 Mecanismos de Seguridad	154
3.2.3.2.2 Protocolos de Encriptación.....	155
3.2.3.2.2.1 Wired Equivalent Privacy (WEP).....	155
3.2.3.2.2.2 Acceso Protegido Wi-Fi (WPA)	156
3.2.3.2.2.3 WPA2.....	157
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD	
FINANCIERO DEL PROYECTO	158
4.1 Tasa De Descuento	158
4.1.1 Costo Medio Ponderado de Capital (CMCP)	158
4.2 Flujo de Fondos Neto para el inversionista.....	160
4.2.1 Elementos del Flujo de Fondos	160
4.2.1.1 Proyección de Costos.....	160
4.2.1.1.1 Proyección de Costos de Inversión	161
4.2.1.1.1.1 Calculo del Rendimiento de la Red.....	166
4.2.1.1.1.2 Mensualización de los Costos de Inversión	167
4.2.1.1.1.2 Proyección de Costos de Operación	170
4.2.1.1.2 Proyección de Ingresos	171
4.3 Indicadores de Rentabilidad	173
4.3.1 Valor Actual Neto (VAN)	173
4.3.2 Tasa interna de retorno (TIR)	174
4.3.3 Relación Costo – Beneficio (RCB).....	175
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y	
RECOMENDACIONES	176
5.1Conclusiones	176
5.2Recomendaciones	177
REFERENCIAS	177
ANEXOS	184

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PARROQUIA VELOZ-RIOBAMBA	4
FIGURA 2. MODELO CLIENTE-SERVIDOR	8
FIGURA 3. JERARQUÍA DE INTERNET	9
FIGURA 4. MODELO TCP/IP EN CAPAS	13
FIGURA 5. FORMATO DE LA CABECERA IPv4.....	18
FIGURA 6. FORMATO DE DIRECCIONES IPv4.....	18
FIGURA 7. FORMATO DE LA CABECERA IPv6.....	20
FIGURA 8. FORMATO DE DIRECCIONES IPv6.....	20
FIGURA 9. PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO DINÁMICO.....	21
FIGURA 10. CABLE DE PAR TRENZADO	23
FIGURA 11. CONECTOR RJ-45	24
FIGURA 12. CABLE COAXIAL	25
FIGURA 13. FIBRA ÓPTICA.....	26
FIGURA 14. TIPOS DE REDES INALÁMBRICAS.....	27
FIGURA 15. WI-FI CERTIFIED™	30
FIGURA 16. CAPAS DEL MODELO OSI EN LAS QUE OPERA 802.11	30
FIGURA 17. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO-RANGO DE FRECUENCIAS WiFi.....	31
FIGURA 18. CANALES DE FRECUENCIA BANDA ISM 2,4 [GHz],	33
FIGURA 19. TOPOLOGÍA IBSS.	35
FIGURA 20. TOPOLOGÍA BSS	35
FIGURA 21. TOPOLOGÍA ESS.	36
FIGURA 22. TOPOLOGÍA TIPO MALLA.	37
FIGURA 23. LI-FI.....	44
FIGURA 24. SISTEMA DE COMUNICACIÓN DIGITAL.....	45
FIGURA 25. MODULACIÓN DE DESPLAZAMIENTO ASK.....	46
FIGURA 26. SEÑAL MODULADA POR TONO FSK.	46
FIGURA 27. MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FASE PSK,	47
FIGURA 28. INTERFERENCIA ENTRE SÍMBOLOS.	49
FIGURA 29. MIMO (2x2).....	49
FIGURA 30. MULTIPLICACIÓN MU-MIMO.....	50
FIGURA 31. MAPA POLÍTICO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO	51
FIGURA 32. POBLACIÓN TOTAL Y TASA DE CRECIMIENTO EN RIOBAMBA	52
FIGURA 33. PIRÁMIDE DE POBLACIÓN POR GRUPOS DE EDAD.....	53
FIGURA 34. VARIABLES DEL NIVEL SOCIOECONÓMICO	55
FIGURA 35. NIVEL SOCIOECONÓMICO DEL ECUADOR	55
FIGURA 36. MAPA CATASTRAL DE LA PARROQUIA VELOZ	56
FIGURA 37. NÚMERO DE ISP'S EN EL ECUADOR	58
FIGURA 38. PARTICIPACIÓN DE MERCADO DE INTERNET EN ECUADOR	58
FIGURA 39. PORCENTAJE DE ISP'S POR PROVINCIA	59
FIGURA 40. USUARIOS DE INTERNET FIJO POR PROVINCIA A SEPTIEMBRE 2015.....	62
FIGURA 41. RANGO DE EDADES DE LAS PERSONAS ENCUESTADAS.....	66

FIGURA 42. SEXO DE LAS PERSONAS ENCUESTADAS	67
FIGURA 43. DISTRIBUCIÓN DE PERSONAS QUE CUENTAN CON EL SERVICIO DE INTERNET	68
FIGURA 44. PARTICIPACIÓN DEL MERCADO DE INTERNET EN LA PARROQUIA VELOZ	69
FIGURA 45. MEDIOS DE TRANSMISIÓN QUE UTILIZAN LOS ISP'S	70
FIGURA 46. GRADO DE SATISFACCIÓN.....	71
FIGURA 47. VELOCIDADES CONTRATADAS.....	72
FIGURA 48. USUARIOS POR HOGAR	73
FIGURA 49. NÚMERO DE DISPOSITIVOS POR HOGAR	74
FIGURA 50. NIVEL DE USO DE INTERNET	75
FIGURA 51. NIVEL DE USO DE INTERNET	76
FIGURA 52. NÚMERO DE CUENTAS DEDICADAS EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO	79
FIGURA 53. PROYECCIÓN TRIMESTRAL DE CLIENTES RESIDENCIALES EN UN PERIODO ...	81
FIGURA 54. LONGITUD DE ONDA, AMPLITUD Y FRECUENCIA	83
FIGURA 55. CAMPO ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO DE UNA ONDA ELECTROMAGNÉTICA	84
FIGURA 56. DISEÑO JERÁRQUICO DE LA RED	85
FIGURA 57. COMPONENTES DE UNA RED DE ACCESO	87
FIGURA 58. ESTACIÓN BASE.....	88
FIGURA 59. TIPOS DE ANTENAS SEGÚN EL PATRÓN DE RADIACIÓN	89
FIGURA 60. PATRONES DE RADIACIÓN.....	89
FIGURA 61. ANTENA OMNIDIRECCIONAL	90
FIGURA 62. ANTENA SECTORIAL	90
FIGURA 63. CPE	91
FIGURA 64. ROUTER INALÁMBRICO.....	91
FIGURA 65. PANORÁMICA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA	92
FIGURA 66. ÁREA DE LA PARROQUIA VELOZ.....	93
FIGURA 67. COBERTURA DE UNA ESTACIÓN BASE EN UNA ZONA URBANA.....	94
FIGURA 68. COBERTURA DE LAS TRES ESTACIONES BASE.....	95
FIGURA 69. DESCARGA WINBOX	98
FIGURA 70. SOLUCIONES A LA MEDIDA Y SOLUCIONES INTEGRADAS DE MIKROTIK.....	99
FIGURA 71. ESTÁNDARES WI-FI.....	100
FIGURA 72. CANALES EN 802.11	102
FIGURA 73. CONFIGURACIÓN BÁSICA DE UN ACCESS POINT	105
FIGURA 74. TIPOS DE ANTENAS SECTORIALES	106
FIGURA 75. LÓBULO DE RADIACIÓN ANTENAS BLINDADAS Y ANTENAS ESTÁNDAR	107
FIGURA 76. LÓBULO DE RADIACIÓN DE ANTENAS BLINDADAS Y ANTENAS ESTÁNDAR	108
FIGURA 77. TORRE VENTEADA.....	109
FIGURA 78. DISTANCIA MÍNIMA ENTRE ANTENAS SECTORIALES.....	110
FIGURA 79. CONFIGURACIÓN BÁSICA DE UN RADIO EN MODO STATION O CPE	112
FIGURA 80. CONFIGURACIÓN BÁSICA DE UNA ESTACIÓN O CPE	112
FIGURA 81. SIMULACIÓN ENLACE NP-CP1	113
FIGURA 82. UBICACIÓN FÍSICA DEL NODO PRINCIPAL.....	114

FIGURA 83. GRÁFICA DE COBERTURA DEL NODO PRINCIPAL	114
FIGURA 84. SIMULACIÓN ENLACE EB1-CPE	115
FIGURA 85. UBICACIÓN FÍSICA DE LA EB1	115
FIGURA 86. GRÁFICA DE COBERTURA DE LA EB1	116
FIGURA 87. SIMULACIÓN ENLACE EB2-CP2.....	116
FIGURA 88. UBICACIÓN FÍSICA DE LA EB2	117
FIGURA 89. GRÁFICA DE COBERTURA DE LA EB2	117
FIGURA 90. BACKHAUL INALÁMBRICO	118
FIGURA 91. ENLACE PUNTO A PUNTO.....	119
FIGURA 92. REFLEXIÓN DE ONDAS DE RADIO	121
FIGURA 93. DIFRACCIÓN DE ONDAS DE RADIO EN LA CIMA DE UNA MONTAÑA	122
FIGURA 94. INTERFERENCIA CONSTRUCTIVA Y DESTRUCTIVA	122
FIGURA 95. ZONA DE FRESNEL.....	123
FIGURA 96. ESQUEMA DEL ENLACE NODO PRINCIPAL-EB1	125
FIGURA 97. ÁNGULO DE AZIMUT REFERIDO A LA DIRECCIÓN NORTE (0°) Y SUR (180°) .	127
FIGURA 98. POTENCIA [dBm] EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA PARA UN RADIO ENLACE ...	129
FIGURA 99. POTENCIA RADIADA ISOTRÓPICA EFECTIVA	130
FIGURA 100. PERFIL DEL ENLACE NP-EB1.....	132
FIGURA 101. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL ENLACE EN RADIO MOBILE	134
FIGURA 102. UBICACIÓN FÍSICA DEL ENLACE	135
FIGURA 103. ESQUEMA DEL ENLACE NODO PRINCIPAL-EB2.....	135
FIGURA 104. PERFIL DEL ENLACE NP-EB2.....	139
FIGURA 105. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL ENLACE EN RADIO MOBILE	140
FIGURA 106. UBICACIÓN FÍSICA DEL ENLACE	141
FIGURA 107. ANTENA OMNIDIRECCIONAL.....	142
FIGURA 108. ANTENAS UBIQUITI PARA ENLACES PTP.	142
FIGURA 109. FUNCIONAMIENTO DEL FIREWALL.....	144
FIGURA 110. CADENAS DE FILTRADO	145
FIGURA 111. ACCIONES DEL FIREWALL.....	145
FIGURA 112. RUTEO ESTÁTICO EN ROUTEROS.....	148
FIGURA 113. CREACIÓN DE UNA COLA SIMPLE	150
FIGURA 114. RUTEO ESTÁTICO EN ROUTEROS.....	151
FIGURA 115. RUTEO ESTÁTICO EN ROUTEROS.....	152
FIGURA 116. DIAGRAMA DE LA RED GLOBAL	153
FIGURA 117. TIPOS DE ATAQUES EN REDES WIFI	154
FIGURA 118. FILTRADO POR MAC ADDRESS EN ROUTEROS	155
FIGURA 119. CONFIGURACIÓN DE CIFRADO WPA Y WPA2	156
FIGURA 120. DIAGRAMA DE FLUJO DE FONDOS NETO.....	160
FIGURA 121. COSTO VS. CAPACIDAD.....	170

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. MODELO TCP/IP	13
TABLA 2. DOMINIOS DE NIVEL SUPERIOR	15
TABLA 3. DOMINIOS TERRITORIALES.....	16
TABLA 4. TABLA DE CLASES DE REDES IP.	19
TABLA 5. TABLA DE DIRECCIONES IP PRIVADAS.	19
TABLA 6. COMPARATIVO ENTRE CABLES DE CATEGORÍAS 5E, 6, 6A	24
TABLA 7. ESTÁNDARES DE TECNOLOGÍA INALÁMBRICA.....	29
TABLA 8. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE WI-FI	32
TABLA 9. LA BANDA DE 5 [GHZ] UNII	34
TABLA 10. FRECUENCIAS LIBRES ICM ECUADOR.....	38
TABLA 11. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA.....	39
TABLA 12. COMPARATIVO WI-FI VS. WIMAX.....	41
TABLA 13. COMPARACIÓN DE TASAS DE BITS Y BAUDIOS.....	48
TABLA 14. ESTRATOS DEL NIVEL SOCIOECONÓMICO.....	54
TABLA 15. BARRIOS DE LA PARROQUIA VELOZ.....	57
TABLA 16. PRINCIPALES PROVEEDORES DE INTERNET EN CHIMBORAZO Y RIOBAMBA ...	60
TABLA 17. SERVICIOS QUE OFRECEN LOS ISPs EN RIOBAMBA	61
TABLA 18. COMPARATIVA DE VELOCIDADES, TARIFAS Y TECNOLOGÍAS DE ISPs EN RIOBAMBA	61
TABLA 19. DENSIDAD DE INTERNET (USUARIOS).....	62
TABLA 20. SEGMENTACIÓN DEMOGRÁFICA DE LOS HABITANTES DE LA PARROQUIA VELOZ.....	63
TABLA 21. POBLACIÓN POR NIVEL SOCIO ECONÓMICO DE LA PARROQUIA VELOZ	63
TABLA 22. RANGO DE EDADES DE LAS PERSONAS ENCUESTADAS	65
TABLA 23. SEXO DE LAS PERSONAS ENCUESTADAS.....	66
TABLA 24. DISTRIBUCIÓN DE PERSONAS QUE CUENTAN CON EL SERVICIO DE INTERNET	67
TABLA 25. DISTRIBUCIÓN DE PERSONAS QUE CUENTAN CON EL SERVICIO DE INTERNET	68

TABLA 26. MEDIOS DE TRANSMISIÓN QUE UTILIZAN LOS ISP'S.....	69
TABLA 27. GRADO DE SATISFACCIÓN USUARIOS	70
TABLA 28. VELOCIDADES CONTRATADAS	71
TABLA 29. USUARIOS POR HOGAR	72
TABLA 30. NÚMERO DE DISPOSITIVOS POR HOGAR.....	73
TABLA 31. NIVEL DE USO DE INTERNET.....	74
TABLA 32. SERVICIOS DE INTERNET QUE UTILIZAN MÁS.....	75
TABLA 33. PROYECCIÓN DEL NÚMERO DE CLIENTES RESIDENCIALES.....	77
TABLA 34. NÚMERO DE CUENTAS DEDICADAS DE INTERNET EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, SEP-2013 A MAR-2015	78
TABLA 35. PROYECCIÓN TRIMESTRAL DE CLIENTES RESIDENCIALES EN UN PERIODO DE 3 AÑOS	80
TABLA 36. CAPACIDAD EN [MBPS] PARA CADA GRUPO DE USUARIOS RESIDENCIALES ...	82
TABLA 37. VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN POR SEGMENTOS ESPACIALES	86
TABLA 38. COORDENADAS DEL NODO PRINCIPAL Y DE LAS ESTACIONES BASE.....	95
TABLA 39. ESTÁNDARES 802.11	100
TABLA 40. COMPARATIVO ENTRE EL ESTÁNDAR N Y AC.....	103
TABLA 43. COMPARATIVO ENTRE EL ESTÁNDAR N Y AC	111
TABLA 44. RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL ENLACE	133
TABLA 45. RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL ENLACE	140
TABLA 47. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ROUTER DE BORDE	147
TABLA 48. PROTOCOLOS DE CIFRADO EMPLEADOS EN REDES WI-FI	157
TABLA 49. TASA DE DESCUENTO DE PROYECTOS DE TELECOMUNICACIONES.....	159
TABLA 50. COSTOS GLOBALES CAPEX.....	161
TABLA 51. COSTOS GLOBALES EVENTUALES	162
TABLA 52. COSTOS GLOBALES RECURRENTE.....	163
TABLA 53. COSTOS PARCIALES CAPEX.....	163
TABLA 54. COSTOS PARCIALES RECURRENTE.....	164
TABLA 55. COSTOS PARCIALES EVENTUALES.....	164
TABLA 56. COSTOS TERMINALES CAPEX.....	164
TABLA 57. COSTOS TERMINALES EVENTUALES.....	165
TABLA 58. COSTOS TERMINALES RECURRENTE.....	165

TABLA 59. RESUMEN DE COSTOS NO MENSUALIZADO (GLOBALES/PARCIALES/TERMINALES)	166
TABLA 60. ANÁLISIS DE CAPACIDAD	166
TABLA 61. CAPACIDAD DE PUERTOS SEGÚN EL PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN	166
TABLA 62. CRITERIO DE MENSUALIZACIÓN.....	167
TABLA 63. RESUMEN DE COSTOS MENSUALIZADOS	168
TABLA 64. COSTOS GLOBALES (MENSUALIZADOS/CAPACIDAD)	168
TABLA 65. COSTOS PARCIALES (MENSUALIZADOS/CAPACIDAD/NÚMERO DE PUERTOS).....	168
TABLA 66. COSTOS TERMINALES (MENSUALIZADOS).....	168
TABLA 67. COSTO/MES/PUERTO=(GLOBAL+PARCIAL+TERMINAL).....	169
TABLA 68. COSTOS DE OPERACIÓN.....	170
TABLA 69. EGRESOS AÑO 0, 1, 2 Y 3	171
TABLA 70. COSTO/MES POR NÚMERO DE PUERTOS REALES	171
TABLA 71. COSTO/MES, COSTO/AÑO Y PVP AL 50% DE CARGA.....	172
TABLA 72. INGRESOS AÑO 1, 2 Y 3	172
TABLA 73. FLUJO DE CAJA PROYECTADO A 3 AÑOS	173
TABLA 74. CÁLCULO DEL VAN	174
TABLA 75. CÁLCULO DEL TIR.....	174
TABLA 76. CÁLCULO DEL RCB.....	175
TABLA 77. MATRIZ FODA	175

INTRODUCCIÓN

Descripción de la realidad problemática

El origen de Internet se dio en los años 70, con los primeros experimentos sobre sistemas de comunicación entre computadoras, inicialmente con fines militares. A esta primera red se la llamó ARPANET, ya desde sus inicios fue concebido con una red global para intercambiar información y contenidos digitales sin limitaciones de tiempo ni distancia, durante los últimos años internet ha crecido y evolucionado de forma exponencial a nivel mundial.

Luego de más de 40 años, Internet ha alcanzado más de 2,4 billones de usuarios a nivel mundial, un consumo de 28,06 [TB/seg]. En la actualidad, ya no solo se habla de Web 2.0, sino también de la Web 3.0 y hasta de la Web 4.0 que añadiría tecnologías como Inteligencia artificial.

Existe una gran tendencia en el uso de las redes sociales, con IPv6 y el Internet de las cosas, se espera en el 2020 tener alrededor de 5 billones de usuarios conectados a la nube de Internet.

En nuestro país al 2007 se tenía 276.714 conexiones, al 2015 la ARCOTEL registra 1'374.921 conexiones a Internet, el incremento sería de 5 veces en 8 años, el acceso a Internet en las zona urbana ha variado de 16.7% al 37% entre el 2010 y 2013 y en la zona rural de 1,3% al 9,1%. Pese a los esfuerzos de masificar el internet de banda ancha en el Ecuador, se puede observar en los datos del INEC del uso de las TICs del 2013, que solamente el 40,4% de la población de Ecuador ha utilizado Internet en los últimos 12 meses. Lo que hace notar, que todavía existe un gran porcentaje de la población al que se debe atender con este servicio. (INEC, 2013, p.14)

Un Proveedor de Servicios de Internet (ISP) que encuentra problemas al desplegar redes de fibra óptica principalmente en zonas donde resulta difícil y costosa la instalación de esta tecnología, se puede tener como alternativa las

tecnologías inalámbricas en banda libre como Wi-Fi, ya que esta infraestructura se puede desplegar de forma más fácil; manteniendo los estándares técnicos y permitiendo ofrecer tarifas accesibles, porque no necesita grandes inversiones de dinero.

Formulación del problema

Uno de los medios de transmisión que garantiza que no es susceptible a las interferencias eléctricas y que tiene capacidad de transmitir grandes caudales de información a una alta tasa de transmisión, es la fibra óptica. El inconveniente se presenta en la instalación, reparación y mantenimiento de este medio de transmisión por su complejidad, así también resulta más costos por la electrónica necesaria para convertir las señales eléctricas a ópticas, debido al momento la mayoría de dispositivos tienen interfaces eléctricos.

Con estas consideraciones como alternativa se tienen la construcción de redes bajo el estándar 802.11, que siguiendo los procedimientos técnicos adecuados y siguiendo las mejores prácticas de configuración de las políticas de seguridad establecidas, se puede tener una buena solución de banda ancha robusta, escalable, flexible, con simplicidad de instalación y configuración.

Prognosis

Si no se realizara este proyecto de titulación no se tendría información sobre las consideraciones de diseño de redes Wi-Fi, que un proveedor de Internet inalámbrico debe conocer para ofrecer un servicio de calidad, siguiendo procedimientos y normas de Ingeniería.

Además los estudiantes de Ingeniería de la UDLA no contarían con un documento donde encuentre información del diseño técnico y evaluación financiera para la implementación de este tipo de redes.

Objetivo General

Diseñar una red inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.11, sobre la cual un proveedor de servicios de Internet pueda operar con cobertura en la parroquia Veloz la ciudad de Riobamba.

Objetivos Específicos

- ✓ Realizar un análisis de la situación actual del acceso a internet en la ciudad
- ✓ Obtener la información necesaria que permita conocer el número de habitantes, el área a cubrir, la densidad poblacional y los requerimientos de los usuarios que consumen el contenido y los servicio de Internet
- ✓ Realizar la proyección de clientes y calcular el ancho de banda que consumirían estos usuarios.
- ✓ Diseñar la infraestructura de red, para que un ISP inalámbrico pueda comercializar sus servicios de acceso y conexión a Internet a clientes residenciales y corporativos.
- ✓ Realizar el análisis costo beneficio de este proyecto.

Justificación de la investigación

El acceso a internet nos permite consumir y producir información globalizada, obtener medios educativos y culturales, comercio electrónico, recursos digitales de todo tipo, material para entretenimiento y redes sociales.

Por otro lado, como ya se ha mencionado en este documento, nos damos cuenta que, al momento, las inversiones realizadas en este tipo de infraestructura siguen sin lograr abastecer la demanda de Internet en el Ecuador, una de las razones son los altos costos de operación que tienen los portadores y proveedores de Internet en el país, que de cierta manera impide el extender la cobertura a ciertas localidades de país y también les impide planes de Internet con tarifas accesibles.

Por estas razones es importante impulsar que los ISPs inviertan en el crecimiento de sus redes de datos, para incrementar el porcentaje de abonados con acceso Internet en la ciudad de Riobamba y en definitiva en todo el país.

Las nuevas tecnologías de transmisión inalámbrica como Wi-Fi, permiten la implementación de redes de banda ancha e incrementar la cobertura de la red del operador, con beneficios de movilidad y desplazamiento.

Limitaciones del Estudio

Este trabajo está orientado al análisis situacional del acceso a Internet en Riobamba, el diseño de una red Wi-Fi en la banda de 5 [GHz], la cual debe cumplir con los lineamientos técnicos necesarios para proveer de Internet al sector residencial de la parroquia Veloz de esta ciudad que tiene aproximadamente más de 19000 habitantes y al final de este estudio se realiza un análisis costo beneficio de la solución propuesta. El área a cubrir se muestra en la figura 1.

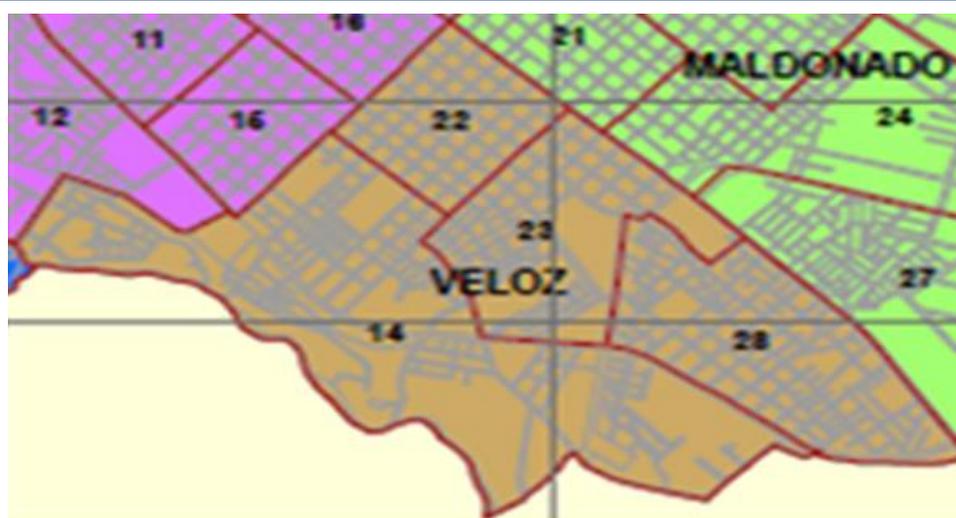


Figura 1. Parroquia Veloz-Riobamba

Tomado de INEC, 2001.

Viabilidad del proyecto

Este proyecto es viable porque existen varias fuentes de consulta donde se puede encontrar información respecto a la tecnología objeto de estudio. Así también, se puede contar con el recurso humano y económico para culminar con este trabajo dentro del tiempo establecido por la Universidad.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizaran los siguientes métodos: el **Método Científico**, para entender el conjunto de procedimientos lógicos que se debe seguir para elaborar este trabajo de investigación, el **Método Inductivo** para investigar las diferentes tecnologías inalámbricas, principalmente la característica de la tecnología Wi-Fi y la arquitectura de un proveedor de Internet inalámbrico, el **Método de Observación** para obtener información de la densidad de población, el crecimiento estimado del número de habitantes, el área de cobertura y los requerimientos de los usuarios, la **Metodología Exploratoria** para dimensionar el tráfico que cruzará por la red propuesta y el **Método de Análisis** que nos permitirá realizar el análisis costo-beneficio.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la investigación

1.1.1 Internet

El Internet consiste en una gran red de computadoras formada por redes independientes alrededor del mundo, interconectadas entre sí mediante un conjunto de reglas que determinan cómo funciona esta comunicación. Internet es un medio de propagación de la información y de colaboración e interacción entre los individuos y sus máquinas, independiente de donde se encuentren localizados.

Transfer Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) es un conjunto de protocolos estandarizados que controlan la transferencia de información entre los dispositivos conectados a la red. TCP/IP se considera como el motor de Internet.

El backbone principal de Internet está formado por varias conexiones troncales, que están unidos a los puntos de acceso de cada país, que se le conoce como NAP y que sirven para intercambiar tráfico entre portadores y ISPs.

Internet se ha desarrollado de forma exponencial que en la actualidad es prácticamente imposible determinar el número de sitios Web que existen. En la actualidad ya no solo es una red militar o de investigación como fue concebida, sino que hoy por hoy se la utiliza para consumir y producir información globalizada.

1.1.2 Reseña Histórica

La historia de Internet surge con la idea de una red interconectada globalmente para intercambiar información, independiente de los dispositivos que se utilicen. La infraestructura de Internet ha ido creciendo hasta

expenderse por todo el mundo, hasta convertirse en la moderna red que hoy conocemos.

En Ecuador, en 1999, EcuaneX es la primera institución en proveer el acceso a Internet en el país con fines académicos, a través de la implementación del primer nodo por Intercom.

Un año más tarde la empresa EcuNet implementaría el segundo nodo que terminarían utilizándolo con fines comerciales, siendo los primeros consumidores las universidades, algunas empresas públicas y ciertas entidades bancarias. El primer enlace satelital entre Guayaquil y Miami que tuvo esta empresa fue de 64 [Kbps].

En los años noventa, el uso de Internet en el Ecuador comenzó a incrementarse con la aparición de exploradores gráficos como y el correo electrónico empezó a ser el sustituto del fax.

En el 2001 Andinatel y Pacifictel instalaron los primeros anillos de fibra óptica entre Quito Y Guayaquil para conectarse al cable Panamericano y dejar de usar enlaces satelitales. En el 2007 nuestro país se conectó al Sistema Submarino de Fibra óptica con una capacidad de 960 Gigabyte por segundo. Entre el 2011 y 2012, 23 provincias se conectan a Internet a través de redes de fibra óptica permitiendo que al presente la penetración de Internet llegue al 54.58%.

1.1.3 Funcionamiento del Internet

Internet es un sistema universal de comunicaciones que se adapta a la diversidad de los dispositivos, a todo tipo de extensión de redes (locales, metropolitanas y extendidas) y a las diferentes tecnologías como OTN, SDH, MPLS, Ethernet, red telefónica, entre otras. Permitiendo el envío y recepción de los datos de forma transparente.

Internet responde a una arquitectura cliente – servidor.

- **Clientes.**- Solicitan el servicio, generalmente los clientes inician la comunicación con el servidor.
- **Servidores.**- Son los proveedores de los servicios, una vez que reciben la petición del cliente resuelven y devuelven un resultado.



Figura 2. Modelo Cliente-Servidor

Adaptado de Barceló, Marqués y Perramon, 2008, p. 51.

En la red para identificar a los equipos se utiliza un identificador numérico que se conocido como dirección IP, con el objetivo de tener la posibilidad de utilizar nombres más fáciles de recordar que las direcciones numéricas nace el servicio de nombres de Internet o DNS.

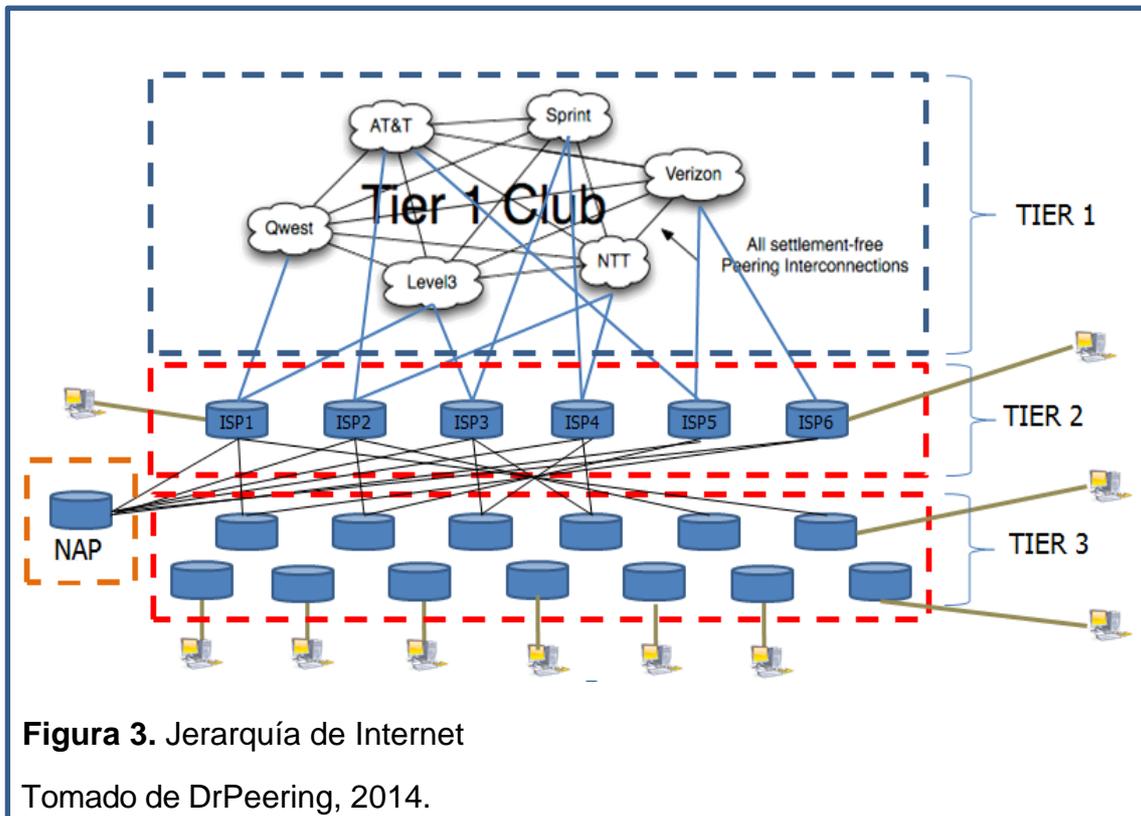
1.2 Bases teóricas

1.2.1 Proveedor de Servicios de Internet ISP

Un proveedor de servicios de Internet (ISP), se encarga de conectar a los usuarios finales y ofrecer acceso a los diferentes contenidos y aplicaciones de Internet a través de los diferentes medios de transmisión. En el Ecuador y el mundo este servicio se ha considera como una necesidad básica, cada vez es mayor la proliferación de terminales móviles y el desarrollo de aplicaciones para estos equipos, la diversidad de contenido, como redes sociales, video conferencia, streaming de audio y video, que cada vez demandan de un mayor ancho de banda. Es por este motivo que un ISP debe estar en la capacidad de adaptarse a las exigencias de sus clientes.

1.2.1.1 Estructura Jerárquica de los ISP

Dentro de la nube de Internet a los ISPs se le identifica de manera jerárquica en capas o niveles como se muestra en la figura 3.



1.2.1.1.1 ISP de nivel 1 (Tier 1)

Un Tier 1 Club está en el nivel superior de la jerarquía, tiene acceso a toda la tabla de enrutamiento de Internet únicamente a través de relaciones de interconexión mediante peering gratuitos. Los Tier 1 son conocidos también como troncales de Internet.

1.2.1.1.2 ISP de nivel 2 (Tier 2)

Un Tier 2 generalmente cubre un país o una región, un ISP de nivel 2 necesita enrutar su tráfico a través de los ISP de nivel 1. Un ISP de nivel 2 puede salir a Internet a través de otro Tier 2 que esté conectado a un Tier 1.

1.2.1.1.3 ISP de nivel 3 (Tier 3)

Un Tier 3 o ISP de acceso atienden mercados minoristas o clientes finales. Su cobertura se limita a un país específico o subregiones, como una provincia o región de un país.

Las desventajas de nivel 2 y nivel 3 ISP son el número de saltos de router necesarios para llegar a la Internet y el exceso de suscripción de ese ancho de banda.

1.2.1.2 NAP (Punto de Acceso a la Red)

El NAP es un punto de intercambio de tráfico o peering local, con el cual se logra que un determinado país utilice solamente canales locales o nacionales optimizando la red y reduciendo los costos por el uso de enlaces internacionales.

1.2.1.3 WISP

Dentro de los ISPs de nivel 3, existen proveedores de Internet que no tienen cobertura nacional, sino que más bien operan en una determinada localidad o provincia y construyen sus redes utilizando tecnologías inalámbricas, aprovechando las ventajas de instalación, configuración y bajo costo de despliegue. A estas organizaciones se les denomina Proveedores de Servicio de Internet Inalámbrico o WISPs.

1.2.1.4 Características técnicas que debe cumplir un ISP

Un ISP debe cumplir los siguientes parámetros, para ofrecer un servicio de calidad, con un acuerdo de nivel de servicio alto, permitiendo de esta manera, estar al nivel de las exigencias de los usuarios:

1. **Arquitectura y desempeño del servicio.-** El desempeño del servicio de Internet depende en gran manera de la arquitectura de la red del operador que lo suministra. El mejor desempeño se logra en la medida que el operador esté en la capacidad para usar multiplicidad de rutas más cortas y directas para entregar el contenido de Internet y desde las ubicaciones más cercanas en las que esté disponible. Con el objetivo de tener una mayor disponibilidad.
2. **Robustez de la Infraestructura.-** la infraestructura debe ser robusta y confiable con gran capacidad de procesamiento y velocidad de conmutación; con redundancia a nivel físico y lógico tanto a nivel nacional.
3. **Escalabilidad y Flexibilidad.-** La red del ISP debe ser capaz de crecer de acuerdo a la demanda de tráfico y debe brindar facilidades para incorporar nuevos servicios.
4. **Atención Preventa y Posventa.-** El ISP debe contar con una excelente atención y asesoría antes y después de la contratación. Los tiempos de respuesta ante incidentes o fallas y la experiencia de los ingenieros de soporte son indispensables.
5. **Perspectivas de Innovación y Desarrollo.-** Internet está en constante evolución, por lo que resulta imposible prever todos los cambios tecnológicos que llegaran, incluso a corto plazo, por lo tanto las empresas que presten este servicio deben tener vocación de investigación, desarrollo e innovación para asegurar un servicio actualizado.

1.2.1.5 Protocolos usados en Internet

En un entorno de redes, una computadora procesa información por medio de dígitos binarios. Un dígito binario (bit), puede ser un “0” o un “1”. Una señal activa es un “1” digital y una señal inactiva es un “0”. Los computadores concentran los bits en grupos de ocho, llamados bytes. Los bits y los bytes son los elementos con que se construye la información en la Internet. Cada

archivo, correo electrónico, video clip, fotografía, etc., que se desea transmitir se divide en paquetes que contienen bytes de información.

Los protocolos son reglas especiales que especifican como se va a dar la comunicación entre los dispositivos que conforman una red. Cada protocolo cumple una función específica.

1.2.1.5.1 Modelo TCP/IP

TCP/IP se ha impuesto tecnológicamente debido a las siguientes ventajas:

- Es considerado el protocolo estándar de encaminamiento de red más completo y disponible. Todos los sistemas operativos modernos son compatibles con TCP/IP y la mayoría de las grandes redes se basan en él su funcionamiento.
- Aporta una tecnología que conecta sistemas de arquitecturas diferentes, existen varios estándares de conectividad de sistemas heterogéneos basados en TCP/IP como Telnet, FTP, etc.
- Proporciona un marco de trabajo cliente-servidor multiplataforma y escalable.

1.2.1.5.1.1 Arquitectura del protocolo TCP/IP

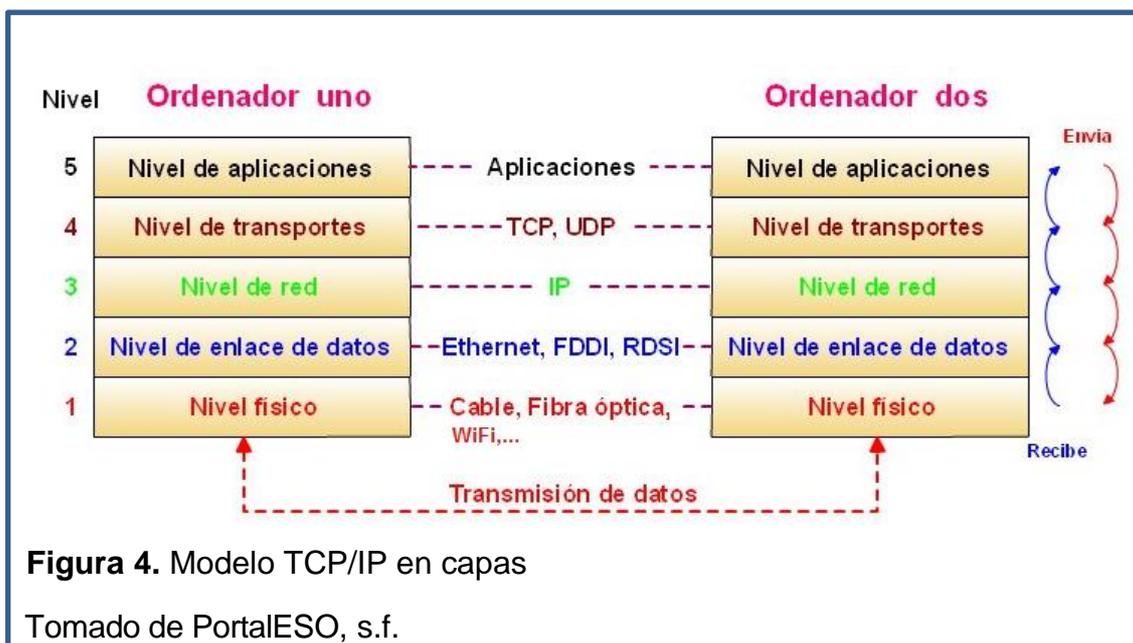
Para entender la comunicación en las Redes se presentó el modelo OSI de 7 capas, el modelo TCP/IP combina las capas 5, 6 y 7 del modelo OSI en una única capa, como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1. Modelo TCP/IP

Número de Capa OSI	Equivalente de capa OSI	Capa TCP/IP	Ejemplos de protocolos TCP/IP
5,6,7	Aplicación, Sesión, presentación	Aplicación	NFS, NIS, DNS, LDAP, telnet, ftp, rlogin, rsh, rcp, RIP, RDISC, SNMP y otros.
4	Transporte	Transporte	TCP, UDP, SCTP
3	Red	Internet	IPv4, IPv6, ARP, ICMP
2	Datos	Enlace de datos	LCC, MAC
1	Física	Red física	Ethernet (IEEE 802.3), Token Ring, RS-232, FDDI, entre otros.

Adaptado de Oracle, 2010.

Cada nivel o capa cumple una determinada función dentro del proceso de la comunicación, ver Fig. 3.



Las capas de este modelo son las siguientes:

1.2.1.5.1.1.1 Capa de Aplicación

Esta capa combina los protocolos que tienen que ver con las aplicaciones que utilizan los usuarios en una sola capa y asegura que los datos estén

correctamente empaquetados antes de que pasen a la capa de nivel superior. Entre los principales protocolos de esta capa se tiene:

1.2.1.5.1.1.1.1 Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP)

Es un protocolo orientado a conexión que define el proceso de transferencia de archivos entre los nodos de la red bajo el modelo cliente servidor. FTP determina todas las conversiones necesarias, con mecanismos de seguridad y autenticidad, para dispositivos con sistemas operativos diferentes.

1.2.1.5.1.1.1.2 Protocolo de Transferencia de Archivos Trivial (TFTP)

Es un protocolo no orientado a conexión menos complejo que FTP por lo que consume menos memoria y resulta ser más rápido. Pero, es menos confiable porque no tiene mecanismos de seguridad.

1.2.1.5.1.1.1.3 Protocolo Simple de Transferencia de Correo (SMTP)

Este protocolo controla la forma en que el correo electrónico viaja a través de Internet hasta llegar al host de destino, si por algún motivo el correo no pudo llegar a su destinatario, el servidor realiza un segundo intento y si en este fracasa, el servidor borra el mail y envía un mensaje al remitente indicando que el mensaje no pudo ser entregado.

1.2.1.5.1.1.1.4 Telnet

Telnet define las condiciones de negociación entre un cliente y un servidor para emular sesiones de terminal virtual entre dispositivos de la red.

1.2.1.5.1.1.1.5 Protocolo Simple de Administración de Red (SNMP)

Las herramientas de administración y monitoreo de las redes utilizan este protocolo para descubrir de forma automáticamente todos los dispositivos

dentro de una subred específica, con el propósito de supervisar el comportamiento de estos dispositivos y poder ubicar rápidamente que cual está ocasionando el problema en la red.

1.2.1.5.1.1.1.6 DNS (Sistema de Nombres de Dominio)

Todo dispositivo conectado a la red está identificada por una dirección IP del tipo numérico puede ser en el formato de IPv4 o IPv6, por motivos de eficiencia y simplicidad se creó el DNS, un sistema que sustituye estos números por un dominio (una cadena de palabras), que resulta más fácil de recordar que los bloques numéricos. El protocolo DNS se encarga de establecer unas tablas de equivalencia entre direcciones IP y nombres de dominio, este protocolo nos permite utilizar el nombre www.google.com en lugar de la dirección IP 216.58.209.132, debido a que el servidor DNS se encarga de la traducción.

Estos nombres de dominio tiene una organización jerárquica para evitar el riesgo de duplicidades o ambigüedades. Algunos dominios de nivel superior genéricos son:

Tabla 2. Dominios de nivel superior

Tipo de organización	Nombre del dominio
Organización sin fines de lucro	.org
Sitio comercial	.com
Empresa de servicios de Internet	.net
Sitio informativo	.info
Sitio de negocios	.biz

Adaptado de Nic.ec, 2014.

El dominio .ec es el dominio de nivel superior territorial para Ecuador, este dominio utiliza dominios de tercer nivel como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3. Dominios Territoriales

Tipo de organización	Nombre del dominio
Usado para entidades comerciales	.com.ec
Proveedores de redes	.net.ec
Organizaciones no lucrativas	.org.ec
Instituciones Educativas	edu.ec
Entidades Gubernamentales	.gob.ec
Solo para uso de las Fuerzas Armadas del Ecuador	mil.ec

Adaptado de Nic.ec, 2014.

1.2.1.5.1.1.2 Capa de Transporte

Esta capa establece una conexión lógica entre el host origen y el host destino y se encarga de asegurar que los paquetes lleguen en secuencia y sin errores. Los protocolos de esta capa son: TCP y UDP.

1.2.1.5.1.1.1.1 Protocolo de Control Transmisión (TCP)

TCP es un protocolo orientado a conexión confiable, se encarga de numerar y agrupar los paquetes de forma apropiada; Cuando la información transmitida (datagramas) supera el tamaño de MTU de los equipos, provocando que los medios de transmisión se saturen. TCP se encarga de dividir la información en paquetes más pequeños que pondrían viajar por rutas diferentes, siendo reestructurados al final de la comunicación.

1.2.1.5.1.1.1.2 Protocolo de Datagramas de Usuario (UDP)

UDP es un protocolo no orientado a conexión. Es comúnmente más utilizado en transmisiones donde la prioridad es la velocidad y no la seguridad, debido a que no realiza una conexión previa para solicitar el acuse de recepción de los paquetes enviados y tampoco controla errores o duplicidades en caso de encontrarlos, por lo tanto no garantiza una transmisión confiable. Las aplicaciones que utilizan el UDP son: TFTP, NFS, SNMP y SMTP.

1.2.1.5.1.1.3 Capa de Red

En la tercera capa del modelo TCP/IP se encuentra como protocolo principal el protocolo IP, existen otros protocolos que operan en capa de Internet que son: el protocolo de resolución de direcciones (ARP) y el protocolo de mensajes de control de Internet (ICMP).

1.2.1.5.1.1.3.1 El Protocolo IP

Internet Protocol (IP) tiene la función de analiza y seleccionar la mejor ruta para enviar paquetes que atraviesan la red hasta llegar a su destino a través del proceso de conmutación de paquetes.

Entre sus funciones están:

- El direccionamiento IP en su versión 4 y 6.
- Agrupar paquetes en unidades de información conocidas como datagramas.
- Dividir los paquetes en fragmentos más pequeños en el caso que el paquete exceda el tamaño transmisión permitido.

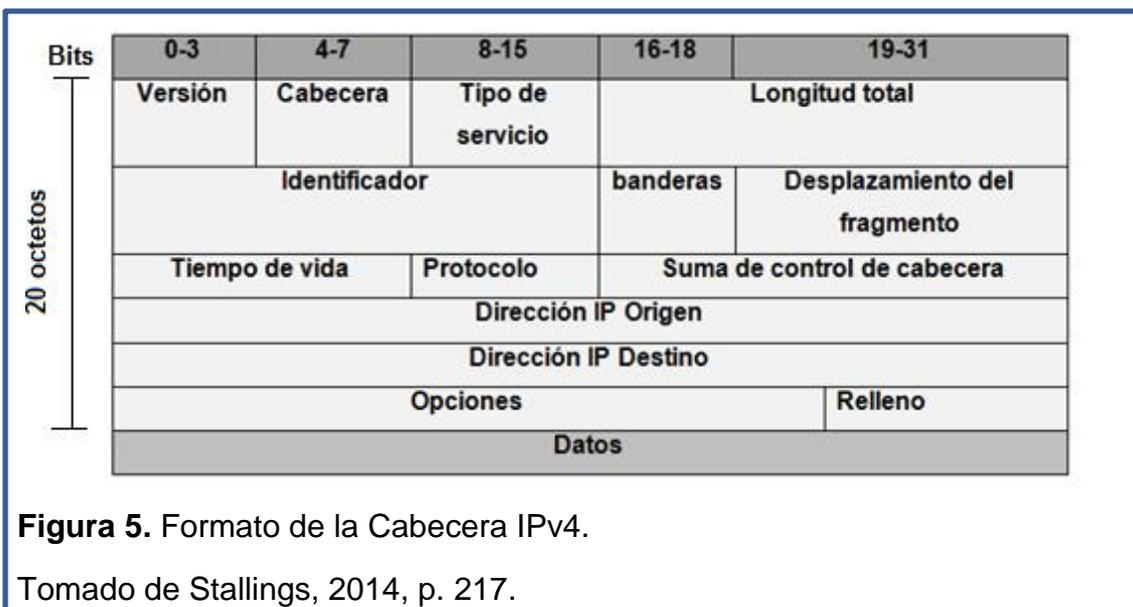
El protocolo IP provee un servicio no confiable denominado como mejor esfuerzo, en inglés best effort, ya que no posee algún mecanismo para determinar si un paquete alcanzó su destino, únicamente detecta si existió algún cambio en la secuencia los datos mediante sumas de verificación conocidas como checksums.

1.2.1.5.1.1.3.1.1 Direccionamiento IP

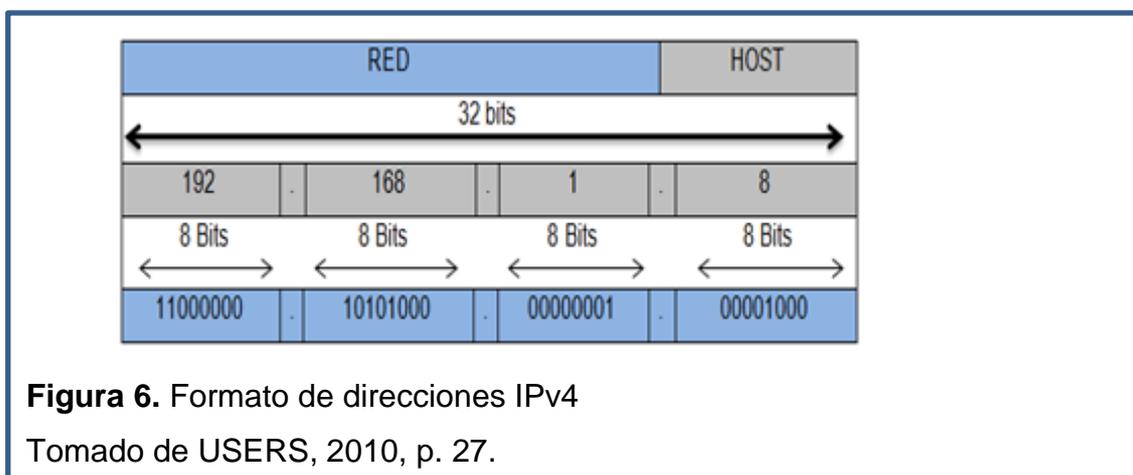
En una red informática, cada participante que se conecta a Internet debe estar identificado de manera lógica y jerárquica mediante series de números especiales conocidos como direcciones IP y su respectiva máscara de subred

1.2.1.5.1.1.3.1.1.1 Introducción a IPv4

La clave de la arquitectura de TCP/IP durante décadas ha sido la versión 4 del protocolo IP. La figura 5 muestra el formato de esta cabecera que consta de un mínimo de 20 octetos. Los campos de la cabecera IPv4 se muestra en la Figura 5:



Formato de Direcciones IPV4.- Las direcciones IPv4 están compuestas por cuatro números enteros 4 bytes o lo que es lo mismo, con valores que oscilan entre 0 y 255, representados en el siguiente formato x.x.x.x. (Ejemplo, 172.16.152.5).



En la figura 6 se identifica la parte de red y la de host de una dirección IP que dependen de la clase a la que pertenecen (A, B y C) de acuerdo a la cantidad de equipos que se necesite conectar, ver tabla 4.

Tabla 4. Tabla de Clases de redes IP.

Clase	Rango IP	Octetos	Host por red	
A	0-127	R.H.H.H	2^{24}	16.777.216
B	128-191	R.R.H.H	2^{16}	65.356
C	192-223	R.R.R.H	2^8	256

Tomado de USERS, 2010, p. 27.

Las direcciones IP se dividen en direcciones públicas y privadas, las direcciones públicas se utilizan para la comunicación en Internet y estos identificativos no se pueden repetir. En nuestra región LACNIC es organización que se encarga de administración y asignación de estas direcciones

Los rangos de direcciones privadas sirven para identificar dispositivos dentro de redes privadas, puede ser de una empresa u organización. Estas direcciones se pueden repetir en redes que no tenga conexión directa o que se conecten del traductor de direcciones de Red (NAT).

Tabla 5. Tabla de direcciones IP privadas.

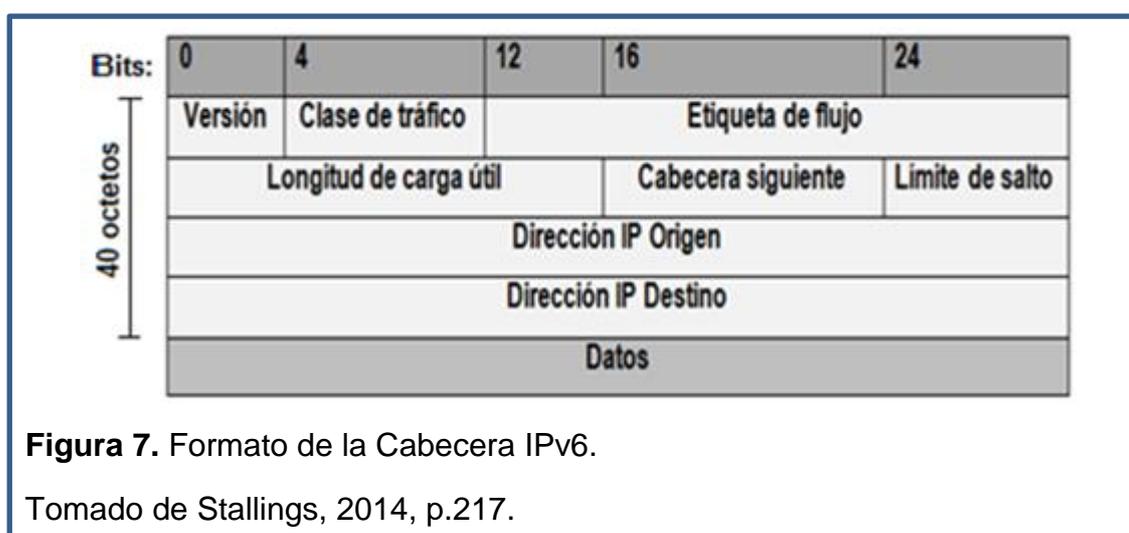
Clase	Rango IP	Redes Privadas (RFC 1918)	
A	0-127	10.0.0.0	a 10.255.255.255
B	128-191	172.16.0.0	a 172.31.255.255
C	192-223	192.168.0.0	a 192.168.255.255

Tomado de USERS, 2010, p. 27.

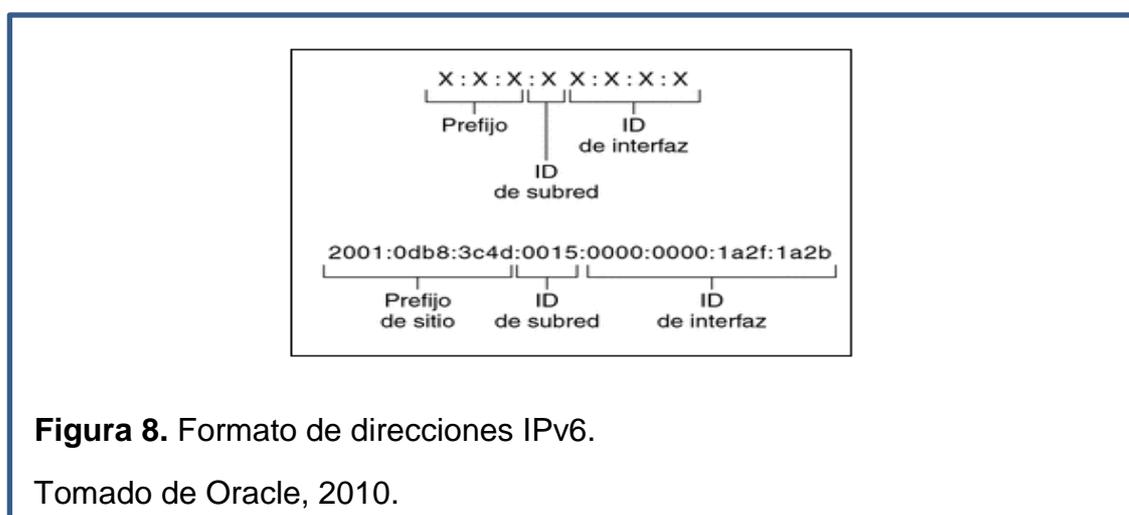
1.2.1.5.1.1.3.1.1.2 Introducción a IPV6

IPv4 permite un número de 2^{32} direcciones que están próximas a agotarse, como solución a esta limitación se desarrolla el protocolo IPV6, que está compuesto por 8 segmentos de 2 bytes cada uno, que son un total de 128 bits que permiten direccionar 3.4×10^{38} hosts.

En la figura 7 se puede ver el formato de la cabecera IPV6.



En la Fig. 8 se muestra un ejemplo de dirección IPV6, estas se representan en notación hexadecimal donde los campos de 16 bits están separados por (:).



1.2.1.5.1.1.3.1.1.3 Enrutamiento IP

Enrutamiento es el proceso que permite reenviar paquetes entre dos redes que tienen algún tipo de conexión física o virtual, también permite la comunicación hacia Internet, seleccionando la mejor ruta, atravesando varias redes hasta alcanzar el destino

Existen dos métodos de aprendizaje de rutas:

- a) **Enrutamiento Estático.-** En una red conformada por un número pequeño de routers y una sola puerta de enlace se puede configurar manualmente las rutas, este tipo de enrutamiento se conoce como enrutamiento estático.
- b) **Enrutamiento dinámico.-** El enrutamiento dinámico utiliza los protocolos que se muestran en la Fig. 9 y de acuerdo a la métrica encuentran la mejor ruta que esté disponible, mantienen actualizada la tabla de enrutamiento, se encargan de descubrir automáticamente las redes remota y los cambios de topología.

