



FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA

INGENIERÍA DE SISTEMAS

**Tesis previa a la obtención del Título de:
Ingeniero de Sistemas**

TEMA

**Estudio de la tecnología WiMAX como alternativa para mejorar la
velocidad de acceso a internet de los docentes al Ambiente Virtual de
Aprendizaje Cooperativo de la Universidad Politécnica Salesiana**

AUTORES

**Kevin Alexander Barba Salazar
Dany Salvador Llumiquinga Gualotuña**

TUTOR

Ing. Darío Huilcapi Subía

GUAYAQUIL – ECUADOR

Agosto 2013

AGRADECIMIENTO

A DIOS por ser la luz que ilumina mi camino y por brindarme la oportunidad de gozar de una vida llena de armonía, salud y paz, y desde luego por llenarme de sabiduría y fortaleza durante el desarrollo y culminación de este proyecto.

A mis PADRES por motivarme a seguir adelante a través de sus sabios consejos y sus lecciones de vida y desde luego por su apoyo incondicional en cada paso dado a lo largo de mi vida.

Al Ingeniero Darío Fernando Huilcapi Subía, por todos los conocimientos impartidos en clases y sobre todo por ser nuestro amigo y guía durante el desarrollo de este trabajo.

Al Ingeniero Miguel Montesdeoca, por su admirable calidad humana al compartir con nosotros su tiempo y experiencia en el amplio mundo de las telecomunicaciones, sin duda fue un pilar muy importante para alcanzar nuestras aspiraciones.

Al departamento de sistemas de la Universidad Politécnica Salesiana Guayaquil por toda la confianza y apoyo brindado durante el desarrollo y cumplimiento de nuestro propósito.

A cada uno de los departamentos y amigos de la Universidad Politécnica Salesiana que fueron partícipes y colaboradores directos e indirectos para conseguir nuestro objetivo.

A la familia Carriel Sánchez por brindarnos su tiempo, apoyo y confianza , en especial a nuestro estimado docente y amigo Luis Carriel, por permitirnos ingresar a su hogar y proceder con la implementación de nuestro proyecto.

A mi compañero de tesis Dany Llumiquinga, por ser un complemento muy importante durante el desarrollo y cumplimiento de este objetivo, gracias por tu sincera amistad y sobre todo por tu paciencia. Hoy podemos decir que toda la dedicación y esfuerzo depositado a lo largo de este proyecto valió la pena.

Kevin Alexander Barba Salazar

AGRADECIMIENTO

A Dios Padre Celestial, por su infinito amor y misericordia, por brindarme la fortaleza necesaria para seguir y lograr cumplir mis objetivos.

A mi padre: José Daniel, por brindarme todo su apoyo sus valores y consejos; sin su ayuda no hubiese podido culminar mis estudios, a mi madre: María del Pilar, que ha velado por mí en todos mis trayectos, brindándome su amor y compañía.

Al Ingeniero Darío Huilcapi, por haberme guiado para realizar este proyecto.

A los Ingenieros: Miguel Montesdeoca y Danny Barona; por sus enseñanzas incondicionales, permitiendo completar nuestro trabajo con éxito.

Al departamento de Sistemas e Investigación de la Universidad Politécnica Salesiana, por su gran aporte y colaboración, durante el desarrollo en la parte práctica de nuestro proyecto.

A la familia Carriel Sánchez por brindarnos su apoyo y confianza, en especial a nuestro estimado docente Luís Carriel, por permitirnos realizar nuestra práctica y evaluaciones constantes.

A mi compañero de tesis Kevin Barba, por poner todo el empeño hasta ver terminado el proyecto, el cual he compartido varios momentos de amistad en toda la trayectoria desde los inicios de nuestra carrera Universitaria.

Dany Llumiquinga Gualotuña

DEDICATORIA

A Dios Padre Celestial, por su infinita bondad y misericordia al brindarme la fortaleza necesaria para luchar y lograr cumplir mis objetivos.

A mis PADRES: Ing. Rómulo Alejandro Barba López y Lcda. Janeth Doris Salazar González por creer en mí y ser un gran ejemplo a seguir al demostrarme que con amor, honestidad, esfuerzo y perseverancia podemos alcanzar nuestras metas.

A mis HERMANOS Christopher y Joel, por tantos momentos compartidos y sobre todo para que en base a mi ejemplo continúen con su formación académica, convirtiéndose de aquella manera en un orgullo más para nuestros padres.

A mi familia, docentes, amigos y compañeros por confiar en mí y acompañarme en cada momento que fue necesario.

Kevin Alexander Barba Salazar

DEDICATORIA

A mis padres: José Daniel y María del Pilar, a mis hermanas: Ingrid y Grace, a mi familia entera, que han sido el pilar para seguir adelante y la fortaleza para nunca desmayar en mi caminar.

A Dios Padre Celestial, Don Bosco, María Auxiliadora, Divino Niño, por ser parte de mi vida, con devoción y fe he puesto mis peticiones en sus manos hasta el final.

A mis estimados docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, quienes con su ayuda incondicional han sabido instruirme, proyectándome para ser mejor persona y hasta llegar a ser un excelente profesional a través de sus experiencias, valores y buenos consejos.

A la Universidad Politécnica Salesiana, por ser el hogar que recibe gente maravillosa, donde he compartido en familia bellos momentos de mi vida con el prójimo; fomentando el compañerismo y sobre todo la amistad que se ha formado dentro de ella.

A mis amigos, amigas por su compañía a través del tiempo, compartiendo bellos momentos, superando obstáculos, barreras hasta llegar a la meta, y cumplir este objetivo primordial.

Dany Llumiquina Gualotuña

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores Kevin Alexander Barba Salazar y Dany Salvador Llumiyinga Gualotuña

Guayaquil, agosto de 2013.

Kevin Alexander Barba Salazar

C.I. 0924693229

Dany Salvador Llumiyinga G.

C.I. 1716196256

CERTIFICADO

Certifico que el presente trabajo fue realizado por el Sr. Kevin Alexander Barba Salazar y el Sr. Dany Salvador Llumiquinga Gualotuña, bajo mi supervisión.

Guayaquil, agosto de 2013

Ing. Darío Fernando Huilcapi Subía

Director de tesis

RESUMEN

El presente proyecto de tesis comprende el estudio de la tecnología Wimax como alternativa para mejorar la velocidad de acceso a internet de los docentes al Ambiente Virtual de Aprendizaje Cooperativo de la Universidad Politécnica Salesiana, en base a problemas relacionados con la conectividad, velocidad y calidad de servicio brindado por proveedores de internet en la ciudad de Guayaquil.

Wimax es una tecnología de acceso inalámbrico de última milla que en la actualidad, con las ventajas que brinda en comparación con otras tecnologías inalámbricas podría llegar a sustituirlas.

Durante el desarrollo de esta investigación pudimos realizar comparaciones con otras tecnologías inalámbricas, donde Wimax sobresalió en base al sinnúmero de beneficios y facilidades que brinda.

Se analizó la estructura, funcionamiento y las variantes que presenta la tecnología Wimax como lo son la variante de acceso fijo abarcada en el estándar 802.16d y la variante de movilidad completa comprendida en el estándar 802.16e.

Adicionalmente cabe recalcar que se dio énfasis a los productos ofertados por la marca Huawei y Mikrotik, ya que fueron aquellos los equipos facilitados por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.

Finalmente en la etapa de implementación se procedió con el desarrollo de un prototipo a través de un enlace punto-punto, utilizando los equipos facilitados, cumpliendo de esta manera con el objetivo principal de esta investigación.

PALABRAS CLAVES

Wimax, Tecnologías inalámbricas, Mikrotik, Wimax Forum, Huawei, CNT E.P, Senatel

ABSTRACT

The present thesis project is about the study of the WiMAX technology as an option to improve the speed with which teachers access the cooperative learning virtual environment of the Salesian Polytechnic University throughout the internet, based on connection related problems, speed, and the quality of the service offered from internet providers in the city of Guayaquil.

Wimax is a cutting-edge wireless access technology which with the advantages that it offers, in contrast to other wireless technologies, might be able to replace them.

During the development of this investigation, we were able to compare other wireless technologies, where WiMAX outstood based on the various benefits and satisfaction that it offers.

We analyzed the structure, functioning, and variants presented by Wimax technology such as fixed access variant covered in the 802.16d standard variant, and full mobility within the 802.16e standard.

In addition, we have to say that we emphasized the products offered by the brands Huawei and Mikrotik, because that was the equipment eased by the National Telecommunication Corporation CNT E.P.

Finally, in the implementation stage we proceeded with the development of a prototype throughout a point- to- point link using the equipment eased, having accomplished this way the main objective of this investigation.

KEYWORDS

Wimax, Wireless technologies, Mikrotik, Wimax Forum, Huawei, CNT E.P, Senatel

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	vi
CERTIFICADO	vii
RESUMEN	viii
ÍNDICE DE CAPÍTULOS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xxi
ÍNDICE DE FIGURAS	xxiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xxvii
INTRODUCCIÓN	1

INDICE DE CAPÍTULOS

CAPÍTULO 1.....	3
1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.2. Problema de Investigación	5
1.2.1. Planteamiento del Problema.....	5
1.2.2. Formulación del problema de investigación	6
1.2.3. Sistematización del problema de investigación	6
1.3. Objetivos de la investigación	6
1.3.1. Objetivo general	6
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4. Justificación de la investigación.....	7
1.5. Marco de referencia de la investigación.....	8
1.5.1. Marco Teórico.....	8
1.5.1.1. WiMAX	8
1.5.1.2. Principales características de WiMAX	9
1.5.1.3. WiMAX fijo y WiMAX móvil	10
1.5.1.4. Evolución de los estándares WiMAX.....	12
1.5.1.5. Comparativa con otras tecnologías	14
1.5.1.6. El Espectro Electromagnético	19
1.5.1.7. Espectro Radioeléctrico.....	20
1.5.1.8. Atribución de Bandas de Frecuencia.....	20
1.5.1.9. Principio de Modulación de Amplitud.....	22
1.5.1.10. Modos de Transmisión.....	22
1.5.1.11. Propagación de las Ondas Electromagnéticas.....	23
1.5.1.12. Propiedades ópticas de las Ondas de Radio	24
1.5.1.13. Propagación Terrestre de las Ondas Electromagnéticas	27
1.5.1.14. Diagrama de Radiación	28
1.5.1.15. Potencia isotrópica efectiva irradiada	30
1.5.1.16. Abertura del haz de la antena.....	30
1.5.1.17. Ancho de banda.....	31
1.5.1.18. Ancho de Banda Analógico	32

1.5.1.19. Ancho de Banda Digital	32
1.5.1.20. Sistema de radio de banda estrecha.....	32
1.5.1.21. Sistemas de radio de banda ancha.....	33
1.5.1.22. Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM)	35
1.5.1.23. Guía de Onda.....	36
1.5.1.24. Señal a Ruido	36
1.5.1.25. Zona de Fresnel	36
1.5.1.26. Antenas.....	37
1.5.1.27. Parámetros de antenas en transmisión	40
1.5.1.28. Impedancia	40
1.5.1.29. Directividad.....	41
1.5.1.30. Polarización.....	42
1.5.1.31. Ganancia de una antena.....	43
1.5.1.32. Reciprocidad de Antenas.....	43
1.5.1.33. Conjuntos de Antenas	44
1.5.1.34. Estándares LAN Inalámbricos	45
1.5.1.35. Estándar básico IEEE 802.11	45
1.5.1.36. Topología de Redes inalámbricas	45
1.5.1.37. Modelo OSI.....	50
1.5.1.38. Protocolos de enrutamiento Estáticos Y Dinámicos	54
1.5.1.39. Normas T568A/T568B	56
1.5.1.40. Tipos De Cable.....	57
1.5.1.41. Información transmitida a través de los pines de colores del cable trenzado ..	58
1.5.1.42. Smart Antenas o Antenas Inteligentes	59
1.5.1.43. Antenas en WiMAX.....	60
1.5.1.44. Acceso en WiMAX.....	61
1.5.1.45. Seguridad (AAA)	62
1.5.1.46. FDD y TDD	62
1.5.2. Marco conceptual	65
1.5.2.1. ATM.....	65
1.5.2.2. DES	65
1.5.2.3. Encriptación	65
1.5.2.4. Ethernet	65

1.5.2.5. IEEE	65
1.5.2.6. Interoperabilidad	66
1.5.2.7. Mbps.....	66
1.5.2.8. LOS	66
1.5.2.9. NLOS	66
1.5.2.10. Protocolo	66
1.5.2.11. RSA.....	67
1.5.2.12. Última milla	67
1.5.2.13. Interferencia	67
1.5.2.14. TDMA - Acceso múltiple por división de tiempo	68
1.5.2.15. CDMA - Acceso por división de código.....	68
1.5.2.16. VoIP	69
1.5.2.17. WAN	69
1.5.2.18. WI-FI.....	69
1.6. Formulación de la hipótesis y variables	70
1.6.1. Hipótesis general.....	70
1.6.2. Hipótesis particulares	70
1.6.3. Matriz Causa – Efecto.....	71
1.6.4. Variables	73
1.6.4.1. Variables independientes	73
1.6.4.2. Variables dependientes.....	73
1.7. Aspectos metodológicos de la investigación.....	73
1.7.1. Tipo de estudio.....	73
1.7.1.1. Investigación de campo.....	73
1.7.1.2. Investigación exploratoria.....	74
1.7.1.3. Investigación descriptiva.....	74
1.7.1.4. Investigación explicativa.....	74
1.7.1.5. Investigación no experimental	74
1.7.2. Método de investigación	75
1.7.2.1. Método de Análisis	75
1.7.2.2. Método Experimental.....	75
1.7.2.3. Método de Síntesis	75
1.7.3. Fuentes y técnicas para la recolección de información.....	76

1.7.4. Población y Muestra.....	76
1.7.5. Tratamiento de la información	78
1.8. Resultados e impactos esperados	79

CAPÍTULO 2..... 80

2. ANÁLISIS, PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y

DIAGNÓSTICO..... 80

2.1. Análisis sujeto de estudio.....	80
2.1.1. Identificación y análisis de la situación actual.....	80
2.1.2.1. Técnicas e instrumentos de evaluación	80
2.1.2. Análisis estadístico de las encuestas a docentes	81
2.2. Propuesta de creación.....	81
2.2.1. Obtención de datos estadísticos y viabilidad del proyecto.....	81
2.2.2. Resultado de las Encuestas:	82
2.2.2.1. ¿En qué parroquia dentro / fuera de la ciudad, se encuentra localizado su domicilio con respecto a la UPS?.....	82
2.2.2.2. ¿En qué sector de la ciudad, se encuentra localizado su domicilio con respecto a la UPS?.....	84
2.2.2.3. ¿Se siente conforme con la rapidez, disponibilidad y eficiencia del Internet de Claro proporcionado a los docentes de la UPS, para su navegación diaria laboral?	85
2.2.2.4. Valore del 1 al 5, la calidad del servicio de internet brindado por el proveedor.86	
2.2.2.5. ¿Dónde permanece mayormente conectado, seleccione las siguientes opciones?.....	87
2.2.2.6. ¿Qué impacto ha recibido usted con respecto al servicio de internet?.....	88
2.2.2.7. ¿Con qué frecuencia presenta inconvenientes con la conectividad del servicio de internet ofrecida por la UPS?	89
2.2.2.8. ¿En qué horario presenta frecuentemente problemas con el servicio de internet?.....	91
2.2.2.9. ¿Tiene conocimiento o ha escuchado hablar sobre la tecnología WiMAX?	92
2.2.2.10. ¿Si Wimax le ofreciera un mejor servicio de Internet en relación al ofertado por su proveedor actual estaría de acuerdo en cambiar de tecnología?	93
2.2.2.11. ¿Con qué frecuencia accede al Ambiente Virtual de Aprendizaje Cooperativo de la Universidad Politécnica Salesiana?.....	94

CAPÍTULO 3.....	96
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	96
3.1. Diseño del esquema de red acorde a la cantidad de usuarios establecidos en base a los datos estadísticos	96
3.2. Análisis funcional de la situación actual	97
3.3. Coordenadas geográficas	97
3.3.1. Coordenadas radio base	97
3.3.2. Coordenadas Station Wds	97
3.4. Observaciones, servicio de internet actual en la U.P.S.	100
3.5. Investigación de herramientas a utilizar en función a la implementación de la tecnología WiMAX.....	101
3.5.1. WGS84.....	101
3.5.2. The Dude.....	101
3.5.3. Speed Test.....	102
3.5.3.1. Speed test.net.....	103
3.5.4. Internet Traffic Agent	105
3.5.5. Mikrotik Neighbor Viewer.....	108
3.5.6. Mikrotik Wireless Link calculator	108
3.6. Requisitos legales para concesión de Frecuencia.....	110
3.6.1. Concesiones para enlaces radioeléctricos (Punto – Punto, Punto – Multipunto) 110	
3.6.1.1. Requisitos concesión persona jurídica	111
3.6.1.2. Requisitos concesión persona natural	113
3.6.1.3. Requisitos renovación persona jurídica	114
3.6.1.4. Requisitos renovación persona natural.....	117
3.6.1.5. Requisitos para autorizaciones temporales a personas naturales o jurídicas ...	119
3.6.1.6. Requisitos para renovaciones temporales a personas naturales o jurídicas	120
3.6.1.7. Formularios requeridos	120
3.6.1.8. Tarifas	121
3.7. Servicios que pueden ofertarse mediante la tecnología WiMAX.....	122
3.8. Elementos principales de una red WiMAX	123
3.8.1. Componentes de una estación base	124
3.8.1.1. BBU	124
3.8.1.2. Módulos de una BBU.....	124

3.8.1.3. RRU – Remote Radio Unit	126
3.8.1.4. Módulos de una RRU.....	126
3.8.3. Terminales de usuario o CPE.....	127
3.8.4. Componentes de una red WiMAX.....	128
3.8.5. Puntos de referencia definidos por el WiMAX Forum	131
3.8.5.1. APM 200 para exteriores	133
3.9. Esquema general de la red WiMAX	134
3.10. Conexión a la red de datos	134
3.11. Conexión a la red de voz.....	135
3.12. Niveles RSSI WiMAX.....	135
3.13. Niveles CINR WiMAX.....	136
3.14. Throughput sugerido se acuerdo a la calidad de la señal	137
3.15. Capacidad de una radio base	137
3.16. Modo de operación de WiMAX.....	138
3.17. Plataforma de acceso.....	139
3.18. Principales aplicaciones de WiMAX	140
3.19. Disponibilidad del espectro WiMAX	141
3.19.1. Sin licencia	141
3.19.2. Con licencia.....	141
3.20. Procesado de señal (CAPA PHY).....	142
3.20.1. Modulación adaptativa	142
3.21. Modos de acceso a la radio	143
3.21.1. CLI –Command Line Interface	143
3.21.1.1. Comandos más utilizados en CLI –Command Line Interface	144
3.21.2. GUI –Graphical Use Interface	145
3.21.2.1. Winbox.....	145
3.22.2. Configuración con Winbox - Station WDS	151
CAPITULO 4.....	158
4. ESTIMACIÓN DE COSTOS	158
4.1. WiMAX Forum.....	158
4.1.1. Principales fabricantes miembros del WiMAX Forum.....	158
4.1.2. Proveedores de equipos y tecnología WiMAX a nivel mundial	159

4.1.3. Miembros de la junta WiMAX Forum.....	160
4.1.4. Miembros Principales – WiMAX Forum.....	160
4.1.5. Miembros Regulares WiMAX Forum	161
4.2. Proveedores de equipos y tecnología WiMAX analizados	162
4.2.1. Alvarion	162
4.2.2. Airspan	163
4.2.3. Huawei	163
4.2.4. MikroTik	164
4.3. Equipos utilizados – Enlace Punto – Punto WiMAX– Piloto.....	164
4.3.1. Routerboard RB-433	165
4.3.1.1. Características Generales	166
4.3.2. Tarjeta Mini PCI Inalámbrica R52.....	167
4.3.2.1. Características generales	168
4.3.3. Caja IP67 para exteriores (CASE)	169
4.3.4. Adaptador de energía	169
4.3.5. Inyector de POE pasivo sobre Ethernet	170
4.3.6. Cable PigTail de bajas pérdidas	171
4.3.7. Antena tipo panel modelo SPDB-5500-23V12.....	172
4.4. Estimación de costos de equipos y tecnología WiMAX ofertados por la compañía ALCATEL-LUCENT del Ecuador	174
4.5. Estimación de costos de equipos y tecnología WiMAX ofertados por la compañía DESCASERV	175
4.6. Estimación de costos de equipos y tecnología WiMAX ofertados por la compañía GHOZANTY.	176
4.7. Estimación de costos de equipos y tecnología WiMAX ofertados por la compañía HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD.....	178
4.8. Costos Adicionales.....	179
CAPITULO 5.....	182
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	182
5.1. Conclusiones	182
5.2. Recomendaciones.....	184

BIBLIOGRAFÍA.....	186
ANEXOS	192

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. WiMAX fijo y móvil.....	11
Tabla 1.2. Evolución de los estándares WiMAX.....	12
Tabla 1.3. WiMAX vs HSPA+	16
Tabla 1.4. Comparación de generaciones	18
Tabla 1.5. WiMAX y otras Tecnologías	18
Tabla 1.6. Atribución de banda de frecuencias	21
Tabla 1.7. Denominación de las bandas de frecuencia por décadas	38
Tabla 1.8. Denominación habitual de las bandas de frecuencias en microondas	39
Tabla 1.9. Denominación de las bandas a frecuencias superiores	39
Tabla 1.10. Enrutamiento Estático vs Enrutamiento Dinámico.....	55
Tabla 1.11. Tabla Información transmitida a través de los pines de colores del cable trenzado.....	58
Tabla 1.12. Métodos FDD y TDDD	64
Tabla 1.13. Matriz Causa – Efecto.....	71
Tabla 1.14. Niveles de confianza	77
Tabla 2.1. Resultado de la encuesta en la pregunta 1.....	82
Tabla 2.2. Resultado de la encuesta en la pregunta 2.....	84
Tabla 2.3. Resultado de la encuesta en la pregunta 3.....	85
Tabla 2.4. Resultado de la encuesta en la pregunta 4.....	86
Tabla 2.5. Resultado de la encuesta en la pregunta 5.....	87
Tabla 2.6. Resultado de la encuesta en la pregunta 6.....	88
Tabla 2.7. Resultado de la encuesta en la pregunta 7.....	90
Tabla 2.8. Resultado de la encuesta en la pregunta 8.....	91
Tabla 2.9. Resultado de la encuesta en la pregunta 9.....	92
Tabla 2.10. Resultado de la encuesta en la pregunta 10.....	93
Tabla 2.11. Resultado de la encuesta en la pregunta 11.....	94
Tabla 3.1. Comparación WiMAX vs Internet Móvil de Claro	105
Tabla 3.2. Elementos principales de una red WiMAX	123
Tabla 3.3. Módulos de una BBU.....	124
Tabla 3.4. Módulos de una RRU.....	126
Tabla 3.5. Componentes de una red WiMAX.....	128
Tabla 3.6 Puntos de referencia definidos por el WiMAX Forum	131
Tabla 3.7. Niveles RSSI WiMAX.....	135
Tabla 3.8. Niveles CINR WiMAX.....	136
Tabla 3.9. Throughput sugerido de acuerdo a la calidad de la señal	137
Tabla 3.10. Capacidad de una radio base	137
Tabla 3.11. Cantidad de CPEs que se puede atender con las radio bases WiMAX....	138
Tabla 3.12. Tabla de Tecnología de Acceso	140
Tabla 3.13. Tabla de DL Speed.....	140
Tabla 4.1. Miembros de la junta – WiMAX Forum.....	160

Tabla 4.2. Miembros principales – WiMAX Forum.....	160
Tabla 4.3. Miembros regulares – WiMAX Forum.....	161
Tabla 4.4. Descripción de equipos WiMAX empleados.....	165
Tabla 4.5. Características generales del Routerboard Rb-433	166
Tabla 4.6. Características generales Tarjeta Mini PCI Inalámbrica R52	168
Tabla 4.7. Datos técnicos Antena tipo panel modelo SPDB-5500	172
Tabla 4.8. Estimación de costos de equipos WiMAX empresa Alcatel-Lucent	174
Tabla 4.9. Estimación de costos de equipos WiMAX empresa DESCASERV	175
Tabla 4.10. Estimación de costos de equipos WiMAX empresa GHOZANTY	176
Tabla 4.11. Estimación de costos de equipos WiMAX empresa HUAWEI.....	178
Tabla 4.12. Estimación de costos adicionales	179

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Espectro Electromagnético.	19
Figura 1.2. Refracción en una frontera plana entre dos medios.....	24
Figura 1.3. Reflexión electromagnética en una frontera plana entre dos medios.	26
Figura 1.4. Modos normales de propagación de ondas.....	28
Figura 1.5. Gráficas de radiación	29
Figura 1.6. Abertura de haz de antena.....	31
Figura 1.7. Modo de trabajo de la técnica FHSS	33
Figura 1.8. Codificación de Barker	34
Figura 1.9. Estructura de una trama	36
Figura 1.10. Zona de Fresnel.....	37
Figura 1.11. Directividad	41
Figura 1.12 Polarizaciones	42
Figura 1.13. Red de antenas	44
Figura 1.14. Topología Punto – Punto	46
Figura 1.15. Topología Punto – Multipunto	47
Figura 1.16. Topología modo bridge.....	47
Figura 1.17. Topología modo Routing.....	48
Figura 1.18. Topología WDS (Mesh)	49
Figura 1.19. Topología NStreme dual.....	50
Figura 1.20. Capa OSI.....	51
Figura 1.21. Capa OSI / Nivel Capa de Enlace.....	52
Figura 1.22. Capa OSI / Nivel Capa Física y 802.11.....	52
Figura 1.23. Norma T568/A.....	56
Figura 1.24. Norma T568/A.....	56
Figura 1.25. Cable directo EIA/TIA-568 ^a	57
Figura 1.26. Cable directo EIA/TIA-568B	57
Figura 1.27. Cable cruzado 568A/568B.....	58
Figura 1.28. Información transmitida a través de los pines, cable directo & cruzado ..	59
Figura 1.29. Elementos fundamentales de una antena inteligente	60
Figura 1.30. Antena omnidireccional, Antena Sectorial, Antena Panel.....	60
Figura 1.31. Cobertura antena omnidireccional, Antena Sectorial, Antena Panel.....	61

Figura 1.32. Acceso bidireccional WiMAX	64
Figura 2.1. Gráfico de la pregunta 1	83
Figura 2.2. Gráfico de la pregunta 2	84
Figura 2.3. Gráfico de la pregunta 3	86
Figura 2.4. Gráfico de la pregunta 4	87
Figura 2.5. Gráfico de la pregunta 5	88
Figura 2.6. Gráfico de la pregunta 6	89
Figura 2.7. Gráfico de la pregunta 7	90
Figura 2.8. Gráfico de la pregunta 8	91
Figura 2.9. Gráfico de la pregunta 9	92
Figura 2.10. Gráfico de la pregunta 10	93
Figura 2.11. Gráfico de la pregunta 11	94
Figura 3.1. Esquema de la red estructural	96
Figura 3.2. Esquema de la red práctico	97
Figura 3.3. Esquema diseño práctico1	98
Figura 3.4. Esquema diseño práctico2	98
Figura 3.5. Esquema diseño práctico3	99
Figura 3.6. Antena APUPS emisor / Universidad Politécnica Salesiana.....	99
Figura 3.7. Antena WDS receptor / Casa Docente.....	100
Figura 3.8. The Dude	102
Figura 3.9. Speed Tests	103
Figura 3.10. Lectura de velocidad utilizando tecnología WiMAX.....	104
Figura 3.11. Lectura de velocidad utilizando Internet móvil de Claro	104
Figura 3.12. Internet Traffic Agent.....	106
Figura 3.13. Internet Traffic Agent / Interfaz gráfica1	106
Figura 3.14. Internet Traffic Agent / Interfaz gráfica2	107
Figura 3.15. Internet Traffic Agent / Interfaz gráfica3	107
Figura 3.16. Radio bases detectadas mediante Mikrotik Neighbor Viewer.....	108
Figura 3.17. Mikrotik Wireless Link calculator.....	109
Figura 3.18. Mikrotik Wireless Link calculator – Resultados obtenidos correspondientes a nuestro enlace	110
Figura 3.19. Equipo controlador de estación base	123
Figura 3.20. DBS 3900 Huawei	124

Figura 3.21. Terminales de usuario CPE	127
Figura 3.22. Elementos principales de una Red WiMAX.....	127
Figura 3.23. Puertos de una BBU	128
Figura 3.24. APM 200 para exteriores	133
Figura 3.25. Esquema general de la Red WiMAX.....	134
Figura 3.26. Esquema de la conexión a la red de datos	134
Figura 3.27. Esquema de la conexión a la red de voz	135
Figura 3.28. Modo de operación de WiMAX	138
Figura 3.29. Plataforma de acceso de WiMAX	139
Figura 3.30. Modulación adaptativa.....	142
Figura 3.31. Interfaz principal de Winbox	145
Figura 3.32. Selección de la radio	146
Figura 3.33. Selección de la radio	146
Figura 3.34. Tabla de interfaces activas	147
Figura 3.35. Configuración básica de la radio	147
Figura 3.36. Configuración de velocidad de transferencia de datos	148
Figura 3.37. Configuración avanzada de la radio	148
Figura 3.38. Configuración del sistema de distribución inalámbrico (WDS).....	149
Figura 3.39. Configuración de NStreme	149
Figura 3.40. Configuración de la potencia de transmisión.....	150
Figura 3.41. Visualización del estado de la radio	150
Figura 3.42. Visualización de tráfico generado en el enlace.....	151
Figura 3.43. Selección de la radio	151
Figura 3.44. Elección de la radio a acceder	152
Figura 3.45. Tabla de interfaces activas.....	152
Figura 3.46. Configuración básica de la radio	153
Figura 3.47. Configuración de velocidad de transferencia de datos	153
Figura 3.48. Configuración avanzada de la radio	154
Figura 3.49. Configuración del sistema de distribución inalámbrico (WDS).....	154
Figura 3.50. Configuración de NStreme	155
Figura 3.51. Configuración de la potencia de transmisión.....	155
Figura 3.52. Visualización del estado de la radio	156
Figura 3.53. Visualización de tráfico generado en el enlace.....	156

Figura 3.54 Configuración ip en computador del docente	157
Figura 4.1. Principales precursores WiMAX.....	159
Figura 4.2. Proveedores de equipos y tecnología WiMAX a nivel mundial.....	159
Figura 4.3. Equipos Alvarion BreezeMAX.....	163
Figura 4.4. Routerboard RB-433.....	167
Figura 4.5. Tarjeta Mini PCI Inalámbrica R52	167
Figura 4.6. Caja IP67 para exteriores (CASE).....	169
Figura 4.7. Adaptador de energía.....	169
Figura 4.8. Protección contra descargas.....	170
Figura 4.9. Cable PigTail de bajas pérdidas.....	171
Figura 4.10. Cable PigTail de bajas pérdidas.....	171
Figura 4.11. Antena tipo panel modelo SPDB-5500 (1) / Universidad Politécnica Salesiana.....	173
Figura 4.12. Antena tipo panel modelo SPDB-5500 (2) / Universidad Politécnica Salesiana.....	173

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta Directores de Carrera Universidad Politécnica Salesiana.....	192
Anexo 2. Datos utilizados para los cálculos correspondientes a la concesión de Frecuencias- Secretaría Nacional De Telecomunicaciones	195
Anexo 3. Instructivo Formularios de Concesión de Frecuencias.....	202
Anexo 4. Coordenadas de Referencia de los Sitios de Repetición	206
Anexo 5. Formulario RC-LA (Información Legal).....	208
Anexo 6. Formulario RC-2A, Información de la estructura del Sistema de Radiocomunicaciones	209
Anexo 7. Formulario RC-3A, Información de Antenas.....	210
Anexo 8. Formulario RC-3B, Patrones de Radiación de Antenas	211
Anexo 9. Formulario RC-4A, Información de Equipamiento.....	212
Anexo 10. Formulario RC-5A, servicio fijo y móvil terrestre.....	213
Anexo 11. Formulario RC-6A, servicio fijo terrestre	214
Anexo 12. Formulario RC-13A, cálculos de Propagación.....	215
Anexo 13. Formulario RC-15A, estudio técnico de emisiones de RNI.....	216
Anexo 14. Fotografías correspondientes al desarrollo de tesis.....	217

INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología y el desarrollo de las telecomunicaciones a lo largo de los últimos años ha denotado un gran y exitoso crecimiento, impulsado por la competitividad y despliegue de las redes alámbricas e inalámbricas en un mercado amplio y globalizado.

En la actualidad todo gira en torno a las redes, las cuales se han convertido en el mejor medio de comunicación a nivel mundial.

La búsqueda de sustituir las tecnologías alámbricas por las inalámbricas se convierte cada día en el principal objetivo de los fabricantes y proveedores de equipos de telecomunicaciones, así como también por parte de los usuarios, quienes ven la necesidad de mejorar el acceso a internet a un bajo costo.

WiMAX es una tecnología de última milla que en la actualidad, con las ventajas y mejoras que ofrece en comparación con otras tecnologías podría llegar a sustituirlas.

El presente trabajo se basa en el estudio de la tecnología WiMAX como alternativa para mejorar la velocidad de acceso a internet de los docentes al Ambiente Virtual de Aprendizaje Cooperativo de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

En el primer capítulo se plantea el problema existente referente al servicio de internet ofertado por las operadoras móviles a los docentes, objetivos y justificación de la investigación, características generales de la tecnología Wimax, estándares, aspectos metodológicos de nuestra investigación y conceptos básicos empleados en telecomunicaciones.

En el segundo capítulo se analiza la situación actual del problema ya planteado y se procede a la obtención, presentación y diagnóstico de los resultados en base a técnicas e instrumentos de evaluación.

El tercer capítulo comprende el diseño del esquema de red a través un prototipo que nos permitirá demostrar el funcionamiento de la tecnología empleada, así mismo

como la investigación de las herramientas a emplear en función a la implementación de nuestro proyecto, requisitos legales relacionados con la concesión de frecuencias implantadas en nuestro país. De igual manera se describe la arquitectura de una red WiMAX y sus elementos principales, se establece una comparativa entre WiMAX con otras tecnologías, se estudia los modos de acceso a una radio y finalmente se procede con la configuración básica de una radio a través de la herramienta Winbox.

En el cuarto capítulo se aborda los principales fabricantes y proveedores de la tecnología WiMAX a nivel mundial, así como también los equipos e implementos ofertados. De igual manera se mencionan los equipos necesarios para poder establecer un enlace Punto – Punto utilizando la tecnología WiMAX, los mismos que fueron empleados en la implementación de nuestro proyecto a través de un prototipo.

También se estimó los costos relacionados con la implementación del proyecto a gran escala, y se expuso los costos de los equipos e implementos necesarios, los mismos que constan en las diferentes propuestas entregadas por diferentes compañías a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P.

El quinto capítulo abarca las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto en base a los resultados obtenidos y analizados en capítulos anteriores.

CAPÍTULO 1

1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes de la investigación

La Universidad Politécnica Salesiana posee la premisa de brindar un servicio digno en pro del bienestar de los diferentes sectores que conforman la institución como lo son: personal administrativo, personal docente y estudiantes, los mismos que serán los futuros promotores de la excelencia académica en el campo laboral.

La Universidad Politécnica Salesiana está enfocada en la visión y misión que abarca el sistema de educación de nuestro patrono San Juan Bosco.

La mejora del servicio educativo a lo largo de la historia, ha tomado fuerza a raíz de la presencia Salesiana en el Ecuador desde enero de 1888. Como respuesta al convenio firmado por Don Bosco y el representante del Gobierno del Ecuador en Turín (Italia) en el año 1887, se confía a los salesianos el Protectorado Católico de Artes y Oficios de Quito, para que impartan educación moral y científica a los hijos del pueblo y para el desarrollo de la industria nacional mediante una enseñanza sistemática de la artesanía. (LENTI Don Bosco historia y carisma 3, 2013).

Lenti, Don Bosco historia y carisma 3 (2013), hace hincapié sobre la presencia de los salesianos en el Ecuador, enfocando a la obra de Don Bosco por todo el mundo, llegando a un acuerdo con el representante del Gobierno del Ecuador en el año de 1887, empezando sus obras de educación moral y científica, enfocada a la juventud desamparada.

Ahora con el avance de la tecnología se posiciona entre una de las mejores Universidades a nivel nacional y su prestigio va tomando fuerza al transcurrir el tiempo.

Todo avance tecnológico incluye mejorar los servicios ya ofertados, es por tal razón la necesidad de realizar cambios e innovación de equipos y otros.

La presente investigación está enfocada al mejoramiento del servicio de internet ofertado de manera interna y externa en la sede Guayaquil; servicio que abarca internamente el Bloque B, Bloque C, Bloque D, Edificio Administrativo “La Joya”, parqueadero y gimnasio; y externamente a través del servicio de internet de banda ancha móvil ofertado a los docentes por la compañía contratada por la institución.

La Universidad Politécnica Salesiana brinda a los estudiantes, docentes y empleados administrativos, la oportunidad de trabajar con una herramienta muy útil e importante, la misma que nos brinda la facilidad de poder compartir material de estudio y aprendizaje, así como también ser evaluados mediante talleres, exposiciones, investigaciones, carga de deberes o proyectos, libros on line, entre otros beneficios que nos ayudan a complementar el estudio avanzado y unificado a nivel Nacional.

Un apoyo a las aulas virtuales de modo presencial es el AVAC, siendo ésta una herramienta de trabajo tanto para docentes y estudiantes para que los mismos puedan interrelacionarse para obtener un mejor desarrollo intelectual y académico enfatizando la observación reflexiva, la conceptualización abstracta, experiencia activa (el diálogo), la experiencia concreta (el experimentar).

La Universidad Politécnica Salesiana, paso a paso, con una visión de mejorar la calidad de la educación dentro de la institución, está iniciando con la utilización de la plataforma web conocida como Moodle, con el objetivo de lograr el desarrollo de la metodología y pedagogía, en la que el estudiante se convierta en el artífice de su propio conocimiento intelectual, siendo el docente el diseñador del ambiente de estudio de sus aprendientes, una colaboración mutua enfocando al diálogo que fomente a la experiencia activa y transformante.

El proyecto de investigación se enfocará al servicio de internet y a los equipos de red que actualmente posee la Universidad, para que sean realmente viables todas las mejoras e implementaciones que se desarrollan dentro de la institución.

Para ello nuestra propuesta basada en el mejoramiento del servicio de internet (conexión) con nuevos equipos acorde a la tecnología ya ofrecida a nivel nacional, a implementarse y que de esta manera no se vea afectado el interés y uso general de la plataforma virtual dentro de la Universidad.

1.2. Problema de Investigación

1.2.1. Planteamiento del Problema

En virtud de la necesidad de los docentes de navegar por internet para poder acceder al AVAC y otras actividades académicas relacionadas con la institución, se procedió con la contratación del servicio a través de una operadora de telefonía móvil. Sin embargo existe un gran malestar en el personal docente en relación al servicio ofertado, ya que mencionan lentitud al momento de navegar en internet, pérdida y problemas de conectividad en horas pico, problemas de cobertura, entre otros inconvenientes que se les presenta.

Dada la descripción anterior los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana han presentado quejas e inconformidades al momento de acceder al AVAC basados en el mal servicio ofertado por el proveedor de internet asignado, limitando de esta manera un trabajo eficiente y un retraso en sus actividades diarias vinculadas al servicio.

Para dar solución a estos inconvenientes hemos planteado la utilización de una tecnología que nos brinde mejores beneficios en base a la velocidad de navegación, cobertura y otros, permitiendo de esta manera la optimización de recursos y una eficiente y eficaz utilización del Ambiente Virtual por parte de los docentes.

1.2.2. Formulación del problema de investigación

¿Cómo ayudaría la tecnología WIMAX a mejorar la calidad del servicio de internet que utilizan los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil?

1.2.3. Sistematización del problema de investigación

¿Cuáles son los inconvenientes que se presentan a nivel del personal docente en lo que respecta al uso del Ambiente Virtual?

¿El servicio de internet ofertado a los docentes es el adecuado para poder cumplir de manera óptima con sus tareas diarias relacionadas con la institución?

¿Podría la tecnología WiMAX solucionar el inconveniente relacionado con la velocidad de transmisión de datos y cobertura?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Mejorar la velocidad de acceso de los docentes a la plataforma del Ambiente Virtual de Aprendizaje Cooperativo a través del estudio de la tecnología WiMAX.

1.3.2. Objetivos específicos

Solucionar los inconvenientes que se presentan a nivel del personal docente en lo que respecta a la navegación en la plataforma del Ambiente Virtual de Aprendizaje Cooperativo.

Ofrecer a los docentes un servicio óptimo, de calidad, que asegure la integridad y disponibilidad de la red en un entorno seguro.

Solucionar el inconveniente de conectividad, cobertura y transmisión de datos que se presenta en la actualidad en la red institucional.

1.4. Justificación de la investigación

Uno de los principales problemas que se suscitan hoy en día en lo que respecta a la labor de los docentes en relación con la conexión a internet es lo que ha dado la pauta para dar una solución óptima y a corto plazo.

Cabe recalcar que problemas como la pérdida de la conectividad, la lentitud en lo que respecta a la velocidad de la transmisión de datos, la falta de cobertura de la red, se convierte en una limitación para el buen desempeño y relación de los docentes con el Ambiente virtual de la Universidad Politécnica Salesiana.

Es por todas las razones mencionadas que se consideró necesaria la implementación de una tecnología de última milla conocida como WIMAX en la institución, con el objetivo de brindar servicio de banda ancha a los docentes de la misma.

El proyecto que hemos planteado genera beneficios directamente para el docente pero de igual manera los generará indirectamente al estudiante, ya que al momento en que el docente pueda contar con un servicio óptimo, confiable y veloz en lo que respecta al internet, motivaremos al mismo a poder tener mayor relación con el ambiente virtual, ya que con las altas velocidades que nos ofrece esta tecnología el docente podrá subir documentos, realizar actividades e incluso subir material multimedia al portal de manera rápida y ágil, sin el riesgo de perder la conexión y sobre todo un punto muy importante como es el tiempo del mismo, razón por la cual muchos docentes se limitan a relacionarse con el ambiente virtual.

Sin duda con la implementación de WiMAX en nuestra institución se abriría un camino muy importante para la incursión de esta tecnología en nuestro país a nivel de instituciones públicas o privadas que buscan el mismo objetivo que nuestra institución, como es la mejora de sus servicios en relación al servicio de banda ancha

ofertado, ya que también cabe recalcar que la tendencia en tecnología para el futuro es el suplir la conexión alámbrica por la inalámbrica.

1.5. Marco de referencia de la investigación

1.5.1. Marco Teórico

Dentro del marco teórico con el que trabajaremos en el transcurso de la elaboración de este proyecto podemos citar un sinnúmero de conceptos que nos ayudarán a poder entender mucho más las razones y ventajas por las cuales consideramos muy importante la implementación de esta tecnología en nuestra institución.

1.5.1.1. WiMAX

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) es una tecnología inalámbrica conocida también como de última milla, la cual se encuentra definida a través del estándar IEEE 802.16.

Esta tecnología permite la recepción de datos por microondas y su retransmisión por ondas de radio.

Ventajas:

- Escalabilidad
- Su Ancho de Banda (70 Mbps hasta 124 Mbps máximo.).
- Son redes Ethernet compatibles con sistemas al 100%.
- Costo de operación reducible.
- Mantenimiento del hardware reducible.
- Actualización de estándares nuevos.

Desventajas:

- Aumento de repetidores debido a la necesidad de línea de vista, lo cual influye el aumento en costos.
- Posibles problemas de interferencias al utilizar bandas de frecuencia no licenciadas.

“Los estándares Wi-Fi (802.11a, 802.11b y 802.11g), que comenzaron a funcionar en el año 2.000, empiezan ya a quedarse cortos frente a la aparición del nuevo estándar 802.16. Esta tecnología está siendo desarrollada por WIMAX Forum, cuyos dos miembros más representativos son Intel y Nokia”. (CEPREDE, 2007).¹

En el año 2001 se crea el WiMAX Forum, conformado por más de 230 miembros; su objetivo, promover el estándar, asegurar que la compatibilidad, la interoperabilidad a través de múltiples fabricantes.

1.5.1.2. Principales características de WiMAX

- **Gran ancho de banda**

Más de 60 enlaces con conectividad (T1/E1) admite una estación base, como puede ser una gran cantidad de conexiones tipo DSL.

- **Independiente de protocolo**

Compatible con otros estándares como Wi-Fi, Ethernet, o Token Ring.

- **Capacidad de transmisión de otros servicios**

Estos son VoIP, datos o video.

¹ CEPREDE, Tecnología Wimax, <http://www.n-economia.com> – Tecnología Wimax

- **Soporta las llamadas antenas inteligentes**

Mejora la eficiencia espectral, *Smart Antenas* (3G), emite un haz estrecho que se puede controlar electrónicamente, orientado al receptor, suprimiendo interferencia entre canales adyacentes y potencia.

- **Velocidad**

Sin interferencias en los enlaces a largas distancias (50 Km), se estima una velocidad de 70 Mbps.

- **Seguridad**

Encriptación de datos, autenticación de usuarios, a través de algoritmos, estos son Triple DES, RSA (128/1024 bits respectivamente).

1.5.1.3. WiMAX fijo y WiMAX móvil

a) WiMAX fijo.

Está basado en la versión 802.16d del estándar IEEE 802.16 y en las redes ETSI HiperMAN. El estándar IEEE 802.16 regula el acceso inalámbrico de banda ancha hasta una frecuencia de 66 GHz, el mismo que está basado en la modulación OFDM y soporta accesos tanto fijos como nómadas en entornos en los que puede haber, o no, visión directa (LOS/NLOS). (Sánchez, 2008)

Sánchez (2008), hace hincapié de la tecnología referente a la modulación y codificación digital. Mejoras en la velocidad, eficiencia múltiple entre distintas portadoras de señal, ya que no transmite sólo con una portadora.

b) WiMAX móvil.

Es una solución inalámbrica de banda ancha basada en el estándar 802.16e que permite la convergencia de redes de banda ancha fija y móvil a través de una tecnología de acceso radio de banda ancha desplegada sobre un área extensa común y una arquitectura de red flexible.

La interfaz aire de WiMAX móvil adopta OFDMA para reducir la interferencia multitrayecto en entornos en los que no hay visión directa entre antenas. (Sánchez, 2008)

Tabla 1.1. WiMAX fijo y móvil

CARACTERÍSTICA	WIMAX FIJO Y MÓVIL		
	802.16	802.16d	802.16e
ESPECTRO	10-66 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz
FUNCIONAMIENTO	Solo con visión directa	Sin visión directa (NLOS)	Sin visión directa (NLOS)
TASA DE BITS	32-124 Mbps con canales de 28 MHz	Hasta 75 Mbps con canales de 20MHz	Hasta 15 Mbps con canales de 5 MHz
MODULACIÓN	QPSK, 16QAM y 64QAM	OFDM con 256 sub-portadoras QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM con 256 sub-portadoras QPSK, 16 QAM, 64 QAM
MOVILIDAD	Sistema fijo	Sistema fijo	Movilidad a pie
ANCHO DE BANDA	20, 25 y 28 MHz	Entre 1,25 y 20 MHz	Entre 1,25 y 20 MHz
RADIO DE CELDA TÍPICO	2-5 Km aprox.	5-10 Km aprox. Max 50 a 70 Km	2-5 Km aprox.

Fuente: Biblioteca de ingeniería de la Universidad de Sevilla²

Elaborado por: Autores

² Internet: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11677/fichero/Volumen+1%252F3.-WiMAX.pdf>, 2008

Según expresa Antonio Sánchez (2008).

El modo de transmisión OFDM fue originalmente diseñado para transmitir una única señal. Pero para poder tener múltiples transmisiones de usuario simultáneas, se asoció a esta técnica de modulación y codificación el método de acceso OFDMA. De hecho, una señal OFDM puede estar formada por señales que proceden de distintos usuarios, principio que constituye la base de OFDMA. La variante OFDMA Escalable (SOFDMA) se introdujo en la enmienda IEEE 802.16e para soportar anchos de banda de canal escalables desde 1.25 MHz hasta 20 MHz. (Sánchez, 2008).

1.5.1.4. Evolución de los estándares WiMAX

Tabla 1.2. Evolución de los estándares WiMAX

ESTÁNDAR	DESCRIPCIÓN
802.16	Estándar publicado en abril de 2001 que se refería a enlaces fijos radio con línea de visión directa entre el transmisor y el receptor utilizando frecuencias dentro de la banda de 10 a 66 GHz para proporcionar velocidades de transmisión de hasta 134 Mbps y sin movilidad.
802.16a	Estándar publicado en marzo del 2003, y fue entonces cuando WiMAX, como una tecnología de banda ancha inalámbrica, empezó a cobrar relevancia. Esta modificación también estaba pensada para enlaces fijos, pero llegó a realizar modificaciones de control de acceso y de especificaciones de la capa física logrando una distancia de operatividad de 40 a 70 kilómetros y operando en la banda de 2 a 11 GHz, parte del cual es de uso común, y no requiere licencia para

	<p>su operación. Es válido para topologías punto a multipunto y, opcionalmente, para redes en malla, y no requiere línea de visión directa y permite transmitir sobre ellas velocidades teóricas de hasta 75 Mbps. Emplea las bandas de 3.5 GHz y 10.5GHz, válidas internacionalmente, que requieren licencia (2.5 – 2.7 GHz en EEUU), y las de 2.4 GHz y 5.725 – 5.825 GHz que son de uso común y no requieren disponer de licencia alguna.</p>
802.16b	<p>Este estándar usa las bandas de 5 GHz y 6 GHz y proporciona QoS (Quality of Service) por lo que se puede usar para transmitir voz y datos. Trabaja en la modificación del nivel MAC y en capas físicas adicionales para bandas de frecuencia exentas de licencia</p>
802.16c	<p>Este estándar se ocupó sobretodo del rango de 10 a 66 GHz. Sin embargo, también desarrolla otros aspectos como la evolución del funcionamiento y la prueba y ensayo de los posibles perfiles del sistema. Esto último, es un elemento crucial en el juego de herramientas WiMAX, porque pasa a constituir un gran acuerdo de opciones disponibles con 802.16 en general. Debe tenerse presente que para este estándar se tiene tres tipos de modulación para la capa PHY: modulación con una sola portadora, modulación con OFDM de 256 portadoras y de 2048 portadoras, pero el elegidos es OFDM de 256 portadoras, debido a que en el proceso de cálculo para la sincronización se tiene menor complejidad respecto a la utilización del esquema de 2048 portadoras.</p>
802.16-2004(d)	<p>Las principales características de los protocolos para WiMAX fijos, mencionados en los puntos anteriores, se han incorporado en este estándar. Por lo que éste es el reemplazo del estándar IEEE 802.16a. Este estándar final soporta numerosos elementos obligatorios y opcionales. Teóricamente podría transmitir hasta unos 70 Mbps en</p>

	condiciones ideales, aunque el rendimiento real podría ser únicamente superior a unos 40 Mbps.
802.16e-2005	Es una ampliación de IEEE 802.16d para ofrecer movilidad y roaming. Por tanto, también es conocido como WiMAX móvil. Sirve para aplicación a conexiones inalámbricas en la banda de 2 GHz a 6 GHz, que permite transmitir sobre él a velocidades de hasta 15 Mbps. Añade movilidad, prometiendo comunicaciones a velocidades en torno a 120 km/h.

Fuente: Biblioteca de ingeniería de la Universidad de Sevilla³

Elaborado por: Autores

1.5.1.5. Comparativa con otras tecnologías

a) WiMAX vs Wi-Fi

Los sistemas Wi-Fi con mayor alcance actualmente son los basados en 802.11a/g, los mismos que proporcionan cobertura sobre un área de 30 a 50 m con una tasa de transferencia de 54 Mbps. Los sistemas Wi-Fi capaces de dar cobertura a zonas amplias se basan en transmisores de alta potencia, limitadas por tratarse de bandas de frecuencia de uso libre. (Comparativa con otras tecnologías - redeswimaxs, 2013).

Comparativa con otras tecnologías - redeswimaxs (2013), hace hincapié de que, los despliegues del punto de acceso Wi-Fi ofrecen una cobertura en 300m. WiMAX toma ventaja sobre esta observación, esta tecnología ofrece amplias coberturas fijas y móviles, de 70 y 5 km respectivamente, en transferencia con una velocidad hasta 70 Mbps, hasta 150 km/h.

³ Internet: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11677/fichero/Volumen+1%252F3.-WiMAX.pdf>, 2008

b) WiMAX vs HSPA

High Speed Packet Access (HSPA) es la combinación de tecnologías posteriores y complementarias a la tercera generación de telefonía móvil (3G), como son el 3.5G o HSDPA y 3.5G Plus, 3.75G o HSUPA.

Teóricamente alcanza velocidades de hasta 14,4 Mb/s en bajada y hasta 2 Mb/s en subida, dependiendo del estado o la saturación la red y de su implantación. (GSMspain, 2013).

Otorga velocidades de datos de 84 Mbps de bajada y 22 Mbps de subida (año 2010).

c) WiMAX vs HSPA+

HSPA+ (High Speed Packet Access Plus), HSPA Evolution y Evolved HSPA se estandarizó por primera vez en la versión Release 7 del 3GPP y se prolonga hasta la versión del Release 10. HSPA+, conlleva a desarrollar técnicas para *Long Term Evolution* (LTE), dando vida útil a las redes HSPA.

Esta tecnología brinda soporte y desempeño mejorados para servicios de conversación e interactivos en tiempo real tales como Push-to-Talk por Celular (PoC), imágenes y videos compartidos, y Video y Voz por Protocolo de Internet (VoIP) mediante la introducción de funcionalidades como antenas Multiple-Input Multiple-Output (MIMO), Conectividad de Paquetes Continua (CPC) y Modulaciones de Mayor Orden. (4G Americas, 2013).

4G Americas (2013), hace hincapié del mejoramiento y desempeño de los servicios otorgados para los usuarios.

En lo que respecta a Ecuador, las 3 operadoras existentes como son Claro, Movistar y CNT ya han optado por la implementación de esta tecnología para brindar el servicio a sus clientes con el propósito de estar al mismo nivel que otras operadoras a nivel mundial.

Tabla 1.3. WiMAX vs HSPA+

CARACTERÍSTICAS	HSPA+	WIMAX
GENERACIÓN	4G	4G
VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	Hasta 42 Mbps	Hasta 70Mbps
ESTÁNDAR	IEEE 802.16g	IEEE 802.16
COBERTURA	Aprox. 50 Km	Entre 50 y 70 Km aprox.
MODULACIÓN	Adaptativa	Adaptativa
MOVILIDAD	SI	SI
COSTOS	ALTO	BAJO

Elaborado por: Autores

En nuestro país el Internet móvil HSPA+ permite a los usuarios en un entorno móvil, rápido, productivo y eficiente conectividad de datos a velocidades de hasta 10 Mbps, lo cual representa un crecimiento de velocidad máxima de entre 5 a 10 veces sobre la tecnología 3G actual (Movistar, 2013).

Movistar (2013), hace hincapié de la mejora y avance de dicha tecnología en el ambiente móvil, otorgando mayores beneficios enfocándose en el servicio de velocidad de transmisión.

El innovador servicio de 4G con tecnología HSPA+ permite al usuario recibir un mejor rendimiento:

- Velocidades superiores, enfocadas a la navegación
- Uso de video chat
- Video alta definición HD eficazmente.
- Descarga de archivos y aplicaciones a alta velocidad.
- Juegos en línea.
- Eventos en tiempo real (en vivo)

d) WiMAX vs EV-DO

Según documenta, Comparativa con otras tecnologías – redeswimaxs (2013).

EV-DO es el estándar de datos definido como evolución de CDMA por el 3GPP2. Soporta tasas de canal de bajada de hasta 2,4 Mbps, con un canal de 1,25 MHz. Las tasas típicas reales suelen ser de 100-300 Kbps. En comparación con los dos estándares de 3G actuales, WiMAX cuenta con una ventaja muy importante: la sencillez y rapidez del despliegue. WiMAX es capaz de desplegar una red en una localización aislada determinada, en la que un despliegue 3G puede ser de acceso complejo, o de no rentabilidad económica. Por ello, además de ser competidoras en cuanto a tecnologías de acceso, también puede verse que WiMAX y 3G pueden ser complementarias en ciertos entornos. (Comparativa con otras tecnologías - redeswimaxs, 2013).

e) WiMAX vs 4G

Según documenta, Comparativa con otras tecnologías – redeswimaxs (2013).

LTE (Long Term Evolution), pretende migrar sus modelos de negocio hacia las capacidades esperadas para la nueva generación de redes de datos, 4G. Cabe recalcar que ambas tecnologías utilizan OFDM como modulación base, y poseen gran tolerancia al multitrayecto. La mayor diferencia entre una y otra

radica en el tiempo de posicionamiento en el mercado global que posee cada una de ellas de manera distinta. (Comparativa con otras tecnologías - redeswimaxs, 2013).

Tabla 1.4. Comparación de generaciones

FUNCIONALIDAD	GENERACIÓN		
	2.5G	3.5G	4G
Cursar llamadas de voz	SI	SI	SI
Tecnología de datos	EDGE	HSDPA	HSPA
Velocidad de conexión Kbps	Prom: 45/18 Max: 256/120	Prom: 400/64 Max: 2048/256	Prom: 1000/512 Max: 10240/2048

Elaborado por: Autores

Tabla 1.5. WiMAX y otras Tecnologías

CARACTERÍSTICAS	WIMAX 802.16	WI-FI 802.11	MOBILE-FI 802.20	UMTS
VELOCIDAD	124 Mbps	11-54 Mbps	16 Mbps	2 Mbps
COBERTURA	50-70 Km	300 m	20 Km	10 Km
LICENCIA	Si / No	No	Si	Si
VENTAJAS PRINCIPALES	Velocidad y alcance	Velocidad y costos	Velocidad y movilidad	Rango y movilidad
DESVENTAJAS PRINCIPALES	Interferencias	Bajo alcance	Altos costos	Lento y altos costos

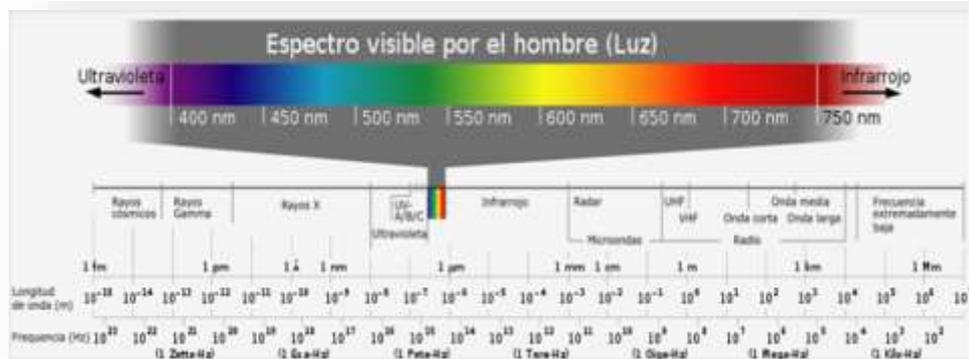
Elaborado por: Autores

1.5.1.6. El Espectro Electromagnético

Según expresa Tomasi Wayne (2003)

Un sistema de comunicaciones transfiere información entre dos o más lugares (estaciones). Esto se logra convirtiendo la información original a energía electromagnética, para transmitirla a continuación a una o más estaciones receptoras, donde se reconvierte a su forma original. La energía electromagnética se puede propagar en forma de voltaje o corriente, a través de un conductor o hilo metálico, o bien en forma de ondas de radio emitidas hacia el espacio libre, o como ondas luminosas a través de una fibra óptica. La energía electromagnética se distribuye en un intervalo casi infinito de frecuencias. (Tomasi, 2003).

Figura 1.1 Espectro Electromagnético.



Fuente: Horst Frank, Jailbird

Según expresa Tomasi Wayne (2003)

La frecuencia no es más que la cantidad de veces que sucede un movimiento periódico, como puede ser una onda senoidal de voltaje o de corriente, durante determinado periodo. Cada inversión completa de la onda se llama ciclo. La unidad básica de frecuencia es el hertz (Hz), y un hertz es igual a un ciclo por segundo (1Hz = 1 cps). En electrónica se acostumbra usar prefijos métricos

para representar las grandes frecuencias. Por ejemplo, se usa el KHz (kilohertz) para indicar miles de hertz, y el MHz (megahertz) para indicar millones de hertz. (Tomasi, 2003).⁴

1.5.1.7. Espectro Radioeléctrico

Según expresa CONATEL, 2012

El sector estratégico del espectro radioeléctrico es un conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin necesidad de guía artificial utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora y televisión, seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, así como para un elevado número de aplicaciones industriales científicas y médicas. (CONATEL, 2012).⁵

1.5.1.8. Atribución de Bandas de Frecuencia

El espectro radioeléctrico se subdivide en nueve bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente, de acuerdo a la tabla 4 (Atribución de bandas de frecuencia). Dado que la unidad de frecuencia es el hertzio (Hz), las frecuencias se expresan:

- En kilohertzios (kHz) hasta 3000 kHz, inclusive;
- En megahertzios (MHz) por encima de 3 MHz hasta 3000 MHz, inclusive;
- En gigahertzios (GHz) por encima de 3 GHz hasta 3000 GHz, inclusive.

Sin embargo, siempre que la aplicación de esta disposición plantee graves dificultades, por ejemplo, en la notificación e inscripción de frecuencias, en las listas

⁴ TOMASI, Wayne, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, 4^{ta}. Edición, Editorial Pirson, México - México 2003, p.4.

⁵ CONATEL (Consejo nacional de Telecomunicaciones), *Plan Nacional de Frecuencias*, Ecuador 2012, p. 17.

de frecuencias y en cuestiones conexas, se podrán efectuar cambios razonables. (CRM, Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2007).

- kHz para frecuencias de hasta 28000 kHz inclusive,
- MHz para frecuencias superiores a 28000 kHz y hasta 10500 MHz inclusive,
- GHz para frecuencias superiores a 10500 MHz.

Tabla 1.6. Atribución de banda de frecuencias

Número de banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300 a 3000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300 a 3000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300 a 3000 GHz	Ondas decimilimétricas	

Elaborado por: Autores

1.5.1.9. Principio de Modulación de Amplitud

La *modulación de amplitud* (AM, por *amplitude modulation*; en español se usa “amplitud modulada”) es el proceso de cambiar la amplitud de una señal portadora de frecuencia relativamente alta, en porción con el valor instantáneo de la señal modulante o moduladora. (TOMASI, 2003).⁶

Tomasi (2003), hace hincapié de que, es una forma de modulación de abjo costo y calidad, de uso comercial, en emisores de señal, audio y video, radiocomunicaciones móviles en dos sentidos, por ejemplo los radios de banda civil (CB).

Según expresa Tomasi Wayne (2003)

Los moduladores de AM son dispositivos no lineales, con dos entradas y una salida. Una entrada es una sola señal portadora de alta frecuencia y amplitud constantes, y la segunda está formada por señales de información, de frecuencia relativamente baja, que puede tener una sola frecuencia, o ser una forma compleja de onda, formada a su vez por muchas frecuencias. Las frecuencia que son lo suficientemente altas como para irradiarse en forma eficiente de una antena, y propagarse por el espacio libre se suelen llamar *radiofrecuencias*, o simplemente RF. (TOMASI, 2003).

1.5.1.10. Modos de Transmisión

Modo de transmisión, en sistemas electrónicos de comunicaciones manejan trasmisiones en una dirección, ambas direcciones, una sola a la vez, o en ambas direcciones al mismo tiempo, a continuación:

⁶TOMASI, Wayne, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, 4^{ta}. Edición, Editorial Pirson, México - México 2003, p.100.

a) Simplex (SX)

Con el funcionamiento simplex, las transmisiones sólo se hacen en una dirección, sólo en un sentido, sólo recibir, sólo transmitir. Una estación puede ser un transmisor o un receptor, pero no ambos a la vez.

b) Semidúplex (HDX, de half duplex)

Las transmisiones se pueden hacer en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo, alternar en ambos sentidos, en uno de los sentidos, o de cambio y fuera. Una estación puede ser transmisora y receptora, pero no al mismo tiempo.

c) Dúplex total (FDX, de full duplex)

Transmisiones en ambas direcciones al mismo tiempo, también conocidos como simultáneos de dos direcciones, dúplex completos o líneas bilaterales o en ambos sentidos. Una estación puede transmitir y recibir en forma simultánea; sin embargo, la estación a la que se transmite también debe ser de la que se recibe. Por ejemplo un sistema telefónico normal.

d) Dúplex total/general (F/FDX, de full/full duplex)

Es posible transmitir y recibir en forma simultánea, pero no necesariamente entre las mismas dos estaciones. El uso de las transmisiones dúplex total/general es exclusivo como en circuitos de comunicaciones de datos.

1.5.1.11. Propagación de las Ondas Electromagnéticas

a) Atenuación y Absorción de Ondas

El espacio libre es el vacío, por lo que no hay pérdida de energía al propagarse una onda por él. Sin embargo, cuando las ondas se propagan por el espacio vacío, se

dispersan y resulta una reducción de la densidad de potencia. A este fenómeno lo llamaremos atenuación, y se presenta tanto en el espacio libre como en la atmósfera terrestre.

La atmósfera terrestre no es un vacío, por ende contiene partículas que pueden absorber energía electromagnética. A este tipo de reducción de potencia se le llama pérdida por absorción, y no se presenta en ondas que viajan fuera de nuestra atmósfera.

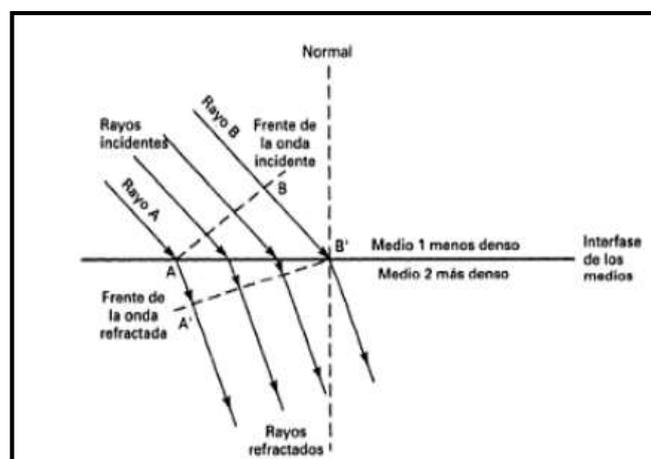
1.5.1.12. Propiedades ópticas de las Ondas de Radio

En la atmósfera terrestre, la propagación de frente de ondas y rayos puede diferir del comportamiento en el espacio libre, debido a efectos ópticos, como refracción, reflexión, difracción e interferencia.

a) Refracción

La refracción electromagnética es el cambio de dirección de un rayo al pasar en dirección oblicua de un medio a otro con distinta velocidad de propagación.

Figura 1.2. Refracción en una frontera plana entre dos medios.



Fuente: TOMASI, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 2003

La velocidad a la que se propaga una onda electromagnética es inversamente proporcional a la densidad del medio en el que lo hace. Existe refracción siempre que una onda de radio pase de un medio a otro de distinta densidad, tal como se muestra en la figura 1.2.

b) Reflexión

Según expresa Tomasi Wayne (2003)

La reflexión electromagnética se presenta cuando una onda incidente choca con una frontera entre dos medios, y algo o toda la potencia incidente no entra al segundo material. Las ondas que no penetran al segundo medio se reflejan. La figura 1.3, muestra la reflexión de una onda electromagnética en un plano límite entre dos medios. Como todas las ondas reflejadas permanecen en el medio 1, las velocidades de las ondas incidentes y reflejada son iguales. En consecuencia, el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia, $\theta_i = \theta_r$. Sin embargo, la intensidad del campo del voltaje reflejado es menor que la del incidente. La relación de las intensidades de voltaje reflejado a incidente se llama coeficiente de reflexión Γ . Para un conductor perfecto, $\Gamma = 1$. Se usa Γ para indicar tanto la amplitud relativa de los campos incidente y reflejado, como el desplazamiento de fase que hay en el punto de reflexión. (TOMASI, 2003).

La ecuación de este coeficiente es

$$\Gamma = \frac{E_r e^{j\theta_r}}{E_i e^{j\theta_i}} = \frac{E_r}{E_i} = e^{j(\theta_r - \theta_i)}$$

En la que:

Γ = coeficiente de reflexión (adimensional)

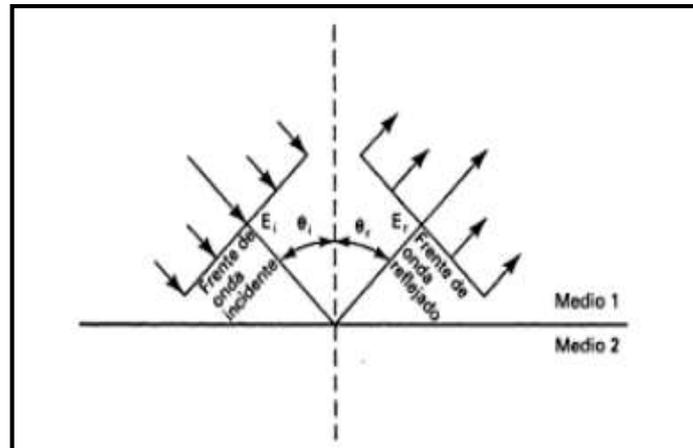
E_i = intensidad de voltaje incidente (volts)

E_r = intensidad de voltaje reflejado (volts)

θ_i = fase incidente (grados)

θ_r = fase reflejada (grados)

Figura 1.3. Reflexión electromagnética en una frontera plana entre dos medios.



Fuente: TOMASI, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 2003

c) Difracción

La difracción, la modulación de la energía dentro de un frente de onda, al pasar cerca de la orilla de un objeto opaco, siendo así el fenómeno que permite que las ondas luminosas o de radio se propaguen en torno a esquinas. En la descripción anterior de la refracción y la reflexión se supuso que las dimensiones de las superficies refractora y reflectora eran grandes con respecto a una longitud de onda de la señal.

No obstante, cuando un frente de onda pasa cerca de un obstáculo o discontinuidad cuyas dimensiones sean de tamaño comparable a una longitud de onda, no se puede usar el análisis geométrico simple para explicar los resultados, y es necesario recurrir al principio de Huygens, que se puede deducir de las ecuaciones de Maxwell.

d) Interferencia

La interferencia de ondas de radio se produce siempre que se combinan dos o más ondas electromagnéticas, degradando el funcionamiento del sistema. La refracción, la reflexión y la difracción pertenecen a la óptica geométrica, implica que su comportamiento se analiza principalmente en función de rayos y de frentes de onda. Según expresa Tomasi Wayne (2003)

La interferencia está sujeta al principio de la superposición lineal de las ondas electromagnéticas, y se presenta siempre que dos o más ondas ocupan el mismo punto del espacio en forma simultánea. El principio de la superposición lineal establece que la intensidad total de voltaje en un punto dado en el espacio es la suma de los vectores de onda individuales. Ciertos tipos de medios de propagación tienen propiedades no lineales; sin embargo, en un medio ordinario, como la atmósfera terrestre, es válida la superación lineal. (TOMASI, 2003).

1.5.1.13. Propagación Terrestre de las Ondas Electromagnéticas

Según expresa Tomasi Wayne (2003)

Las ondas electromagnéticas de radio que viajan dentro de la atmósfera terrestre se llaman ondas terrestres, y las comunicaciones entre dos o más puntos de la Tierra se llaman radiocomunicaciones terrestres. Las ondas terrestres se ven influidas por la atmósfera y por la Tierra misma. En las radiocomunicaciones terrestres, las ondas se pueden propagar de varias formas, que dependen de la clase del sistema y del ambiente. Las ondas electromagnéticas también viajan en línea recta, excepto cuando la Tierra y su atmósfera alteran sus trayectorias. (TOMASI, 2003).⁷

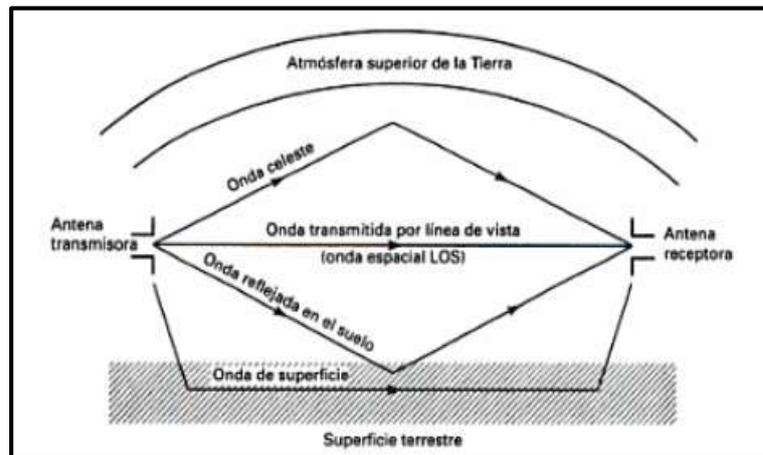
Existen tres formas de propagación de ondas electromagnéticas dentro de la atmósfera terrestre: onda terrestre, onda espacial (que comprende ondas directas y reflejadas en el suelo) y ondas celestes o ionosféricas.

En la figura 1.4, ilustra los modos normales de propagación entre dos antenas de radio. En todo sistema de radio existen los tres modos, sin embargo, algunos son despreciables en ciertos intervalos de frecuencia, o sobre determinada clase de terreno. A frecuencia menores que 1.5 MHz, las ondas terrestres tienen la mejor difusión, porque las pérdidas en el suelo aumentan con rapidez al aumentar la

⁷TOMASI, Wayne, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, 4^{ta}. Edición, Editorial Pirson, México - México 2003, p. 359.

frecuencia. Las ondas celestes se usan para aplicaciones de alta frecuencia, y las ondas espaciales se usan para frecuencias muy elevadas.

Figura 1.4. Modos normales de propagación de ondas.



Fuente: TOMASI, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 2003

1.5.1.14. Diagrama de Radiación

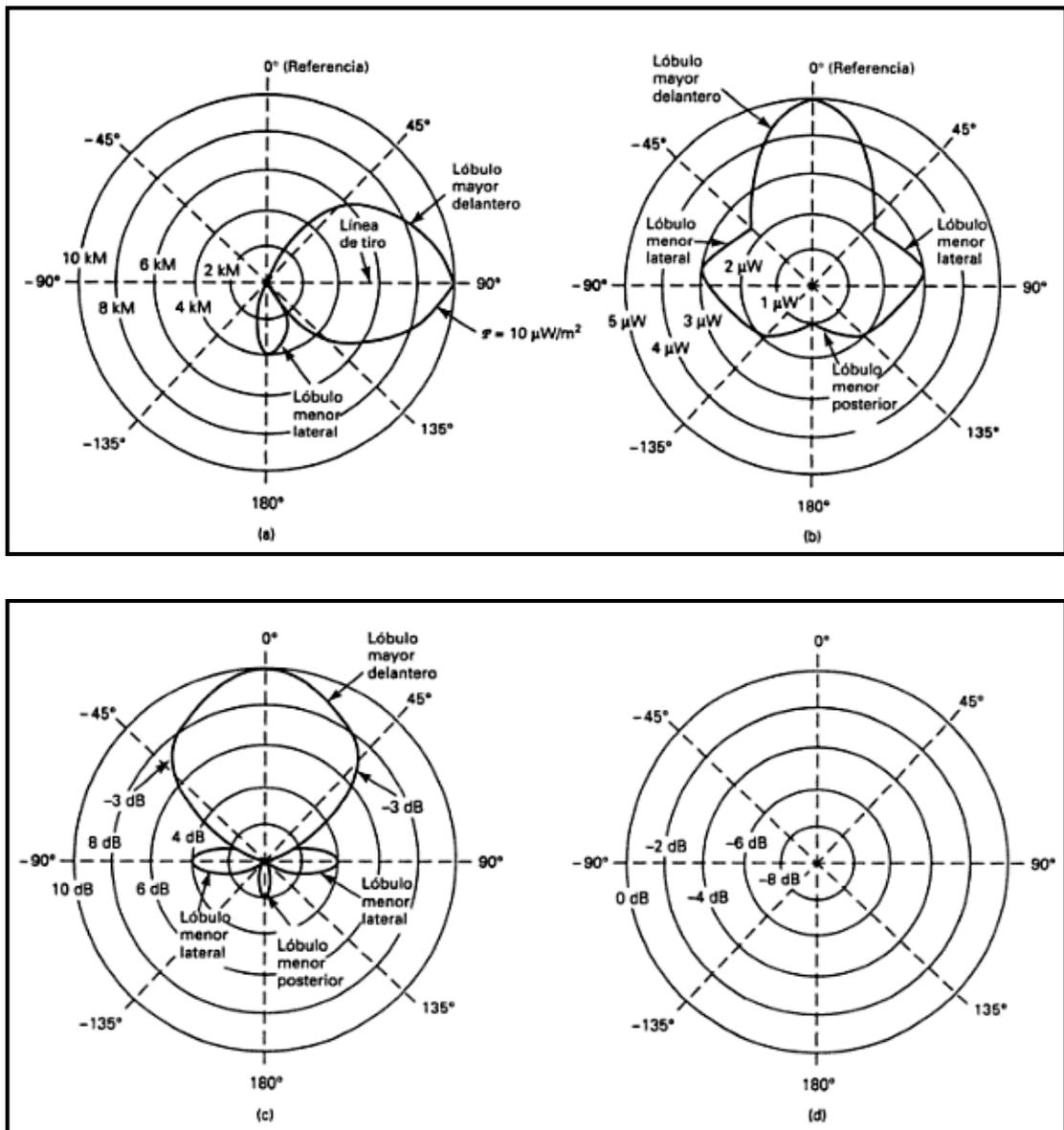
Es un diagrama o gráfica polar que representa intensidades de campo o densidades de potencia en diversas posiciones angulares en relación con una antena. Si la gráfica de radiación se traza en términos de intensidad del campo eléctrico (E) o de densidad de potencia (ρ) se llama gráfica de radiación absoluta (es decir, distancia variable y potencia fija). (TOMASI, 2003).

Tomasi (2003), hace hincapié en que se representa las intensidades de campo y densidades de potencia en diversas posiciones angulares, en relación con una antena, si se grafica intensidad de campo o densidad de potencia con respecto al valor en algún punto de referencia, se llama gráfica de radiación relativa (es decir, potencia variable, distancia fija).

Gráficas de radiación: (a) gráfica de radiación absoluta (distribución fija); (b) gráfica de radiación relativa (distancia fija); (c) gráfica de radiación relativa (distancia fija) en

decibelios; (d) gráfica de radiación relativa (distancia fija) en decibelios para una antena direccional (fuente puntual).

Figura 1.5. Gráficas de radiación



Fuente: TOMASI, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 2003

1.5.1.15. Potencia isotrópica efectiva irradiada

La potencia isotrópica efectiva irradiada (EIRP, por *effective isotropic radiated power*) se define como la potencia equivalente de transmisión, se expresa:

$$EIRP = P_{rad}D_t(\text{watts})$$

Siendo

P_{rad} = Potencia total irradiada (watts)

D_t = Ganancia directiva de la antena de transmisión (adimensional).

La EIRP, o simplemente ERP (de *effective radiated power*, potencia efectiva radiada) es la potencia equivalente que tendría que irradiar una antena isotrópica para alcanzar la misma densidad de potencia en la dirección elegida y en determinado punto, que otra antena. (TOMASI, 2003).⁸

Tomasi (2003), hace hincapié en el término conceptual de EIRP (potencia efectiva radiada).

1.5.1.16. Abertura del haz de la antena

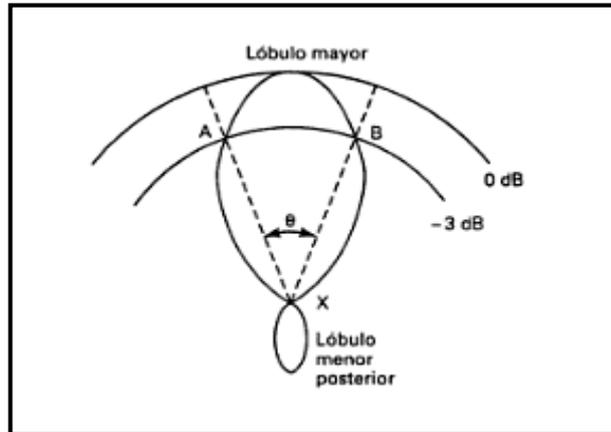
Según expresa Tomasi Wayne (2003)

La apertura (angular) del haz de una antena es la separación angular entre dos puntos de media potencia (-3 dB) en el lóbulo mayor de la gráfica de radiación de una antena, que se suele tomar en uno de los planos “principales”. La apertura del haz de la antena cuya gráfica de radiación se ve en la figura 1.6, es el ángulo definido por los puntos A, X y B (el ángulo θ). Los puntos A y B son los puntos de media potencia (la densidad de potencia en ellos es la mitad de la que hay, a igual distancia de la antena, en la dirección máxima). La apertura

⁸TOMASI, Wayne, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, 4^{ta}. Edición, Editorial Pirson, México - México 2003, p. 378.

del haz de una antena se llama a veces ancho de haz de -3 dB, o ancho de haz de media potencia, o ancho de lóbulo. (TOMASI, 2003).

Figura 1.6. Abertura de haz de antena



Fuente: TOMASI, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 2003

La ganancia de la antena es inversamente proporcional a la apertura del haz: mientras más grande es la ganancia de una antena, la apertura del haz es menor. Una antena omnidireccional (isotrópica) irradia por igual en todas direcciones. Por consiguiente, tienen ganancia de unidad y apertura de haz de 360° . Las antenas normales tienen apertura de haz de 30° a 60° , y no es raro que las antenas de microondas de alta ganancia tengan una apertura de haz hasta de 1° .

1.5.1.17. Ancho de banda

Según expresa Ángel Cardama, varios (2004)

Todas las antenas, debido a su geometría finita, están limitadas a operar satisfactoriamente en una banda o margen de frecuencias, este intervalo de frecuencias, en el que un parámetro de antena determinada no sobrepasa unos límites prefijados. El ancho de banda (BW) se puede especificar como la relación entre el margen de frecuencias en que se cumplen las especificaciones

y la frecuencia central. Dicha relación se suele expresar en forma de porcentaje. (Ángel Cardama, 2004)

$$BW = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_0}$$

1.5.1.18. Ancho de Banda Analógico

Se refiere normalmente al rango de frecuencias de un tema electrónico analógico. Por ejemplo el rango de frecuencias radiadas por una estación de radio FM. Generalmente son ciclo por segundos Hz.

1.5.1.19. Ancho de Banda Digital

Es la medida como la información puede fluir de un lugar a otro en un período de tiempo dado. Se mide en bits por segundo.

1.5.1.20. Sistema de radio de banda estrecha

Los sistemas de radio de banda estrecha transmiten y reciben datos en una frecuencia de radio específica, la limitación se especifica: si otro transmisor está operando a la misma frecuencia y dentro del rango de cobertura, se produce una interferencia y los datos se perderán o dañarán. (Cabrera, Google, 2011).⁹

Claudio Cabrera (2011), hace hincapié en la transmisión y recepción de datos, utiliza una frecuencia específica para que sea factible, existe una limitación si otro transmisor opera en la misma frecuencia y dentro del rango de cobertura, produciendo una interferencia.

⁹ Google, *Introducción a las Seguridades de Redes WLAN*, <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/593/1/CAPITULO%20I.pdf>, 2011

1.5.1.21. Sistemas de radio de banda ancha

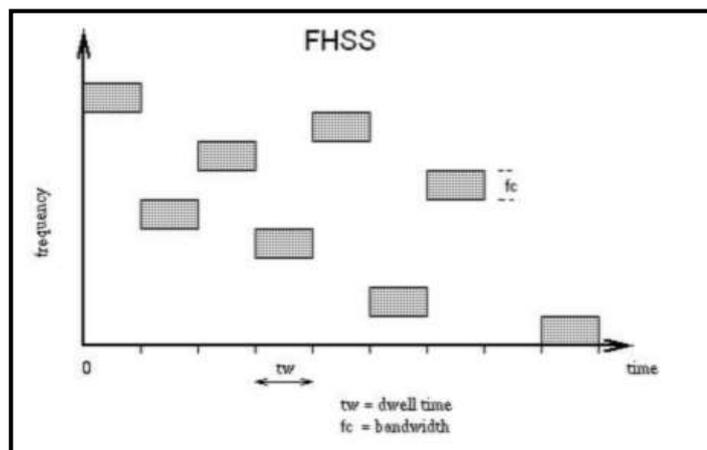
a) Expansión de espectro

En lugar de utilizar una única frecuencia, la tecnología de expansión de espectro recorre la banda de frecuencias disponible para transmitir los datos. De tal manera que distribuye la señal sobre un amplio rango de frecuencias de manera uniforme, la forma de transmisión de banda ancha permite a los dispositivos evitar las interferencias y los ruidos provocados por otras señales.

b) Expansión de espectro por salto de frecuencia (FHSS)

Permite Transmitir la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo inferior a 400 ms. Pasando este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo. La banda de frecuencia asignada se divide en varias sub-bandas de menor frecuencia llamadas canales.