	Protocolos de gateway interiores				Protocolos de Gateway Exterior
	Protocolos de enrutamiento de vector de distancia		Protocolos de enrutamiento de estado de enlace		Vector de ruta
Con clase	RIP	IGRP			EGP
Sin clase	RIPv2	EIGRP	OSPFv2	IS-IS	BGPv4
IPv6	RIPng	EIGRP para IPv6	OSPFv3	IS-IS para IPv6	BGPv4 para IPv6

Figura 9. Protocolos de Enrutamiento Dinámico.
Tomado de redes2hidsev, s.f.

1.2.1.5.1.1.3.2 Protocolo ICMP

Este protocolo registra paquetes perdidos, pérdida de conectividad o incremento de latencia y el redireccionamiento entre enrutadores; por lo que es utilizado para

detectar problemas en la red, otros protocolos de nivel superior pueden utilizar esta información para resolver problemas de transmisión. PING es un comando que utiliza los paquetes ICMP, envía un paquete (echo-request) a una determinada dirección IP y esperar un paquete de respuesta (echo-reply).

1.2.1.5.1.1.3.3 Protocolo de Resolución de Direcciones ARP

ARP permite localizar la dirección MAC (dirección física) de una interfaz de red con su dirección lógica (IP) correspondiente mediante mensajes de broadcast.

1.2.1.5.1.1.3.4 Reverse Address Resolution Protocol (RARP)

RARP realiza el proceso inverso que ARP, localiza la dirección lógica de un interfaz a partir de su dirección MAC.

1.2.1.5.1.1.4 Capa de Enlace de Datos

La capa 2 de este modelo, es la encargada de transformar un canal físico con alta probabilidad de errores en un canal lógico libre de errores. Los mensajes que se transmiten en esta capa se denominan tramas. La capa de enlace de datos está dividida en dos subcapas:

- Control de enlace lógico (LLC)
- Control de acceso al medio

1.2.1.5.1.1.5 Capa Física

La capa física se encarga de controlar los estándares de los interfaces físicos por los cuales se transmiten y reciben las señales ópticas u eléctricas representadas en forma de una secuencia no estructurada de bits, también se encarga de transportar estas señales hacia las capas de nivel superior.

1.2.2 Medios de Transmisión

Es el canal o medio físico por el cual se transmite la información en forma de bits entre el transmisor y receptor.

Según la forma en que se transmite las señales, los medios de transmisión se califican en:

1.2.2.1 Medios de Trasmisión Guiados

En un medio de trasmisión guiado la señal viaja contenida por los límites físicos del medio, los medios de transmisión guiado son: Cable Coaxial, Par Trenzado y Fibra Óptica.

En el par trenzado y el cable coaxial se transmiten pulsos o señales eléctricas que viajan por conductores metálicos de cobre, en la fibra óptica se transportan señales en forma de pulsos de luz.

1.2.2.1.1 Par trenzado de cobre

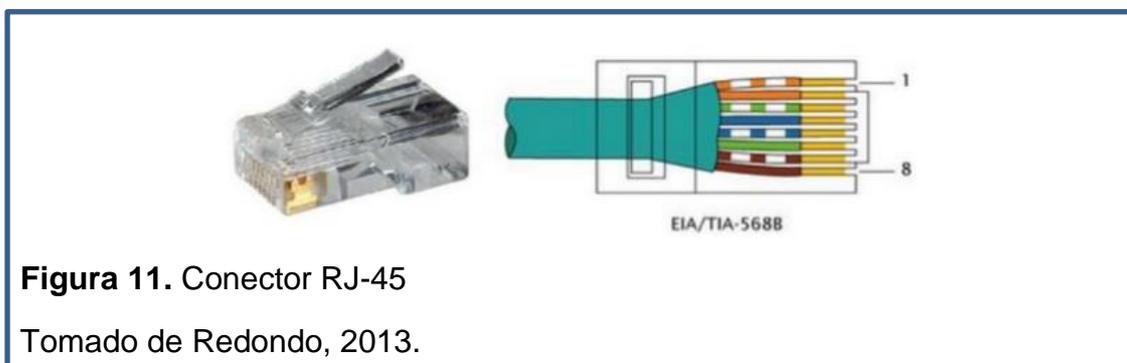
El acceso por cobre es el medio de transmisión más utilizado, nuestro país cuenta con el despliegue de una amplia red de cobre, donde su principal propósito era la telefonía pública y luego se adaptó esta red para transmitir datos a bajas tasas de transmisión.



Figura 10. Cable de par trenzado

Tomado de Gobierno TI, 2014.

RJ-45 es el conector que se utiliza para conectar los dispositivos de red por cable UTP, ver Fig. 11.



En la tabla 6 se muestra un comparativo entre las categorías 5e, 6 y 6^a.

Tabla 6. Comparativo entre cables de categorías 5e, 6, 6a

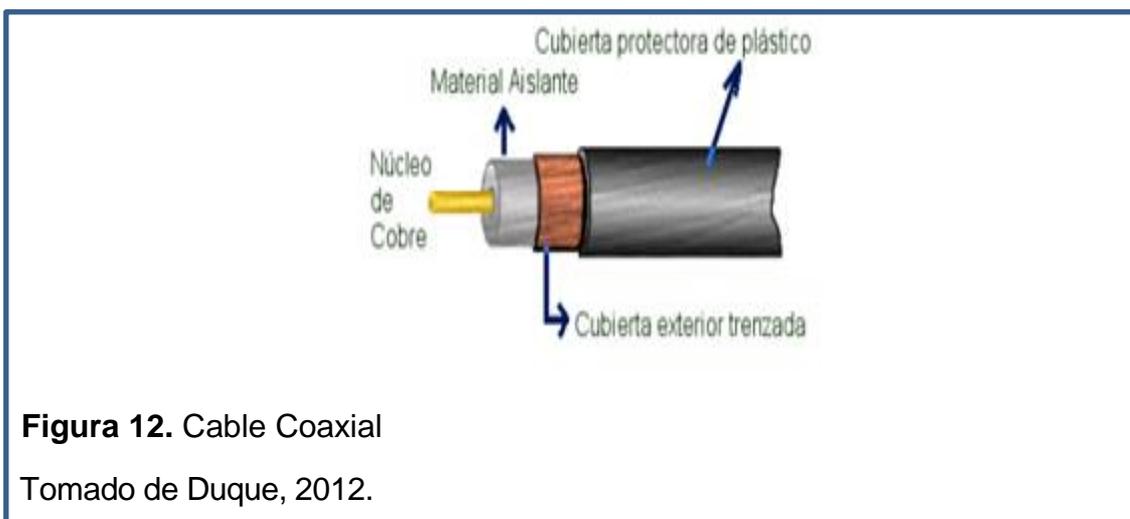
Especificaciones	CAT 5e	CAT 6	CAT 6a
Frecuencia [MHz]	100	250	1 - 500
Atenuación [dB]	22	21.3	20.9
Pérdida NEXT [dB]	30.1	39.9	39.9
Pérdida PSNEXT [dB]	27.1	37.1	37.1
ACR [dB]	6.1	18.6	18.6
PSACR [dB]	3.1	15.8	15.8
ACRF1) [dB]	17.4	23.3	23.3
PSACRF2) [dB]	14.4	20.3	20.3
Pérdida de retorno [dB]	10.0	12.0	12.0
Pérdida PSANEXT [dB]	n/s	n/s	60.0
PSAACRF [dB]	n/s	n/s	37.0
TCL [dB]	n/s	n/s	20.3
ELTCTL [dB]	n/s	n/s	0.5
Retardo de propagación (ns)	548	548	548
Diferencia de retardos (ns)	50	50	50
Redes soportadas	100 BASE-T	1000 BASE-T	100 BASE-TX

Tomado de LANPRO, s.f.

1.2.2.1.2 Cable coaxial

El figura 12 se puede observar cómo está constituido un cable coaxial.

Tiene una malla externa separada del núcleo por un material dieléctrico que hace que este medio de transmisión sea menos susceptible a interferencias que el par trenzado.



El cable coaxial permite transmitir señales analógicas y digitales, entre sus principales aplicaciones está la distribución de televisión y el sistema híbrido HFC en la cual la red troncal se implementa con fibra óptica y la red de distribución y acceso son implementados con cable coaxial para proveer servicios IP.

1.2.2.1.3 Fibra óptica

La fibra óptica es ideal para enlaces de alta velocidad por la inmunidad a interferencias electromagnéticas, puesto que por este medio se transmiten pulsos de luz, solo compite con los radioenlaces de alta capacidad en aquellos puntos en donde se requiere un acceso rápido y económico. En la figura 13 se muestran los principales componentes de la fibra óptica.

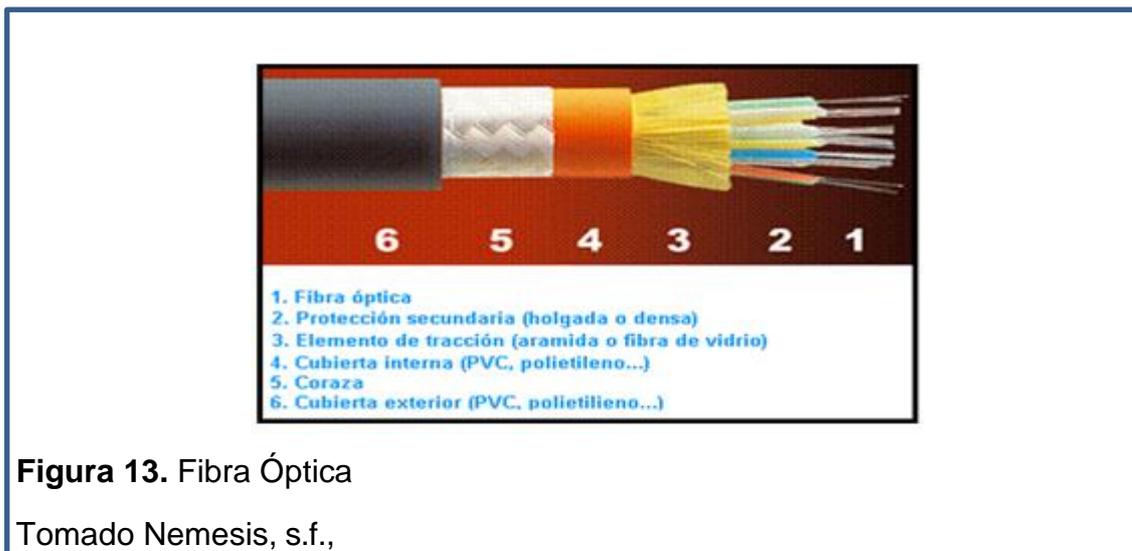


Figura 13. Fibra Óptica

Tomado Nemesis, s.f.,

Tipos de fibra óptica.

- a) **Fibra multimodo.**- Este tipo de fibra es utilizado para aplicaciones de planta interna o de corta distancia, los haces de luz que se trasportan por este medio circular por más de un modo o camino.
- b) **Fibra monomodo.**- Este tipo de fibra se utiliza para enlaces de grandes distancias, porque tienen el núcleo con un diámetro mucho más pequeño que las multimodo, permitiendo de esta forma, un solo modo de propagación.

1.2.2.2 Medios de transmisión no guiados

En este tipo de comunicaciones se transporta la información a través de ondas electromagnéticas.

Entre los Medios de transmisión no guiados se tienen los siguientes:

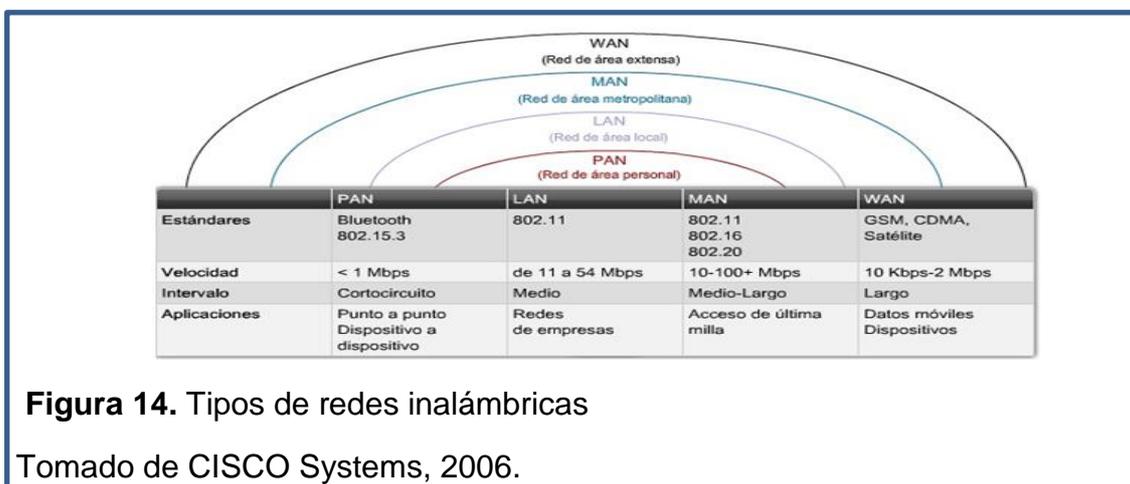
- Radiofrecuencias
- Microondas terrestres, satelitales
- Luz (infrarrojos/láser).

1.2.2.2.1 Redes Inalámbricas de Datos

Tanto las redes cableadas como las inalámbricas ofrecen los mismos beneficios de comunicación, la tecnología inalámbrica es otra alternativa para acceder a Internet con ciertas ventajas sobre las redes cableadas como: movilidad, facilidad de instalación y despliegue, escalabilidad, fácil de configurar, entre otras.

1.2.2.2.1.1 Tipos de Redes Inalámbricas de Acuerdo a su Extensión Física

Las comunicaciones inalámbricas de acuerdo a la cobertura y al servicio se clasifican en:



- **Red inalámbrica de área personal (WPAN).**- Estas redes se desarrollaron para compartir archivos entre dispositivos electrónicos usando comunicaciones inalámbricas (radiación infrarroja, tecnología Bluetooth), a una distancia menor a 10 [m].
- **Red inalámbrica de área local (WLAN).**- Las WLAN permiten a las redes privadas locales acceder a Internet mediante una tarjeta de red inalámbrica. Generalmente son redes que operan en bandas no licenciadas y tienen un área de cobertura aproximada de 100 [m]. El estándar más utilizado en redes WLAN es el 802.11.

- **Red inalámbrica de área Metropolitana (WMAN).**- Estas redes Inalámbricas Metropolitanas logran tener una área de cobertura de varias decenas de kilómetros y pueden estar basadas en el estándar IEEE 802.16 o 802.11, suelen ser utilizadas como redes de última milla o como enlaces redundantes a las redes principales de fibra óptica.
- **Red inalámbrica de área extensa (WWAN).**- Son redes con posibilidad de cubrir varias centenas de kilómetros. Se basan en la tecnología redes de telefonía móvil como: 2,5G, 3G y LTE.

1.2.2.2.1.2 Estándares usados en las redes inalámbricas

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) desarrolla reglas preestablecidas, condiciones o requisitos, que se le conoce como estándares, en áreas como las Telecomunicaciones, entre estos estándares están el 802.3 (Ethernet) y en redes Inalámbricas (IEEE 802.11, IEEE 802.16 y IEEE 802.22), ver tabla 7.

Tabla 7. Estándares de tecnología inalámbrica

Estándares de Tecnología Inalámbrica	Nombre del Estándar
Redes de área Local	IEEE 802
Redes Ethernet por cable	IEEE 802.3
Redes Ethernet Inalámbricas	IEEE 802.11
Ethernet Inalámbrico de alta velocidad	IEEE 802.11b
Pseudo estándar de 22 Mbps	IEEE 802.11b+
Velocidades de 54Mbps en la banda de 2.4Ghz	IEEE 802.11g
Redes inalámbricas en la banda de los 5Ghz	IEEE 802.11a
Redes inalámbricas en banda de 5Ghz con tasas de transferencia teóricas superiores a 1 Gb/s	IEEE 802.11ac
Red de área personal inalámbrica	IEEE 802.15
Acceso inalámbrico a banda ancha Wireless MAN	IEEE 802.16
54Mbps en la banda de los 5GHz (Definición Europea)	HiperLAN2
Interconectividad de dispositivos a corta distancia	Bluetooth
Redes inalámbricas del ámbito doméstico	Home RF

Adaptado de Itrainonline, 2007.

1.2.3 Introducción a la Tecnología WI-FI (802.11)

En 1997 el IEEE presentó la especificación IEEE 802.11 que define las características de una WLAN.

En 1999 se crea la asociación Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA) con el objetivo de fomentar la tecnología Wi-Fi (Fidelidad inalámbrica) y establecer estándares para la interoperabilidad, la seguridad, y una gama de protocolos específicos de aplicación entre dispositivos que utilizan el estándar 802.11. En el 2003 esta asociación pasó a llamarse Wi-Fi Alliance.

Los dispositivos certificados por esta asociación prueban que han cumplido con las normas acordadas por la industria y se los comercializa con el logotipo impreso que se muestra en la figura 15.



Figura 15. Wi-Fi CERTIFIED™

Tomado de Wi-Fi Alliance, 2015.

La tecnología Wi-Fi define una forma de intercambiar datos entre equipos utilizando ondas de radio, esta tecnología se basa en el sistema spread spectrum.

802.11 opera en los en la capa física y de enlace de datos del modelo OSI, como se muestra en la figura 16. TCP/IP funciona sobre 802.11 de la misma forma como Ethernet:

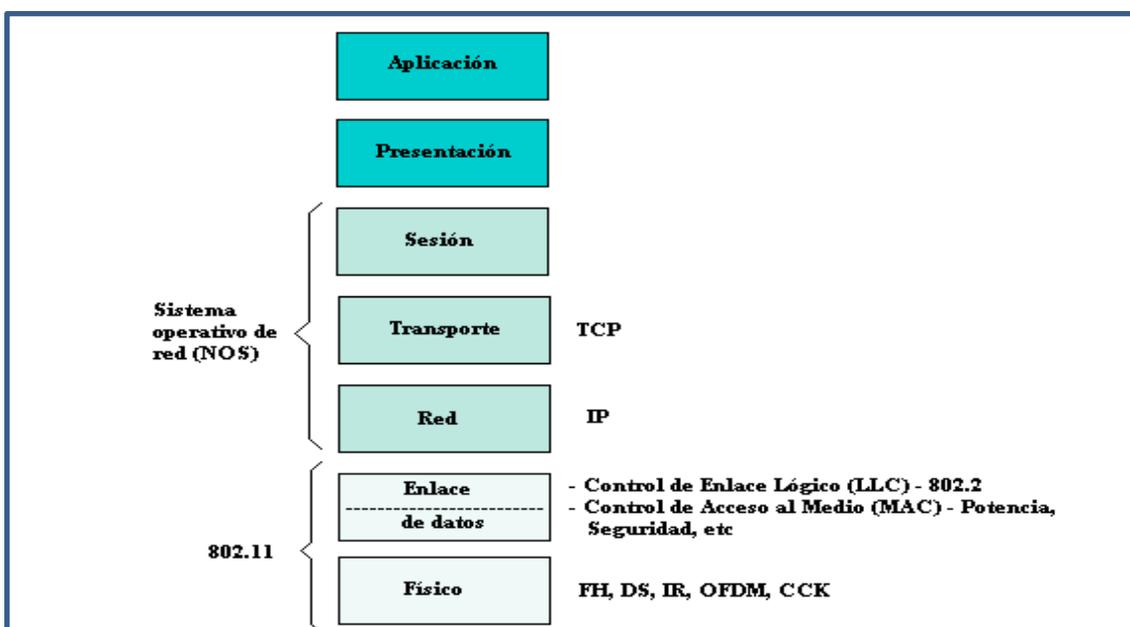


Figura 16. Capas del modelo OSI en las que opera 802.11

Tomado de Martínez, 2011, p. 30.

1.2.3.1 Espectro radioeléctrico.

El espectro radioeléctrico es el medio por el cual se propagan las ondas electromagnéticas.

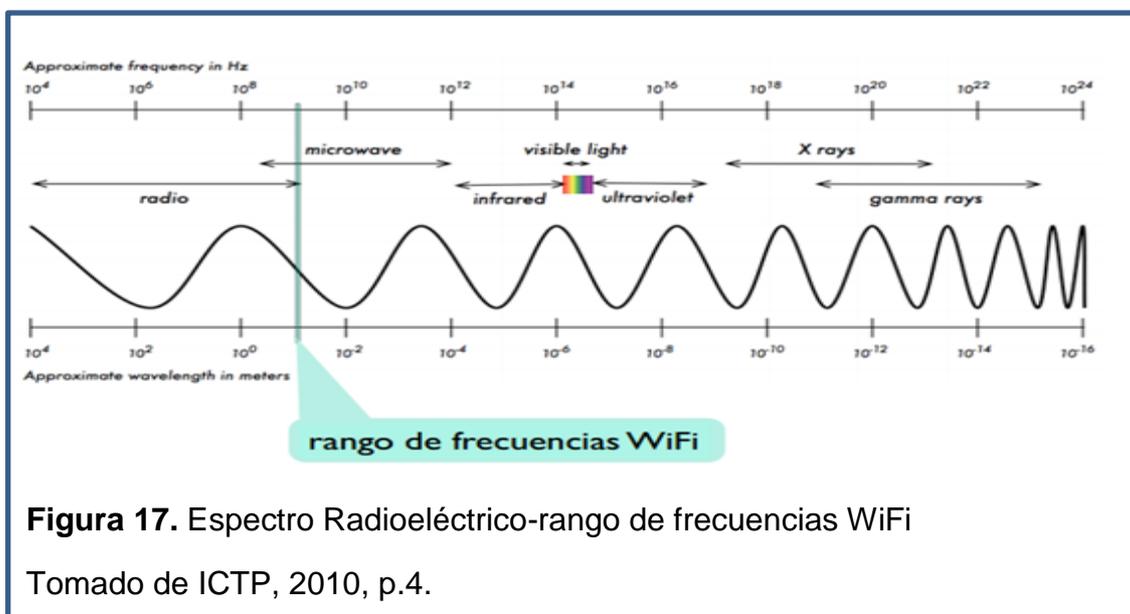


Figura 17. Espectro Radioeléctrico-rango de frecuencias WiFi

Tomado de ICTP, 2010, p.4.

La imagen 17 muestra las frecuencias que conforman el espectro electromagnético y se resalta las frecuencias asignadas para los equipos Wi-Fi.

En la página web de ARCOTEL se define al espectro radioeléctrico como:

“Un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas fijadas convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial.

El espectro radioeléctrico es considerado por la Constitución de la República como un sector estratégico, por tanto, el Estado se reserva el derecho de su administración, regulación, control y gestión. Dentro de este contexto, La legislación de telecomunicaciones ecuatoriana lo define como un recurso natural limitado, perteneciente al dominio público del Estado, inalienable e imprescriptible.”
(ARCOTEL, Definición de espectro Radioeléctrico, Recuperado el 31 de Marzo de 2015 de <http://www.arcotel.gob.ec>.)

1.2.3.2 Canales y Frecuencias IEEE 802.11

Cuando se va a configurar una red inalámbrica con varias estaciones base, es fundamental seleccionar el canal adecuado para cada estación base. De lo contrario, esto puede perjudicar el rendimiento de la red, en la tabla 8 se puede observar las bandas de frecuencias de los estándares más se utilizado de WI-FI.

Tabla 8. Características técnicas de Wi-Fi

	802.11 ac	802.11 a	802.11 n	802.11 g	802.11 b
Banda de Frecuencias	5.8 GHz	5 GHz	2.4 GHz, 5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Ancho de banda	20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 160 MHz	20 MHz	20 MHz, 40 MHz	20 MHz	22 MHz
Capacidad máxima teórica	1.3 GHz	6-54 Mbps	1-600 Mbps	1-54 Mbps	1-11 Mbps
Tipo de modulación	MU-MIMO, OFDM	OFDM	MIMO-OFDM	OFDM, DSSS	DSSS

Adaptado de UDLAP, s.f., p.13.

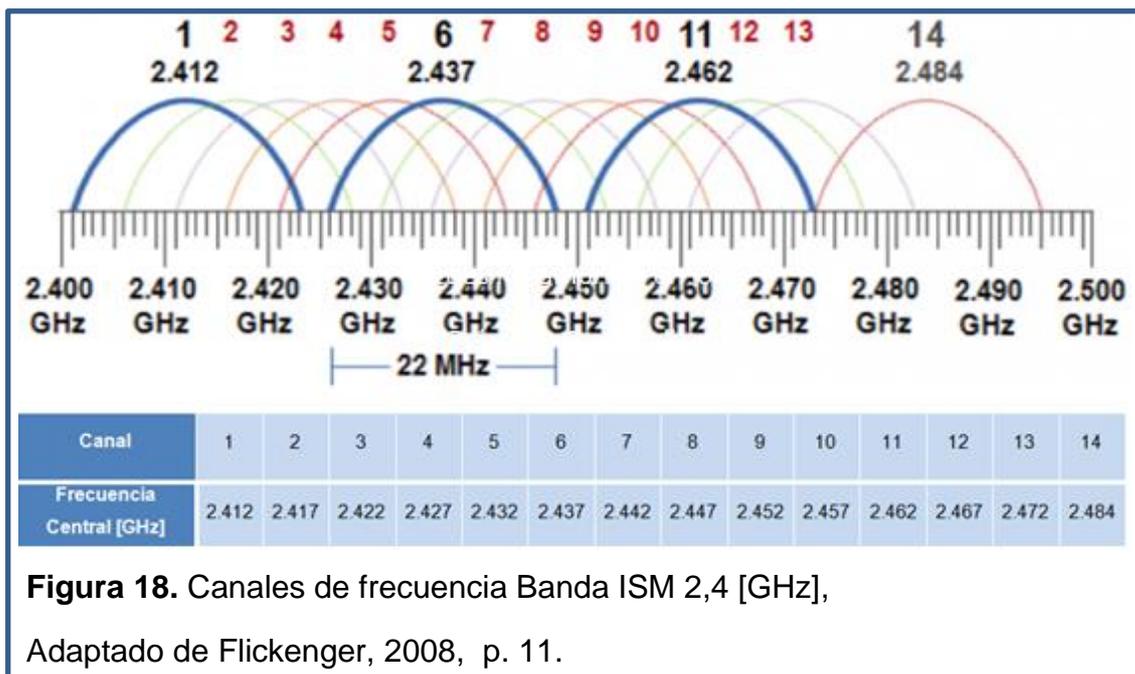
Existen dos bandas de frecuencias abiertas que son:

- Banda ISM
- Banda UNII

1.2.3.2.1 Banda ISM

La bandas de radio Industriales, Científicas y Médicas (ISM) es una banda no licenciada reconocida internacionalmente para las LAN inalámbricas, tienen asignado el rango de frecuencias de 2.4 a 2.5 GHz del espectro radioeléctrico.

El uso de estos canales depende de la región, en Europa el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) permite trabajar con los canales del 1 al 13, en USA la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) permite los canales de 1-11.



En la banda ISM, el espectro está dividido en canales individuales iguales que tienen un ancho de 22MHz y una separación entre canales de 5MHz. Los canales no son completamente independientes, En la figura 18 se puede ver que solo los canales 1, 6 y 11 no se superponen por lo que son utilizados para evitar las interferencias de canal.

1.2.3.2.2 Banda UNII

La banda de Infraestructura de Información Nacional sin licencia (UNII) es otra banda de frecuencias en la que trabaja Wi-Fi, esta trabaja en la banda de 5 [GHz] está formada por tres sub-bandas, como se aprecia en la tabla 9.

Tabla 9. La banda de 5 [GHz] UNII

Banda	Canal	Frecuencia Central	20 MHz	40MHz	80 MHz	160 MHz
Banda A UNII-1 (200 mW)	36	5180	20 MHz	40MHz	80 MHz	160 MHz
	40	5200	20 MHz			
	44	5220	20 MHz	40MHz		
	48	5240	20 MHz			
Banda A UNII-2 (200 mW)	52	5260	20 MHz	40MHz	80 MHz	
	56	5280	20 MHz	40MHz		
	60	5300	20 MHz			
	64	5320	20 MHz			
Banda B UNII-2 (1 W)	100	5500	20 MHz	40MHz	80 MHz	160 MHz
	104	5520	20 MHz			
	108	5540	20 MHz	40MHz		
	112	5560	20 MHz			
	116	5580	20 MHz	40MHz	80 MHz	
	120	5600	20 MHz			
	124	5620	20 MHz			
	128	5640	20 MHz			
	132	5660	20 MHz	40MHz		
	136	5680	20 MHz			
140	5700	20 MHz				
Banda C UNII-3 (4 W)	149	5745	20 MHz	40MHz	80 MHz	
	153	5765	20 MHz			
	157	5785	20 MHz	40MHz		
	161	5805	20 MHz			

Adaptado del Amaya, 2007, p.49.

Cuando se utilizan tanto UNII-1 como UNII-2, hay 8 canales sin solapamiento disponibles.

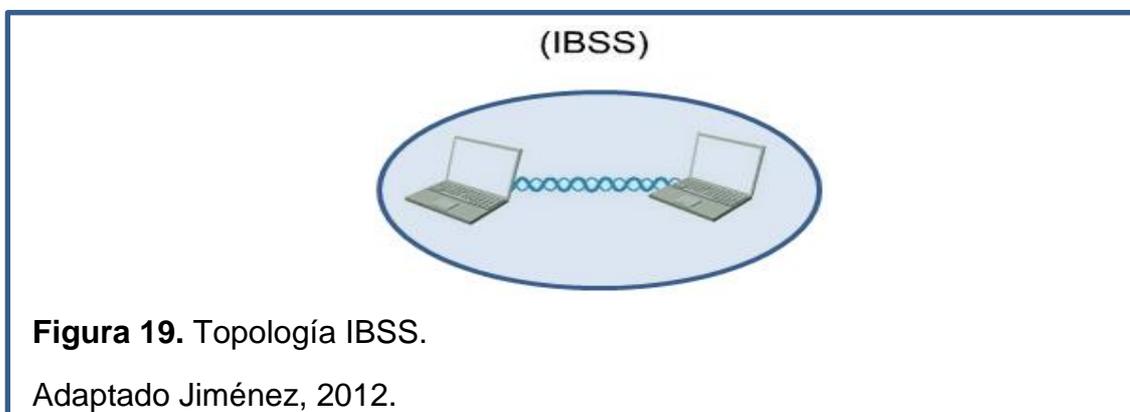
1.2.3.3 Topologías 802.11

El estándar 802.11 permite los siguientes modos de topología inalámbrica: Redes independientes (Ad-hoc) y redes de infraestructura.

1.2.3.3.1 Redes independientes (Ad-hoc)

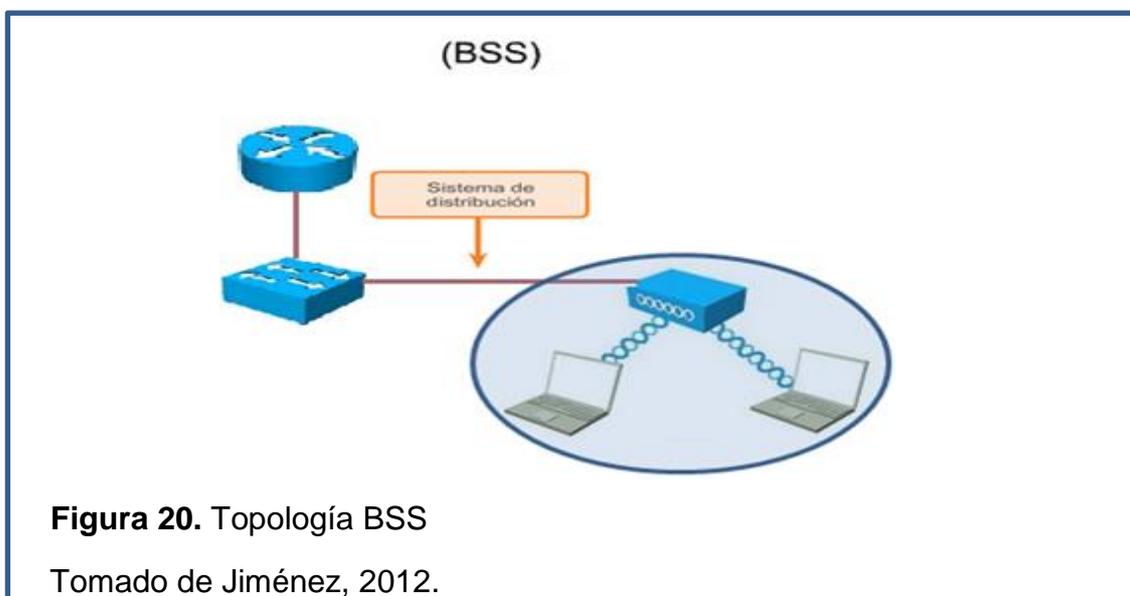
Una red ad-hoc es una red independiente o punto a punto que conecta dispositivos inalámbricos dentro de la misma área de cobertura, denominada área

de servicios básicos (BSA) sin la necesidad de un dispositivo de infraestructura, únicamente se requiere disponer de un Service Set Identifier (SSID). Los ejemplos incluyen Bluetooth y Wi-Fi Direct, ver Fig. 19.



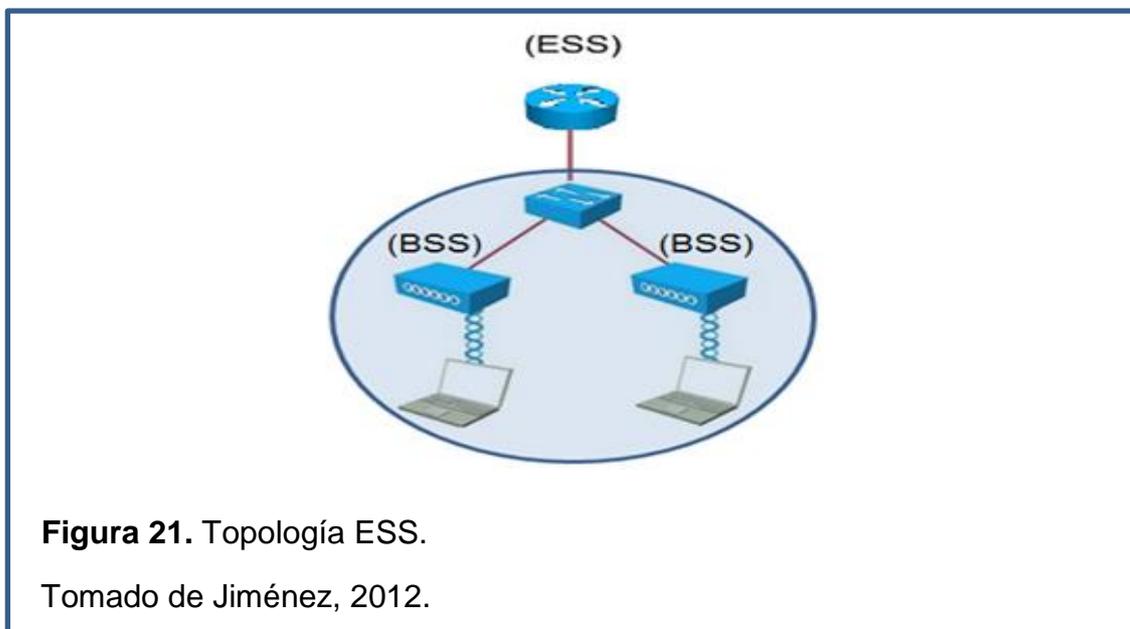
1.2.3.3.2 Modo de infraestructura

La configuración en modo infraestructura se denomina conjunto de servicio básico o (BSS) y se da cuando se integra una LAN inalámbrica (WLAN) con la red cableada, a un interfaz como Ethernet. Esta configuración.



El círculo en la gráfica 20 representa el área donde los clientes inalámbricos pueden permanecer comunicados.

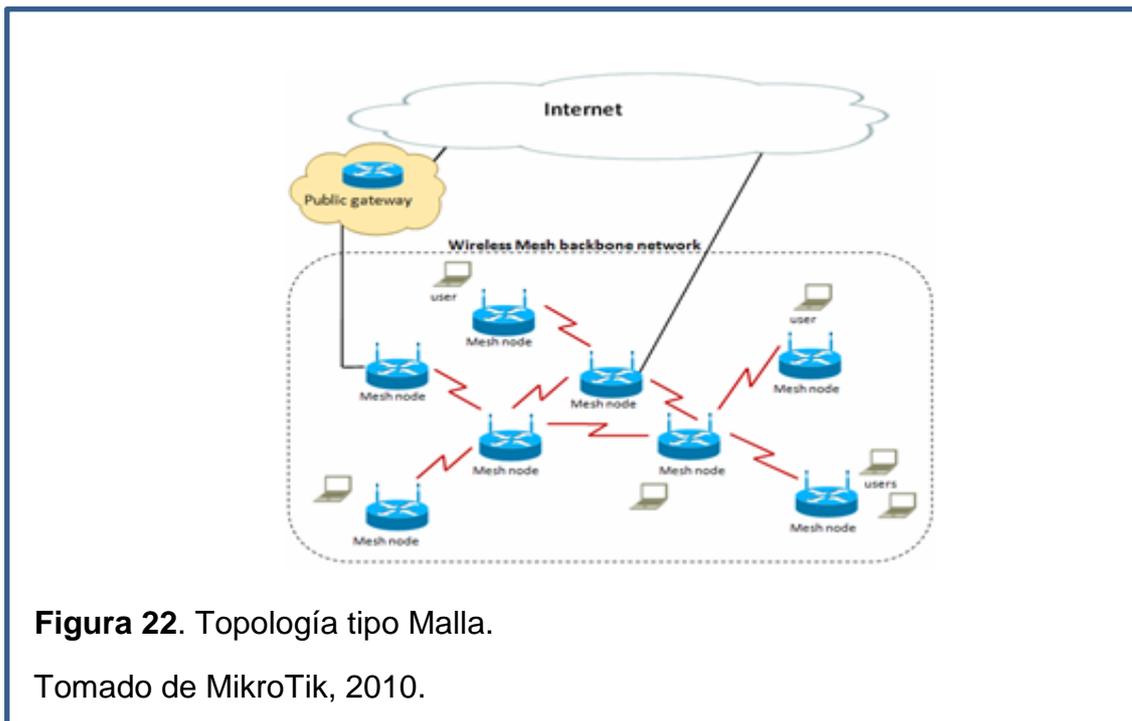
Cuando se necesita mayor cobertura WI-FI, se pueden unir varias BSS a través de un sistema de distribución (DS) común, manteniendo el mismo SSID. Las estaciones se mueven de un BSS a otro, de forma transparente este proceso se conoce como Roaming.



1.2.3.3.3 Redes Inalámbricas tipo Malla, Wireless Mesh Network (WMN)

Las redes Wi-Fi malladas son un tipo de red híbrida que combina las topologías Ad-hoc e infraestructura, como se puede ver en la figura 22, permitiendo una comunicación redundante.

Esta topología establece un Sistema de distribución inalámbrico (WDS) que soporta tráfico unicast, multicast y broadcast.



1.2.3.4 Aspectos Regulatorios de Wi-Fi en Ecuador

Para poner en producción los equipos que operan bajo el estándar 802.11 es necesario conocer los reglamentos y normas que regulan la operación de esta tecnología.

1.2.3.4.1 Normas para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.

De acuerdo a la regulación vigente, que puede ser consultada en la página Web de la ARCOTEL

- *“El Estado es el encargado de administrar, regular, controlar y gestionar el espectro radioeléctrico como un sector estratégico, de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado; además el Espectro Radioeléctrico es un recurso natural limitado perteneciente al dominio público del estado; en consecuencia es inalienable e imprescriptible.*
- *Los sistemas de modulación digital de banda ancha se caracterizan por:*
 - a) *Una distribución de la energía media de la señal transmitida, dentro de un ancho de banda mucho mayor que el convencional, con un nivel bajo de potencia*
 - b) *La utilización de técnicas de modulación que proporcionan una señal resistente a las interferencias*
 - c) *Permitir a diferentes usuarios utilizar simultáneamente la misma banda de frecuencias*
 - d) *Coexistir con sistemas de banda angosta*
 - e) *Operar en bandas de frecuencias inscritas en el cuadro de atribución de bandas de frecuencias”.* (CONATEL, 2010, p.3).

Las bandas de frecuencia libres (ICM) indicadas a continuación son las que han sido aprobadas:

Tabla 10. Frecuencias libres ICM Ecuador

Banda (MHz)
902-928
2400-2483,5
5150-5250
5250-5350
5470-5725
5725-5850

Tomado de CONATEL, 2010, p. 3.

1.2.3.4.2 Reglamento para la Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones.

El proceso de homologación permite determinar si los dispositivos son adecuados para operar en una red de telecomunicaciones específica, siguiendo las normas y parámetros de Organismos y entidades reconocidos internacionalmente como: la UIT, FCC, ETSI, TIA, etc., con el objetivo de lograr el adecuado funcionamiento de equipos terminales y evitar interferencias, garantizando la interoperabilidad de éstos.

La SUPTEL por una sola vez emitirá el certificado que contendrá las especificaciones técnicas mínimas de operación de los equipos de homologación, el cual será genérico por cada clase, marca y modelo de equipo de telecomunicaciones.

Tabla 11. Características Técnicas de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha

Tipo de Configuración del Sistema	Bandas de Operación (MHz)	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)	P.I.R.E. (mW)	Densidad de P.I.R.E. (mW/MHz)
punto-punto	5150-5220	50	200	10
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	5250-5350	--	200	10
punto-multipunto		250	1000	50
móviles				
punto-punto	5470-5725	250	1000	50
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	5725-580	1000	---	---
punto-multipunto				
móviles				

Tomado de CONATEL, 2005, p. 10.

1.2.3.5 Ventajas y Aplicaciones de la Tecnología Wi-Fi

- Una red Wi-Fi es una red de tamaño que ofrece seguridad, fiabilidad, y movilidad a sus usuarios.
- Wi-Fi como tecnología Inalámbrica frente a las redes cableadas tiene las siguientes ventajas: es una solución que permite expandir redes de manera más económica, facilidad de instalación, adaptabilidad y escalabilidad para migrar a nuevas tecnologías sin la necesidad de obra civil para un nuevo tendido de cable.
- Permite la movilidad de usuarios sin perder la conexión a la red (Roaming).
- Está basada en un completo proceso de estandarización que cada vez robustece más a la tecnología Wi-Fi, con el mejoramiento de sus características en las nuevas publicaciones de los grupos de trabajo.
- Es una tecnología ampliamente difundida con una variedad de aplicaciones en ambientes corporativos, como extensión de segmentos cableados, en redes de acceso libre, en usos domésticos, y aplicaciones de telecontrol y seguimiento de comunicaciones vocales internas entre muchas otras.

1.2.3.6 IEEE 802.11 vs. WiMAX IEEE 802.16

Wi-Fi está normado bajo el estándar 802.11 y WiMAX con el estándar 802.16. Las dos tecnologías son estándares IEEE y no han sido diseñadas para ser competidores, sino más bien son soluciones que se pueden complementar.

Tabla 12. Comparativo Wi-Fi vs. Wimax

Wi-Fi	WIMAX
	
CAPA FISICA	
<p>La capa física 802.11 emplea modulación OFDM, el estándar 802.11ac emplea modulación OFDM con configuración Multi-User (MU-MIMO), se pueden usar hasta 8 flujos espaciales, con anchos de banda (canales) de 80 MHz y 160 MHz (se añaden a los 20 MHz y 40 MHz que ya había en 802.11n). Emplea el esquema de modulación y codificación MCS de mayor capacidad hasta 256-QAM</p>	<p>802.16 emplea modulación OFDM. La separación entre subportadoras es de 45 kHz.</p> <p>Las subportadoras se modulan con modulación BPSK, QPSK, 16QAM y 64QAM.</p>
Banda de frecuencia	
2,4 GHz ISM (b/g/n)	Licenciado / sin licencia
5 GHz U-NII (a/n/ac)	3,5 GHz 2,4GHz, 5GHz
Propagación multitrayecto	
<p>La longitud de símbolo del 802.11 a/b/g es de 3,6 ms, con 802.11 ac se tiene una longitud de símbolo OFDM de 4 ms</p>	<p>La longitud de símbolo es de aproximadamente 22,2 microsegundos, a los que se añade un prefijo cíclico</p>

evitando la propagación multitrayecto. En 802.11ac la modulación emplea: 52/4, 108/6, 234/8 y hasta 468/16 pilotos/subportadoras de datos distribuidas en los 20, 40, 80 y hasta 160 MHz de ancho de banda.	seleccionable que varía entre 700 [ns] y 5,6 ms para mitigar los ecos causados por la propagación multitrayecto.
---	--

Capacidad del nivel físico

Un símbolo OFDM modulado tiene una La capacidad de hasta 256QAM es decir de 2034 bits. Dado que la duración de un símbolo completo es de 4 ms, la capacidad máxima teórica de transferencia de datos sería de 6,93 Gbps empleando un ancho de banda de 160 MHz, 8 flujos espaciales, MCS9 con modulación 256QAM y un intervalo de guarda corto. En el caso de un canal de 80 MHz con 4 flujos espaciales, MCS9 y un intervalo de guarda normal, la velocidad máxima de transferencia de datos sería de 1,56 Gbps.	La capacidad de un símbolo OFDM modulado en 64QAM-3/4 es de 864 bits. Dado que la duración de un símbolo completo es de 22,92 ms, la capacidad bruta máxima del nivel físico WiMax es de 37,7 Mbps.
---	---

Eficiencia espectral bruta a nivel físico

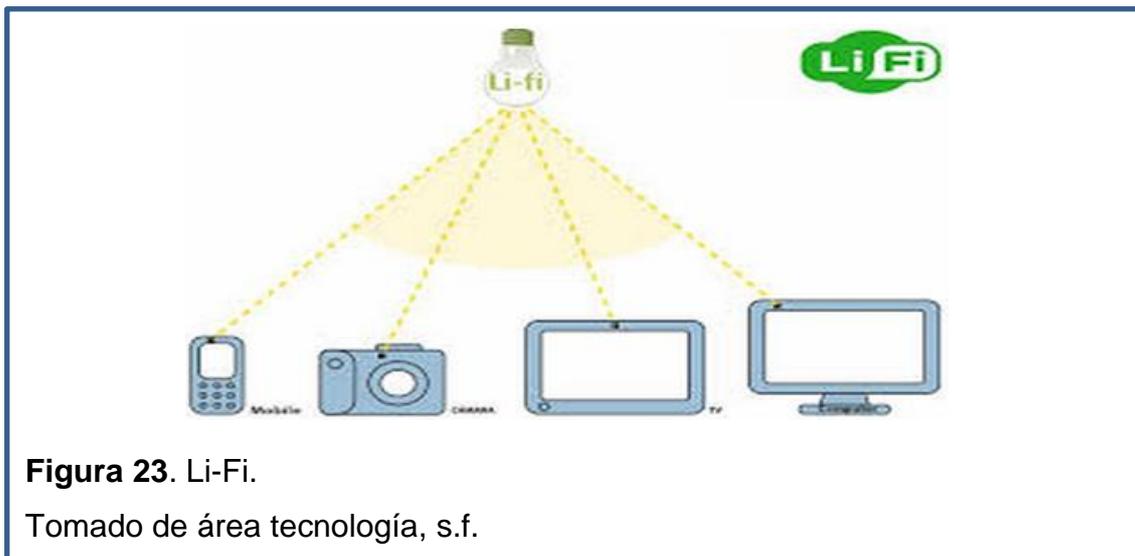
Dada la capacidad bruta máxima a nivel físico, y el ancho de banda ocupado por la señal de, la eficiencia espectral máxima a nivel físico es de 19.5 bps/Hz.	Dada la capacidad bruta máxima a nivel físico de 37,7 Mbps, y el ancho de banda ocupado por la señal de 9 MHz, la eficiencia espectral máxima a nivel físico es de 4,2 bps/Hz.
--	--

CAPA MAC	
Acceso al medio compartido	Sistema entramado
802.11 transmite paquete a paquete y emplea mecanismos de control de acceso al medio, similar a Ethernet, que se denomina CSMA / CA, basado en algoritmos aleatorios que se emplean para coordinar el uso del espectro radioeléctrico entre las diferentes estaciones, evitando colisiones. Para garantizar la ausencia de colisiones la estación receptora envía un acuse de recibo.	802.16 transmite trama a trama, agrupando en cada trama muchos paquetes. La ausencia de una trama definida implica que cada paquete transmitido debe constituir una trama completa en sí mismo, exigiendo el uso de preámbulos y cabeceras que reducen notablemente la eficiencia de la capa MAC. En WiMAX el control de acceso al medio es determinista. Los usuarios no tienen que competir por el medio, ya que una vez se encuentren dentro de la red, la estación base controla las transmisiones y asignando slots a los diferentes usuarios.
QoS (Calidad de Servicio)	
En sistemas Wi-Fi, los paquetes son marcados con un nivel de prioridad que dependerá del tipo de aplicación o servicio al que correspondan. Así, en caso de congestión determinados tipos de datos o aplicaciones pueden tener prioridad en la entrega.	El gran valor añadido de la tecnología WiMAX respecto a otras tecnologías es que además de priorizar servicios permite asignar recursos del nivel físico de acuerdo a dichas prioridades, implementando mecanismos de QoS hasta nivel 2 que le permiten ofrecer completa diferenciación de servicios, aun en situaciones de congestión.

Adaptado de Albentia System, 2010, pp. 2-6

Con los datos presentados en la tabla 12 se evidencia que el estándar 802.11 en sus diferentes adaptaciones, se ha desarrollado en mayor grado respecto a WiMax.

1.2.3.7 Futuro de Wi-Fi



La tecnología Li-Fi haciendo referencia al término Light Fidelity en inglés, es una nueva tecnología que aún está en fase de experimentación, que busca ser el sustituto de Wi-Fi para ambientes Indoor.

En la figura 23 se puede apreciar que Li-Fi usa como medio de transmisión la luz visible. Estas comunicaciones ópticas transmiten datos a frecuencias de entre 400 y 800 THz en un espacio abierto.

Esta tecnología pretende ser capaz de transmitir información con elementos de iluminación convencionales como una lámpara LED.

Esta tecnología requiere de un modulador en la parte transmisora que apagará y encenderá el foco de luz muy rápidamente de forma imperceptible, creando así los ceros y unos binarios y un fotodiodo en el otro extremo que recepta los cambios de luz y los convierte al dominio eléctrico.

1.2.4 Técnicas de modulación digital

En la gráfica 24 está representado un sistema de comunicación digital, en la cual se aprecia que la información se intercambia entre el transmisor y el receptor a través del canal o medio de transmisión.

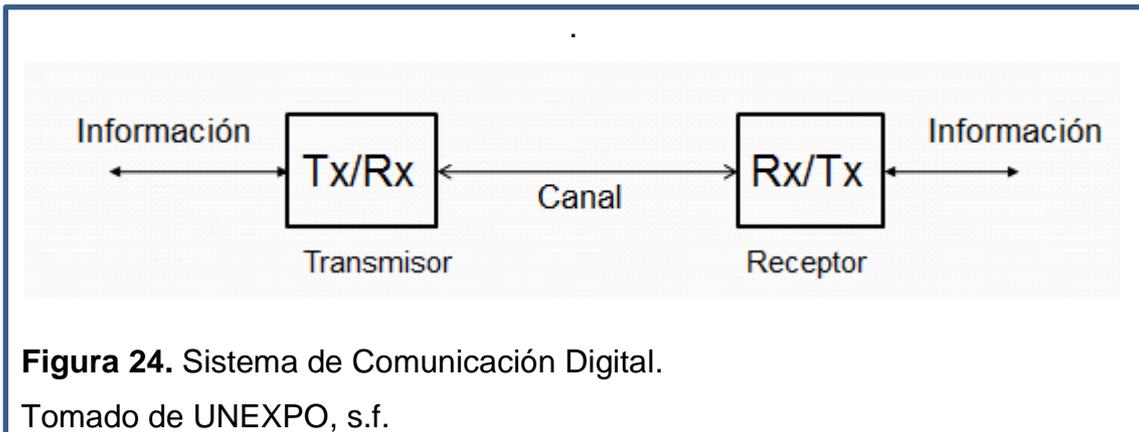


Figura 24. Sistema de Comunicación Digital.

Tomado de UNEXPO, s.f.

La comunicación digital nace de la necesidad de poder tratar, analizar y manipular la información contenida en una o más señales con la finalidad de mejorarla. Una vez que se digitalizan las señales es posible codificar, encriptar, regenerar, guardar y puede ser modulada y demodulada.

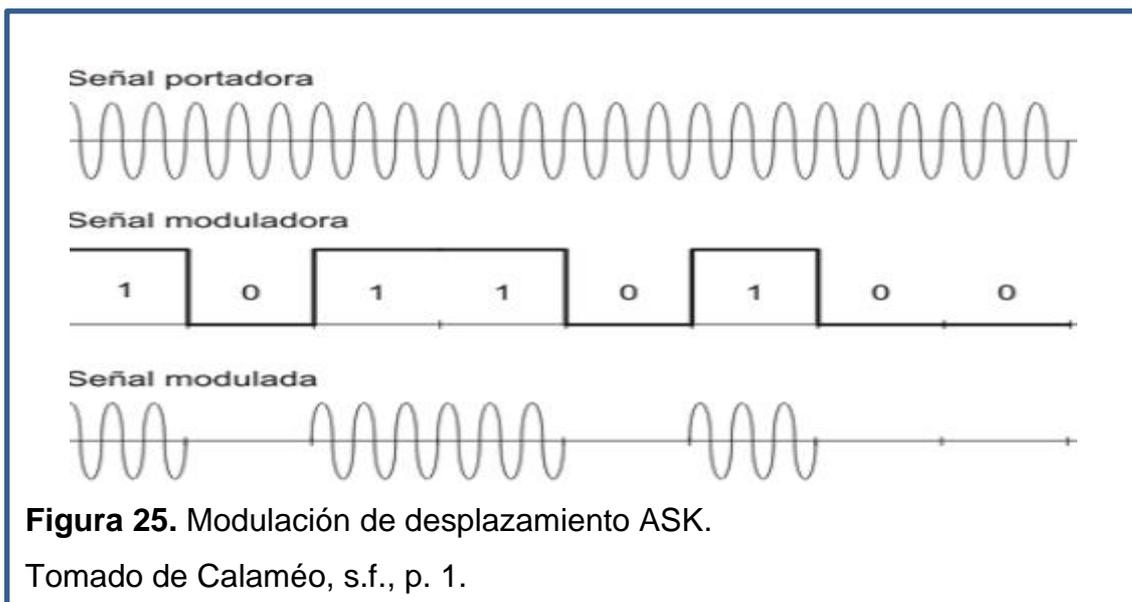
En sistemas de comunicación inalámbrica la modulación digital permite adaptar la información digital al medio radioeléctrico para lograr mayores tasas de bits.

Entre los métodos de modulación más utilizados se tiene:

1.2.4.1 Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK)

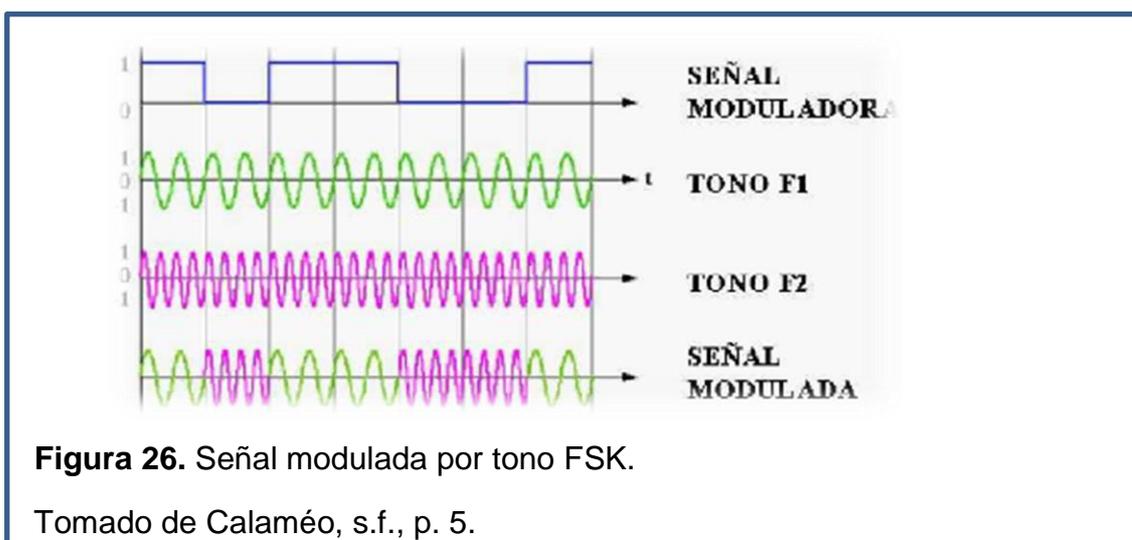
La modulación por desplazamiento opera como un interruptor variando la amplitud de la portadora. Si la señal moduladora presenta un uno lógico se enciende la señal portadora y apaga en presencia de un cero lógico de la señal moduladora.

Esta técnica de modulación por desplazamiento se ilustra mejor en la figura 25.



1.2.4.2 Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)

FSK modulación angular que mantiene la amplitud constante, utiliza dos señales con frecuencias diferentes F_1 y F_2 , la señal moduladora representa un tren de pulsos que varía entre cero y uno lógico. Cuando la señal moduladora está en el nivel 1 le corresponde a F_1 y cuando está en 0 le corresponde a F_2 , esto se aprecia de mejor manera en la figura 26.



1.2.4.3 Modulación por desplazamiento de fase (PSK)

PSK es una técnica de modulación que varía la fase de la señal portadora en función del cambio de estado de la señal moduladora, manteniendo constante la amplitud. En la figura 27 se observa el funcionamiento de esta modulación

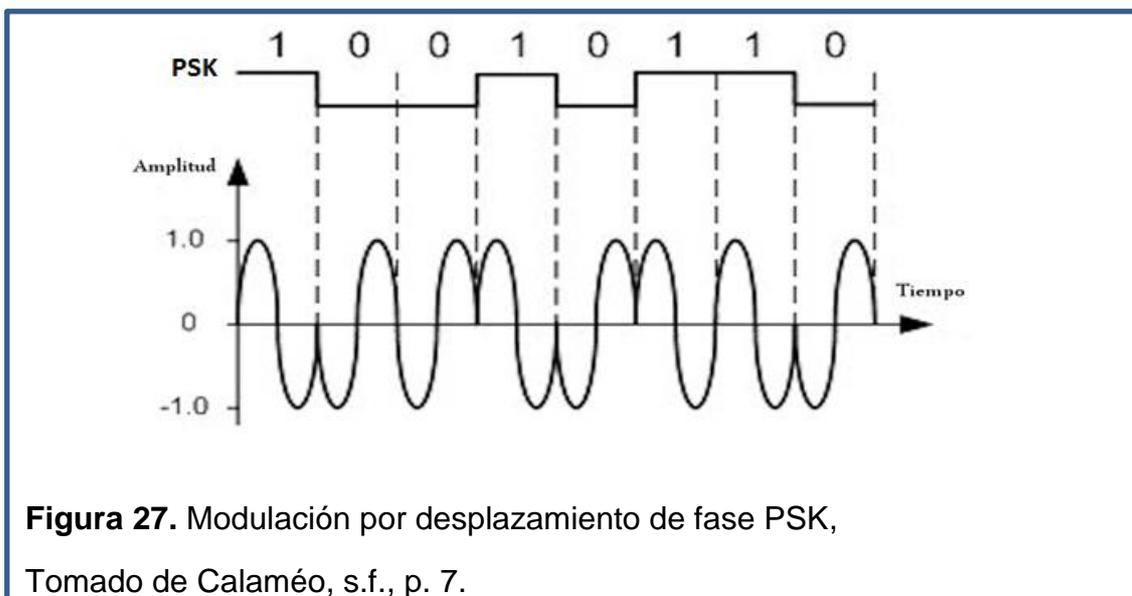


Figura 27. Modulación por desplazamiento de fase PSK,
Tomado de Calaméo, s.f., p. 7.

1.2.4.4 Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)

La modulación QAM contiene la información en amplitud y fase, por lo que tiene la ventaja de transmitir dos señales en la misma frecuencia al utilizar distintas combinaciones de amplitud y fase, permitiendo obtener una mayor tasa de bits.

Las combinaciones que se pueden obtener son: 8-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-QAM, 256-QAM

Tabla 13. Comparación de tasas de bits y baudios

Modulación	Unidades	Bits/Baudios	Tasa de Baudios	Tasa de Bits
ASK,FSK,2-PSK	Bit	1	N	N
4-PSK, 4-QAM	Dbit	2	N	2N
8-PSK, 8-QAM	Tribit	3	N	3N
16-QAM	Quadbit	4	N	4N
32-QAM	Pentabit	5	N	5N
64-QAM	Hexabit	6	N	6N
128-QAM	Septabit	7	N	7N
256-QAM	Octabit	8	N	8N

Tomado de Esquivel, 2011, p. 105,

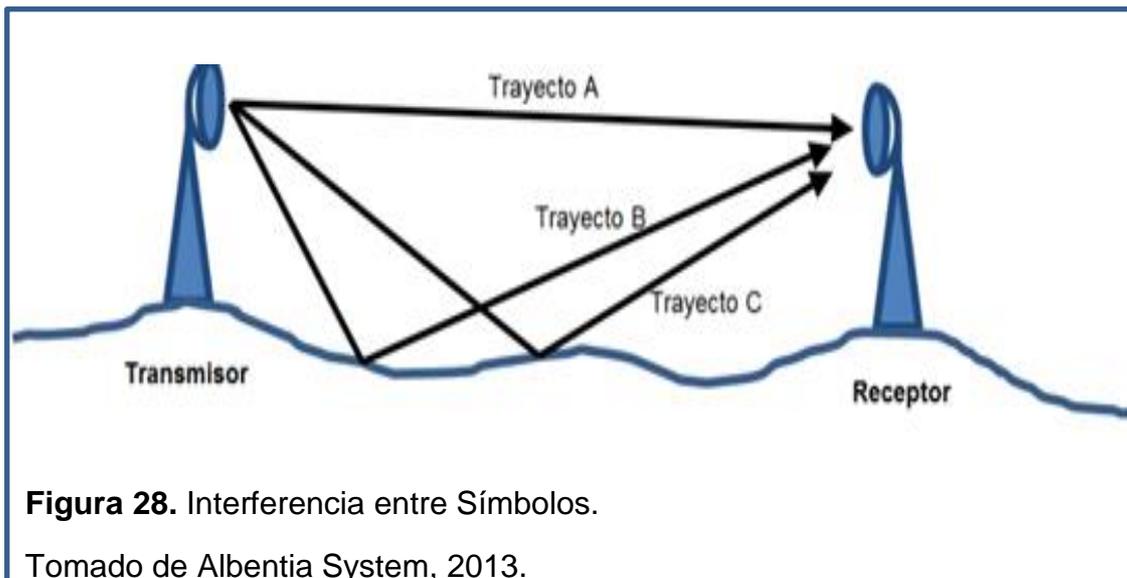
1.2.5 Sistemas de Comunicación Inalámbrica MIMO - OFDM

La comunicación inalámbrica de banda ancha tienen el reto de proporcionar una adecuada velocidad de transmisión y un servicio de calidad.

Los sistemas de comunicación inalámbricas enfrentan dos problemas: el espectro de frecuencia es un recurso escaso y limitado, las condiciones de transmisión son complejas debido al desvanecimiento provocado por el ambiente y otros tipos de interferencias

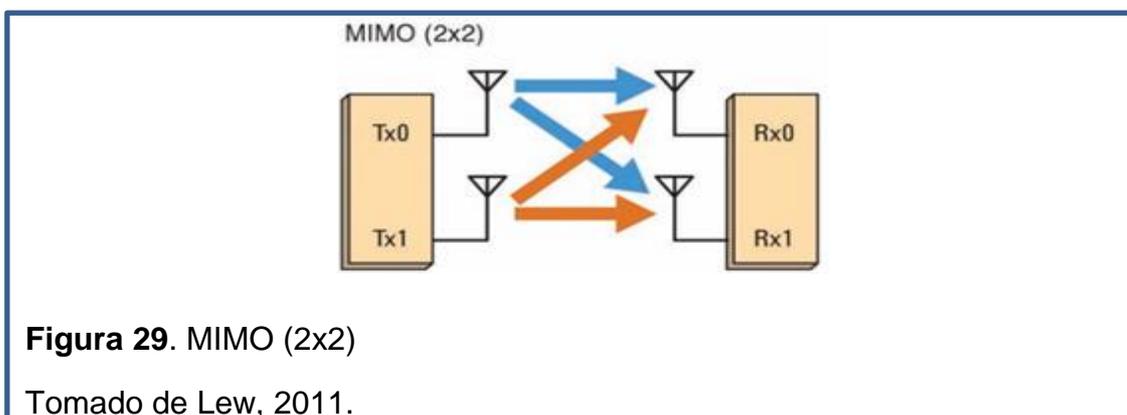
1.2.5.1 Modulación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM)

OFDM se desarrolla con la finalidad mitigar la interferencia entre símbolos por la propagación multitrayecto (ver Fig. 28) que es muy común en la comunicación inalámbrica.



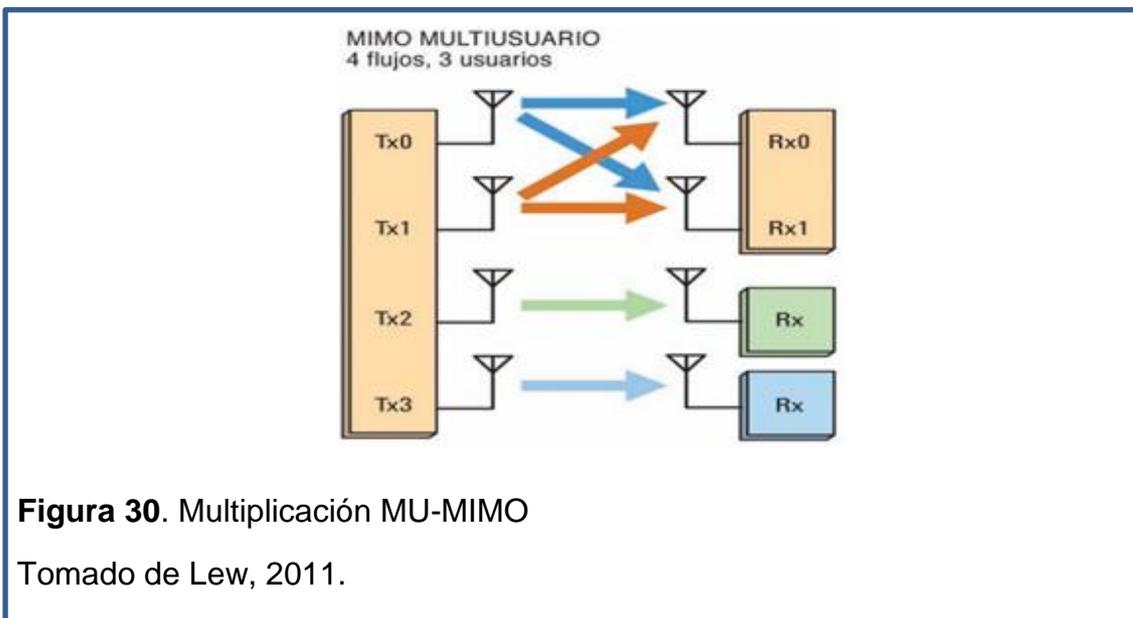
OFDM es una técnica de modulación que divide un canal de frecuencia en un número determinado de bandas de frecuencias, en cada banda se transmite información modulada en QAM o en PSK, logrando transmitir varios datos en el mismo instante de tiempo por múltiples portadoras ortogonales entre sí.

1.2.4.3.1 Múltiple Entrada Múltiple Salida (MIMO)



MIMO es una tecnología que en lugar de eliminar el efecto de reflexión en el trayecto de la propagación de las ondas electromagnéticas, aprovecha este efecto colocando varias antenas en el transmisor y receptor y así modular las señales y transmitir las al mismo tiempo, utilizando el mismo canal de frecuencia.

1.2.4.3.1 MU-MIMO (Múltiple Usuario MIMO)



802.11 a/b/g se basa en una sola antena y un único flujo de datos. Con la introducción de la especificación 802.11n, Wi-Fi pudo aprovechar dos o tres flujos espaciales, para mejorar drásticamente la velocidad, el alcance y Fiabilidad. 802,11ac se basa en estas mejoras para operar con un máximo de ocho flujos e incorpora la capacidad de transmitir y recibir señales de múltiples usuarios al mismo tiempo (MUMIMO).

Los sistemas MU-MIMO permiten transmitir múltiples tramas con múltiples dispositivos finales en diferentes direcciones simultáneamente usando el mismo espectro de frecuencia, múltiples antenas y multiplexación espacial.

CAPÍTULO II: ANÁLISIS SITUACIONAL

En este capítulo se describe la situación económica, social y el estado actual del Internet en la ciudad. Se analizan las muestras recolectadas a través de las encuestas, los servicios relacionados con los que cuenta actualmente un ISP en Riobamba, el análisis de cuál es la tecnologías de transmisión más usada en el país.

La revisión de estos datos sirve de línea base para conocer las oportunidades y amenazas del entorno, como también son útiles para el diseño de la solución propuesta.

2.1 Análisis situacional y Estudio del Mercado

2.1.1 Información general del cantón Riobamba

2.1.1.1 Situación Geográfica

La ciudad de Riobamba es la capital de la provincia de Chimborazo, situada en la región Sierra Central del país, a una altura de 2.754 msnm, la temperatura media es de 10°C, el área urbana consta aproximadamente de 3200 hectáreas con 36.254 predios urbanos de los cuales 26.514 con edificación y 9.740 solo predios.



Figura 31.Mapa político de la provincia de Chimborazo

Tomado de CICAD, s.f., p. 3.

En la figura 31 se observa los límites de la ciudad.

2.1.1.2 División Política

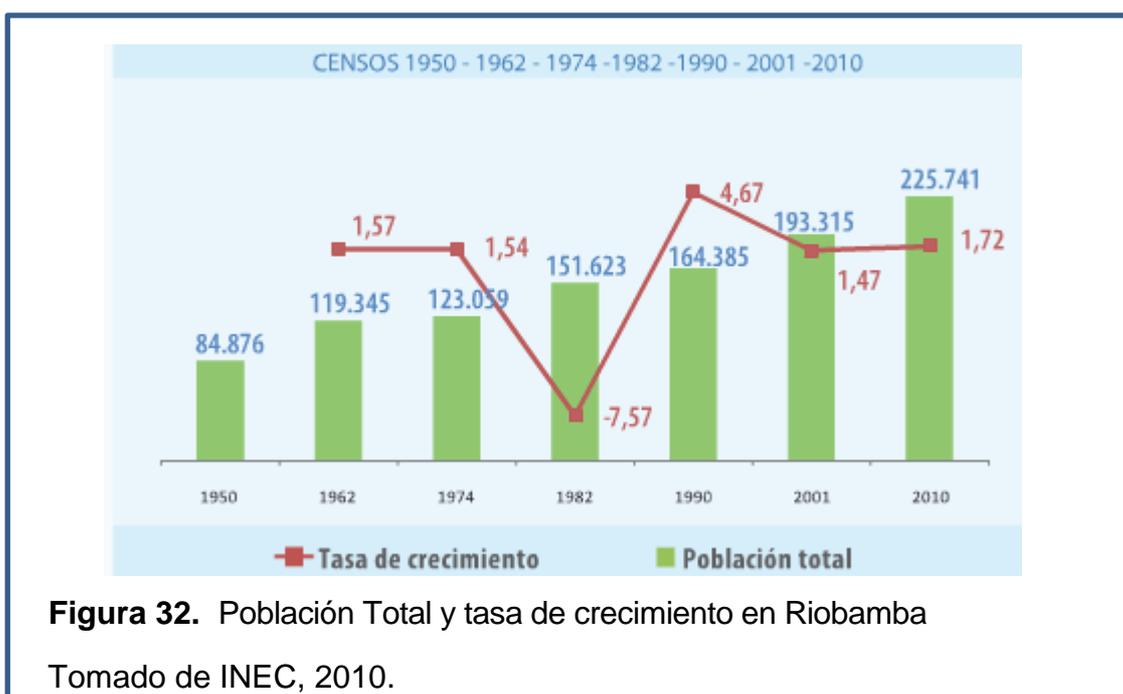
La ciudad de Riobamba tiene una superficie de 979.7 Km² y está constituida por 5 parroquias urbanas y 10 parroquias rurales. La parroquia Veloz donde se desarrolla este análisis de este proyecto es una parroquia urbana de la ciudad.

2.1.1.3. Topografía

La topografía de la ciudad es bastante regular, toma la figura de un plano inclinado con una pendiente media del 5%, que va desde el noroeste y desciende hacia el sureste.

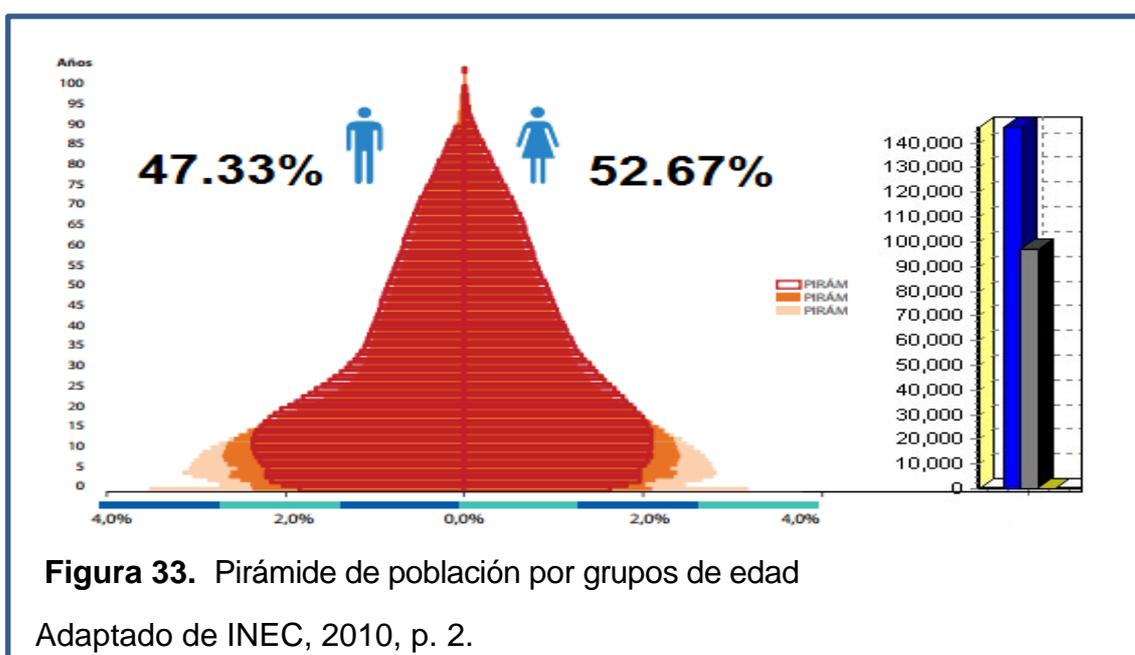
2.1.1.4 Aspectos Demográficos

En los datos arrojados en el censo de población y vivienda del 2010 señalan que Riobamba cuenta con 225.741 habitantes con una tasa de crecimiento demográfico del 1.72% como se puede ver en la figura 45. El 65% de la población corresponde a la cabecera cantonal y el 35% a las parroquias rurales.



2.1.1.5 Población por grupos de Edad

En la pirámide de población se aprecia que el menor porcentaje de población está entre los 18 a los 65 años, esto se debe a que este grupo de edades considerado como población productiva que emigra en busca de fuentes de trabajo.



En la barra azul en la figura 33 se puede observar que Riobamba tiene 146.324 habitantes en la zona urbana de los cuales 96.840 están en el grupo de 18 a 65 años (barra de color negro), esto representa un 66% del total.

2.1.1.6 Aspectos Socio Económicos

La principal actividad económica es la comercialización de productos agrícolas, sin embargo, también existen industrias de cerámica, automotriz, construcción y turismo, que están entre las principales actividades en la prestación de servicios, cierto porcentaje se dedica al comercio informal y aproximadamente un 20% son empleados públicos y privados.

Riobamba cuenta con los servicios de: energía eléctrica, agua potable, radio, televisión, internet, prensa, transporte urbano y cuentan también con establecimientos educativos de todo nivel.

La Composición familiar es de alrededor 3.9 personas/familia con un ingreso familiar promedio de \$ 296.10 USD mensuales.

2.1.1.7 Nivel Socioeconómico del país

En Ecuador el Nivel Socio económico (NSE) se utiliza para segmentar el mercado de consumo de forma adecuada no tiene relación con indicadores de pobreza o desigualdad y consiste en clasificar a los hogares en cinco grupos socioeconómicos como se puede apreciar en la tabla 14, las variables de este estudio se muestran en la Fig. 34.

Tabla 14. Estratos del Nivel Socioeconómico

Grupos Socioeconómicos	Puntaje
A	De 845 a 1000 punto
B	De 696 a 845 puntos
C+	De 535 a 696 puntos
C-	De 316 a 535 puntos
D	De 0 a 316 puntos

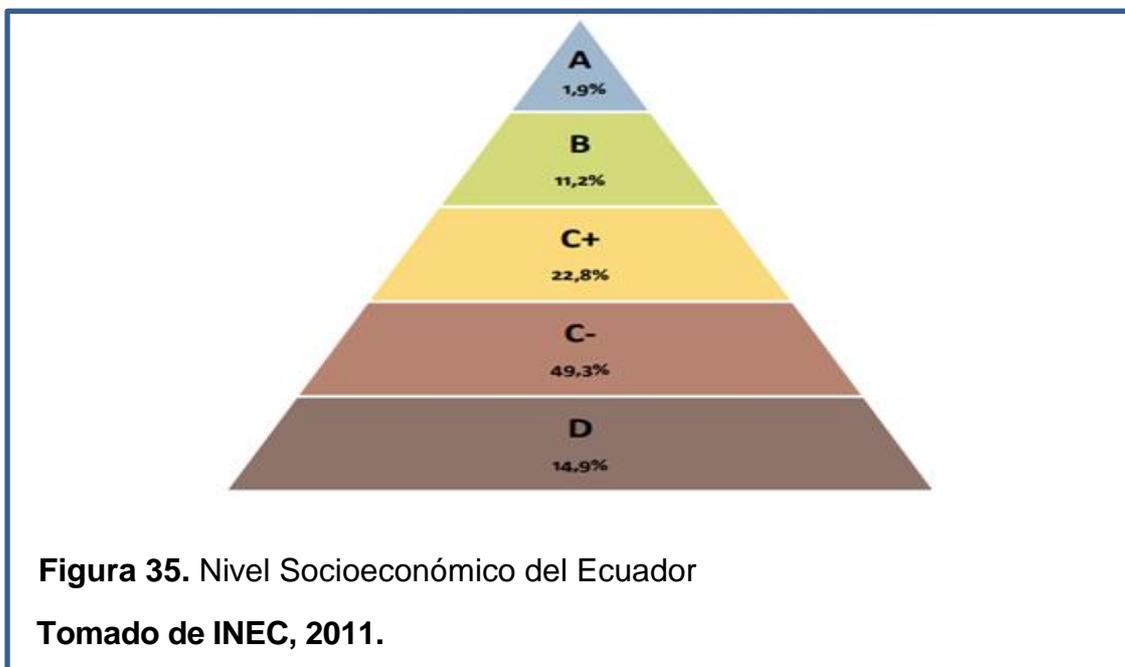
Tomado de INEC, 2011.

El INEC para esta segmentación utilizó un sistema de puntuación:

- Vivienda = 236 puntos
- Educación = 171 puntos
- Características económicas =170 puntos
- Bienes = 163 puntos
- TIC´s = 161 puntos y
- hábitos de consumo = 99 puntos.



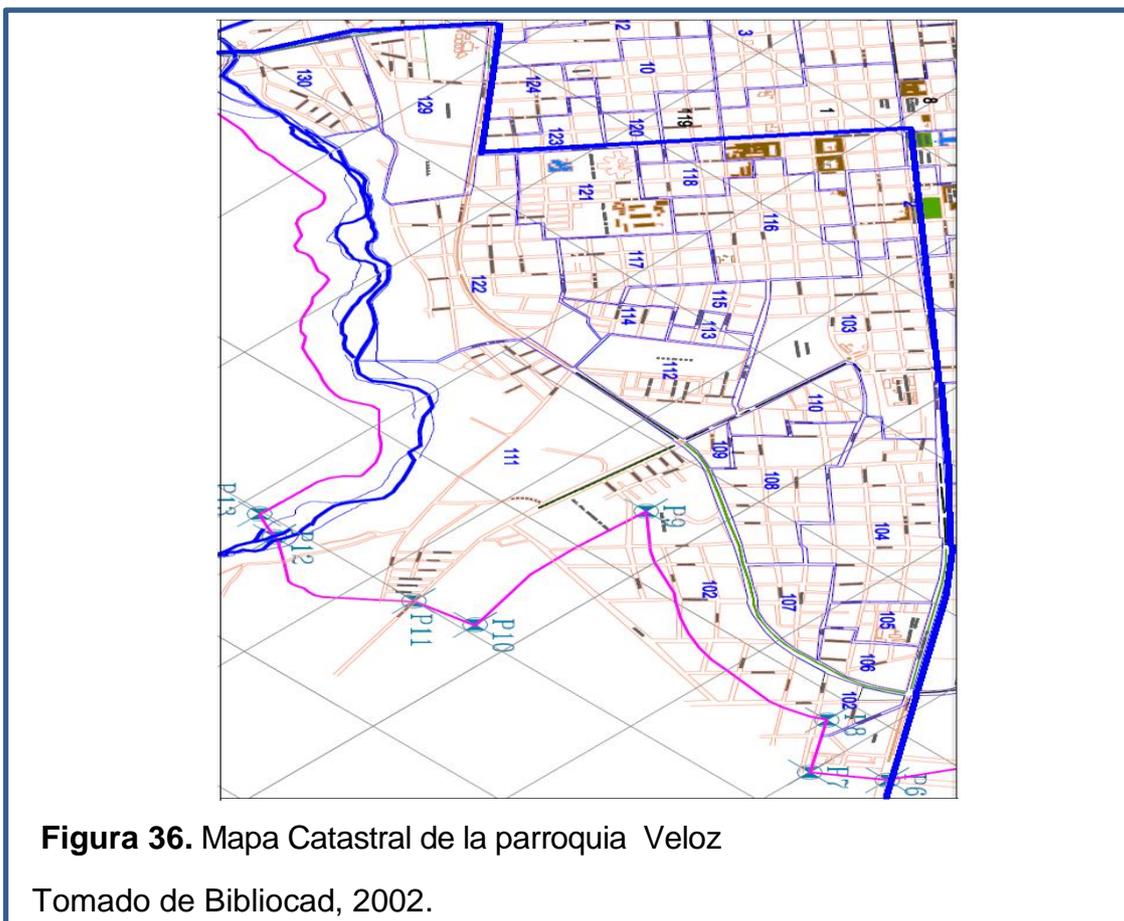
La suma de estas variables da 1000 puntos. La encuesta que realizó el INEC arroja los resultados de la figura 35.



2.1.1.8 Análisis de las TIC's en la provincia de Chimborazo

Según datos del INEC en la provincia de Chimborazo, Los hombres tienen mayor acceso a la tecnología digital que las mujeres. Un 58.3% de la población tiene teléfono celular, el 6.7% con internet, un 20.3% tiene computadora y el 7.7% tiene contratado televisión por Cable. En los últimos 6 meses el 46.7% de las personas utiliza el teléfono celular, el 24.4% el servicio de Internet. (INEC, 2010, p. 2)

2.1.2 Información general de la parroquia veloz



La parroquia veloz es una de las 5 parroquias urbanas del cantón Riobamba, está ubicada al sur-oeste del cantón y se encuentra conformada por 21 barrios (ver la Fig. 36 y en la tabla 15). Tiene una población aproximada de 24400 habitantes.

En el Anexo 1 se aprecia de mejor manera el mapa catastral de la parroquia.

Tabla 15. Barrios de la parroquia Veloz

Nombre	Número	Nombre	Número
Tubasec	102	Los Arupos	113
La Dolorosa	103	El Sol	114
San Rafael	104	Quinta la Rosita	115
Lotización Daquilema	105	La Joya	116
Los Altares	106	La Paz	117
La Unión	107	El Tejar	118
La Politécnica	108	Santa Faz	121
El Rosal	109	La Florida	122
Santa Anita	110	Liberación Cooperativa	129
La Liberad	111	Los Shyris	130
Primera Constituyente	112		

Tomado de Bibliocad, 2002.

2.2 Estudio del Mercado

2.2.1 Análisis de la situación de Banda Ancha en el Ecuador

El MINTEL, promueven el uso de las TIC, con el objetivo de reducir el analfabetismo digital.

El uso del Internet por parte de los ecuatorianos aumento a 46.4% en el 2014, respecto al 35.1% del año anterior. (Diario Metro, 2015, p. 4).

Según los Datos de la ARCOTEL a Diciembre 2014, en el país se encuentran registrados 291 permisionarios entre personas naturales y jurídicas autorizados a prestar los Servicio de Valor Agregado (SVA).

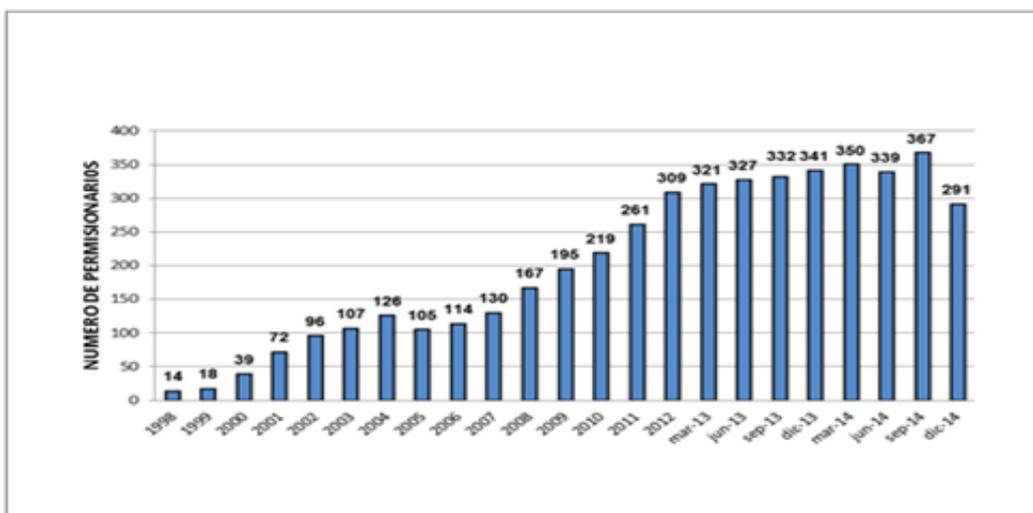


Figura 37. Número de ISP's en el Ecuador

Tomado de ARCOTEL, 2015.

En la figura 37 se puede observar la variación y crecimiento del número de permisionarios desde el año 1998 en nuestro país, al parecer la gráfica muestra un mercado de libre competencia, sin embargo la mayoría de ISPs están concentrados en una determinada provincia, o localidad, mientras que solo 10 empresas con cobertura nacional mantienen el control del 93.31% de abonados en el mercado de Internet a través de Acceso Fijo, estos datos se

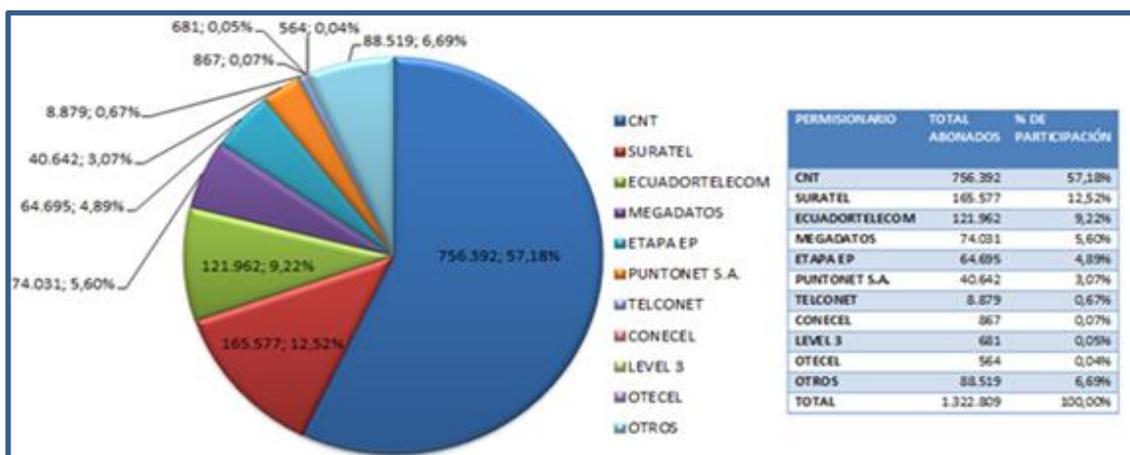


Figura 38. Participación de Mercado de Internet en Ecuador

Tomado de ARCOTEL, 2015.

Dentro de este análisis, es también importante considerar el número de proveedores de Internet por provincia, para evidenciar la gran brecha digital en el país. De acuerdo a los datos estadísticos referente a Internet en el página Web de la SUPERTEL actualizado a diciembre del 2014, el mayor porcentaje de ISPs registrados están en la provincia de Pichincha, Guayas y Azuay y solo un 0.93% en la provincia de Chimborazo. Ver figura 39.

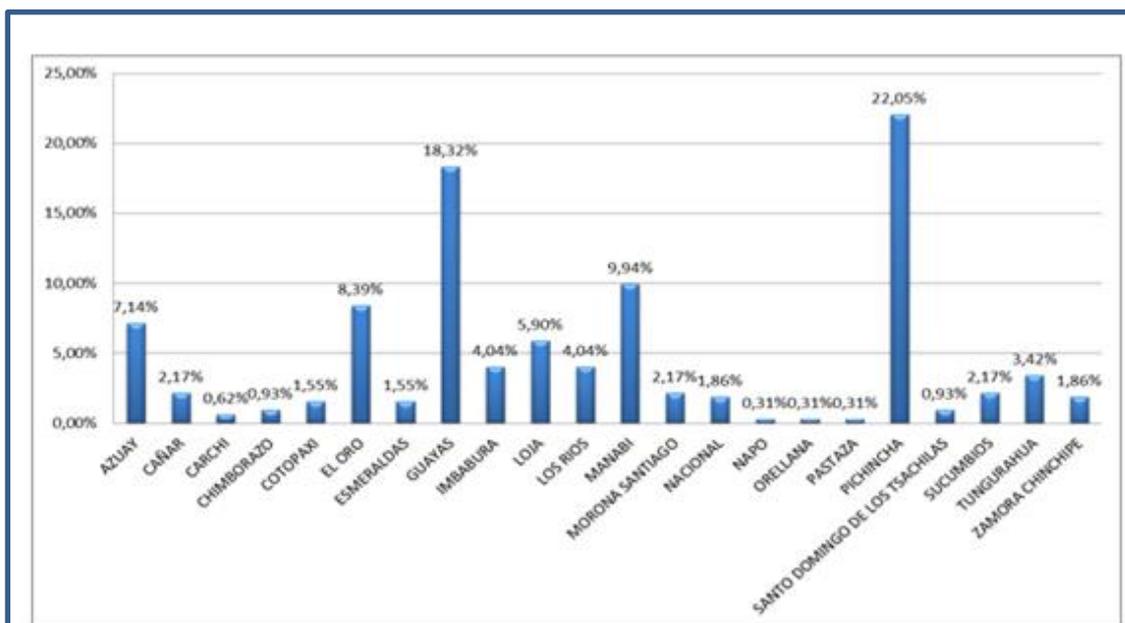


Figura 39. Porcentaje de ISP's por provincia

Tomado de SUPERTEL, 2014.

2.2.1.1 Análisis de la situación de Banda Ancha en la provincia de Chimborazo y la ciudad de Riobamba

Los permisionarios que ofrecen este servicio en la provincia de Chimborazo y puntualmente en Riobamba son los siguientes:

Tabla 16. Principales proveedores de Internet en Chimborazo y Riobamba

PERMISIONARIO	FECHA DE SUSCRIPCIÓN DEL PERMISO	ÁREA DE COBERTURA
CNT EP	18/02/2010	NACIONAL
CONECCEL (CLARO)	11/04/2011	NACIONAL
SURATEL (TV CABLE)	16/05/2005	NACIONAL
TELCONET S.A. (NETLIFE)	01/04/2011	NACIONAL
PUNTONET S.A.	13/05/2005	NACIONAL
FASTNET CIA LTDA	29/01/2008	CHIMBORAZO
GONZÁLEZ QUEZADA WILSON HUMBERTO	29/11/2011	CHIMBORAZO
M&Q SISTEMAS DIGITALES	15/07/2011	CHIMBORAZO

Tomado de SUPERTEL, 2015.

De los ISPs locales, Fastnet es la empresa que tiene el mayor número de usuarios de Internet registrados en la SENATEL al 31 marzo del 2014 con 978 usuarios dedicados, seguido de M&Q SISTEMAS DIGITALES con 179 y el permisionario GONZÁLEZ QUEZADA WILSON HUMBERTO con 126 usuarios en el cantón Chunchi.

La oferta de servicios de Internet es muy similar entre un proveedor y otro, este es un mercado donde los proveedores cada vez ofrecen mayor capacidad en [Mbps] por un menor precio, los ISP para diferenciarse y captar más clientes ofrecen promociones como: costo cero de instalación, el doble de velocidad los primeros meses, el primer mes gratis, el doble de velocidad en horarios especiales, etc. Y así también para agregar valor a su oferta, incluyen en su portafolio servicios adicionales como los que se indica en la tabla 17.

Tabla 17. Servicios que Ofrecen los ISPs en Riobamba

EMPRESA	PLANES CORPORATIVO	PLANES DE HOGAR	TV PAGADA	TELEFONÍA	CÁMARAS IP	CORREO ELECTRÓNICO	CLOUD COMPUTING
CNT	X	X	X	X		X	
TV CABLE	X	X	X	X		X	
PUNTO NET	X	X	X	X	X		X
NETLIFE	X	X	X	X	X	X	X
FASTNET	X	X					

2.2.1.2 Costos de Internet en el Ecuador

En nuestro país de conformidad con la normativa vigente, se considera Internet de banda ancha a capacidades iguales o superiores a 1Mbps. Los planes que podemos contratar están divididos en planes residenciales y corporativos de acuerdo al nivel de compartición del ancho de banda en [Mbps].

Actualmente las tecnologías que más se utilizan para el acceso de Internet fijo son: tecnologías inalámbricas como por ejemplo Wi-Fi, tecnologías cableadas como HFC (Híbrida de fibra y coaxial) y fibra óptica con la tecnología FTTH (fibra hasta el hogar).

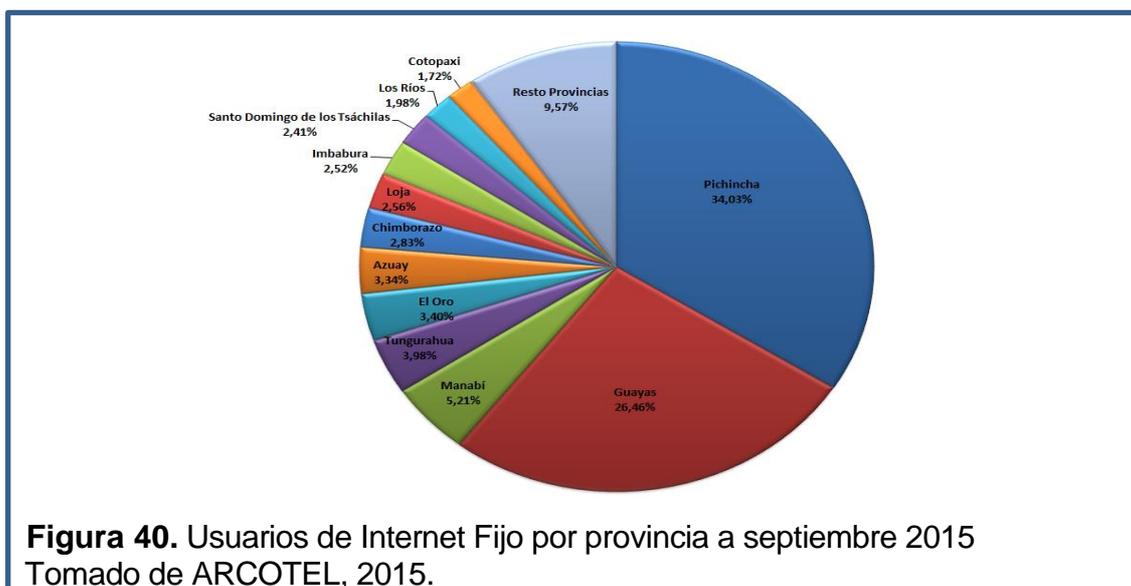
La tecnología ADSL prácticamente está quedando en desuso, ya que no soporta las actuales demandas de ancho de banda.

Tabla 18. Comparativa de velocidades, tarifas y tecnologías de ISPs en Riobamba

EMPRESA	VELOCIDAD	TARIFA USD	Costo de Instalación	TECNOLOGÍA
CNT	hasta 3000 Kbps	18,00	50,00	ADSL, Fibra
TV CABLE	3600/700 Kbps	19,90	0,00	HFC
PUNTO NET	hasta 2200 Kbps	19,90	50,00	Wi-Fi, Fibra
NETLIFE	15/3 Mbps	35,83	100,00	Fibra
FASTNET	hasta 1Mbps	25,00	Sin Información	Wimax

2.2.2 Análisis de la Demanda

Actualmente se está hablando del Internet de las cosas, se estima que en el 2020 la población mundial alcanzará un 11% más que el 2011 y se espera tener 50,000 millones de dispositivos conectados a Internet. Los servicios que operaban en redes independientes como la telefonía, la televisión, etc., están convergiendo a IP, La madurez de la computación en la nube marca otro hito importante en la evolución del internet.



En la tabla 19 se muestra la densidad de Internet, dada en número de usuarios por cada 100 habitantes.

Tabla 19. Densidad de Internet (usuarios)

AÑO	TOTAL DE USUARIOS	POBLACIÓN	DENSIDAD
2010	3.998.362	14.483.499	27,61%
2011	5.403.833	14.765.927	36,60%
2012	8.982.014	15.520.973	57,87%
2013	10.472.057	15.774.749	66,38%
mar-14	11.508.899	15.837.928	72,67%
jun-14	11.872.910	15.901.108	74,67%
sep-14	12.627.801	15.964.287	79,10%
dic-14	13.231.169	16.027.466	82,55%

Tomado de ARCOTEL, 2015.

2.2.3 Segmentación del Mercado y Determinación del Mercado Objetivo

La segmentación de mercado permite fraccionar el mercado objetivo en grupo más pequeños de posibles consumidores o usuarios del servicio de Internet, bajo los siguientes criterios de segmentación: Geográfico, Demográfico, Psicográfica y Conductual.

Partiendo de la segmentación geográfica, el cálculo será orientado a la parroquia Veloz, en la segmentación demográfica se discrimina por rango de edad entre 18 y 65 años, que para este estudio se considera como edad productiva, este cálculo se refleja en la tabla 20.

Tabla 20. Segmentación demográfica de los habitantes de la parroquia Veloz

Ciudad	Población (Parroquias urbanas)	Parroquia	Población	% Población en Edad Productiva (18-65 años)	Población en Edad Productiva
Riobamba	146732 hab.	Veloz	23575 hab.	66%	15560 hab.

Utilizando la Segmentación Psicográfica y con la información de la pirámide de los Niveles socioeconómicos de la figura 35, se escoge los niveles A, B y C+, que se considera que cumplen con las características de mercado potencial, ya que estarían en condiciones de adquirir el servicio de Internet.

Tabla 21. Población por Nivel Socio Económico de la parroquia Veloz

NSE A	NSE B	NSE C+	Total % de NSE	Población por NSE	Mercado Objetivo
1,90 %	11,20 %	22,80 %	35,90%	5586	1432

Con la información que la composición familiar es de alrededor 3.9 personas/familia, por lo tanto se tendrían 1432 clientes potenciales, ver tabla 21.

Para este estudio se utilizan diferentes fuentes de investigación primarias y secundarias, las fuentes secundarias que se utilizaron son publicaciones en las páginas web del INEC y la ARCOTEL; como fuentes primarias se realizaron encuestas a los habitantes de la localidad, para lo cual es indispensable calcular el tamaño de la muestra.

2.2.4 Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra es un componente importante en un proyecto de investigación, depende de aspectos como el nivel de confianza, el margen de error y la variabilidad de la población, de tal manera que los resultados obtenidos sean confiables.

Una vez que se tiene el mercado objetivo, con la ecuación 1 se calcula el tamaño de la muestra para una población finita:

$$n = \frac{Z_{\alpha} \cdot N \cdot p \cdot q}{i^2(N-1) + Z_{\alpha} \cdot p \cdot q} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

n = tamaño muestral

N = tamaño de la población = 1432

Z = valor correspondiente a la distribución de gauss, $Z_{0.05} = 1,96$ para un nivel de confianza del 95%

p = prevalencia esperada del parámetro a evaluar, se asume una proporción esperada del 70%

I = error que se prevé cometer si es del 10 %, $i = 0.1$

$$q = 1 - p = 1 - 0,7 = 0,3$$

Reemplazando los valores en la ecuación 1:

$$n = \frac{1,96 \cdot 1432 \cdot 0,7 \cdot 0,3}{0,1^2(1432 - 1) + 1,96 \cdot 0,7 \cdot 0,3}$$

$$n = 40$$

Este resultado implica que el número de personas a encuestas es de 40.

2.2.5 Diseño de la encuesta

En el estudio de mercado la encuesta constituye una herramienta muy valiosa en la evaluación de opiniones y tendencias, los resultados de las encuestas cuidadosamente diseñadas permiten tomar decisiones y planificar las estrategias de mercado.

Para la elaboración de la encuesta es necesario definir el tipo de preguntas a realizar en función de la información que se desea conocer y que se cree necesario de plantearlas para este estudio

El cuestionario se elaboró con de diez preguntas entre preguntas de respuesta única, de múltiples respuestas, de valoración, de escala numérica; que se utilizó para encuestar a cuarenta potenciales clientes de Internet residencial. El cuestionario se encuentra en el Anexo 2.

2.2.6 Presentación y análisis del resultado de las encuestas

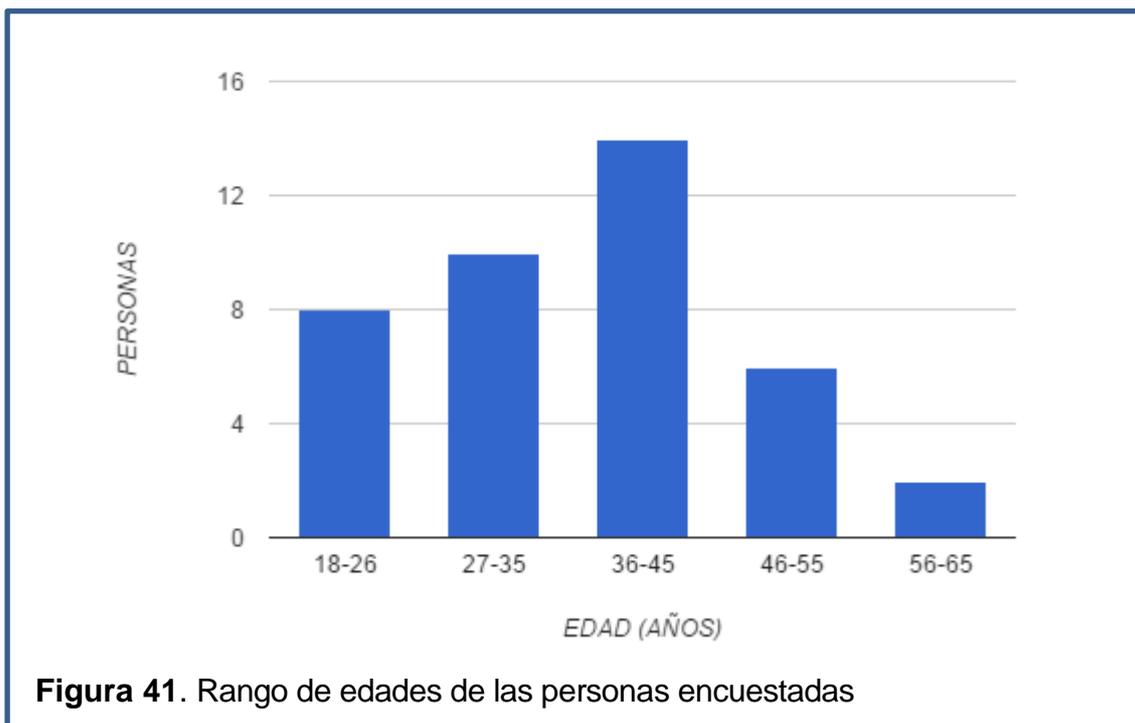
Las preguntas que solicitan datos informativos permiten segmentar a los encuestados en rangos de edad y sexo.

Datos Informativos

- Edad

Tabla 22. Rango de Edades de las personas encuestadas

EDAD (AÑOS)	PERSONAS
18-26	8
27-35	10
36-45	14
46-55	6
56-65	2
TOTAL	40

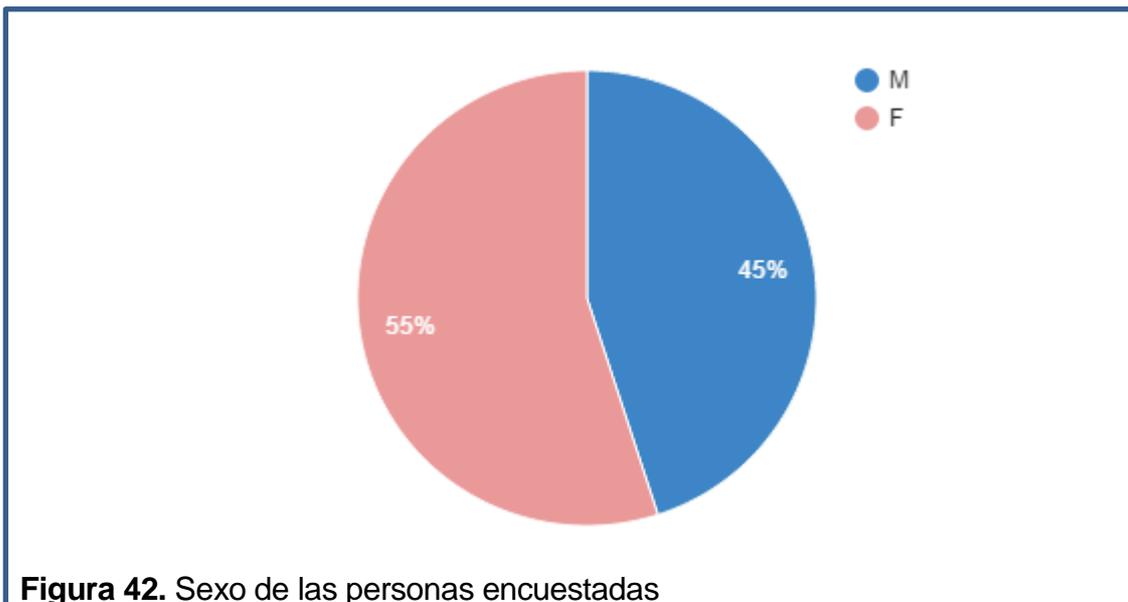


Las personas encuestadas están en el grupo de edad considerado como productivo (18-65 años) y dentro de este grupo de edades en la figura 41 se puede evidenciar que el mayor porcentaje de usuarios está en el rango de 36 a 45 años.

- Sexo

Tabla 23. Sexo de las personas encuestadas

SEXO	PERSONAS	PORCENTAJE
MASCULINO	22	55%
FEMENINO	18	45%
TOTAL	40	100%



Según los datos obtenidos existe una diferencia del 10% de encuestados del sexo masculino respecto al femenino y esto tiene cierta relación con los resultados del censo de población y vivienda del 2010 donde indica que los hombres tienen mayor acceso a la tecnología digital.

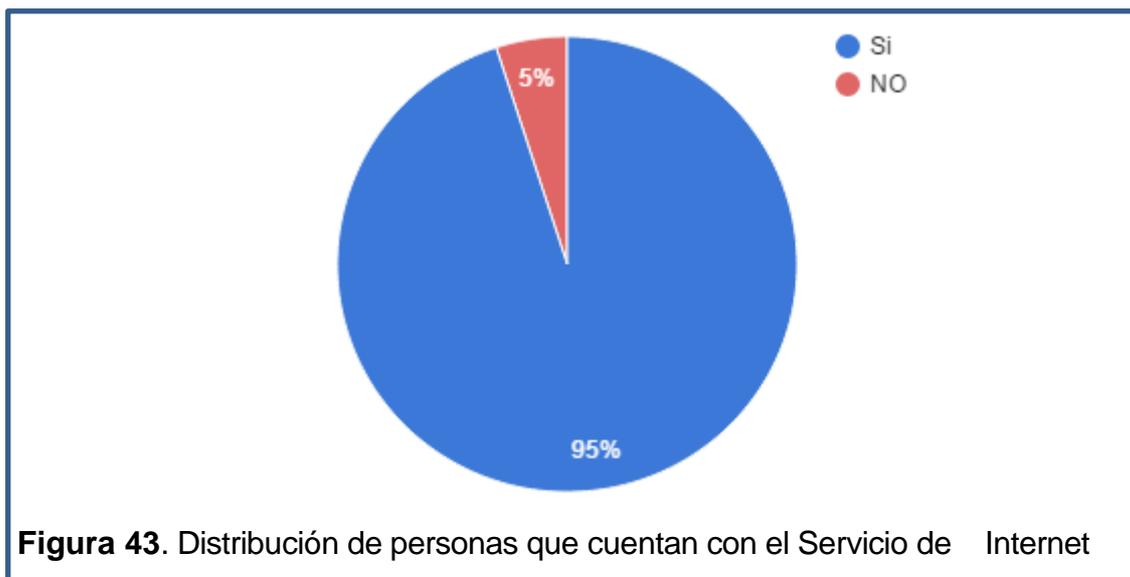
Cuestionario

1. ¿Actualmente tiene contratado el servicio de Internet?

Esta es una pregunta de respuesta única que busca determinar el porcentaje de personas que cuenta y que no cuentan con el servicio de Internet y conocer la necesidad que tienen los usuarios de contratar el servicio.

Tabla 24. Distribución de personas que cuentan con el Servicio de Internet

TIENE	PERSONAS	PORCENTAJE
Si	38	95%
NO	2	5%
TOTAL	40	100%



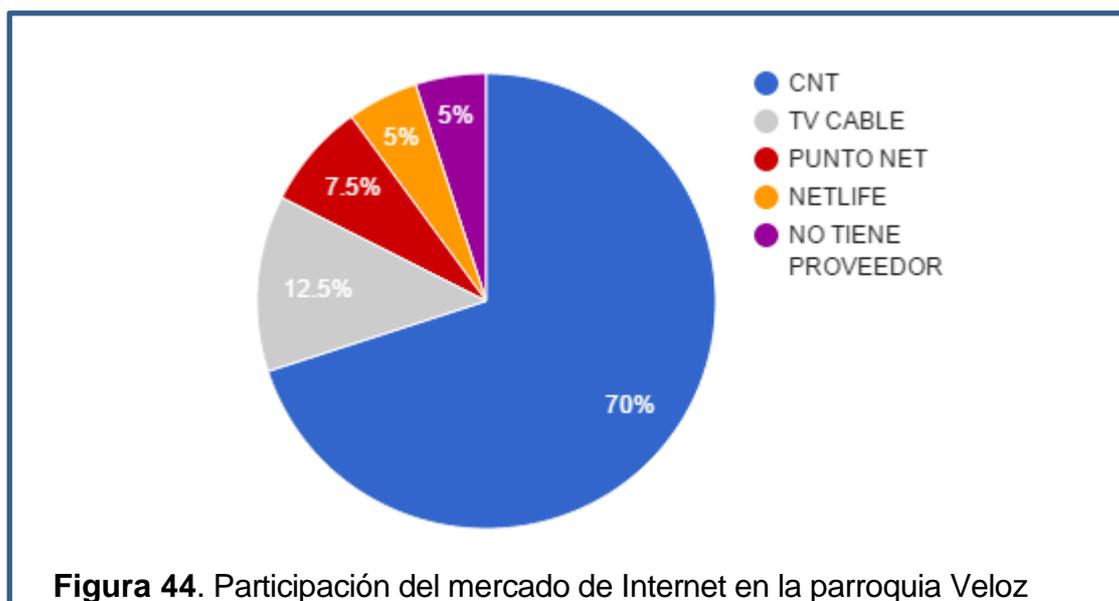
En la figura 43 se observa que el 95 % de personas tienen contratado el servicio de Internet, esto se debe a que este proyecto está enfocado a una parroquia urbana de la ciudad de Riobamba en donde las personas tienen el poder adquisitivo para contratar este servicio y existe cobertura de los proveedores de Internet; el 5 % que no cuentan con el servicio no es porque no lo desea contratar, sino porque no han encontrado el proveedor que les pueda brindar el servicio.

2. ¿Cuál es su proveedor actual de Internet?

Esta pregunta busca determinar el posicionamiento de los proveedores de internet en la localidad estudiada.

Tabla 25. Distribución de personas que cuentan con el Servicio de Internet

PROVEEDOR	ABONADO	PORCENTAJE
CNT	28	70%
TV CABLE	5	12.5%
PUNTO NET	3	7.5%
NETLIFE	2	5%
NO TIENE PROVEEDOR	2	5%
TOTAL	40	100%



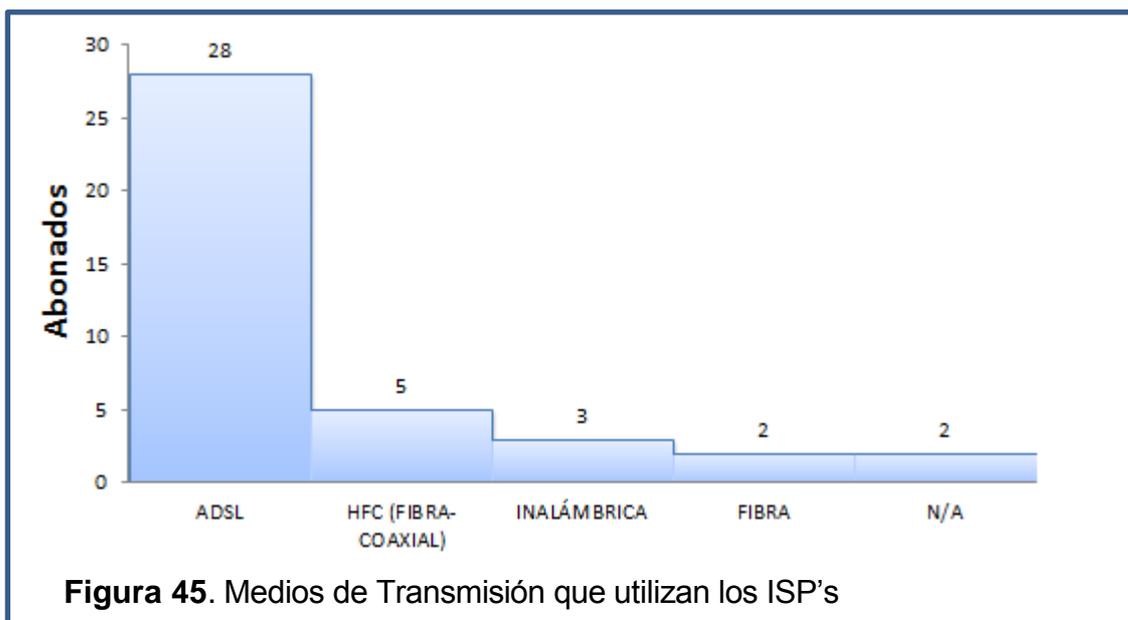
En la figura 44 se muestra en porcentaje al proveedor dominante que es CNT, los retadores TV Cable y Punto Net y Netlife tiene su nicho de mercado, estos resultados guardan relación con la participación del mercado de Internet en el país, ver fig. 38.