Figura 1.7. Modo de trabajo de la técnica FHSS



Fuente: Mielvdsiba¹⁰

¹⁰ Internet, <http://mielvdsiba.wordpress.com/category/uncategorized>, 2013

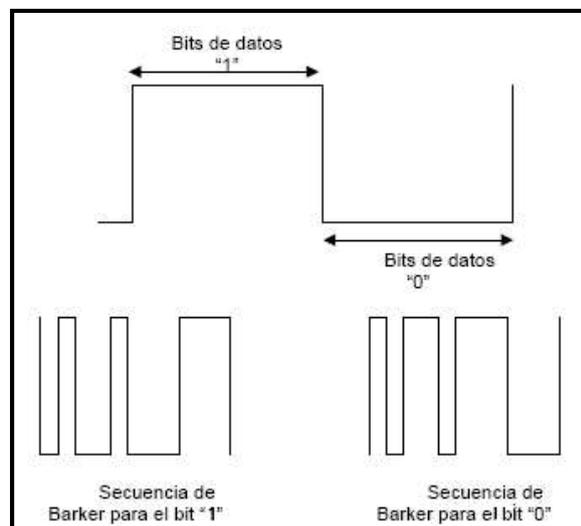
c) Expansión de espectro por secuencia directa (DSSS)

Esta técnica consiste en la generación de un patrón de bits redundante llamado señal de chip para cada uno de los bits que componen la señal resultante mediante una portadora de RF. En recepción es necesario realizar el proceso inverso para obtener la señal de información original, tal como se ve en la figura 1.8.

Se tiene definidos dos tipos de modulaciones para la señal de información una vez que se sobrepone la señal de chip tal y como especifica el estándar IEEE 802.11:

La modulación DBPSK¹¹, y la modulación DQPSK¹², proporcionando unas velocidades de transferencia de 1 y 2 Mbps respectivamente, con la técnica de modulación PBCC (*Packet Binary Convolutional Coding*) su velocidad llegando hasta 54 Mbps (Millones de bits por segundo).

Figura 1.8. Codificación de Barker



Fuente: Redes Inalámbricas IEEE 802.11¹³

¹¹ DBPSK, Differential Binary Phase Shift Keying, Modulación de cambio de fase binario diferencial.

¹² DQPSK, Differential Quadrature Phase Shift Keying, Modulación de cambio de fase en cuadratura diferencial.

¹³ Internet, <http://www.canal-ayuda.org/a-informatica/inalambrica.htm>, 2013

En los estándares de redes WLAN, 802.11b define el uso de DSSS en la capa física para admitir intervalos de datos de 1 a 11 Mbps.

1.5.1.22. Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM)

Según expresa Claudio Cabrera (2011)

La tercera banda de ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), hace referencia a los estándares 802.11a y 802.11g, que define el uso de OFDM¹⁴, para obtener intervalos de transmisión de datos hasta 108 Mbps. En este caso veremos “Velocidad vs Modulación” Cuando transmitimos información entre dos dispositivos inalámbricos, la información viaja entre ellos en forma de tramas, estas tramas son básicamente secuencias de bits. (Cabrera, Análisis a la Seguridad de Redes Inalámbricas, 2011).

Las secuencias de bits están divididas en dos zonas diferenciadas, la primera es la cabecera y la segunda los datos que verdaderamente se quieren transmitir.

La cabecera gestiona los datos que se envían, dependiendo de la forma en la que se module la cabecera (o preámbulo), podemos encontrarnos con diferentes tipos de tramas, como son:

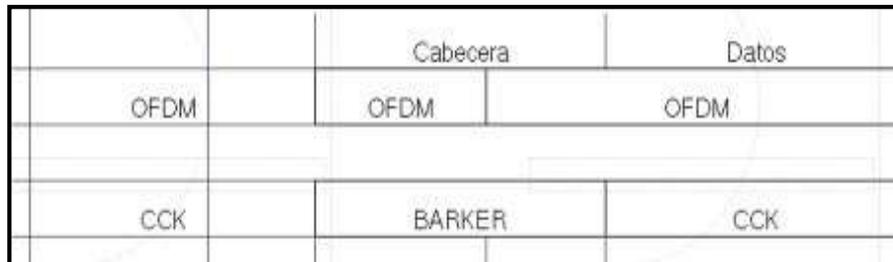
- Barker. (RTS / CTS)
- CCK. *Complementary Code Keying*
- PBCC. *Packet Binary Convolutional Coding*
- OFDM. *Orthogonal Frequency – Division Multiplexing*

A menor tamaño de cabecera menor es la transmisión, por lo tanto, menor tráfico de bits de gestión luego mayor sitio para mandar bits de datos.

¹⁴OFDM, *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*, Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.

Una ventaja del OFDM, en la tecnología WiMAX, gestiona diferentes retardos que se producen en señales que padecen multitrayecto.

Figura 1.9. Estructura de una trama



Fuente: Mod03-Cisco

1.5.1.23. Guía de Onda

Línea de transmisión de tipo especial formado por un tubo metálico conductor, a través del cual se propaga energía electromagnética. Se usa para interconectar en forma eficiente ondas electromagnéticas entre una antena y un tranceptor.

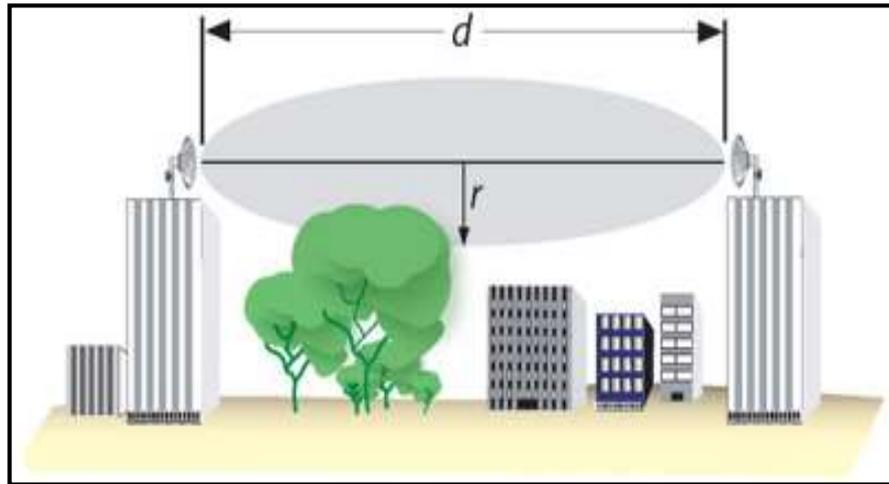
1.5.1.24. Señal a Ruido

La proporción de señal a ruido es la diferencia mínima a alcanzar entre la señal recibida deseada y el ruido a piso (*Noise to Floor*). Si la señal es más poderosa que el ruido, la proporción señal/ruido será positiva; si la señal está oculta en el ruido, es decir, que el ruido es más potente, la proporción será negativa.

1.5.1.25. Zona de Fresnel

Es el área alrededor de la línea de vista en donde se esparcen las ondas de radio. Esta área debe permanecer libre de obstáculos, de lo contrario la fuerza y la calidad de la señal se verá desmejorada.

Figura 1.10. Zona de Fresnel



Fuente: Mod03-Cisco

Al menos el 60% despejado

$$r = 17,31 * \sqrt{(d1 * d2)/(f * d)}$$

r= Radio de Fresnel

d= Distancia en metros

f= Frecuencia en MHz

d1 y d2 = distancias entre el obstáculo

$$r = 548 * \sqrt{(d1 * d2)/(f * d)}$$

d= distancias en Km

f= MHz

1.5.1.26. Antenas

Según expresan Ángel Cardama, varios (2004)

Las primeras manifestaciones de los fenómenos eléctricos y magnéticos se observaron por medio de las fuerzas que actuaban sobre cargas y corrientes, pero esta representación, aunque muy útil, no permite estudiar fácilmente los fenómenos de propagación y radiación de ondas, por lo que es necesario introducir el concepto de campo. Un campo se pone de manifiesto en un punto, o se mide, colocando cargas y corrientes de prueba y observando las fuerzas ejercidas sobre ellas. El *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) define que una antena como aquella parte de un sistema de

transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas (IEEE Std. 145-1983). (Ángel Cardama, 2004).¹⁵

Si bien sus formas son muy variadas, todas las antenas tienen en común el ser una región de transición entre una zona donde existe una onda electromagnética guiada y una onda en el espacio libre, a la que puede además asignar un carácter direccional. La representación de la onda guiada se realiza por voltajes y corrientes (hilos conductores y líneas de transmisión) o por campos (guías de ondas); en el espacio libre, mediante campos. (Ángel Cardama, 2004).¹⁶

La misión de la antena es radiar la potencia que se le suministra con las características de direccionalidad adecuadas a la aplicación.

Tabla 1.7. Denominación de las bandas de frecuencia por décadas

BANDA	FRECUENCIA	LONGITUD DE ONDA	DENOMINACIÓN
ELF	<3 kHz	>100 km	Extremely Low Frequency
VLF	3-30 kHz	100-10 km	Very Low Frequency
LF	30-300 kHz	10-1 km	Low Frequency
MF	0,3 -3 MHz	1000 – 100 m	Medium Frequency
HF	3-30 MHz	100 – 10 m	High Frequency
VHF	30-300 MHz	10 – 1 m	Very High Frequency
UHF	0,3 -3 GHz	100 -10 cm	Ultra High Frequency
SHF	3-30 GHz	10 – 1 cm	Super High Frequency
EHF	30-300 GHz	10 – 1 mm	Extremely High Frequency

Elaborado por: Autores

¹⁵CARDAMA [...], Ángel, *Antenas*, 2^{da}.Edición, Editorial Alfaomega, México 2004, p.15

¹⁶Idem., p.15

A frecuencias de microondas existe una subdivisión acuñada desde los primeros tiempos del radar, es ampliamente utilizada en la actualidad.

Tabla 1.8. Denominación habitual de las bandas de frecuencias en microondas

BANDA	FRECUENCIA	LONGITUD. DE ONDA
L	1-2 GHz	30-15 cm
S	2-4 GHz	15-7,5 cm
C	4-8 GHz	7,5-3,75 cm
X	8-12,4 GHz	3,75-2,42 cm
Ku	12,4-18 GHz	2,42-1,66 cm
K	18-26,5 GHz	1,66-1,11 cm
Ka	26,5-40 GHz	11,1-7,5 mm
mm	40 - 300 GHz	7,5-1 mm

Elaborado por: Autores

A frecuencias superiores nos encontramos con las ondas electromagnéticas correspondientes al infrarrojo, visible, ultravioleta y rayos X.

Tabla 1.9. Denominación de las bandas a frecuencias superiores

BANDA	FRECUENCIA	LONGITUD DE ONDA	DENOMINACIÓN
	300 – 800 GHz	1 – 0,4 mm	Región submilimétrica
IR	800 GHz-400 THz	0,4 mm - 0,8 micras	Infrarrojo
V	400-750 THz	0,8 - 0,4 micras	Visible
UV	750-10.000 THz	400 – 12 nanómetros	Ultravioleta
		120 – 0,6 Armstrong	Rayos X

Elaborado por: Autores

1.5.1.27. Parámetros de antenas en transmisión

Según expresan Ángel Cardama, varios (2004)

Una antena formará parte de un sistema más amplio, de radiocomunicaciones o radar, por ejemplo. Interesará, por lo tanto, caracterizarla con una serie de parámetros que la describan y permitan evaluar el efecto sobre el sistema de una determinada antena, o bien especificar el comportamiento deseado de una antena para incluirla en ese sistema. A efectos de definición de los parámetros, conviene diferenciarlos inicialmente según se relacionen con transmisión o recepción; posteriormente, como consecuencia del teorema de reciprocidad, estableceremos la equivalencia entre ambas situaciones. (Ángel Cardama, 2004).

1.5.1.28. Impedancia

Según expresan Ángel Cardama, varios (2004)

La antena ha de conectarse a un transmisor y radicar el máximo de potencia posible con un mínimo de pérdidas en ella. La antena y el transmisor han de adaptarse para una máxima transferencia de potencia en el sentido clásico de circuitos. Habitualmente el transmisor se encuentra alejado de la antena y la conexión se hace mediante una línea de transmisión o guía de ondas, que participa también en esa adaptación, debiéndose considerar su impedancia característica, su atenuación y su longitud. (Ángel Cardama, 2004).

El transmisor produce corrientes y campos que pueden ser medibles en puntos característicos de la antena. En todo el texto los valores de corrientes, tensiones y campos serán eficaces.

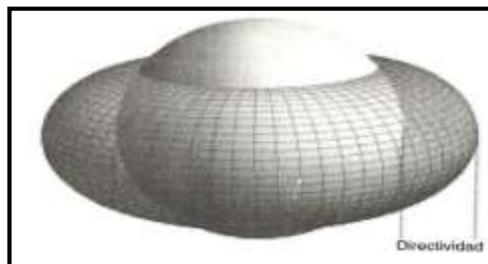
1.5.1.29. Directividad

La directividad D de una antena se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia dada, y la densidad de potencia que radiaría a esa misma distancia una antena isótropa que radiase la misma potencia que la antena. (Ángel Cardama, 2004).

Ángel Cardama, varios (2004), hacen hincapié en que la directividad en su definición, recalca la relación entre densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia dada.

$$D(\theta, \varphi) = \frac{\rho(\theta, \varphi)}{\frac{P_r}{4\pi r^2}}$$

Figura 1.11. Directividad



Fuente: Ángel Cardama[...], Antenas, 2004

Si no se especifica la dirección angular, se sobre entiende que la directividad se refiere a la dirección de máxima radiación.

$$D = \frac{\rho_{\text{máx}}}{P_r/(4\pi r^2)}$$

Segundo parámetro, la directividad en la ganancia de la antena G . definición semejante, la comparación no se establece con la potencia radiada, sino con la entregada a la antena. Se establece posibles pérdidas en la antena, ya que no toda la potencia entregada es radiada al espacio.

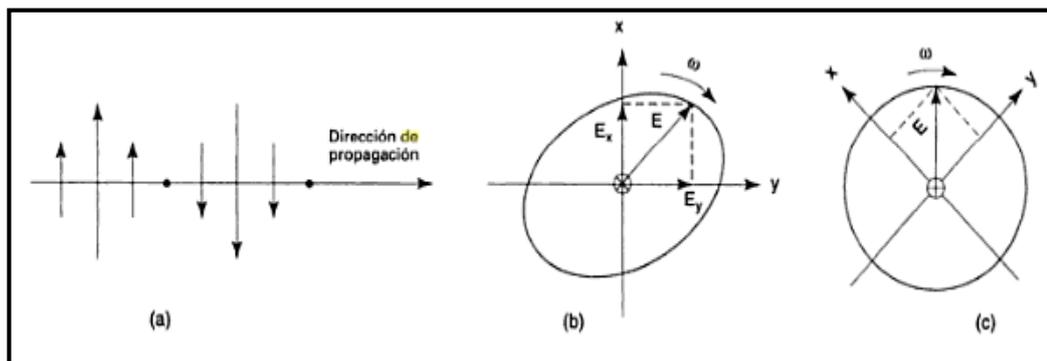
1.5.1.30. Polarización

Según expresa Tomasi Wayne (2003)

La polarización de una antena no es más que la orientación del campo eléctrico que se irradia de ella. Una antena puede estar polarizada linealmente (en general, horizontal o verticalmente, suponiendo que los elementos de la antena están en un plano horizontal o en uno vertical), elípticamente o circularmente. Si una antena irradia una onda electromagnética verticalmente polarizada, se define a la antena como verticalmente polarizada (o polarizada verticalmente). Si una antena irradia una onda electromagnética horizontalmente polarizada, se dice que la antena está polarizada horizontalmente; si el campo eléctrico gira describiendo una elipse, está elípticamente polarizada; si el campo eléctrico gira en forma circular, está circularmente polarizada. (TOMASI, 2003).¹⁷

Diversas polarizaciones correspondientes: (a) lineal; (b) elíptica; (c) circular.

Figura 1.12 Polarizaciones



Fuente: TOMASI, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 2003

¹⁷TOMASI, Wayne, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4^{ta}. Edición, Editorial Pirson, México - México 2003, p. 382.

1.5.1.31. Ganancia de una antena

Según expresa CONATEL (2012)

Relación generalmente expresada en decibelios, que debe existir entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia sin pérdidas y la potencia suministrada a la entrada de la antena en cuestión, para que ambas antenas produzcan, en una dirección dada, la misma intensidad de campo, o la misma densidad de flujo de potencia, a la misma distancia. Salvo que se indique lo contrario, la ganancia se refiere a la dirección de máxima radiación de la antena. Eventualmente puede tomarse en consideración la ganancia para una polarización especificada. (CONATEL, 2012).¹⁸

Según la antena de referencia elegida se distingue entre:

- a) La ganancia isótropa o absoluta (G_i) si la antena de referencia es una antena isótropa aislada en el espacio;
- b) La ganancia con relación a un dipolo de media onda (G_d) si la antena de referencia es un dipolo de media onda aislado en el espacio y cuyo plano ecuatorial contiene la dirección dada;
- c) La ganancia con relación a una antena vertical corta (G_v) si la antena de referencia es un conductor rectilíneo mucho más corto que un cuarto de longitud de onda y perpendicular a la superficie de un plano perfectamente conductor que contiene la dirección dada.

1.5.1.32. Reciprocidad de Antenas

Según expresa Tomasi Wayne (2003)

Una antena básica es un dispositivo recíproco pasivo; porque en realidad no puede amplificar una señal, al menos no en el sentido verdadero de la palabra, sin embargo una antena puede tener ganancia. Una antena es un dispositivo

¹⁸CONATEL (Consejo nacional de Telecomunicaciones), Plan Nacional de Frecuencias, Ecuador 2012, p. 26.

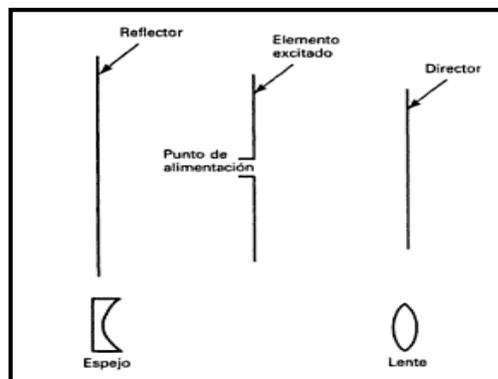
recíproco porque las características y el desempeño de transmisión y de recepción son idénticas, como la ganancia, directividad, frecuencia de operación, ancho de banda, resistencia de radiación, eficiencia, etc. Las antenas de transmisión deben poder manejar potencias grandes y, en consecuencia, deben ser de materiales que soporten altos voltajes y grandes potencias, como por ejemplo, de tubo metálico. Por otra parte, las antenas de recepción producen voltajes y corrientes muy pequeños y se pueden hacer con alambre de diámetro pequeño. Sin embargo, en muchos sistemas de radio comunicación, se usa la misma antena para transmitir y para recibir. (TOMASI, 2003).

1.5.1.33. Conjuntos de Antenas

Según expresa Tomasi Wayne (2003)

Un conjunto de antenas, o red de antenas, se forma cuando se combinan dos o más elementos de antena para formar una sola antena. Un elemento de antena es un radiador individual, como por ejemplo, un dipolo de media o de un cuarto de onda. Los elementos se colocan físicamente en forma tal que sus campos de radiación interactúan y producen una distribución total de radiación que es la suma vectorial de los campos individuales. El objetivo de una red de antenas es aumentar la directividad de un sistema de antena y concretar la potencia irradiada dentro de un área geográfica menor. (TOMASI, 2003).

Figura 1.13. Red de antenas



Fuente: TOMASI, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, 2003

1.5.1.34. Estándares LAN Inalámbricos

Ante la existencia de dispositivos WLAN de diferentes fabricantes, se hizo necesario las recomendaciones (contenidas en los estándares), para permitir a los productos de estas firmas, una operación adecuada entre sí y que, además, se cumpliera con un mínimo establecido de calidad y funcionalidades. (Enter@te, 2013).

Entérate (2013), hace hincapié en recomendaciones para que ciertos productos operen adecuadamente entre sí, cumpliendo un mínimo establecido de calidad y funcionalidad.

1.5.1.35. Estándar básico IEEE 802.11

El estándar 802.11 representa el estándar original de LAN inalámbricas, que difunde el IEEE. Este estándar especificaba las operaciones de la capa física DSSS (Expansión de espectro por secuencia directa), FHSS (Expansión de espectro por salto de frecuencia) e infrarrojos a 1 o 2 Mbps. Incluía un mecanismo de seguridad en forma privada WEP.

1.5.1.36. Topología de Redes inalámbricas

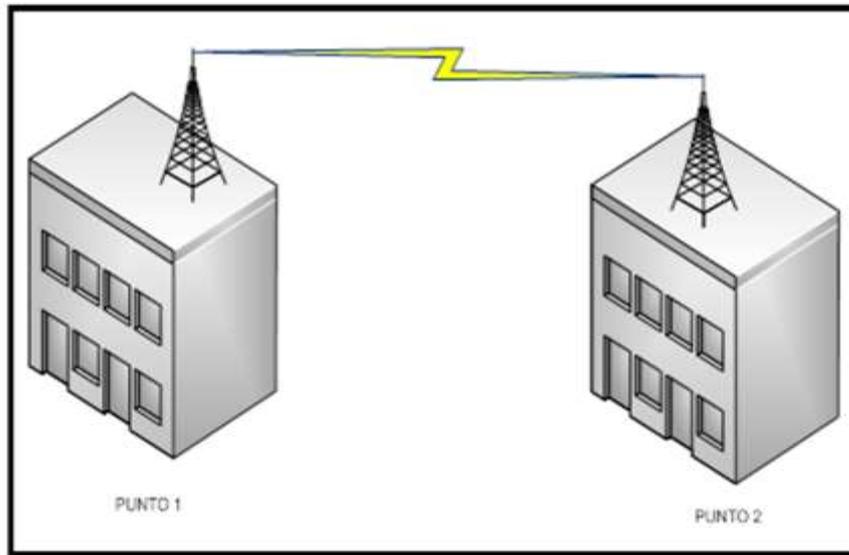
a) Punto a Punto

Al utilizar puentes inalámbricos punto a punto, dos LAN se puede localizar hasta 40 km (25 millas) de distancia.

Las antenas deben tener la línea de sitio entre sí, en el caso que los obstáculos tales como edificios, árboles y colinas causarán problemas de comunicación.

En esta configuración, los segmentos Ethernet en ambos edificios actúan como si fueran un solo segmento.

Figura 1.14. Topología Punto – Punto



Elaborado por: Autores

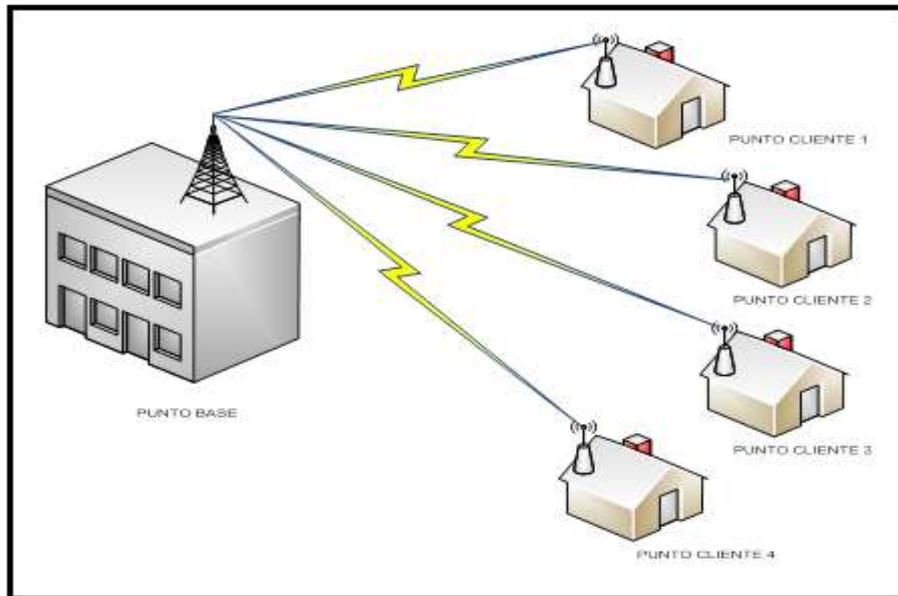
b) Punto a Multipunto

Topología en estrella, útil para enlazar múltiples edificios.

Una unidad opera como estación base central. Las otras unidades se configuran como estaciones satélites (CPE); para el puente multipunto, una antena omnidireccional se suele utilizar en el sitio principal. Las antenas direccionales se utilizan en los sitios remotos.

- Todas las LAN aparecen como un único segmento.
- El tráfico desde un sitio remoto a otro.
- Los sitios remotos no pueden comunicarse directamente entre sí.
- La línea de visión se debe mantener entre cada sitio remoto y el sitio principal.

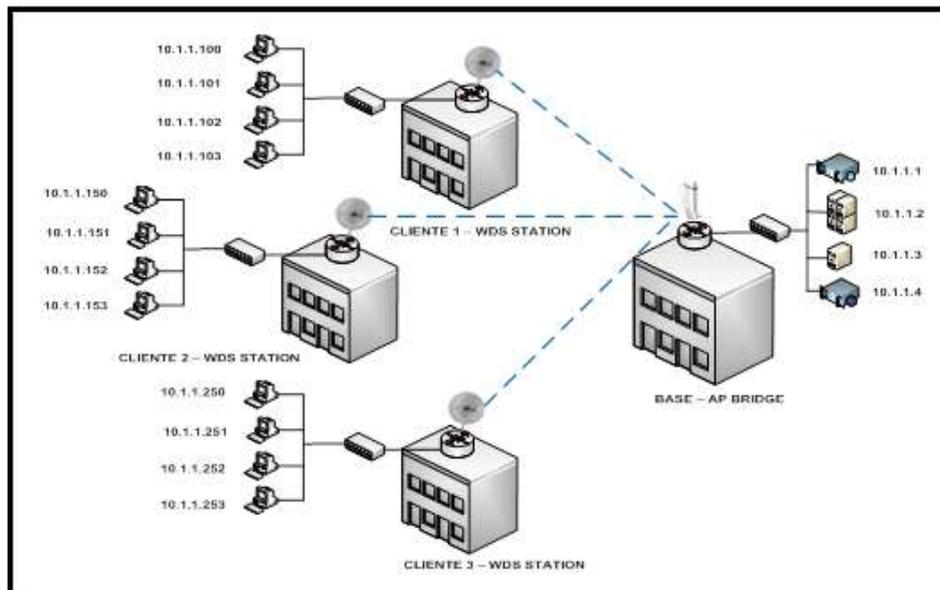
Figura 1.15. Topología Punto – Multipunto



Elaborado por: Autores

c) Modo Bridge

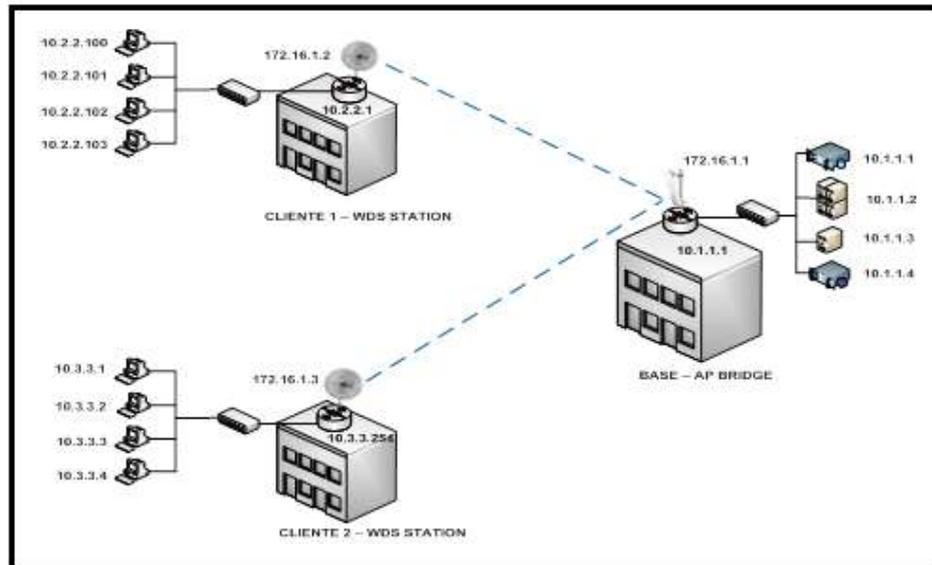
Figura 1.16. Topología modo bridge



Elaborado por: Autores

d) Modo Routing

Figura 1.17. Topología modo Routing



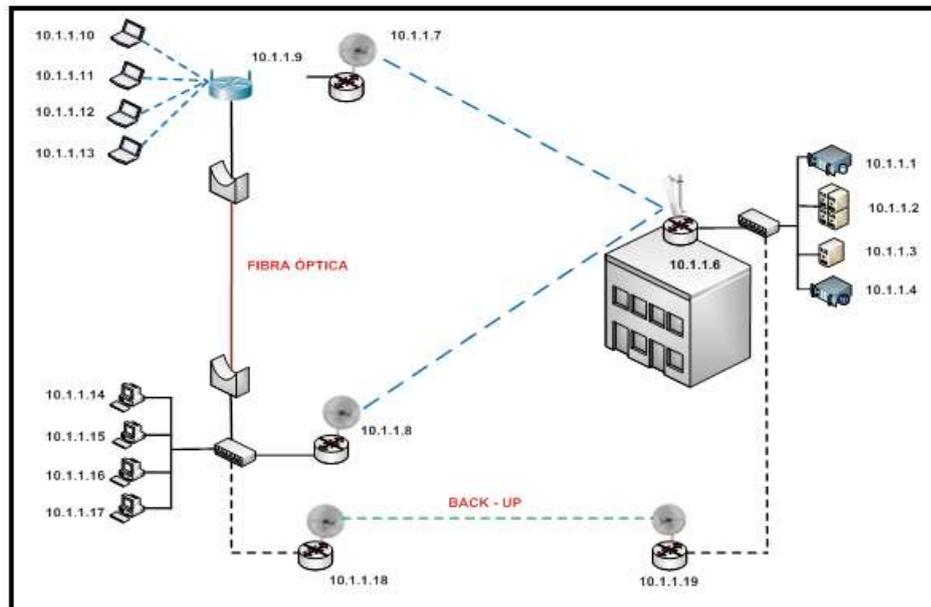
Elaborado por: Autores

e) WDS (Mesh).

Una red mesh es una red múltiplemente conexas, en la cual los nodos tienen más de una conexión con más de un nodo diferente. No necesariamente deben conectarse todos contra todos, este es un caso especial que se denomina *full-mesh*, mientras que el caso genérico suele denominarse *partial-mesh*, por oposición. (Scapriale, 2010).

Scapriale (2010), hace hincapié en una red múltiple conexas, en lo que indica que los nodos tienen más de una conexión con más de un nodo diferente, enfocando las observaciones dependiendo como se conectan los nodos, estos pueden ser *full-mesh* y *partial-mesh*.

Figura 1.18. Topología WDS (Mesh)



Elaborado por: Autores

f) Nstreme DUAL

Protocolo *N-Streme*

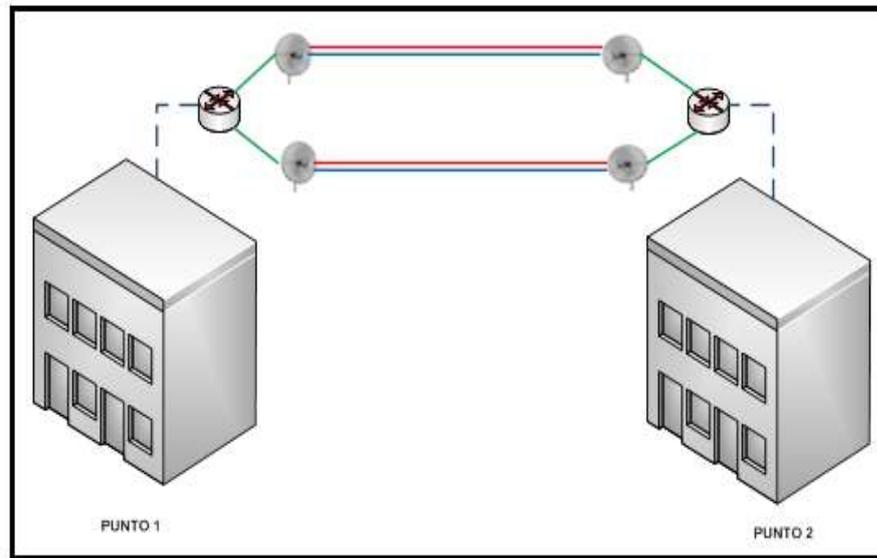
Protocolo inalámbrico propietario de Mikrotik (incompatible con otros fabricantes) creado para optimizar enlaces inalámbricos punto-punto y punto-multipunto.

Nstreme2 (Dual) trabaja con un par de tarjetas inalámbricas (tarjetas con chipset Atheros solamente). Una para transmitir y otra para recibir. (Interface Wireles, 2013).

Beneficios del protocolo:

- Muy bajo “*overhead*” por *frame*, altas velocidades
- No hay límite por distancia, por protocolo
- No hay degradación de velocidad debido a protocolo en enlaces largos
- Ajuste dinámico del protocolo, dependiendo del tipo de tráfico y el uso de los recursos.

Figura 1.19. Topología NStreme dual



Elaborado por: Autores

1.5.1.37. Modelo OSI

El modelo OSI (*Open Systems Interconnection*), Organización Internacional de Estándares. Es una prescripción de caracterizar y estandarizar las funciones de un sistema de comunicaciones en términos de abstracción de capas, son agrupadas en capas lógicas. Una capa sirve a la capa sobre ella y es servida por la capa debajo de ella. (MikroTik Xperts , 2012).

MikroTik Xperts (2012), hace hincapié en a las funciones de las capas (capas lógicas) en un sistema de comunicaciones, son dependientes uno de otro.

Este tipo de redes se diferencian de las convencionales principalmente en la capa física y en la capa de enlace de datos, según el modelo de referencia OSI¹⁹, La capa física PHY²⁰, indica como son enviados los bits de una estación a otra.

La capa de Enlace de Datos MAC²¹, responsables de cómo se empaquetan y verifican los bits de manera que no tengan errores, las otras capas se encargan de los

¹⁹ OSI, *Open Systems Interconnection*, Interconexión de Sistemas Abiertos.

²⁰ PHY, *Physical Signaling Layer*, Acceso al Medio Físico.

protocolos, de los puentes, encaminadores o puertas de enlace que se utilizan para conectarse.

Figura 1.20. Capa OSI



Elaborado por: Autores

a) Capa Física

Indica las especificaciones eléctricas y físicas de los dispositivos, la relación entre un dispositivo y un medio de transmisión, pueden ser un cable (especificaciones) de cobre o de fibra óptica, incluye voltajes, impedancia de las líneas, hubs, repetidores, adaptadores de red entre otros.

Establecimiento y terminación de una conexión a un medio de comunicación, los recursos de comunicación son compartidos entre múltiples usuarios.

²¹ MAC, *Media Access Control*, Control de Acceso a Medios

Figura 1.21. Capa OSI / Nivel Capa de Enlace



Elaborado por: Autores

b) Capa de enlace de datos

Provee los medios funcionales y de procedimiento para transferir información entre entidades de red, detecta y en el caso de corregir errores inmersos en la capa física.

Funciones:

- Framing
- Direccionamiento físico
- Control de flujo
- Control de errores
- Control de acceso
- Media Access Control (MAC)

Figura 1.22. Capa OSI / Nivel Capa Física y 802.11.



Elaborado por: Autores

La capa MAC es la encargada de asociar un cliente inalámbrico con un punto de acceso (AP). Cuando un cliente entra en la cobertura de uno o más puntos de acceso, se elige uno de ellos al cual se vincula, basándose en criterios sobre la potencia de la señal recibida, una vez vinculado un punto de acceso, el cliente sintoniza un canal de radio en el que el punto de acceso está configurado.

c) Capa de Red

En dicha capa provee los medios funcionales y de procedimiento, transfiere secuencias de datos de diferente longitud de un host origen en una red a un host destino en una red diferente.

d) Capa de Transporte

Entrega una transferencia de datos transparente para el usuario final, provee un servicio de transferencia de datos confiable para las capas superiores. Controla la confianza de un enlace dado a través del control de flujo, segmentación y control de errores. La capa de transporte puede mantener un seguimiento de los segmentos y retransmitir los que fallan. Provee una confirmación de que la transmisión de datos ha sido exitosa y envía los siguientes datos si no ocurrieron errores.

e) Capa de Sesión

Esta capa, controla los diálogos (conexiones) entre computadoras. Establece, administra y termina las conexiones entre las aplicaciones locales y remotas.

Ofrece operaciones; full-dúplex, half-dúplex y simplex, establece checkpoints, etc. El modelo OSI hace a esta capa responsable del cierre de sesiones correctas, que es una propiedad del protocolo de control de transmisión (TCP), y también del checkpoint de sesiones y recuperación, que no es usada habitualmente en el Internet Protocol Suite. La capa de sesión es implementada comúnmente en aplicaciones con ambientes que usan llamadas de procedimientos remotos.

f) Capa de Presentación

En dicha capa se establece contexto entre entidades de la capa de aplicación, en los cuales las entidades de capas de más arriba pueden usar sintaxis diferentes y semánticas si el servicio de presentación provee un mapeo entre ellas. Si el mapeo está disponible, las unidades de datos de servicios de presentación son encapsuladas en unidades de datos del protocolo de sesión, y pasado bajo la pila.

Provee independencia de representación de datos (cifrado), mediante la traducción ente los formatos de aplicación y red. La capa de presentación transforma los datos en la forma que la aplicación acepta. Esta capa da formato y cifra los datos que serán enviados a través de la red.

g) Capa de Aplicación

La capa de aplicación es la más cercana al usuario final, implica que la capa de aplicación del modelo OSI y el usuario interactúa directamente con la aplicación de software.

1.5.1.38. Protocolos de enrutamiento Estáticos Y Dinámicos

a) Protocolo Estático

El conocimiento de las rutas estáticas es gestionado manualmente por el administrador de red, que lo introduce en la configuración de un router. El administrador debe actualizar manualmente cada entrada de ruta estática siempre que un cambio en la topología de la red requiera una actualización.

- La red es pequeña
- Solo hay un punto de unión hacia el resto de la red.
- No hay rutas redundantes.

b) Protocolo Dinámico

El enrutamiento dinámico se utiliza cuando alguna de las condiciones del enrutamiento estático no se cumple. Una ruta dinámica es construida por información intercambiada por los protocolos de enrutamiento. Los protocolos son diseñados para distribuir información que dinámicamente ajustan las rutas reflejadas en las condiciones de la red.

Los protocolos de enrutamiento manejan complejas situaciones de enrutamiento más rápido de lo que un administrador del sistema podría hacerlo. Una red con múltiples caminos a un mismo destino puede utilizar enrutamiento dinámico.

Tabla 1.10. Enrutamiento Estático vs Enrutamiento Dinámico

ENRUTAMIENTO ESTÁTICO	ENRUTAMIENTO DINÁMICO
Genera carga administrativa y consume tiempo del administrador de red en redes grandes. El administrador debe configurar el enrutamiento en cada router de la red.	No genera mucha carga administrativa porque los routers aprenden a enrutarse de los demás routers de la red.
El router no comparte su tabla de enrutamiento con los routers vecinos.	El router comparte su tabla de enrutamiento con los routers vecinos.
Los routers no tienen capacidad de reacción ante un fallo en la red.	Los routers tienen capacidad de reacción ante un fallo en la red.

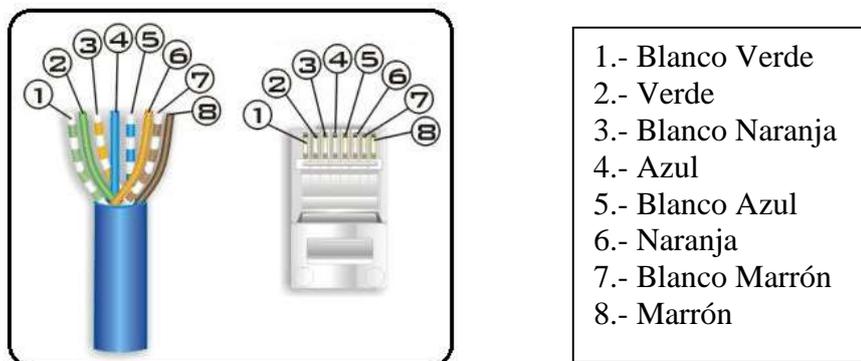
Elaborado por: Autores

1.5.1.39. Normas T568A/T568B

El cableado estructurado para redes de computadoras nombran dos tipos de normas o configuraciones a seguir, estas son: La T568A y la T568B. La diferencia entre ellas es el orden de los colores de los pares a seguir para el conector RJ45. (Reddat.galeon.com, 2013).

a) Norma T568/A

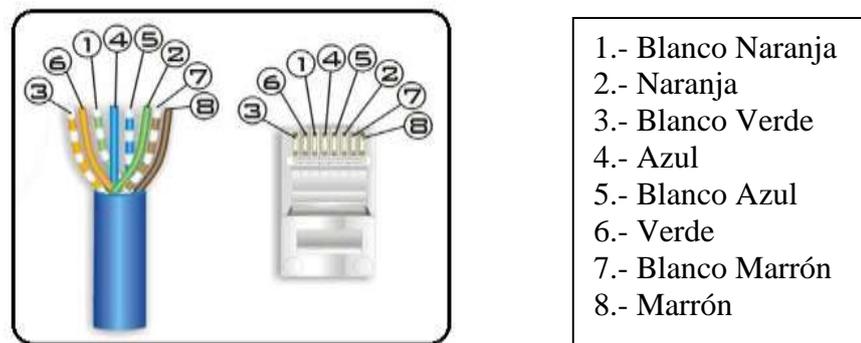
Figura 1.23. Norma T568/A



Fuente: Reddat²²

b) Norma T568/B

Figura 1.24. Norma T568/A



Fuente: Reddat²³

²² Internet, <http://reddat.galeon.com/PDF/NT568AT568B.PDF>

²³ Internet, <http://reddat.galeon.com/PDF/NT568AT568B.PDF>

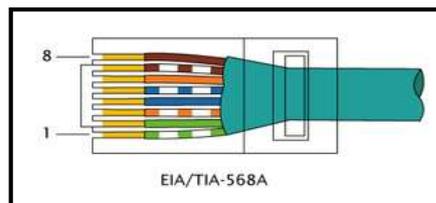
1.5.1.40. Tipos De Cable

a) Cable directo

El cable directo nos permite conectar dispositivos diferentes, ya sea un computador con un switch o con un hub. Ambos extremos del cable deben poseer la misma distribución de pines. No se presenta ninguna diferencia en lo que respecta a la conectividad entre la distribución 568A y 568B siempre y cuando en ambos extremos se use la misma distribución de pines.