3. ¿Porque medio de transmisión le ofrece su proveedor este servicio?

Esta pregunta busca determinar cuál es el medio de transmisión que más están utilizando los proveedores de internet para llegar con el servicio a los hogares y conocer si el cliente tiene preferencia por algún medio de transmisión en particular.

Tabla 26. Medios de Transmisión que utilizan los ISP's

TECNOLOGÍA	ABONADO	PORCENTAJE
ADSL	28	70%
HFC (FIBRA-COAXIAL)	5	12.5%
INALÁMBRICA	3	7.5%
FIBRA	2	5%
N/A	2	5%
TOTAL	40	100%



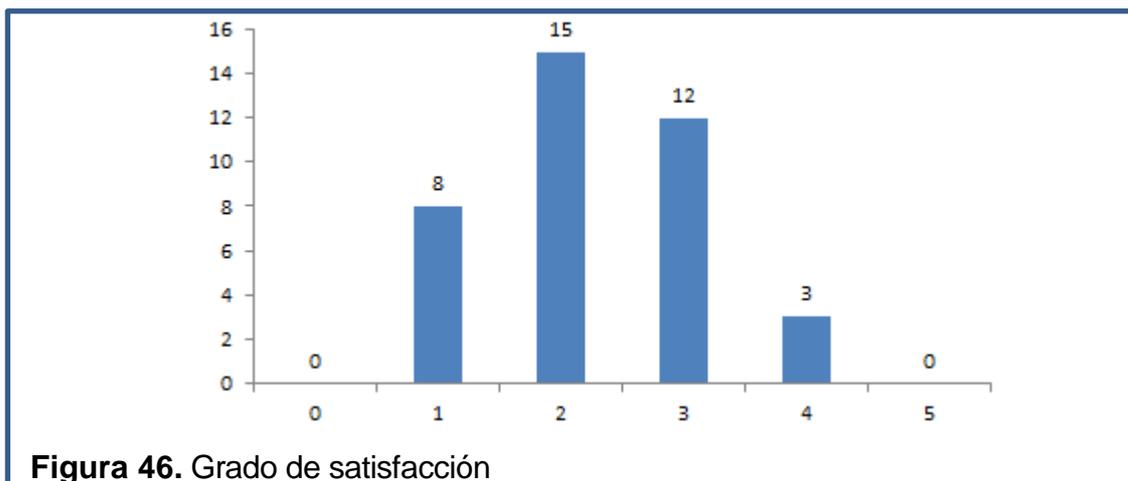
La gráfica 45 muestra que la mayor parte de usuarios reciben el servicio de internet a través de la tecnología ADSL ya que CNT EP., es el principal operador de telefonía fija en el Ecuador; TV Cable ofrece sus servicios a través de la tecnología HFC, permitiendo el acceso a Internet utilizando las redes CATV de esta empresa, PuntoNet utiliza la tecnología Wi-Fi para clientes de hogar y Netlife la Tecnología FFTH (fibra hasta el hogar), lo que le permite ofrecer planes con velocidades mayores o iguales a 15 Mbps.

4. ¿Su proveedor actual satisface sus expectativas del servicio de Internet?

Esta pregunta busca medir el nivel de satisfacción de los usuarios con su actual proveedor y revisar las debilidades para verlas como oportunidad de mejora.

Tabla 27. Grado de satisfacción usuarios

	GRADO DE SATISFACCIÓN	PERSONAS	PORCENTAJE
Pésimo	0	0	0.00%
	1	8	21.00%
	2	15	39.50%
	3	12	31.60%
	4	3	7.90%
Excelente	5	0	0.00%
	TOTAL	38	100%



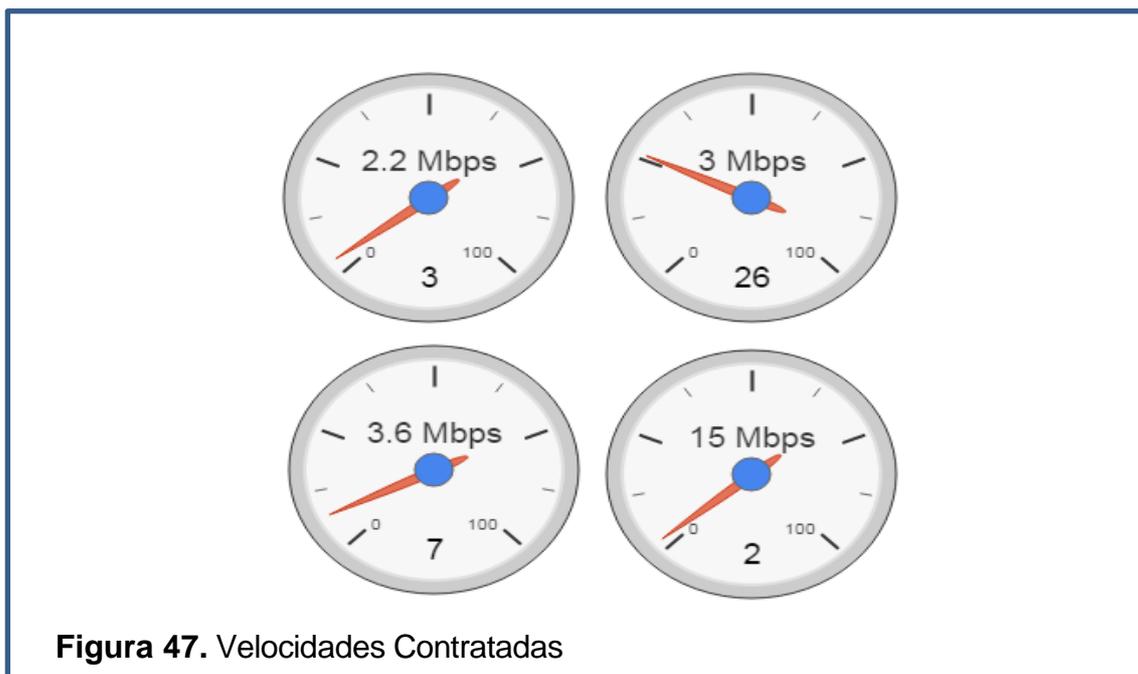
La figura 46 muestra que el nivel de satisfacción que está concentrado en su mayoría en malo, bueno y regular, con lo que se puede concluir que los proveedores no cubren todas las exigencias de los clientes, entre los principales problemas que manifiestan los usuarios es que no tienen una adecuada atención posventa o de soporte a usuarios, que les ayude a resolver oportunamente los incidentes que se les presenta con el servicio, otro problema importante que comentan es que la navegación se vuelve muy lenta en horas pico; por ende estarían dispuestos a cambiarse de proveedor si este les ofrece un mejor servicio y soporte.

5. ¿Qué plan tiene contratado?

Esta pregunta está orientada a determinar qué velocidad en [Mbps] que más contratan los usuarios de internet, esto guarda estrecha relación con el tamaño de los hogares y el nivel socio económico.

Tabla 28. Velocidades Contratadas

Velocidades Hasta	PERSONAS	PORCENTAJE
2.2 Mbps	3	7.5%
3 Mbps	26	70%
3.6 Mbps	7	17.5%
15 Mbps	2	5%
TOTAL	38	100%



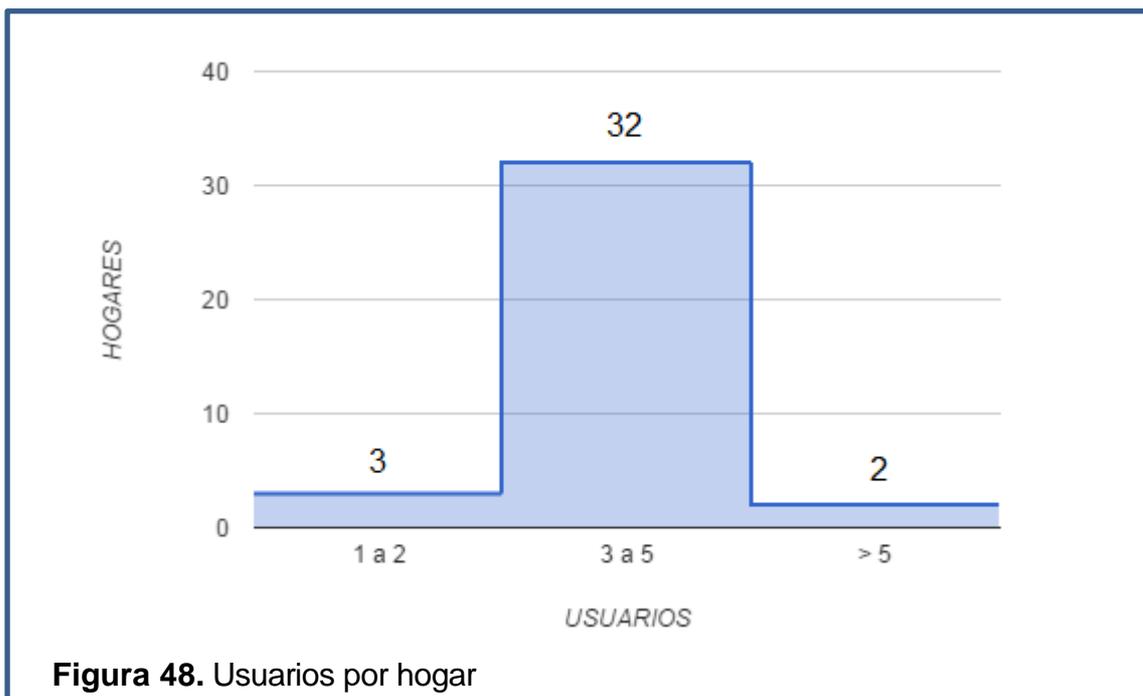
La velocidad de 3 [Mbps] es la más contratada con el 70% y esto se debe a que CNT es el principal proveedor (ver fig. 47) y esta empresa dentro de sus planes de internet fijo ofrece planes para hogar desde 3 [Mbps].

6. ¿Cuántas personas usan Internet en tu hogar?

El objetivo de esta pregunta es saber si el plan contratado guarda relación con el número de usuarios que podrían utilizar simultáneamente el servicio.

Tabla 29. Usuarios por hogar

USUARIOS	HOGAR	PORCENTAJE
1 a 2	3	7.9%
3 a 5	33	86.8%
+ 5	2	5.3%
TOTAL	38	100%



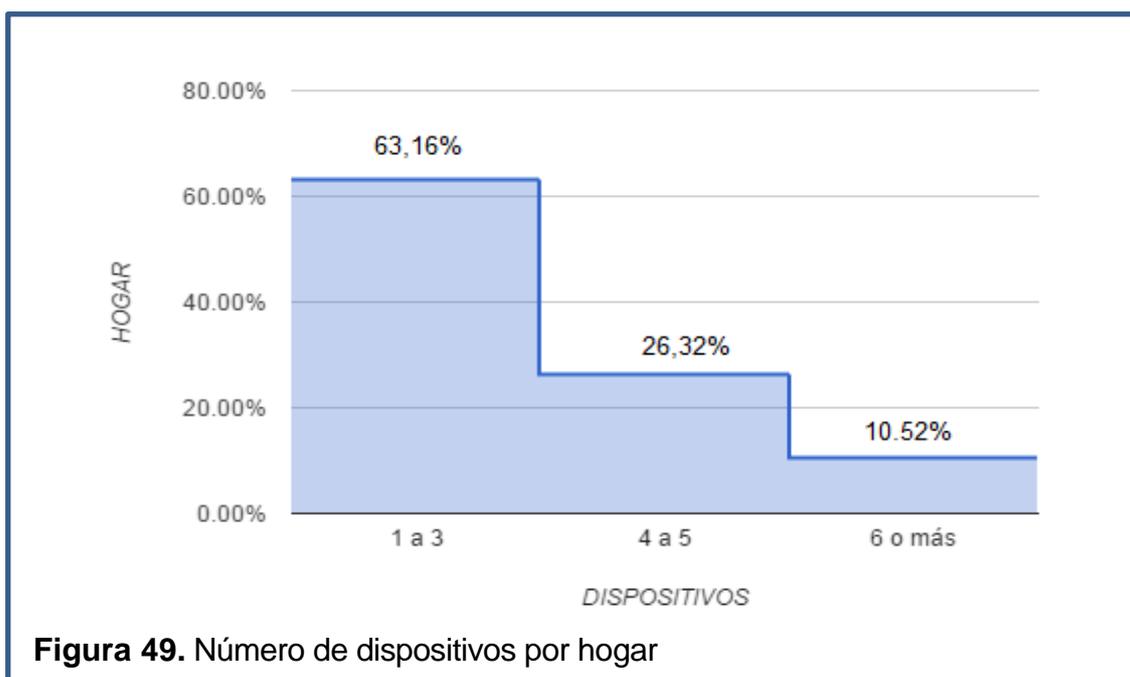
La composición familiar con mayor porcentaje es de 3 a 5 usuarios/hogar, de las 40 hogares encuestados, 32 están dentro del rango de 3 a 5 usuarios, lo que representa un 86.8%.

7. ¿Cuántos dispositivos adicionales se conectan en tu hogar?

Teniendo el conocimiento de cual es número de usuarios por hogar que tiene mayor ponderación, es importante también conocer la cantidad de dispositivos por hogar, esto para determinar los planes de hogar con las velocidades adecuadas.

Tabla 30. Número de dispositivos por hogar

DISPOSITIVOS	HOGAR	PORCENTAJE
1 a 3	24	63.16%
4 a 5	10	26.32%
6 o más	4	10.52%
TOTAL	38	100%



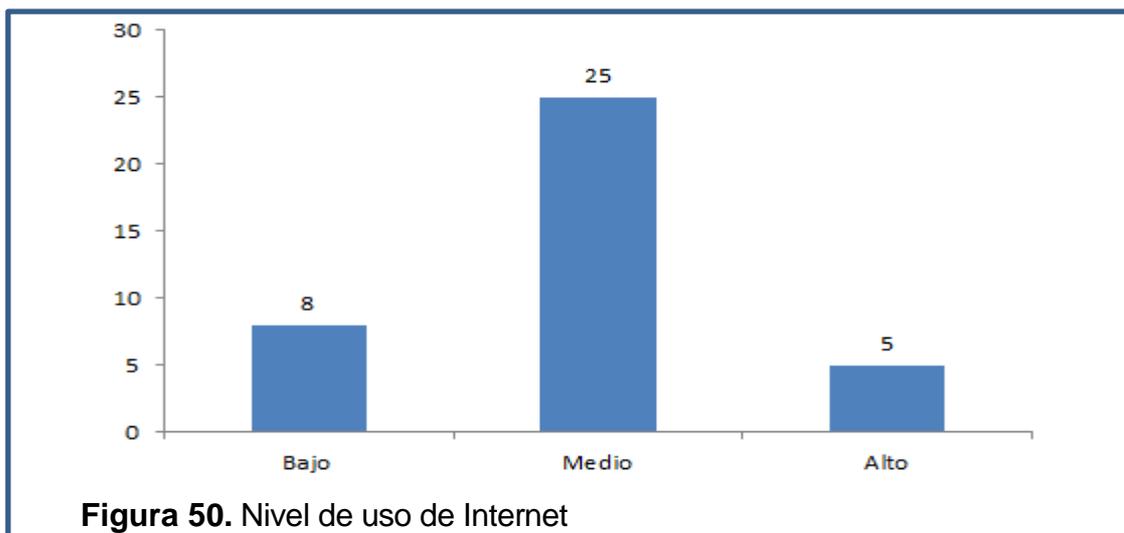
8. ¿Para qué usa el Internet?

Esta pregunta está elaborada para conocer el nivel de uso de internet por hogar, el nivel de uso se clasifica en: bajo, medio y alto:

- Bajo.-** Utilizo el Internet principalmente para leer correos, noticias, chatear y navegar por la web.
- Medio.-** Bajo música, navego en páginas como YouTube y escucho radio online.
- Alto.-** Utilizo programas para bajar videos, películas y juegos online

Tabla 31. Nivel de uso de Internet

NIVEL DE USO	HOGAR	PORCENTAJE
Bajo	8	21.05%
Medio	25	65.79%
Alto	5	13.16%
TOTAL	38	100%

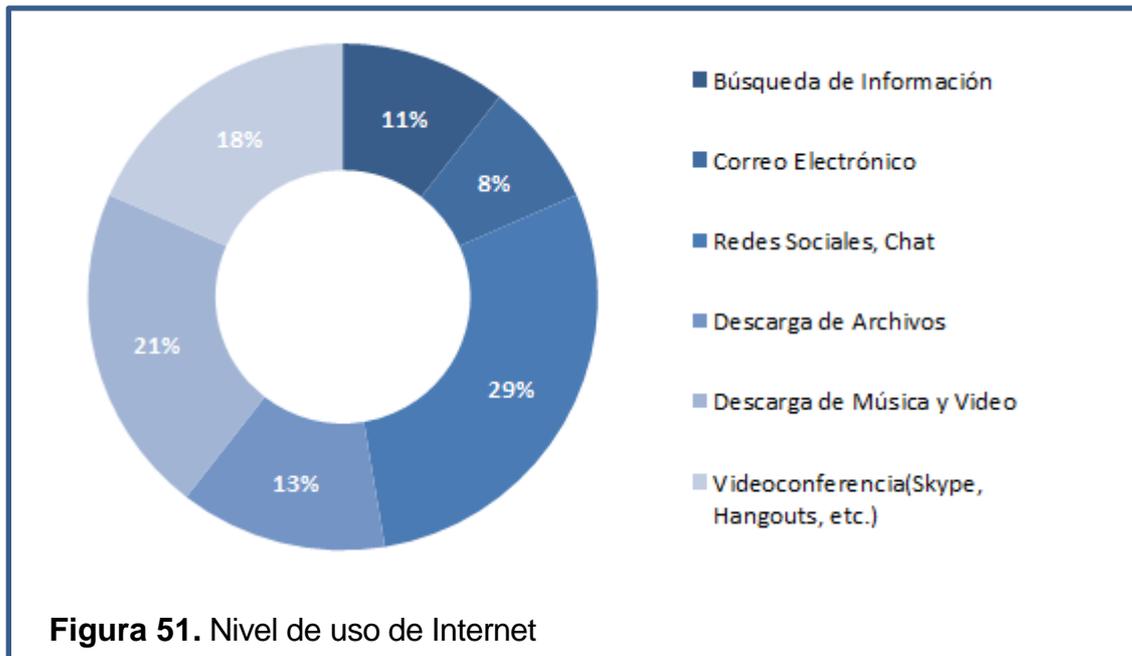


9. ¿Qué servicios de Internet utiliza más?

Con esta pregunta se busca medir que servicios utilizan con mayor frecuencia los usuarios de Internet, de tal manera que se pueda tener información suficiente para saber cómo priorizar el tráfico de Internet en base a los servicios o aplicaciones con mayor porcentaje de uso.

Tabla 32. Servicios de Internet que utilizan más

SERVICIOS	USUARIOS	PORCENTAJE
Búsqueda de Información	4	10.53%
Correo Electrónico	3	7.89%
Redes Sociales, Chat	11	28.95%
Descarga de Archivos (Software, Actualizaciones)	5	13.16%
Descarga de Música y Video	8	21.05%
Videoconferencia (Skype, Hangouts, etc.)	7	18.42%
TOTAL	38	100%



10. ¿Que esperaría de su proveedor de Internet?

El éxito de un negocio está en escuchar a los clientes, entender sus necesidades y exigencias, para convertirlas en oportunidad de mejora y así ofrecer un servicio de calidad. La mayoría de personas encuestadas coinciden en que el servicio postventa es el que debe mejorar, las empresas proveedoras de Internet deben estar en la capacidad de dar soporte oportuno a sus clientes en caso de incidentes o fallas en el servicio.

Capítulo III: DISEÑO DE SOLUCIÓN PROPUESTA

En este capítulo se realiza la proyección del número de clientes residenciales para un periodo de tres años y la proyección del ancho de banda que estos clientes consumirían en periodos trimestrales, conceptos teóricos del comportamiento de las ondas electromagnéticas, el diseño de la red bajo el estándar 802.11 que permitirá a un WISP tener cobertura en la parroquia Veloz de la ciudad de Riobamba, el análisis y selección del equipamiento propuesto y parámetros de configuración básicos.

3.1 Proyección del número de clientes y Estimación del tráfico

3.1.1 Proyección del Número de Clientes Residenciales

Es necesario proyectar el probable número de clientes residenciales a partir de los 1432 que se obtuvo como mercado meta. Los resultados arrojados en la pregunta 5 de la encuesta indican que el 7.5% tiene contratado o estaría dispuesto a contratar un plan de 2.2 Mbps, el 70% 3Mbps, el 17.5% 3.6 Mbps y el 5% 15Mbps.

De la encuesta también se pudo obtener que de los 7 permisionarios registrados en la ARCOTEL con cobertura en Riobamba, cuatro empresas tienen la mayor participación. Al incluir un nuevo competidor se asume que este puede llegar a tener el 20% del mercado meta global inicial, si dividimos el 100% del mercado para las 5 empresas.

Tabla 33. Proyección del Número de Clientes Residenciales

Ancho de Banda	% Persona/Plan Contratado	Mercado Meta Inicial	% Participación nuevo ISP	Mercado Inicial Residencial
2.2 Mbps	7.5	107	20	21
3 Mbps	70	1002	20	200
3.6 Mbps	17.5	250	20	50
15 Mbps	5	71	20	14
TOTAL	100	1432	20	286

Como se muestra en la tabla 33, el total de mercado residencial inicial es de 286 posibles clientes.

La ARCOTEL en su página Web muestra entre otras cosas que el número de cuentas dedicadas de Internet en la provincia de Chimborazo en diferentes periodos de tiempo. Para el ejercicio se toma el periodo de septiembre del 2013 a marzo del 2015.

Tabla 34. Número de Cuentas dedicadas de Internet en la provincia de Chimborazo, Sep-2013 a Mar-2015

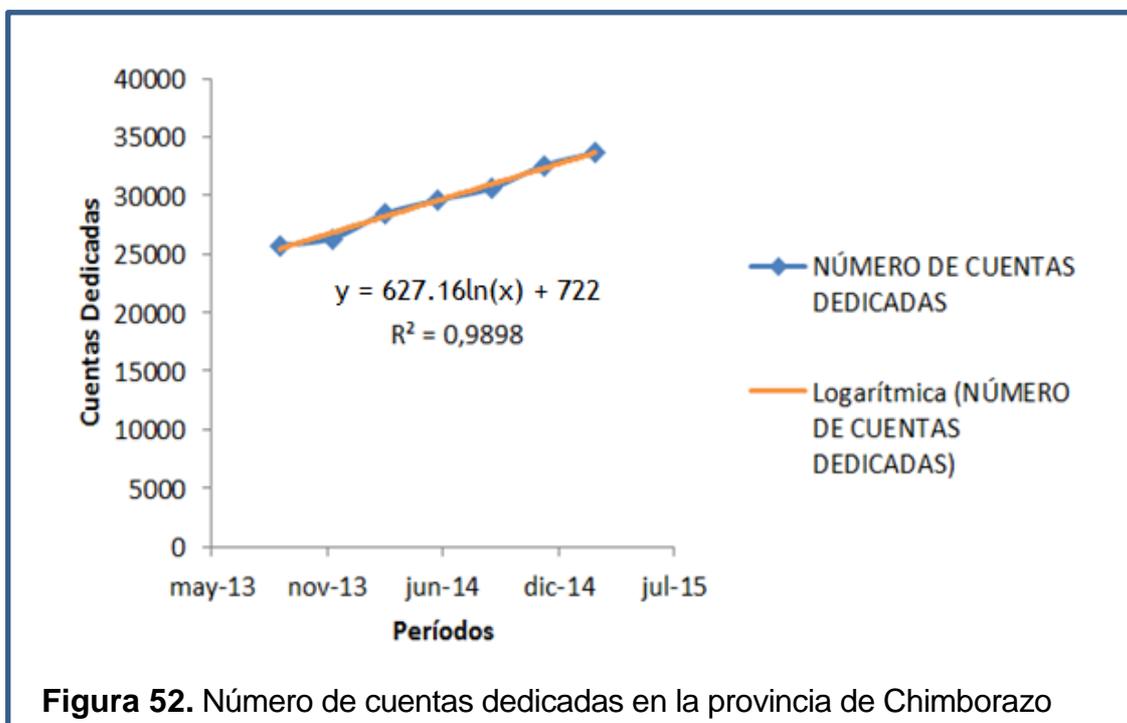
PERIODO	NÚMERO DE CUENTAS DEDICADAS
sep-13	25743
dic-13	26342
mar-14	28427
jun-14	29617
sep-14	30613
dic-14	32530
mar-15	33654

Tomado de ARCOTEL, 2015.

Dado que el uso de Internet crece a un ritmo exponencial, se utilizan modelos matemáticos para hacer cálculos y proyecciones respecto al incremento del número de abonado en un periodo determinado. De la misma forma, puesto que el crecimiento se determina como un porcentaje en lugar de una cantidad fija, se modela por medio de una función exponencial y no mediante una función lineal.

Para diseñar la red es necesario conocer cuál es la proyección de crecimiento de los clientes, en este tipo de proyectos lo más probable es que el plazo sea incierto para el decisor. Sin embargo, para este análisis se determina un periodo de vida del proyecto de 3 años, que es un plazo razonable en términos financieros, en donde se espera que el inversionista recupere su inversión

inicial, así también la evaluación se realiza sobre una base trimestral, para lo cual se utiliza los datos de la tabla 34, con el objetivo de obtener la función logarítmica de proyección de crecimiento del número de cuentas dedicadas en la provincia de Chimborazo y poderla aplicar la ecuación a nuestro caso de estudio.



Para obtener dicha función se realiza el gráfico de dispersión y aplicando el concepto de regresiones logarítmicas, se obtienen la ecuación que se muestra en la figura 66

$$Y = 627,16\ln(x) + 722 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

Y= Número de cuentas dedicadas

X= Número de Trimestre

De la ecuación anterior se obtiene que el factor de crecimiento es $627016 \ln(X)$ para las cuentas dedicadas de la provincia de Chimborazo, como en esta provincia se tiene registrado 7 ISPs y asumiendo una distribución uniforme del mercado, el factor de crecimiento sería **89,59 $\ln(x)$** para cada ISP.

Sabiendo que el mercado inicial es de 286 y aplicando este valor a la ecuación, se obtienen lo siguiente:

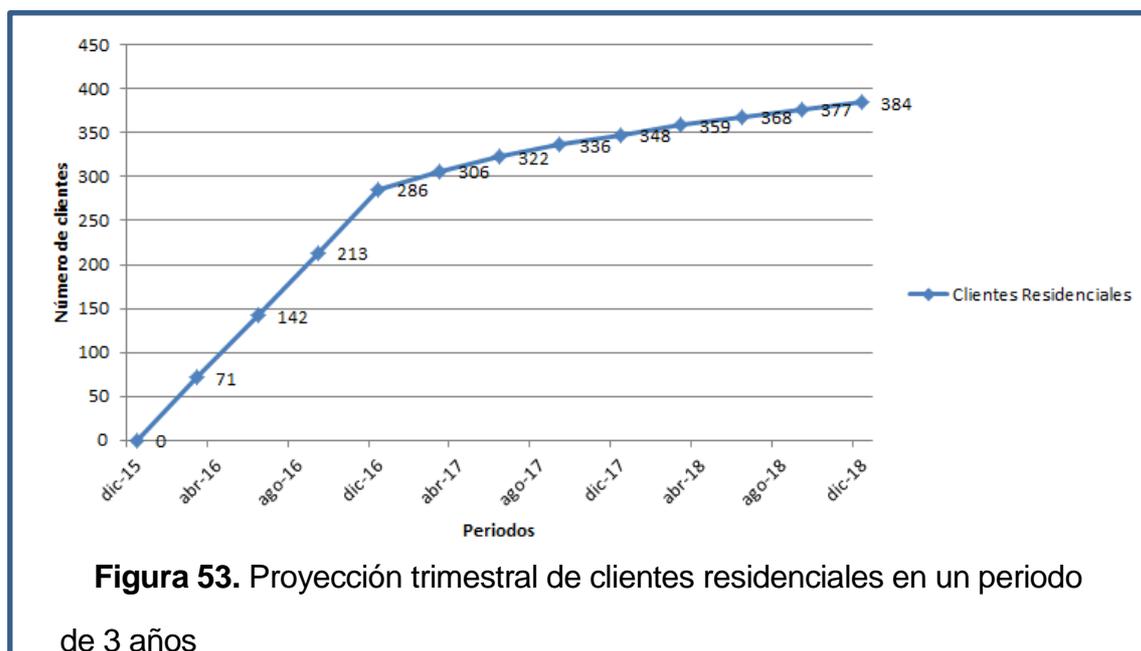
$$Y = 89,59 \ln(x) + 286 \quad (\text{Ecuación 3})$$

El crecimiento de los clientes en el primer año es lineal hasta captar el mercado inicial de 286 clientes, para el segundo y tercer año el crecimiento es logarítmico aplicando la ecuación anterior, los resultados se observan en la tabla 35.

Tabla 35. Proyección Trimestral de Clientes residenciales en un periodo de 3 años

PERIODO	CLIENTES				TOTAL
	2.2 Mbps 7,50%	3 Mbps 70,00%	3.6 Mbps 17,50%	15Mbps 5,00%	
dic-15	0	0	0	0	0
mar-16	5	50	12	4	71
jun-16	11	99	25	7	142
sep-16	16	149	37	11	213
dic-16	22	200	50	14	286
mar-17	23	214	54	15	306
jun-17	24	226	56	16	322
sep-17	25	235	59	17	336
dic-17	26	244	61	17	348
mar-18	27	251	63	18	359
jun-18	28	258	64	18	368
sep-18	28	264	66	19	377
dic-18	29	269	67	19	384

En la figura 53, están representados de forma gráfica los valores de la tabla 35.



3.1.2 Estimación del consumo del tráfico para los clientes residenciales

Con la proyección del número de usuarios y los planes que los clientes estarían dispuestos a contratar de acuerdo a los resultados de la encuesta, se puede estimar la cantidad de tráfico IP que se consumiría, con la siguiente fórmula:

$$T = \frac{N \times AB_n}{AB \times C} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

T = Tráfico generado por los clientes residenciales, calculado en [Mbps]

N = Número de clientes residenciales

AB_n = Ancho de Banda asignado a un grupo de clientes

AB = Ancho de banda de 1 [Mbps] = 1024 [Kbps]

C = Nivel de compartición 6:1

Reemplazando los valores de la tabla 35 y los planes de establecido en la ecuación se tiene como resultado los valores de la tabla 36.

Tabla 36. Capacidad en [Mbps] para cada Grupo de usuarios residenciales

PERIODO	CAPACIDAD				
	2.2 Mbps 7.5%	3 Mbps 70,00%	3.6 Mbps 17.5%	15 Mbps	TOTAL
dic-15	0,00	0,00	0,00	0,00	0
mar-16	1,83	25,00	7,20	10,00	44
jun-16	4,03	49,50	15,00	17,50	86
sep-16	5,87	74,50	22,20	27,50	130
dic-16	8,07	100,00	30,00	35,00	173
mar-17	8,43	107,00	32,40	37,50	185
jun-17	8,80	113,00	33,60	40,00	195
sep-17	9,17	117,50	35,40	42,50	205
dic-17	9,53	122,00	36,60	42,50	211
mar-18	9,90	125,50	37,80	45,00	218
jun-18	10,27	129,00	38,40	45,00	223
sep-18	10,27	132,00	39,60	47,50	229
dic-18	10,63	134,50	40,20	47,50	233

Según los resultados de la tabla 36 se espera que en diciembre del 2018 los clientes generen un consumo de 233 Mbps.

3.2 Diseño de la Red

Teniendo presentes los conceptos expuestos en el Marco Teórico como: redes inalámbricas de datos (particularmente las redes Wi-Fi), los componentes de la Red, las técnicas de modulación, el espectro radioeléctrico, sus canales y frecuencias, los diferentes tipos de antenas y sus aplicaciones, etc., y los datos obtenidos en el capítulo 2, es necesario también agregar algunos conceptos relacionados a los sistemas radioeléctricos y el comportamiento de las ondas de radio.

3.2.1 Bases teóricas

3.2.1.1 ¿Qué es una onda de radio?

En física entendimos el concepto de una onda mecánica, las Ondas de Radio u Ondas Electromagnéticas tienen las mismas propiedades de: velocidad, frecuencia y longitud de onda, vinculadas con la siguiente relación:

$$\text{Velocidad} = \text{Frecuencia} * \text{Longitud de Onda}$$

Las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío a la velocidad de la luz “c” y se calcula con la siguiente ecuación:

$$c = f \times \lambda \quad \text{(Ecuación 5)}$$

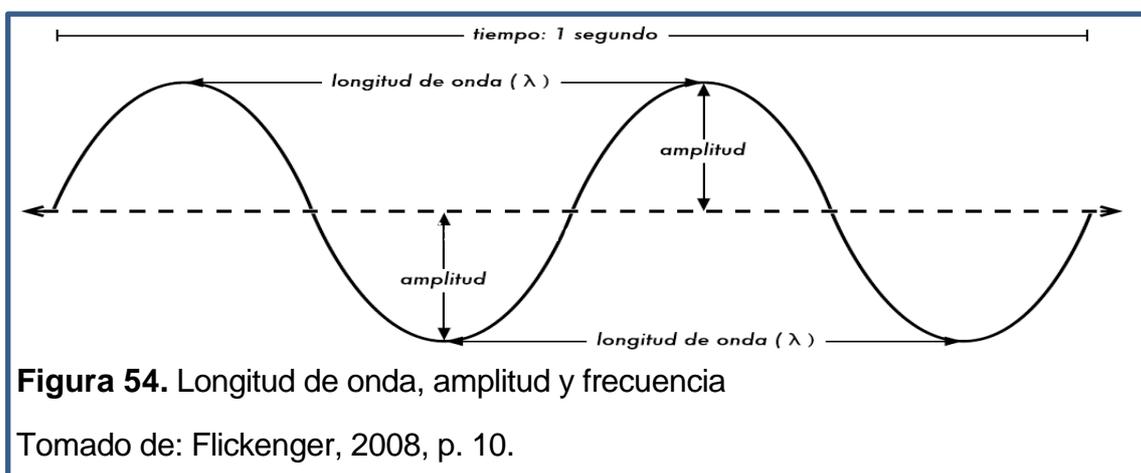
Dónde:

c = velocidad de la luz; $c = 3 \times 10^8 [m/s]$

f = frecuencia; su mide en [Hz]

λ = longitud de onda, lambda.

en la gráfica 54 está representada una onda con sus respectivos componentes.



3.2.1.2 Polarización

Esta característica describe la dirección del vector campo eléctrico. La polarización vertical se da cuando una antena bipolar se alinea en este sentido, con este comportamiento, el campo que abandona la antena para viajar como

onda electromagnética tiene una polarización lineal en forma vertical. En sentido opuesto se tendría una polarización lineal en orientación horizontal.

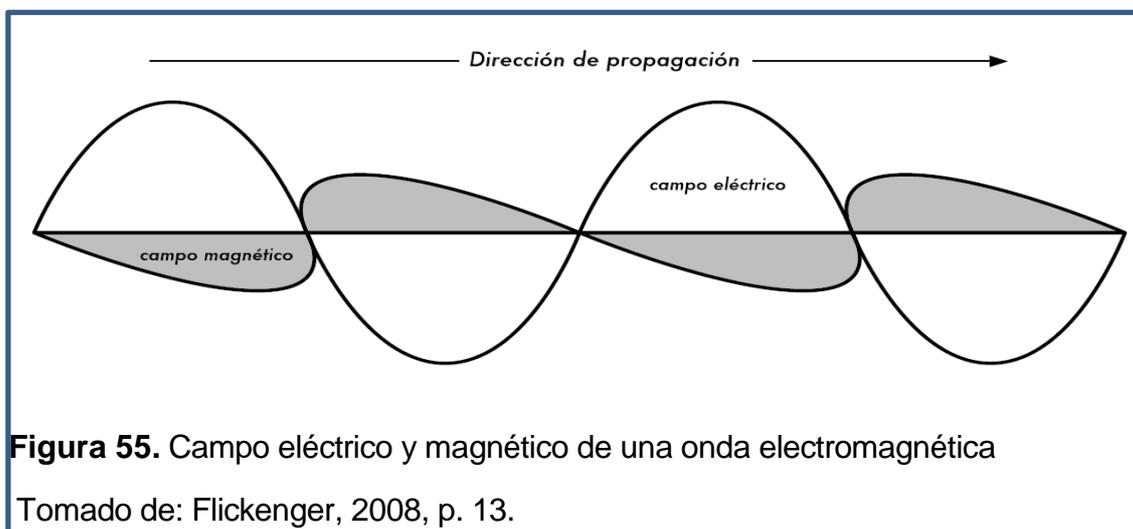


Figura 55. Campo eléctrico y magnético de una onda electromagnética

Tomado de: Flickenger, 2008, p. 13.

La polarización lineal que se muestra en la figura 55, es solo un caso particular y no es perfecta, ya que los componentes de campo también se propagan en otras direcciones en menor magnitud. Existen otros tipos de polarización como la circular y elíptica.

En un enlace inalámbrico ya sea punto a punto o multipunto es importante determinar la polarización al momento de alinear las antenas, porque aunque tengamos antenas de gran calidad, no podemos tener un enlace eficiente por la desadaptación de polarización.

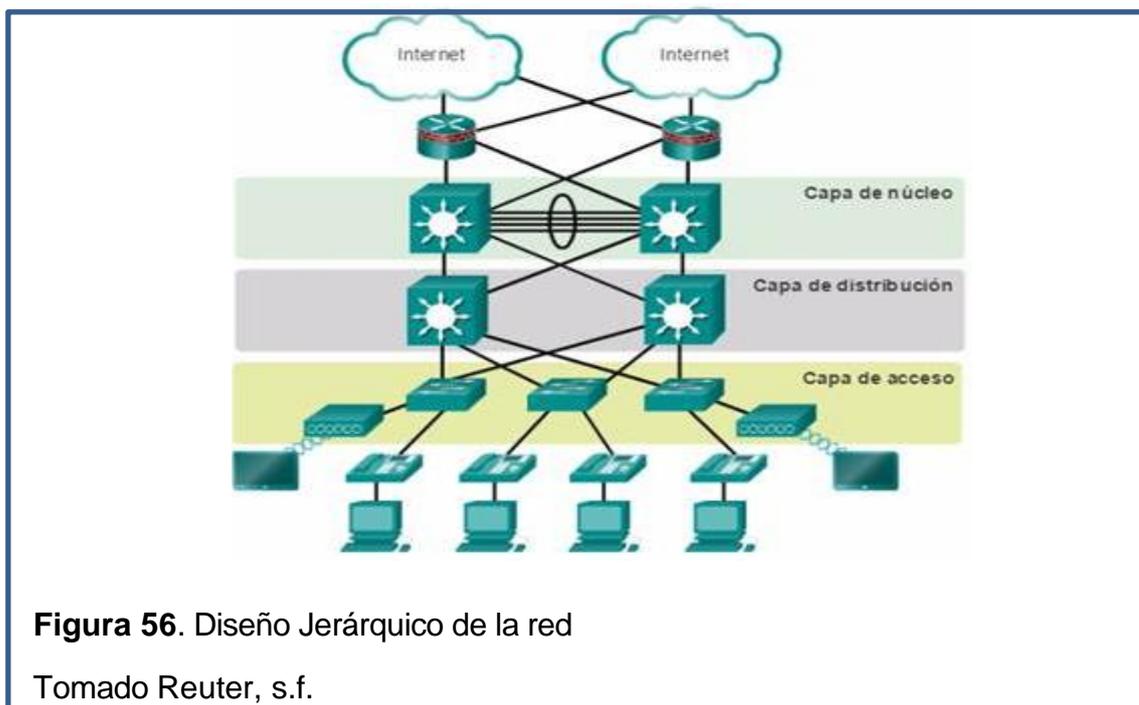
3.2.1.3 Ancho de Banda

Como concepto, el AB guarda relación con la cantidad de datos que se pueden transmitir. Teóricamente, si seleccionamos el ancho del canal de 40 MHz podremos transmitir una cantidad mayor de datos que en 20 MHz. Si la conexión a Internet es de 1Mbps, significa que la tasa de transmisión es de 1 megabit por segundo.

3.2.2 Arquitectura de un ISP

La red de un ISP debe tener una estructura definida desde su concepción y planificada para su crecimiento; debido que a medida que las redes IP crecen, su gestión y administración se torna complejas. El modelo jerárquico de tres capas determina un orden dentro de la red.

Las capas de este modelo se aprecian en la figura 56



3.2.2.1 Red de acceso

La red permite conectar al usuario directamente con la red del ISP a través de los diferentes medios de transmisión que se revisaron en el marco teórico. El medio de transmisión para este proyecto es la tecnología Wi-Fi.

Independiente de la tecnología que se utilice, el equipo que se localizadas en el lado del suscriptor y donde termina la comunicación se denomina CPE.

3.2.2.1.1 Diseño de la Red de Acceso

Esta red debe estar en la capacidad de conectar a los usuarios/clientes de Internet a la red del Proveedor: La tecnología con la que se realiza este diseño es bajo el estándar 802.11 en la banda de 5 [GHz].

3.2.2.1.1.1 Redes Punto Multipunto

Las redes inalámbricas fueron concebidas bajo una arquitectura Punto a Punto (PtP), sin embargo, partiendo de la necesidad de contar con redes de acceso inalámbrico, nacen las redes o enlaces Punto a Multipunto (PtMP), que simplemente son varios enlaces PtP con un elemento común que se le conoce como Estación Base.

Los factores a tener en cuenta en un PtMP son:

- CSMA tiene como desventaja que se generan problemas de degradación en la calidad del enlace a medida que se conectan más clientes al AP.
- El procesamiento y memoria de los APs son recursos de hardware son aspectos importante a considerar.
- El ancho de banda máximo que puede alcanzar los equipos depende del ancho del canal que se escoja y del número de segmentos espaciales con los que cuente el AP. ver tabla 36.

Tabla 37. Velocidades de transmisión por segmentos espaciales

	Antenas TX/RX	Segmentos espaciales	Máxima velocidad del Enlace
Dual Stream	2x2	2	300 Mbps
Dual Stream	2x3	2	300 Mbps
Multiple Stream	3x3	3	450 Mbps

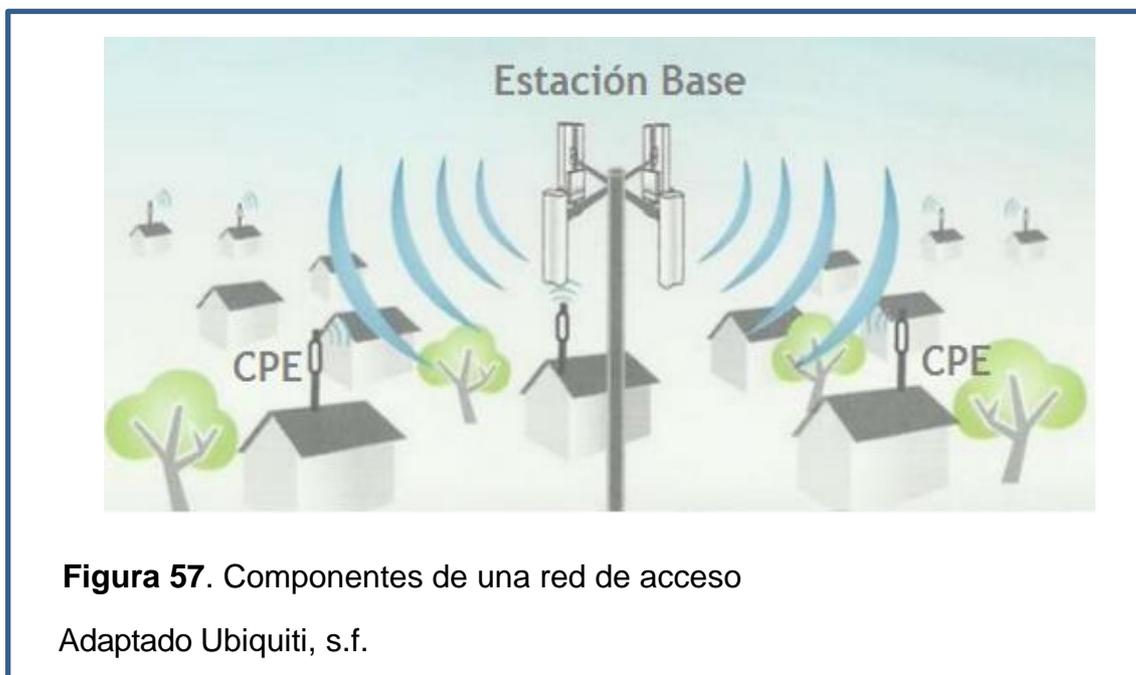
Adaptado de Laufquen, s.f.

- El ancho de banda que se le asigne al cliente dependiendo del plan comercial, es un referente para estimar máximo número de clientes que podría soportar un AP manteniendo su mejor rendimiento.

3.2.2.1.1.2 Componentes de la Red de Acceso

Los principales componentes de esta red se representan en la figura 57:

- La Estación Base (EB)
- El Equipo Local del Cliente (CPE)



3.2.2.1.1.2.1 Estaciones Base (EB)

La EB es el dispositivo común en una infraestructura de red inalámbrica y sirve especialmente para los siguientes propósitos:

- Dentro de su área de cobertura, la EB permite la comunicación de los las estaciones Wi-Fi, además realiza funciones de repetidor y amplificador.
- Permite la conexión entre la red Wi-Fi y la red cableada para que los abonados consuman los de servicios IP.



Figura 58. Estación Base

Tomado ALTAI, 2015, p. 6.

De esta manera, las estaciones base (ver fig. 58) soportan comunicaciones PtP y PtMP.

Dependiendo del fabricante, las Estaciones Base pueden venir integradas listas para la instalación y configuración o también se las puede armar dependiendo de la necesidad y el entorno en donde se van a trabajar. Las EBs se las puede estructurar por los radios principales de una red Punto Multipunto configurados en modo Access Point que trabajan en conjunto con antenas que permiten ofrecer una determinada cobertura, del lado del suscriptor se colocan radios configurados en modo estación que cumple la función de un CPE.

3.2.2.1.1.2.1.1 Access Point (AP)

Un punto de acceso inalámbrico, es un equipo de Capa 2 que repite las señales Wi-Fi para permitir la interconexión de equipos terminales.

802.11 utiliza el Acceso Múltiple por Detección de Portadora (CSMA) para evitar las colisiones, transmitiendo por el canal que se encuentra desocupado.

3.2.2.1.1.2.1.2 Antenas Wi-Fi para enlaces punto multipunto



Figura 59. Tipos de Antenas según el patrón de radiación

Tomado de opción Web, 2008.

Las antenas son dispositivos que tienen la función de convertir las ondas guiadas en ondas electromagnéticas y viceversa.

Las características relevantes que tiene una antena son: patrón de radiación, ganancia, directividad y polarización.

En la figura 60 se representa el patrón de elevación y el patrón de azimuth de un dipolo genérico.

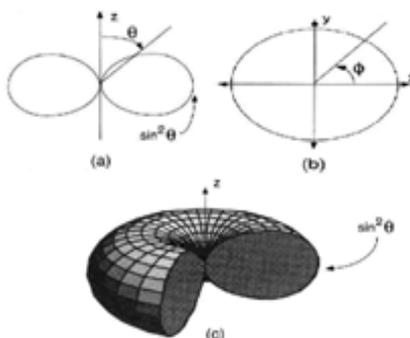


Figura 60. Patrones de Radiación

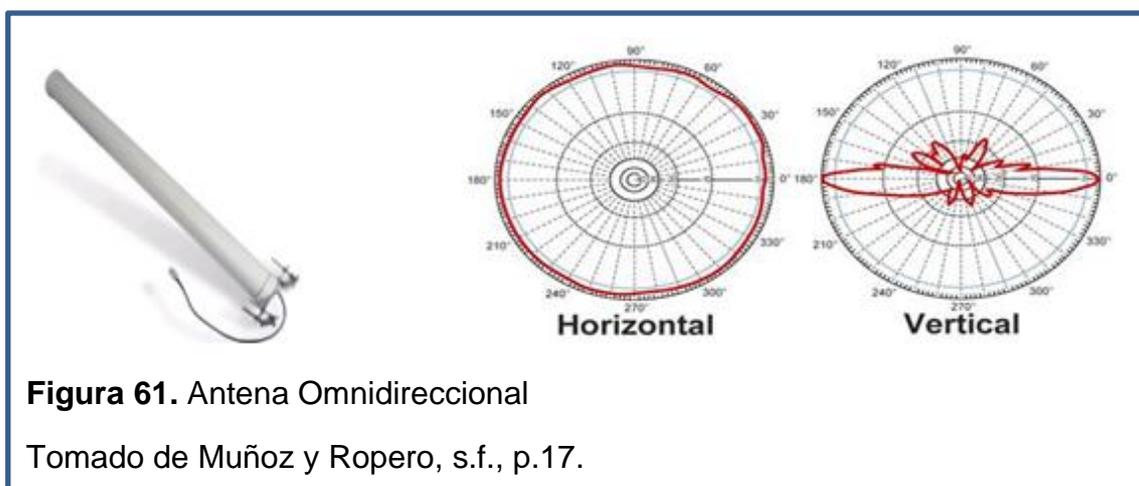
WNI MEXICO, 2014.

3.2.2.1.1.2.1.2.1 Tipos de Antenas para la Estación Base

De acuerdo a sus características existe una variedad de tipos de antenas, para estaciones base las que más comúnmente se utilizan son:

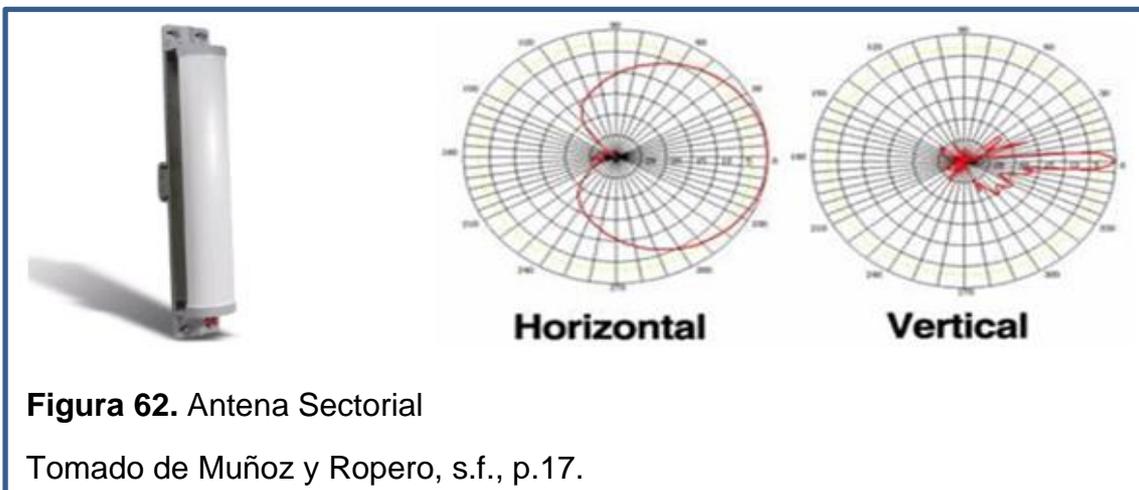
3.2.2.1.1.2.1.2.1 Antenas Omnidireccionales

Las antenas Omnidireccionales Emiten/Reciben la señal inalámbrica teóricamente en todas las direcciones (360°). Ver figura 61.



3.2.2.1.1.2.1.2.2 Antenas Sectoriales

Las antenas Sectoriales Emiten/Reciben la señal inalámbrica dentro de un sector circular por ejemplo de 45° , 60° , 90° o 120° , tienen mayor potencia (dBi) que las omnidireccionales pero tienen un determinado ángulo de cobertura.



Como se puede observar en la figura 62, una antena sectorial es más directivas que una omnidireccional.

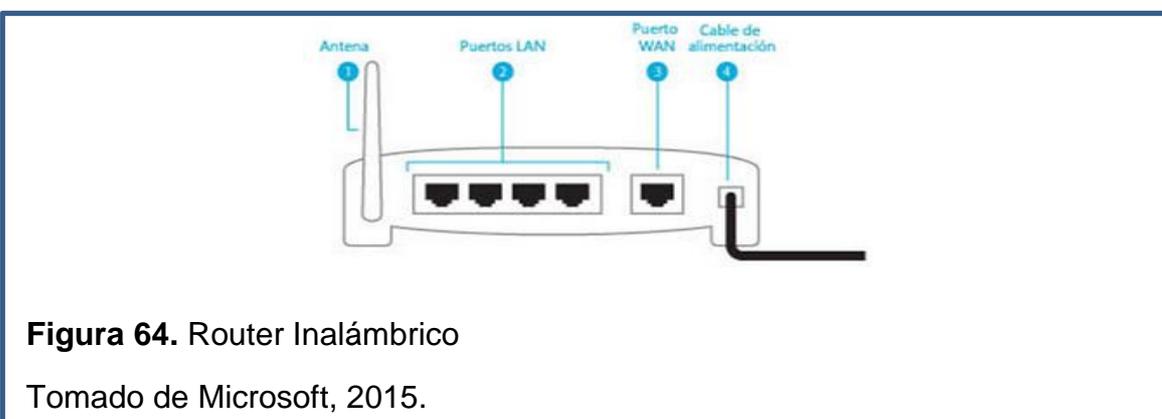
3.2.2.1.1.2.2 CPE (Equipo Local del Cliente)



Los CPE son dispositivos localizados en el lado del suscriptor, cuya función principal es originar, direccionar o hacer la terminación de una comunicación. En algunos casos estos equipos están provistos de ciertas funciones adicionales como: calidad de servicio (QoS), seguridad, DHCP Server, etc.

Para este caso, estos dispositivos se conectan de forma inalámbrica a la estación base y deben cumplir ciertos parámetros para operar normalmente en ambientes externos, en condiciones climáticas difíciles (Outdoor).

3.2.2.1.1.2.3 Enrutador Inalámbrico



Un enrutador inalámbrico permite la interconexión de redes por medio de la tecnología Wi-Fi, básicamente se utiliza para servicios de acceso a Internet.

3.2.2.1.1.3 Cálculo del área de cobertura y cantidad de EBs requeridas

El área a cubrir son todos los barrios que pertenecen a la parroquia Veloz, la ventaja es que la ciudad tiene una topografía bastante regular y la distancia radial más larga desde el Nodo Principal es aproximadamente de 2 [km], por lo que se pensaría que con una sola estación base es suficiente.

Sin embargo como se puede observar en la figura 65 donde se muestra una foto panorámica del noreste de la ciudad, se tiene un área urbana, residencial, el rango de altura de las edificaciones puede variar entre 2 y 8 pisos, los edificios son de concreto, las calles no son tan anchas; por lo que la señal de radio presenta dificultad para penetrar y propagarse.

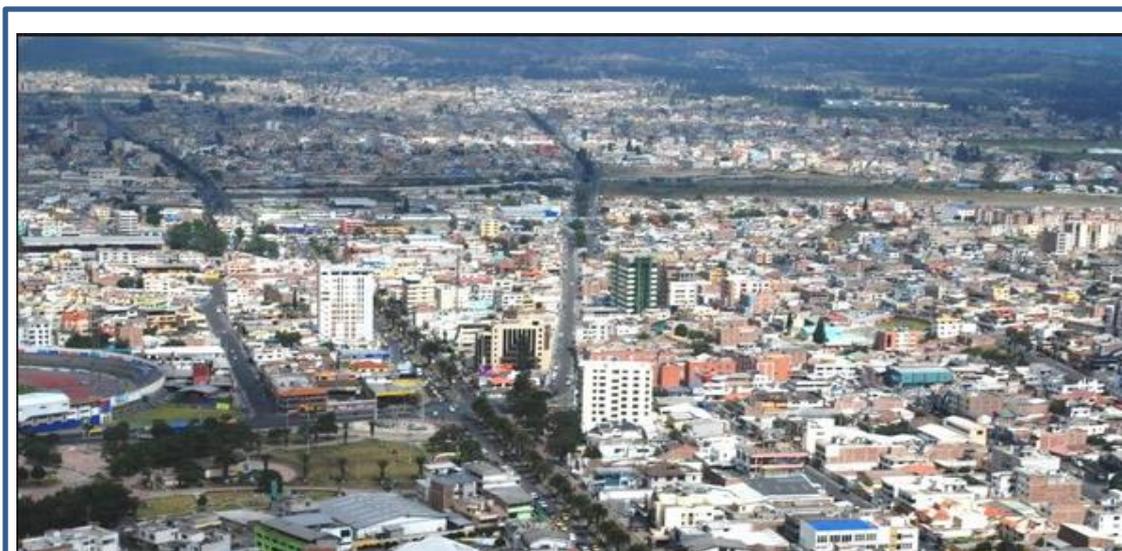


Figura 65. Panorámica de la ciudad de Riobamba

Tomado de Skyscrapercity, 2015.

Con estas consideraciones resulta evidente la necesidad de conocer el número de Estaciones Base, que permitan ofrecer una cobertura con los niveles de señal óptimos.

3.2.2.1.1.3.1 Cantidad de EB Requeridas

Debido a las características del entorno, es necesario calcular el número de estaciones base, necesarias para proveer cobertura Wi-Fi en el área objetivo.

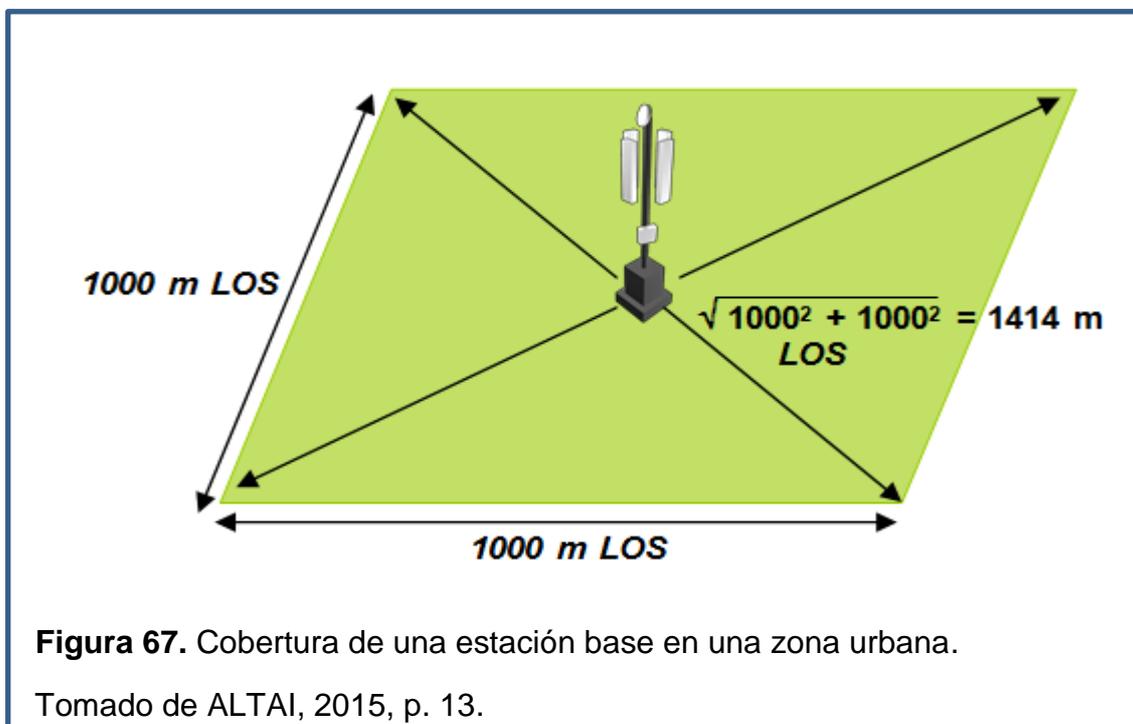


Figura 66. Área de la Parroquia Veloz.

1. El área a ser cubierta como se observa en la figura 66 tiene una geometría irregular, con la ayuda del google earth y la herramienta freemaptools se obtiene el área a ser cubierta es que de 2,79 $[Km^2]$, 278.972 hectáreas, con perímetro de 9,34 $[Km^2]$.

Para una solución más económica se pueden utilizar antenas omnidireccionales que permiten una cobertura de 360° o utilizar radios que tienen su antena incorporada, pero dado que se trata de cubrir un área urbana, es necesario utilizar antenas sectoriales lo más directivas posibles, con un apertura de haz horizontal que permita obtener la mayor densidad de energía, una ventaja adicional es que podemos utilizar un canal diferente dentro de la frecuencia de operación, para evitar la interferencia de los radios que se encuentren en la misma estación base y así lograr los mayores niveles de potencia.

Así que, la estructura propuesta es como se muestra en la figura 67, cada EB está conformado por puntos de acceso y antenas sectoriales de doble polaridad para proveer 360 grados de cobertura a un radio de 1,4 km con línea de vista (LOS), para permitir el acceso inalámbrico a los equipos terminales o CPE.



Para situaciones con línea de vista (LOS). La cantidad de EB para esta área sería:

= Porción de área urbana / Cobertura de una EB

= $2.79 \text{ km}^2 / 1 \text{ km}^2 = 3$ unidades (redondeando)

De acuerdo al cálculo necesitamos tres Estaciones Base para cubrir toda la parroquia, las cuales geográficamente van a estar distribuidas según los datos de la tabla 36 y la figura 68. La red va estar conformada por un Nodo principal y dos EB.

Tabla 38. Coordenadas del Nodo Principal y de las Estaciones Base

Lugar	Coordenadas notación GMS	Coordenadas Notación decimal	Altitud
Nodo Principal	Latitud:	Latitud: -	2753
	1°40'50.83"S	1,680786	
	Longitud:	Longitud: -	
	78°38'52.50"O	78,647917	
EB1	Latitud:	Latitud: -	2741
	1°40'59.87"S	1,683297	
	Longitud:	Longitud: -	
	78°39'20.38"O	78,655786	
EB2	Latitud:	Latitud: -	2742
	1°41'8.82"S	1,685783	
	Longitud:	Longitud: -	
	78°38'16.96"O	78,638044	

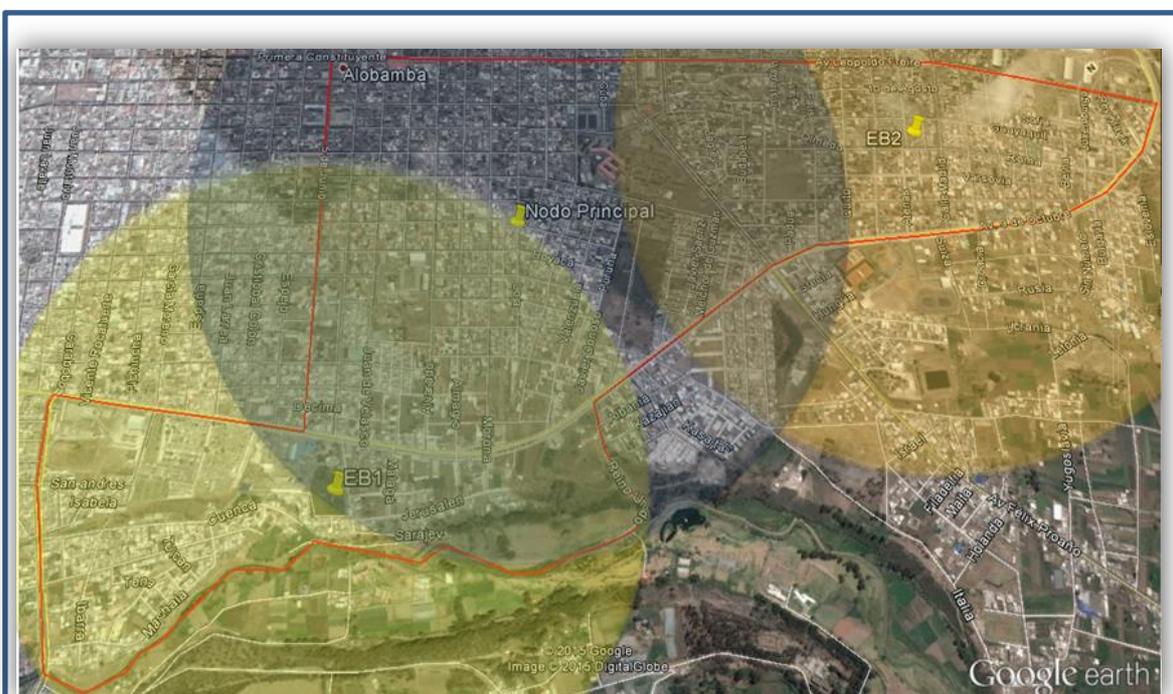


Figura 68. Cobertura de las tres Estaciones Base

La gráfica 68 intenta mostrar que cada Estación tiene un radio de cobertura de 1,4 km y con 3 unidades se cubre toda el área.

3.2.2.1.1.4 Elección de los Equipos Requeridos

Una vez determinado el número de posibles clientes y su proyección de crecimiento, los planes residenciales, el número de EBs necesarias para cubrir la parroquia Veloz; se procede a determinar que equipos serán parte de la infraestructura de la red de acceso.

Existen una variedad de fabricantes que ofrecen soluciones para aplicaciones de banda ancha con tecnología Wi-Fi. En nuestro país la mayoría de WISPs utilizan equipos de los fabricantes Ubiquiti Networks y/o MikroTik Ltd., por las siguientes razones:

- Ofrecen equipamiento de extremo a extremo para la implementación de redes para WISP
- Ofrecen Soporte y Garantía local para el remplazo de partes y piezas, a través de su red de distribuidores en el país
- Los mayoristas que tienen la representación de estas marcas manejan un stock permanente de equipos
- Desarrollan y liberan continuamente el software y el firmware para un mejor desempeño de sus productos sin costo adicional
- Tiene su comunidad de usuarios en foros MikroTik, la comunidad de Ubiquiti, donde los profesionales que trabajan con estas marcas comparten información, ejemplos de configuración, tutoriales, etc.
- Entrenamientos y certificaciones en español
- Equipos robustos a costos accesibles que permiten un pronto retorno de la inversión en relación a sus competidores.
- Los dos fabricantes tienen un portafolio amplio de equipos para enlaces PtP y PtPM, los cuales se pueden escoger de acuerdo a las aplicaciones que se las quiera dar dentro de la red y dependiendo del entorno en donde van a operar.

De estos dos fabricantes para este proyecto se decidió trabajar con Mikrotik, porque es una compañía que no solo desarrolla sistemas inalámbricos, sino también routers creados principalmente para ISPs.

En 1997 MikroTik desarrolló un sistema operativo independiente basado en el kernel de Linux v3.3.5 que se le conoce como RouterOS y que tiene las funcionalidades de Routing, Switching, MPLS, Firewall, VPN, Wireless, HotSpot, Calidad de Servicio (QoS), etc, en definitiva las características necesarias para un ISP o WISP.

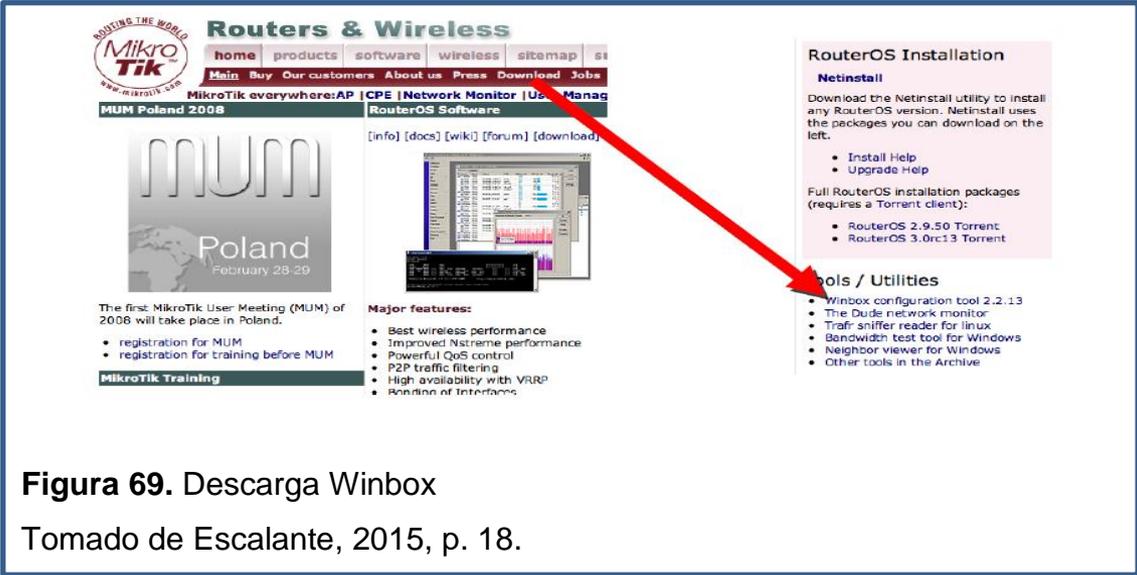
El RouterOS se lo puede implementar sobre servidores compatibles con x86. Sin embargo en el 2002 Mikrotik inició la fabricación de su propio hardware que lo nombró como RouterBoard, el cual tiene embebido su sistema operativo y actualizaciones de por vida.

Para acceder a un router o un equipo Mikrotik se tiene las siguientes formas:

- Web browser
- WinBox
- Conexión serial o puerto de consola (RS-232)

Ingreso por Winbox.- WinBox es una interfaz propietaria de RouterOS, esta aplicación se puede descargar del link que se indica en la figura 69.

A WinBox se puede ingresar por IP o por MAC.



The screenshot shows the Mikrotik website's 'Routers & Wireless' section. The navigation menu includes 'home', 'products', 'software', 'wireless', 'sitemap', and 'si'. The main content area is titled 'RouterOS Software' and features a 'Netinstall' section with instructions to download the Netinstall utility. A red arrow points from the 'Netinstall' section to the 'Tools / Utilities' section, which lists the following tools:

- Winbox configuration tool 2.2.13
- The Dude network monitor
- Traffic sniffer reader for linux
- Bandwidth test tool for Windows
- Neighbor viewer for Windows
- Other tools in the Archive

Figura 69. Descarga Winbox

Tomado de Escalante, 2015, p. 18.

3.2.2.1.4.1 Características del RouterOS como Wireless

El RouterOS operando como Wireless tiene las siguientes características:

- Cliente y Access Point inalámbrico IEEE802.11 a/b/g
- Soporte completo para IEEE 802.11 n y 802.11ac
- Protocolos propietarios Nstreme y Nstreme 2
- Protocolo NV2
- Wireless Distribution System (WDS)
- Virtual AP
- Seguridad (WEP, WPA, WPA2)
- Control por Access List
- Roaming de cliente Wireless
- WMM
- Protocolo HWMP+ Wireless MESH
- Protocolo de ruteo wireless MWE

Mikrotik permite armar una solución a la medida del proyecto o adquirir una solución integrada de fábrica, ver figura 70.



En la figura 70 podemos observar las dos soluciones que permite construir Mikrotik,

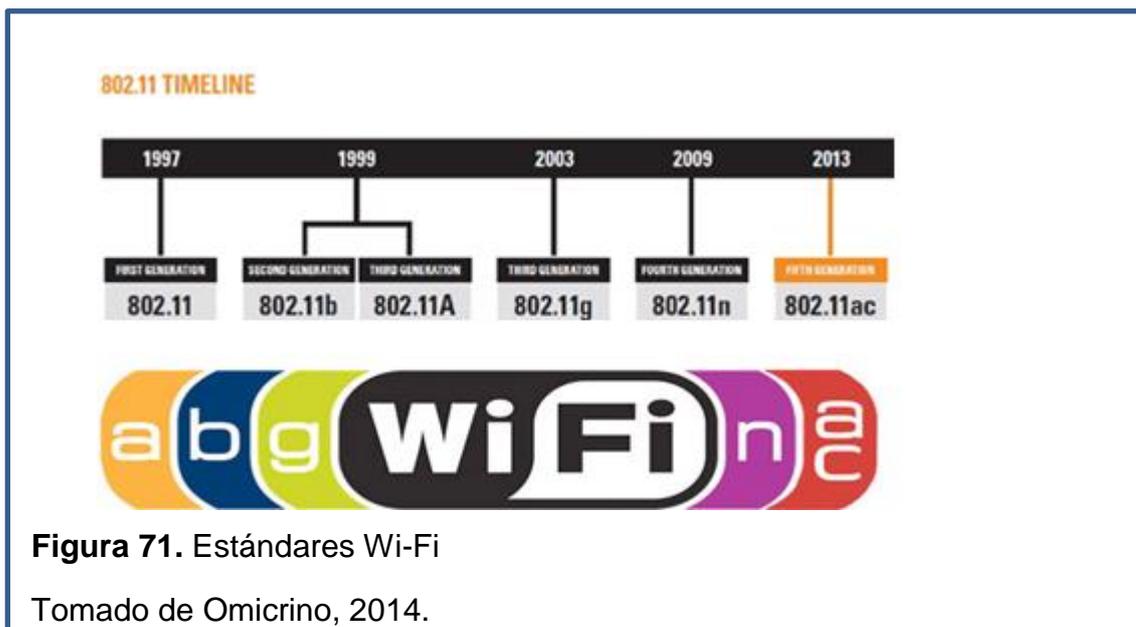
La OmniTIK es un tipo de solución Integrada de Mikrotik, tiene su carcasa resistente para exteriores, su función principal es la de Access Point, tiene dos antenas omnidireccionales integradas de 7 dBi cada una, viene con cinco puertos 10/100 Ethernet, soporte PoE y un potencia de salida de hasta 400mW, trabaja con los estándares inalámbricos 802.11a/n, pero además incluye todas las funcionalidades ya descritas del RouterOS.

Todas las características del Sistema Operativo pueden operar en simultáneo dentro del equipo, por ejemplo, la OmniTik (ver ANEXO 3) puede levantar VPNs, también se puede administrar y asignar el ancho de banda a los clientes registrados en el radio y al mismo tiempo protegerlos con las reglas del firewall que se configure, así también se puede balancear el tráfico de acuerdo al número de proveedores. Depende en gran medida de las características de procesamiento del equipo y algunos factores como: la distancia del enlace, el entorno, el ancho de banda que soporta, la cantidad de líneas a balancear, el número de usuarios conectados, etc.

Aunque los dispositivos MikroTik ofrecen soluciones integradas, si se quiere garantizar el servicio y pensando en el crecimiento de la Red, es mejor tener equipos dedicados que cada uno cumpla una determinada función.

3.2.2.1.1.4.2 Elección del Estándar IEEE 802.11

A partir del estándar 802.11 que permitía trabajar con capacidades de 1 a 2 Mbps, se le realizaron algunas modificaciones para incrementar la tasa de transmisión. En la figura 71 se muestra la evolución del IEEE 802.11.



La tabla 38 muestra las distintas modificaciones del estándar 802.11 y sus principales características:

Tabla 39. Estándares 802.11

Estándar	Nombre comercial	Descripción	Año	Velocidad máxima teórica
IEEE 802.11	-	Es el primer estándar de conexiones inalámbricas que soportó soportaba velocidades muy bajas de 1 [Mbps] a 2 [Mbps], no aptas para una red empresarial.	1997	2 Mbps
IEEE 802.11a	802.11A	802.11b está diseñado para alcanzar velocidades máximas de 54 [Mbps], con ocho canales de radio en la banda de frecuencia de 5 [GHz], no es compatible con el estándar b y g.	1999	54 Mbps

IEEE 802.11b	802.11B, Wi-Fi B	Este estándar se difundió más que sus predecesores, se lo diseñó para lograr velocidades máximas de 11 Mbps en la banda de 2,4 [GHz]. Según la normas de cada país, se tiene 11 canales disponibles.	1999	11 Mbps
IEEE 802.11g	802.11G, Wi-Fi G	802.11g es compatible con el estándar b, soporta velocidades máximas de 54 Mbps en la banda de frecuencia de 2,4 [GHz], sólo se pueden utilizar 3 canales no adyacentes	2002	54 Mbps
IEEE 802.11n	802.11N, Wi-Fi N	Este estándar utiliza tecnología MIMO, los equipos que operan en este estándar tienen más de una antena. Este estándar es	2007	72-600 Mbps
IEEE 802.11ac	Wireless AC, Wi-Fi Gigabit	Teóricamente está diseñado para proporcionar velocidades de datos que van desde 450 Mb/s hasta 1,3 Gb/s (1300 Mb/s). Usa la tecnología MIMO para mejorar el rendimiento de la comunicación. Se pueden admitir hasta ocho antenas. El estándar 802.11ac es compatible con dispositivos 802.11a/n anteriores.	2012	433 Mbps- 1.3 Gbps

Adaptado de Carlos Amaya, 2007, p. 7.

3.2.2.1.1.4.2.1 IEEE 802.11 ac

802.11 ac permite trabajar con velocidades Gigabit en el aire, por lo que comercialmente es conocida como Wi-Fi Gigabit, este estándar es la evolución del 802.11 n, con algunas innovaciones y desarrollos para el incremento del throughput como las siguientes:

- **Frecuencia.-** Trabaja en la banda licencia de 5Ghz, que permite trabajar con canales con ancho de banda que en 2.4 GHz.
- **Ancho de Banda.-** Además de los canales de 20, 40 MHz, se usan 2 canales contiguos de 80 MHz o un canal opcional de 160 Mbps, como se muestra la figura 72
- **Modulación y Esquema de Codificación (MCS).-** 802.11 ac, utiliza modulación OFDM (multiplicación por División de Frecuencia Ortogonal) y una arquitectura de codificación BPSK, QPSK, 16QAM y 64QAM, el 802.11 ac trabaja con 256QAM con codificación 3/6 y 5/6.

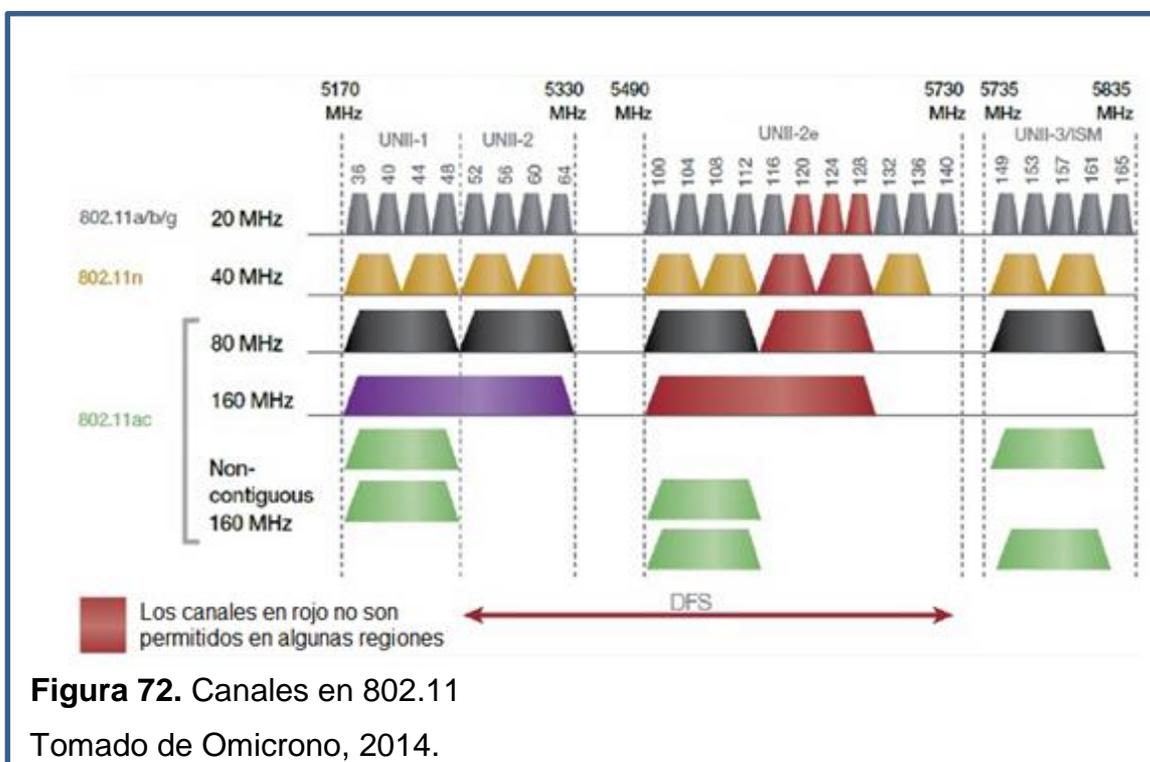


Figura 72. Canales en 802.11

Tomado de Omicrono, 2014.

En un comparativo entre los radios N vs lo AC, teóricamente los AC desarrollan un 50% más de capacidad por [Hz]. Así como también, una menor latencia, mayor inmunidad al ruido (mejores filtros) y permite trabajar con un mayor throughput.

Tabla 40. Comparativo entre el estándar N y AC

	IEEE 802.11 n	IEEE 802.11 ac
Tasa de datos	300 [Mbps]	900 [Mbps]
Throughput Max. 5 [GHz]	150 [Mbps]	450 [Mbps]
Max. Ancho de Canal	40 [MHz]	80 [MHz]
Modulación Max.	64 QAM	256 QAM

Tomado Ubiquiti, 2015.

Para los 286 clientes que se proyecta inicialmente se puede trabajar con el estándar 802.11 n, dado que también el área a cubrir no es muy extensa, la distancia radial más larga de acuerdo al diseño es de 1 Km y el plan de hogar más alto es de 15 Mbps. No obstante, para el crecimiento proyectado, es mejor diseñar una Red escalable a largo plazo.

De acuerdo al comparativo de la tabla 39, el estándar que permite alcanzar un mayor Throughput es el estándar AC.

3.2.2.1.1.4.3 Especificaciones Técnicas del AP

El radio master al cual se van a conectar los cliente o estaciones, debe estar configurado en modo Access Point. El número de APs que se instalen en cada Estación va a depender del ángulo de cobertura de las antenas sectorial y del número de CPEs que soporte el AP.

Resulta muy complicado determinar matemáticamente el número estaciones o CPEs que soporta un AP. Mikrotik especifica que sus APs tiene la capacidad física para gestionar 2007 direcciones MAC. Sin embargo, dado que el AP es un medio compartido que funciona como un concentrador inalámbrico y que tiene un 100%

de eficiencia tiempo aire que va a ser dividido para el número de clientes concurrentes, el desempeño de cada usuario disminuye, por lo que el procesamiento del AP se ve afectado con cada cliente que se registre.

Mikrotik desarrolló un protocolo propietario para mitigar este problema conocido como Nstreme, este protocolo trabaja sobre Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), permitiendo que varias estaciones (CPE) compartan la misma frecuencia del canal, pero cada uno con su propio espacio de tiempo.

Este fabricante ofrece tres tipos de APs: carga sencilla (aprox. 30 clientes), carga promedio (aprox.90 clientes) y carga pesada (aprox. 150 clientes), esto tiene que ver con la capacidad de procesamiento de los equipos.

El AP además de soportar el estándar 802.11 ac, debe tener las mejores características de procesamiento, memoria RAM, potencia de transmisión, ente otras. En MikroTik, el equipo que cumple con estas características es el NetMetal 5.

En la tabla 40 se muestra las principales características técnicas de equipo y en el Anexo 3 se adjunta la hoja de datos con todas las especificaciones del fabricante.

Tabla 41. Especificaciones técnicas del AP

	P/N	RB922UAGS-5HPacD-NM
	CPU nominal	720 MHz
	Tamaño en RAM	128 MB
	Puertos Ethernet 10/100/1000	1
	Potencia de TX	2000 mW
	Estándares inalámbricos	802.11a/n/ac
	Ancho de canal	20/40/80 MHz
	Número de canales	2
	TX/RX at MCS0	30dBm / -96dBm
	TX/RX at MCS7	27dBm / -77dBm
	TX/RX at MCS9	22dBm / -72dBm
	Sistema Operativo	RouterOS
	Nivel de licencia	4
	Dimensiones	143x247x48mm
Voltaje de entrada	8 V - 30 V	
Potencia de consumo	17 W	

Adaptado de MikroTik, 2015.

3.2.2.1.1.4.3.1 Configuración básica del AP

Los principales parámetros que se configuran son los siguientes:

- **mode:** Es el modo de operación del radio, en este caso se escoge el modo AP bridge
- **band:** Si el AP soporta múltiples bandas (ej. a/n/ac), seleccionamos ac
- **channel Width:** Es el ancho del canal (20/40/80 [MHz]), se debe seleccionar el canal que permita una mayor tasa de transmisión.
- **frequency:** Se puede seleccionar cualquier frecuencia dentro de la banda de 5 [GHz], siempre y cuando hayan sido aprobadas como bandas de frecuencia libres en el país donde vayan a operar los equipos.
- **SSID:** Nombre que sirve para identificar la red inalámbrica
- **radio name:** por default está la dirección MAC del equipo, pero es recomendable asignarle un nombre con el propósito de identificar los
- **wireless-protocol:** En este caso 802.11

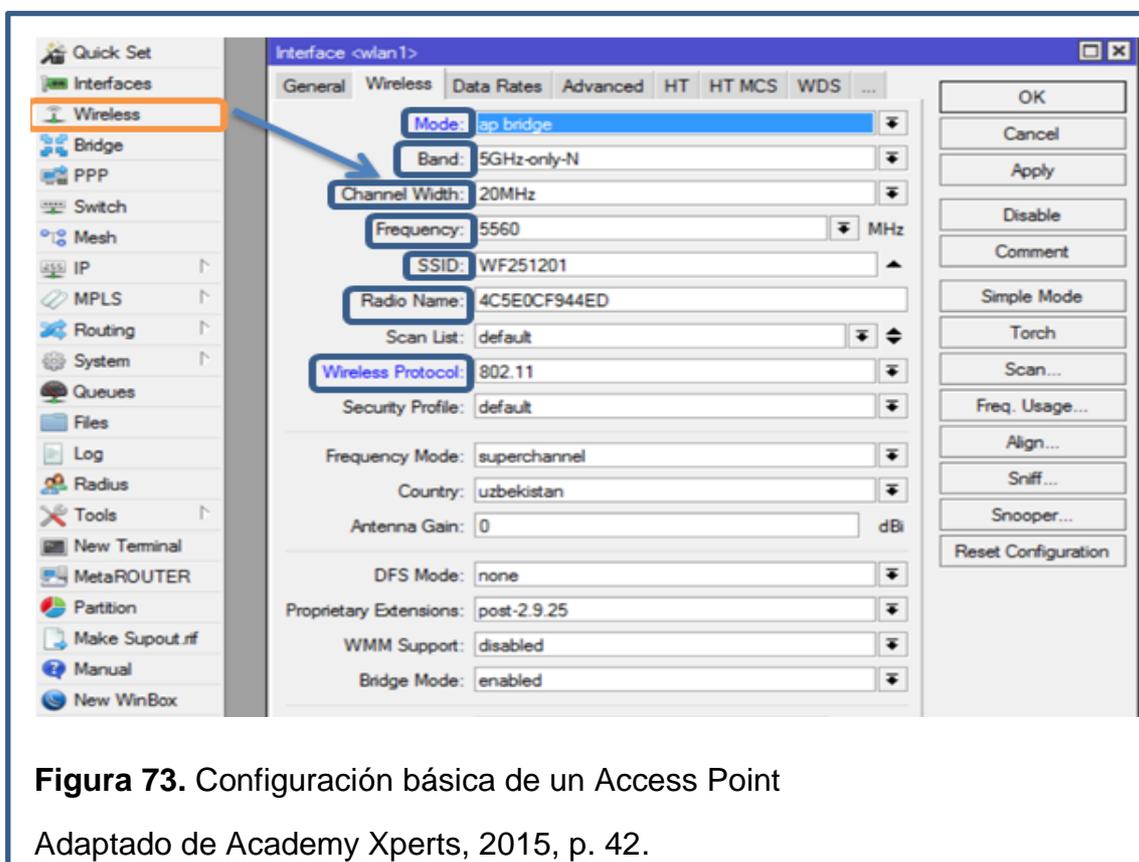


Figura 73. Configuración básica de un Access Point

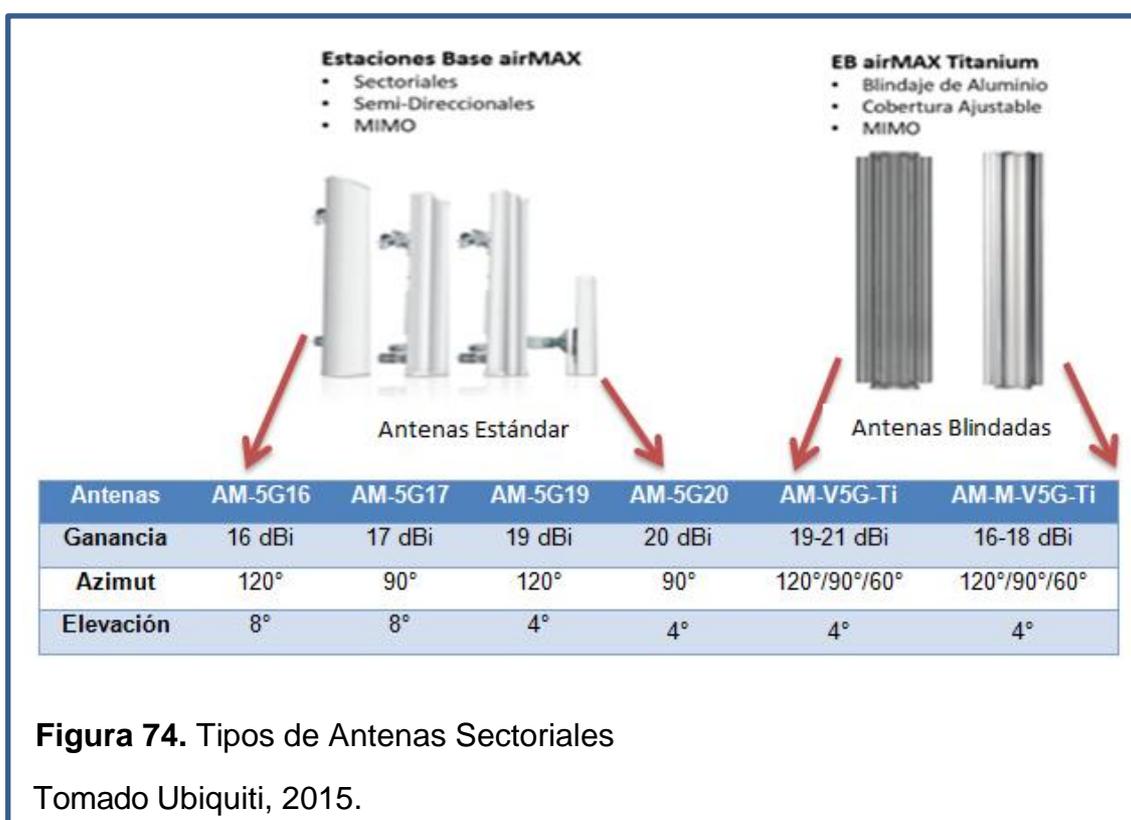
Adaptado de Academy Xperts, 2015, p. 42.

En la gráfica 73 se puede apreciar de mejor manera los campos básicos que se configuran.

3.2.2.1.1.4.4 Especificaciones Técnicas de las Antenas

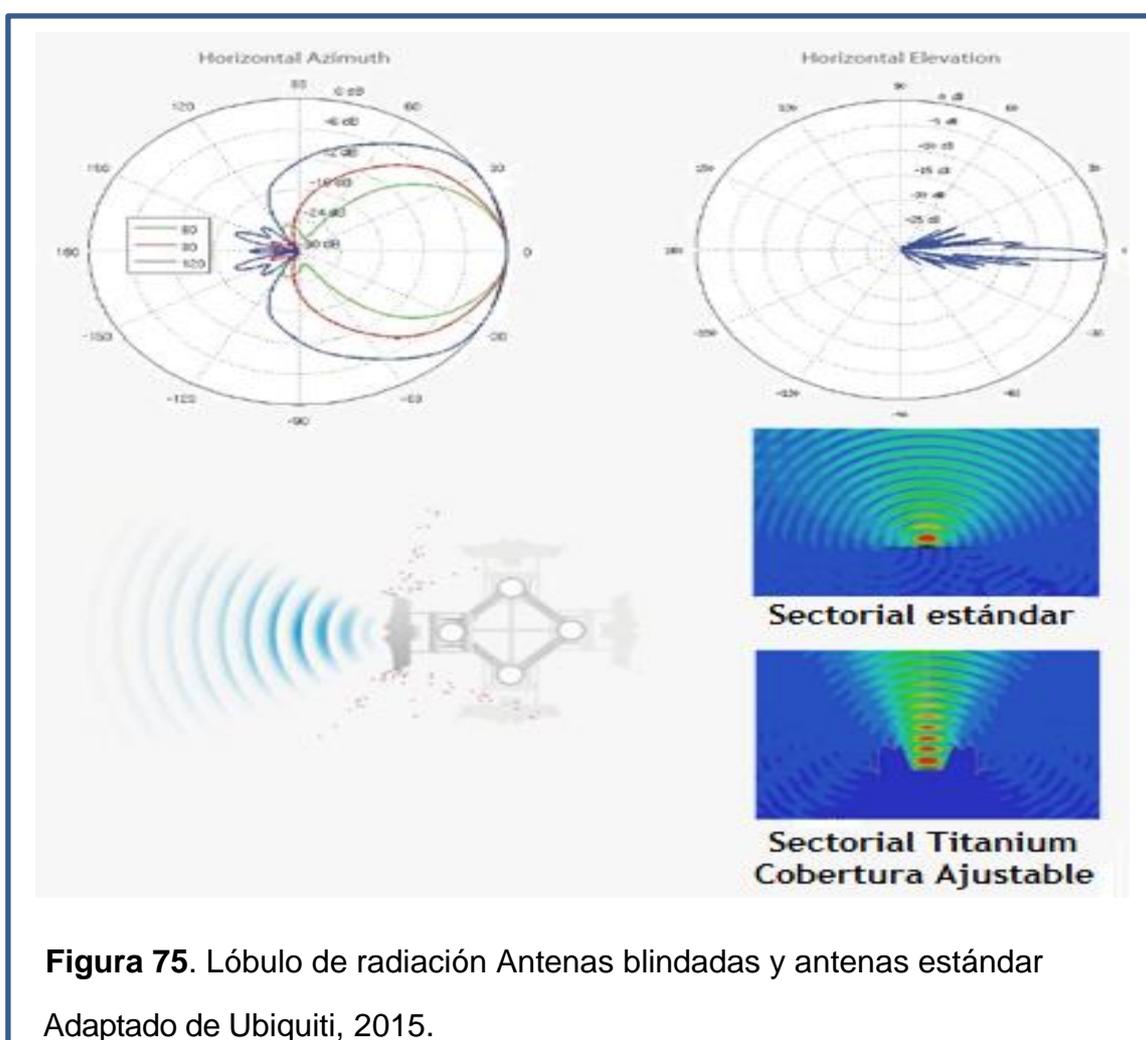
Como se revisó, las antenas que más se utilizan en este tipo de enlaces son las omnidireccionales y las sectoriales. Se determina que las antenas sectoriales son la mejor opción porque tienen mayor potencia (dBi) que las omnidireccionales y debido a que tienen un ángulo de cobertura menor (son más directivas), la densidad de energía radiada va a ser mayor; además se puede hacer un mejor ajuste de frecuencias que con la omnidireccional, porque en cada sector se configura un canal diferente para evitar la interferencia del resto de antenas que estén ubicadas en otras direcciones.

Ubiquiti ofrece una amplia variedad de antenas sectoriales, ver figura 74.



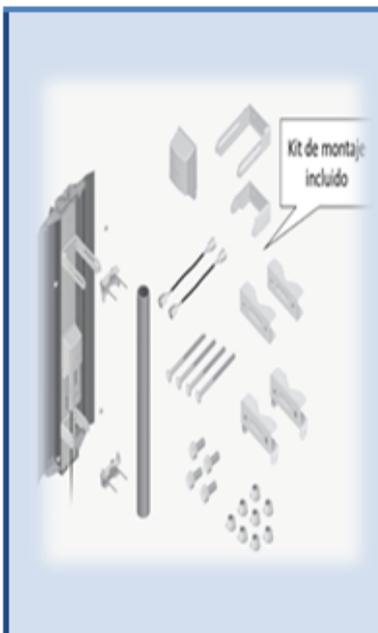
Para el diseño se selecciona las antenas blindadas, porque están diseñadas para ser más inmunes al ruido que las sectoriales estándar y de esta forma permiten mejorar el rendimiento de los enlaces en zonas urbanas; además tiene la capacidad de regular el Azimut (60° , 90° y 120°) para focalizar la energía de acuerdo a la cobertura deseada, logrando así los mejores niveles de señal.

En la gráfica 75 se puede observar el lóbulo de radiación de las Antenas Blindadas, frente a las sectoriales estándar, gráficamente se aprecia que las sectoriales Titanium ofrecen una mejor focalización de la energía.



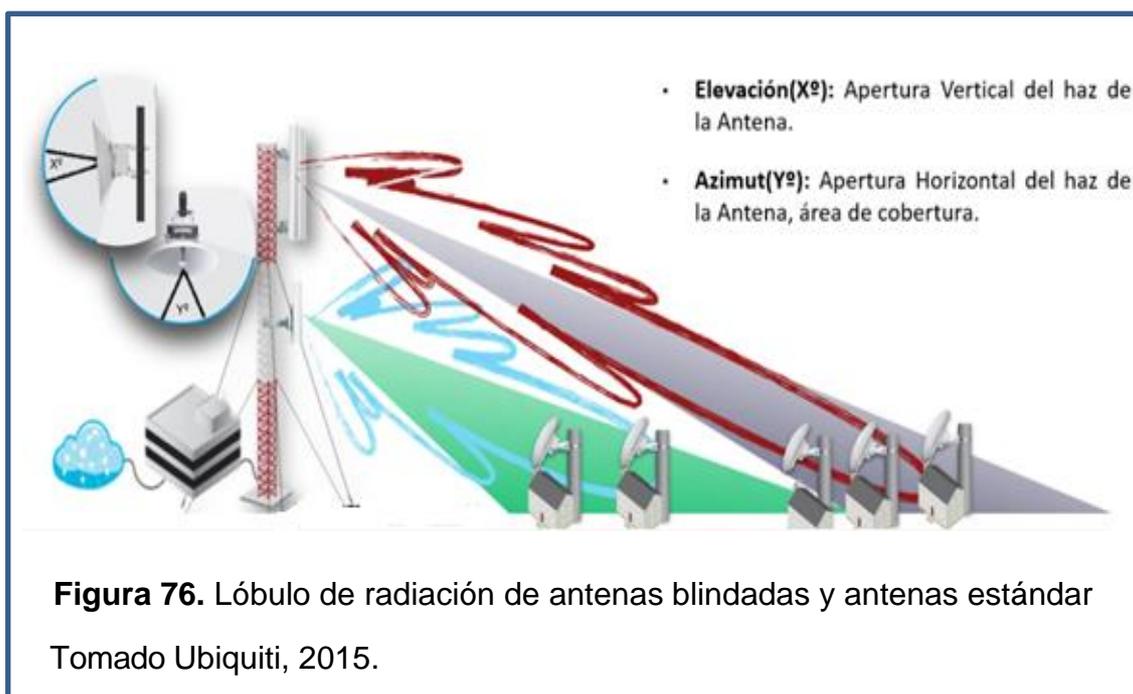
En la tabla 41 están detalladas las principales características técnicas de la antena seleccionada, como se puede apreciar con una menor apertura horizontal de haz, se obtiene mayores niveles de ganancia.

Tabla 42. Comparativo entre el estándar N y AC

	P/N	AM-V5G-Ti
	Peso	3.72 kg (con <u>Brackets</u>)
	Rango de Frecuencia	5.45 - 5.85 GHz
	Azimut	60°/ 90°/ 120°
	Ganancia (Depende del Azimut)	21 dBi @ 60°
		20 dBi @ 90°
		19 dBi @ 120°
	Polarización	Doble Polarización
	Elevación	4°
	<u>Downtilt</u> Eléctrico	2°
	Resistencia al viento	125 mph
Carga del Viento	37 <u>lbs</u> @ 120 mph	

Adaptado de Ubiquiti, 2015.

También es importante resaltar la característica de elevación de la antena, porque esta permite alinear el haz vertical de la antena de tal forma de orientar la energía a clientes que estén más cerca o más alejados de la torre de transmisión, para el caso de clientes que estén localizados muy cerca de la torre se pueden utilizar las antenas AM-5G16 o AM-5G17, ver figura 76.



Como las antenas escogidas no tienen un Azimut fijo, sino más bien regulable; para el diseño se escoge el haz horizontal a 90 grados que correspondería a una ganancia de 20 [dBi], por lo que para tener una cobertura de 360 grados necesitaríamos cuatro antenas.

Como a cada AP se le asigna una sectorial, implicaría que se necesitaría 4 APs por Estación Base.

En la figura 76 se muestra los APs con sus respectivas antenas instaladas sobre estructuras metálicas que se les conoce como torres de transmisión.

3.2.2.1.1.4.2.2.1 Torre de Transmisión

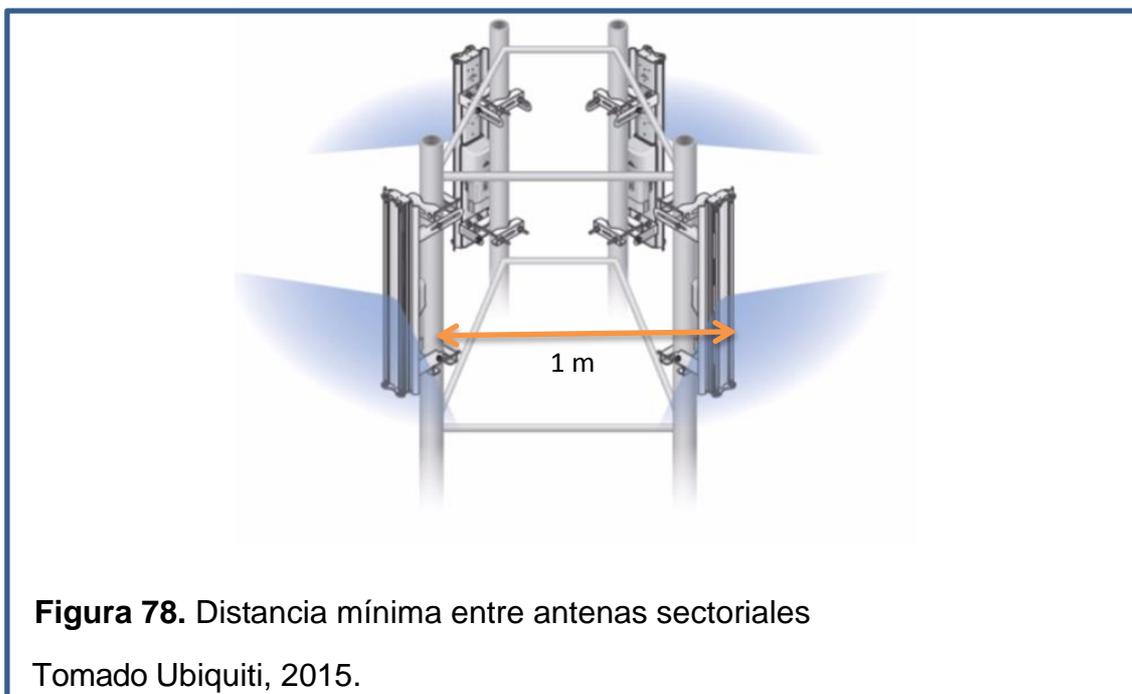
La Torre es la estructura metálica donde se instalan los radios y las antenas, estas deben ser capaces de soportar su propio peso y el peso de los equipos, existen algunos tipos de torres. En aplicaciones de Telecomunicaciones las más comunes son: Autosoportadas, Monopolo y Venteadas.

Para este caso particular se utilizan las torres Venteadas, estas son estructuras metálicas que utilizan cables tensores de acero de alta resistencia que permitan mantener el centro de gravedad estable y fijo, de tal manera de estabilizar el peso. Su sección es triangular y generalmente viene en tramos de 3 metros, la altura se le determina de acuerdo a la necesidad.



Figura 77. Torre Venteada

Dependiendo del ancho de la torre y del material con que estén construidas tienen una capacidad de carga de unos 600 Kg y soportan una velocidad del viento aproximada de 40Km/h, según la norma ICAO los tramos vienen pintados de forma alternada.



Para minimizar el riesgo de interferencia, al momento de instalar las antenas en la torre, es recomendable que entre sectorial y sectorial exista una separación de un metro a metro y medio, ver figura 78.

3.2.2.1.1.4.5 Especificaciones Técnicas del CPE

Los equipos clientes o CPE, que van a registrarse o conectarse inalámbricamente deben soportar el mismo estándar 802.11 ac. El CPE de MikroTik que cumple con esas características es el SXT ac, que soporta modulación máxima de 256 –QAM y un ancho de canal máximo 80MHz para soportar velocidades teóricas de 866 Mbps, incluye una antena regular de 16 dBi.

Tabla 41. Comparativo entre el estándar N y AC

	P/N	RBSXTG-5HPacD
	CPU nominal	720 MHz
	Tamaño en RAM	128 MB
	Puertos Ethernet 10/100/1000	1
	Estándares inalámbricos	802.11a/n/ac
	Número de canales	2
	Sistema Operativo	RouterOS
	Nivel de licencia	4
	Ganancia de la Antena	16 dBi
	Dimensiones	140x140x56mm.
	Voltaje de entrada soportado	15 V - 57 V
	Máxima Potencia de consumo	12W

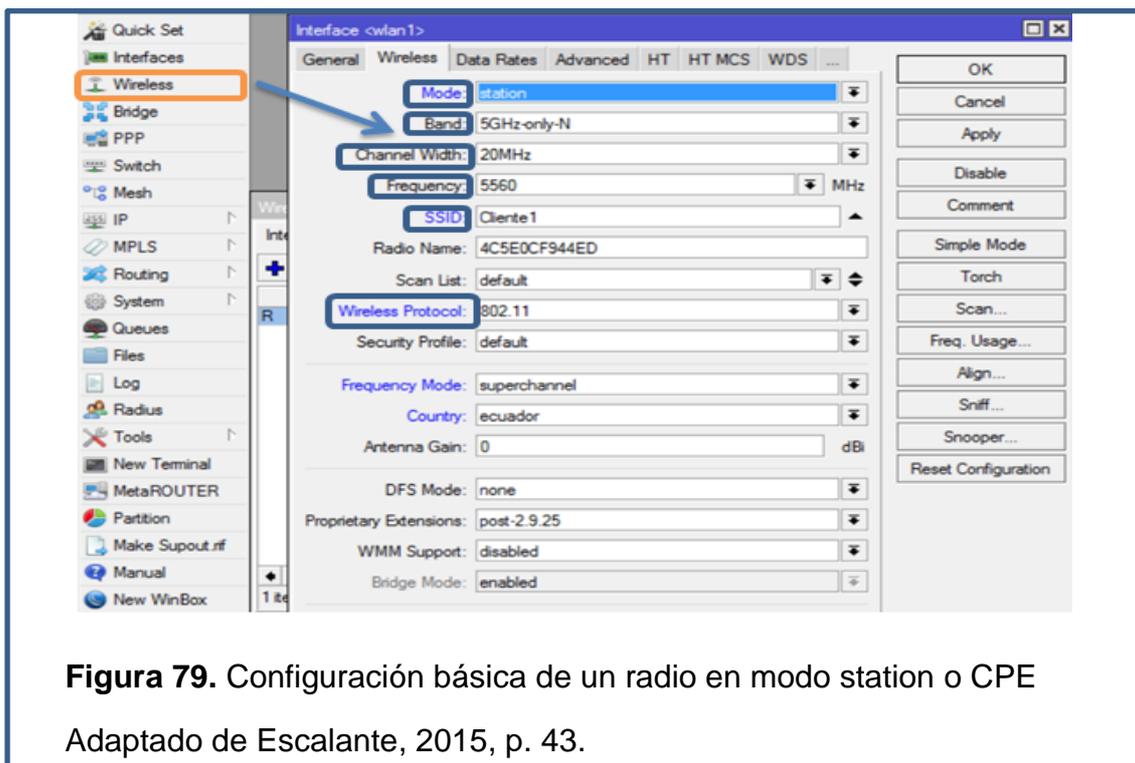
Tomado de MikroTik, 2015.

3.2.2.1.1.4.5.1 Configuración básica de una estación

Los principales parámetros que se configuran son los siguientes:

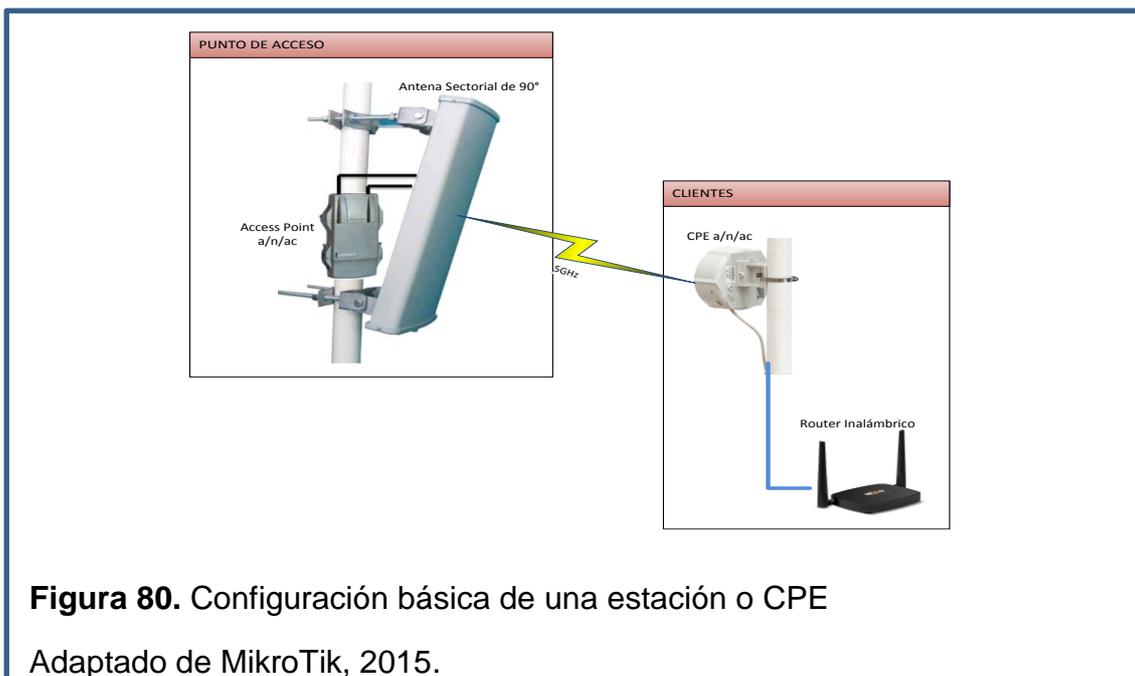
- **mode:** Es el modo de operación del radio, en este caso el CPE se configura en modo estación
- **band:** La misma que se configuró en el AP
- **Channel Width:** El ancho del canal (20/40/80 [MHz]), se debe seleccionar el canal que permita una mayor tasa de transmisión.
- **frequency:** Se ajusta de acuerdo a la frecuencia del AP
- **ssid:** El SSID configurado en el AP al cual el equipo estación se va a conectar
- **Radio Name:** se utiliza para identificar a los cliente
- **Wireless-protocol:** Se utiliza el mismo que se configuró en el AP, en este caso 802.11

En la figura 79 se puede ver la configuración básica del radio en modo estación.



3.2.2.1.1.5 Diagrama de la red de Acceso

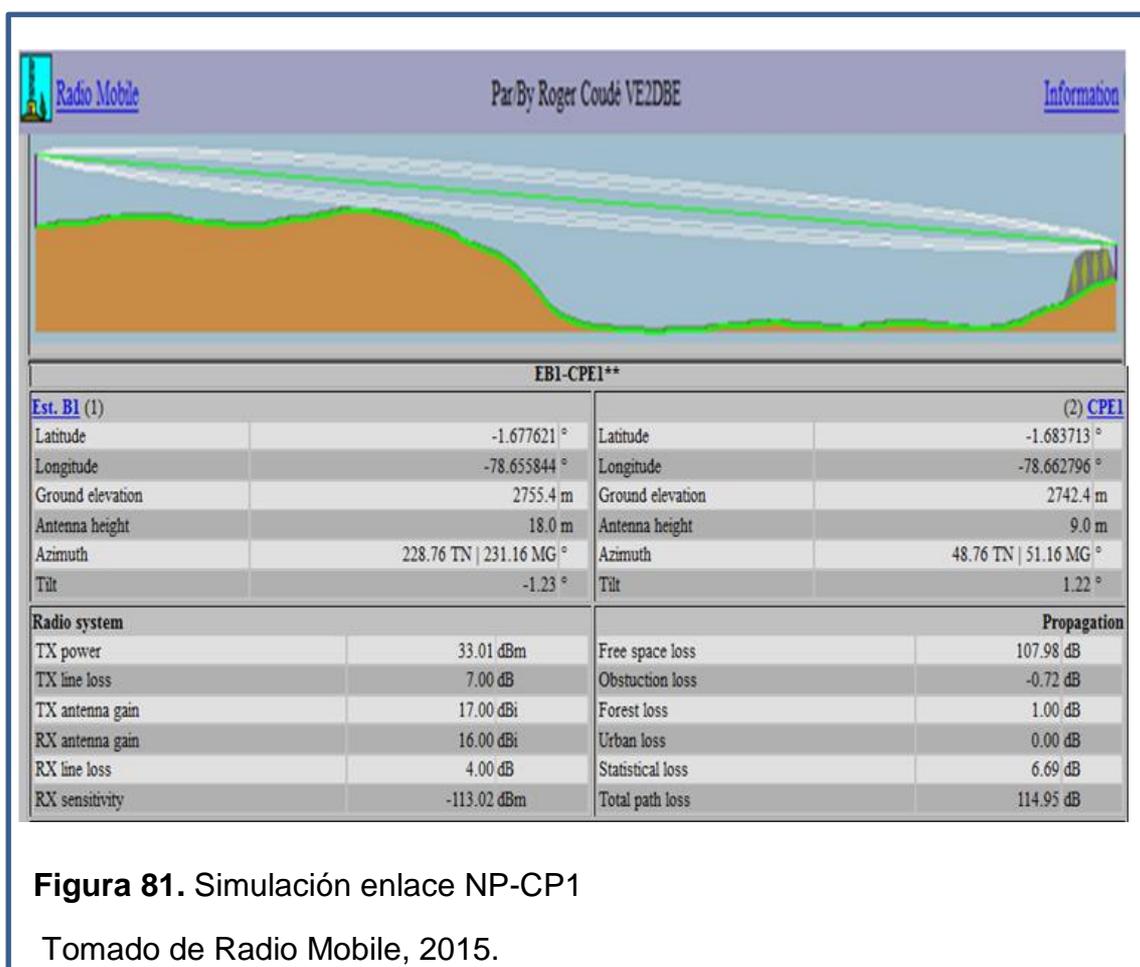
En la figura 80 muestra el diagrama de cómo sería la conexión de AP con el CPE y el router inalámbrico que iría del lado del cliente.



3.2.2.1.1.6 Simulación de la Red de Acceso con Radio Mobile

Con la ayuda del simulador de enlaces inalámbrico y los datos de las especificaciones técnicas se puede simular un enlace entre el AP y el CPE, considerando el peor escenario en distancia.

Simulación del Nodo Principal



En la figura 82 se puede apreciar la ubicación física del Nodo Principal con Google Maps.