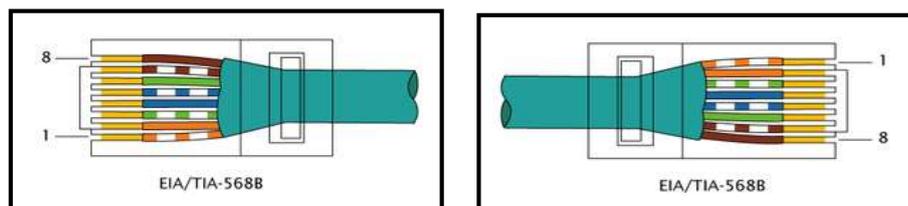
Cabe recalcar que el esquema que más se aplica en la práctica es la distribución 568B en ambos extremos del cable.

Figura 1.25. Cable directo EIA/TIA-568^a



Fuente: Reddat²⁴

Figura 1.26. Cable directo EIA/TIA-568B



Fuente: Reddat²⁵

b) Cable cruzado

El cable cruzado nos permite conectar 2 dispositivos similares, ya sean computadoras entre sí, hubs, switches o routers.

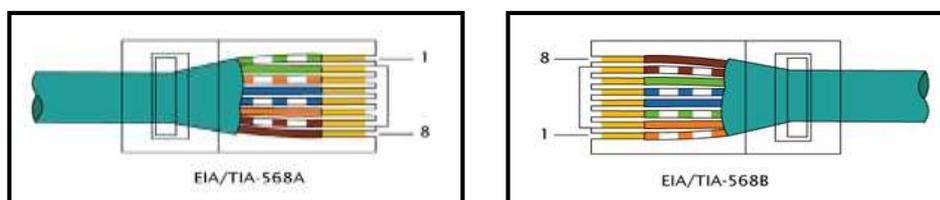
²⁴ Internet, <http://reddat.galeon.com/PDF/NT568AT568B.PDF>

²⁵ Internet, <http://reddat.galeon.com/PDF/NT568AT568B.PDF>

Un cable cruzado se caracteriza por poseer en los extremos distribuciones de pines diferentes.

Un cable cruzado permite que el un extremo del cable TX (transmisor) de un equipo esté conectado con el otro extremo del cable RX (receptor) del otro y así mismo inversamente.

Figura 1.27. Cable cruzado 568A/568B



Fuente: Reddat²⁶

1.5.1.41. Información transmitida a través de los pines de colores del cable trenzado

Tabla 1.11. Tabla Información transmitida a través de los pines de colores del cable trenzado

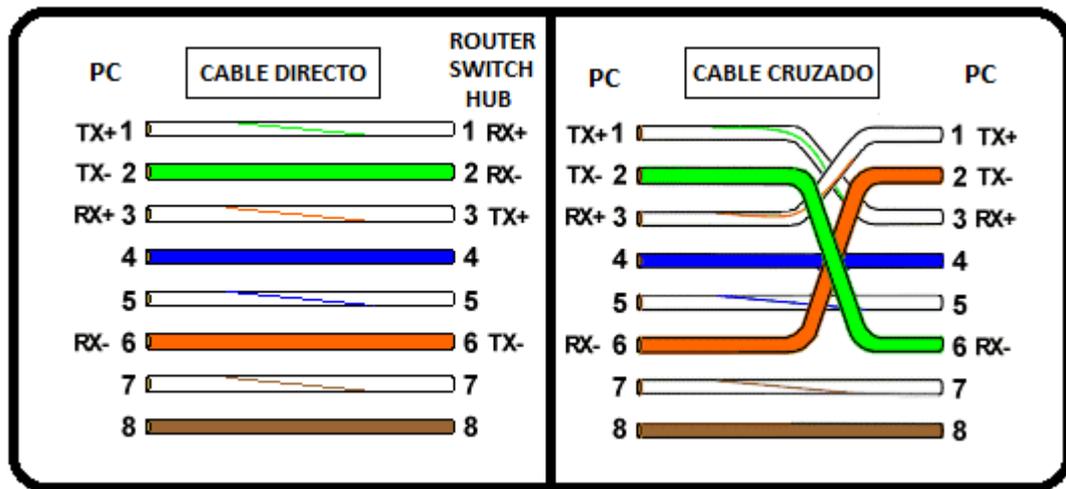
DISTRIBUCIÓN DE PINES	FUNCIÓN
Par #2 (blanco/naranja, naranja) y el Par #3 (blanco/verde, verde)	Transmisión de datos en 10/100 Base T
Par #2 (blanco/verde, verde) y el Par #3 (blanco/naranja, naranja)	Transmisión de datos en 10/100 Base T
Pines blanco/naranja y blanco/verde	Recepción de información
Pines azul y blanco/azul	Transmisión y recepción de información
Pines naranja y verde	Recepción de información
Pines blanco/marrón y marrón	Transmisión y recepción de información

Fuente: Slideshare

Elaborado por: Autores

²⁶ Internet, <http://reddat.galeon.com/PDF/NT568AT568B.PDF>

Figura 1.28. Información transmitida a través de los pines, cable directo & cruzado



Fuente: Tecnoloxiixa²⁷

1.5.1.42. Smart Antenas o Antenas Inteligentes

La Smart Antena o antena inteligente es una combinación de un arreglo de antenas también conocido como array de antenas con una unidad de procesamiento digital de señales (DSP) que se caracteriza por ser capaz de optimizar los diagramas de radiación (transmisión y recepción) de manera dinámica en respuesta a una señal de interés en el entorno.

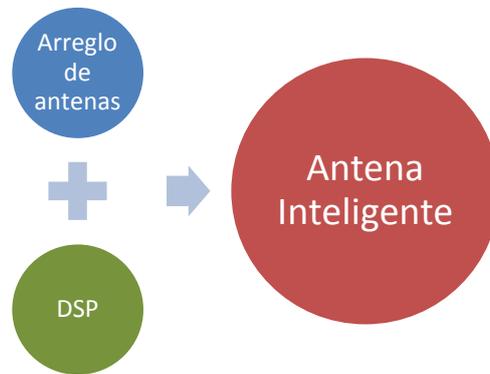
El modo de funcionamiento del sistema consiste en que cuando el usuario se desplace, la dirección del lóbulo se modifique para que se mueva con él.

La tecnología de este tipo de antenas ha alcanzado un gran interés a nivel mundial en los últimos años, debido a las ventajas y mejoras que proporcionan como son: aumento en la capacidad, mayor ancho de banda y el potencial para introducir nuevos servicios.

²⁷ Internet, http://tecnoloxiixa.blogspot.com/2009_11_01_archive.html

Sin embargo los costos de implementación resultan elevados debido al incremento en la complejidad de los transceptores (transmisor y receptor en uno solo) y la administración de los recursos en las radio bases.

Figura 1.29. Elementos fundamentales de una antena inteligente



Elaborado por: Autores

1.5.1.43. Antenas en WiMAX

Las antenas más utilizadas al momento de implementar tecnología WiMAX y en base a las características que ofrecen son:

- Antenas omnidireccionales
- Antenas sectoriales
- Antenas tipo panel

Figura 1.30. Antena omnidireccional, Antena Sectorial, Antena Panel



Elaborado por: Autores

Las antenas omnidireccionales se caracterizan por brindar un ángulo de cobertura de 360°, mientras que las sectoriales entre 60°, 90° y 120°, y por último las antenas tipo panel que son utilizadas en enlaces punto a punto y pueden llegar a brindar un ángulo de cobertura de 12°.

Figura 1.31. Cobertura antena omnidireccional, Antena Sectorial, Antena Panel



Elaborado por: Autores

1.5.1.44. Acceso en WiMAX

Según expresa Juan Esteban González (2013)

El protocolo 802.16, al igual que el *ETSI HIPERLAN*, considera tres modos de acceso: TDMA con portadora simple, TDMA con OFDM y OFDMA. Los primeros perfiles a certificar se encuentran en la banda de los 3,5 GHz, tanto para TDD como FDD y 3,5 o 7,0 MHz de ancho de banda, pero siempre con multiplexación OFDM con 256 portadoras.

El esquema de acceso utilizado por WiMAX es por tanto el TDMA (*Time Division Multiple Access*). En el protocolo 802.16e, usa únicamente el método de acceso OFDMA, con un número de portadoras variables en múltiplos desde 128 a 2048, los primeros perfiles en banda de los 2,4 GHz con TDD, usan

OFDMA con 512 o 1024 sub-portadoras. (Acceso en WiMAX - redeswimaxs jimdo page!, 2013).

1.5.1.45. Seguridad (AAA)

Según expresa Juan Esteban González (2013)

Los problemas a nivel de seguridad inalámbrica se abordan con el objetivo de que las transmisiones en el aire no estén propensas a sufrir algún ataque en cuanto al intercambio de datos (Capa OSI 2), como autenticación y autorización, la encriptación de datos a nivel de enlace, implementando técnicas de seguridad a múltiples niveles de red (capa OSI 3), los ataques son protegidos a nivel de firewalls o servidores de seguridad AAA.²⁸

Para los niveles de transporte y aplicación (Capas OSI 4 y 7), las técnicas de seguridad en una red WiMAX, van inmersos bajo la responsabilidad del propio operador de la red, de los proveedores de servicio y aplicación o a su vez en los usuarios finales de la red.

1.5.1.46. FDD y TDD

Las tecnologías asociadas a la red tradicional de voz dominada, son reemplazadas por nuevas tecnologías que se adaptan a las demandas de ancho de banda de los consumidores de hoy. Esquemas de acceso, tales como acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) y dúplex por división de frecuencia (FDD), fueron considerados como tecnologías innovadoras cuando se aplica primero a los requisitos de la red de voz tradicional.

Hoy, sin embargo, hay otras tecnologías en el mercado que permitan el rendimiento necesario para satisfacer las demandas de ancho de banda y la naturaleza dinámica de

²⁸ AAA: Authentication, Authorization and Accounting

la red actual que deben ofrecer servicios de voz, video, datos e Internet de manera eficiente. (TDD vs FDD - WLANMall, 2013).

a) FDD

Según expresa Juan Esteban González (2013)

La técnica FDD (*Frequency Division Duplex*), o transmisión bidireccional por división en frecuencia, se basa en la utilización de dos bandas diferentes de frecuencia para la transmisión, una para el envío y otra para la recepción. Esta técnica es la utilizada en telefonía móvil de segunda generación (GSM) y tercera generación, usan duplexores que son filtros separadores de frecuencia que se vería como una desventaja.

Por otro lado, esta técnica es la que mejor se adapta al tráfico de voz, requiere una implementación más costosa, por ende su utilización se enfoca entorno a patrones de tráfico predictivos, enfocado al coste del equipamiento que es más importante que la eficiencia espectral. (Acceso bidireccional - redeswimaxs jimdo page!, 2013).

b) TDD

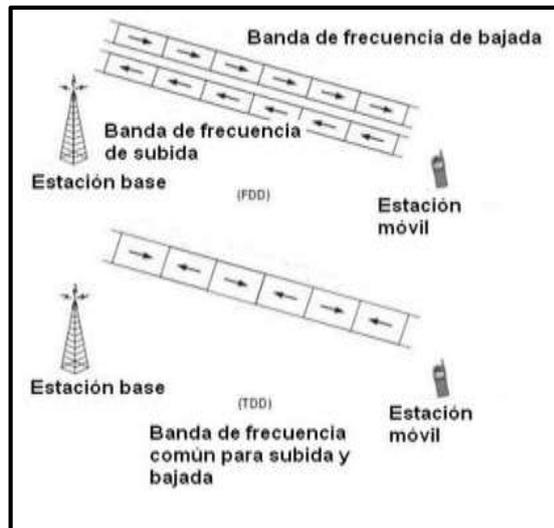
Según expresa Juan Esteban González (2013)

La técnica TDD (*Time División Duplex*), o transmisión bidireccional por división en tiempo, utiliza una única banda de frecuencia para envío y recepción de la información, compartiendo los periodos de transmisión. Esto provoca que los retardos de transmisión limiten el tamaño de las celdas, eficiente para tráfico asimétrico, adecuado para perfiles con descargas masivas de internet. (Acceso bidireccional - redeswimaxs jimdo page!, 2013).

El estándar WiMAX soporta ambas técnicas de transmisión. Las soluciones para bandas licenciadas recurren a las técnicas FDD, mientras que las

orientadas a bandas libres usan la técnica TDD. De todas maneras, dentro de las bandas existe cierta flexibilidad a la hora de usar cada tipo de tecnología.

Figura 1.32. Acceso bidireccional WiMAX



Fuente: Redes Wimax²⁹

Tabla 1.12. Métodos FDD y TDD

Métodos FDD y TDD		
Característica	FDD	TDD
Utilización del espectro	Incluye altos privilegios de banda.	Menos
Complejidad	Alto	Baja, pero necesita la sincronización exacta
Costo	Superior	Bajo
Estado latente	Poco o ninguno	Depende de la gama, los tiempos de conmutación de TX-RX
Alcance	Ilimitado	Depende de tiempo de guarda
UL / DL simetría	Por lo general, 50/50	Asimétrico como requeridos
La asignación de ancho de banda dinámico	Ninguno	Puede ser implementado
MIMO y beamforming	Más difícil	Más fácil

Elaborado por: Autores

²⁹Internet, <http://redeswimax.jimdo.com/wimax/acceso-al-medio/acceso-bidireccional/>

1.5.2. Marco conceptual

1.5.2.1. ATM

El Modo de Transferencia Asíncrona (*Asynchronous Transfer Mode*), desarrollado para que la tecnología de telecomunicación haga frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones.

1.5.2.2. DES

Estándar de cifrado de datos (*Data Encryption Standard*), algoritmo que sirve para cifrar datos, información, y cuyo uso se ha propagado ampliamente a nivel mundial.

1.5.2.3. Encriptación

Es el proceso para volver ilegible, la información considerada importante. La información una vez encriptado sólo puede leerse aplicándole una clave. (SECOMDATA® - Encriptación de voz para telefonía móvil, 2013).

1.5.2.4. Ethernet

Ethernet (también conocido como estándar IEEE 802.3) es un estándar de transmisión de datos para redes de área local, donde todos los equipos en una red Ethernet están conectados a través de un cable de red.

1.5.2.5. IEEE

IEEE³⁰, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, es una asociación internacional sin ánimo de lucro, entre profesionales y estudiantes de ingeniería, diseño, derecho, administración, Medicina, Biología y ciencias afines con una principal línea de trabajo basada en promover la innovación y la excelencia tecnológica en beneficio de la humanidad. (IEEE - EcuRed, 2013).

³⁰ IEEE: Insitute of Electrical and Electronics Engineers

1.5.2.6. Interoperabilidad

Es la habilidad de dos o más sistemas o componentes de diferentes fabricantes de poder intercambiar información y utilizarla.

1.5.2.7. Mbps

Un megabit por segundo (Mbps o también Mbit/s) es una unidad que se usa para cuantificar la velocidad de transmisión de información equivalente a 1000 kilobits por segundo o 1000000 bits por segundo. (Taringa! - [Info] , 2013).

1.5.2.8. LOS

Las siglas LOS significan Line of Sight, es decir línea de vista, lo cual se refiere al trayecto de visibilidad existente en un enlace entre los transmisores y los receptores, es decir ambos deben estar alineados de tal manera que se “vean” el uno al otro.

1.5.2.9. NLOS

Las siglas NLOS significan Non Line of Sight, es decir sin línea de visión, hacen referencia a un trayecto parcialmente obstruido entre la ubicación del transmisor y el receptor. Los obstáculos pueden incluir árboles, edificios, montañas, así como también otras estructuras u objetos.

1.5.2.10. Protocolo

Es un método estándar que permite la comunicación entre procesos (que potencialmente se ejecutan en diferentes equipos), es decir, es un conjunto de reglas y procedimientos que deben respetarse para el envío y la recepción de datos a través de una red. (Protocolos, 2013).

1.5.2.11. RSA

Según Jorge Iván Martínez (2013)

RSA (*Rivest, Shamir y Adleman*) es un sistema criptográfico de clave pública. Es el primer y más utilizado algoritmo de este tipo y es válido tanto para cifrar como para firmar digitalmente. La seguridad de este algoritmo radica en el problema de la factorización de números enteros. Los mensajes enviados se representan mediante números, y el funcionamiento se basa en el producto, conocido, de dos números primos grandes elegidos al azar y mantenidos en secreto. (Cifrado y descifrado asimétrico con RSA utilizando C#/Mono | Jorge Iván Meza Martínez, 2013).

1.5.2.12. Última milla

Se denomina última milla al enlace existente entre un nodo de distribución de la red y el usuario final.

1.5.2.13. Interferencia

Según CONATEL (2012)

Una interferencia es un efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada. (CONATEL, 2012).

CONATEL (2012), hace hincapié en la degradación de la calidad, pérdida de información que se podría obtener en ausencia de la energía no deseada.

1.5.2.14. TDMA - Acceso múltiple por división de tiempo

Según expresa Alegsa (2013)

TDMA (Time Division Multiple Access) es una tecnología inalámbrica de segunda generación, que distribuye las unidades de información en ranuras alternas de tiempo, dando acceso múltiple a un número reducido de frecuencias. A cada usuario que realiza una llamada se le asigna una ranura de tiempo específica para permitir la transmisión. Esto permite que múltiples usuarios utilicen un mismo canal de frecuencia al mismo tiempo sin interferirse entre sí. (Definición de TDMA , 2013).

1.5.2.15. CDMA - Acceso por división de código

Según UMTS Forum (2013)

CDMA (Code División Multiple Access) es una tecnología genérica que puede describirse como un sistema de comunicaciones por radio celular digital que permite que un elevado número de comunicaciones de voz o datos simultáneas compartan el mismo medio de comunicación, es decir, utilizan simultáneamente un pool común de canales de radio, de forma que cada usuario puede tener acceso a cualquier canal.

En CDMA, cada comunicación se codifica digitalmente utilizando una clave de encriptación que solamente conocen los terminales involucrados en el proceso de comunicación y únicamente durante la duración de la comunicación. (UMTS Forum - Tu portal sobre UMTS en español - Artículos sobre UMTS, 2013).

1.5.2.16. VoIP

Según expresa Servicom Ecuador (2013)

VoIP o también llamado Voz sobre IP, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Protocolo de Internet).

Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes de datos, en lugar de enviarla en forma analógica a través de circuitos utilizables sólo por telefonía convencional como las redes PSTN (sigla de *Public Switched Telephone Network*, Red Telefónica Pública Conmutada). (Centrales IP, Voz sobre Protocolo de Internet, VOIP Elastiks, Asterisk, 2013).

1.5.2.17. WAN

WAN acrónimo de *Wide Area Network* es una red de área amplia, capaz de cubrir grandes distancias geográficas, ya sea países, continentes o incluso el mundo.

1.5.2.18. WI-FI

Según el sitio web “definicion.de” (2013)

Wi-Fi, es una tecnología inalámbrica y al mismo tiempo es una marca comercial de Wi-Fi Alliance (una organización que adopta y certifica los equipos que cumplen con los estándares 802.11 de las redes inalámbricas de área local).

El objetivo tras la marca Wi-Fi es fomentar las conexiones inalámbricas y facilitar la compatibilidad de los distintos equipos. Todos los productos con conectividad Wi-Fi tienen certificada su interoperabilidad. (Definición de WiFi - Qué es, Significado y Concepto, 2013)

1.6. Formulación de la hipótesis y variables

1.6.1. Hipótesis general

La utilización de un servicio de interconexión inalámbrico que permita a bajo costo proporcionar un servicio de internet confiable y rápido, permitiría mejorar el servicio de internet que utilizan los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

1.6.2. Hipótesis particulares

Análisis y estudio de cobertura, problema de interferencias, uso de frecuencias, y otras características que presenta WiMAX frente al servicio de internet que se oferta en la actualidad con otras tecnologías.

Docentes, estudiantes y personal administrativo han manifestado su inconformidad con el servicio de internet ofertado en la institución, enfocándose a problemas de conectividad y velocidad de la red inalámbrica y local.

Las personas que se sienten afectadas por el servicio de internet ofertado en la actualidad dependen de hechos, y la solución que ofertamos para optimizar el mismo consistiría en la implementación de la tecnología WiMAX.

Por efecto la razón de no encontrar una solución a corto plazo a los inconvenientes suscitados se enfocan principalmente al ámbito económico debido a la cantidad de usuarios por atender.

1.6.3. Matriz Causa – Efecto

Tabla 1.13. Matriz Causa – Efecto

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
<p>¿Cuál sería la alternativa para mejorar el servicio de internet móvil que utilizan los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana?</p>	<p>Identificar las mejores opciones que se puedan presentar para mejorar el servicio de la velocidad de acceso a la página virtual de la U.P.S.</p>	<p>La utilización de un servicio de interconexión inalámbrico que permita a bajo costo proporcionar un servicio de internet confiable y rápido, permitiría mejorar el servicio de internet que utilizan los docentes de la U.P.S sede Guayaquil.</p>
<p>SUB-PROBLEMAS</p> <p>¿Cuáles son los inconvenientes que se presenta a nivel de la docencia en el uso del Sistema Virtual?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Solucionar los inconvenientes que se presenta a nivel de la docencia en el uso del Sistema Virtual</p>	<p>HIPÓTESIS PARTICULARES</p> <p>Todos los docentes requieren un mejor servicio a lo que éste presenta, un bajo nivel de rendimiento por medio en lo que optimizar la mejora de los resultados enfocados a la aplicación del servicio WiMAX.</p>

<p>¿El servicio de internet que se ofrece a los docentes es el mejor para realizar sus tareas diarias?</p>	<p>Ofrecer a los docentes el mejoramiento de servicio de Internet para optimizar las tareas diarias a realizar</p>	<p>Tanto los docentes como estudiantes y personal administrativa han dado de que hablar con el servicio ofrecido de internet enfocándonos al servicio Wireless de pésima conexión y utilización como herramienta de trabajo.</p>
<p>¿Por qué las autoridades o responsables de manejar el sistema no pueden aplicar nuevas alternativas por mejora del servicio de internet?</p>	<p>Realizar los estudios necesarios por parte de las autoridades o responsables de manejar el sistema, para mejorar el uso del servicio de internet</p>	<p>Las personas que se sienten afectados por el servicio ofrecido en estos momentos dependen de hechos y la solución que ofertamos para mejora del mismo sería aplicando la conexión WIMAX Por efecto el hecho de que no apliquen alguna solución directa enfoca a la situación económica por cantidad de usuarios</p>

<p>¿Podría el nuevo sistema WIMAX solucionar el inconveniente de la velocidad de transmisión de datos?</p>	<p>Solucionar el inconveniente de conectividad de transmisión de datos implementado conexión WIMAX</p>	<p>Varios análisis y estudios de la cobertura, interferencia, frecuencia, potencia, etc. Que ofrece Wimax frente al servicio que se presenta en la actualidad</p>
--	--	---

Elaborado por: Autores

1.6.4. Variables

1.6.4.1. Variables independientes

Nuevo servicio de interconexión.

1.6.4.2. Variables dependientes

Mejora del servicio, confiabilidad, rapidez, bajo costo.

1.7. Aspectos metodológicos de la investigación

1.7.1. Tipo de estudio

Los tipos de investigación que aplicaremos en nuestro proyecto serán los siguientes:

1.7.1.1. Investigación de campo

Definimos nuestra investigación como de campo debido a que nos basaremos en la observación de los acontecimientos y en las respuestas dadas a las encuestas por

parte de los docentes que laboran en la Universidad Politécnica Salesiana ya que los mismos deben estar constantemente relacionados con el servicio del internet para poder cumplir a cabalidad sus actividades con el alumnado.

1.7.1.2. Investigación exploratoria

Definimos nuestra investigación como exploratoria ya que para poder dar solución a los problemas planteados deberemos realizar investigaciones en base a la tecnología que vamos a implementar y por ende a la que aspiramos migrar.

1.7.1.3. Investigación descriptiva

Definimos nuestra investigación como descriptiva debido a que nos permite reconocer todos inconvenientes que se presentan en los docentes a diario; al momento de acceder al internet desde sus hogares u otros lugares.

1.7.1.4. Investigación explicativa

Definimos nuestra investigación como explicativa debido a que se encargará de determinarlas causas por las cuales se han presentado el sinnúmero de inconvenientes en lo que respecta a los docentes con el acceso a internet, inconvenientes que deberán recibir una solución inmediata para así poder incentivar al docente a brindar un mejor desempeño en su campo de trabajo.

1.7.1.5. Investigación no experimental

Definimos nuestra investigación como no experimental debido a que el objeto de estudio será en base a la realidad día a día por parte de los docentes en relación al servicio de internet sin modificación alguna.

1.7.2. Método de investigación

Para poder proceder con la realización de nuestro proyecto nos basaremos en métodos de investigación como lo son:

- Método de análisis
- Método experimental
- Método de síntesis

De igual manera utilizaremos otras técnicas de investigación que nos permitirán obtener la información necesaria, como lo son las encuestas a los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, métodos que son empíricos y estadísticos.

1.7.2.1. Método de Análisis

En este proceso de conocimiento iniciaremos por la identificación de cada una de las partes que caracterizan una realidad. De esta manera podremos establecer la relación causa – efecto entre los elementos que componen el objeto de investigación que en este caso es el docente en relación al servicio de internet.

1.7.2.2. Método Experimental

Utilizaremos el método experimental mediante pruebas para de esta manera poder demostrar las mejoras que brindará la implementación de esta nueva tecnología “WiMAX” en base a las hipótesis establecidas antes y después de la implementación de este proyecto.

1.7.2.3. Método de Síntesis

Utilizaremos este proceso de conocimiento ya que procederemos de lo simple a lo complejo, de la causa a los efectos, de la parte al todo, de los principios a las

consecuencias para de esta manera poder brindar las soluciones en base a la relación que posee el docente con el acceso a internet.

1.7.3. Fuentes y técnicas para la recolección de información

Para poder obtener los resultados de nuestra investigación , utilizaremos como método empírico las encuestas, las mismas que serán dirigidas a todos los docentes de la universidad politécnica salesiana , en donde buscamos conocer la realidad de los mismos en relación a su acceso al internet , como lo es la velocidad de transmisión de datos, la cobertura del servicio , porcentajes de disponibilidad del servicio , porcentaje de pérdidas de conectividad, disponibilidad del servicio del internet en las horas pico , ubicación de sus domicilios .

Con esta información buscamos analizar la viabilidad de nuestro proyecto, y sobre todo conocer la realidad de los docentes, para de esta manera poder encontrar las soluciones a los problemas que presentan los mismos en lo que respecta con la conectividad al internet debido a que en la actualidad ciertos proveedores de internet no ofrecen un óptimo servicio acorde a los costos que estos infringen.

Luego de concluir la recopilación de los datos mediante las entrevistas procederemos a la recopilación de las bases teóricas y los antecedentes para nuestra investigación.

1.7.4. Población y Muestra

1.7.4.1. Población

Desde el punto de vista estadístico, una población de estudio es el conjunto de elementos que poseen uno varios atributos comunes a los cuales se busca indagar y conocer, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación.

La población seleccionada para esta investigación ha sido el personal docente que labora en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, los cuales permitirán recolectar la información deseada.

1.7.4.2. Muestra

“La muestra estadística es una parte de la población, o sea, un número de individuos u objetos seleccionados científicamente, cada uno de los cuales es un elemento del universo. La muestra es obtenida con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, las propiedades de una población”. (Balestrini, 1997)

Debido a que necesitamos conocer la factibilidad y alcances de nuestro proyecto será necesario tomar como muestra a la mayor parte de docentes de tiempo completo.

1.7.4.3. Ecuación utilizada para el cálculo de tamaño de muestra

La fórmula utilizada para calcular del tamaño de la muestra para datos globales es la siguiente:

$$n = \frac{k^2 N p q}{e^2 (N - 1) + K^2 p q}$$

Donde:

N: es el tamaño de la población (número total de posibles encuestados).

K: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos.

Los valores k más utilizados y sus niveles de confianza son:

Tabla 1.14. Niveles de confianza

Valor de K	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2,24	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	97,5%	99%

Elaborado por: Autores

e: es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella.

p: es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

n: es el tamaño de la muestra a obtener. (Calcular la muestra correcta - Feedback Networks - Navarra - España, 2013).

Datos obtenidos a través de encuestas a docentes:

$$N = 240$$

$$K = 1.65$$

$$e = 5\%$$

$$P = 0.5$$

$$q = 0.5$$

$$n = \frac{(1.65)^2 * 240 * 0.5 * 0.5}{(0.05)^2(240 - 1) + (1.65)^2 * 0.5 * 0.5} = 163.35/1.278$$

$$n = 127.82$$

1.7.5. Tratamiento de la información

Una vez recopilada la información procederemos a analizar la misma, ordenar los datos y conocer estadísticamente los porcentajes acorde a las preguntas realizadas en las encuestas realizadas a los docentes.

A partir de la información obtenida conoceremos la realidad de los docentes en lo que respecta a su relación con el servicio del internet, así como la viabilidad de implementación del proyecto.

1.8. Resultados e impactos esperados

Por medio de la investigación realizada en base a la tecnología WiMAX, esperamos obtener en el proyecto, solucionar el problema de conectividad a internet, en lo que respecta a la velocidad de transmisión de datos que poseían los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana para poder acceder al ambiente virtual y otros sitios de internet.

De esta manera estamos seguros que mejorará el desempeño y la relación entre el docente y el alumno , ya que al docente contará con esta tecnología “WiMAX” podrá subir y descargar archivos de grandes tamaños del AVAC con mayor rapidez , así mismo se motivará a buscar información en la red y poder compartirla con los alumnos, a la vez que podrá estar en contacto con los mismos y poder resolver sus dudas, a través del correo institucional u otro medio que le permita relacionarse vía internet con su alumnado.

CAPÍTULO 2

2. ANÁLISIS, PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DIAGNÓSTICO.

2.1. Análisis sujeto de estudio

2.1.1. Identificación y análisis de la situación actual.

Identificar los inconvenientes que se han presentado en la actualidad en base al servicio de internet.

- Interrupciones en los servicios de mensajería instantánea como Skype y otros.
- Problemas relacionados con la descarga de archivos debido a los constantes cortes en el servicio del internet, lo que provoca interrupciones en la descarga de archivos.
- Restricción a determinados sitios de internet.
- Inconvenientes relacionados con la conectividad al momento de subir archivos al AVAC.
- Entre otros.

2.1.2.1. Técnicas e instrumentos de evaluación

A continuación presentaremos algunas técnicas e instrumentos que nos permitirán analizar la factibilidad de nuestro proyecto.

a) La Encuesta

Las encuestas serán dirigidas a los docentes de tiempo completo y medio tiempo de la Universidad Politécnica Salesiana con el objetivo de conocer su percepción, ubicación geográfica y situación de conformidad con el servicio de internet ofertado en la actualidad, tanto a nivel institucional, como residencial.

b) Entrevista

La entrevista será dirigida al Ingeniero Javier Ortiz, Director técnico de tecnologías de la Información de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, con el objetivo de conocer la situación actual del servicio de internet a nivel institucional, proveedores actuales y otra información útil para la elaboración de las encuestas a los docentes.

c) Observación

Mediante la observación analizaremos cada uno de los problemas suscitados en la actualidad en relación a la calidad del servicio de internet ofertado dentro de la institución.

2.1.2. Análisis estadístico de las encuestas a docentes

2.2. Propuesta de creación

Estudio de la tecnología WiMAX como alternativa para mejorar la velocidad de acceso a internet de los docentes al Ambiente Virtual de Aprendizaje Cooperativo de la Universidad Politécnica Salesiana, propuesta que se dividirá en las siguientes etapas:

2.2.1. Obtención de datos estadísticos y viabilidad del proyecto

Datos de los docentes: ubicación, servicio de internet con el que cuentan, disponibilidad del servicio, calidad del servicio

2.2.2. Resultado de las Encuestas:

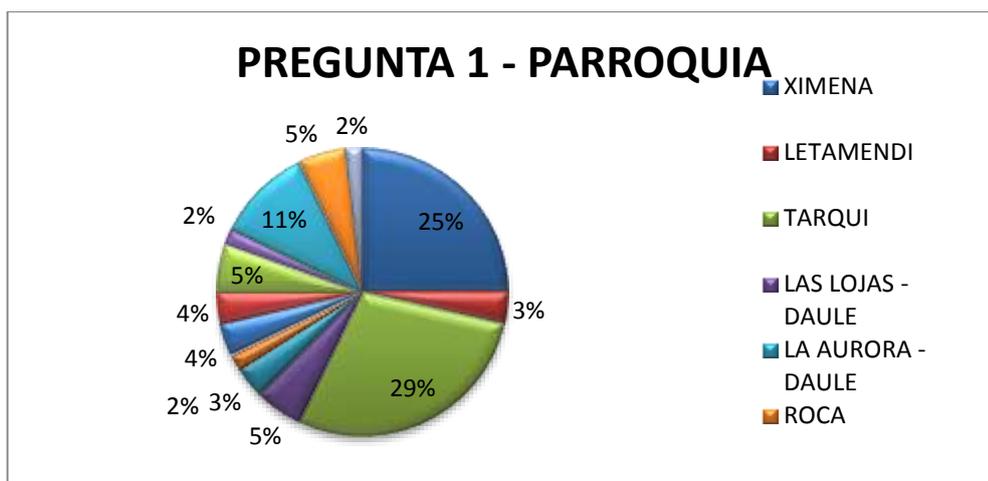
2.2.2.1. ¿En qué parroquia dentro / fuera de la ciudad, se encuentra localizado su domicilio con respecto a la UPS?

Tabla 2.1. Resultado de la encuesta en la pregunta 1

INDICADORES	PARÁMETROS	CANTIDAD	PORCENTAJE
En qué parroquia dentro/fuera de la ciudad, se encuentra localizado su domicilio con respecto a la UPS?	Ximena	14	25%
	Letamendi	2	3%
	Tarqui	16	29%
	Las Lojas – Daule	3	5%
	La Aurora – Daule	2	3%
	Roca	1	2%
	García Moreno	2	4%
	Ayacucho	2	4%
	Samborondón	3	5%
	Pascuales	1	2%
	Febres Cordero	6	11%
	Durán	3	5%
	Vía a Salitre	1	2%
TOTAL		56	100%

Elaborado por: Autores

Figura 2.1. Gráfico de la pregunta 1



Elaborado por: Autores

En el gráfico, se indica la ubicación domiciliaria de los docentes con respecto a la parroquia que pertenecen, siendo el orden expuesto:

- Ximena, con un 25% de los docentes habitando dicha parroquia
- Letamendi, que les corresponde el 3%
- Tarqui, que le corresponde el 29%
- Las Lojas – Daule, que le corresponde el 5%
- La Aurora – Daule, que le corresponde el 3%
- Roca, que le corresponde el 2%
- García Moreno, que le corresponde el 4%
- Ayacucho, que le corresponde el 4%
- Samborondón, que le corresponde el 5%
- Pascuales, que le corresponde el 2%
- Febres Cordero, que le corresponde el 11%
- Durán, que le corresponde el 5%
- Vía a Salitre, que le corresponde el 2%.

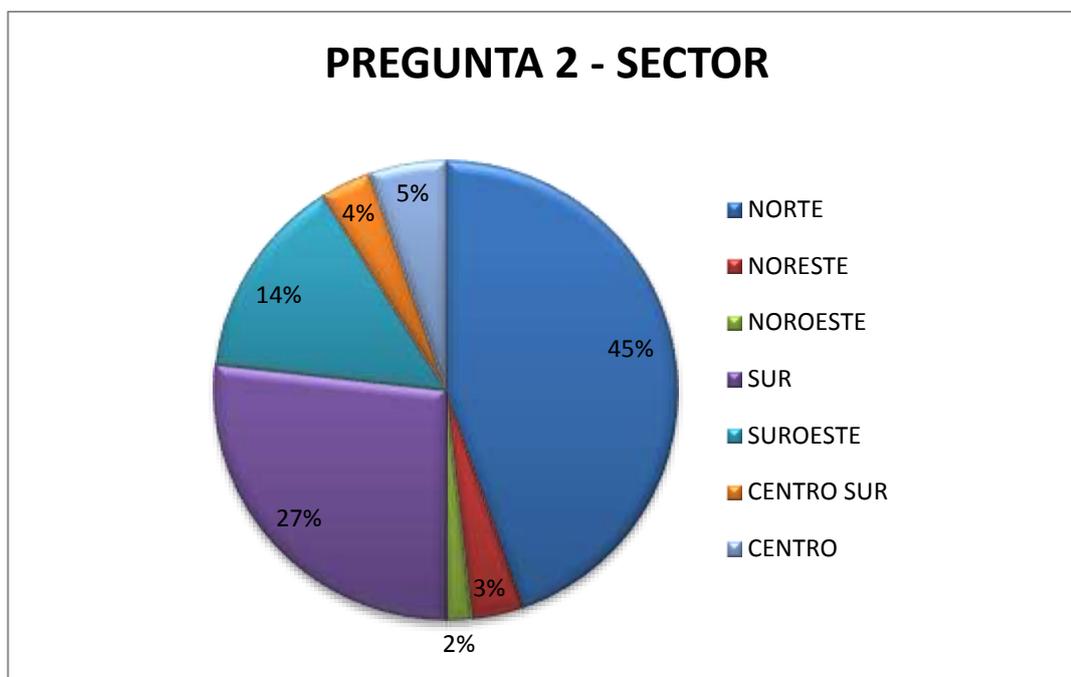
2.2.2.2. ¿En qué sector de la ciudad, se encuentra localizado su domicilio con respecto a la UPS?

Tabla 2.2. Resultado de la encuesta en la pregunta 2

INDICADORES	PARÁMETROS	CANTIDAD	PORCENTAJE
En qué sector de la ciudad se encuentra localizado su domicilio con respecto a la UPS?	Norte	25	45%
	Noreste	2	3%
	Noroeste	1	2%
	Sur	15	27%
	Sureste	8	14%
	Centro Sur	2	4%
	Centro	3	5%
TOTAL		56	100%

Elaborado por: Autores

Figura 2.2. Gráfico de la pregunta 2



Elaborado por: Autores

En el gráfico se indica la ubicación por sector de los docentes, denotando el mayor porcentaje de los mismos en el Norte con un 45%

Al Noreste con el 3%, Noroeste el 2%, dirigiéndonos al centro con el 5%, Centro Sur con el 4%, hasta llegar al Sur con un 27% donde se encuentran también en su mayoría, hasta llegar al Suroeste con el 14%.

Lo cual nos permite analizar detenidamente cuales serían las coordenadas de ubicación, para unir a la red principal desde el edificio de la UPS, hacia los diferentes puntos domiciliarios correspondientes.

2.2.2.3. ¿Se siente conforme con la rapidez, disponibilidad y eficiencia del Internet de Claro proporcionado a los docentes de la UPS, para su navegación diaria laboral?

Tabla 2.3. Resultado de la encuesta en la pregunta 3

INDICADORES	PARÁMETROS	CANTIDAD	PORCENTAJE
Se siente conforme con la rapidez, disponibilidad y eficiencia del internet de Claro proporcionado a los docentes de la UPS para su navegación diaria laboral?	SI	25	45%
	NO	31	55%
TOTAL		56	100%

Elaborado por: Autores

Figura 2.3. Gráfico de la pregunta 3



Elaborado por: Autores

El gráfico indica, la encuesta correspondiente a los docentes de la UPS relacionada con su conformidad en relación a la la rapidez, disponibilidad y eficiencia del servicio de internet (Claro); mostrando un 45% de conformidad y un 55% de inconformidad con el servicio proporcionado.

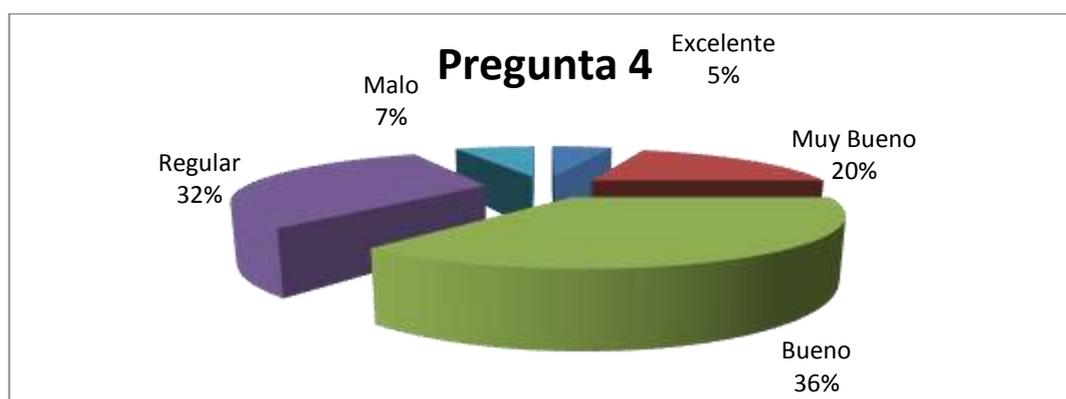
2.2.2.4. Valore del 1 al 5, la calidad del servicio de internet brindado por el proveedor.

Tabla 2.4. Resultado de la encuesta en la pregunta 4

INDICADORES	PARÁMETROS	CANTIDAD	PORCENTAJE
Valore del 1 al 5, la calidad del servicio de internet brindado por el proveedor.	5.- Excelente	3	5%
	4.- Muy bueno	11	20%
	3.- Bueno	20	36%
	2.- Regular	18	32%
	1.- Malo	4	7%
TOTAL		56	100%

Elaborado por: Autores

Figura 2.4. Gráfico de la pregunta 4



Elaborado por: Autores

En el gráfico se indica el valor correspondiente a la calidad de servicio de Internet brindado por el proveedor. El cual tuvo un grado de aceptación de Bueno con un 36 %, Regular con 32% de aceptación, 20% de aceptación como Muy Bueno, sin embargo el 5% de los docentes admite que el servicio de internet es Excelente, mientras que un 7% muestra su inconformidad total con el servicio de internet ofertado por el proveedor.

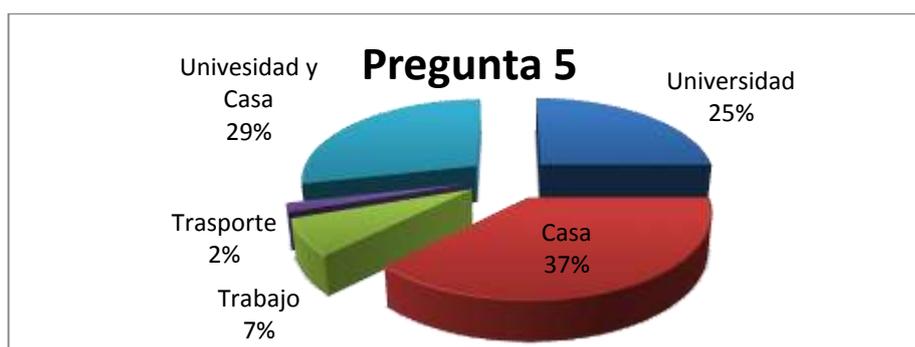
2.2.2.5. ¿Dónde permanece mayormente conectado, seleccione las siguientes opciones?

Tabla 2.5. Resultado de la encuesta en la pregunta 5

INDICADORES	PARÁMETROS	CANTIDAD	PORCENTAJE
Dónde permanece mayormente conectado, seleccione las siguientes opciones?	Universidad	14	25%
	Casa	21	37%
	Trabajo	4	7%
	Transporte	1	2%
	Universidad y Casa	16	29%
TOTAL		56	100%

Elaborado por: Autores

Figura 2.5. Gráfico de la pregunta 5



Elaborado por: Autores

En el gráfico se busca conocer el lugar donde el docente permanece conectado con mayor frecuencia obteniendo como resultado de que el 37% lo hace desde su casa, posteriormente con un 25% que corresponde a la conexión en la Universidad, continuando con el 7% de aquellos docentes que se encuentran en algún trabajo en particular, con un 2% aquellos docentes que por alguna razón necesitan conectarse y se encuentran en sus vehículos. Es importante señalar que existe un porcentaje que comparten los docentes, en un equivalente del 29% ya que permanecen conectados en la Universidad y en sus casas.

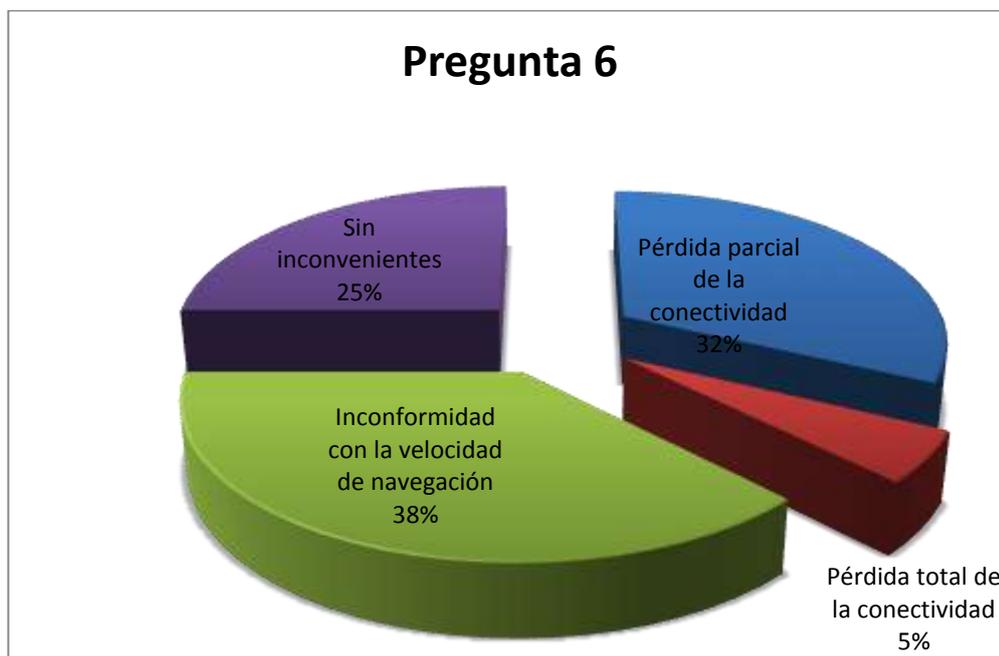
2.2.2.6. ¿Qué impacto ha recibido usted con respecto al servicio de internet?

Tabla 2.6. Resultado de la encuesta en la pregunta 6

INDICADORES	PARÁMETROS	CANTIDAD	PORCENTAJE
Qué impacto ha recibido usted con respecto al servicio de internet?	Pérdida parcial de la conectividad	18	32%
	Pérdida total de la conectividad	3	5%
	Inconformidad con la velocidad de navegación	21	38%
	Sin inconvenientes	14	25%
TOTAL		56	100%

Elaborado por: Autores

Figura 2.6. Gráfico de la pregunta 6



Elaborado por: Autores

En el gráfico se presenta el impacto recibido por los docentes en relación al servicio de internet, obteniendo:

Inconformidad con la velocidad de navegación con el 38%, Pérdida parcial de la conectividad con el 32% de los encuestados, el 25% indica que no poseen inconvenientes, y finalmente podemos mencionar que un 5% de los docentes sienten un impacto relacionado con la pérdida total de la conectividad.

Los resultados son muy preocupantes, razón por la cual la necesidad de la implementación de nuestro proyecto con el objetivo de proporcionar mejoras en el servicio.

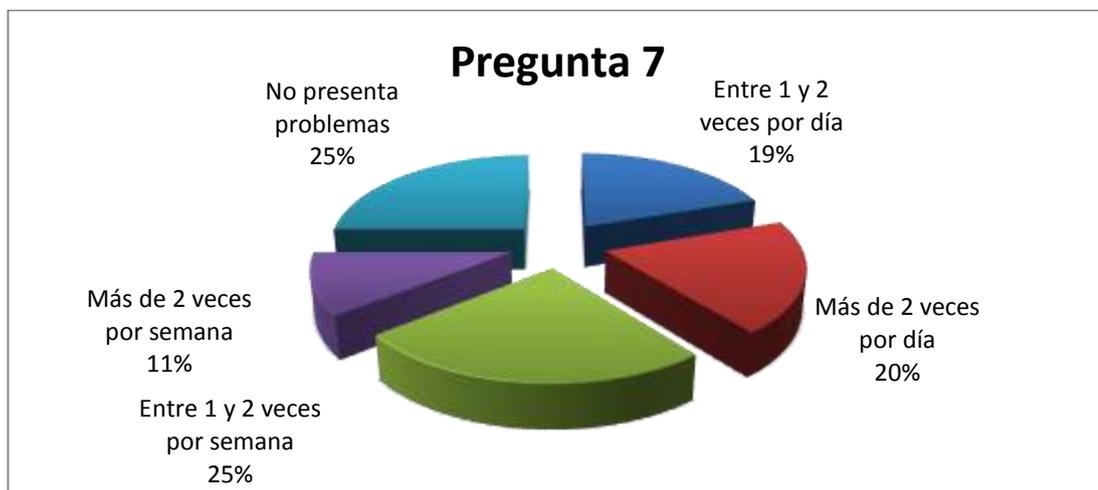
2.2.2.7. ¿Con qué frecuencia presenta inconvenientes con la conectividad del servicio de internet ofrecida por la UPS?

Tabla 2.7. Resultado de la encuesta en la pregunta 7

INDICADORES	PARÁMETROS	CANTIDAD	PORCENTAJE
Con qué frecuencia presenta inconvenientes con la conectividad del servicio de internet ofrecida por la UPS?	Entre 1 y 2 veces por día	11	19%
	Más de 2 veces por día	11	20%
	Entre 1 y 2 veces por semana	14	25%
	Más de 2 veces por semana	6	11%
	No presenta problemas	14	25%
TOTAL		56	100%

Elaborado por: Autores

Figura 2.7. Gráfico de la pregunta 7



Elaborado por: Autores

El gráfico presenta la frecuencia de inconvenientes suscitados en relación al servicio de internet, obteniendo del mismo que: de 1 a 2 veces por semana ciertos docentes presentan inconvenientes con el servicio de internet, lo cual representa el 25% de la

población encuestada, 20% más de 2 veces por día, 19% entre 1 y 2 veces por día y 11% más de 2 veces por semana.

Sin embargo un el 25% de la población encuestada manifiesta no presentar inconveniente alguno.

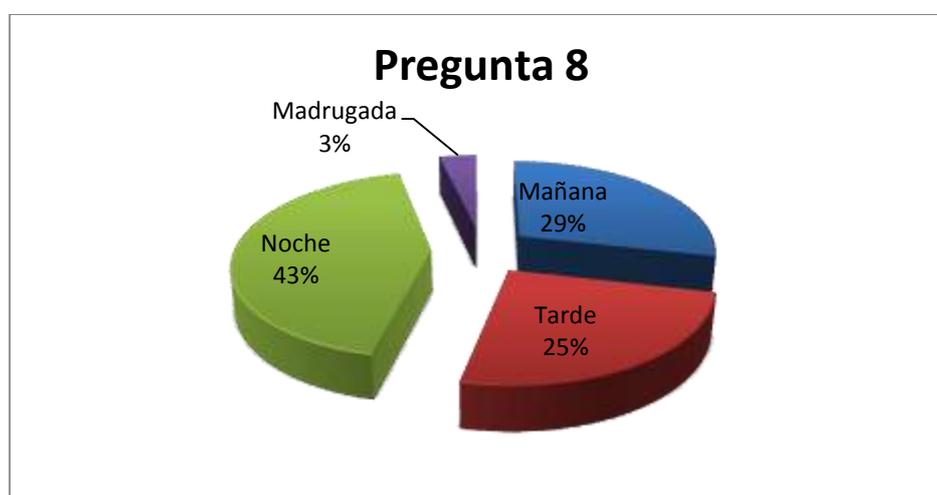
2.2.2.8. ¿En qué horario presenta frecuentemente problemas con el servicio de internet?

Tabla 2.8. Resultado de la encuesta en la pregunta 8

INDICADORES	PARÁMETROS	CANTIDAD	PORCENTAJE
En que horario presenta frecuentemente problemas con el servicio de internet?	Mañana	16	29%
	Tarde	14	25%
	Noche	24	43%
	Madrugada	2	3%
TOTAL		56	100%

Elaborado por: Autores

Figura 2.8. Gráfico de la pregunta 8



Elaborado por: Autores

El gráfico muestra, los horarios donde se presentan frecuentemente los problemas relacionados con el servicio de internet, obteniendo los siguientes resultados: Destacando que en la noche el 43% presenta mayormente problemas, seguido por el 29% que indica tener problemas por la mañana, 25% en la tarde, mientras que en la madrugada el 3% presenta inconvenientes.

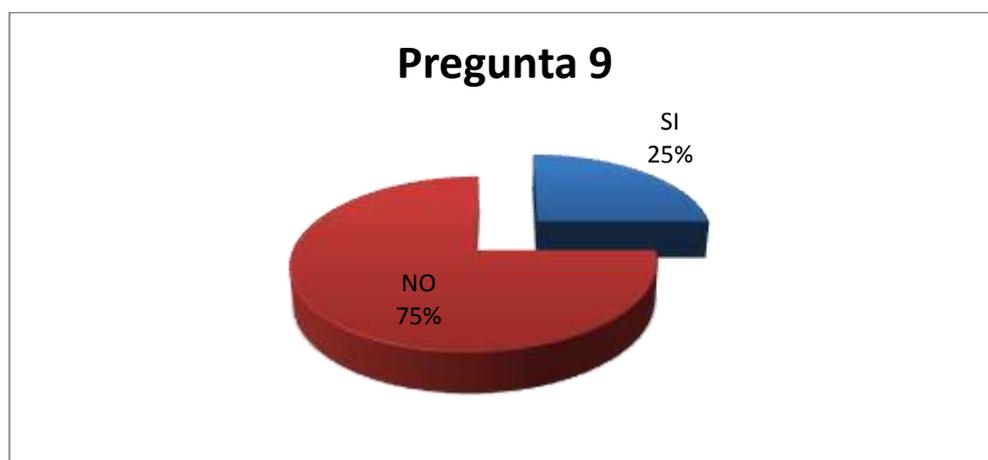
2.2.2.9. ¿Tiene conocimiento o ha escuchado hablar sobre la tecnología WiMAX?

Tabla 2.9. Resultado de la encuesta en la pregunta 9

INDICADORES	PARÁMETROS	CANTIDAD	PORCENTAJE
Tiene conocimiento o ha escuchado hablar sobre la tecnología Wimax?	SI	14	25%
	NO	42	75%
TOTAL		56	100%

Elaborado por: Autores

Figura 2.9. Gráfico de la pregunta 9



Elaborado por: Autores

El gráfico indica el nivel de conocimiento en relación a la tecnología WiMAX, obteniendo como resultado que el 75% no tiene conocimiento o no ha escuchado sobre dicha tecnología, mientras que el 25% de los docentes si tienen conocimiento.

2.2.2.10. ¿Si Wimax le ofreciera un mejor servicio de Internet en relación al ofertado por su proveedor actual estaría de acuerdo en cambiar de tecnología?

Tabla 2.10. Resultado de la encuesta en la pregunta 10

INDICADORES	PARÁMETROS	CANTIDAD	PORCENTAJE
Si WiMAX le ofreciera un mejor servicio de internet en relación al ofertado por su proveedor actual, estaría de acuerdo en cambiar de tecnología?	SI	49	87%
	NO	7	13%
TOTAL		56	100%

Elaborado por: Autores

Figura 2.10. Gráfico de la pregunta 10



Elaborado por: Autores

El gráfico presenta que los docentes en su gran mayoría estarían dispuestos a utilizar y mejorar el servicio con un 87%, frente al 13% de los docentes que no estarían de acuerdo en cambiar de tecnología.

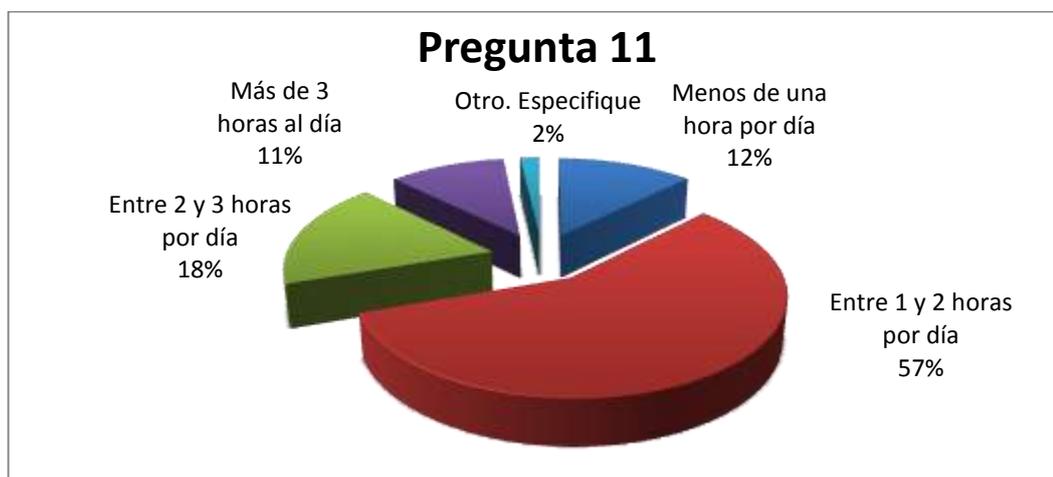
2.2.2.11. ¿Con qué frecuencia accede al Ambiente Virtual de Aprendizaje Cooperativo de la Universidad Politécnica Salesiana?

Tabla 2.11. Resultado de la encuesta en la pregunta 11

INDICADORES	PARÁMETROS	CANTIDAD	PORCENTAJE
Con qué frecuencia Accede al Ambiente Virtual de aprendizaje cooperativo de la U.P.S ?	Menos de 1 hora por día	7	12%
	Entre 1 y 2 horas por día	32	57%
	Entre 2 y 3 horas por día	10	18%
	Más de 3 horas al día	6	11%
	Otro	1	2%
TOTAL		56	100%

Elaborado por: Autores

Figura 2.11. Gráfico de la pregunta 11



Elaborado por: Autores

El gráfico muestra, el nivel de frecuencia de acceso al AVAC, obteniendo como resultado que el 57% permanece entre 1 a 2 horas por día conectado.

Posteriormente el 18% de docentes accede entre 2 y 3 horas por día, el 12% con menos de una hora, más de 3 horas al día el 11% de docentes mientras que un 2% ingresa al sistema con una frecuencia no establecida.

CAPÍTULO 3

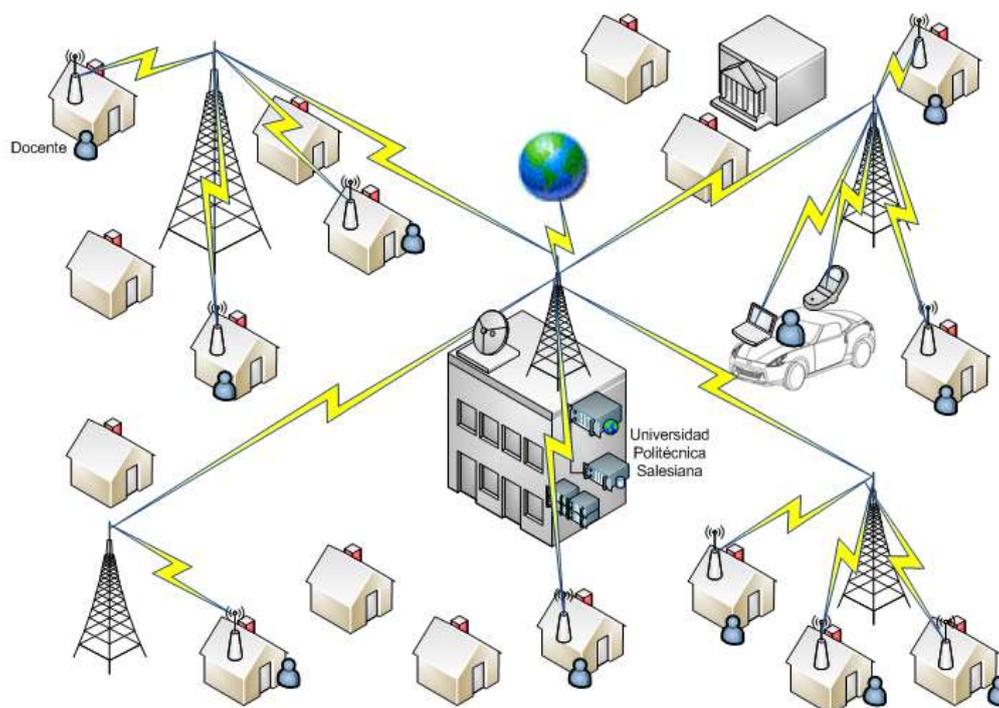
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Luego de concluir con el estudio técnico necesario, y tras la obtención de los resultados estadísticos en base a las encuestas a los docentes de la institución, se pudo dar inicio a la implementación del proyecto mediante un prototipo.

Para lo cual se procedió con la creación de un Enlace Punto a Punto entre la Universidad Politécnica Salesiana y uno de sus docentes, con la finalidad de poder demostrar el funcionamiento de la tecnología WiMAX acogiendo el estándar 802.16d, enmarcado en la variante de acceso fijo.

3.1. Diseño del esquema de red acorde a la cantidad de usuarios establecidos en base a los datos estadísticos

Figura 3.1. Esquema de la red estructural

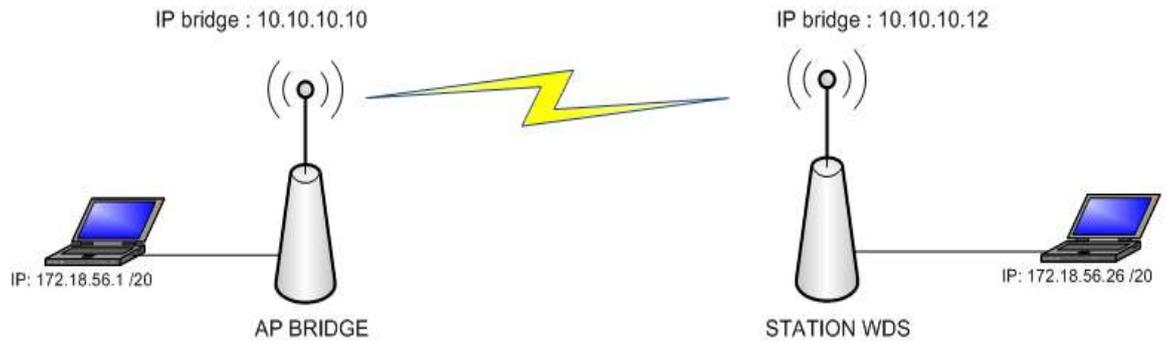


Elaborado por: Autores

3.2. Análisis funcional de la situación actual

A continuación se muestra el esquema del enlace Punto-Punto utilizado como prototipo para la implementación del proyecto.

Figura 3.2. Esquema de la red práctico



Elaborado por: Autores

3.3. Coordenadas geográficas

3.3.1. Coordenadas radio base

Coordenadas : -2.220214,-79.886862

Latitud : 2°13'12.88"s

Longitud : 79°53'12.65"o

3.3.2. Coordenadas Station Wds

Coordenadas : -2.221227,-79.888005

Latitud : 2°13'16.19"s

Longitud : 79°53'16.86"

Figura 3.3. Esquema diseño práctico1



Fuente: Google Maps

Elaborado por: Autores

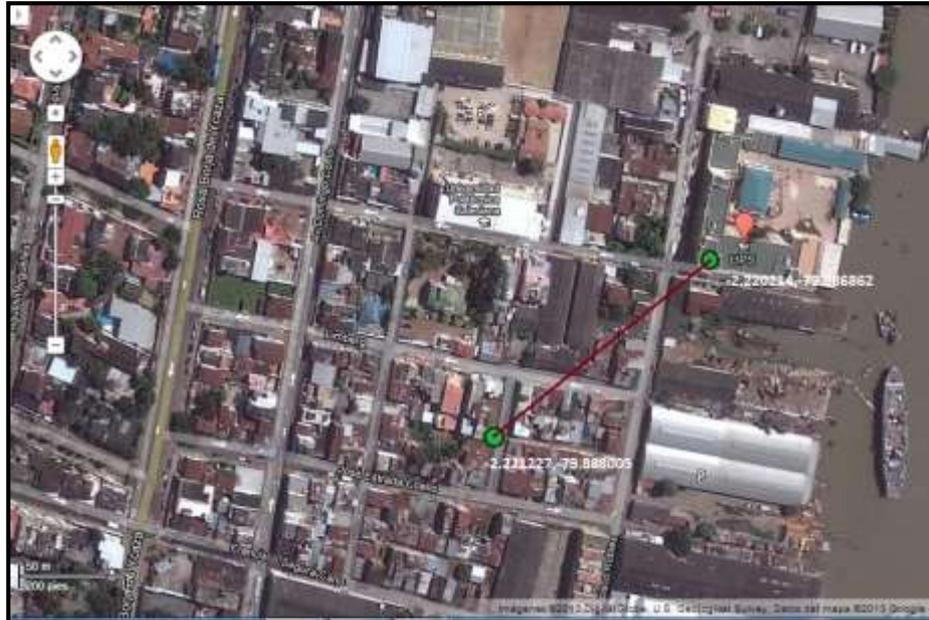
Figura 3.4. Esquema diseño práctico2



Fuente: Google Earth

Elaborado por: Autores

Figura 3.5. Esquema diseño práctico3



Fuente: Google Earth

Elaborado por: Autores

Figura 3.6. Antena APUPS emisor / Universidad Politécnica Salesiana



Elaborado por: Autores

Figura 3.7. Antena WDS receptor / Casa Docente



Elaborado por: Autores

3.4. Observaciones, servicio de internet actual en la U.P.S.

- La velocidad de acceso a internet es lenta, y en ocasiones presenta interrupciones.
- La cobertura de la red inalámbrica en ciertos puntos de la institución es limitada.
- El proceso de carga y descarga de archivos se convierte en un gran problema en las horas pico, ya que proceder con lo mencionado es complicado debido a problemas de conectividad y cortes presentados en el servicio de internet.

3.5. Investigación de herramientas a utilizar en función a la implementación de la tecnología WiMAX

3.5.1. WGS84

World Geodetic System 84 o Sistema Geodésico Mundial 1984. El WGS84 es un sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra sin necesidad de referencia por medio de tres unidades dadas: Grados, minutos y segundos. (Ingeniería Civil: Sistema Geodésico Mundial 1984-WGS84, 2013)

El margen de error presentado por el WGS84 es menor a 2 cm.

3.5.2. The Dude

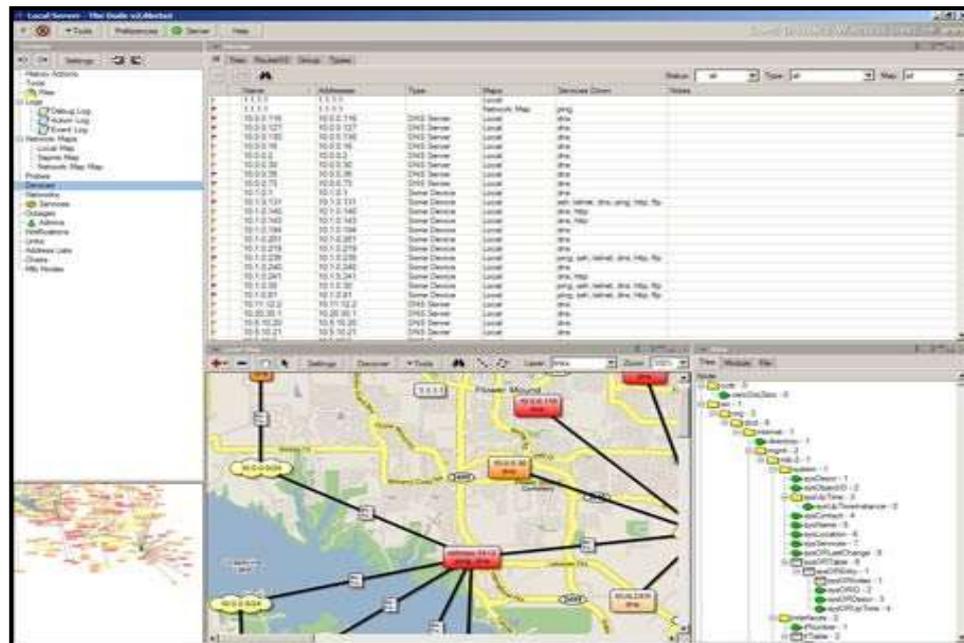
The Dude es una herramienta de MikroTik que permite buscar automáticamente todos los dispositivos dentro de subredes especificadas, y a la vez controlar los servicios de los dispositivos y emitir alertas en caso de suscitarse algún inconveniente en la red.

The Dude genera automáticamente un mapa a raíz de nuestro PC, además incluye subredes, permitiendo de esta manera la detección de nuevos dispositivos que se conecten a la red.

Una característica muy importante es su capacidad de controlar dispositivos RouterOS, así como también la opción de monitorizar cualquier dispositivo al cual se pueda acceder mediante PING o SNMP. (BUENA INFORMACIÓN DE REDES!: MANUAL BÁSICO THE DUDE EN WINDOWS, 2013).

La aplicación podemos encontrarla y descargarla de manera gratuita desde el sitio web oficial de Mikrotik.

Figura 3.8. The Dude



Fuente: Mikrotik³¹

3.5.3. Speed Test

El Speed test es una herramienta que nos permite analizar y comprobar la velocidad de nuestra conexión a internet, con diferentes servidores ubicados alrededor del mundo.

Cabe recalcar que el resultado del test de velocidad no nos mostrará el 100% de la velocidad de conexión, ya que influyen diversos factores en nuestro resultado, ya sea el ruido, atenuación de la señal, interferencias o incluso problemas relacionados con la carga del servidor.

Al finalizar nuestro análisis podremos visualizar la velocidad de subida y bajada, resultados mostrados en **kilobits por segundo** o **megabits por segundo** dependiendo del Speed test al que recurramos, las mismas que son unidades de medida utilizadas

³¹ Internet: <http://www.mikrotik.com/thedude>

en telecomunicaciones para calcular la velocidad de transferencia de datos a través de una red.

Figura 3.9. Speed Tests



Fuente: Xatakaon³²

Esta herramienta la podemos encontrar en la web de manera gratuita o en ciertos casos con un costo adicional, en base a nuestras necesidades y preferencias.

3.5.3.1. Speed test.net

Speed test es uno de los medidores de velocidad más completos, ya que nos muestra nuestra dirección IP, así como también conocer el proveedor que nos brinda el servicio de internet. De igual manera podemos elegir el servidor con el que deseemos realizar el test, aunque por defecto se seleccionará el más cercano.

Una vez efectuado el test, también se nos proporcionará los datos de tiempo de latencia (PING), así como también la velocidad de subida y bajada.

³² Internet, <http://www.xatakaon.com/servicios-en-la-red/test-de-velocidad-como-medir-la-velocidad-de-tu-conexion-a-internet>

Figura 3.10. Lectura de velocidad utilizando tecnología WiMAX



Fuente: Speedtest.net

Elaborado por: Autores

Figura 3.11. Lectura de velocidad utilizando Internet móvil de Claro



Fuente: Ookla

Elaborado por: Autores

Tabla 3.1. Comparación WiMAX vs Internet Móvil de Claro

TECNOLOGÍA EMPLEADA	VELOCIDAD DE CARGA O SUBIDA	VELOCIDAD DE DESCARGA O BAJADA
WiMAX	3.47 Mbps	5.81 Mbps
Internet móvil de Claro	0.06 Mbps	1.12 Mbps

Elaborado por: Autores

En la tabla 3.1 podemos divisar la diferencia existente en lo que respecta a la velocidad de carga y descarga al utilizar el modem de Claro y la tecnología WiMAX, pudiendo demostrar que nuestro proyecto sin dudas ofrece grandes mejoras en relación al servicio anteriormente ofertado.

3.5.4. Internet Traffic Agent

Internet Traffic Agent es una herramienta que nos permite monitorear de manera detallada y eficiente el tráfico de nuestra red, ya sea el tráfico generado sobre cualquier dirección IP que el usuario haya visitado y un control estadístico del tráfico diario y tráfico de red utilizado por cualquier aplicación.

De igual manera es posible detectar a los usuarios que poseen mayor actividad en la red, así como también monitorear nuestra propia actividad en la red.

Internet Traffic Agent toma estadísticas por separado para el tráfico local, de internet y http. Esta herramienta nos proporciona estadísticas detalladas diarias en cualquier dirección IP que el usuario ha visitado. Cabe recalcar que todos los hosts visitados aparecen en una sección separada. (Agente de Tráfico Internet (*Internet Traffic Agent*) por Flexbyte Software - reporte y descarga, 2013).

Figura 3.12. Internet Traffic Agent

#	Filter Name	Address	Received	Sent	Total
1	Inbound Traffic	0.0.0.0	636.517 MB	12.213 MB	648.730 MB
2	Local Traffic	0.0.0.0	5.756 MB	0.544 MB	6.300 MB
3	HTTP Traffic	0.0.0.0	426.473 MB	11.863 MB	438.336 MB
4	FTP Traffic	0.0.0.0	0.000 MB	0.000 MB	0.000 MB

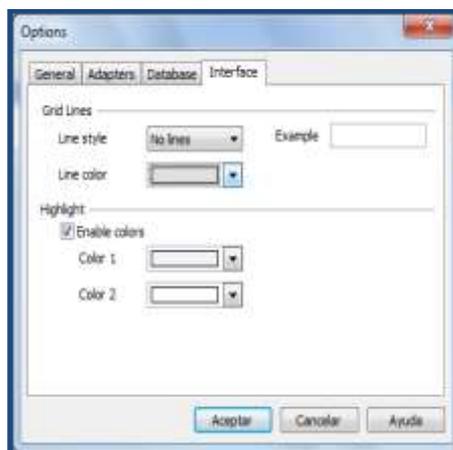
IP Address	Username	Country	Received	Sent	Total	Last Update
10.0.0.1	10.0.0.1		0.011 MB	0.000 MB	0.011 MB	2013-06-04 02:06:16
186.46.141.258	186.46.141.216	Ecuador	2.378 MB	0.221 MB	2.599 MB	2013-06-04 02:06:07
186.46.141.203		Ecuador	0.022 MB	0.002 MB	0.024 MB	2013-06-04 02:06:02
74.125.137.65	74.125.137.95	United States	0.038 MB	0.007 MB	0.044 MB	2013-06-04 02:05:53
81.13.73.1	81.13.73.1	Ireland	0.125 MB	0.018 MB	0.143 MB	2013-06-04 02:05:52
186.46.141.202	186.46.141.202	Ecuador	1.011 MB	0.202 MB	1.213 MB	2013-06-04 02:05:52
186.46.141.224	186.46.141.224	Ecuador	2.314 MB	0.114 MB	2.428 MB	2013-06-04 02:05:52
216.188.43		United States	0.000 MB	0.000 MB	0.001 MB	2013-06-04 02:05:51
213.5.5.79		United States	0.092 MB	0.002 MB	0.094 MB	2013-06-04 02:05:51
153.214.149.56		Singapore	0.000 MB	0.000 MB	0.001 MB	2013-06-04 02:05:51
153.214.149.66		Singapore	0.052 MB	0.001 MB	0.053 MB	2013-06-04 02:05:51
165.254.6.13	165.254.6.21	United States	0.000 MB	0.001 MB	0.001 MB	2013-06-04 02:06:06
146.82.2.200		United States	0.000 MB	0.000 MB	0.001 MB	2013-06-04 02:05:52
74.125.226.207	74.125.226.207	United States	0.849 MB	0.027 MB	0.876 MB	2013-06-04 02:05:49
74.125.226.187		United States	0.000 MB	0.009 MB	0.009 MB	2013-06-04 02:05:49
10.0.0.253			0.000 MB	0.001 MB	0.001 MB	2013-06-04 02:05:45
178.8.82.177		Germany	0.000 MB	0.000 MB	0.000 MB	2013-06-04 02:05:40
193.50.140.173		China	0.000 MB	0.000 MB	0.000 MB	2013-06-04 02:05:35

Fuente: Internet Traffic Agent

Elaborado por: Autores

Una característica importante que convierte a Internet Traffic Agent en una gran herramienta es su interfaz amigable con el usuario, así como su sencillez en su empleo.

Figura 3.13. Internet Traffic Agent / Interfaz gráfica1

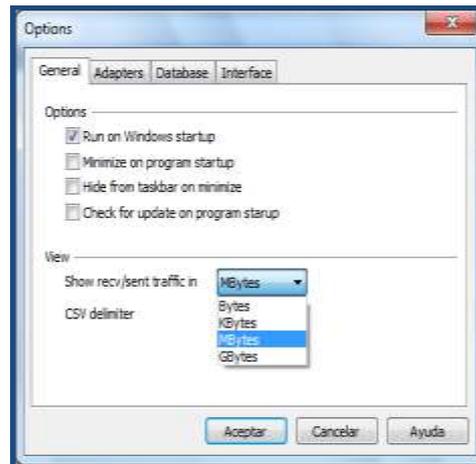


Fuente: Internet Traffic Agent

Elaborado por: Autores

Internet Traffic Agent nos permite visualizar el tráfico enviado y recibido ya sea en Bytes, KBytes, Mbytes o GBytes, en base a las preferencias del usuario. Además, el usuario puede establecer la frecuencia de almacenamiento de los cambios de la base de datos y el período de mantenimiento de registros de base de datos.

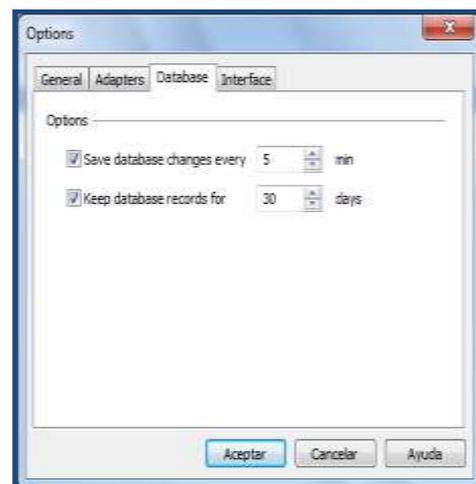
Figura 3.14. Internet Traffic Agent / Interfaz gráfica2



Fuente: Internet Traffic Agent

Elaborado por: Autores

Figura 3.15. Internet Traffic Agent / Interfaz gráfica3



Fuente: Internet Traffic Agent

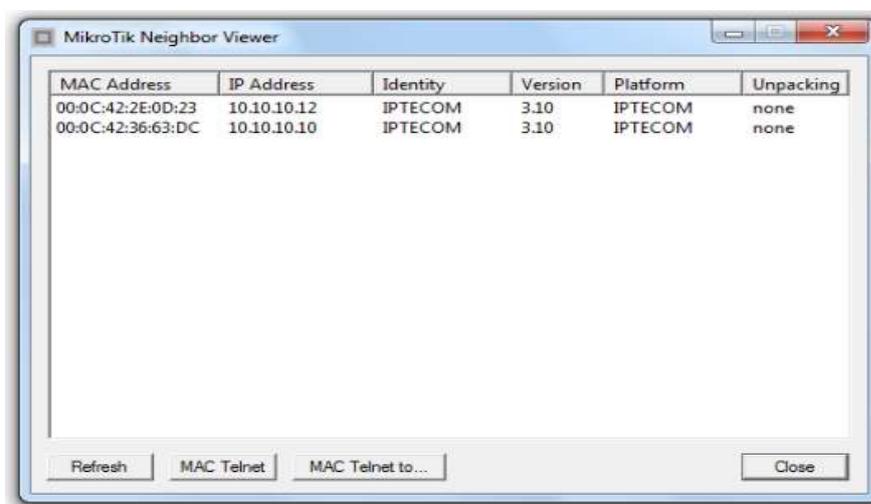
Elaborado por: Autores

3.5.5. Mikrotik Neighbor Viewer

Mikrotik Neighbor Viewer es una herramienta gratuita de Mikrotik que nos permite detectar radio bases vecinas activas y poder acceder a ellas vía terminal.

La aplicación la podemos descargar desde el sitio web oficial de Mikrotik.

Figura 3.16. Radio bases detectadas mediante Mikrotik Neighbor Viewer



The screenshot shows a window titled "MikroTik Neighbor Viewer" with a table of detected radio bases. The table has six columns: MAC Address, IP Address, Identity, Version, Platform, and Unpacking. There are two rows of data.

MAC Address	IP Address	Identity	Version	Platform	Unpacking
00:0C:42:2E:0D:23	10.10.10.12	IPTECOM	3.10	IPTECOM	none
00:0C:42:36:63:DC	10.10.10.10	IPTECOM	3.10	IPTECOM	none

At the bottom of the window, there are four buttons: "Refresh", "MAC Telnet", "MAC Telnet to...", and "Close".

Fuente: Mikrotik Neighbor Viewer

Elaborado por: Autores

3.5.6. Mikrotik Wireless Link calculator

Mikrotik Wireless Link calculator es una aplicación online gratuita de Mikrotik que nos permite conocer la viabilidad de realizar un enlace punto a punto.

La aplicación la podemos encontrar en el sitio web oficial de Mikrotik: www.mikrotik.com.

En la figura 3.16 podemos observar la interfaz gráfica que nos aparecerá al ingresar a la calculadora de enlaces inalámbricos, la misma que podemos encontrar en el siguiente sitio web: www.mikrotik.com/test_link.php.

Figura 3.17. Mikrotik Wireless Link calculator

Wireless Link Calculator

Parameters	SITE 1	SITE 2
Wireless cards		
Power	<input type="text"/> dBm	<input type="text"/> mW
RX Sensitivity	<input type="text"/> dBm	<input type="text"/> dBm
Antennas		
Gain	<input type="text"/> dBi	<input type="text"/> dBi
Cables		
Length	<input type="text"/> feet	<input type="text"/> m
Type	LMR400	LMR400
Link		
Distance	<input type="text"/> km	
Frequency	<input type="text"/> MHz	
<input type="button" value="Calculate"/>		
Link theoretical status	No results	
Theoretical signal level at site 1		
Theoretical signal level at site 2		

Powered by **MikroTik**

Fuente: Mikrotik

Elaborado por: Autores

Figura 3.18. Mikrotik Wireless Link calculator – Resultados obtenidos correspondientes a nuestro enlace

The screenshot shows the Mikrotik Wireless Link Calculator interface. The browser address bar displays 'www.mikrotik.com/test_link.php'. The calculator is divided into several sections: Parameters, Wireless cards, Antennas, Cables, and Link. Each section contains input fields for Site 1 and Site 2. The results section shows a 'Link theoretical status' of 'Reliable' and theoretical signal levels at both sites.

Parameters	SITE 1	SITE 2
Wireless cards		
Power	19 dBm	19 dBm
RX Sensitivity	-105 dBm	-105 dBm
Antennas		
Gain	23 dBi	23 dBi
Cables		
Length	1.5 m	1 m
Type	LMR600	LMR600
Link		
Distance	0.35 km	
Frequency	5180 MHz	
<input type="button" value="Calculate"/>		
Link theoretical status	Reliable	
Theoretical signal level at site 1	-34/required -105	
Theoretical signal level at site 2	-34/required -105	

Powered by
MikroTik

Fuente: Mikrotik

Elaborado por: Autores

3.6. Requisitos legales para concesión de Frecuencia

3.6.1. Concesiones para enlaces radioeléctricos (Punto – Punto, Punto – Multipunto)

- **Servicio Fijo:** Servicio de radiocomunicación entre puntos fijos determinados.