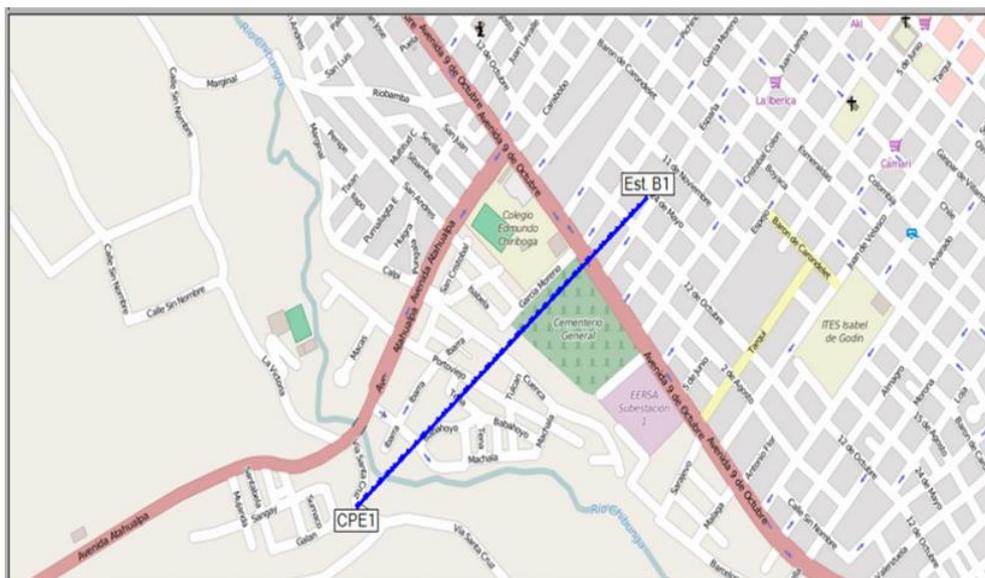


Figura 82. Ubicación Física del Nodo Principal

Tomado de Google Maps, 2015.

El aplicativo Radio Mobile permite obtener la simulación de como sería la cobertura con los APs que se instalan en el nodo principal

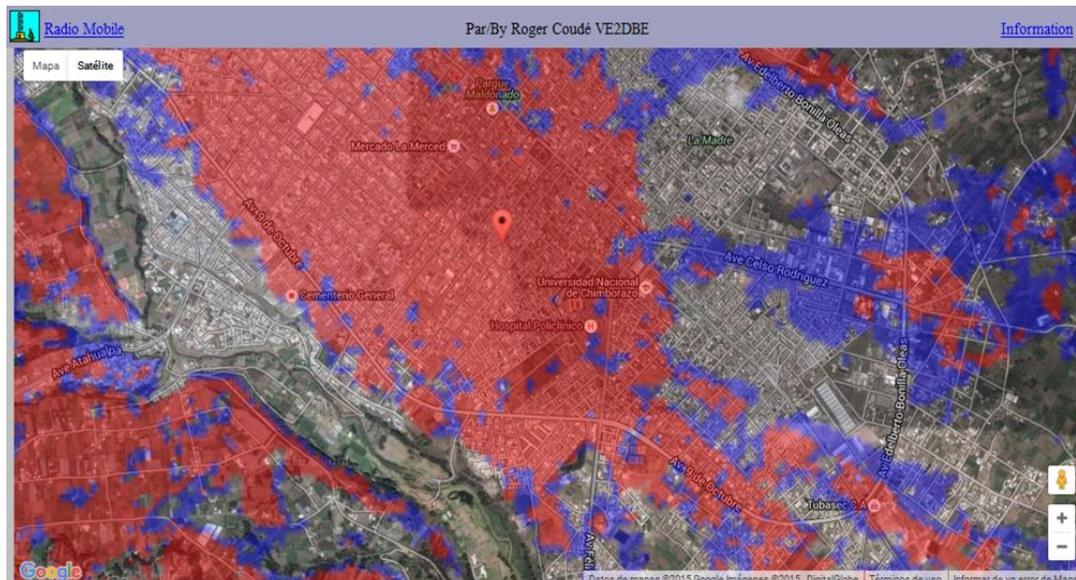


Figura 83. Gráfica de Cobertura del Nodo Principal

Tomado de Radio Mobile, 2015.

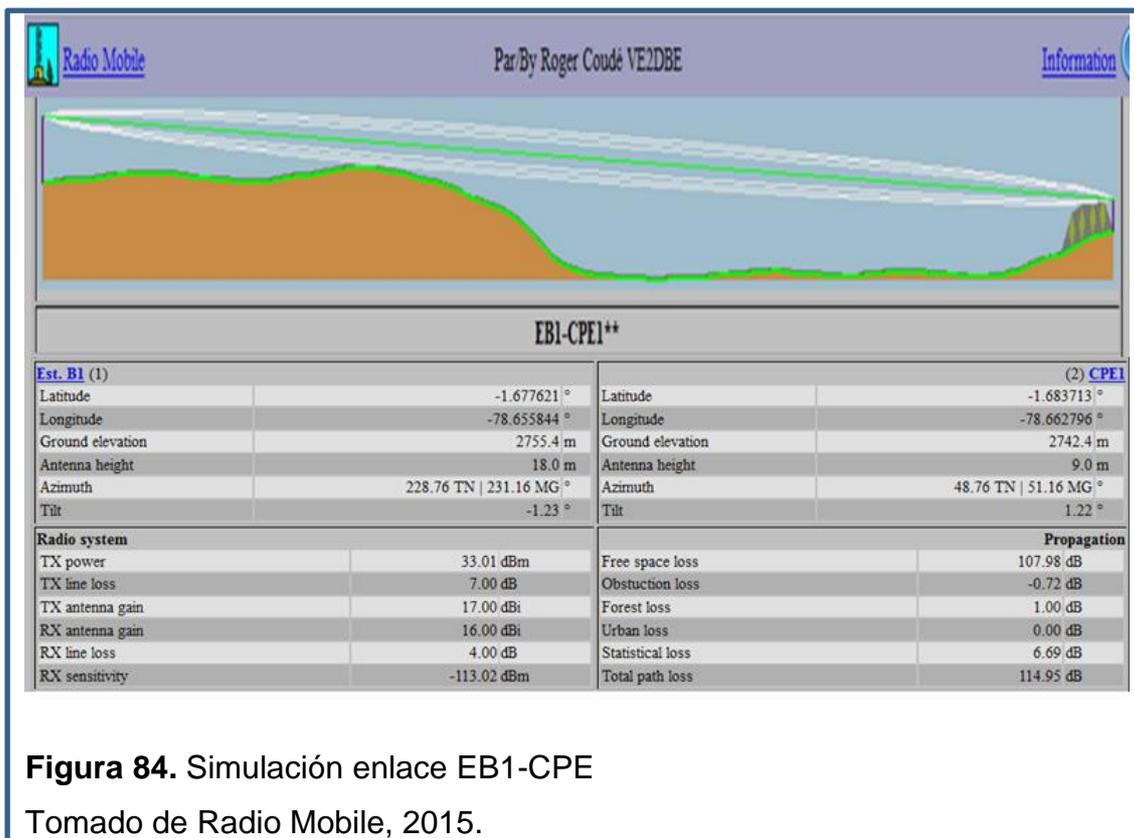


Figura 84. Simulación enlace EB1-CPE

Tomado de Radio Mobile, 2015.

En la figura 85 se puede apreciar la ubicación física de la EB1.



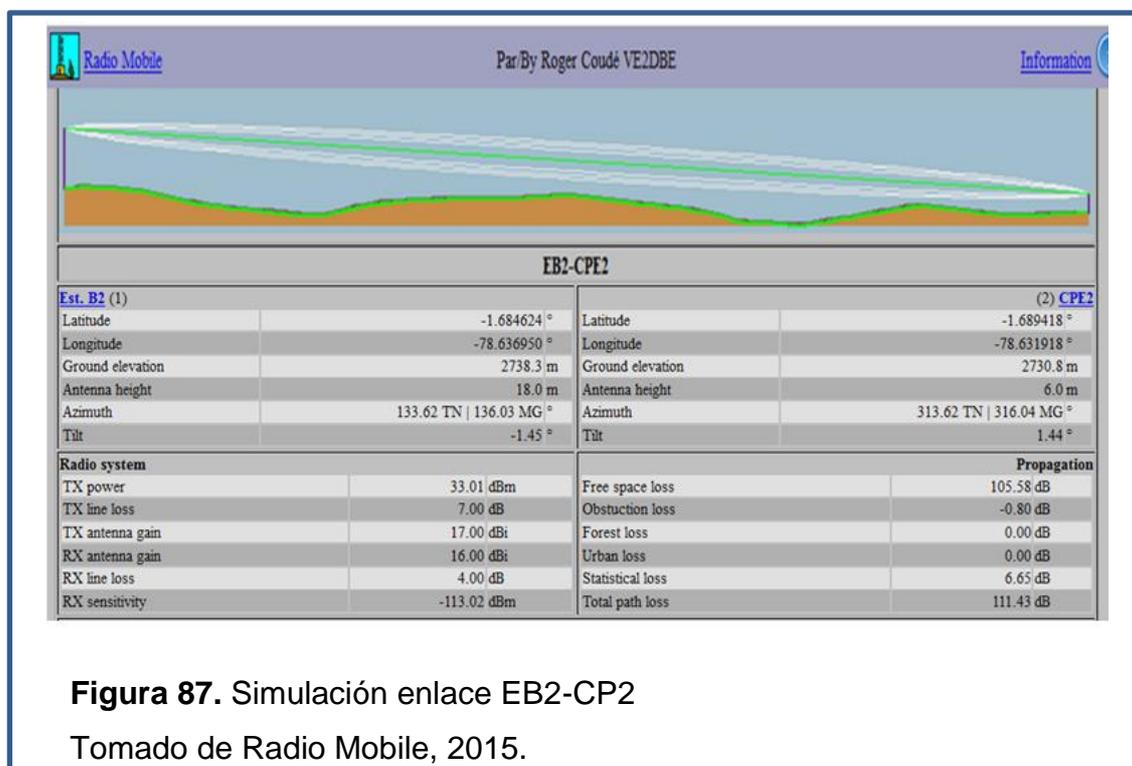
Figura 85. Ubicación Física de la EB1

Tomado de Google Maps, 2015.

En la figura 86 está la gráfica de cobertura de la Estación Base 1



Simulación de la EB2



En la figura 88 se puede apreciar la ubicación física de la EB2 en la herramienta Google Maps.



Figura 88. Ubicación Física de la EB2

En la figura 88 está la gráfica de cobertura de la Estación Base 2.

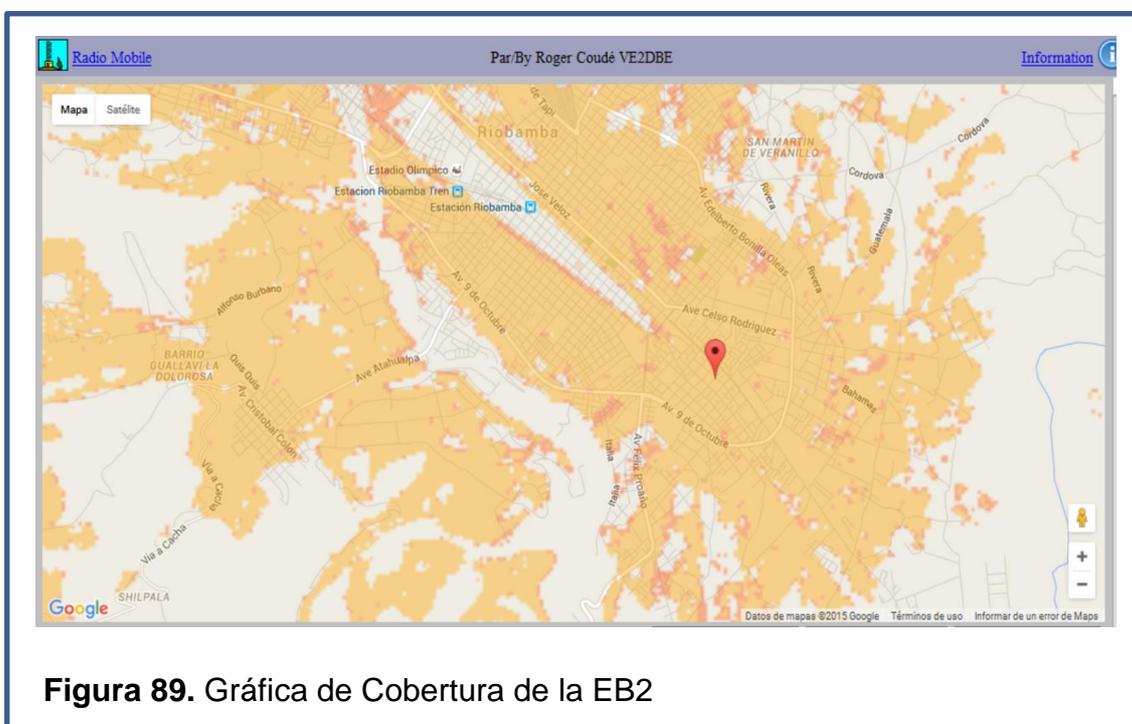
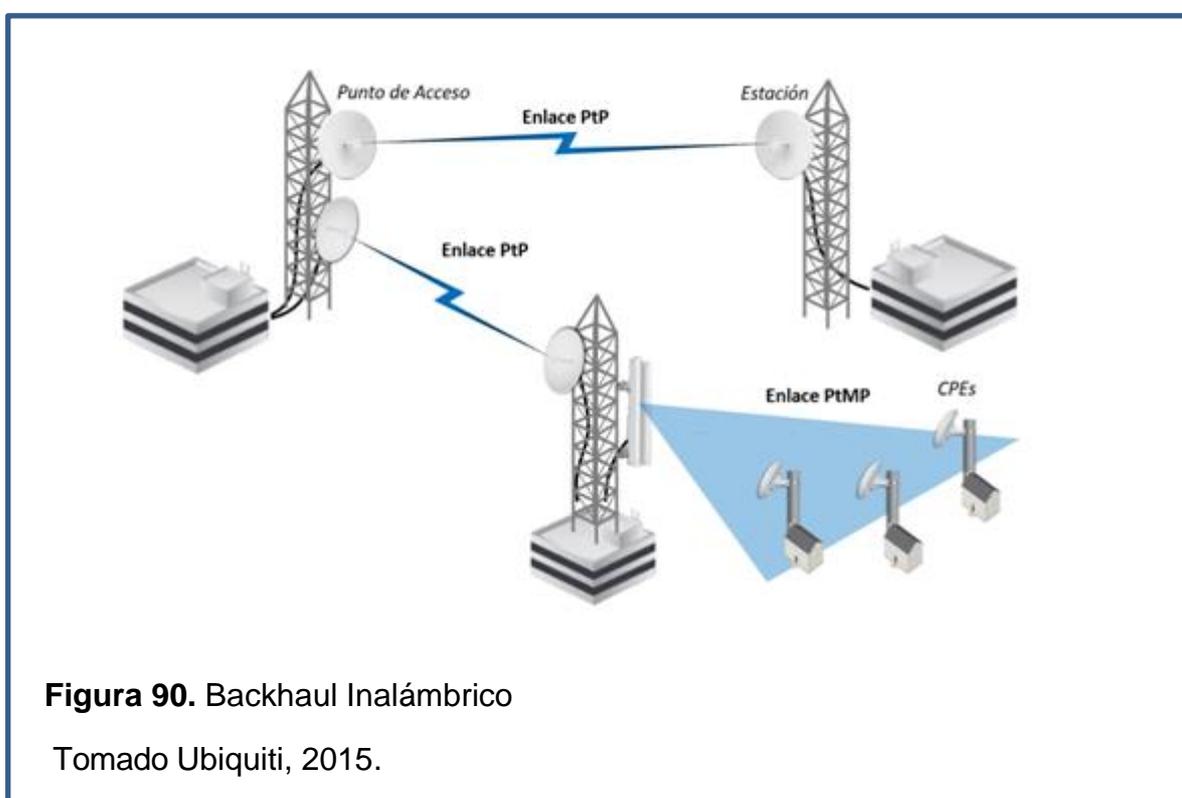


Figura 89. Gráfica de Cobertura de la EB2

3.2.2.2 Red de Distribución

La red de Backhaul es una red intermedia que proporciona la conexión entre las redes de acceso y la red de Core o backbone. Se las conoce como redes de transporte inalámbrico, el objetivo principal de estas redes, es resolver las necesidades de extender las redes de datos o redes con enlaces PtP.

Una Red de Distribución inalámbrica hace referencia a la tecnología que hace uso del espectro radioeléctrico para transmitir las señales de Internet de una Estación Base a otra, como se indica en la figura 90.



Las redes de Backhaul también se pueden utilizar para ofrecer conexiones redundantes entre sus nodos o estaciones.

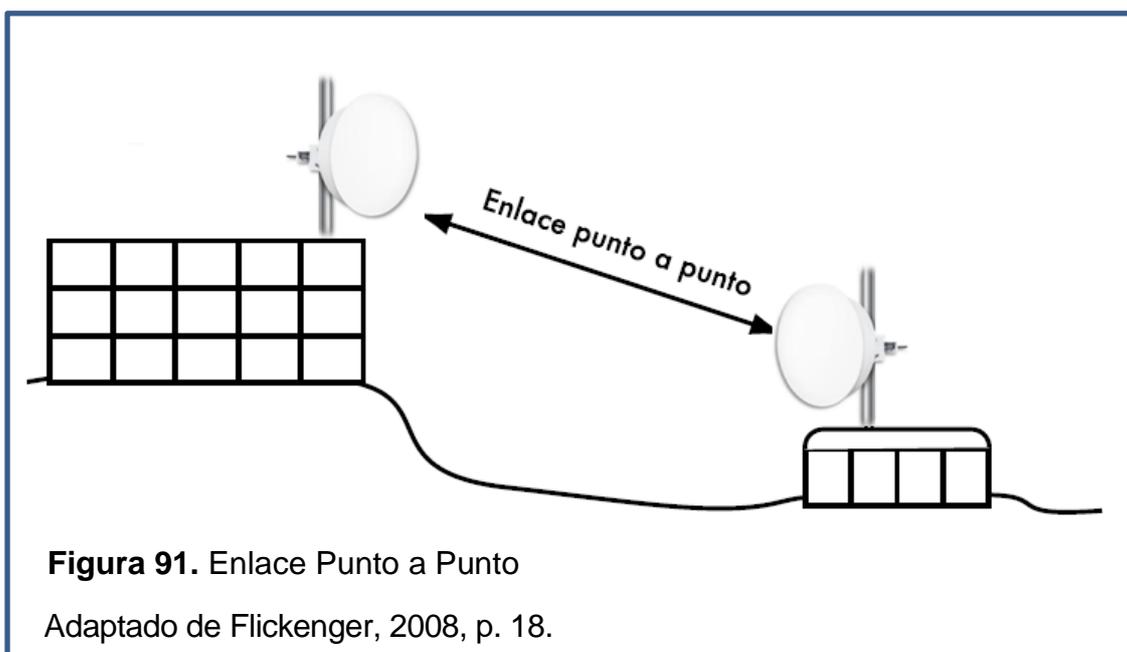
3.2.2.2.1 Diseño de la Red de Distribución

En necesario definir el equipamiento que cumpla con las características técnicas para transportar el tráfico desde Internet (download) que consumirían

los clientes y el tráfico de subida (upload) generado por los usuarios, que circularía entre la red de Core y la red de acceso del ISP. Generalmente estas redes están compuestas por radio enlaces PtP redundantes de alta criticidad, diseñados para operar a largas distancias y soportar grandes anchos de banda; ya que de estas dependen otras redes o servicios.

3.2.2.2.1.1 Redes Punto a Punto (PtP)

Una red PtP como se ve en la figura 91, está formada por equipos inalámbricos que tienen comunicación directa, de manera general a estos equipos se les añade una antena a cada extremo del enlace y esta debe tener la ganancia [dBi] suficiente para cumplir con el presupuesto de potencia del enlace.



3.2.2.2.1.2 Componentes de la Red de Distribución

Las redes de Backhaul se la puede construir a partir de enlaces PTP o PtMP, pero para no degradar la comunicación, es recomendable trabajar con enlaces punto a punto dedicados.

La comunicación que se da en estos enlaces es solo entre dos equipos:

- Un radio que opera como Punto de Acceso y otro
- Como Estación

3.2.2.2.1.3 Cálculo de los enlaces Punto a Punto

Para el cálculo de los enlaces desde el nodo principal hacia la estación base uno y dos, es importante conocer algunas características de las ondas de radio.

3.2.2.2.1.3.1 Comportamiento de las ondas de radio

Los factores a tomar en cuenta son:

- En el vacío, las ondas de radio se propagan en varias direcciones a una velocidad de 3×10^8 [m/s]
- Al propagarse en otros medios, las señales se debilitan por factores como: reflexión, refracción, difracción y absorción.

Para planificar el diseño de una red inalámbrica, se debe considerar lo siguiente:

- Las ondas con longitud larga, viajan a través y alrededor de los obstáculos llegando a distancias radiales más lejanas.
- Las ondas de longitud corta pueden transportar una mayor cantidad de datos

3.2.2.2.1.3.1.1 Absorción

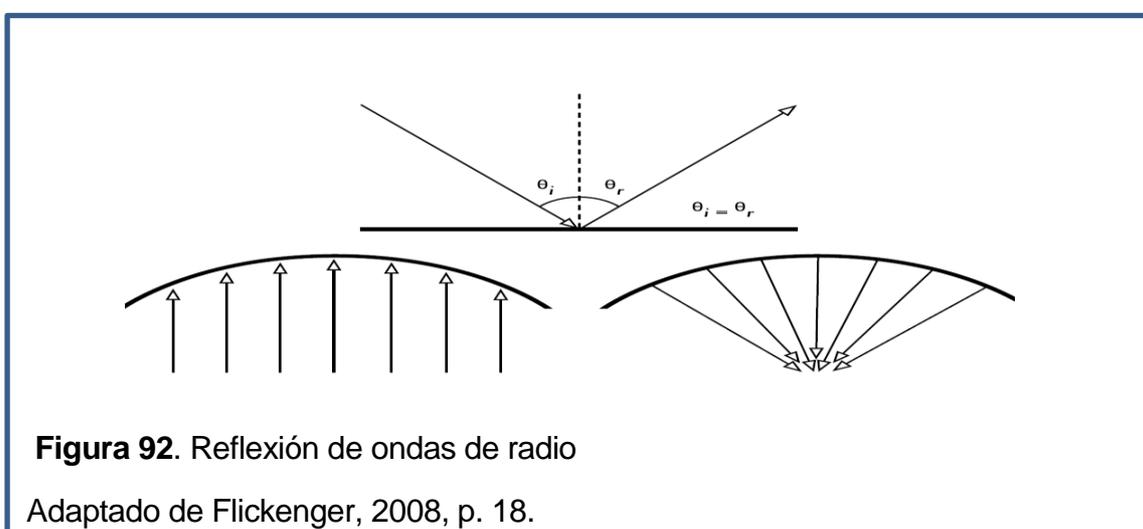
atravesar superficies metálicas o agua en sus diferentes formas. La cantidad de potencia perdida dependerá de la frecuencia en que este el trabajando.

3.2.2.2.1.3.1.2 Reflexión

Al estar en contacto con ciertas superficies las ondas electromagnéticas al igual que luz visible se reflejan, por lo tanto se aplicaban las mismas reglas de reflexión la óptica.

El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, ver Fig. 92.

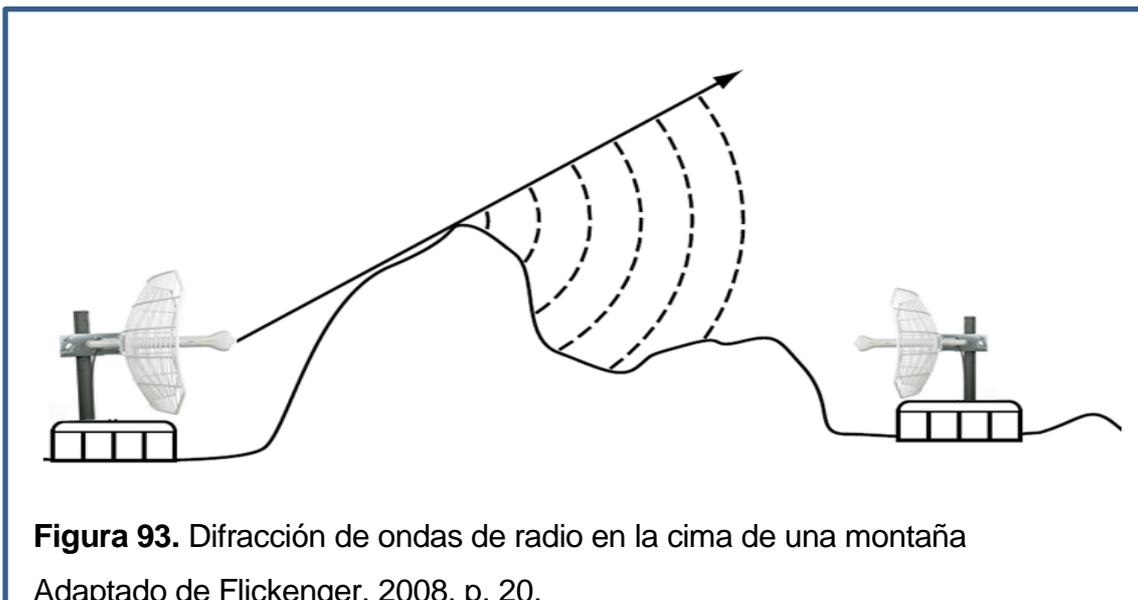
$$\theta_i = \theta_r \quad (\text{Ecuación 6})$$



Los ambientes urbanos se ven más afectados por la propagación multitrayecto, esto quiere decir que las señales van a llegar al receptor a través de caminos diferentes y por ende en tiempos diferentes, debido a los múltiples objetos de metal que pueden estar presentes en una ciudad.

3.2.2.2.1.3.1.3 Difracción

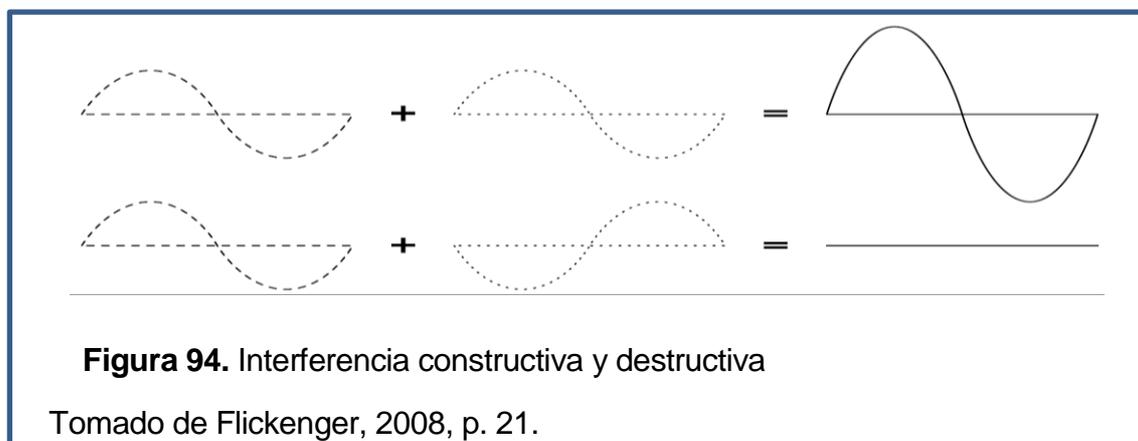
Las ondas electromagnéticas, principalmente las de longitud corta, se ven afectados por los efectos de la difracción (ver Fig. 93) cuando chocan contra obstáculos como: paredes, picos de montañas entre otros; lo que provoca que las ondas de radio cambien su dirección de propagación y también existe pérdida de potencia.



3.2.2.2.1.3.1.4 Interferencia

La interferencia se produce porque las ondas electromagnéticas compiten por el uso del espectro radioeléctrico.

Como se observa en la Fig. 94., existen dos tipos de interferencia; la destructiva se produce al encontrarse dos señales con igual amplitud pero con fase opuesta que terminan por anularse, la constructiva es cuando las señales se combinan formando nuevas formas de ondas que no servirían para la comunicación.



Para mitigar este problema se toman algunas alternativas como: buscar el canal que este siendo menos utilizado dentro del rango de frecuencias con los que se esté trabajando, esto con la ayuda de un analizador de espectro, los fabricantes utilizan diferentes técnicas de modulación y filtros que reducen la interferencia.

3.2.2.2.1.3.1.5 Línea visual

La Línea de vista, por sus siglas en inglés LOS (Line of Sight); hace referencia a un camino entre las antenas transmisora y receptora con la menor cantidad posible de obstáculos.

3.2.2.2.1.3.1.5.1 Zona de Fresnel

Las zonas de Fresnel representan regiones donde las ondas secundarias tienen un exceso de recorrido, es decir recorren una distancia mayor que la línea de vista formando elipsoides que rodean la ruta directa de la señal.

Existen varias zonas de Fresnel, generalmente solo se analiza la primera zona, porque en esta región existe la mayor cantidad de potencia que llega al receptor y por consiguiente, se debe asegurar que esta zona esté despejada de todo obstáculo como: árboles, colinas, edificios, etc.

En la planificación de enlaces inalámbricos, se considera un 60 a 70% del despeje de la primera Zona de Fresnel, como se observa en la Fig. 95.

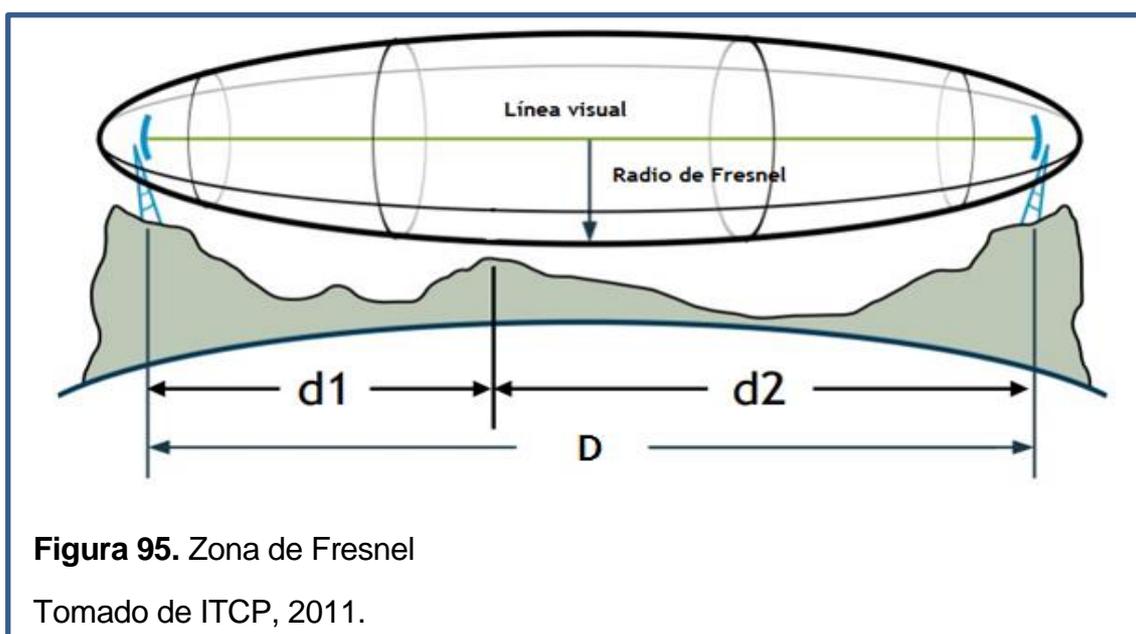


Figura 95. Zona de Fresnel

Tomado de ITCP, 2011.

En situaciones donde no existe obstrucción parcial, el radio de esta primera zona se calcula con la siguiente fórmula.

$$r = 17.31 \sqrt{\frac{D}{4.f}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Dónde:

r = radio de la primera zona [m]

D = distancia del enlace [km]

f = frecuencia de operación [GHz]

Para situaciones donde existe una obstrucción parcial, la fórmula es la siguiente.8

$$r = 17.31 \sqrt{\frac{d1.d2}{f.D}} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Dónde:

r = radio en metros

d1 y d2 = distancias desde el obstáculo a los extremos del enlace en metros

D = distancia total del enlace en metros

f = frecuencia del enlace en MHz

3.2.2.2.1.3.1.6 Potencia

Los sistemas inalámbricos de acuerdo a sus características técnicas, requieren de un mínimo de potencia P para lograr que los enlaces operen en las mejor condiciones.

3.2.2.2.1.3.1.6.1 Cálculo en dB

El decibel es una medida adimensional que define la relación entre potencias:

$$dB = 10 * \text{Log} \left(\frac{P_1}{P_0} \right) \quad (\text{Ecuación 9})$$

Dónde:

P_1 y P_0 = valores de potencia [mW] a comparar, para el caso de una antena isotrópica se utiliza un valor de $P_0=1$ [mW]

3.2.2.2.1.3.2 Cálculo del enlace punto a punto Nodo Principal-EB1

3.2.2.2.1.3.2.1 Calculo de la Distancia y los Ángulos de Vista de las Antenas

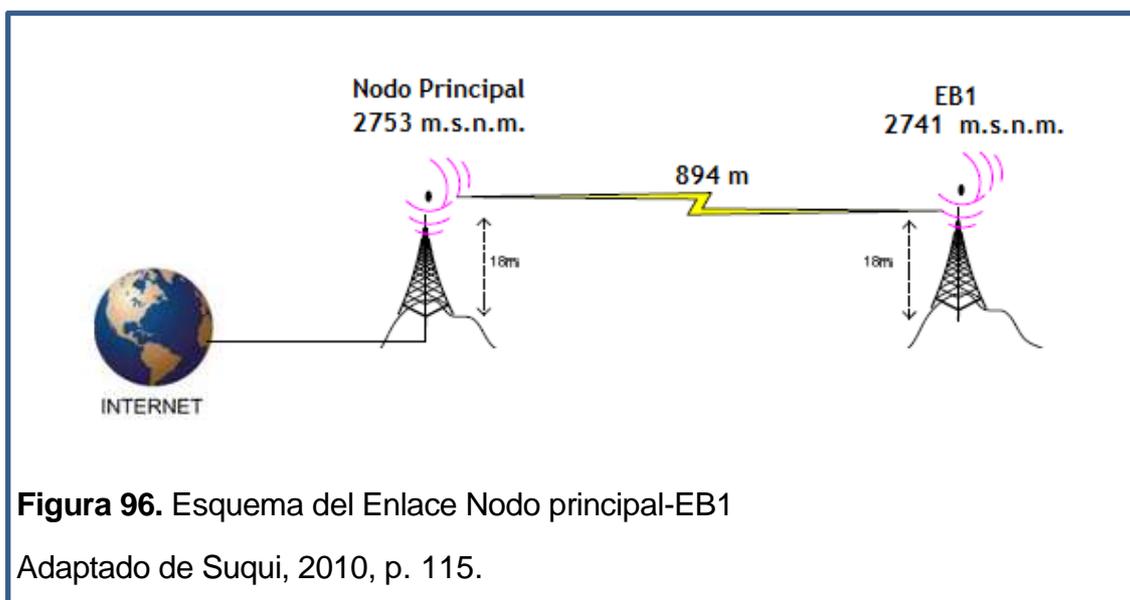


Figura 96. Esquema del Enlace Nodo principal-EB1

Adaptado de Suqui, 2010, p. 115.

3.2.2.2.1.3.2.1.1 Calculo de la Distancia del Enlace

La distancia horizontal del enlace teniendo las coordenadas de cada punto se obtiene con la siguiente ecuación:

(Ecuación 10)

$$d = 111,18 \times \cos^{-1}[\sin(xt) \times \sin(xr) + \cos(xt) \times \cos(xr)\cos(yr - yt)] \text{ (Ecuación 10)}$$

Los valores de longitud y latitud del Nodo principal y la EB1 en notación decimal son:

Latitud NP= -1,678730

Longitud NP= -78,647853

Latitud EB1= -1,6776

Longitud EB1= -78,655831

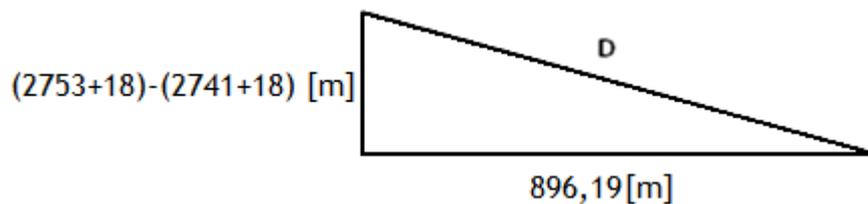
Reemplazando en la ecuación:

$$d = 111,18 \times \cos^{-1}[\sin(-1,678730) \times \sin(-1,6776) + \cos(-1,678730) \times \cos(-1,6776) \times \cos(-78,655831 + 78,647853)]$$

$$d = 896,19[m]$$

Con el valor de la distancia horizontal y sumando la altura en msnm del nodo principal y de la EB1 más los 18 metros de altura de cada torre, podemos aplicar la ecuación del teorema de Pitágoras para encontrar la distancia real [D] del enlace.

(Ecuación 11)



$$D = \sqrt{a^2 + d^2} \quad \text{(Ecuación 11)}$$

$$D = \sqrt{(12)^2 + (896,19)^2}$$

$$D = 896,27[m]$$

3.2.2.2.1.3.2.1.2 Cálculo de los ángulos de Elevación y Azimut

- **Ángulo de Elevación.-** Este ángulo se calcula con el valor de la distancia y la variación de las alturas entre el extremo A y B del enlace como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Elevación} = \tan^{-1}(\theta) \quad \text{(Ecuación 12)}$$

Dónde:

- θ = ángulo de elevación

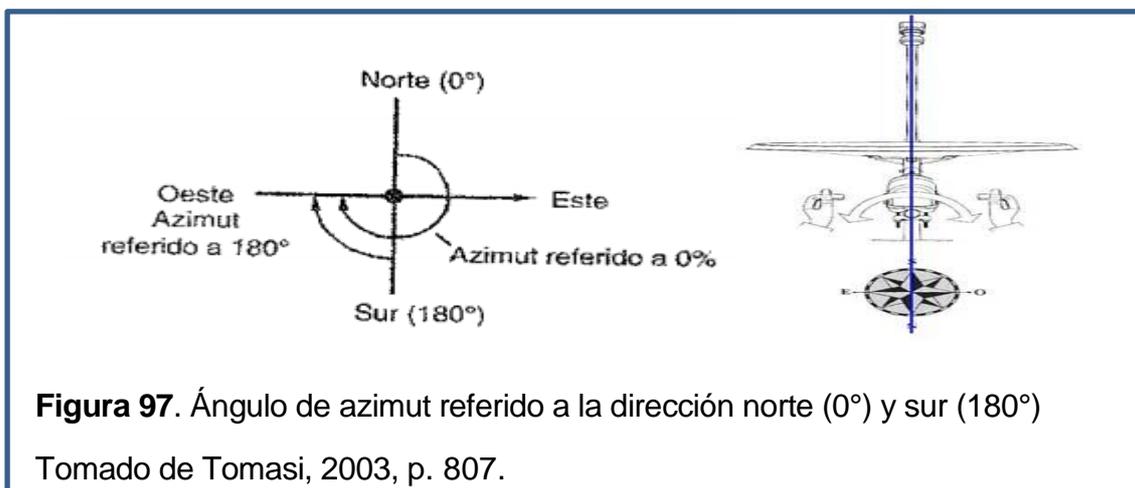
$$\bullet \theta = \left(\frac{\Delta altura}{Distancia} \right)$$

$$\frac{\Delta altura}{Distancia} = \frac{2771-2759}{896,27} \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$\text{Elevación} = \tan^{-1}(0,0134)$$

$$\text{Elevación} = 0,77^\circ$$

- **Azimut.-** En la figura 97 se muestra el ángulo horizontal (azimut geográfico) referido a la dirección norte (0°) y a la dirección sur (180°), según las manecillas del reloj, en grados del norte verdadero (+ en sentido horario, - en sentido anti-horario).



Orientación horizontal de la antena respecto al norte.

La fórmula para calcular el azimut es:

$$\text{Azimut} = \tan^{-1}(\theta) \quad (\text{Ecuación 14})$$

Dónde:

$$\theta = \left(\frac{\Delta Longitud}{\Delta Latitud} \right) \quad (\text{Ecuación 15})$$

$$\frac{\Delta Longitud}{\Delta Latitud} = \frac{\text{Long.NP} - \text{Long.EB1}}{\text{Lat. NP} - \text{Lat.EB1}} \quad (\text{Ecuación 16})$$

- a) Calculando el azimut Transmisor-Receptor

$$\frac{\Delta Longitud}{\Delta Latitud} = \frac{-78,647853 - (-78,655831)}{-1,678730 - (-1,6776)}$$

$$Azimut = \tan^{-1}(-7,060176991)$$

$$Azimut = -81,94^\circ$$

Para convertir el ángulo en positivo se le suma 360° , de esta manera el Azimut para el Nodo principal sería:

$$Azimut_{TX} = 278,06^\circ$$

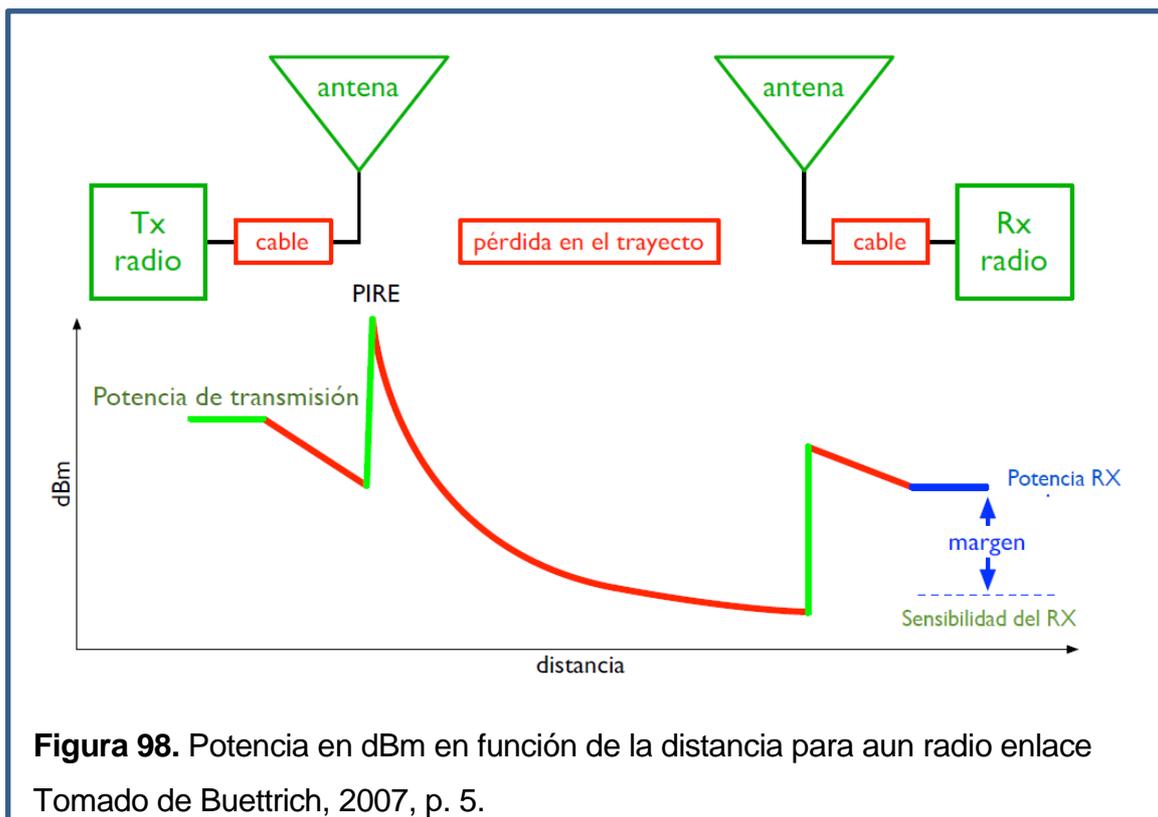
- b) Calculando el acimut Receptor-Transmisor

Para obtener el valor del acimut en la Estación Base 1 se resta 180° al valor del Azimut del NP, quedando así:

$$Azimut_{RX} = 98,06^\circ$$

3.2.2.2.1.3.2.2 Calculo del presupuesto de Potencia

El presupuesto de potencia es la suma en decibeles de los aportes de los elementos que conforman el enlace, que se indican en la figura 98.



a) Cálculo de Pérdidas en el espacio libre

La pérdida en el espacio libre (L_{fs}), mide la dispersión de la potencia en un espacio sin obstáculos y se calcula con la siguiente ecuación:

$$L_{fs}(dB) = 20 \log(d) + 20 \log(k) \quad (\text{Ecuación 17})$$

Dónde:

d = es la distancia que debe recorrer la señal

f = frecuencia en la que opere el enlace

k = 92,4 con la distancia en [Km] y la frecuencia en [Ghz]

Así la ecuación quedaría de esta manera:

$$L_{fs}(dB) = 20 \log d(km) + 20 \log f(GHz) + 92,45$$

Para este caso, los datos serían los siguientes:

$$f = 5,825 \text{ [GHz]}$$

$$d = 0.896 \text{ [Km]}$$

$$Lfs(dB) = 20\log(0,896) + 20\log(5,825) + 92,45$$

$$Lfs = 106,80 \text{ dB}$$

Si los equipos emisores y receptores tienen las mismas características técnicas, basta con obtener el presupuesto de potencia desde el AP hasta la estación, debido a que también tendrían el mismo valor de PIRE.

b) Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva (PIRE)

El PIRE es la cantidad de potencia que emitiría una antena teórica, que radia la potencia en la misma proporción en todas direcciones.

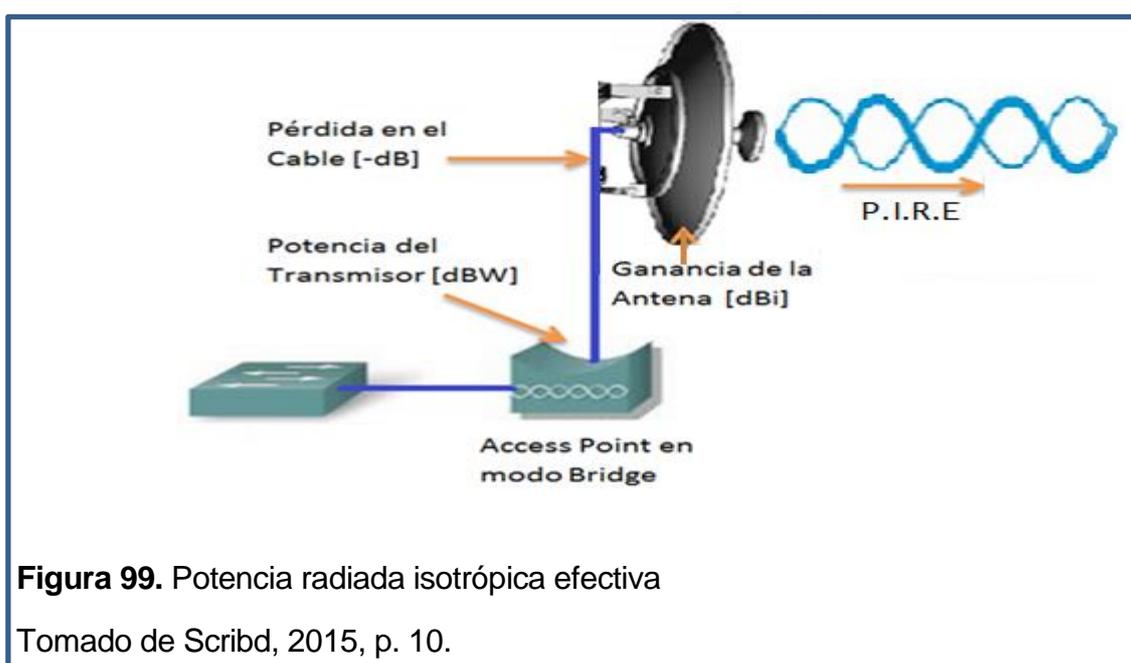


Figura 99. Potencia radiada isotrópica efectiva

Tomado de Scribd, 2015, p. 10.

El PIRE se calcula con la siguiente ecuación y los elementos están representados en la figura 99:

$$PIRE = Pt(dBW) + G(dBi) - Loss \quad \text{(Ecuación 18)}$$

Dónde:

Pt (dBW) = Potencia de salida del radio transmisor= 1 [W]

G (dBi) = Ganancia de la Antena emisora= 24 [dBi]

Loss = pérdidas por atenuación en los cables y conectores, en la tabla 6 se muestra una atenuación en el cable UTP de 22 [dB] en 100 metros.

$$\text{PIRE} = 10\log(1300) + 24 - 21(0,22)$$

$$\text{PIRE} = 50,52[\text{dBW}]$$

c) Presupuesto del Enlace

El cálculo del presupuesto del enlace permite cuantificar el impacto que causan las variables que se presentan en la figura 98 en la potencia que llega al receptor. Es importante asegurar que el margen de potencia de recepción sea mayor al umbral que determina el fabricante en el equipo receptor.

El margen de la potencia se obtiene con la siguiente ecuación:

$$M(\text{dB}) = Pt(\text{dBm}) - Acc1(\text{dB}) + G1(\text{dBi}) - Lfs + G2(\text{dBi}) - Acc2(\text{dB}) - Pr(\text{dBm}) \quad (\text{Ecuación 19})$$

Con los valores calculados y los obtenidos en las hojas de especificaciones técnicas de los equipos seleccionados se tiene:

M(dB) = Margen de la potencia de recepción

Pt(dBm) = Potencia del transmisor= 31,14 [dBm]

Acc1(dB) = Acc2(dB)= Atenuación en cables y conectores del emisor y receptor respectivamente = 4,62 [dB]

G1(dBi)= G2(dBi) = 24 [dB]

Lfs = pérdidas en el espacio libre = 106,80 [dB]

$Pr(dBm)$ = sensibilidad del radio receptor = -72 [dBm]

Reemplazando con los valores de las especificaciones técnicas de los equipos escogidos se tiene:

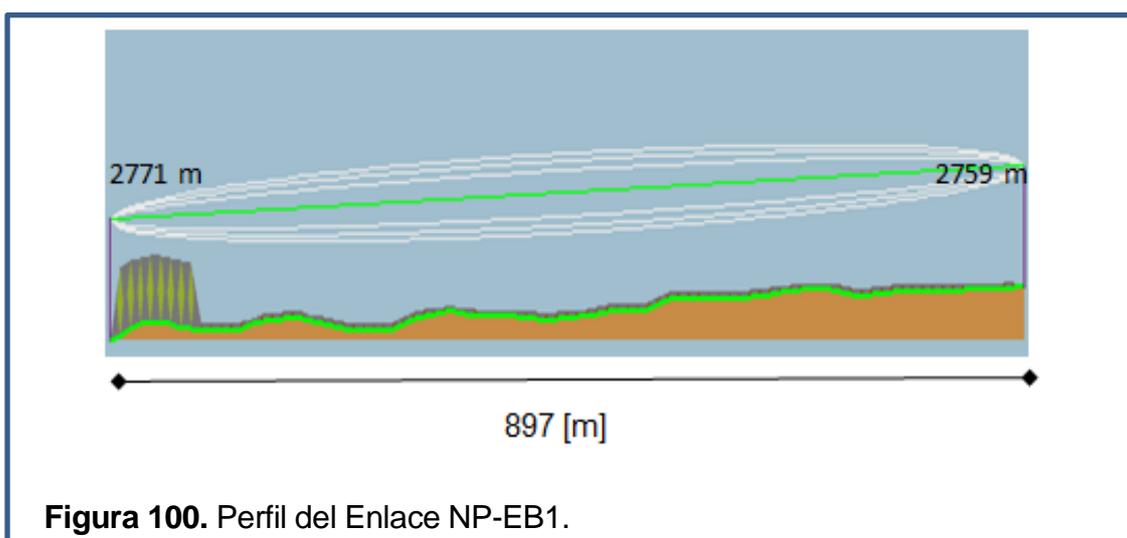
$$M(dB) = 31,14 - 4,62 + 24 - 106,80 + 24 - 4,62 - (-72)$$

$$M(dB) = 35,10[dB]$$

Este margen corresponde a una velocidad de transmisión de 450 Mbps.

3.2.2.2.1.3.2.3 Análisis de la primera Zona de Fresnel

De acuerdo a la simulación del enlace en Radio Mobile, se puede apreciar en la figura 100 que no existe obstrucción.



Con una zona de Fresnel despejada, el cálculo se lo realiza con la siguiente fórmula:

$$r = 17,31 \sqrt{\frac{D}{4 \times f}} \quad (\text{Ecuación 20})$$

$$r = 17,31 \sqrt{\frac{0,897}{4 \times 5,825}}$$

$$r = 3,4 [m]$$

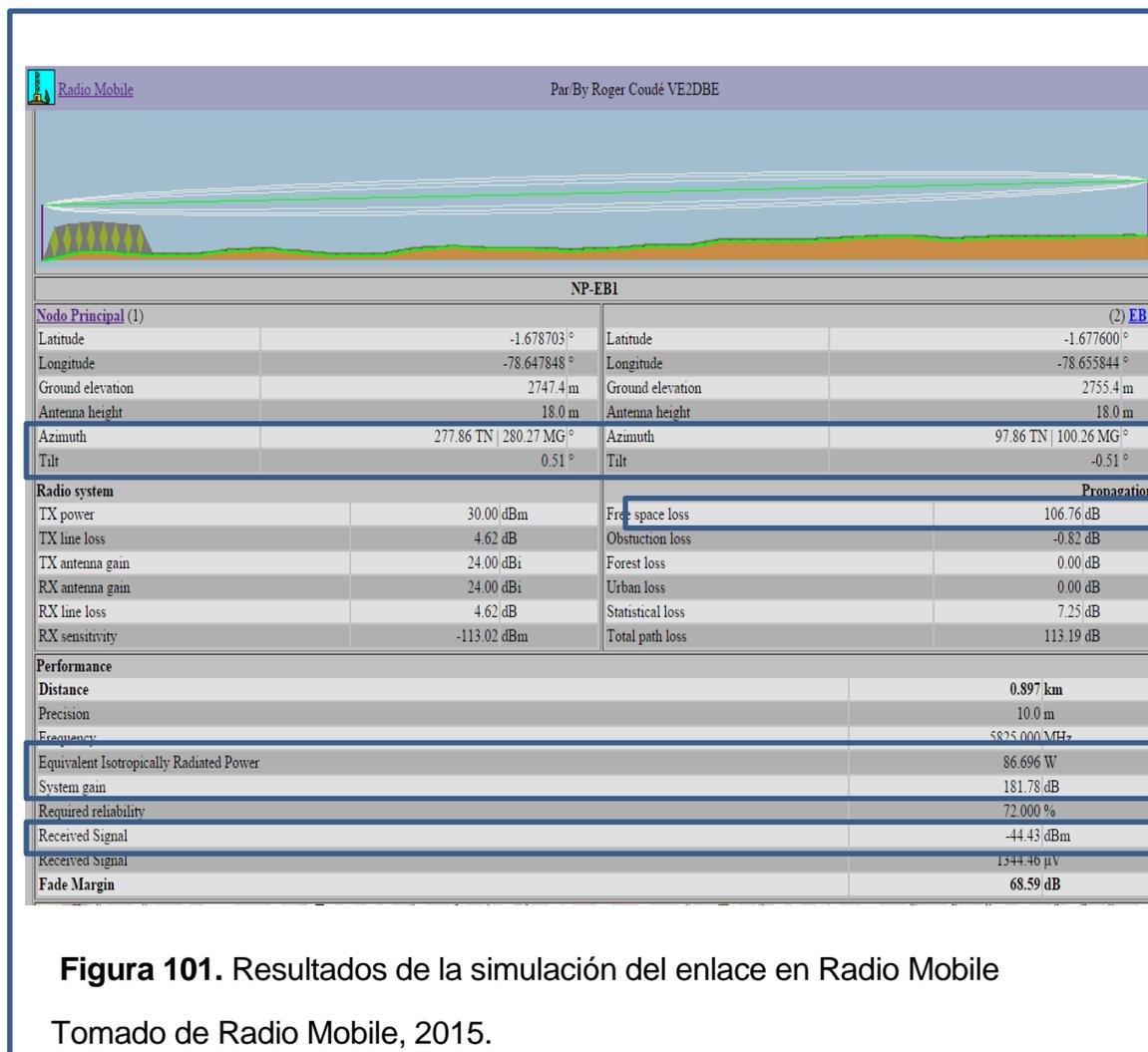
Los cálculos realizados de este enlace, nos dan los resultados que se presentan en la tabla 43:

Tabla 43. Resultados del cálculo del enlace

Datos	Valores
Distancia	0,869 [Km]
Frecuencia	5,825 [GHz]
Elevación	0.77°
Azimut <u>tx</u>	278,06°
Azimut <u>rx</u>	98,06°
<u>Lfs</u>	106,80 [dB]
PIRE	50,52 [<u>dBW</u>]
Margen de la potencia <u>rx</u>	35,10 [<u>dBm</u>]
Radio de la primera zona de Fresnel	3,4 [m]

3.2.2.2.1.3.2.4 Simulación del Enlace en Radio Mobile

Radio Mobile es un simulador que muestra el perfil de elevación ingresando las coordenadas de los dos extremos del enlace, las características de las antenas, los radios y las pérdidas por cables y conectores, entre otros valores que permiten tener los resultados con mayor exactitud.



En la figura 101 se resaltan algunos valores importantes que tienen concordancia con los valores calculados.

En la figura 102 en Google Maps se muestra dónde estaría ubicado físicamente el enlace.