- **Servicio Fijo Enlaces Punto-Punto:** Servicio Fijo en el que las estaciones establecen comunicación entre puntos fijos determinados.
- **Servicio Fijo Enlaces Punto-Multipunto (No Multiacceso):** Servicio Fijo en el cual se establece comunicación entre una estación central fija y puntos fijos determinados.

3.6.1.1. Requisitos concesión persona jurídica

Para obtener la concesión de frecuencias para operar un sistema de radiocomunicación, el solicitante deberá presentar en la SENATEL los siguientes requisitos:

Información Legal

1. Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, detallando el tipo de servicio al que aplica; e incluir el nombre y la dirección del representante legal.
2. Copia de la Cédula de Ciudadanía del Representante Legal.
3. Para ciudadanos ecuatorianos, copia del Certificado de votación del último proceso electoral del Representante Legal.
4. Registro Único de Contribuyentes (R.U.C.).
5. Nombramiento del Representante Legal, debidamente inscrito en el Registro Mercantil.
6. Copia certificada de la escritura constitutiva de la compañía y reformas en caso de haberlas.
7. Certificado actualizado de cumplimiento de obligaciones otorgado por la Superintendencia de Compañías o Superintendencia de Bancos, según el caso, a excepción de las instituciones estatales.
8. Fe de presentación de la solicitud presentada al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas para que otorgue el certificado de antecedentes personales del representante legal, a excepción de las instituciones estatales (original).

9. En el caso de Compañías o Cooperativas de transporte, deben presentar el Permiso de Operación emitido por la autoridad de transporte competente (Resol. 632-22-CONATEL-2004).
10. Otros documentos que la SENATEL solicite.

Información Financiera

1. Certificado actualizado de no adeudar a la SENATEL.
2. Certificado de no adeudar a la SUPTEL.

Información Técnica

1. Estudio técnico del sistema elaborado en los formularios disponibles en la página Web del CONATEL, suscritos por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, con licencia profesional vigente en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador (CIEEE) y registrado para tal efecto en la SENATEL; debe adjuntar copia de la mencionada licencia.
2. En caso de necesitar la instalación de estaciones repetidoras, adjuntar copia del Contrato de Arrendamiento del Terreno o Copia de la Escritura del inmueble que acredite el derecho de propiedad del solicitante, e indicar las dimensiones.

Nota:

- Las copias simples y/o certificadas deben ser legibles;
- Las copias certificadas se entiende como copias notariadas o certificadas por la autoridad competente;
- El nombramiento del representante legal debe estar inscrito en el Registro Mercantil; excepto en los casos que no exista esta dependencia, para lo cual se hará dicha inscripción en el Registro de la Propiedad, en el Libro Mercantil; y,

- En caso de ciudadanos extranjeros que residan en el país, deberá entregar una copia de la cédula de identidad o del pasaporte con la respectiva visa.

3.6.1.2. Requisitos concesión persona natural

Para obtener la concesión de frecuencias para operar un sistema de radiocomunicación, el solicitante deberá presentar en la SENATEL los siguientes requisitos:

Información Legal

1. Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, detallando el tipo de servicio al que aplica; e incluir el nombre y la dirección del solicitante.
2. Copia de la Cédula de Ciudadanía.
3. Para ciudadanos ecuatorianos, copia del certificado de votación del último proceso electoral.
4. Copia del Registro Único de Contribuyentes (R.U.C.).
5. Fe de presentación de la solicitud presentada al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas para que otorgue el certificado de antecedentes personales del solicitante (original).
6. Fe de presentación de la solicitud presentada al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas para que otorgue el certificado de antecedentes personales del solicitante.
7. Otros documentos que la SENATEL solicite.

Información Financiera

1. Certificado actualizado de no adeudar a la SENATEL.
2. Certificado de no adeudar a la SUPTEL.

Información Técnica

1. Estudio técnico del sistema elaborado en los formularios disponibles en la página Web del CONATEL, suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, con licencia profesional vigente en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador (CIEEE) y registrado para tal efecto en la SENATEL; debe adjuntar copia de la mencionada licencia.
2. En caso de necesitar la instalación de estaciones repetidoras, adjuntar copia del Contrato de Arrendamiento del Terreno o Copia de la Escritura del inmueble que acredite el derecho de propiedad del solicitante, e indicar las dimensiones.

Nota:

- Las copias simples y/o certificadas deben ser legibles;
- Las copias certificadas se entiende como copias notariadas o certificadas por la autoridad competente;
- En caso de ciudadanos extranjeros que residan en el país, deberá entregar una copia de la cédula de identidad o del pasaporte con la respectiva visa.

3.6.1.3. Requisitos renovación persona jurídica

Renovación del Contrato de Concesión.- Es un acto administrativo mediante el cual la SENATEL, por delegación del CONATEL, suscribe un contrato de renovación de concesión de uso de frecuencias para que una persona natural o jurídica continúe operando un sistema de radiocomunicación. Los requisitos, debidamente actualizados, para solicitar la renovación de los contratos de concesión de uso de frecuencias son los mismos requisitos que para la concesión y serán presentados junto con la solicitud.

Por delegación del CONATEL, la renovación de los contratos de sistemas privados y de explotación, los suscribe directamente el Secretario Nacional de Telecomunicaciones.

El contrato de concesión podrá ser renovado previa solicitud del concesionario y el cumplimiento de los siguientes requisitos, siempre que no contravenga a los intereses del Estado.

Información Legal

1. Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, detallando el tipo de servicio al que aplica; e incluir el nombre y la dirección del representante legal.
2. Copia de la Cédula de Ciudadanía del Representante Legal.
3. Para ciudadanos ecuatorianos, copia del Certificado de votación del último proceso electoral del Representante Legal.
4. Registro Único de Contribuyentes (R.U.C.).
5. Nombramiento del Representante Legal, debidamente inscrito en el Registro Mercantil.
6. Copia certificada de la escritura constitutiva de la compañía y reformas en caso de haberlas.
7. Certificado actualizado de cumplimiento de obligaciones otorgado por la Superintendencia de Compañías o Superintendencia de Bancos, según el caso, a excepción de las instituciones estatales y del gobierno seccional.
8. Fe de presentación de la solicitud presentada al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas para que otorgue el certificado de antecedentes personales del representante legal, a excepción de las instituciones estatales y de gobierno seccional;
9. En el caso de Compañías o Cooperativas de transporte, deben presentar el Permiso de Operación emitido por la autoridad de transporte competente (Resol. 632-22-CONATEL-2004).
10. Copia del contrato de uso de frecuencias anterior.
11. Otros documentos que la SENATEL solicite.

Información Financiera

1. Certificado actualizado de no adeudar a la SENATEL.

2. Certificado de no adeudar a la SUPTEL.
3. Copia de la factura del último pago por uso de frecuencias.

Información Técnica

1. Actualización de datos en los formularios disponibles en la página Web del CONATEL.
2. Sólo en el caso de haber modificaciones técnicas:
3. Debe presentar el estudio técnico del sistema elaborado en los formularios disponibles en la página Web del CONATEL, suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, con licencia profesional vigente en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador (CIEEE) y registrado para tal efecto en la SENATEL; debe adjuntar copia de la mencionada licencia.
4. Si la estación repetidora cambia de ubicación, adjuntar copia del Contrato de Arrendamiento del Terreno o Copia de la Escritura del inmueble que acredite el derecho de propiedad del solicitante, e indicar las dimensiones.

Nota:

- Las copias simples y/o certificadas deben ser legibles;
- Las copias certificadas se entiende como copias notariadas o certificadas por la autoridad competente;
- El nombramiento del representante legal debe estar inscrito en el Registro Mercantil; excepto en los casos que no exista esta dependencia, para lo cual se hará dicha inscripción en el Registro de la Propiedad, en el Libro Mercantil; y,
- En caso de ciudadanos extranjeros que residan en el país, deberá entregar una copia de la cédula de identidad o del pasaporte con la respectiva visa.

3.6.1.4. Requisitos renovación persona natural

Renovación del Contrato de Concesión.- Es un acto administrativo mediante el cual la SENATEL, por delegación del CONATEL, suscribe un contrato de renovación de concesión de uso de frecuencias para que una persona natural o jurídica continúe operando un sistema de radiocomunicación. Los requisitos, debidamente actualizados, para solicitar la renovación de los contratos de concesión de uso de frecuencias son los mismos requisitos que para la concesión y serán presentados junto con la solicitud.

Por delegación del CONATEL, la renovación de los contratos de sistemas privados y de explotación, los suscribe directamente el Secretario Nacional de Telecomunicaciones.

El contrato de concesión podrá ser renovado previa solicitud del concesionario y el cumplimiento de los siguientes requisitos, siempre que no contravenga a los intereses del Estado.

Información Legal

1. Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, detallando el tipo de servicio al que aplica; e incluir el nombre y la dirección del solicitante.
2. Copia de la Cédula de Ciudadanía.
3. Para ciudadanos ecuatorianos, copia del certificado de votación del último proceso electoral.
4. Registro Único de Contribuyentes (R.U.C.).
5. Fe de presentación de la solicitud presentada al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas para que otorgue el certificado de antecedentes personales del solicitante.
6. Copia del contrato de uso de frecuencias anterior.
7. Otros documentos que la SENATEL solicite.

Información Financiera

8. Certificado actualizado de no adeudar a la SENATEL.
9. Certificado de no adeudar a la SUPTEL.
10. Copia de la factura del último pago por uso de frecuencias.

Información Técnica

11. Actualización de datos en los formularios disponibles en la página Web del CONATEL.
12. Sólo en el caso de haber modificaciones técnicas:
13. Debe presentar el estudio técnico del sistema elaborado en los formularios disponibles en la página Web del CONATEL, suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, con licencia profesional vigente en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador (CIEEE) y registrado para tal efecto en la SENATEL; debe adjuntar copia de la mencionada licencia.
14. Si la estación repetidora cambia de ubicación, adjuntar copia del Contrato de Arrendamiento del Terreno o Copia de la Escritura del inmueble que acredite el derecho de propiedad del solicitante, e indicar las dimensiones.

Nota:

- Las copias simples y/o certificadas deben ser legibles;
- Las copias certificadas se entiende como copias notariadas o certificadas por la autoridad competente;
- En caso de ciudadanos extranjeros que residan en el país, deberá entregar una copia de la cédula de identidad o del pasaporte con la respectiva visa.

3.6.1.5. Requisitos para autorizaciones temporales a personas naturales o jurídicas

La SENATEL podrá autorizar el uso temporal de frecuencias a las personas naturales o jurídicas que lo soliciten para uso eventual o de emergencia, por una duración de hasta noventa (90) días, renovables por una sola vez y por un periodo igual. El valor por esta autorización temporal será pagado de acuerdo al Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico y no requiere la suscripción del contrato de concesión.

Requisitos:

1. Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, suscrita por el solicitante, especificando el tiempo que requerirá para el uso de las frecuencias; nombre y dirección del solicitante (para personas jurídicas, de la compañía y de su representante legal);
2. Copia de la cédula de ciudadanía (para personas jurídicas, del representante legal);
3. Para ciudadanos ecuatorianos, copia del certificado de votación del último proceso electoral (para personas jurídicas, del representante legal);
4. Copia certificada del nombramiento del representante legal, debidamente inscrito en el Registro Mercantil (para personas jurídicas);
5. Copia certificada de la escritura de constitución de la compañía y su reforma en caso de haberlas (para personas jurídicas);
6. Certificado actualizado de cumplimiento de obligaciones y existencia legal emitido por la Superintendencia de Compañías o de Bancos, según el caso (para personas jurídicas);
7. Copia del Registro Único de Contribuyentes (R.U.C.);
8. Presentación de los formularios disponibles en la página Web del CONATEL, suscritos por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, con licencia profesional vigente en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y

Electrónicos del Ecuador (CIEEE) y registrado para tal efecto en la SENATEL; debe adjuntar copia de la mencionada licencia.

Nota: La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, se reserva los derechos para modificar los requisitos antes descritos.

Los peticionarios podrán presentar los documentos exigidos en original o copia certificada.

3.6.1.6. Requisitos para renovaciones temporales a personas naturales o jurídicas

Requisitos:

1. Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, suscrita por el solicitante, especificando el tiempo que requerirá la renovación de las frecuencias; nombre y dirección del solicitante (para personas jurídicas, de la compañía y de su representante legal);

Nota: La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, se reserva los derechos para modificar los requisitos antes descritos.

3.6.1.7. Formularios requeridos

- Instructivo Formularios de Concesión de Frecuencias
- Formulario RC-1A
- Formulario RC-2A
- Formulario RC-3A
- Formulario RC-3B
- Formulario RC-4A
- Formulario RC-6A
- Formulario RC-15A
- Coordenadas de Referencia de los Sitios de Repetición

3.6.1.8. Tarifas

De acuerdo al Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

$$T(\text{US \$}) = K_a * \alpha_3 * \beta_3 * A * (D)^2$$

Donde:

T (US\$)=Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América, por frecuencia asignada.

Ka =Factor de ajuste por inflación.

α_3 =Coeficiente de valoración del espectro del Servicio Fijo para enlaces punto- punto (De acuerdo a la Tabla 2, Anexo 3).

β_3 =Coeficiente de corrección para el Sistema Fijo, enlace punto – punto.

A =Anchura de banda de la frecuencia asignada, en MHz.

D =Distancia en kilómetros entre las estaciones fijas.

La Ecuación 3 se aplica a cada frecuencia del enlace y por enlace. Si una estación fija opera con más de una frecuencia en la misma dirección, la tarifa resultante será la suma de las tarifas individuales calculadas por cada frecuencia de transmisión y recepción.

De acuerdo al rango de frecuencias correspondiente y cuando el caso lo amerite, para fines del cálculo de tarifas, se usarán los valores de distancia máxima y mínima aplicable contemplados en la Tabla 1, Anexo 3. El Coeficiente de valoración del espectro α_3 a aplicarse para el Servicio Fijo, enlaces punto-punto para las distintas bandas se muestra en la Tabla 2, Anexo 3. Para el caso de enlaces punto-multipunto (No Multi-acceso), éstos pagarán una tarifa como enlaces punto-punto individuales.

Derechos De Concesión

De acuerdo al Reglamento De Derechos Por Concesión y Tarifas Por Uso De Frecuencias Del Espectro Radioeléctrico Se paga una sola vez por el tiempo de vigencia del título habilitante (5 años).

$$Dc = T(US \$) * Tc * Fcf$$

Donde:

T (US\$) = Tarifa mensual por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico en dólares de los Estados Unidos de América correspondiente al Servicio y al Sistema en consideración.

Tc = Tiempo de concesión. Valor en meses de la concesión a otorgarse al respectivo servicio y sistema.

Fcf = Factor de concesión de frecuencias (De acuerdo a la Tabla 1, Anexo 7).

Dc = Valor Derecho de concesión.

Nota: El valor a pagar por imposición mensual para frecuencias temporales será de cinco veces el resultado de aplicar la formula correspondiente y por adelantado; al no firmar contrato no se pagan derechos de concesión.

3.7. Servicios que pueden ofertarse mediante la tecnología WiMAX

- Voz, telefonía IP
- Datos
- Internet

Cabe recalcar que la tecnología WiMAX en lo que respecta a la transferencia de datos puede orientarse tanto al mercado corporativo, así como también al masivo.

3.8. Elementos principales de una red WiMAX

Tabla 3.2. Elementos principales de una red WiMAX

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Equipo controlador de estaciones base	Este equipo permite el control de las estaciones base y los usuarios de la red WiMAX. De igual manera permite la creación de servicios para los terminales de usuario y posee las interfaces necesarias para conectarse con el core de datos, internet y VoIP.
Estación Base (HUAWEI DBS3900 WiMAX)	Localizado entre el ASN-GW y la MS/SS en el estándar IEEE802.16-e compatible con redes WiMAX, es controlado por el ASN-GW, recibe y transmite señales. EL DBS3900 WiMAX es una estación base distribuida que consiste de una Unidad de Banda de Base (BBU) y una o más Unidades Remotas de Radio (RRU). El BBU y las RRU's están conectadas mediante fibra óptica.

Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones

Elaborado por: Autores

Figura 3.19. Equipo controlador de estación base



Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P

Figura 3.20. DBS 3900 Huawei



Fuente: Huawei

3.8.1. Componentes de una estación base

Físicamente una estación base está compuesta por las siguientes partes:

3.8.1.1. BBU

La BBU es la unidad de procesamiento de la información de los paquetes con el estándar WIMAX, la misma que posee puertos ópticos o eléctricos para la transmisión.

La BBU está diseñada con un chasis estándar de 19 pulgadas. Este puede ser colocado dentro de un local en un gabinete estándar de 19 pulgadas o fuera del mismo en un gabinete con protección.

3.8.1.2. Módulos de una BBU

Tabla 3.3. Módulos de una BBU

MÓDULO	DESCRIPCIÓN
Módulo de banda base	Realiza las funciones como la codificación/decodificación de la señal y la modulación/demodulación por los canales UL y los de DL. Las funciones se realizan en la capa PHY en el estándar 802.16e-2005.

Módulo de procesamiento de servicio	Realiza funciones tales como servicio de aseo y la encapsulación PDU en la capa inferior MAC.
Módulo de transmisión	El módulo de transporte soporta R6 de gestión del túnel y proporciona los canales de servicio a través de vínculos Ethernet. El sistema admite dos puertos Ethernet 10/100 Mbit/s eléctricos o dos puertos Ethernet 1000 Mbit/s óptico o eléctrico.
Módulo de control	Realiza funciones tales como el control de los recursos de radio, procesamiento de gestión de servicios en la capa superior de MAC, y el tratamiento de control de los mensajes de señalización en la interfaz R6.
Módulo O&M	Permite la operación y mantenimiento del sistema, proporcionando un puerto Ethernet 10 Mbit/s o 100 Mbit/s y un puerto serie.
Módulo de reloj	El módulo de reloj provee las señales GPS de reloj.
Módulo de ventilador	Cinco ventiladores son equipados en una BBU para brindar refrigeración.
Módulo de poder	Convierte la energía de entrada en -48V DC de salida.

Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

3.8.1.3. RRU – Remote Radio Unit

El RRU (*Remote Radio Unit*) es una unidad de amplificación de radio frecuencia que convierte señales ópticas de la BBU en señales eléctricas amplificadas.

3.8.1.4. Módulos de una RRU

Tabla 3.4. Módulos de una RRU

MÓDULO	DESCRIPCIÓN
Módulo IF	Realiza la conversión digital hasta la conversión digital a analógico (D/A) a través de canales DL. A través de canales UL, el módulo IF realiza la conversión análoga a digital (A/D), por la conversión digital, y demodulación digital I/Q.
Módulo RF	A través de canales DL, el módulo de RF se mezcla con las señales analógicas de la frecuencia de trabajo requerida del módulo IF y envía las señales mixtas a la antena después de ampliación de potencia. A través de canales UL, el módulo de RF realiza la amplificación de ruidos más bajos y por la conversión de las señales recibidas por la antena y entonces envía la señal a analógica al módulo IF.
Módulo duplexor	Permite enviar y recibir señales a través de una sola antena.
Módulo amplificador de poder	Amplifica las señales de transmisión del módulo RF
Módulo de poder	Convierte la energía de entrada en -48V DC de salida. Además provee protección anti-rayos.

Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

3.8.3. Terminales de usuario o CPE

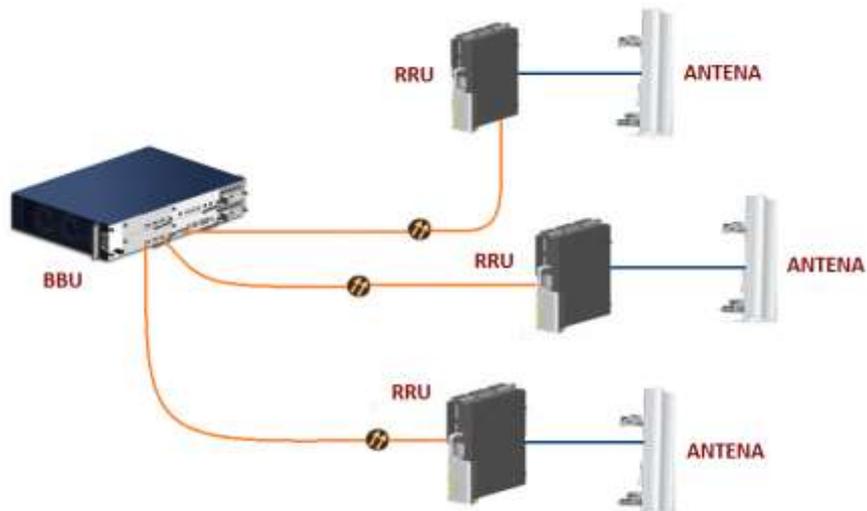
El terminal de usuario o CPE³³ (Equipo Local del Cliente) es un equipo utilizado en interiores y exteriores empleado por un suscriptor para recibir un servicio ya sea de voz, datos, televisión, etc.

Figura 3.21. Terminales de usuario CPE



Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P

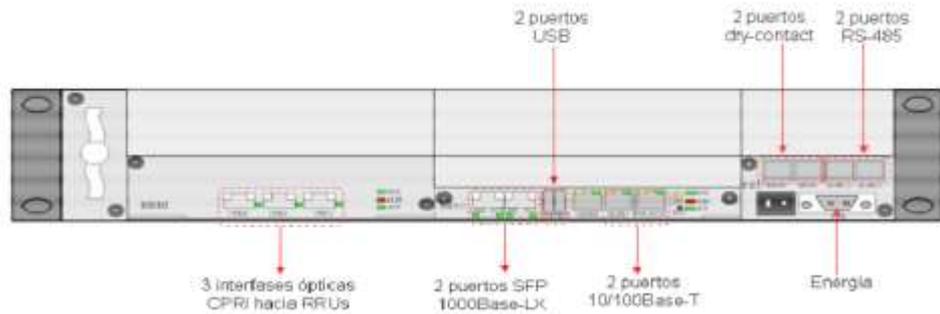
Figura 3.22. Elementos principales de una Red WiMAX



Elaborado por: Autores

³³ CPE : Customer Premises Equipment

Figura 3.23. Puertos de una BBU



Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P

3.8.4. Componentes de una red WiMAX

Tabla 3.5. Componentes de una red WiMAX

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Servidor AAA	Es un servidor remoto para la verificación de autenticación, autorización y contabilidad. Proporciona autenticación remota telefónica de usuarios (RADIUS). La AAA también provee funciones de servidor robusto y flexible, y apoya las operaciones de diversas bases de datos.
Red de servicios de acceso (ASN)	<p>La Red de Servicios de Acceso (ASN) se compone de la estación base (BS) y la Red de Servicio de acceso-Gateway (ASN-GW).</p> <p>La ASN permite a los equipos de usuario (UE) acceder a la CSN de los diferentes proveedores de servicios de red (NSPs).</p> <p>La ASN también maneja la interfaz aire IEEE802.16 y proporciona las siguientes funciones:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • La creación de conexiones en capa-2 entre BS y la MS. • La transmisión de mensajes AAA a la capa NSP de la MS. • Asistencia a la configuración de las conexiones en capa-3 entre las NEs de nivel superior y los Estados miembros y la asignación de direcciones IP. • Creación y gestión de los túneles entre ASN y el CSN. • Realización de la gestión de la movilidad y el traspaso entre ASNs. • Realización de paginación y la gestión de ubicación dentro de la ASN. • Realización de Gestión en Fuentes de Radio (RRM). • Almacenamiento de la información de los MSs temporal.
ASN-GW	<p>El ASN-GW es una NE lógica que realiza funciones de control. El ASN-GW se comunica con su propia NE, como el BS, y también se comunica con la consola NE en el CSN u otros ASNs. El ASN-GW también realiza enrutamiento de datos y modulación entre portadoras.</p>
BTS	<p>El BTS recibe y transmite señales de radio. Por lo tanto, permite la comunicación entre la red WiMAX y la SS/MS.</p>
CSN	<p>El CSN está formado por el router, el agente/servidor AAA, y el gateway de Internet. Se puede construir una red de CSB nueva o utilizar el equipo existente para aplicar las funciones del CSN. El CSN establece la investigación a raíz de funciones basadas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asignación de direcciones IP y los parámetros de sesión. • Facilitar de acceso a Internet.

	<ul style="list-style-type: none"> • Configuración de conexiones Capa-3 y la transferencia de mensajes (tales como la asignación de direcciones IP) para la MS. • Desempeño de las funciones del agente/servidor AAA. • Manejo de la capa de tráfico • Manejo de la gestión de QoS. • Manejo de la gestión de la movilidad entre ASNs • Creación y gestión de los túneles entre la ASN y el CSN. • La prestación de servidor WiMAX, tales como servicios basados en ubicación y los servicios de multidifusión.
HA	El Agente Principal (HA) es la unidad de función dentro del MIP (Mobile IP), responsable de la arquitectura de enrutamiento de datos a los nodos móviles actualmente conectado a una red extranjera.
Estación móvil (MS) / Estación de suscriptor (SS)	<p>La estación móvil (MS) o la estación de suscriptor (SS) es el dispositivo de suscriptor que se comunica con el BS.</p> <p>La MS es un dispositivo móvil.</p> <p>La SS es un dispositivo fijo.</p>
Servicio de Prepago – PPS	En el servicio de prepago (PPS) los abonados deben pagar por el servicio antes de usarlo. El servicio de datos PPS se mide por el tiempo o el tráfico de datos. El servicio sigue el estado de la utilización de servicios, ya sea por interno o por tráfico de datos, y luego se deducen los gastos por la carga transaccional de la cuenta del usuario en tiempo real.
Punto de Control de Servicios – SCP	El punto de control de servicios (SCP) es el componente básico de la red inteligente. Las SCP contienen los datos de suscriptor y la lógica de servicio. Tras la recepción de las solicitudes de consulta del punto de conexión de servicios (SSP), el SCP

	<p>busca en la base de datos y decodificada mensajes según sea necesario. Con base en los hechos reportados por llamar a la SSP, el SCP establece relacionados con la lógica de servicio y envía comandos de control de llamada a la SSP correspondiente, permitiendo así una interacción inteligente de las llamadas.</p>
--	--

Fuente: DBS3900 WiMAX, Huawei Product Description

Elaborado por: Autores

3.8.5. Puntos de referencia definidos por el WiMAX Forum

WiMAX Forum también define determinados puntos de referencia entre las distintas entidades que componen la arquitectura de la red WiMAX, los mismos que logran puntos de interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes.

Existen 6 puntos de referencias obligatorios (del R1 al R6) y 2 que son opcionales (R7 y R8), los mismos que se describen de manera breve a continuación.

Tabla 3.6 Puntos de referencia definidos por el WiMAX Forum

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
R1	Punto de referencia de la interfaz radio entre el MS y el ASN. Incluye todas las características físicas y MAC de los perfiles de WiMAX. Lleva tráfico de usuario y mensajes de control de usuario.

R2	Es la interfaz lógica entre el MS y el CSN. Contiene los protocolos y otros procedimientos implicados en la autenticación, servicios de autorización y administración de la configuración IP.
R3	Es la interfaz lógica entre el ASN y el CSN. Transporta mensajes del plano de control e información del plano de datos a través de un túnel entre el ASN y CSN.
R4	Punto de referencia que interconecta dos ASNs (ASN perfil B) o dos ASN-GW (ASN perfiles A o C). Transporta mensajes del plano de control y de datos, especialmente durante el traspaso de un usuario WiMAX entre ASNs/ASN-GWs. Presenta interoperabilidad entre ASNs de diferentes fabricantes.
R5	Punto de referencia que interconecta dos CSNs. Consiste en el juego de métodos del plano de control y de datos para la comunicación entre el CSN del NSP visitante y el NSP.
R6	Es específico de algunos de los perfiles de ASN. En aquellos en los que el ASN se subdivide en BS y ASN-GW que corresponden con los perfiles A y C. Por tanto, este punto de referencia no es aplicable al perfil B. R6 se encarga de unir el BS y el ASN-GW. Transporta mensajes del plano de control y de datos.
R7	Es una interfaz lógica opcional entre funciones de decisión y aplicación en el ASN-GW.

R8	Es una interfaz lógica entre estaciones base y transporta flujo de intercambio del plano de control que sirve para permitir un rápido y eficiente traspaso entre estaciones base.
-----------	---

Fuente: Biblioteca de ingeniería de la Universidad de Sevilla³⁴

Elaborado por: Autores

3.8.5.1. APM 200 para exteriores

Figura 3.24. APM 200 para exteriores



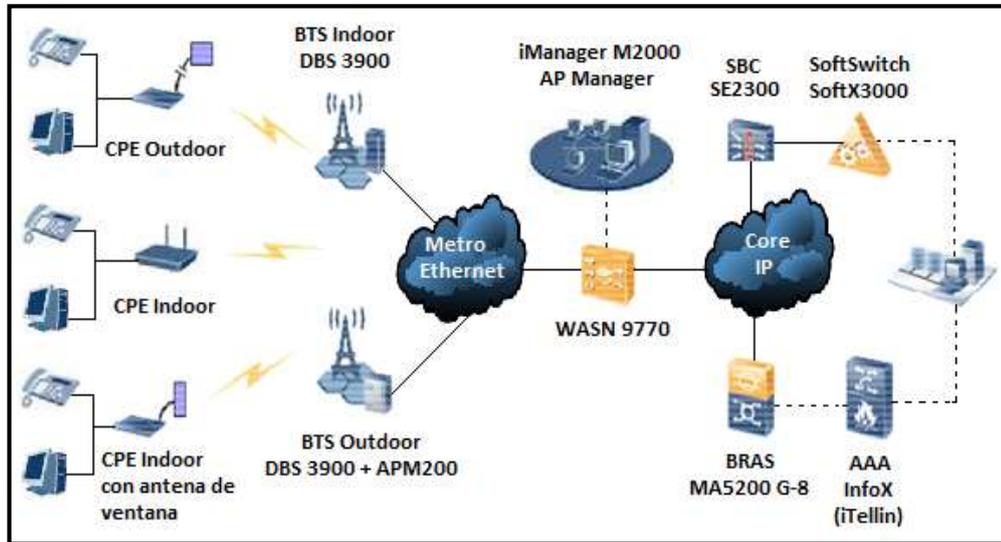
Elaborado por: Autores

El APM es un armario que brinda seguridad y protección del ambiente a los elementos o componentes de una red.

³⁴ <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11677/fichero/Volumen+1%252F3.-WiMAX.pdf>

3.9. Esquema general de la red WiMAX

Figura 3.25. Esquema general de la Red WiMAX

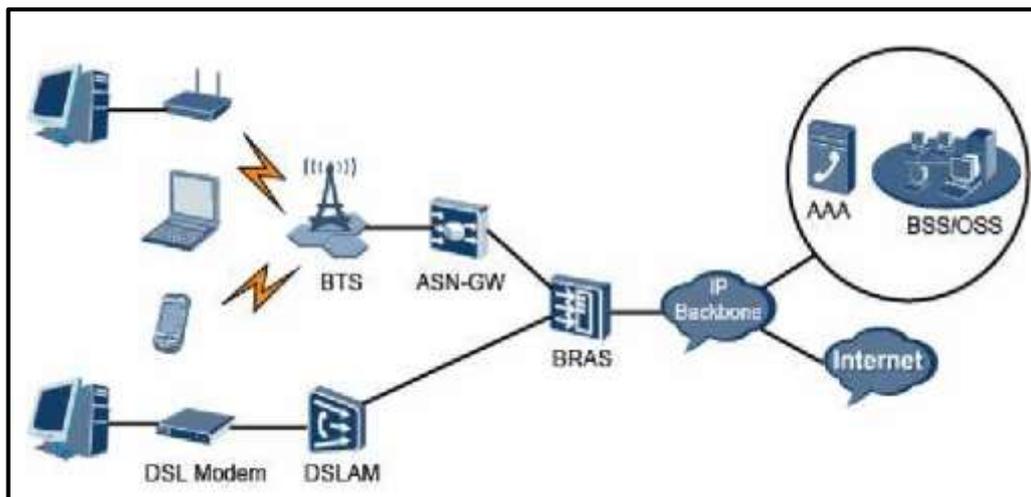


Fuente: Corporación Nacional de telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

3.10. Conexión a la red de datos

Figura 3.26. Esquema de la conexión a la red de datos

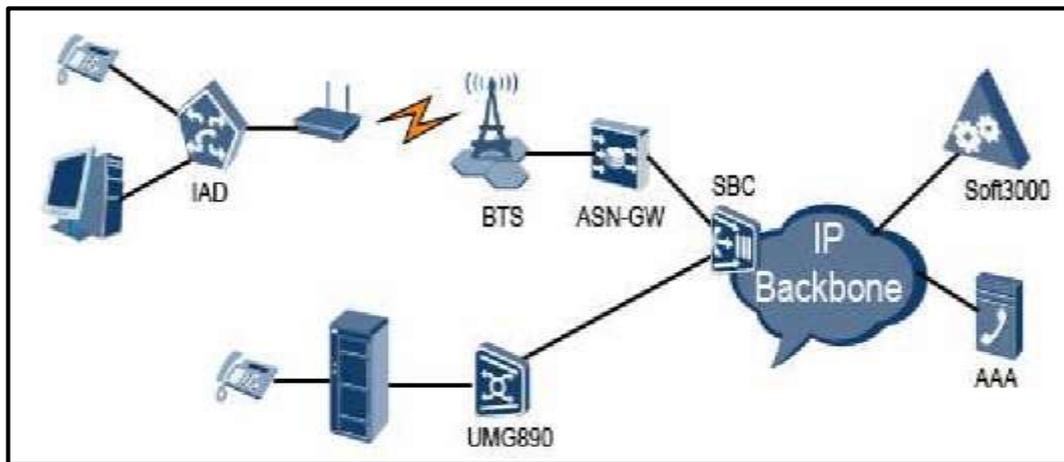


Fuente: Corporación Nacional de telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

3.11. Conexión a la red de voz

Figura 3.27. Esquema de la conexión a la red de voz



Fuente: Corporación Nacional de telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

3.12. Niveles RSSI WiMAX

El CPE normalmente accede y opera en la red cuando el **RSSI > -80dBm**; se le hace difícil acceder en el rango **-90dBm < RSSI < -80dBm**; y se desconecta cuando **RSSI < -90dBm**.

Tabla 3.7. Niveles RSSI WiMAX

RSSI (dBm)	COLORES	EVENTOS
> - 80	Tonos verdes	CPE Conectado
- 90 < RSSI < -80	Amarillo	Acceso difícil
< - 90	Rojo	Desconexión del CPE en algunos casos

Fuente: Corporación Nacional de telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

Es necesario resaltar que para valores de RSSI menores a -80 dBm, se debería usar un CPE *outdoor* o un *indoor* con antena *outdoor* direccional.

3.13. Niveles CINR WiMAX

El CPE normalmente puede acceder y operar en la red cuando $CINR > 10$ dB; se le dificulta cuando $10dB < CINR < 5dB$; y se desconecta cuando $CINR < 5dB$.

Es necesario resaltar que para valores de CINR menores a 5 dB, se debería optimizar la zona para reducir interferencia, evitar el objetivo por su situación geográfica o realizar un escaneo de frecuencias en búsqueda de interferencias externas.

Tabla 3.8. Niveles CINR WiMAX

CINR (dB)	COLORES	EVENTOS
> 10	Tonos verdes	CPE Conectado
$5 < CINR < 10$	Azul	Acceso difícil
$CINR < 5$	Rojo	Desconexión del CPE en algunos casos

Fuente: Corporación Nacional de telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

3.14. Throughput sugerido se acuerdo a la calidad de la señal

Tabla 3.9. Throughput sugerido de acuerdo a la calidad de la señal

MaximumDownlinkRate (Mbps)	Downlink RSSI	Downlink CINR
256Kbps	>-80	13
512Kbps	>-76	17
1Mbps	>-72	23
2Mbps	>-68	27

Fuente: Corporación Nacional de telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

3.15. Capacidad de una radio base

Asumiendo que la distribución de clientes dentro de una estación base es la siguiente:

Tabla 3.10. Capacidad de una radio base

PERFIL	Datos UP LINK (Kbps)	Datos DOWN LINK (Kbps)	TELEFONIA (Códec G.711)	% DE DISTRIBUCION	Sobre suscripción
A	1024	1024	----	10	4
B	256	512	1 POTS	30	8
C	128	256	1 POTS	40	8
D	----	----	1 POTS	15	
E	----	----	2 POTS	5	

Fuente: Corporación Nacional de telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

La cantidad de CPEs que se puede atender con las radio bases WiMAX de acuerdo a los perfiles indicados sería de 234.

Tabla 3.11. Cantidad de CPEs que se puede atender con las radio bases WiMAX

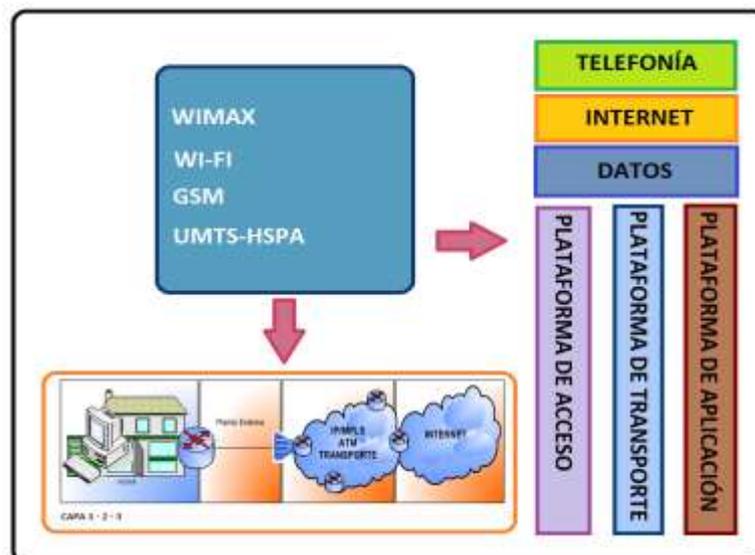
	DL	UL
Throughput máximo por BS (tres sectores)	30Mbps	11.3Mbps
Número de usuarios soportados por BS	568	234
Número de usuarios final por BS según los perfiles indicados	<u>234</u>	

Fuente: Corporación Nacional de telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

3.16. Modo de operación de WiMAX

Figura 3.28. Modo de operación de WiMAX



Elaborado por: Autores

3.17. Plataforma de acceso

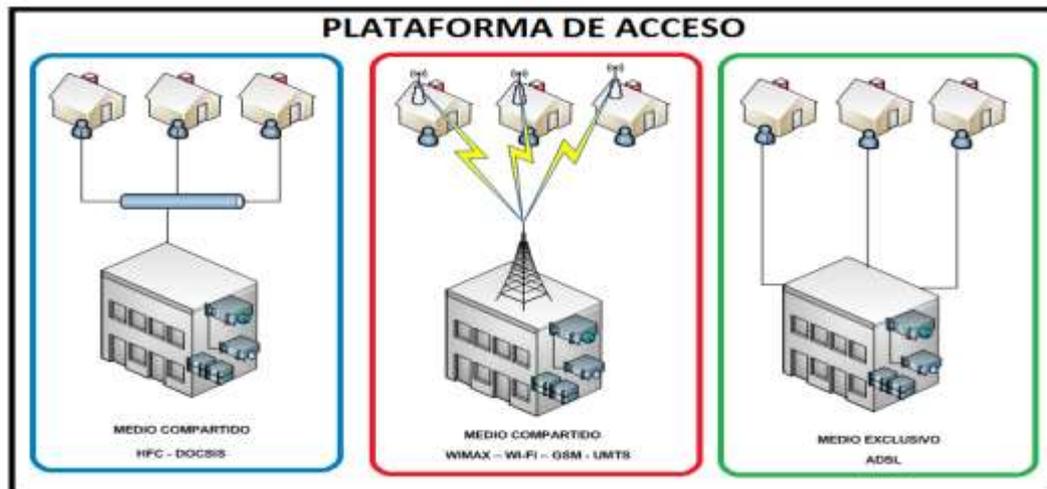
Según documenta la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (2012)

WiMAX, WI-FI, GSM, UMTS son plataformas de acceso cuyo medio de conexión es el aire. Todos los servicios prestados a través de estas tecnologías son compartidos por todos sus usuarios.

En WI-FI, la frecuencia a la cual se comunican los equipos es abierta. Todos pueden instalar señales a la misma frecuencia. WiMAX, GSM, UMTS, tienen un canal privado que impide la interferencia de otras redes inalámbricas.

En UMTS-HSPA, el canal se comparte para todos los celulares y laptops que estén en la zona. La radio base ofrece un máximo de 7.2Mbps x sector para todas las conexiones. En WiMAX el canal se comparte para todos los servicios fijos de telefonía e internet. La radio base ofrece un máximo de 10 Mbps x sector para todas las conexiones. (Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P, 2012)

Figura 3.29. Plataforma de acceso de WiMAX



Elaborado por: Autores

Tabla 3.12. Tabla de Tecnología de Acceso

TECNOLOGÍA DE ACCESO	MAX.	
	BAJADA	SUBIDA
ADSL2+	24 Mbps	3.5 Mbps
DOCSIS 2.0	40 Mbps	30 Mbps
WIMAX	10 Mbps	10 Mbps
UMTS	7.2 Mbps	7.2 Mbps

Fuente: Corporación Nacional de telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

Tabla 3.13. Tabla de DL Speed

DL Speed	64 Kbps	144 Kbps	384 Kbps	2 Mbps
HSPA	31 sub/sector	15 sub/sector	7 sub/sector	1 sub/sector
UMTS				
WIMAX	281 sub/sector	125 sub/sector	46 sub/sector	9 sub/sector

Fuente: Corporación Nacional de telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

3.18. Principales aplicaciones de WiMAX

La utilización de sistemas de comunicaciones inalámbricas WiMAX proporciona grandes posibilidades para entornos en situaciones muy diversas, entre las que podemos mencionar las siguientes:

- Tecnología de última milla para provisión de banda ancha.
- Conectividad en zonas rurales o con alta dispersión geográfica.
- Interconexión de infraestructuras de telecomunicaciones.
- Despliegue de instalaciones distribuidas de seguridad o industriales.
- Puesto de trabajo móvil en entorno laboral.
- Internet Móvil.