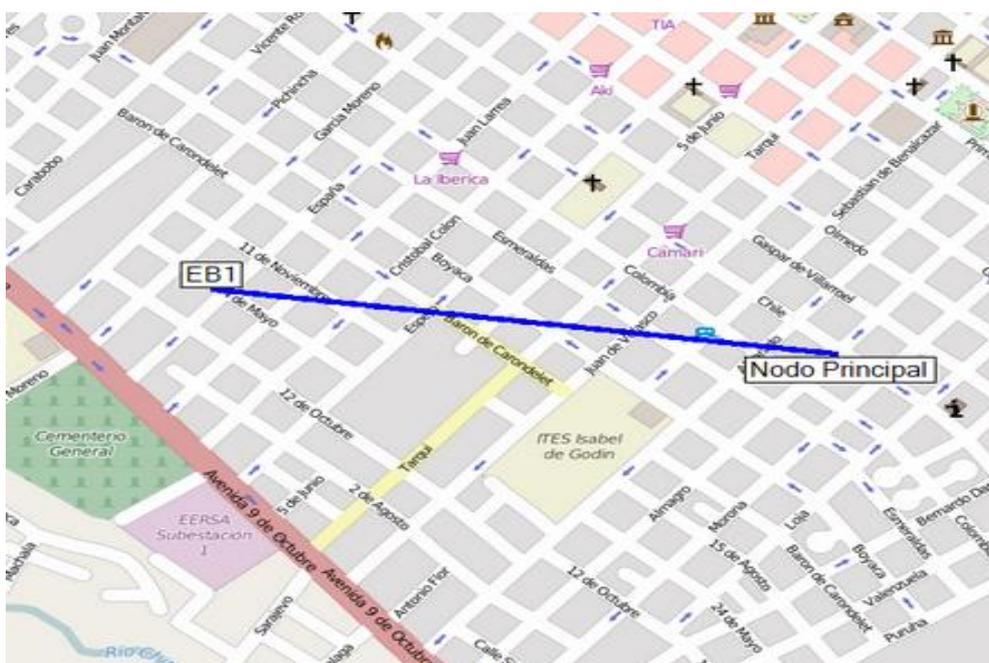


Figura 102. Ubicación física del enlace
Tomado de Google Maps, 2015.

3.2.2.2.1.3.3 Cálculo de los enlace Nodo Principal-EB2

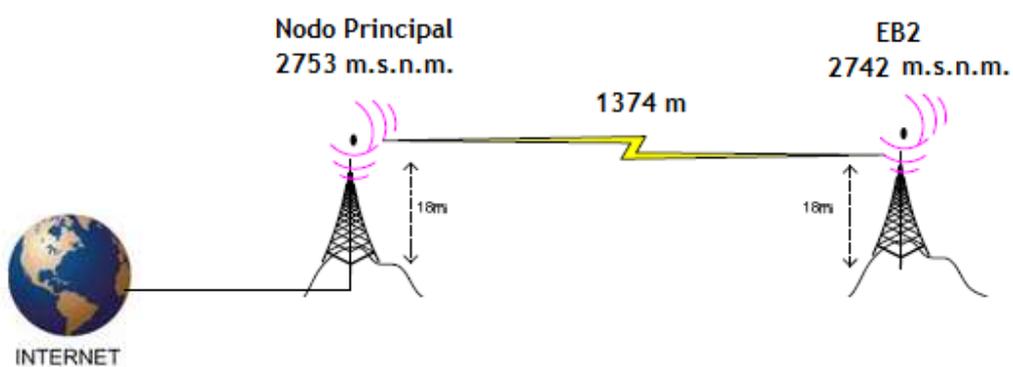


Figura 103. Esquema del Enlace Nodo principal-EB2
Adaptado de Suqui, 2010, p. 115.

3.2.2.2.1.3.3.1 Calculo de la Distancia y los Ángulos de Vista de las Antenas

3.2.2.2.1.3.3.1.1 Calculo de la Distancia del Enlace

Con las coordenadas en notación decimal del Nodo principal y la EB2 que se encuentra en la tabla 37, se tiene:

Latitud NP= -1,678730

Longitud NP= -78,647853

Latitud EB2= -1, 685783

Longitud EB2= -78,638044

Reemplazando en la ecuación:

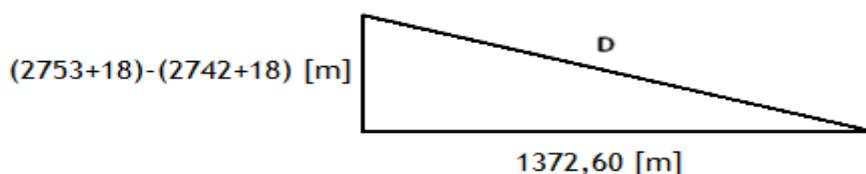
$$d = 111,18 \times \text{Cos}^{-1}[\text{Sin}(-1,678730) \times \text{Sin}(-1, 685783) + \text{Cos}(-1,678730) \times \text{Cos}(1, 685783) \times \text{Cos}(-78,638044 + 78,647853)]$$

(Ecuación 21)

$$d = 1372,6[m]$$

Con el valor de la distancia horizontal y sumando la altura en msnm del nodo principal y de la EB2 más los 18 metros de altura de cada torre, se aplica la ecuación del teorema de Pitágoras para encontrar la distancia real D del enlace.

(Ecuación 22)



$$D = \sqrt{a^2 + d^2}$$

$$D = \sqrt{(11)^2 + (1372,60)^2}$$

$$D = 1372,64[m]$$

3.2.2.2.1.3.3.1.2 Calculo de la los ángulos de Elevación y Azimut

- **Ángulo de Elevación**

(Ecuación 23)

$$Elevación = \tan^{-1}(\theta)$$

$$\frac{\Delta altura}{Distancia} = \frac{2771 - 2760}{1372,64}$$

$$Elevación = \tan^{-1}(0,00801)$$

$$Elevación = 0,46^\circ$$

- **Azimut**

(Ecuación 24)

$$Azimut = \tan^{-1}(\theta)$$

$$\frac{\Delta Longitud}{\Delta Latitud} = \frac{\text{Long. NP} - \text{Long. EB2}}{\text{Lat. NP} - \text{Lat. EB2}}$$

1. Calculando el azimut Transmisor-Receptor

$$\frac{\Delta Longitud}{\Delta Latitud} = \frac{-78,647853 - (-78,638044)}{-1,678730 - (-1,685783)}$$

$$Azimut = \tan^{-1}(-1,39075571)$$

$$Azimut = -54,28^\circ$$

Para convertir el ángulo en positivo se le suma 360°, de esta manera el Azimut para el Nodo principal sería:

$$Azimut_{TX} = 305,72^\circ$$

2. Calculando el acimut Receptor-Transmisor

Para obtener el valor del acimut en la Estación Base 1 se resta 180° al valor del Azimut del NP, quedando así:

(Ecuación 25)

$$Azimut_{RX} = 125,72^\circ$$

3.2.2.2.1.3.3.2 Calculo del presupuesto de Potencia

a) Cálculo de las pérdidas en el espacio libre

(Ecuación 26)

$$Lfs(dB) = 20 \log d(km) + 20 \log f(GHz) + 92,45$$

Para este caso, los datos serían los siguientes:

$$f = 5,700 \text{ [GHz]}$$

$$d = 1,372 \text{ [Km]}$$

$$Lfs(dB) = 20 \log(1,372) + 20 \log(5,700) + 92,45$$

$$Lfs = 110,31 dB$$

b) Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva (PIRE)

(Ecuación 27)

$$PIRE = 10 \log(1300) + 24 - 21(0,22)$$

$$PIRE = 50,52 [dBW]$$

c) Presupuesto del Enlace

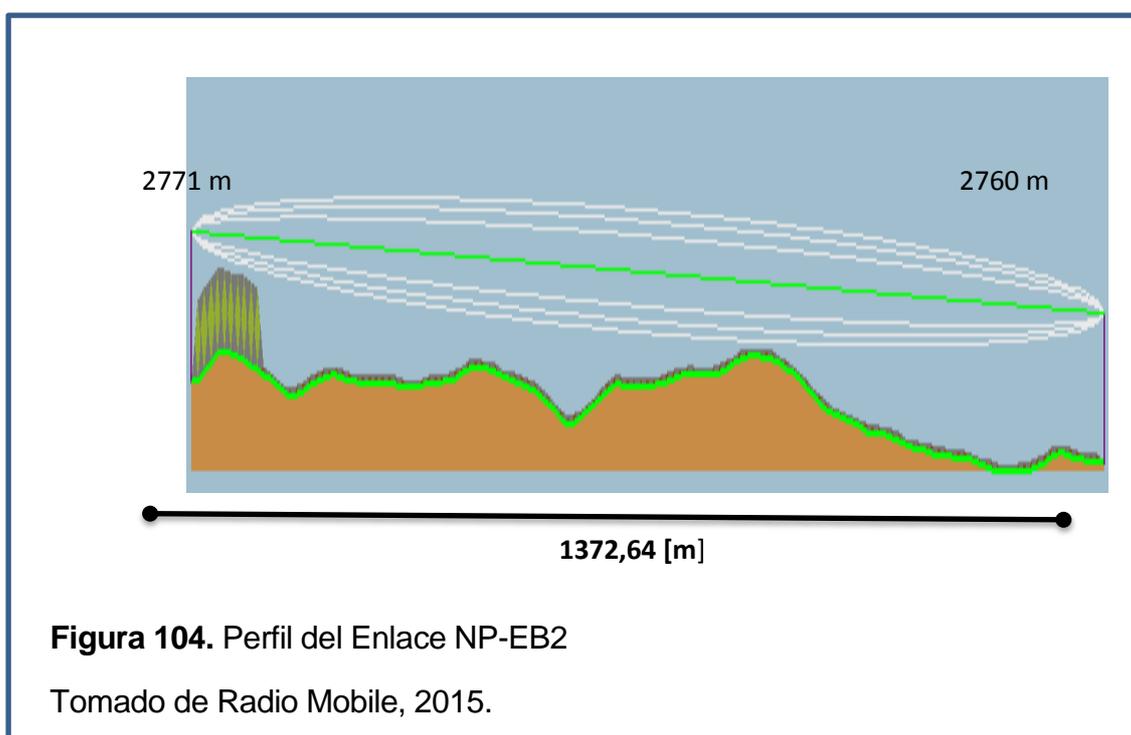
$$M(dB) = 31,14 - 4,62 + 24 - 110,31 + 24 - 4,62 - (-72) \text{ (Ecuación 28)}$$

$$M(dB) = 31,59[dB]$$

Este margen M corresponde a una velocidad de transmisión de 450 Mbps.

3.2.2.2.1.3.3.3 Análisis de la primera Zona de Fresnel

De acuerdo a la simulación del enlace realizada en Radio Mobile, como se aprecia en la figura 104. No existe obstrucción.



$$r = 17,31 \sqrt{\frac{D}{4 \times f}} \quad (\text{Ecuación 29})$$

$$r = 17,31 \sqrt{\frac{1,372}{4 \times 5,700}}$$

$$r = 4,17 \text{ [m]}$$

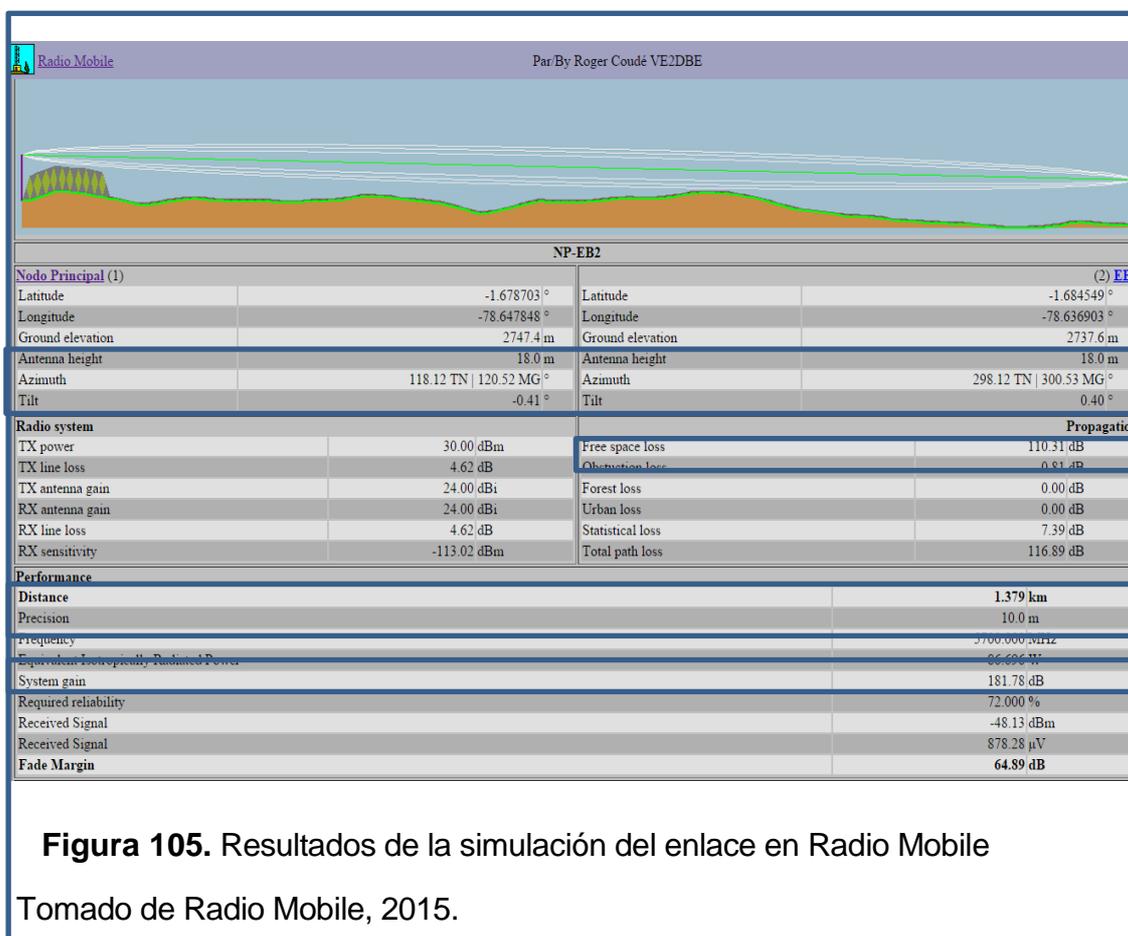
De los cálculos realizados este enlace se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 44. Resultados del cálculo del enlace

Datos	Valores
Distancia	1,372 [km]
Frecuencia	5,700 [GHz]
Elevación	0,46°
Azimut tx	305,72°
Azimut rx	125,72°
Lfs	110,31 [dB]
PIRE	50,52 [dBW]
Margen de la potencia rx	31,59 [dBm]
Radio de la primera zona de Fresnel	4,12 [Km]

3.2.2.2.1.3.3.4 Simulación del Enlace en Radio Mobile

La simulación que se obtuvo de Radio Mobile para este enlace se la puede apreciar en la figura 105, se resaltan los datos más relevantes a considerar en el momento de la implementación.



En la figura 106, se muestra la ubicación física de este enlace.



Figura 106. Ubicación física del enlace

3.2.2.2.1.4 Especificaciones Técnicas de los Equipos seleccionados

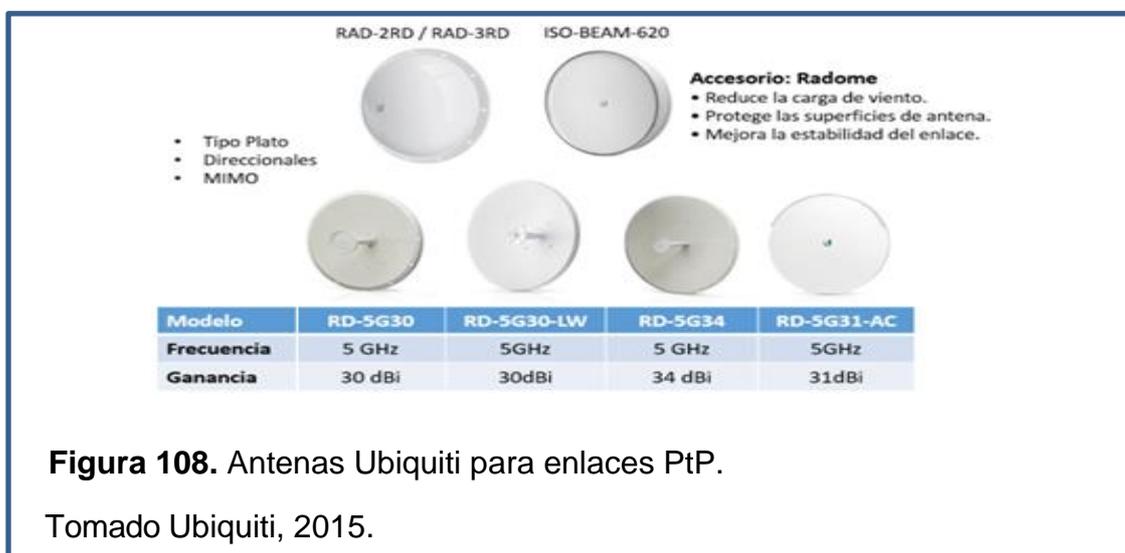
Para enlaces punto a punto o de Backhaul, Mikrotik y Ubiquiti tiene una variedad de opciones en radios y antenas que se pueden escoger para asegurar que el margen de la potencia este por encima de la sensibilidad del receptor, para enlaces de varios kilómetros se puede escoger un radio de alta potencia de transmisión con antenas lo más directivas posibles y con mayor ganancia.

3.2.2.2.1.4.1 Antenas Directivas

Las antenas directivas Emiten/Reciben la señal inalámbrica en una sola dirección, su amplitud es muy limitada (Tienen una cobertura de pocos grados) porque su objetivo es conseguir mayor distancia en enlaces Punto a Punto.



En la figura108 se presenta opciones de antenas en la banda de 5 [GHz].



3.2.2.2.1.4.2 Especificaciones técnicas de los equipos seleccionados

Como la distancia calculada de los enlaces es pequeña se puede trabajar con soluciones integradas, donde el radio y la antena vienen incorporados en una misma carcasa.

En la tabla 45 se muestra las características principales de un transmisor inalámbrico para exteriores que incluye una antena de panel plano de 24 dBi, este equipo se le conoce como QRT 5 AC, en el Anexo 3 se adjunta la hoja de datos con todas las especificaciones del fabricante.

Tabla 46. Especificaciones técnicas del Radio para el enlace PtP

	P/N	RB911G-5HPacD-QRT
	CPU nominal	720 MHz
	Tamaño en RAM	128 MB
	Puertos Ethernet 10/100/1000	1
	Potencia de TX	2000 mW
	Estándares inalámbricos	802.11a/n/ac
	Ancho de canal	20/40/80 MHz
	Número de canales	2
	Ganancia de la Antena	24 dBi
	<u>TX/RX</u> at MCS0	30dBm / -96dBm
	<u>TX/RX</u> at MCS7	27dBm / -77dBm
	<u>TX/RX</u> at MCS9	22dBm / -72dBm
	Sistema Operativo	RouterOS
	Nivel de licencia	4
	Dimensiones	143x247x48mm
Voltaje de entrada	8 V - 30 V	
Potencia de consumo	10,5 W	

Adaptado de MikroTik, 2015.

Para cada enlace se necesita una pareja de QRT 5 AC.

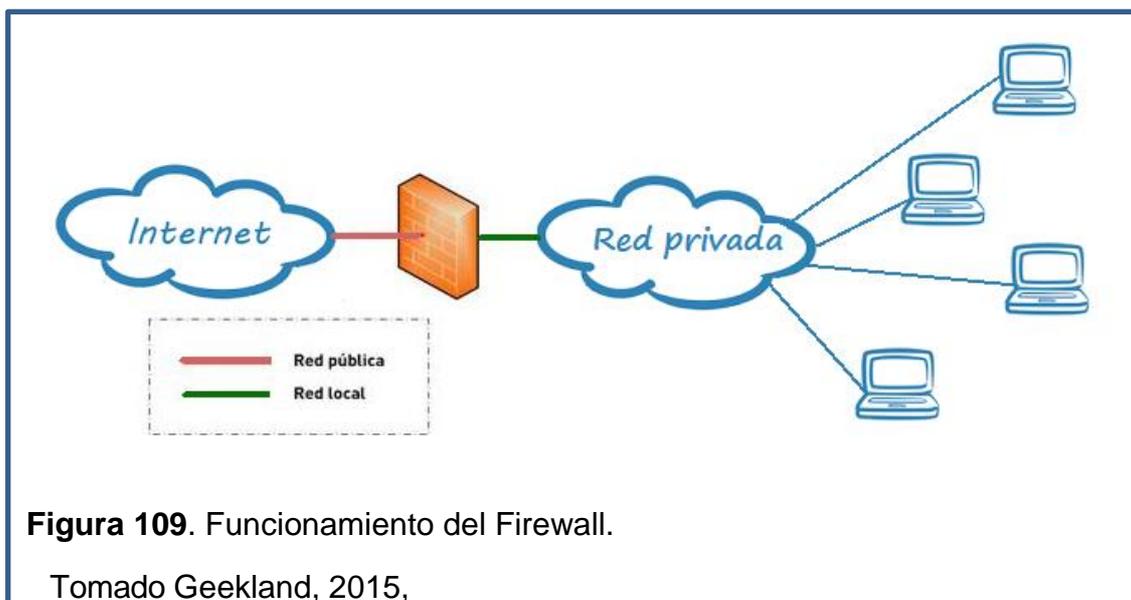
3.2.2.3 Red de Core

En el backbone o red de core están los equipos con gran capacidad de transmisión. Que interconecta la red del ISP con la red del Carrier o Portador.

En la red de core de un ISP generalmente están presentes los siguientes elementos:

3.2.2.3.1 Firewall

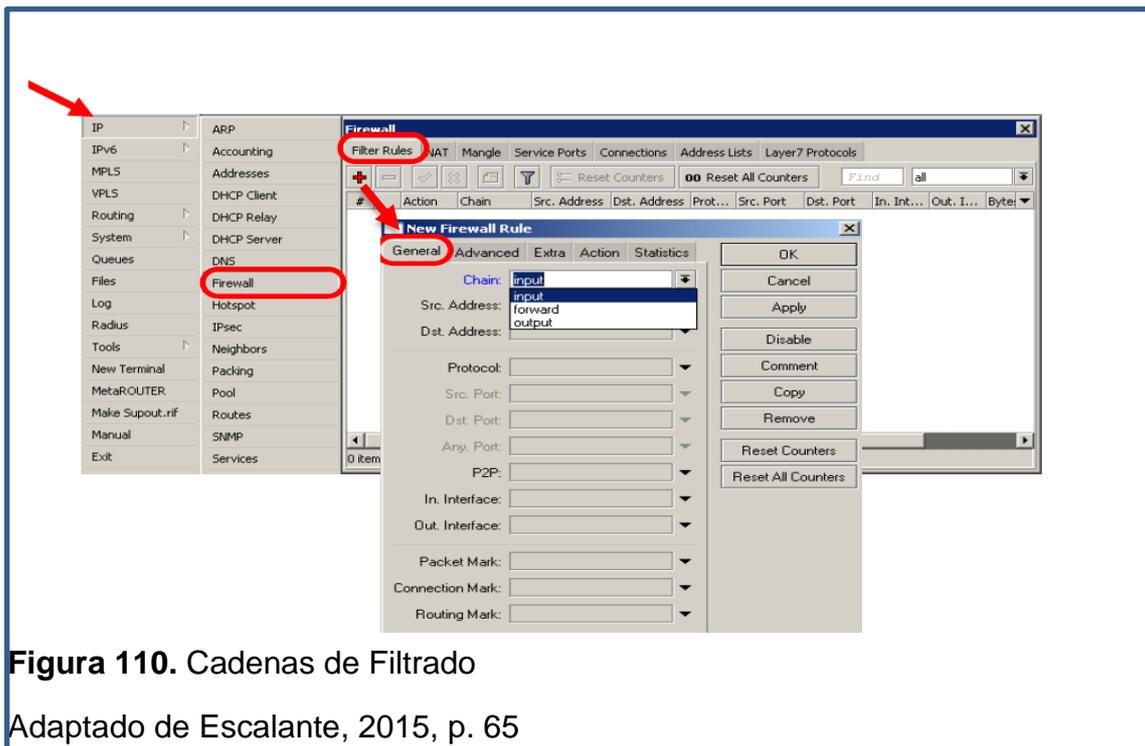
El firewall es un sistema de seguridad de red, que en base a un conjunto de reglas o políticas de seguridad, busca mantener activos y reducir el riesgo de ataques a los servicios de la red IP.



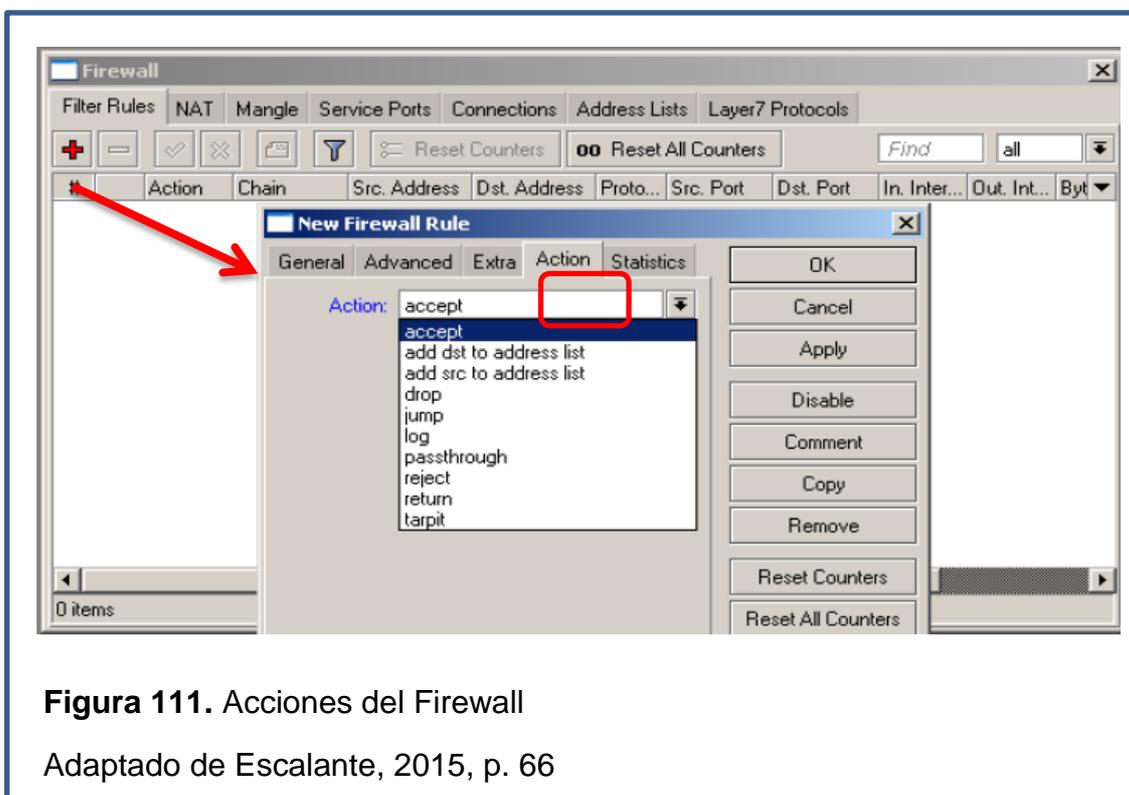
Internet puede ser la causa de múltiples ataques a los elementos de la red privada, mientras más tiempo se esté en línea mayor es la probabilidad de que la red este vulnerable a sufrir ataques de intrusos desconocido.

El RouterOS funcionando como Firewall, tiene dos opciones:

- **The matcher.**- Todas las condiciones deben ser verificadas y deben coincidir, para poder aplicar las políticas de seguridad. El firewall de MikroTik implementa filtrado de paquetes para administrar los datos con reglas que pueden ser ubicadas en tres cadenas por defecto input (al router), output (desde el router) y forward (a través del router); por medio del NAT se previene el acceso no autorizado de redes conectadas directamente y sirve también como como un filtro para el tráfico de salida. Ver Fig. 110.



- The Action.- Una vez que todos los parámetros coinciden y pasa la primera verificación, se procede con la acción. Ver Fig. 111



RouterOS filtrar por:

- Dirección IP
- Protocolo IP
- Listas de direcciones estáticas y dinámicas
- Layer 7 matching

3.2.2.3.2 Router de borde

El router de borde es el equipamiento que cumple la función de conectar la red de datos de un ISP con el Internet.

En el Marco Teórico se expuso los conceptos de ruteo, los tipos de enrutamiento y los protocolos de enrutamiento dinámico.

Para el diseño es necesario que el router de borde cumpla los siguientes requerimientos:

- Conectividad LAN 10/100/1000 Base TX
- Módulos Ópticos SFP
- Protocolos de enrutamiento dinámico en IPv4 e IPv6
- MPLS/VPLS
- Memoria RAM superior a 4 GB
- CPU nominal superior a 1 GHz
- Throughput superior a 1 Gigabit
- Servicio de VPN
- Compatible con RouterOS

RouterOS de MikroTik soporta:

- Ruteo Estático
- Virtual Routing and Forwarding (VRF)
- Ruteo basado en políticas
- Interface de Ruteo

- Ruteo ECMP
- Protocolos de Ruteo dinámico IPv4: RIP v1/v2, OSPFv2, BGP v4
- Protocolos de Ruteo dinámico IPv6: RIPng, OSPFv3, BGP
- Bidirectional Forwarding Detection (BFD)

Las características técnicas del router de borde seleccionado, están en la tabla 47 y la hoja de datos está en el Anexo 3.

Tabla 44. Especificaciones técnicas del Router de Borde

	P/N	CCR1036-12G-4S-EM
	CPU nominal	1.2 GHz por core
	Tamaño en RAM	16 GB
	CPU CORE	36
	Puertos Ethernet 10/100/1000	12
	Puertos SFP	4
	Throughput	Superior a 1 Gigabits
	Sistema Operativo	RouterOS
	Nivel de licencia	6
	Dimensiones	355x145x55cm (1Ur)
	Voltaje de entrada	12 V - 28 V
	Potencia de consumo	60W

Adaptado de MikroTik, 2015.

En la gráfica 112 se observa cómo crear una ruta estática y las etiquetas de las rutas.

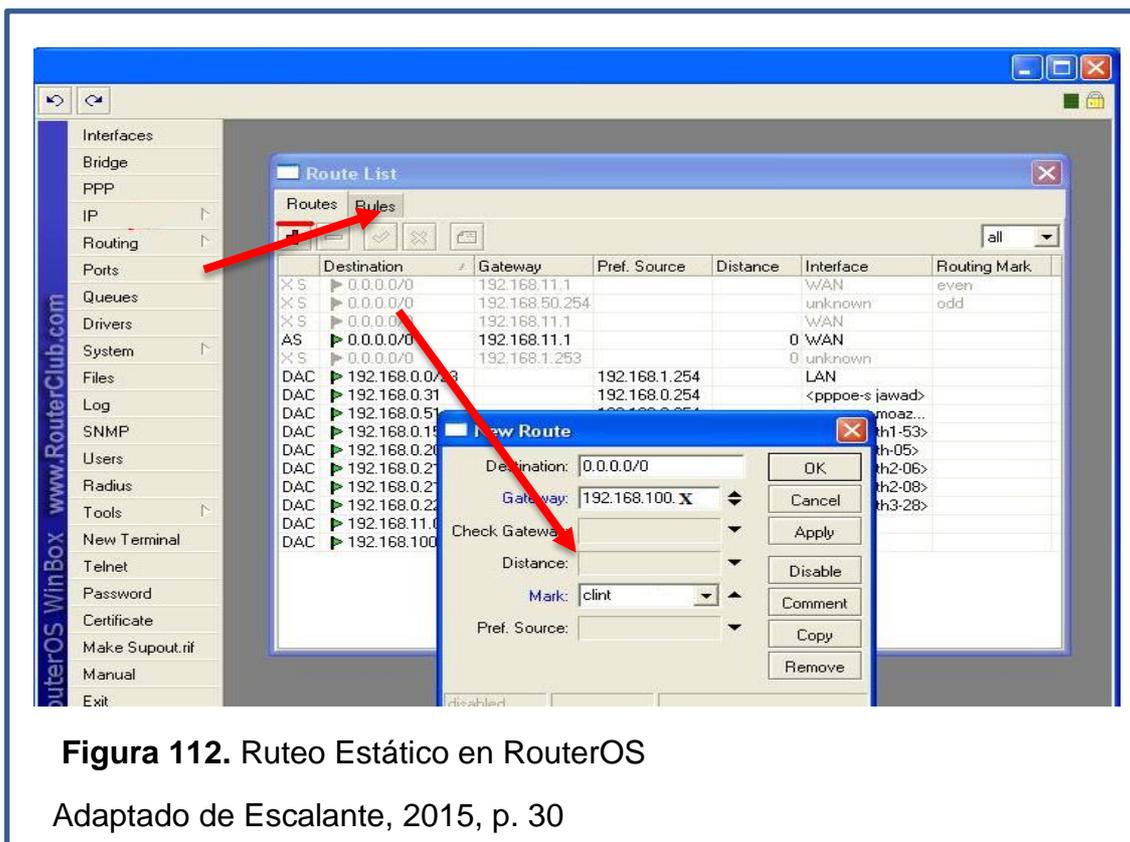


Figura 112. Ruteo Estático en RouterOS

Adaptado de Escalante, 2015, p. 30

Etiquetas de las rutas

- X.- Deshabilitada
- A.- Activa
- D.- Dinámica
- C.- Conectada
- S.- Static (estática)

3.2.2.3.3 Administrador de Ancho de Banda, QoS

QoS (Calidad de servicio) permite identificar y priorizar los diferentes tipos de tráfico que circulan por la red, por ejemplo, el tráfico de aplicaciones críticas para una determinada empresa o flujos de voz y video que se transmite en tiempo real, se prioriza sobre el resto de tráfico, basándose en métricas.

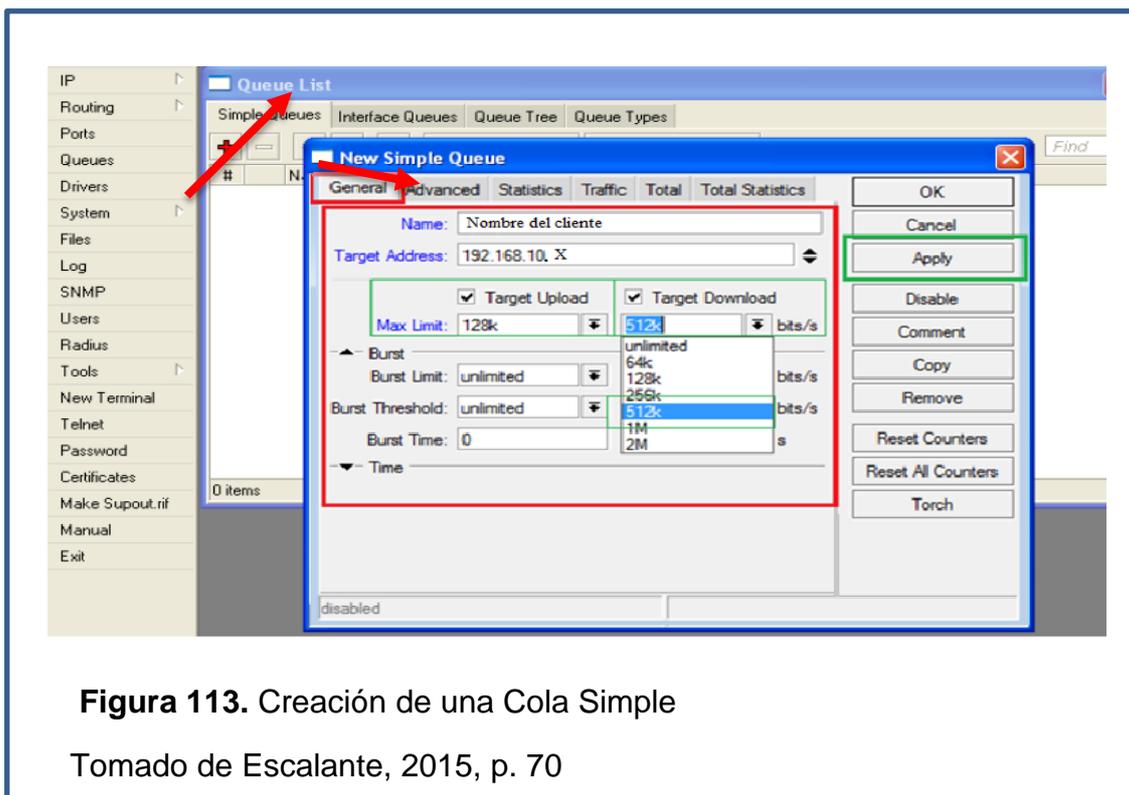
El RouterOS trabaja con las siguientes definiciones:

- Limita y prioriza el tráfico con los siguientes tipos de colas:
 - BFIFO, PFIFO, MQ, PFIFO
 - RED
 - SFQ
 - PCQ
- La velocidad de datos se puede limitar por direcciones IP, subredes, protocolos y puertos
- Configura ráfagas de tráfico para la navegación web más rápida
- Aplica diferentes límites para un determinado periodo de tiempo
- Balancea el tráfico dependiendo de la carga del canal

Hay dos maneras diferentes de cómo configurar colas en RouterOS:

- queue-simple (cola simple).- Diseñada para realizar las limitaciones de tráfico de carga y descarga de forma simple
- queue-tree (árbol de colas).- Diseñado para gestión de colas avanzadas, permite crear políticas de priorización global, limitación de grupos de usuarios.

En la figura 113, está un ejemplo de cómo se crea una cola simple.



- target.- El objetivo al que se le aplica la cola simple que puede ser: una dirección IP, una subred, una interface
- max-limit y limit-at.- El limit-at es la velocidad de datos que puedo garantizar y el max-limit es el AB máximo que puede llegar a tener un cliente, en caso que exista disponibilidad en el ancho de banda global.

3.2.2.3.4 DHCP Server

DHCP por sus siglas Dynamic Host Configuration Protocol, tiene la capacidad de asignar automáticamente direcciones de red reutilizables, máscara de subred, puerta de enlace, DNS, etc. Los equipos clientes realizan peticiones, solicitando la asignación de estos recursos para su respectivo interfaz.

RouterOS soporta un servidor individual por cada interfaz Ethernet y este proceso se da con la siguiente secuencia:

1. El cliente envía un broadcast DHCP-DISCOVER
2. El server envía un broadcast DHCP-OFFER
3. El cliente envía un broadcast DHCP-REQUEST
4. El server envía un broadcast DHCP-ACK

En MikroTik el Servidor DHCP se lo puede configurar utilizando el comando DHCP setup, donde se despliega un Setup Wizard como el que se observa en la figura 114.

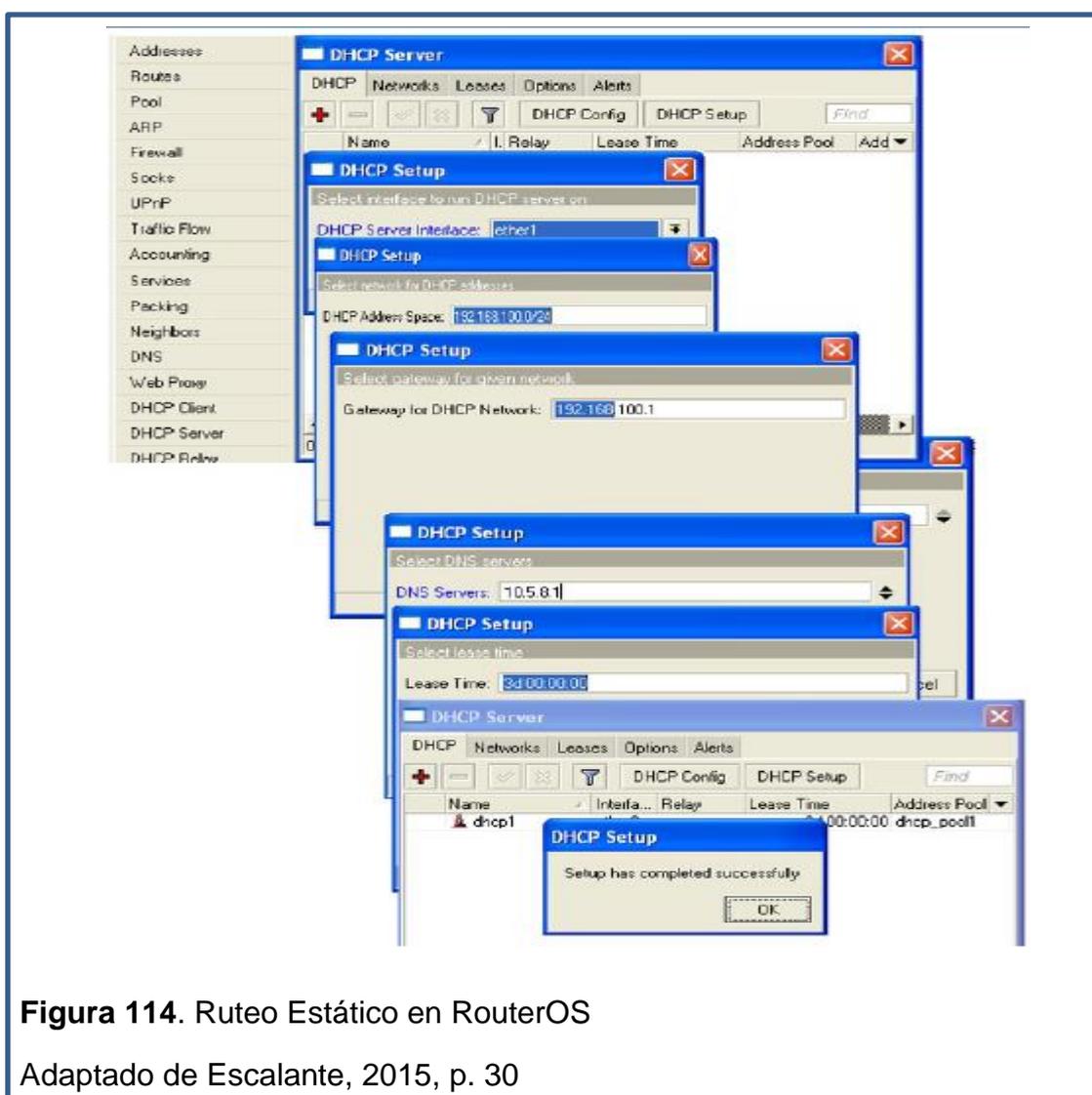
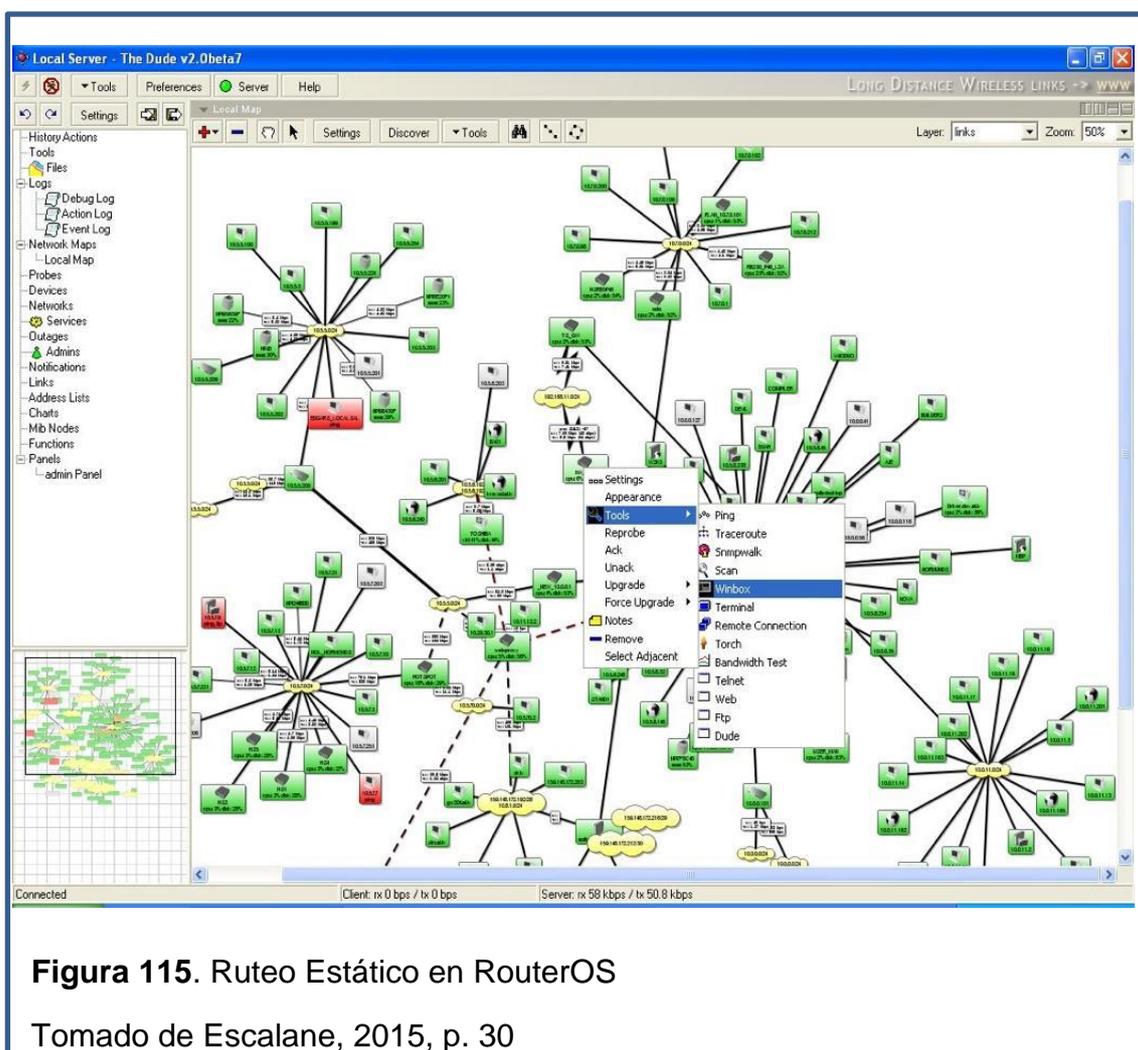


Figura 114. Ruteo Estático en RouterOS

Adaptado de Escalante, 2015, p. 30

3.1.3.4 Red de gestión

Mikrotik desarrolló DUDE, un software para el monitoreo de la red, de distribución gratuita, que es capaz de gestionar todo tipo de redes, a través del protocolo SNMP, generando de forma automática un diagrama de la estructura completa de la red como se puede ver en la figura 115, además se puede configurar el envío de alertas en caso de fallas.



3.1.3.4 Diagrama de la Red del WISP

En la figura 116 está el diagrama de red Global donde se puede apreciar la red de Acceso, la red de distribución y la red de Core

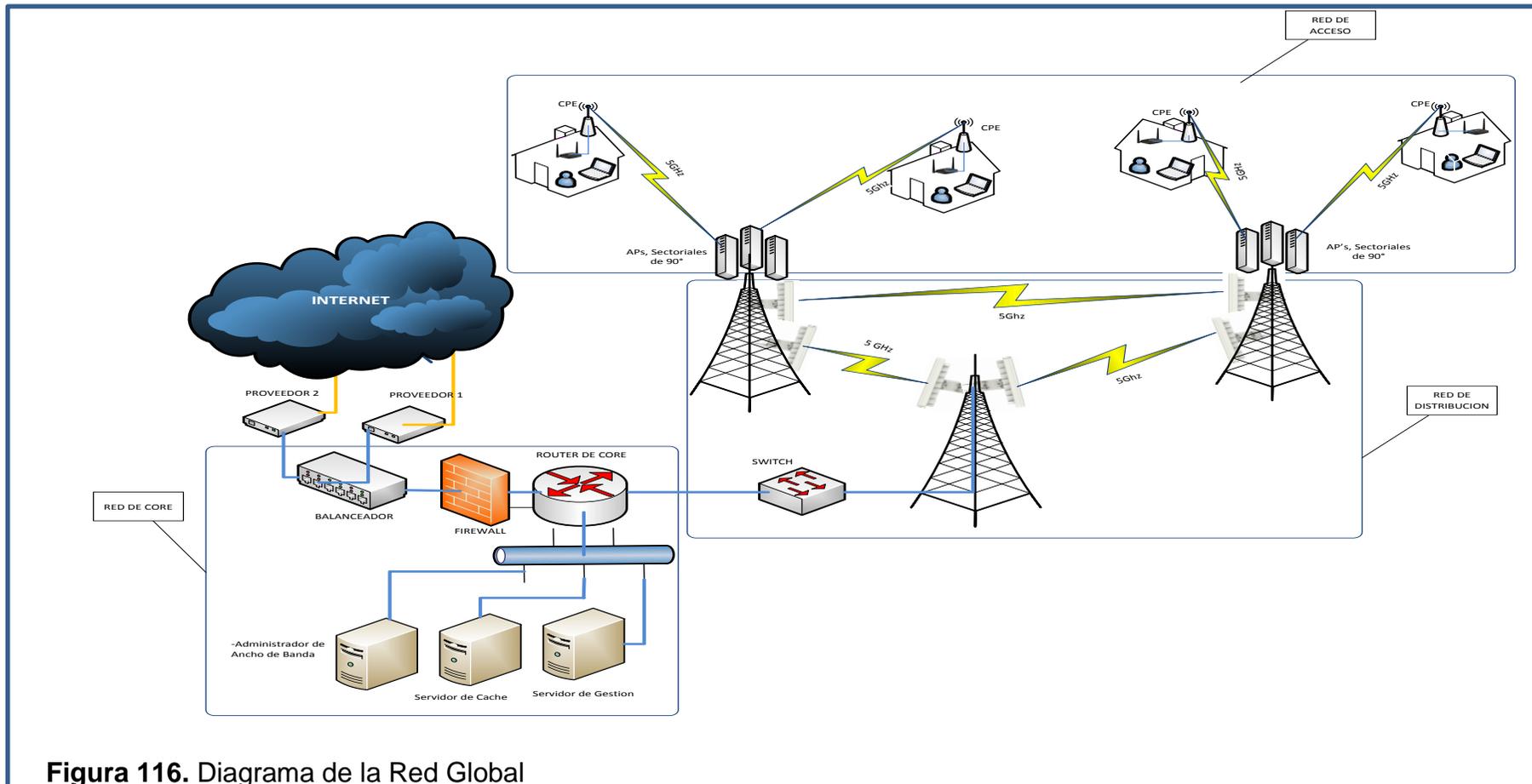


Figura 116. Diagrama de la Red Global

3.2.3 Seguridad Wi-Fi

3.2.3.1 Tipos de Ataques

En redes inalámbricas la información transmitida está expuesta a ataques de intrusos o equipos ajenos a la red. Como se puede observar en la Fig. 117, estos ataques se clasifican en activos y/o pasivos.



3.2.3.2 Mecanismos de Seguridad

Para mitigar los riesgos de seguridad en redes Wi-Fi, se tienen las siguientes alternativas:

3.2.3.2.1 Filtrado de direcciones MAC

Consiste en la creación de listas de acceso (ACL) con direcciones MAC (Media Access Control) de cada tarjeta de red inalámbrica de las estaciones que están autorizadas para conectarse al AP.

Este mecanismo tiene como inconveniente que las direcciones MAC al transmitirse por el aire no viajan cifradas, por lo que existe el riesgo que un atacante con la ayuda de un software, capture estas direcciones y las asigne a sus equipos, para acceder a la red como un usuario autorizado. En los equipo Mikrotik se configura el filtrado de direcciones MAC como se indica en la figura 118.

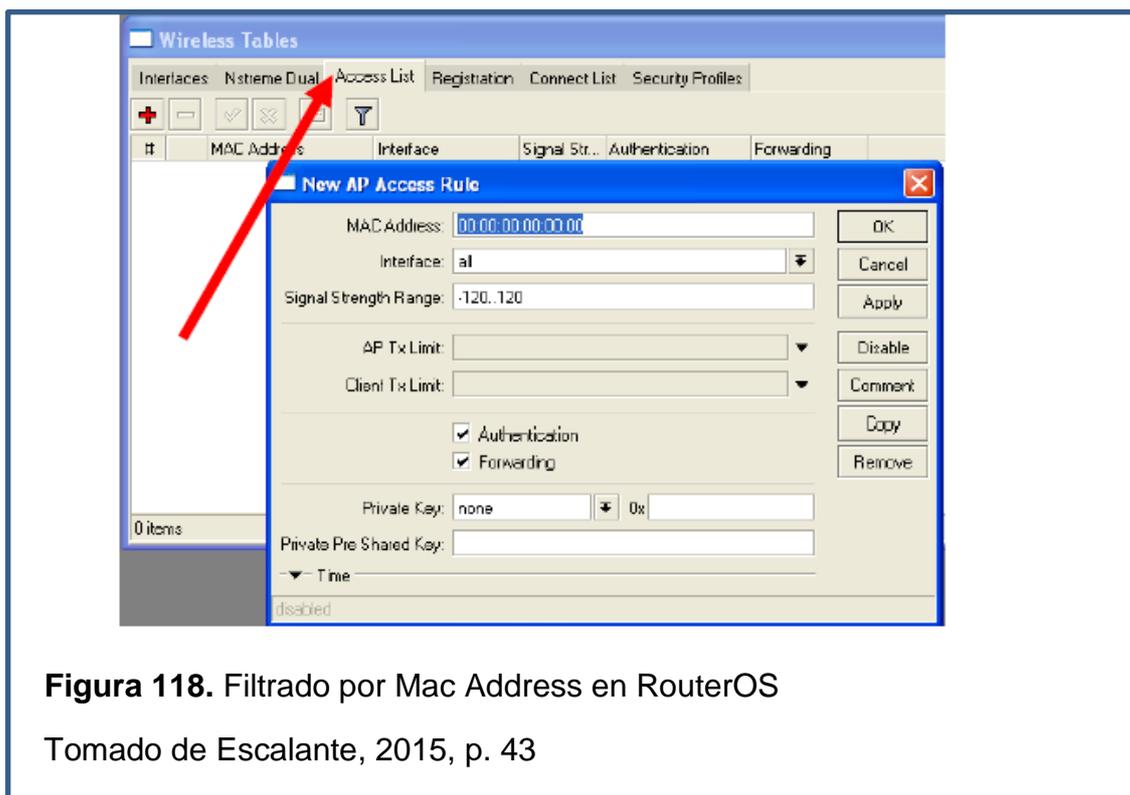


Figura 118. Filtrado por Mac Address en RouterOS

Tomado de Escalante, 2015, p. 43

3.2.3.2.2 Protocolos de Encriptación

El IEEE publicó los siguientes mecanismos de cifrado, como otro de los mecanismos de seguridad para evitar los posibles ataques que pueden tener este tipo de redes,:

3.2.3.2.2.1 Wired Equivalent Privacy (WEP)

WEP fue el primer protocolo de cifrado que presentado por la IEEE, para configurar los equipos Wi-Fi con esta método se escoger una contraseña de 40 o 104 bits que comparten entre el emisor y receptor.

Posteriormente se determinó que al ser claves de cifrado estáticas, este constituye un método de encriptación vulnerable a un ataque por fuerza bruta.

3.2.3.2.2 Acceso Protegido Wi-Fi (WPA)

WPA fue diseñado como reemplazo al algoritmo de codificación WEP, con el objetivo de mejorar el cifrado de los datos utilizando el protocolo de integridad de clave temporal (TKIP), que se encarga de solicitar el cambio de clave cada cierto tiempo.

En ambientes empresariales este mecanismo se complementa con servidores AAA (Autenticación, Autorización y Auditoría) o RADIUS que autorizan o restringen la conexión a red de forma centralizada.

En la figura 120 se observa cómo se crea una encriptación WPA en MikroTik para una red Wireless.

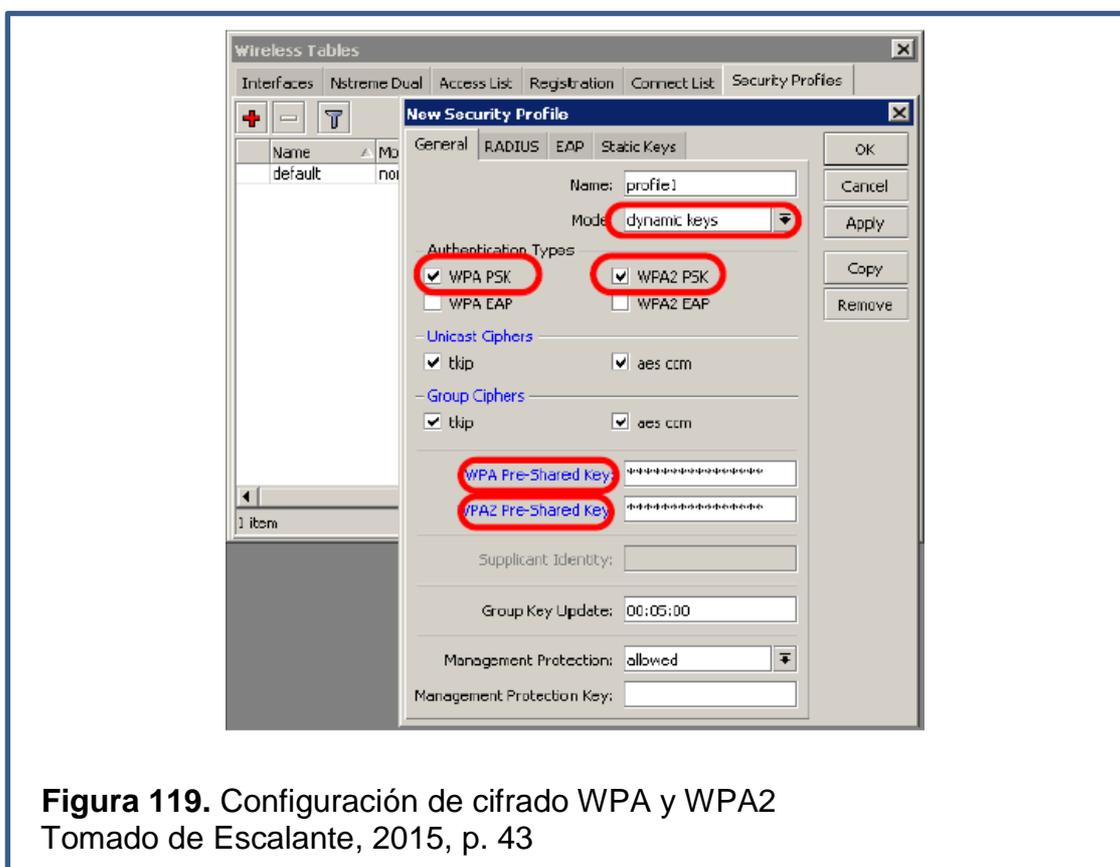


Figura 119. Configuración de cifrado WPA y WPA2
Tomado de Escalante, 2015, p. 43

3.2.3.2.2.3 WPA2

WPA2 incluye el algoritmo de cifrado AES (Advanced Encryption Standard), que permite utilizar claves de hasta 63 caracteres.