- Servicios de Movilidad.
- Conectividad para catástrofes y situaciones provisionales.(Principales aplicaciones de WiMAX - redeswimaxs jimdo page, 2009)

3.19. Disponibilidad del espectro WiMAX

Según informe elaborado por Michael W. Thelander (2005)

WiMAX abarca un rango de espectro radioeléctrico debajo de los 11GHz. Dentro de este rango de frecuencias, el espectro más probable está disponible en 2.3GHz, 2.4GHz, 2.5GHz, 3.5GHz, 5.8GHz y, potencialmente, en 700MHz. Por esta razón, para asegurar la interoperabilidad mundial, los CPE, tarjetas de datos o soluciones con chips incorporados de WiMAX deberían soportar hasta 5 bandas de frecuencia. El espectro disponible se divide en dos categorías distintivas: sin licencia y con licencia. (WIMAX FINAL, 2005).

3.19.1. Sin licencia

El espectro que no requiere licencia y que puede emplearse en WiMAX es el de 2.4GHz y 5.8GHz. Cabe recalcar que al utilizar espectro no licenciado nuestro enlace será propenso a interferencias. Sin embargo la libertad para operar sin licencia varía dependiendo del país.

3.19.2. Con licencia

El espectro que requiere licencia tiene un precio potencialmente alto, pero el costo es justificado, sobre todo cuando requerimos altos estándares en lo que respecta a la calidad de servicio. Al contar con el licenciamiento contaremos con el uso exclusivo del espectro, evitando de esta manera la presencia de interferencias. Para poder obtener la concesión de una frecuencia será necesario cumplir con las bases legales y requisitos solicitados por el CONATEL.

El espectro licenciado se encuentra en los 700MHz, 2.3GHz, 2.5GHz y 3.5GHz; obteniendo mayor atención las 2 últimas frecuencias mencionadas.

3.20. Procesado de señal (CAPA PHY)

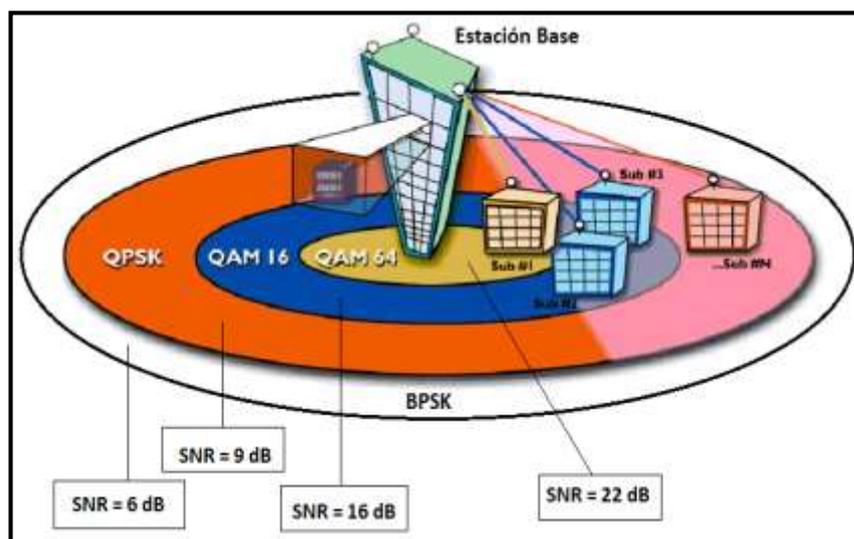
3.20.1. Modulación adaptativa

Según menciona Juan Esteban Gonzalez (2013)

Los diferentes órdenes de modulación permiten enviar más bits por símbolo y, por tanto, alcanzar un mayor rendimiento y eficiencia espectral.

El uso de modulación adaptativa permite que un sistema inalámbrico pueda escoger el orden de modulación en función de las condiciones del canal. Para el caso de WiMAX, a mayor distancia de la estación base menor es el orden de modulación, pasando por las siguientes técnicas: 64QAM, 16QAM, QPSK y BPSK. (Modulación adaptativa - redeswimaxs jimdo page!, 2013).

Figura 3.30. Modulación adaptativa



Fuente: Redes Wimax³⁵

³⁵ Internet, <http://redeswimax.jimdo.com/wimax/procesado-de-se%C3%B1al/modulaci%C3%B3n-adaptativa/>

3.21. Modos de acceso a la radio

Existen varios modos de acceso a la radio, los cuales describiremos a continuación.

3.21.1. CLI –Command Line Interface

CLI se encuentra basado en líneas de comandos, por lo tanto no existe el modo gráfico.

Para acceder mediante línea de comandos podemos mencionar las siguientes herramientas:

- Interface Serial
- MAC Telnet (La interface debe estar habilitada)
- Telnet (dirección IP es requerida)
- SSH (dirección IP es requerida)

La primera vez que accedemos a la radio deberemos autenticarnos con el usuario “admin” sin necesidad de un password.

Una vez que hemos accedido a la consola escribiremos “?” y automáticamente aparecerán todos los comandos disponibles en el menú de nuestro nivel actual.

```
[admin@MikroTik] > [?]
```

Si presionamos “Tab” dos veces podremos observar una lista de los comandos disponibles

```
[admin@MikroTik] >ip [Tab][Tab]
```

Es importante mencionar que los comandos que podremos visualizar en cualquier nivel son los siguientes:

```
[admin@MikroTik] >ip address [?]
```

[admin@MikroTik] >ip address print [Enter]

Cabe recalcar que los comandos y argumentos no tienen que ser obligatoriamente escritos completamente.

[admin@MikroTik] > /ipaddpri → [admin@MikroTik] > /ipaddressprint

Además podemos ir comando por comando accediendo a los diferentes niveles del menú.

[admin@MikroTik] >ip [Enter]

[admin@MikroTik] ip> address [Enter]

[admin@MikroTik] ip address> print [Enter]

Para subir de nivel en el menú usamos “..”

Para subir al nivel raíz del menú usamos “/”

3.21.1.1. Comandos más utilizados en CLI –Command Line Interface

Entre los comandos más utilizados podemos citar los siguientes:

print	→ Imprime las propiedades del ítem
monitor	→ Muestra el status del ítem
add	→ Agrega un ítem
set	→ Modifica una propiedad del ítem
remove	→ Remueve un ítem
/undo	→ Desecha la última modificación
/redo	→ Repite la última acción
/export	→ exporta todos los comandos de configuración
/import	→ Importa los comandos de un archivo
/systembackup	→ Respalda, restablece la configuración
Ctrl-x	→ Si la terminal se desconecta revierte la configuración

3.21.2. GUI –Graphical Use Interface

A diferencia del método citado anteriormente este modo de acceso se basa en el modo gráfico, lo cual le permite al usuario configurar las radios a través de una interfaz sencilla.

Una de las herramientas que nos proporciona Mikrotik es Winbox, el cual es un ejecutable .exe y que puede ser descargado desde el sitio web oficial de Mikrotik de manera gratuita.

3.21.2.1. Winbox

Winbox es una herramienta de Mikrotik utilizada para acceder de manera sencilla a un dispositivo Mikrotik desde un computador. Winbox es mucho más sencillo que el CLI, al contar con una interfaz gráfica.

Winbox se caracteriza por utilizar el puerto TCP 8291, el cual le permite establecer la conexión con el ruteador. Cabe recalcar que la comunicación entre Winbox y el ruteador se encuentra encriptada. El método de acceso de Winbox es mediante dirección IP o MAC.

Figura 3.31. Interfaz principal de Winbox



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

Dentro de las posibilidades de configuración más utilizadas de Winbox podemos citar el modo Bridge, el cual detallaremos a continuación.

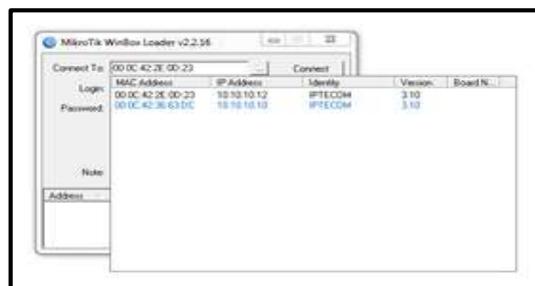
a) Bridge

Las interfaces del tipo Ethernet, pueden conectarse integrándolas en capa 2 del modelo OSI (Bridge) El modo bridge permite la interconexión de hosts conectados en diferentes segmentos de red (LAN) como si estos estuvieran en el mismo segmento.

3.22. Configuración de los equipos mediante Winbox

3.22.1. Configuración con Winbox – AP Bridge

Figura 3.32. Selección de la radio



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

Figura 3.33. Selección de la radio

MAC Address	IP Address	Identity	Version	Board No.
00:0C:42:2E:00:23	10.10.10.12	IPTECOM	3.10	
00:0C:42:38:63:DC	10.10.10.10	IPTECOM	3.10	

Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

Figura 3.34. Tabla de interfaces activas

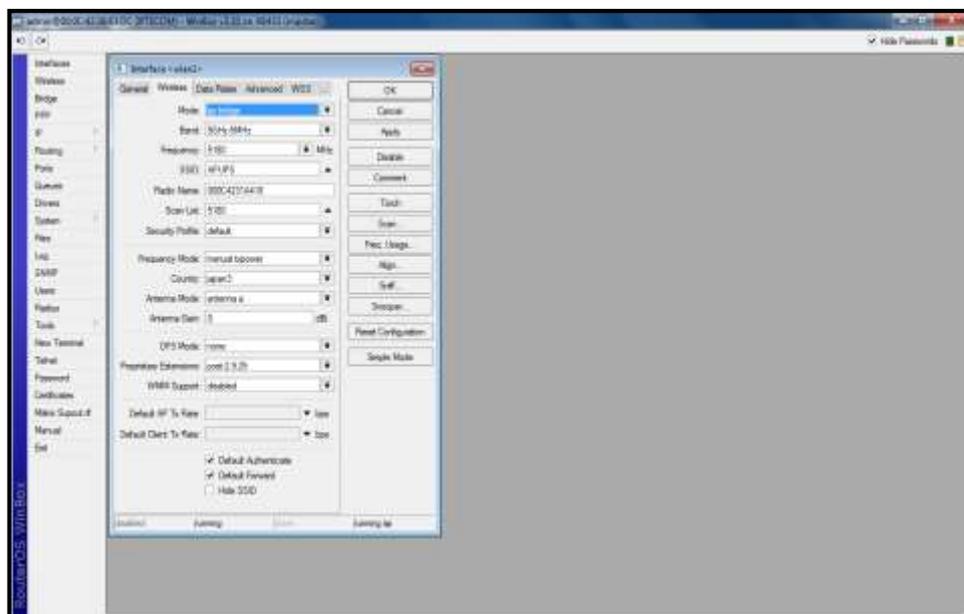
The screenshot shows the Mikrotik WinBox interface with the 'Interfaces' window open. The window displays a table of active interfaces. The table has columns for Name, Type, MTU, Tx, Rx, Tx Pkts, Rx Pkts, Bps, Address, Vlan, Mode, Band, Frequency MHz, and SSID. Two interfaces are listed: 'wlan1' and 'wlan2', both of type 'Wireless (802.11)'. The 'wlan1' interface has an address of '6:00:0C:4D:21:04:05' and is in 'wired' mode. The 'wlan2' interface has an address of '11:00:0C:4D:21:04:05' and is also in 'wired' mode.

Name	Type	MTU	Tx	Rx	Tx Pkts	Rx Pkts	Bps	Address	Vlan	Mode	Band	Frequency MHz	SSID
wlan1	Wireless (802.11)	1500	32.3 Kbps	4.4 Kbps	20	6	6.00 Kbps	6:00:0C:4D:21:04:05	wired	no bridge	5.00 MHz	1100 AP-DPS	
wlan2	Wireless (802.11)	1500	32.3 Kbps	3.4 Kbps	20	11	6.00 Kbps	11:00:0C:4D:21:04:05	wired				

Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

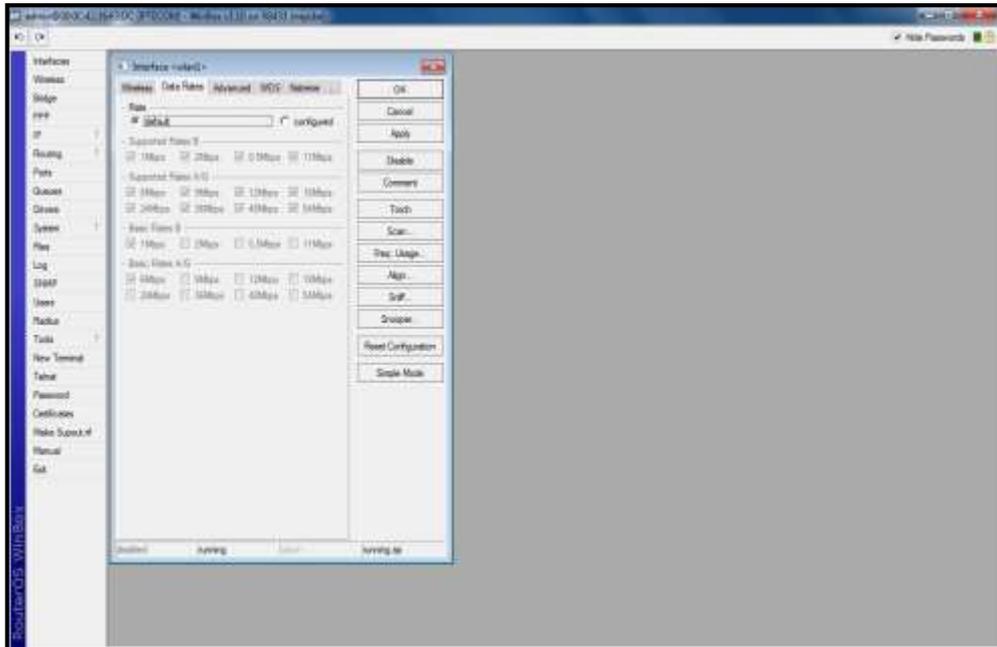
Figura 3.35. Configuración básica de la radio



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

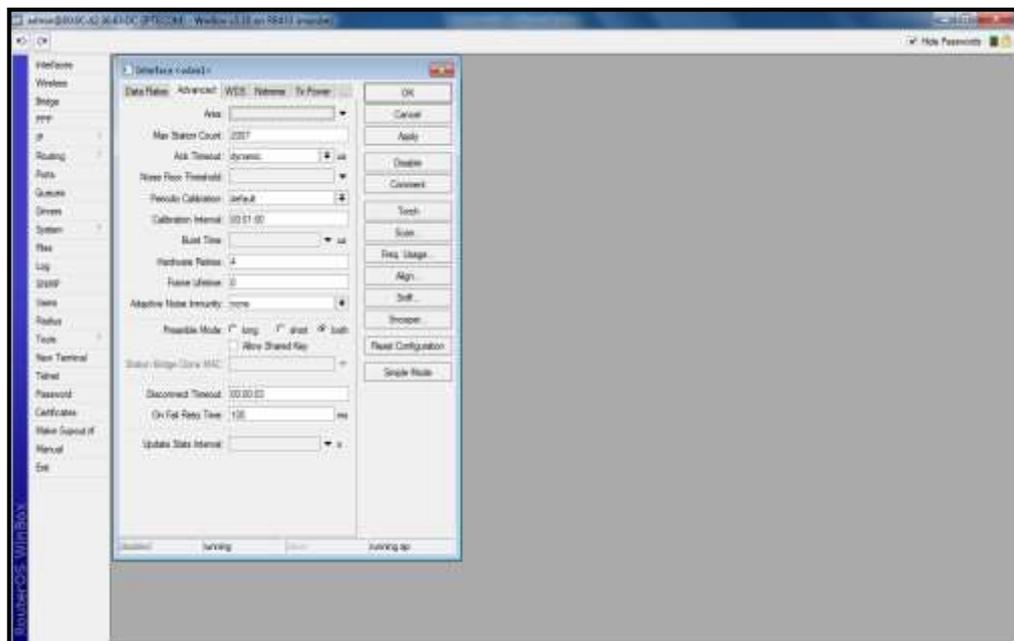
Figura 3.36. Configuración de velocidad de transferencia de datos



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

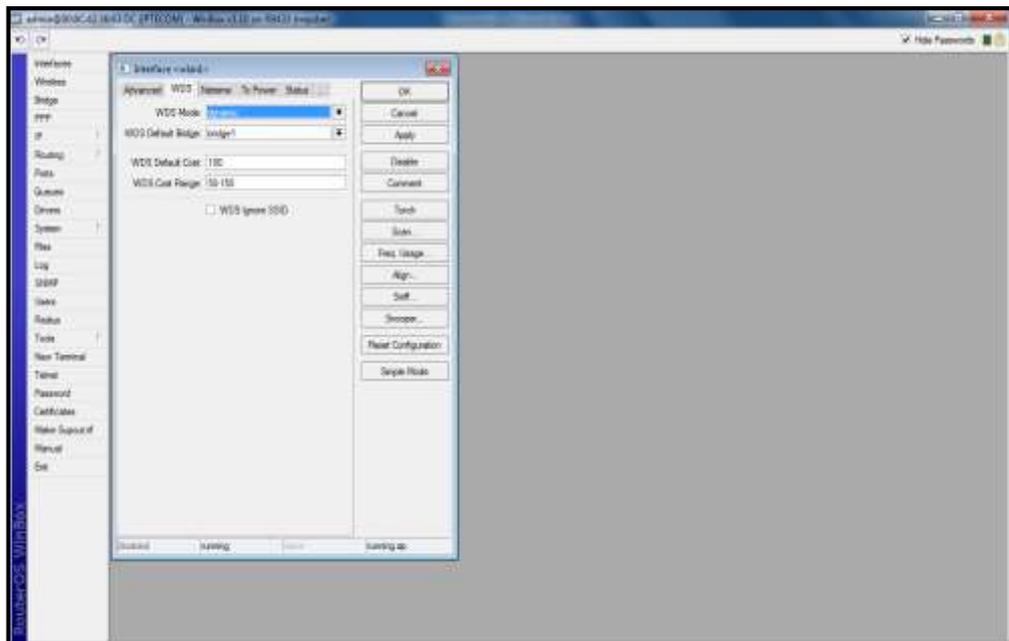
Figura 3.37. Configuración avanzada de la radio



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

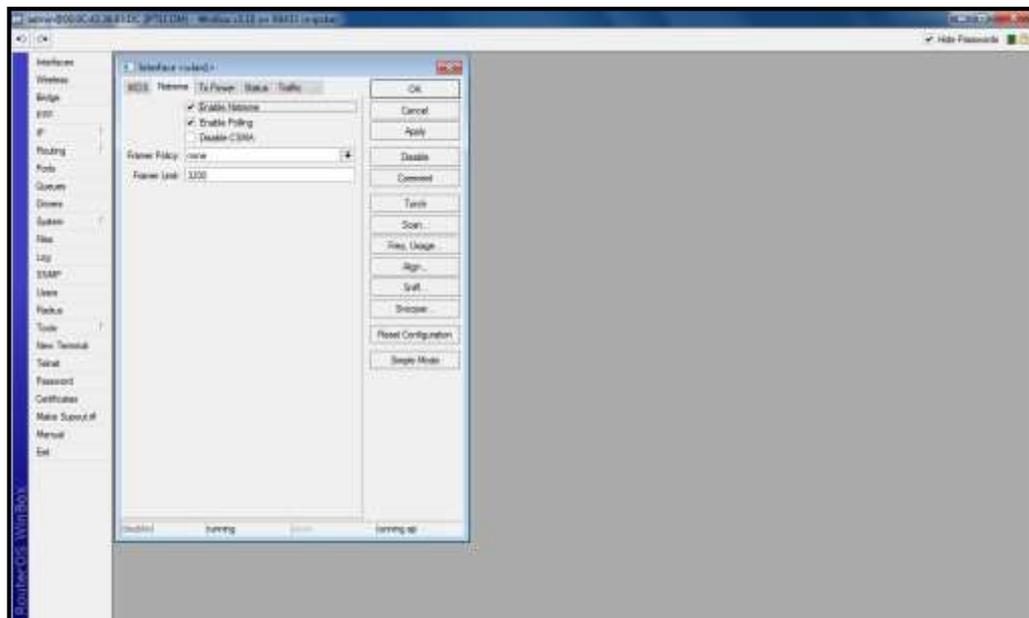
Figura 3.38. Configuración del sistema de distribución inalámbrico (WDS)



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

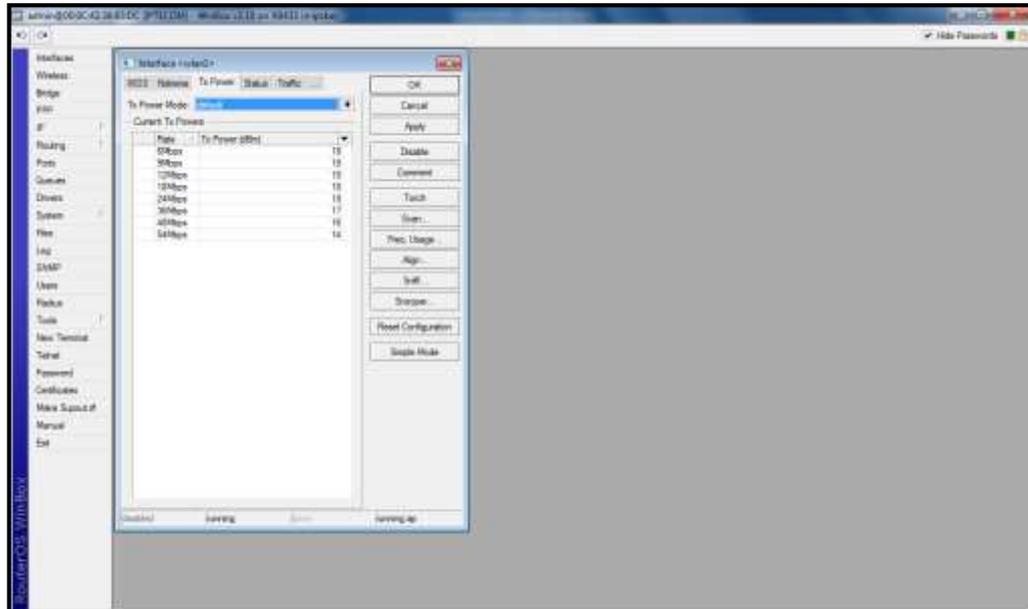
Figura 3.39. Configuración de NStreme



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

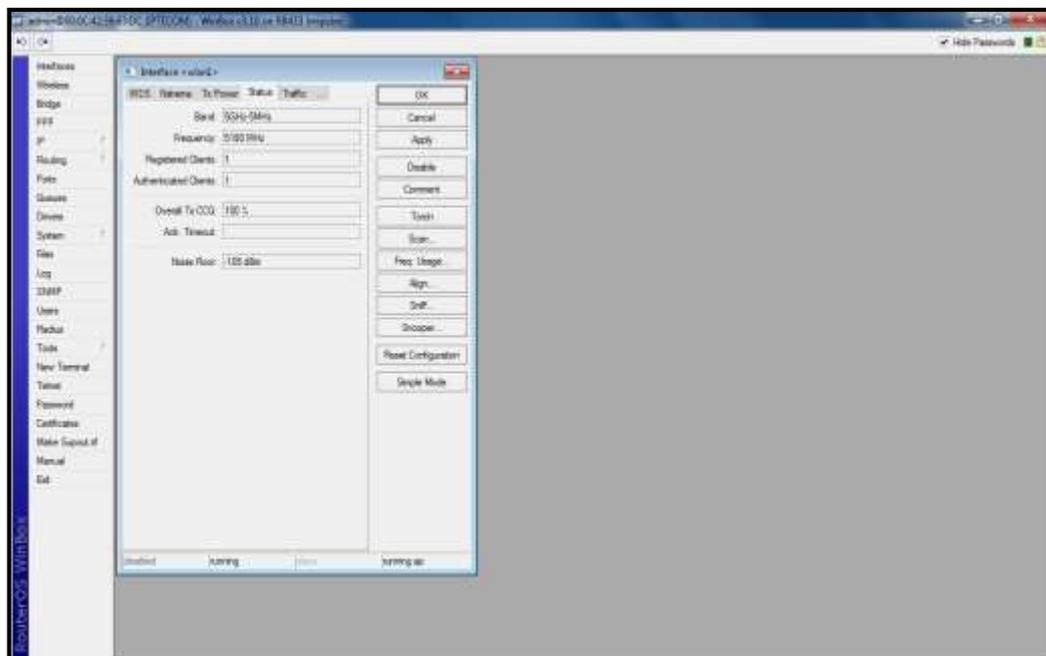
Figura 3.40. Configuración de la potencia de transmisión



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

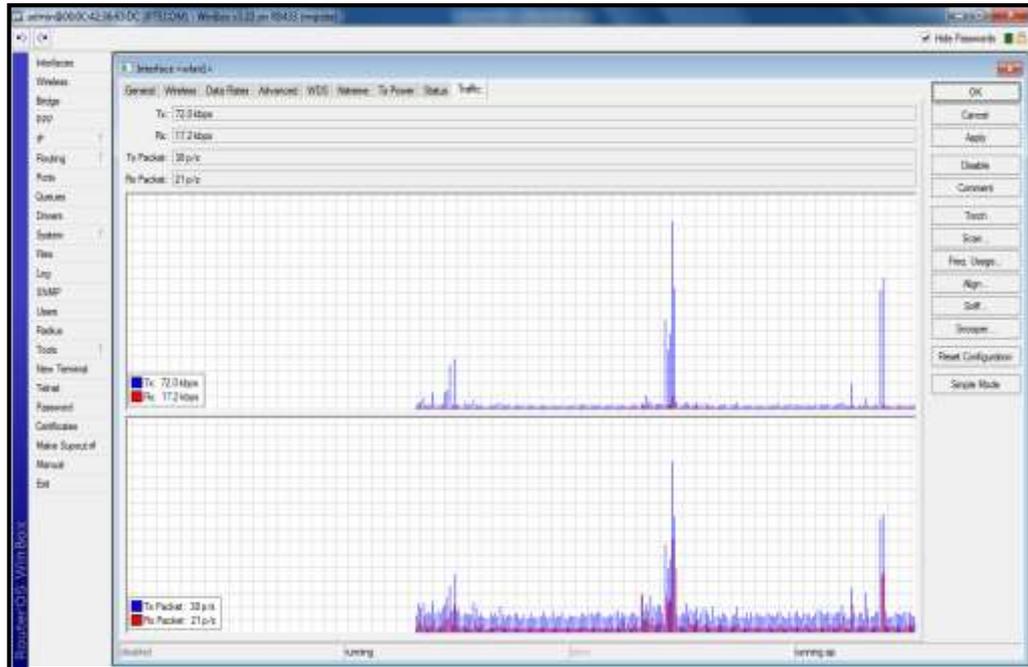
Figura 3.41. Visualización del estado de la radio



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

Figura 3.42. Visualización de tráfico generado en el enlace

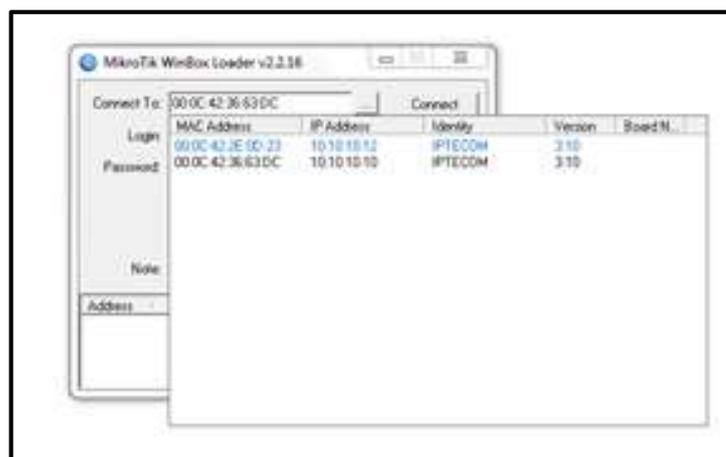


Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

3.22.2. Configuración con Winbox - Station WDS

Figura 3.43. Selección de la radio



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

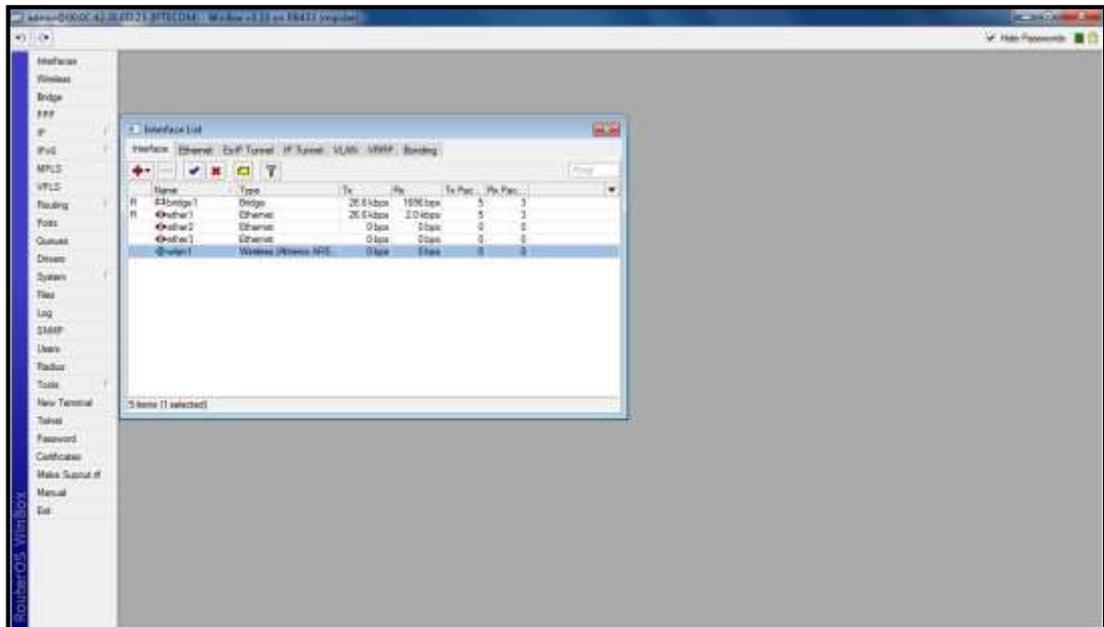
Figura 3.44. Elección de la radio a acceder

MAC Address	IP Address	Identity	Version	Board N...
00:0C:42:2E:0D:23	10.10.10.12	IPTECOM	3.10	
00:0C:42:36:63:DC	10.10.10.10	IPTECOM	3.10	

Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

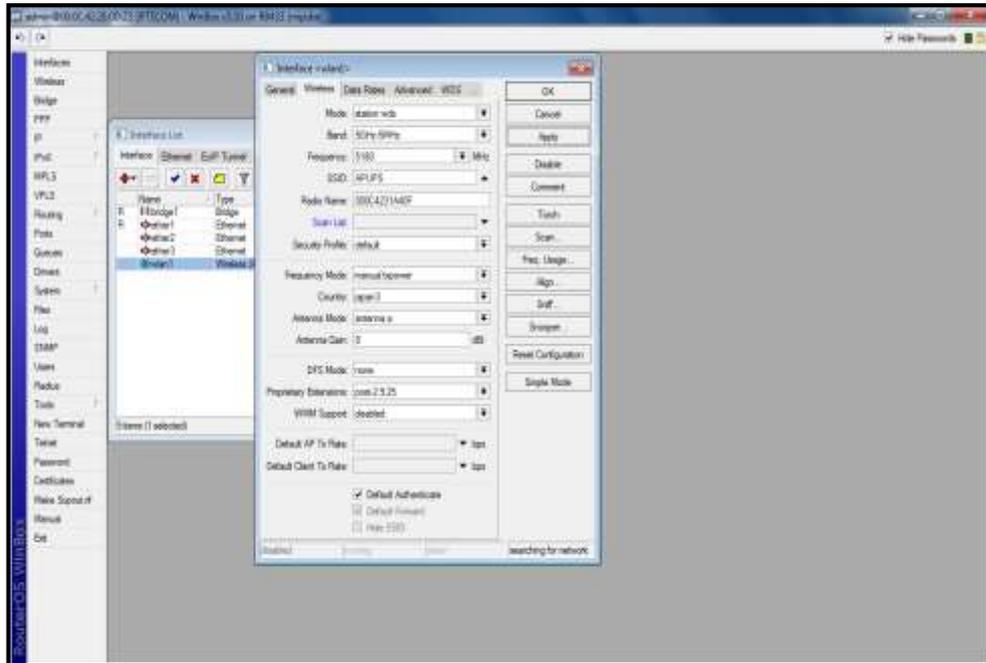
Figura 3.45. Tabla de interfaces activas



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

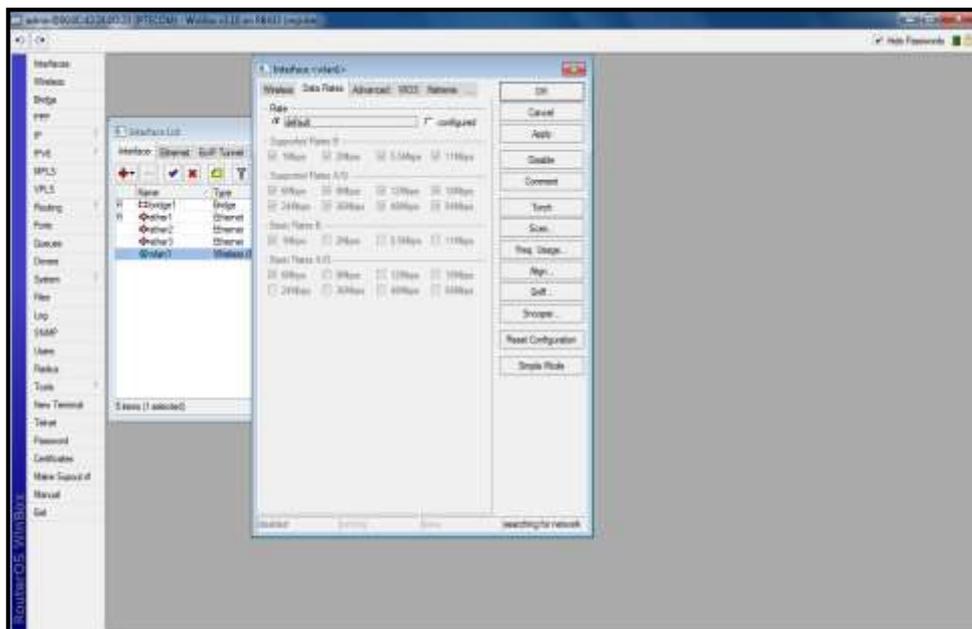
Figura 3.46. Configuración básica de la radio



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

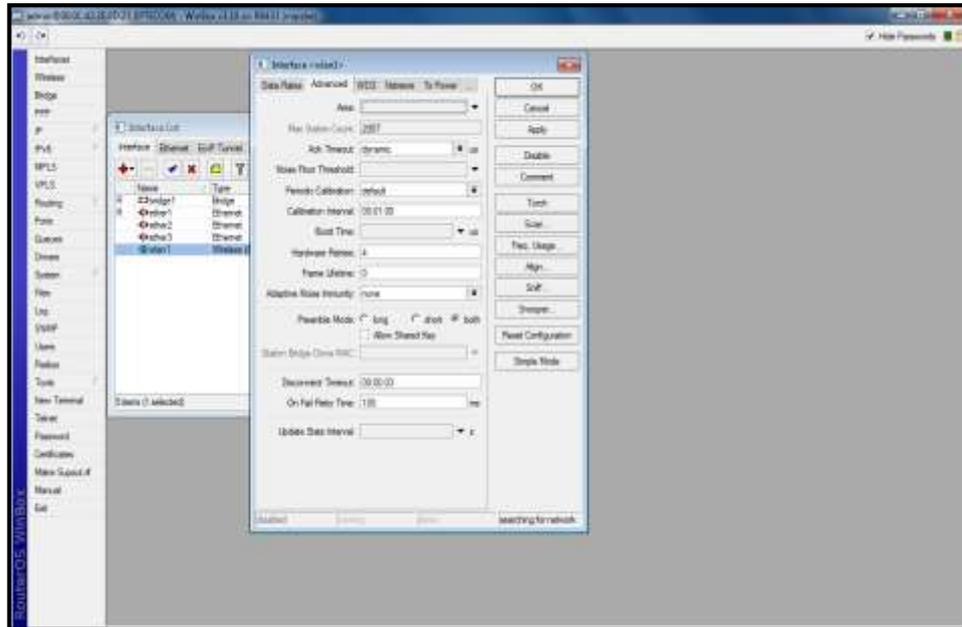
Figura 3.47. Configuración de velocidad de transferencia de datos



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

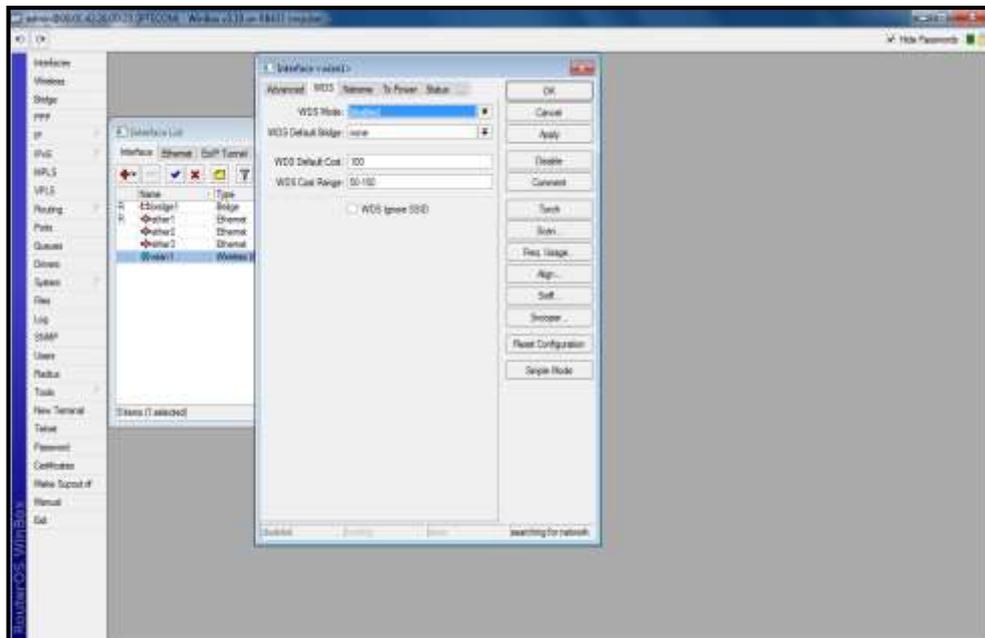
Figura 3.48. Configuración avanzada de la radio



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

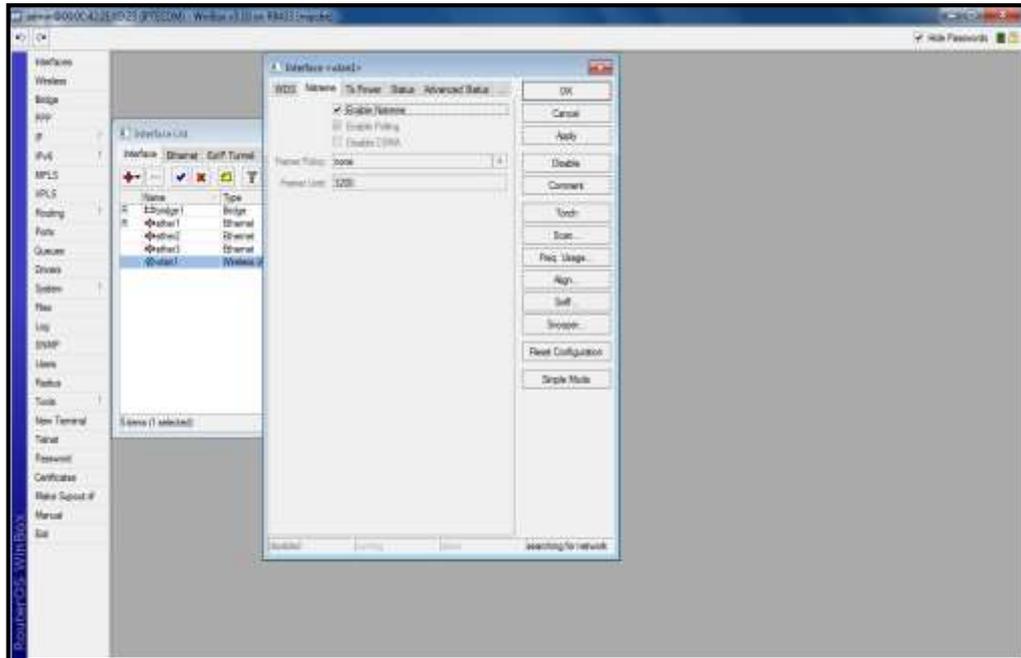
Figura 3.49. Configuración del sistema de distribución inalámbrico (WDS)