En la tabla 48 está un comparativo de estos métodos de cifrado

Tabla 45. Protocolos de Cifrado empleados en Redes Wi-Fi

Descripción	WEP	WPA	WPA2
Autenticación	N/A	IEEE 802.1X/EAP/PSK	IEEE 802.1X/EAP/PSK
Algoritmo Criptográfico	RC4	RC4	RC4
Tamaño de la Llave	40 o 104 bits	128 bits	128 bits
Método de cifrado	WEP	TKIP	CCMP
Integridad de Datos	CRC-32	MIC	CCM
Llaves por paquetes	No	Si	Si
Longitud de IV	24 bits	48 bits	48 bits

Tomado de Panda, 2005, p. 41.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD FINANCIERO DEL PROYECTO

El análisis de la viabilidad financiera de un proyecto, le permite a un inversionista a través del detalle de los egresos, ingresos y el cálculo de los indicadores de rentabilidad, conocer en qué periodo de tiempo va a recuperar la inversión inicial y saber si el proyecto le va a generar utilidad. Este análisis se lo hace a partir de los precios de mercado.

Para la evaluación financiera de este proyecto se seguirán los siguientes pasos:

1. Calcular y presentar los Ingresos, Egresos y Rentabilidad en Flujo de Fondos Neto para el inversionista, proyectado a 3 años.
2. Calcular y presentar los indicadores de reflejen rentabilidad (VAN, TIR y RCB)

4.1 Tasa De Descuento

Para poder obtener el Flujo de Fondos Neto para el inversionista, es necesario calcular la tasa de descuento que para este proyecto está enfocado al sector de las Telecomunicaciones.

El modelo utilizado para la obtención de esta tasa de descuento es el CMCP, esto debido a que para este proyecto se asume que el inversionista financiara el 70% del capital con alguna entidad bancaria.

4.1.1 Costo Medio Ponderado de Capital (CMCP)

El Costo Medio Ponderado de Capital en inglés WACC, es una tasa de descuento que estima el costo de oportunidad como una media ponderada entre la porcentaje de capital propio de los inversionistas y el porcentaje capital obtenido por alguna fuente de financiamiento.

Para el cálculo del WACC se tiene la siguiente fórmula:

$$wacc = \%E \times (rf + \beta \times m + C) + \%D \times I(1 - T) \quad (\text{Ecuación 30})$$

Dónde:

%E = Porcentaje de capital

%D = Porcentaje de deuda

rf = Tasa libre de riesgo = 5.47%. (Tasa de interés promedio anual de los Bonos del tesoro de los Estados Unidos)

β = índice de sensibilidad en proyectos de Telecomunicaciones

m = Market Premium, es la rentabilidad esperada por los inversionistas dentro de una industria determinada; m= Tasa de descuento sector telecomunicaciones – rf.

C = tasa de riesgo país, EMBI Ecuador.

I = Tasa de interés de la deuda, es la deuda externa pública como % de PIB.

T = Escudos fiscales, En el Ecuador se propuso la eliminación de los escudos fiscales porque se considera un mecanismo para la evasión de impuestos, por tal motivo para este cálculo se considera con un valor del 0%.

Con la aplicación del modelo, se obtiene las siguientes tasas:

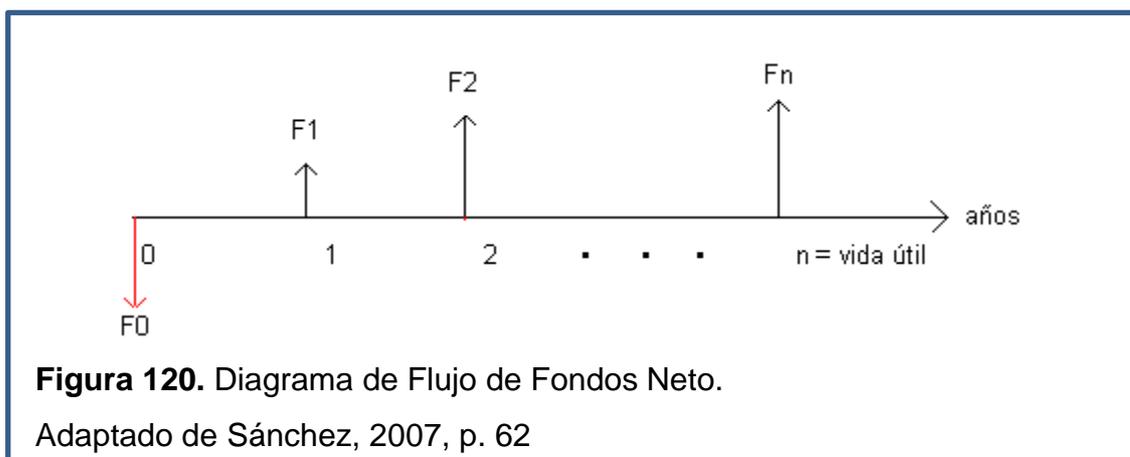
Tabla 47. Tasa de descuento de proyectos de Telecomunicaciones

Tasas	Porcentajes
Participación a trabajadores	15,00%
Impuesto a la renta	22,00%
TASA DE DESCUENTO SECTOR TELECOMUNICACIONES	12,00%
% E Porcentaje de capital	30,00%
% D Porcentaje de deuda	70,00%
rf tasa libre de riesgo (19/11/2015)	5,47%
β índice de sensibilidad	0,4
m Market premium	6,53%
C tasa de riesgo país (19/11/2015)	12,83%
I tasa de interés de la deuda (19/11/2015)	17,40%
T escudos Fiscales	0,00%
WACC	18,45%
RENTABILIDAD DE UN PROYECTO DE TELECOMUNICACIONES	

4.2 Flujo de Fondos Neto para el inversionista

El FFN, constituye la principal herramienta para el patrocinador del proyecto y consiste en registrar los ingresos y los egresos según la contabilidad de caja, durante la vida útil del proyecto.

Lo descrito se puede visualizar en el siguiente diagrama de Flujo de Fondos Neto.



Donde las flechas hacia arriba representan el dinero que ingresaría a la empresa, mientras que los egresos se representan con flechas hacia abajo.

El criterio de vida útil del proyecto es en función del tamaño de la empresa a crear:

- a. Microempresa, 3 años.
- b. PYME, 5 años.
- c. Empresa, 10 años.
- d. Gran Empresa, 20 años.

Para este análisis se considerará una microempresa con vida útil de proyecto a 3 años

4.2.1 Elementos del Flujo de Fondos

4.2.1.1 Proyección de Costos

Los Costos generalmente se clasifican en dos grandes grupos:

4.2.1.1.1 Proyección de Costos de Inversión

Los Costos de Inversión, Capex o también conocidos como gastos de capital, corresponden a los desembolsos por la adquisición de hardware, software, licencias, patentes y el capital de trabajo, necesarios hasta la puesta en funcionamiento de la red del ISP para la prestación del servicio de Internet.

De acuerdo a como se estructuró jerárquicamente la red en el capítulo 3, la estimación de costos seguirá el mismo esquema, por lo que se considera tres tipos de costos:

- Costos Globales
- Costos Parciales
- Costos Terminales.

Estos costos a su vez se los subdivide en fijos, eventuales y recurrentes.

En la tabla 50 se detallan los costos de la infraestructura necesaria para estructurar la red de Core de acuerdo al diseño realizado.

Tabla 48. Costos Globales Capex

	COSTO FOB	INTERNACIÓN	ISD %	COSTO LOCAL	CANTIDAD	COSTO TOTAL
INFRAESTRUCTURA DE BACKBONE						
Nodo Principal						
CCR1016-12G - Firewall	\$645,00	32,00%	5,00	\$893,97	1,00	\$893,97
CCR1016-12G- Balanceador de Carga	\$645,00	32,00%	5,00	\$1.794,8 7	1,00	\$893,97
CCR1036-12G- 4S-EM-Router de Core	\$1.295,00	32,00%	5,00	\$893,97	1,00	\$1.794,87
CCR1016-12G- Administrador de Ancho de Banda	\$645,00	32,00%	5,00	\$893,97	1,00	\$893,97
Servidor de Monitoreo de la Red-The Dude	\$350,00	32,00%	5,00	\$623,70	1,00	\$485,10

Servidor de Cache	\$600,00	32,00%	5,00	\$1.178,10	1,00	\$831,60
Servidor de Gestión de clientes y facturación SequireISP	\$600,00	32,00%	5,00	\$1.178,10	1,00	\$831,60
Switch 10/100/1000	\$202,00	32,00%	5,00%	\$485,10	1,00	\$279,97
Rack de piso				\$380,00	1,00	\$380,00
Materiales de Instalación				\$150,00	1,00	\$150,00
SUBTOTAL CAPEX						\$ 7.435,05

Los Costos Globales de la tabla 51 son gastos que se realizan de forma eventual, por ejemplo, el valor que se debe pagar por el permiso de SVA.

Tabla 49. Costos Globales Eventuales

	COSTO FOB	INTERNACIÓN	ISD	COSTO LOCAL	CANTIDAD	COSTO TOTAL
<i>Licencias de Operación</i>						
Permiso ARCOTEL				\$ 500,00	1	\$ 500,00
Tramites de Constitución de la Compañía				\$ 1.400,00	1	\$ 1.400,00
<i>Capacitación</i>						
Capacitación Local				\$ 400,00	3	\$ 1.200,00
SUBTOTAL GASTOS EVENTUALES						\$ 3.100,00

En la tabla 52 se detallan los costos globales recurrentes, que generalmente son gastos mensuales.

Tabla 49. Costos Globales Recurrentes

	COSTO FOB	INTERNACION	ISD	COSTO LOCAL	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Licencias						
Licencia del Servidor de Cache 4400 Threads	\$ 140,00	3%	5%	\$ 151,41	1	\$ 151,41
Licencias del servidor de Gestión, Mesa de ayuda y módulo de Facturación	\$ 407,00	3%	5%	\$ 440,17	1	\$ 440,17
Mantenimiento de red				\$ 100,00	1	\$ 100,00
SUBTOTAL GASTOS RECURRENTE						\$ 691,50

En la tabla 53, 54 y 55 se muestran los costos en que se incurriría para poner en funcionamiento la red de distribución y acceso. Los costos se detallan en fijos, eventuales y recurrentes, respectivamente.

Tabla 50. Costos Parciales Capex

	COSTO FOB	INTERNACION	ISD	COSTO LOCAL	CANTIDAD	COSTO TOTAL
INFRAESTRUCTURA FIJA						
Red de Backhaul						
Enlaces PtP con equipos QRT 5 AC	\$ 398,00	32,0%	5,0%	\$ 551,63	3	\$ 1.654,88
Switch 10/100/1000	\$ 250,00	32,0%	5,0%	\$ 346,50	2	\$ 693,00
Red de acceso						
Access Point NetMetal 5	\$ 149,00	32,0%	5,0%	\$ 206,51	12	\$ 2.478,17
Antenas Sectoriales de 90°	\$ 218,00	32,0%	5,0%	\$ 302,15	12	\$ 3.625,78
Rack, organizadores y bandeja				\$ 270,00	2	\$ 540,00
Materiales de instalación				\$ 150,00	2	\$ 300,00

Respaldo de Energía			
Combo de Energía Continua (Inversor de voltaje, banco de baterías)	\$ 600,00	3	\$ 1.800,00
Pararrayos y Sistema de puesta a tierra	\$ 850,00	3	\$ 2.550,00
Materiales de instalación eléctrica	\$ 150,00	1	\$ 150,00
SUBTOTAL CAPEX			\$ 13.791,83

Tabla 51. Costos Parciales Recurrentes

	COSTO FOB	DESCUENTO	INTERNACIONAL	COSTO LOCAL	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Arriendo de nodos				\$80,00	3	\$240,00
Subtotal Costos						\$240,00

Tabla 52. Costos Parciales Eventuales

	COSTO FOB	DESCUENTO	INTERNACIONAL	COSTO LOCAL	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Obra Civil						
Infraestructura de nodo y adecuaciones civiles				\$200	1	\$ 200,00
Subtotal Costos						\$ 200,00

Los costos terminales son los valores por concepto de adquisición de equipo, materiales y mano de obra para habilitar el servicio del lado del abonado y se detallan en las tablas 56, 57 y 58.

En la tabla 59 se resume los costos Globales, Parciales y Terminales.

Tabla 56. Resumen de Costos no mensualizado (Globales/Parciales/Terminales)

	GLOBALES	PARCIALES	TERMINALES
CAPEX	\$7.435,05	\$13.791,83	\$184,86
EVENTUALES	\$3.100,00	\$200,00	\$60,00
RECURRENTES	\$691,58	\$240,00	\$20,00
TOTAL	\$11.226,63	\$14.231,83	\$264,86

4.2.1.1.1.1 Calculo del Rendimiento de la Red

Para obtener los componentes de costos mensualizados según la capacidad y número de puertos, se necesita calcular el rendimiento de la red en función del número de puertos reales y el porcentaje de utilización.

Para analizar el rendimiento de la red se consideran los valores expuestos en la tabla 60.

Tabla 57. Análisis de capacidad

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
No. de APs	12	uni
No. Clientes por AP	60	clientes
No. PUERTOS	720	puertos
80% Puertos	576	puertos
100%Capacidad	436	Mbps
Capacidad	80	%
80% Capacidad	349	Mbps

En la tabla 61 se obtiene la capacidad en [Mbps] y el número de puertos reales al 25, 50 75 y 100% de utilización o carga.

Tabla 58. Capacidad de puertos según el porcentaje de utilización

Capacidad de Puerto (Mbps)	No. Puertos	25%			50%			75%			100%		
		% Mbps	Cap. Hardware	No. puertos reales	% Mbps	Cap. Hardware	No. puertos reales	% Mbps	Cap. Hardware	No. puertos reales	% Mbps	Cap. Hardware	No. puertos reales
2,2	720	87	144	40	174	288	79	262	432	119	349	576	159
3	720	87	144	29	174	288	58	262	432	87	349	576	116
4	720	87	144	24	174	288	48	262	432	73	349	576	97
15	720	87	144	6	174	288	12	262	432	17	349	576	23

Los valores anteriores no sirven para obtener los costos mensualizados de acuerdo al porcentaje de utilización.

4.2.1.1.1.2 Mensualización de los Costos de Inversión

Para obtener los valores de ingresos para los años 1, 2 y 3 es necesario mensualizar los costos de inversión.

Para la mensualización se utilizan los siguientes criterios:

Tabla 59. Criterio de mensualización

	Tasa Anual	Tasa Mensual	Nper año	Nper mes
Infraestructura Global, Parcial y Terminal	18,45%	1,54%	3	36
No. meses/año	12			

El valor obtenido como tasa de rentabilidad para este proyecto es del El 18,47 %. Los costos mensualizados se los obtiene con la siguiente formula:

$$C_m = \frac{C_a \times WACC_m}{1 - (1/(1+WACC_m)^n)} \quad (\text{Ecuación 31})$$

Dónde:

$WACC_m$ = Costo Medio Ponderado de Capital mensual

C_a = Costos no mensualizados

n = número de periodos, en este caso 36 meses

El resumen de los costos mensualizados se muestra están la tabla 62.

Tabla 60. Resumen de costos mensualizados

	GLOBALES	PARCIALES	TERMINALES
CAPEX	\$270,49	\$501,75	\$6,73
EVENTUALES	\$112,78	\$7,28	\$2,18
RECURRENTES	\$691,58	\$240,00	\$0,73
TOTAL	\$1.074,85	\$749,03	\$9,64

Con los valores de la tabla 61 del cálculo del rendimiento de la red y los valores de la tabla 63 se obtienen los valores de costos globales, parciales y terminales mensuales de acuerdo a la capacidad y al porcentaje de utilización, estos valores se puede observar en las tablas 64, 65 y 66.

Tabla 61. Costos globales (mensualizados/capacidad)

Capacidad de Puerto (Mbps)	No puertos	25%	50%	75%	100%
2,2	720	\$27,12	\$13,56	\$9,04	\$6,78
3	720	\$36,98	\$18,49	\$12,33	\$9,24
3,6	720	\$44,37	\$22,19	\$14,79	\$11,09
15	720	\$184,89	\$92,45	\$61,63	\$46,22

Tabla 62. Costos parciales (mensualizados/capacidad/número de puertos)

Capacidad de Puerto (Mbps)	No puertos	25%	50%	75%	100%
2,2	720	\$6,30	\$3,15	\$2,10	\$1,57
3	720	\$8,59	\$4,29	\$2,86	\$2,15
3,6	720	\$10,31	\$5,15	\$3,44	\$2,58
15	720	\$42,95	\$21,47	\$14,32	\$10,74

Tabla 63. Costos terminales (mensualizados)

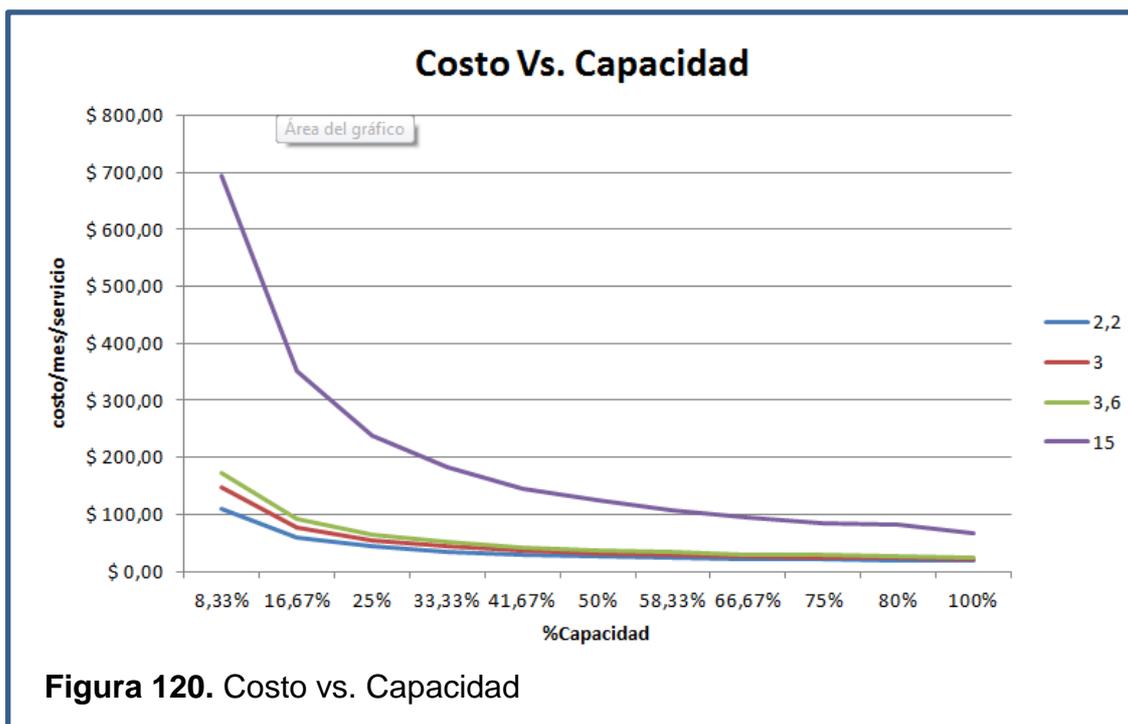
Capacidad de Puerto (Mbps)	No puertos	25%	50%	75%	100%
2,2	720	\$9,64	\$9,64	\$9,64	\$9,64
3	720	\$9,64	\$9,64	\$9,64	\$9,64
3,6	720	\$9,64	\$9,64	\$9,64	\$9,64
15	720	\$9,64	\$9,64	\$9,64	\$9,64

Sumando los costos globales parciales y terminales de su correspondiente capacidad y porcentaje de utilización de las 3 tablas anteriores, se tienen las cifras de la tabla 67.

Tabla 64. Costo/mes/puerto=(global+parcial+terminal)

Capacidad de Puerto (Mbps)	No puertos	25%	50%	75%	100%
2,2	720	\$ 43,05	\$ 26,34	\$ 20,77	\$ 17,99
3	720	\$ 55,20	\$ 32,42	\$ 24,83	\$ 21,03
3,6	720	\$ 64,32	\$ 36,98	\$ 27,86	\$ 23,31
15	720	\$ 237,48	\$ 123,56	\$ 85,58	\$ 66,60

Los datos obtenidos en la tabla 67 nos sirven para graficar la figura 121 y entender de mejor forma que a medida que se tenga un porcentaje de utilización superior al 50% el valor de los costos se reducen significativamente, debido que al ser un servicio compartido los costos producto de la inversión inicial se dividirían para el total de clientes conectados a la red.



4.1.1.1.2 Proyección de Costos de Operación

Los costos de operación también conocidos como OPEX, son los desembolsos realizado el ciclo de producción y se clasifican en: costos de producción, costo de ventas, costos administrativos y costos financieros. En la tabla 68 se muestra los Costos de Operación.

Tabla 65. Costos de Operación

Costos de Producción	costo/mes	costo/año	\$ 12.304,00
Mano de obra	\$ 713,33	\$ 8.560,00	
Insumos	\$ 20,00	\$ 240,00	
Combustible	\$ 72,00	\$ 864,00	
energía eléctrica	\$ 45,00	\$ 540,00	
mantenimiento correctivo	\$ 75,00	\$ 900,00	
capacitación no programada	\$ 100,00	\$ 1.200,00	
Costos de Venta			\$ 6.600,00
Transporte	\$ 100,00	\$ 1.200,00	
Publicidad	\$ 50,00	\$ 600,00	

	personal de ventas	\$ 500,00	\$ 6.000,00
Gatos Administrativos			\$ 24.000,00
	personal nómina	\$ 1.500,00	\$ 18.000,00
	agua, luz, teléfono, internet	\$ 50,00	\$ 600,00
	Arriendo	\$ 350,00	\$ 4.200,00
	Insumos oficina	\$ 100,00	\$ 1.200,00
Costos financieros			\$ 0,00
	Interés por mora	\$ 0,00	\$ 0,00
		TOTAL	\$ 42.904,00

Una vez obtenido el valor anual de los costos de operación se puede estimar el crecimiento de estos costos para el año 2 y de a una tasa del 3% que es la misma tasa que se considerará para estimar los ingresos del año 2 y 3.

En la tabla 69 se puede observar la proyección de egresos durante el ciclo de vida del proyecto, en el año 0 se ubica el valor de los costos de inversión.

Tabla 66. Egresos año 0, 1, 2 y 3

Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
\$ 30.600,00	\$ 42.904,00	\$ 44.191,12	\$ 45.516,85

4.1.1.2 Proyección de Ingresos

Para calcular la valor de ingresos que se tendría por la prestación del servicio de Internet para clientes home en la parroquia Veloz, se escoge los valores de los costos al 50% de utilización por que es en este porcentaje donde se tendrían los 283 clientes que se proyectó para el año 1 con un consumo estimado de 173 Mbps.

Tabla 67. Costo/mes por número de puertos reales

Capacidad de puerto (Mbps)	174 Mbps	
	50%	
	No. puertos reales	costo/mes
2,2	79	\$ 26,34
3	58	\$ 32,42
3,6	48	\$ 36,98
15	12	\$ 123,56

En la tabla 71 se calcula el precio de venta al público considerando un margen de ganancia del 20% aplicado a los costos anuales de cada plan de Internet.

Tabla 68. Costo/mes, Costo/año y PVP al 50% de carga

Capacidad de puerto (Mbps)	Estudio de Mercado al 50%				PVP	
	No. Usuarios	Mbps	costo/mes	No mes/año	Costo/año	20,00%
2,2	22	8	\$ 579,57	12	\$ 6.954,90	\$ 8.345,88
3	200	100	\$ 6.484,02	12	\$ 77.808,26	\$ 93.369,92
3,6	50	30	\$ 1.848,85	12	\$ 22.186,18	\$ 26.623,41
15	14	35	\$ 1.729,80	12	\$ 20.757,60	\$ 24.909,13
Total	286	173	\$ 10.642,25	12	\$ 127.706,94	\$ 153.248,33

Una vez encontrado el valor de ingresos que se tendría en el año uno, para el año 2 y3 se aplica una tasa de crecimiento obtenida en el estudio de las demandas de los servicios de telecomunicaciones del 3%.

Tabla 69. Ingresos año 1, 2 y 3

Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
	\$ 153.248,33	\$ 157.845,78	\$ 162.581,15

Luego de obtener los valores correspondientes a los ingresos y egresos proyectados a 3 años y con ciertos criterios contables como depreciación y conociendo el porcentaje de participación a trabajadores (del 15%), el porcentaje de impuesto a la renta que a la fecha es del 22%, la tasa de interés comercial a la que se financia el monto de la deuda (17,30% anual) y el 1% de

la utilidad correspondiente al FODETEL, se obtiene el flujo de caja, ver tabla 72.

Tabla 70. Flujo de caja proyectado a 3 años

Signo	Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
+	Ingresos de operación	\$ 0,00	\$ 153.248,33	\$ 153.248,33	\$ 153.248,33
-	Costos de operación	\$ 30.600,00	\$ 42.904,00	\$ 44.191,12	\$ 45.516,85
-	Depreciación	\$ 0,00	\$ 12.868,03	\$ 12.868,03	\$ 12.868,03
-	Amortización de activos diferidos				
-	Pago de interés por los créditos recibidos		\$ 4.655,25	\$ 3.342,61	\$ 1.803,85
	Utilidad antes de participación e impuestos	-\$ 30.600,00	\$ 92.821,05	\$ 92.846,56	\$ 93.059,60
-	Participación a trabajadores (15% de la utilidad)	\$ 0,00	\$ 13.923,16	\$ 13.926,98	\$ 13.958,94
	Utilidad antes de impuestos	-\$ 30.600,00	\$ 78.897,89	\$ 78.919,58	\$ 79.100,66
-	Impuesto a la circulación de capitales (% de los ingresos totales)				
	Utilidad antes del impuesto a la Renta	-\$ 30.600,00	\$ 78.897,89	\$ 78.919,58	\$ 79.100,66
-	Impuesto a la Renta (22%)	\$ 0,00	\$ 17.357,54	\$ 17.362,31	\$ 17.402,14
	Utilidad después del impuesto a la Renta	-\$ 30.600,00	\$ 61.540,35	\$ 61.557,27	\$ 61.698,51
-	1% al Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones (FODETELI)		\$ 615,40	\$ 615,57	\$ 616,99
	Utilidad Neta	-\$ 30.600,00	\$ 60.924,95	\$ 60.941,70	\$ 61.081,53
+	Utilidad en venta de activos (Valor de venta- valor en libros)				
-	Impuesto a la utilidad en venta de libros				
+	Ingresos no gravables (donaciones)				
-	Costo de operación no deducible				
+	Valor en libros de los activos vendidos				
+	Depreciación	\$ 0,00	\$ 12.868,03	\$ 12.868,03	\$ 12.868,03
+	Amortización de activos diferidos				
-	Costo de inversión	\$ 38.604,10	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 17.377,22

4.3 Indicadores de Rentabilidad

4.3.1 Valor Actual Neto (VAN)

El cálculo de este indicador se obtiene con la siguiente fórmula:

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n} \dots = -A + \sum_{j=1}^n \left[\frac{Q_j}{(1+k)^j} \right] \quad (\text{Ecuación 32})$$

Dónde:

VAN = Valor Actual Neto

n = número de periodos, en este caso 36 meses

$-A$ = Inversión Inicial

Q_1, Q_2, \dots, Q_n = flujos netos de caja de cada período.

K = Tasa de descuento

Con la ayuda del Excel, los valores del FFN para el inversionista y la tasa de descuento para proyectos de Telecomunicaciones, el valor del VAN es:

Tabla 71. Cálculo del VAN

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
FLUJO DE FONDOS NETO PARA EL INVERSIONISTA	-\$ 65.181,23	\$ 66.173,37	\$ 64.877,48	\$ 46.101,33
tasa de descuento de las Telecomunicaciones	18,45%			
VAN	\$ 64.658,57 Es rentable			

De acuerdo a este indicador el proyecto es rentable, porque el resultado es un $VAN > 0$.

4.3.2 Tasa interna de retorno (TIR)

El TIR es un indicador que no depende de la tasa de descuento y de igual forma que para el cálculo del VAN con la ayuda de Excel se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 72. Cálculo del TIR

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
FLUJO DE FONDOS NETO PARA EL INVERSIONISTA	-\$ 65.181,23	\$ 66.173,37	\$ 64.877,48	\$ 46.101,33
tasa de descuento de las Telecomunicaciones	18,45%			
TIR	79,13% Es rentable			

Este indicador confirma el resultado obtenido con el VAN, es un proyecto rentable puesto que el TIR > Tasa de descuento de las Telecomunicaciones.

4.3.3 Relación Costo – Beneficio (RCB)

Para calcular el RCB, primero se obtiene el VAN de los beneficios brutos y VAN de los costos brutos, con el cociente de estos dos resultados se tienen:

Tabla 73. Cálculo del RCB

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	VAN
Ingresos	\$ 0,00	\$ 153.248,33	\$ 153.248,33	\$ 153.248,33	\$ 330.797,66
Costos	\$ 30.600,00	\$ 42.904,00	\$ 44.191,12	\$ 45.516,85	\$ 106.118,17
RCB				3,12	

Según el criterio de decisión:

Si RBC >1 por lo tanto se acepta el proyecto.

4.4 Análisis FODA

Tabla 74. Matriz FODA

FACTORES INTERNOS	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> Personal capacitado para el asesoramiento técnico y comercial de clientes. Atención personalizada Precios competitivos. Instalación Inmediata No es necesario que el cliente tenga línea telefónica Facilidad de crecimiento y despliegue de la red 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de cobertura en la demás parroquias urbanas y rurales de la ciudad Carecer de expertiz en el mercado Falta de personal técnico para soporte. Falta de presupuesto para publicidad en Televisión
FACTORES EXTERNOS	
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> Aprender de las errores de la competencia en el mercado Ingreso a nuevos segmentos de mercado, como IPTV La creciente demanda de Internet por las políticas públicas para que a las tecnologías de Banda Ancha. 	<ul style="list-style-type: none"> Mercado altamente competitivo. Problemas con la recuperación de cartera Deserción de clientes. La interferencia en redes Wi-Fi Desaceleración económica en el país

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En base a los datos del INEC del censo del 2010, en la provincia de Chimborazo el 24.4% de la población tiene acceso al servicio de Internet, según los datos del ARCOTEL la provincia tiene el 2,83% de cuentas de Internet fijo con relación al total de cuentas en el país. Al no tener datos exactos de la ciudad de Riobamba y como esta representa alrededor de 48,7% de la población de la provincia; se toman la información que se tiene de la provincia para determinar el análisis de la demanda de Internet en la ciudad. Estos valores porcentuales reflejan la imperiosa necesidad de invertir en la construcción de redes de banda ancha para incrementar el acceso a Internet de banda ancha como un derecho básico para la ciudad y la provincia.

Las redes inalámbricas se mantienen vigentes y son de gran utilidad para el despliegue de redes de Banda Ancha por la facilidad de instalación, adaptabilidad al entorno y escalabilidad. El estándar 802.11 en comparación con el 802.16 (WIMAX) es el que más a evolucionado y se mantienen en constante desarrollo; es así que su última versión el estándar 802.11 ac permite trabajar con Throughput de 450 [Mbps] en la banda de 5 [GHz].

De los resultados obtenidos en las encuestas el operador que tiene mayor porcentaje de participación en el mercado de internet fijo en la ciudad de Riobamba y en país es CNT y el 70% de acceso a este servicio se da a través de conexión ADSL. En el país se tiene registrado 915.568 conexiones de internet fijo a través de cable de cobre frente a 86.193 por fibra óptica. El plan de hogar más básico que ofrece este operador es de 3 Mbps y la tendencia en el incremento del consumo de tráfico de Internet es exponencial, debido a la tendencia de mover los servicios que tradicionalmente se tenía alojados en los centros de datos de la empresas hacia la nube, la proliferación de dispositivos móviles y el incremento de contenido de video, donde los dos principales y más fuertes contenidos consultados son YouTube y Netflix, se tienen también videos en formato ultra HD,

contenidos de gráficos, documentos, audio y aplicativos que requieren de grandes Anchos de Banda. Las tecnologías DSL no están diseñadas para cumplir estos requerimientos por lo que han venido perdiendo fuerza a nivel internacional y local. En la proyección que se realizó a tres años se estima tener al primer año 286 clientes consumiendo 273 [Mbps], al año tres se tendía 384 clientes consumiendo 233 [Mbps]. Para el segundo año se esperaba un crecimiento promedio del 18% respecto al primer año y para el tercer año un 9% respecto al segundo.

Mikrotik es uno de los fabricantes que ha tenido gran acogida por los WISP de nuestro país, por sus costos accesible, la robustez de su sistema operativo RouterOS que es basada en Linux, cuenta además con soluciones de extremo a extremo para un ISP, como se muestra en el diseño de la red de este proyecto de titulación y para la configuración cuenta un entorno grafico amigable a parte de la configuración por comandos.

Debido a la creciente demanda de Internet en el país, la tecnología Wi-Fi resulta ser una buena alternativa para que un ISP pueda desplegar su red y de esta manera contribuir a masificar el acceso a Internet, ya que el inversionista no necesita desembolsar grandes cantidades de dinero como inversión inicial, lo que implica un pronto retorno de inversión y como se concluyó en el análisis costo beneficio se trata de un proyecto rentable.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar la proyección de clientes y el consumo de tráfico que se tendía en 3 o 5 años dependiendo el tamaño de la empresa, con el fin de que se diseñe la red y se dimensionen los equipos de acuerdo al número de clientes que se esperaba tener y el tráfico que estaría cursando por la red.

En la implementación de la red inalámbrica, es necesario tener un diagrama actualizado de la red con las respectivas frecuencias con la que están operando, para evitar producir interferencia entre los equipos que estén instalados en la misma torre, así mismo, para optimizar el rendimiento de la red inalámbrica es

necesario realizar un análisis de espectro para encontrar el mejor canal, que tenga el mejor cociente de SNR posible ya que los niveles de ruido no se pueden predecir, ni tampoco garantizar un espectro limpio. Este análisis se lo puede hacer desde el mismo equipo MikroTik sin la necesidad de alquilar o comprar equipo adicional.

Es recomendable que los equipos inalámbricos se instalen en la torre tengan una separación de al menos un metro entre equipo y equipo para prevenir problemas de interferencia.

Como se comentó en este trabajo existe la alerta por el agotamiento de direcciones públicas en la versión 4 (IPv4), por lo que se recomienda adquirir equipos que trabaje en IPv4 e IPV6 y tener preparado un plan de migración y configuración.

Para la administración de clientes/ contratos, asignación de planes, facturación, etc., es de gran utilidad contar con un aplicativo dedicado a gestionar estos procesos, porque a medida que se incrementa el número de clientes resulta inmanejable hacerlo con un simple listado en Excel.

Es también importante tener operando un sistema de gestión de la red como el DUDE que permita supervisar los servicios de los dispositivos de la red y que pueda alertar en caso de que algún servicio tiene problemas.

Así como para mejorar la disponibilidad de la red y poder ofrecer un mejor SLA a los clientes teniendo una red con arquitectura redundante, es también importante contar con un buen sistema eléctrico de protección a tierra en los nodos y torres de transmisión para evitar que los equipos se vean afectados por algún tipo de descarga eléctrica producido por las tormentas. De igual forma se debe contar con respaldo de energía eléctrica con inversores y bancos de baterías dimensionados para soportar el consumo de energía de los equipos y el respaldo en horas que se desee tener.

REFERENCIAS

- Albentia System. (2013). Modulación OFDM. Recuperado el 5 de marzo de 2015 de <http://goo.gl/BCPzI4>
- ALTAI. (2015). Diseño de una red WiFi. Recuperado el 29 de junio de 2015, de <http://goo.gl/CzSkbB>
- Amaya, C. (2007). Diseño de la red inalámbrica y sistema de Seguridad mediante cámaras inalámbricas con monitoreo remoto para el edificio de la Empresa Metropolitana De Obras Públicas De Quito (Emop-Q). Sangolquí
- ARCOTEL. (2011). Lista de Permissionarios. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://www.arcotel.gob.ec/biblioteca/>
- ARCOTEL. (2011). Servicio de acceso a Internet. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-acceso-internet/>
- ARCOTEL. (2015). Acceso a Internet 2015. Recuperado el 19 de junio de 2015, de <http://www.arcotel.gob.ec/biblioteca/>
- ARCOTEL. (S.f.). Internet Boletín estadístico de sector de Telecomunicaciones. Recuperado el 21 de enero de 2015, de <http://goo.gl/U4axJ5>
- Área Tecnología. (s.f.). LI-FI. Recuperado el 16 de febrero de 2015 de <http://goo.gl/GgG9nr>
- Barceló, J., Marqués, J. y Perramon, X. (2008). Protocolos de Internet y Aplicaciones. Barcelona, España: UOC. ISBN: 978-84-9788-741-0.
- Bibliocad. (2002). Plano Catastral de Riobamba. Recuperado el 9 de mayo de 2014, de <http://goo.gl/AWfYQx>
- Buettrich, S. (2007). Cálculo de Radioenlace. Recuperado el 9 de mayo de 2014, de <http://goo.gl/MOsnAn>
- Calaméo. (s.f.). Técnicas de Modulación Digital. Recuperado el 22 de junio de 2015 de <http://goo.gl/2rWHwq>
- CICAD. (s.f.). Cantón de Riobamba. Recuperado el 12 de agosto de 2015 de <http://goo.gl/2haqwG>
- Cisco Systems. (2006). Fundamentos de redes inalámbricas. Madrid, España: Academia de Networking de Cisco Systems. ISBN: 9788483222874

- CONATEL. (2010). Sistemas de Modulación Digital De Banda Ancha. Recuperado el 21 de enero de 2015, de <http://goo.gl/OdgDBg>
- DrPeering. (2001). The Regional Tier 1 ISP. Recuperado el 7 de mayo de 2014, de <http://goo.gl/YalnBg>
- Duque, J. (2012). Curso de Redes Locales Básico Medios de Transmisión. Recuperado el 2 de marzo de 2015, de <http://goo.gl/gsCXWo>
- Escalante, M. (2015). MTCNA. Guayaquil, Ecuador: Academy Xperts
- Estrada, Y. y Camacho C. (2009). Estudio y Diseño de una Red Wimax caso práctico Fastnet-Riobamba. Riobamba
- Flickenger, R. (2008). Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo. (3.^a ed.). Londres, Gran Bretaña: Hacker Friendly. ISBN: 978-0-9778093-7-0
- Geekland. (2002). Que es y para qué sirve un firewall. Recuperado el 9 de mayo de 2014, de <http://goo.gl/UKjZIG>
- Gobierno TI. (2014). Cable de Par Trenzado. Recuperado el 12 de enero de 2015, de <https://goo.gl/Aa8scg>
- ICTP. (2010). Comparación del uso del espectro no licenciado. Recuperado el 6 de diciembre de 2014, de <http://goo.gl/cHv1xQ>
- ICTP. (2011). Cálculo del Presupuesto de Potencia, de <http://goo.gl/xsoIS0>
- INEC. (2001). Parroquias urbanas de Riobamba. Recuperado el 25 de abril de 2014, de <http://goo.gl/camwA5>
- INEC. (2010). Fascículo Provincial Chimborazo. Recuperado el 15 de enero de 2015, de <http://goo.gl/Z04adx>
- INEC. (2010). Resultados Censo de Población de Riobamba. Recuperado el 15 de enero de 2015, de <http://goo.gl/I0fBoi>
- INEC. (2011). Estratificación del Nivel Socioeconómico. Recuperado el 15 de enero de 2015, de <http://goo.gl/rmMxIs>
- Jiménez, D. (2012). Configuración y conceptos Inalámbricos Básicos. Recuperado el 8 de septiembre de 2014, de <http://goo.gl/wFI0Rs>
- LANPRO (s.f.). Categorías de Cables de Pares Trenzados Ethernet. Recuperado el 11 de noviembre de 2015, de <http://goo.gl/AtLSMu>

- Laufquen (s.f.). Cantidad de Clientes que soporta un Access Point. Recuperado el 11 de noviembre de 2015, de goo.gl/YHC0GX
- Lew, M. (2011). 802.11ac Wireless LAN. Recuperado el 7 de enero de 2015 de <http://goo.gl/12WtTJ>
- López, H. (2008). Nuevo índice del Nivel Socioeconómicos AMAI. Recuperado el 21 de enero de 2015, de <http://goo.gl/Sgxlmb>
- Martínez, A. (2011). Acceso WiFi. Recuperado el 21 de abril de 2015, de <http://goo.gl/3P2Ktw>
- Microsoft. (2015). Enrutador Inalámbrico. Recuperado el 10 de abril de 2014, de <http://goo.gl/yIXI7q>
- MikroTik. (2010). Wireless Mesh. Recuperado el 19 de julio de 2014 de <http://goo.gl/eFfZyl>
- MikroTik. (2015). Routerboard. Recuperado el 9 de mayo de 2014, de <http://routerboard.com/>
- Minda, D. y Vallejo D. (2010). Estudio técnico, económico y legal para la implementación de un ISP en la zona de Quitumbe para la empresa Global Telnet. Quito
- Muñoz, A. y Roper, J. (s.f.). Topologías Inalámbricas. Recuperado el 10 de febrero de 2015, de <http://goo.gl/5fw6Qn>
- Nemesis. (2006). Tutorial de Comunicaciones Ópticas. Recuperado el 26 de octubre de 2015, de <http://goo.gl/llhzjH>
- Nic.ec. (s.f.). Tipos de Dominios. Recuperado el 11 de noviembre de 2015, de <https://nic.ec/info/dominios.htm>
- Omicrino. (2014). Cómo Wifi 802.11ac conseguirá conexiones inalámbricas de 1 Gbps, de <http://goo.gl/Ni7tDM>
- OpciónWeb. (2008). Tipos de antenas WIFI. Recuperado el 15 de enero de 2015, de <http://goo.gl/NrtYyJ>
- Oracle. (2010). Formatos de direcciones IPv6. Recuperado el 10 de septiembre de 2014, de <http://goo.gl/V3ViWz>
- PandaSoftware. (2005). Seguridad en Redes Inalámbricas. Recuperado el 9 de mayo de 2014, de <http://goo.gl/ILAj74>

- PortalESO. (s.f.). Protocolo de red (TCP/IP). Recuperado el 7 de mayo de 2015, de <http://goo.gl/EI7Q9t>
- Redes2hidsev. (s.f.). Protocolos de enrutamiento por vector de distancia. Recuperado el 22 de octubre de 2014, de <http://goo.gl/mxJx1F>
- Redondo, E. (2013). Medios de Transmisión. Recuperado el 18 de enero de 2015, de <http://goo.gl/Ec1WcG>
- Reuter. (s.f.). Introducción a escalamiento de redes. Recuperado el 12 de agosto de 2015 de <http://goo.gl/kjufdf>
- Sánchez T. (2007). Administración de Proyectos. Quito
- Scribd. (s.f.). Antenas. Recuperado el 9 de mayo de 2014, de <https://goo.gl/pxq8te>
- Skyscrapercity. (2015). Fotografía urbana. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://goo.gl/75jp3u>
- Squivel, R. (2011). Teoría de las Telecomunicaciones. México
- Stallings, W. (2004). Fundamentos de Seguridad en Redes. Aplicaciones y Estándares. Madrid, España: Pearson Educación. ISBN: 84-205-4002-1
- SUPERTEL. (2014). Lista de Permisos 2014. Recuperado el 10 de abril de 2014, de <http://goo.gl/HcdYRE>
- Suqui, K. (2010). Estudio e implementación de un radio enlace con tecnología Mikrotik para el I.S.P. JJSistemas en el Cantón Gualaquiza, provincia Morona Santiago. Cuenca
- Tomasi. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. (4.^a ed.). México: Pearson Educación. ISBN: 970-26-0316-1
- Ubiquiti. (2010). airMAX N y AC. Recuperado el 15 de enero de 2015, de <https://www.ubnt.com>
- UDLAP (s.f.). Introducción a Bluetooth y Wi-Fi. Recuperado el 11 de noviembre de 2015, de <http://goo.gl/AtLSMu>
- UNEXPO. (s.f.). Técnicas de Modulación Digital. Recuperado el 20 de junio de 2015 de <https://goo.gl/T8jNQ8>
- USERS. (2010). Redes Cisco. Buenos Aires, Argentina: Gradi. ISBN: 978-987-663-024-5

Villapol, M. (s.f). IEEE 802.11: Seguridad. Recuperado el 9 de mayo de 2014, de <http://goo.gl/YG1Eeg>

Wi-Fi Alliance. (2006). Wi-Fi Certified™. Recuperado el 11 de noviembre de 2015, de <http://www.wi-fi.org/>

WNI MEXICO. (s.f.). Tipos de Antenas y Funcionamiento. Recuperado el 21 de enero de 2015, de <http://goo.gl/1xJDyX>.

ANEXOS

ANEXO 1: Mapa Catastral de la ciudad de Riobamba

ANEXO 2: Cuestionario

Page 1 of 1

Servicio de Internet

Form description

Nombre y Apellido

Edad

Sexo

- M
 F

1.- ¿Actualmente cuenta con el servicio de acceso a Internet?

- Si
 NO

2.- ¿Cual es su proveedor actual de Internet?

3.- ¿Por que medio de de transmisión le ofrece su proveedor este servicio?

- Fibra
 Radio (Inalámbrico)
 Cobre (ADSL)
 No sabe

4.- ¿Su proveedor actual satisface sus expectativas del servicio de Internet?
(Atención, servicio, tiempo de instalación y solución de fallas)

0 1 2 3 4 5

Pésimo Excelente

5.- ¿Que plan tiene contratado?
(Mbps)

6.- ¿Cuántas personas usan Internet en tu hogar?

- 1 a 2 Usuarios
 3 a 5 Usuarios
 +5 Usuarios

7.- ¿Cuántos dispositivos adicionales se conectan en tu hogar?

- 1 a 3 Dispositivos
- 4 a 5 Dispositivos
- 6 o más

8.- ¿Para qué usa el Internet?



- Utilizo el Internet principalmente para leer correos, noticias, chatear y navegar por la web.
- Bajo música, navego en páginas como YouTube y escucho radio online.
- Utilizo programas para bajar videos, películas y juegos online

9.- ¿Que servicios de Internet utiliza mas?

Siendo 1 lo que más utiliza y 8 lo que menos utiliza

	1	2	3	4	5	6	7	8
Búsqueda de Información	<input type="radio"/>							
Correo Electrónico	<input type="radio"/>							
Redes Sociales	<input type="radio"/>							
Chat	<input type="radio"/>							
Descarga de Archivos (Software, Actualizaciones)	<input type="radio"/>							
Descarga de Música y Video	<input type="radio"/>							
Juegos en Línea	<input type="radio"/>							
Videoconferencia (Skype, Hangouts. etc.)	<input type="radio"/>							

10.- ¿Que esperaría de su proveedor de Internet?

ANEXO 3: Especificaciones Técnicas

Access Point



NetMETAL 5

By supporting the 802.11ac wireless standard, the NetMETAL allows to use data rates of up to 1.3Gbps (for the T models), 256-QAM modulation and 20/40/80MHz channels. With its huge speed improvements, 802.11ac opens up new possibilities.

The NetMETAL is a completely new product in a waterproof enclosure. Its rugged design is made to withstand the toughest conditions, but at the same time is easy to use and can be opened and closed with one hand. The solid aluminium enclosure also works as a reliable heatsink for its high output power radio.

RB922 models have miniPCI-e slot for another wireless card.

Order code	RB921UAGS-SHPacT+NM	RB921UAGS-SHPacD+NM	RB922UAGS-9HPacT+NM	RB922UAGS-9HPacD+NM
CPU	QCA9557 720MHz network processor			
Memory	128MB DDR2 onboard memory			
Ethernet	One Gigabit port with Auto-MDIX			
SFP	1x SFP cage available			
Extras	Beeper, signal and status LEDs, voltage and temperature sensors			
Supported channels	20/40/80MHz			
Expansion	USB 2.0 port		USB 2.0 port, 1x MiniPCIe slot, SIM slot (requires 3g miniPCIe card)	
Power input	PoE in: 8-30V DC on Ether1 (Non 802.3af)			
Operating temperature	-40C to +70C tested			
Consumption	23W	21W	23W	17W
Dimensions	143x247x48mm; Weight: 865g			
OS	MikroTik RouterOS, Level4 license, free product lifetime upgrades			
Kit includes	RB922RB921 outdoor unit, Power adapter 24V 1.2A, PoE injector, miniPCIe mounting screws, DIN rail mount, metal mounting ring, 2x plastic mounting loops			

	RB921UAGS-SHPacT+NM	RB921UAGS-SHPacD+NM	RB922UAGS-9HPacT+NM	RB922UAGS-9HPacD+NM
Wireless	QCA9880 5GHz 802.11ac	QCA9882 5GHz 802.11ac	QCA9880 5GHz 802.11ac	QCA9882 5GHz 802.11ac
Chains	Triple chain	Dual chain	Triple chain	Dual chain
Connector type	RP-SMA Female (outside thread)			
Connectors	3x	2x	3x	2x
TXRX at MCS0	33dBm / -96dBm	31dBm / -96dBm	32dBm / -96dBm	30dBm / -96dBm
TXRX at MCS7	31dBm / -77dBm	29dBm / -77dBm	29dBm / -77dBm	27dBm / -77dBm
TXRX at MCS9	27dBm / -71dBm	25dBm / -72dBm	24dBm / -72dBm	22dBm / -72dBm
TXRX at 6Mbit	33dBm / -96dBm	31dBm / -96dBm	33dBm / -96dBm	31dBm / -96dBm
TXRX at 54Mbit	31dBm / -81dBm	29dBm / -81dBm	29dBm / -81dBm	27dBm / -81dBm
Frequency range	4920-6100 MHz, Operating range limited by Country Regulations			



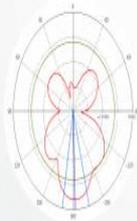
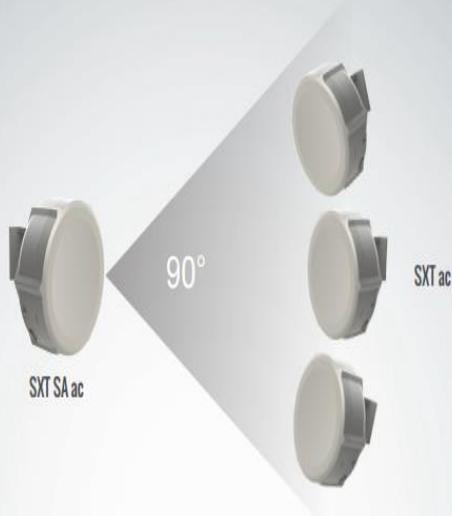
CPE

SXT ac series

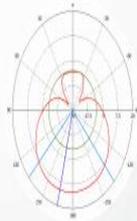
The new AC standard is here, with up to 866Mbit over the air datarate, 256-QAM modulation, and 80MHz channels. 802.11ac opens up new possibilities and speeds never possible before.

The SXT ac is a new member in our 802.11ac product lineup, currently two models are available — with regular 28 degree antenna, and the SA model with a 90 wide beam-width sector antenna. Also supports 802.11a/n mode and is compatible with all legacy RouterBOARD devices, including Nstream and Nv2 protocols. Both devices come with Gigabit Ethernet.

- 1300mW RF output
- extended temperature range -30C to +80C
- up to 540Mbps throughput
- low latency Point to Point



RBSXTG-5HPacD



RBSXTG-5HPacD-SA



24V 0.8A Adapter

Mounting Ring

Pole mounting bracket

PoE injector

Model	RBSXTG-5HPacD	RBSXTG-5HPacD-SA
CPU	QCA9557 720MHz CPU	
Memory	128MB DDR2	
Gigabit	1x 10/100/1000 Ethernet	
Wireless	Onboard dual chain 5GHz 802.11ac QCA9882 wireless module; 10kV ESD protection on each RF port	
Supported channels	20/40/80MHz	
Supported modes	CPE, Point to Point, Point to Multipoint	
Additional	Reset switch, beeper, USB 2.0 port, voltage and temperature monitors	
LEDs	Power LED, Ethernet LED, 5 wireless signal LED	
Power over Ethernet	15-60V DC, 802.3af/at supported (Mode B. requires crossover cable) Packaged with 24V DC 0.8A power adapter and passive PoE injector	
Dimensions	140x140x56mm. Weight without packaging, adapters and cables: 265g	
Max consumption	12W	
Operating Temp	-30C .. +80C	
OS	MikroTik RouterOS, Level4 license	
Package contains	SXT wireless device with integrated antenna, pole mounting bracket, mounting ring, PoE injector, power adapter, quick setup guide	
Certifications	FCC, CE, ROHS	

	RBSXTG-5HPacD	RBSXTG-5HPacD-SA
TX/RX at MCS0	30dBm / -96dBm	30dBm / -96dBm
TX/RX at MCS7	27dBm / -77dBm	27dBm / -77dBm
TX/RX at MCS9	22dBm / -72dBm	22dBm / -72dBm
TX/RX at 6Mbit	31dBm / -86dBm	31dBm / -96dBm
TX/RX at 54Mbit	28dBm / -81dBm	28dBm / -81dBm
Antenna	Dual pol. 25deg, 5GHz antenna, 16dBi, -35 dB port to port isolation	Dual pol. 90deg, 5GHz antenna, 13dBi, -35 dB port to port isolation

Equipo Inalámbrico para enlace PtP

QRT 5 ac

The QRT 5 ac is a rugged outdoor flat panel antenna, with a built in RouterBOARD. The device has a **24dBi** antenna and a high power 5GHz wireless transmitter which now supports 802.11ac and is also backwards compatible with 802.11a/n.

Inside is the high power RB911G-5HPacD dual chain wireless device (see separate brochure), with high performance, high output power wireless transmitter. It has a Gigabit Ethernet port, to fully utilise the benefit of 802.11ac high speed wireless.

Easy to use and quick to deploy, QRT is ideal for longer point to point links at 802.11ac speeds.



Included



24V 0.8A power adapter



K-QRT screw kit



QRT antenna mount



Gigabit PoE injector



U bolts



U mast clamp

Specifications

Product code	RB911G-5HPacD-QRT
CPU nominal frequency	720 MHz
CPU core count	1
Size of RAM	128 MB
10/100/1000 Ethernet ports	1
Wireless chip model	QCA9882-BR4A-R
Wireless standards	802.11ac
Number of chains	2
RF connector type	MMCX
Max Power consumption	11.5W
Supported channels	20/40/80MHz
Supported input voltage	8V - 30V
Voltage Monitor	Yes
PCB temperature monitor	Yes
Dimensions	309x320x50mm
Operating System	RouterOS
Operating temperature range	-30C to +60C
License level	4
CPU	QCA9557-AT4A-R
Suggested price	\$199

Antenna

Frequencies	4.9-5.875 GHz
Gain	24 dBi
VSWR	1.37 : 1
3 dB Beam-Width, H-Plane	10.5°
3 dB Beam-Width, E-Plane, typ	10.5°
Polarization	Dual, Vertical and horizontal
Port to Port Isolation	-50 dB
Cross polarization, min	-25 dB
Front to Back Ratio, min	35 dB

Wireless specifications

TX power / RX sensitivity	
TX/RX at MCS0	30dBm / -96dBm
TX/RX at MCS7	24dBm / -78dBm
TX/RX at 6Mbit	30dBm / -96dBm
TX/RX at 54Mbit	27dBm / -80dBm
Frequency range	4920-6100 MHz

Router de Borde

Cloud Core Router

CCR1036-12G-4S-EM

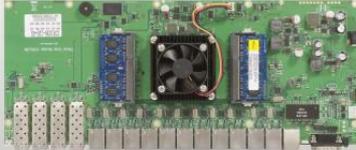


CCR1036-12G-4S-EM is an industrial grade router with cutting edge 36 core CPU! Unprecedented power and unbeatable performance - this is our new flagship device, the Cloud Core Router (CCR1036). If you need many millions of packets per second - Cloud Core Router with 36 cores is your best choice.

This new kit comes preinstalled with 16GB of RAM to provide you the absolute best performance possible in a MikroTik device.

The device comes in a 1U rackmount case, has four SFP ports, twelve Gigabit ethernet ports, a serial console cable and a USB port.

The CCR1036-12G-4S-EM has two DDR3 SODIMM slots, by default it is shipped with 16GB of RAM, and has no memory limit in RouterOS.



New generation CPU

- 36 core CPU
- 1.2GHz clock per core
- 12 Mbytes total on-chip cache
- State of the art TILE GX architecture

Highest performance

- 8 mpps standard forwarding
- 24 mpps fastpath forwarding (wire speed for all ports)
- Up to 16Gbit/s throughput

Full set of features

- 1U rackmount case
- 12x Gigabit ports
- 4x SFP ports
- Color touchscreen LCD
- Ports directly connected to CPU
- 16GB of RAM

CPU	Tilera Tile-Gx36 CPU (36-cores, 1.2Ghz per core)
Memory	Two SODIMM DDR3 slots, 2x 8GB DDR3 10600 modules installed (16GB total)
Ethernet	Twelve 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet with Auto-MDIX
SFP	Four 1.25G Ethernet SFP cage (Mini-GBIC, SFP module not included)
Expansion	microUSB port, host and device mode
Storage	1GB Onboard NAND
Serial port	One DB9 RS232C asynchronous serial port
Extras	Reset switch; speed controlled fan; beeper; voltage, current and temperature monitoring
Power options	IEC C14 standard connector 110/220V (PSU included), up to 60W power consumption
Board dimensions	355x145mm/55mm
Temperature	Max ambient temperature 50° @ 1.2GHz; 70° @ 1GHz CPU core frequency
OS	MikroTik RouterOS v6 (64bit), Level 6 license
Included	Router in a 1U case with LCD, PSU, power cable, usb cable