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

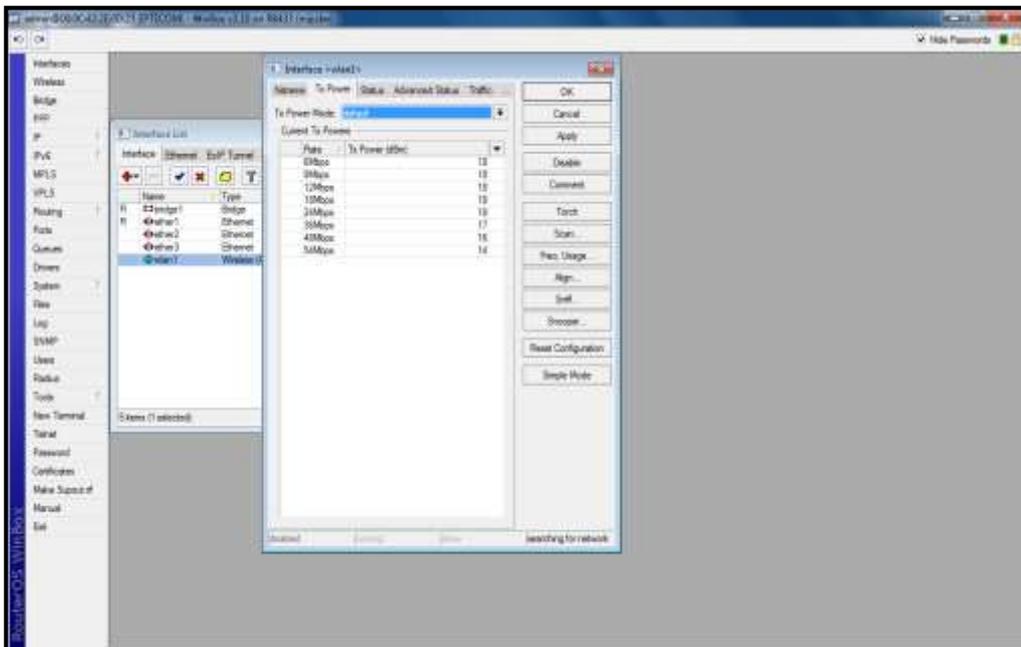
Figura 3.50. Configuración de NStreme



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

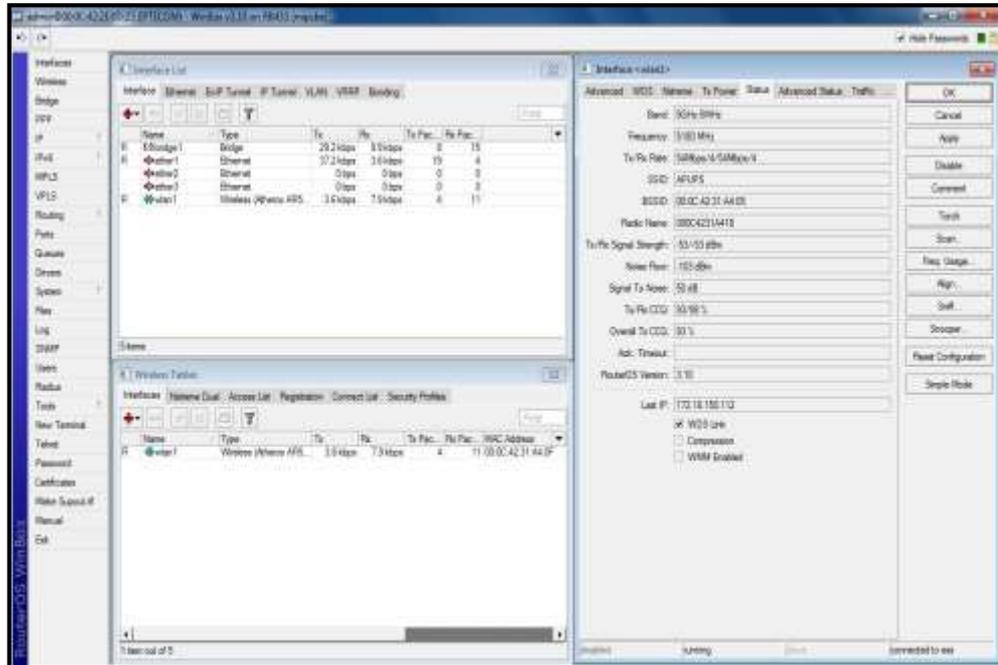
Figura 3.51. Configuración de la potencia de transmisión



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

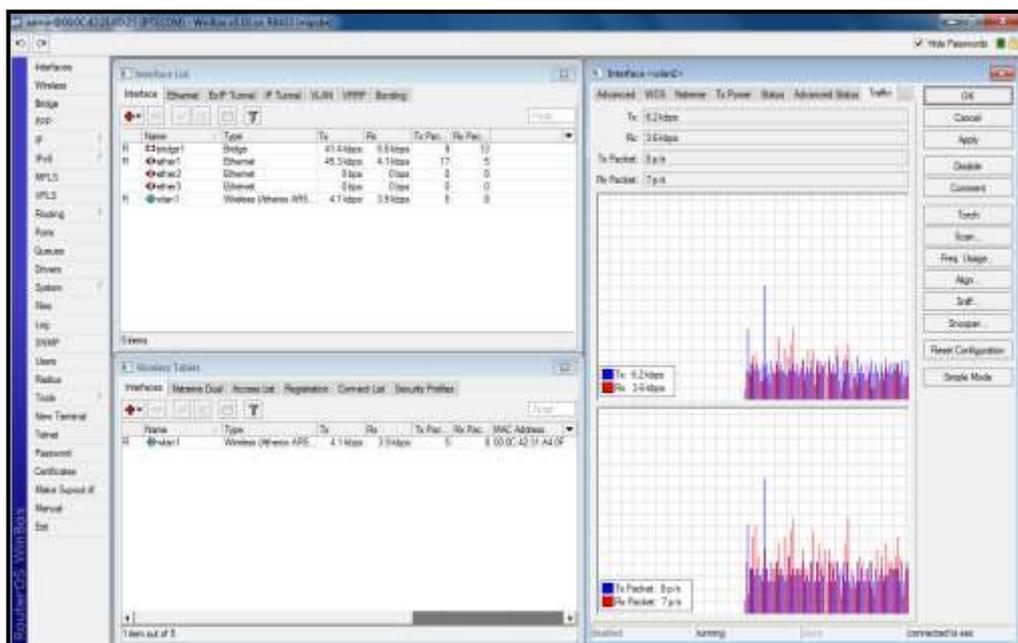
Figura 3.52. Visualización del estado de la radio



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

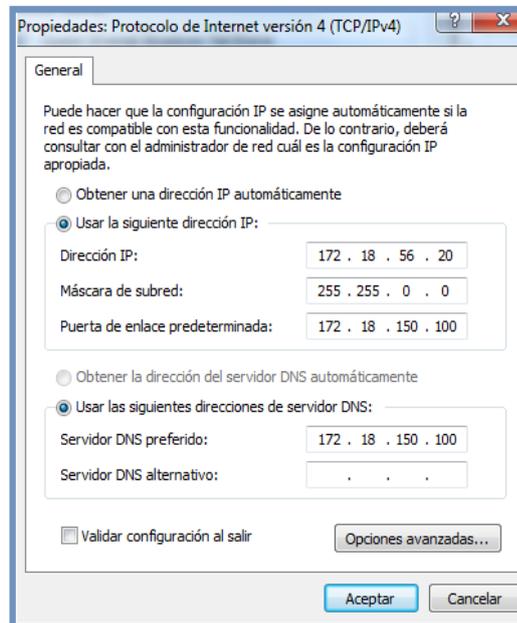
Figura 3.53. Visualización de tráfico generado en el enlace



Fuente: Winbox

Elaborado por: Autores

Figura 3.54 Configuración ip en computador del docente



Elaborado por: Autores

CAPITULO 4

4. ESTIMACIÓN DE COSTOS

4.1. WiMAX Forum

El WiMAX Forum es una organización no lucrativa creada para certificar e impulsar la compatibilidad e interoperabilidad de equipos de banda ancha inalámbrica basados en el estándar IEEE 802.16, el mismo que reúne a las empresas líderes en telecomunicaciones con la tecnología WiMAX a nivel mundial.

El principal objetivo del WiMAX Forum es fomentar la introducción de la tecnología WiMAX en el mercado de las telecomunicaciones.

Cabe recalcar que para que un producto o equipo consiga la certificación por el WiMAX Forum debe cumplir ciertos parámetros que comprenden la interoperabilidad y el soporte de redes de banda ancha fijas, portables, y de servicios móviles.

Es por esta razón que el WiMAX Forum trabaja íntimamente con los proveedores de servicio y las entidades reguladoras con la finalidad de garantizar que los sistemas que son certificados cumplan con los altos estándares, demandas de los consumidores y de los gobiernos.

4.1.1. Principales fabricantes miembros del WiMAX Forum

Entre algunos de los fabricantes que forman parte, trabajan y participan tecnológicamente en el WiMAX Forum tenemos:

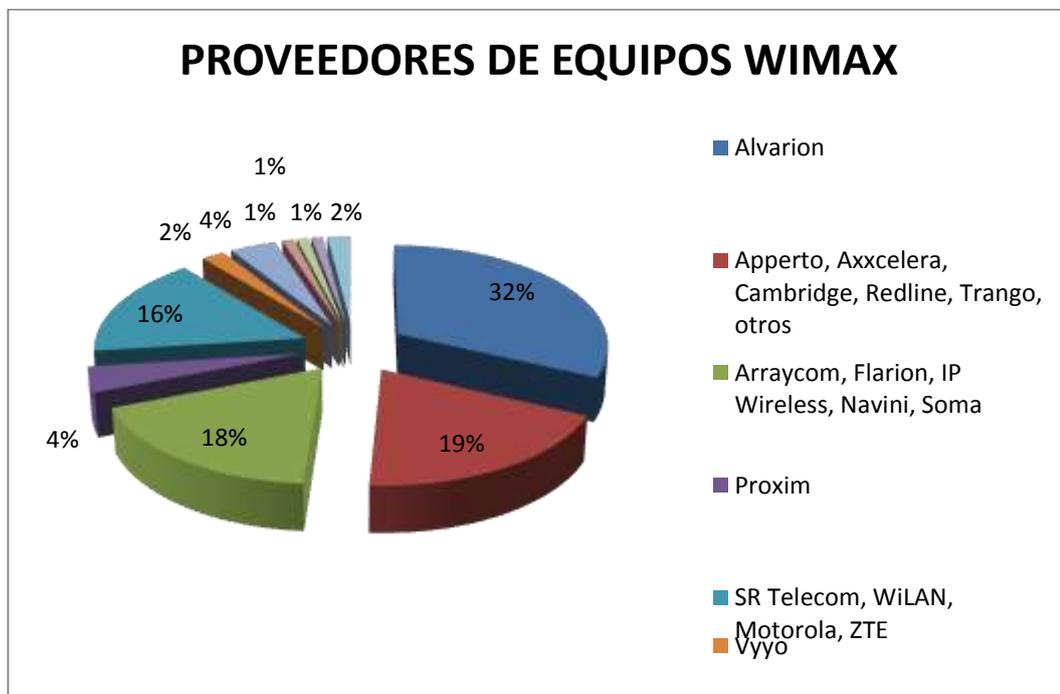
Figura 4.1. Principales precursores WiMAX



Fuente: Wimax Forum³⁶

4.1.2. Proveedores de equipos y tecnología WiMAX a nivel mundial

Figura 4.2. Proveedores de equipos y tecnología WiMAX a nivel mundial



Elaborado por: Autores

³⁶ <http://www.wimaxforum.org/about/member-companies>

4.1.3. Miembros de la junta WiMAX Forum

Tabla 4.1. Miembros de la junta – WiMAX Forum

Airspan Networks	Alvarion	Clearwire
GE	Green Packet Berhad	Hitachi, Ltd
Huawei Technologies	Industrial Technology Research Institute	Intel Corporation
KDDI	KT Corporation	Samsung
UQ Communications	Wateen Telecom (Pvt.) Limited	YTL Communications

Elaborado por: Autores

4.1.4. Miembros Principales – WiMAX Forum

Tabla 4.2. Miembros principales – WiMAX Forum

BC Hydro	CelPlan Technologies	Côte d'Ivoire Telecom
ETRI	Franklin Wireless	Fujitsu Toshiba Mobile Communications Limited
GCT Semiconductor, Inc.	Infomark	ITC Networks
Japan Radio	Kyocera	MicroTeckEnterprises (Pty) Ltd
Mitsumi Electric Co.,LTD.	Modacom Inc.	NEC
Novatel Wireless	Panasonic	PureWave Networks, Inc.
SEM	Sequans Communications	SIRIM QAS International Sdn. Bhd
SK Telesys	Sumitomo Electric Industries, Ltd.	Teltonika
Toshiba Corporation	TPS	Ubee Interactive

Elaborado por: Autores

4.1.5. Miembros Regulares WiMAX Forum

Tabla 4.3. Miembros regulares – WiMAX Forum

2K Telecom S.R.L.	Accenture	Access Telecom
Advantest Corporation	Agilent	Air Network Solutions
Aksoran	Applied Communication Sciences	Aptilo Networks
Azqtel Limited	Bangladesh Internet Exchange Ltd.	Banglalion Communications Ltd.
BSNL	Busyinternet	Cablevision SA
CaribServe	Choice Communications LLC	Ciena Corporation
Cisco Systems	Commspeed LLC	Craig Wireless
Datame	Digicel	Digicel Fiji
Direct On PC	ETSA Utilities	Fanoos
Fujikura Ltd.	Full Stream LLC	FundacaoCPqD
Global Mobile Corporation	Globe Telecom, Inc.	GSM Kazakhstan OJSC "Kazakhtelecom" LLP
Harris Caprock	Heart Network Co.,Ltd	Hydro One Networks
Iberbanda S.A.	Imagine	ISB corporation
Itochu Techno-Solutions Cporation	ITT Corporation	Limited Liability Company "Babilon-T"
Lithuanian Radio & TV Center	Mada Communication	Malawi Telecommunications Limited
MilmexSystemyKomputerowe SP Zoo	MIMOS Berhad	MobinNet
Multinet	Neovia Telecommunication SA	Nippon Telegraph and Telephone
Northern Michigan University	OLO Del Perú S.A.C	Open Wireless Platform, LLC
PT. First Media.Tbk	Qatar Telecom (Qtel)	Reinan Cable Network

		Co., Ltd
Rohde & Schwarz	Selex ES	SkyOnline
SP-AusNet	Spectranet	Speedconnect
Swift Networks Limited	Symantec	Synkro Southwest, LLC
Telecommunication Engineering Centre	Telespree	TTK Svyaz
U-Konekt	uMAX (Dandemutande Investments (Pvt) Ltd)	Umniah Mobile Company
Valink	Valley Technologies Private Limited	Vee TIME Corp.
Vividwireless	VTEL Georgia	Wind Telecom
wi-tribe	Xcel Energy	Zain Bahrain
Labs	AT4 Wireless	Bureau Veritas ADT
CATR	TTA	

Elaborado por: Autores

4.2. Proveedores de equipos y tecnología WiMAX analizados

4.2.1. Alvarion

Alvarion es una compañía Israelí fundada en el año de 1992 , con más de 3 millones de unidades implantadas en más de 150 países, es el principal fabricante a nivel mundial de banda ancha inalámbrica dirigida a ISPs, operadoras de telecomunicaciones privadas y públicas, mercado empresarial y Administraciones Públicas. La compañía juega un importante papel en los comités de estandarización IEEE e HiperMAN y participa activamente en los Forums WiMAX más representativos.

Con el lanzamiento de su plataforma WiMAX-Ready, BreezeMAX™ en junio de 2004, Alvarion confirma su liderazgo y dominio en el desarrollo de la tecnología WiMAX, la próxima generación de acceso inalámbrico de banda ancha. (Alvarion, 2013).

Figura 4.3. Equipos Alvarion BreezeMAX



Fuente: Alvarion³⁷

4.2.2. Airspan

Airspan es un proveedor global de sistemas de acceso inalámbrico que permite a los operadores y PSI proveer servicios de voz y datos de banda ancha. Sus sistemas se basan en tecnología CDMA. (Networks, 2013).

Airspan está en el Consejo y es miembro fundador del Forum WiMAX y miembro de la Wi-Fi Alliance. La compañía cuenta con instalaciones en más de 350 operadores de más de 100 países.

Airspan Networks proporciona soluciones y sistemas DSL inalámbricos a operadores con y sin licencia de todo el mundo en las bandas de frecuencia comprendida entre 700 MHz y 6 GHz, incluida las bandas internacionales de 3,5 GHz y PCS. Airspan sigue desarrollando sus productos para que cumplan los nuevos estándares IEEE 802.11b y 802.16a. La empresa cuenta con instalaciones en más de 120 operadores de más de 60 países. (ATRIA Technology and Networks, 2013).

4.2.3. Huawei

Huawei Technologies Co. Ltd. es el mayor fabricante de equipamiento de redes y equipo de telecomunicaciones **de China y del mundo**, dejando en el segundo puesto

³⁷ Internet, <http://coasin.com.uy/comunicaciones/index.php/es/alianzas/61>

a Ericsson desde el año 2012. Su sede principal se encuentra en la ciudad china de Shenzhen. Fundada en 1987 por Ren Zhengfei.

Huawei Technologies es una empresa privada de alta tecnología que se especializa en investigación y desarrollo (I+D), producción y marketing de equipamiento de comunicaciones y provee soluciones de redes personalizadas para operadores de la industria de telecomunicaciones. Cabe recalcar que Huawei Technologies Co. Ltd. es uno de los principales miembros de la junta WiMAX Forum. (Huawei, 2013).

4.2.4. MikroTik

Mikrotik es una empresa Letona que fue fundada en 1995 para desarrollar routers y sistemas Wireless ISP. MikroTik ofrece ahora sistemas ISP inalámbricos para conectarse a Internet en la mayoría de los países de todo el mundo.

La experiencia de la compañía en el uso de la industria de sistemas de rutas completas de hardware y PC estándar le permitió en el año de 1997 crear el sistema de software RouterOS que proporciona una amplia estabilidad, control y flexibilidad para todo tipo de interfaces de datos y enrutamiento. (MikroTik, 2013).

En el año 2002 deciden hacer su propio hardware, y la marca Router BOARD nace. Mikrotik posee distribuidores en la mayor parte del mundo, y clientes en probablemente todos los países del planeta.

4.3. Equipos utilizados – Enlace Punto – Punto WiMAX– Piloto

Luego de analizar las características, funcionalidades y costos de los productos ofrecidos por cada proveedor y tras recibir la colaboración de funcionarios de la empresa pública CNT en lo que respecta al préstamo de equipos, podemos mencionar los equipos utilizados en nuestro enlace.

Cabe recalcar que el enlace establecido es un enlace piloto con la finalidad de demostrar todo lo expuesto en capítulos anteriores.

A continuación citamos los equipos empleados:

Tabla 4.4. Descripción de equipos WiMAX empleados

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	PUNTO A	PUNTO B
	AP BRIDGE	STATION WDS
Routerboard RB-433	●	●
Caja Ip67 para exteriores (Case)	●	●
Antena tipo panel Modelo SPDB-5500	●	●
Tarjeta miniPCI inalámbrica R52	●	●
Adaptador de energía	●	●
Inyector de PoE pasivo sobre Ethernet	●	X
Cable pigtail de bajas pérdidas (1 m)	●	●

Elaborado por: Autores

4.3.1. Routerboard RB-433

Un routerboard es una placa base pensada para trabajar como un router y que se caracteriza por poseer varios slots de expansión miniPCI para conectar tarjetas inalámbricas, puertos Ethernet y USB. Incluso existen modelos más avanzados que cuentan con slots mini PCI-E que permiten la conexión de tarjetas 3G

Por defecto, vienen con un sistema operativo propio de la compañía, llamado RouterOS, pero es posible cambiar el sistema operativo reprogramando la memoria flash interna a través del puerto serie.

Un routerboard también suele tener incorporada la tecnología PoE consiguiendo de esta manera la alimentación a través de un cable LAN RJ-45 estándar y eliminando de esta manera el uso de un alimentador de corriente convencional.

Además del routerboard, se necesitará al menos una tarjeta inalámbrica conectada en uno de los slots, una antena conectada a la tarjeta inalámbrica a través de un pigtail, una fuente de alimentación (con o sin PoE integrado según el modelo de routerboard) y una caja o case que lo proteja.

4.3.1.1. Características Generales

Tabla 4.5. Características generales del Routerboard Rb-433

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
CPU	Atheros 300 MHz.
Memoria	Chip de memoria 64MB SDRAM integrado
Bootloader	RouterBOOT, 1Mbit Flash chip
Almacenamiento	Chip de memoria 64MB NAND integrado
Puertos Ethernet	Tres puertos Fast Ethernet 10/100 Mbit/s soportando Auto-MDI/X
MiniPCI slot	Tres slots MiniPCI Tipo IIIA/IIIB
Puertos Serie	Un puerto serie DB9 RS232C asíncrono
LEDs	1 Power, 1 user LED
Altavoz	Mini Altavoz integrado
Opciones de Energía	Powerover Ethernet: 12..28V DC (no válido para PoE IEEE 802.3af)
	Powerjack: 12..28V DC
	Voltage sensor
Consumo energético	~3W sin tarjetas, máx. – 25W (18W de salida a tarjetas)
Temperatura	Operacional: -20°C to +65°C (-4°F to 149°F)
Humedad	Operacional: 70% humedad relativa (sin condensación)
S.O. incluido	RouterOS Nivel 4

Fuente: <http://routerboard.com/RB433>

Elaborado por: Autores

Figura 4.4. Routerboard RB-433



Elaborado por: Autores

4.3.2. Tarjeta Mini PCI Inalámbrica R52

La tarjeta *Wireless MiniPCI R52 802.11a+b+g* es utilizada para aplicaciones multibanda de alta velocidad, y se caracteriza por incorporar el nuevo chipset Atheros AR5414 con Turbo/SuperG, el cual permite llegar hasta 108Mbps en el estándar 802.11g a una frecuencia de 2.4GHz). La tarjeta está optimizada para trabajar con el protocolo MikroTik NStreme el mismo que es un protocolo propietario de MikroTik creado para alcanzar mayor velocidad a mayores distancias que los estándares IEEE 802.11 aumentando de esta manera el rendimiento en los enlaces punto a punto y punto a multipunto. (Mini PCI Radios, 2013).

Figura 4.5. Tarjeta Mini PCI Inalámbrica R52



Fuente: Routerboard³⁸

³⁸ Internet, <http://routerboard.com/R52>

La tarjeta R52 trabaja sobre el rango de frecuencias de: 2.312 GHz a 2.499 GHz y en el rango de 4.920 GHz a 6.100 GHz.

Nstreme2 trabaja sobre dos tarjetas wireless, utilizando una de ellas para transmitir datos y la otra para recibir datos.

4.3.2.1. Características generales

Tabla 4.6. Características generales Tarjeta Mini PCI Inalámbrica R52

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Estándares de operación	802.11 a, b, g
Tipo de conector	uFl
Formato	miniPCI
Chipset	AR5414
Output power	19dBm
Frecuencias de operación	2 GHz , 5GHz
Soporta 802.11 Turbo mode	SI
Temperatura de operación	-30°C to +70°C

Elaborado por: Autores

4.3.3. Caja IP67 para exteriores (CASE)

El case o caja IP67 es una estructura metálica utilizada en exteriores que se caracteriza por brindar protección al routerboard de las condiciones climáticas con la u otros agente que podrían ocasionar daños en el mismo.

Figura 4.6. Caja IP67 para exteriores (CASE)



Elaborado por: Autores

4.3.4. Adaptador de energía

El adaptador o fuente de energía es el dispositivo que proveerá energía o corriente eléctrica a nuestro routerboard.

Figura 4.7. Adaptador de energía



Elaborado por: Autores

4.3.5. Inyector de POE pasivo sobre Ethernet

Es un dispositivo de alimentación sobre Ethernet de grado comercial que provee alimentación DC para un equipo PoE. Provee alimentación positiva en los pines 4 & 5 y negativa en los pines 7 & 8 del cable Ethernet CAT5. Este producto puede ser usado como inyector o como "extractor" de alimentación. Cuando se usa como inyector el dispositivo manda alimentación DC a través del cable Ethernet al equipo PoE. Por el contrario cuando se usa como "extractor", extrae el voltaje DC del cable Ethernet para su uso con equipos No-PoE. (WNI Mexico - Wireless Solutions!, 2013).

a) Protección contra descargas

Su protección integrada contra descargas protege individualmente las cuatro líneas de datos así como las cuatro usadas para la alimentación PoE. Los límites son +/- 15 voltios en los pines 1,2,3,6 y +/- 58 voltios en los pines 4,5,7 y 8. (WNI Mexico - Wireless Solutions!, 2013).

Conexiones:

Data in → Antena

Data out → Pc

Figura 4.8. Protección contra descargas



Elaborado por: Autores

4.3.6. Cable PigTail de bajas pérdidas

El cable pigtail de bajas pérdidas es utilizado para establecer la conexión entre la antena y el routerboard.

Figura 4.9. Cable PigTail de bajas pérdidas



Elaborado por: Autores

Figura 4.10. Cable PigTail de bajas pérdidas



Elaborado por: Autores

4.3.7. Antena tipo panel modelo SPDB-5500-23V12

La antena SPDB-5500-23V12 es una antena de panel combinado de alta ganancia y 12 ° de ancho de haz, muy útil para ser empleada al aire libre en la banda de 5.5GHz.

Tabla 4.7. Datos técnicos Antena tipo panel modelo SPDB-5500

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Modelo	SPDB-5500-23V12
Rango de frecuencia	5470-5725MHz
Ganancia	23 dBi
VSWR	≤ 1.5
Polarización	Vertical, Horizontal
Impedancia	50 Ω
Tipo de conector	N Hembra
Dimensión	305x305x22mm
Peso	1.8 Kg
Entrada de energía máxima	100 vatios
Protección contra rayos	DC a tierra
Temperatura de funcionamiento	-40 ° C a +65 ° C
Calificación Velocidad del viento	216 km/h
Ancho de haz H-Plane	12 ° / 3dB
Ancho de haz V-Plane	12 ° / 3dB
Relación delante - atrás	> 28 dB
Lóbulos laterales superior	> 28 dB

Fuente: Ecbub³⁹

Elaborado por: Autores

³⁹ Internet: http://www.ecbub.com/byp_488349_Panel-antenna-JHP-5500.htm

Figura 4.11. Antena tipo panel modelo SPDB-5500 (1) / Universidad Politécnica Salesiana



Elaborado por: Autores

Figura 4.12. Antena tipo panel modelo SPDB-5500 (2) / Universidad Politécnica Salesiana



Elaborado por: Autores

4.4. Estimación de costos de equipos y tecnología WiMAX ofertados por la compañía ALCATEL-LUCENT del Ecuador

Tabla 4.8. Estimación de costos de equipos WiMAX empresa Alcatel-Lucent

EQUIPO	MARCA	MODELO	PRECIO
ESTACION BASE	ALCATEL	9710 C-WBS	\$ 57.338,00
SWITCH	ALCATEL-LUCENT	OS6850-24LD	\$ 3.400,00
TERMINALES SUSCRIPTOR			
Indoor	ZyXEL	MAX-216 M1	\$ 142,00
Indoor multiuser	ZyXEL	MAX-216 HW2	\$ 232,00
Outdoor	ZyXEL	MAX-216 M1	\$ 299,00
Outdoor multiuser	ZyXEL	MAX-316 HW2	\$ 345,00
CONTROLADOR DE ESTACIONES	ALCATEL-LUCENT	WAC 9740	\$ 150.000,00
SISTEMA DE GESTIÓN	ALCATEL-LUCENT	OMC-R 9753	\$ 71.000,00
RACK OUTDOOR		IP 65	\$ 7.884,00
EQUIPAMIENTO DE ENERGÍA DC			\$ 12.382,00
Rectificadores	ENERGYCO M	SRM-48/100U	\$ 9.305,00
Baterías	RITAR	RA12-100G	\$ 3.077,00
SOFTWARE DE PLANEACIÓN	ALCATEL-LUCENT	A9155	\$ 50.000,00
INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO			\$ 321.900,00

ENTRENAMIENTO			\$ 45.000,00
Local			\$ 19.000,00
Fábrica			\$ 26.000,00
MANTENIMIENTO			\$ 279.394,00
REPUESTOS			\$ 366.809,00
LICENCIAMIENTOS			\$ 481.000,00
OTROS			\$ 304.825,00
Servidor AAA			\$ 190.249,00
SBC ACME I&C			\$ 50.104,00
Servidor DNS & DHCP			\$ 64.472,00

Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

4.5. Estimación de costos de equipos y tecnología WiMAX ofertados por la compañía DESCASERV

Tabla 4.9. Estimación de costos de equipos WiMAX empresa DESCASERV

EQUIPO	MARCA	MODELO	PRECIO
ESTACION BASE	NAVINI	WX-BS8305	\$ 120.378,80
SWITCH	CISCO	CATALYST 3750	\$ 8.130,00
TERMINALES SUSCRIPTOR			
Indoor	NAVINI	WX-32V341	\$ 275,20
Indoor multiuser	NAVINI	WX-32V341	\$ 396,40
Outdoor	NAVINI	WX-32V342	\$ 516,20
Outdoor multiuser	NAVINI	WX-32V343	\$ 553,40
CONTROLADOR DE ESTACIONES	CISCO		\$ 489.406,00

SISTEMA DE GESTIÓN	CISCO	MWTM6, 1SF	\$ 500.741,00
RACK OUTDOOR			\$ 37.905,00
EQUIPAMIENTO DE ENERGÍA DC			\$ 26.755,00
Rectificadores			
Baterías			
SW. DE PLANEACIÓN	ERICSSON	MPLANET	\$ 43.303,00
INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO			\$ 669.200,00
ENTRENAMIENTO			\$ 168.162,00
Local			
Fábrica			
MANTENIMIENTO			\$ 297.220,00
REPUESTOS			\$ 436.516,00
LICENCIAMIENTOS			
OTROS			\$ 283.770,00
Servidor AAA			
Servidor DHCP			

Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

4.6. Estimación de costos de equipos y tecnología WiMAX ofertados por la compañía GHOZANTY.

Tabla 4.10. Estimación de costos de equipos WiMAX empresa GHOZANTY

EQUIPO	MARCA	MODELO	PRECIO
ESTACION BASE	AIRSPAN	HiperMAX	\$ 52.445,32
SWITCH	CISCO	CATALYST 3750	\$ 9.168,41

TERMINAL SUSCRIPTOR			
Indoor	AIRSPAN	MIMAX-EASY	\$ 250,77
Indoor multiuser	AIRSPAN	MIMAX-BIZ	\$ 449,73
Outdoor	AIRSPAN	MIMAX-PRO	\$ 413,08
Outdoor multiuser	AIRSPAN	MIMAX-PRO	\$ 444,24
CONTROLADOR DE ESTACIONES	AIRSPAN	Control1MAX AN-1	\$ 35.695,00
SISTEMA DE GESTIÓN	AIRSPAN	NETSPAN	\$ 64.574,97
RACK OUTDOOR			\$ 2.061,70
EQUIPAMIENTO DE ENERGÍA DC			\$ 17.186,12
Rectificadores	UNIPOWER TELECOM		\$ 1.057,28
Baterías	POWER	PRC-1290S	\$ 3.304,00
SW. DE PLANEACIÓN	ERICSSON	PLANETV	\$ 46.256,00
INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO			\$ 565.200,00
ENTRENAMIENTO			\$ 58.600,00
Local			\$ 16.000,00
Fábrica			\$ 42.600,00
MANTENIMIENTO			\$ 69.000,00
REPUESTOS			\$ 388.579,61
LICENCIAMIENTOS			\$ 54.999,45

Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

4.7. Estimación de costos de equipos y tecnología WiMAX ofertados por la compañía HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD.

Tabla 4.11. Estimación de costos de equipos WiMAX empresa HUAWEI

EQUIPO	MARCA	MODELO	PRECIO
ESTACION BASE	HUAWEI	DBS3900	\$ 29.036,20
SWITCH	HUAWEI	S5624P	\$ 2.198,00
TERMINALES SUSCRIPTOR			
Indoor	HUAWEI	BM632	\$ 174,07
Indoor multiuser	HUAWEI	BM635	\$ 243,43
Outdoor	HUAWEI	BM632	\$ 174,07
Outdoor multiuser	HUAWEI	BM635	\$ 243,43
CONTROLADOR DE ESTAC.	HUAWEI	WASN9770	\$ 121.863,66
SISTEMA DE GESTIÓN	HUAWEI	M200 Y AP Manager	\$ 221.797,91
RACK OUTDOOR	HUAWEI	APM200	\$ 2.619,62
EQUIPAMIENTO DE ENERGÍA DC			\$ 7.567,57
Rectificadores	EMERSON	PS48600	\$ 3.646,15
Baterías	COSLIGHT	6GFMZ	\$ 1.688,74
SOFTWARE DE PLANEACIÓN	HUAWEI	GENEX- UNET	\$ 109.716,86
INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO			\$ 431.790,45
ENTRENAMIENTO			\$ 108.160,00
Local			\$ 51.280,00
Fábrica			\$ 56.880,00
MANTENIMIENTO			\$ 0,00

REPUESTOS			\$ 222.409,76
LICENCIAMIENTOS			\$ 1.310.210,56
OTROS			
Expansión del InfoXAA Licenc.			\$ 99.790,00
Expansión del BRASS MA5200G-8 HW			\$ 34.500,00
Licenc. del BRASS MA5200-8			\$ 8.295,00
Serv. Relac. con expansiones			\$ 5.250,00
Supresores de trasciendes para gabinetes			\$ 10.902,70
Switch			\$ 20.037,60

Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

4.8. Costos Adicionales

Tabla 4.12. Estimación de costos adicionales

RUBRO	APLICACIÓN DEL RUBRO	UNIDAD DE REFERENCIA	PRECIO BASE
Espacio para antena en torre auto soportada. Torres desde 45 m hasta 60 m de altura.	Por antena	m ²	\$ 48,03
Espacio para antena en torre auto soportada. Torres desde 30 m hasta 45 m de altura.	Por antena	m ²	\$ 59,38
Espacio para antena en torre auto soportada. Torres desde 15 m hasta 30 m de altura.	Por antena	m ²	\$ 62,10
Espacio para antena en torre auto soportada. Torres de hasta 15 m de altura.	Por antena	m ²	\$ 22,98

Espacio para antena en torre soportada. Torres desde 45 m hasta 60 m de altura.	Por antena	m ²	\$ 7,40
Espacio para antena en torre soportada. Torres desde 30 m hasta 45 m de altura.	Por antena	m ²	\$ 4,46
Espacio para antena en torre soportada. Torres desde 15 m hasta 30 m de altura.	Por antena	m ²	\$ 4,62
Espacio para antena en torre soportada. Torres de hasta 15 m de altura.	Por antena	m ²	\$ 4,53
Espacio físico en sala de equipos de transmisión en repetidor, sala para banco de baterías y rectificadores (m ²)	Equipos de transmisión, fuentes de poder, bcos. de baterías, rectificadores, etc	m ²	\$ 1,89
Espacio físico en sala de equipos de transmisión en centrales, incluye climatización y detección de incendios. (m ²)	Equipos de transmisión, fuentes de poder, otros.	m ²	\$ 14,93
Espacio físico en sala de equipos de conmutación, incluye climatización y detección de incendios. (m ²)	Equipos de conmutación, fuentes de poder, otros.	m ²	\$ 7,59
Espacio físico en sala de equipos de generación eléctrica de emergencia, tanto en repetidor como en central. (m ²)	Motogenerador de baja capac. fuentes de poder, bcos. de baterías, rectificadores, etc	m ²	\$ 10,34
Espacio físico intemperie en repetidor, terraza, patio (m ²)	Torres, mástiles, postes, otros.	m ²	\$ 0,79
Espacio físico intemperie en central, terraza, patio en cemento. (m ²)	Torres, mástiles, postes, otros.	m ²	\$ 1,77

Alquiler de terreno en repetidor. (m ²)	Para instalación de equipos del solicitante.	m ²	\$ 0,79
Alquiler de terreno en central. (m ²)	Para instalación de equipos del solicitante.	m ²	\$ 1,77
Energía eléctrica AC y DC, incluye energía eléctrica de emergencia. (Kw/h)	Para equipos de transmisión, fuentes de poder, etc.	Kw/h	\$ 0,11

Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P

Elaborado por: Autores

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Con el avance tecnológico en la actualidad las redes inalámbricas se están convirtiendo en la mejor opción para implementar.

El sinnúmero de beneficios que estas otorgan al usuario las están posicionando entre las más opcionadas en lo que respecta a infraestructura, cobertura, y otras características fundamentales de la tecnología en sí.

En lo que respecta a la tecnología que hemos elegido como tema de investigación e implementación destaca la tecnología WiMAX, la cual elegimos por sus características principales en las que destacan las altas tasas de velocidad de transmisión, eficiencia y cobertura en comparación con otras tecnologías inalámbricas.

La tecnología WiMAX presenta en la actualidad dos variaciones como lo son el estándar **802.16d** el cual es de **acceso fijo** en el que se establece un enlace radio entre la estación base y un equipo de usuario situado en el domicilio del usuario y el estándar **802.16e** el cual comprende **movilidad completa** y que le permite al usuario desplazarse de un modo similar al conseguido con la tecnología celular GSM/UMTS. En lo que concierne a nuestro proyecto tuvimos que enfocarnos en el estándar fijo 802.16d como proyecto piloto, ya que trabajar con el estándar móvil implicaba al usuario (docente) contar con equipos móviles adaptados a la tecnología WiMAX.

En la actualidad contamos con la presencia de un gran número de fabricantes de equipos WiMAX a nivel mundial, los cuales en su gran mayoría se encuentran certificados por el WiMAX Forum, por lo que al momento de elegir al proveedor contamos con una amplia gama de productos por analizar acorde a nuestras necesidades.

Luego del análisis de propuestas por parte de proveedores de tecnología WiMAX para proyectos ya implementados en nuestro país pudimos coincidir con la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P quienes optaron por utilizar equipos de la compañía Huawei debido a los costos de equipos, infraestructura, mantenimiento y gastos varios que estos implican.

En lo que respecta al ámbito económico, uno de los principales problemas que presenta la tecnología WiMAX es el costo de los equipos como lo son las estaciones base junto a todos sus componentes, ya que el costo de éstos dependerá del número de usuarios y del mercado que busquemos cubrir, al mismo tiempo, los equipos de usuario como son los CPE o equipos inalámbricos con tecnología WiMAX aún poseen costos elevados para su adquisición, por lo que en ciertos casos los vuelve poco atractivos.

Pero como hemos descrito anteriormente, los costos serían bien justificados con las prestaciones y servicios que brinda la tecnología WiMAX.

En nuestro caso al no contar con los recursos económicos para poder implementar en sí todo el proyecto planteado tuvimos que recurrir a desarrollar un plan piloto basado en un enlace punto a punto con tecnología WiMAX con frecuencia no licenciada, teniendo como Estación Base a las Instalaciones principales de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil y como usuario único a un docente de la institución, el mismo que al contar con una infraestructura adecuada y un alto nivel de elevación en su domicilio nos facilitó el establecimiento del enlace al permitirnos contar con línea de vista directa entre las antenas.

Las antenas empleadas en el enlace establecido incluyen la tecnología MIMO, característica que les permite aumentar significativamente la tasa de transferencia de información utilizando diferentes canales en la transmisión de datos. De igual manera los routerboard utilizados cuentan con una tarjeta mini PCI inalámbrica utilizada para aplicaciones multibanda de alta velocidad y que cuentan con la opción de selección de banda con la que trabajaremos, ya que en si la tecnología WiMAX trabaja con varios rangos de frecuencia dependiendo del país donde se aplique.

Cabe recalcar que al trabajar con una frecuencia no licenciada el enlace es susceptible a presentar interferencias, por lo que sería necesario obtener la concesión de la frecuencia licenciada bajo las normas y requisitos establecidos por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones – CONATEL y ya mencionados anteriormente con el objetivo de evitar este tipo de inconvenientes.

Finalmente tras la instalación y configuración de los equipos se pudo proceder con el levantamiento y establecimiento del enlace, el mismo que tras entrar en funcionamiento estuvo a modo de prueba por varios días con la finalidad de poder constatar el estado del mismo, pudiendo de esta manera cumplir con el objetivo principal de nuestro proyecto que implicaba el estudio de la tecnología WiMAX como alternativa para mejorar la velocidad de acceso a internet de los docentes al ambiente de aprendizaje cooperativo de la Universidad Politécnica Salesiana.

5.2. Recomendaciones

Luego de analizar los resultados obtenidos durante el desarrollo de este proyecto pudimos constatar los problemas que se podrían presentar al momento de proceder con la implementación, razón por la cual he aquí las recomendaciones respectivas para obtener el máximo provecho de esta tecnología.

Como punto de partida es necesario analizar y comparar costos y características técnicas correspondientes a los equipos WiMAX existentes en nuestro mercado, los mismos que deben ajustarse a nuestras necesidades al momento de ser seleccionados.

Tras el análisis de los costos de los equipos pudimos constatar que el presupuesto requerido estaba fuera de nuestro alcance, razón por la cual tuvimos que encontrar una alternativa inmediata que nos permita demostrar el funcionamiento de la tecnología WiMAX.

Por tal motivo procedimos con el establecimiento de un enlace punto a punto, como prototipo, el mismo que nos permitió constatar las características principales y el funcionamiento de esta tecnología, la cual fue analizada durante el desarrollo de esta tesis, obteniendo una gran experiencia mediante la práctica.

Debemos tener presente que de requerir implementar todo el proyecto será necesario adquirir los equipos ya mencionados y estudiados en el transcurso de este documento.

Un factor muy importante consistirá en la calidad del servicio de internet ofertado por nuestro ISP, así como también lo es la cantidad de abonados o clientes que serán beneficiados con el proyecto.

Por último es importante acotar que para que el usuario final no presente problemas de navegación es muy relevante que posea un computador en buen estado, con la finalidad de evitar la percepción de lentitud al momento de acceder a la web y así poder aprovechar al máximo los beneficios ofrecidos por la tecnología WiMAX.

Cabe recalcar que en nuestro caso al ser un proyecto piloto temporal no fue necesario obtener la concesión de una frecuencia, de igual manera debemos acotar que el enlace fue levantado bajo una frecuencia no licenciada, por lo que factores como interferencias eran inconvenientes que podían suscitarse.

En caso de requerir establecer un enlace permanente con la finalidad de evitar problemas de interferencias y problemas legales con el Estado será necesario cumplir con los requisitos técnicos y legales ya mencionados en el desarrollo de esta tesis y de aquella forma poder acceder a la concesión de una frecuencia licenciada, la cual es otorgada por el Consejo Nacional de telecomunicaciones del Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

4G Americas. (2013). *4G Americas*. Obtenido de 4G Americas:
<http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page§ionid=271>

Acceso bidireccional - redeswimaxs jimdo page! (Agosto de 2013). *Acceso bidireccional - redeswimaxs jimdo page!* Obtenido de Acceso bidireccional - redeswimaxs jimdo page!: <http://redeswimax.jimdo.com/wimax/acceso-al-medio/acceso-bidireccional/>

Acceso bidireccional - redeswimaxs jimdo page! (agosto de 2013). *Acceso bidireccional - redeswimaxs jimdo page!* Obtenido de Acceso bidireccional - redeswimaxs jimdo page!: <http://redeswimax.jimdo.com/wimax/acceso-al-medio/acceso-bidireccional/>

Acceso en WiMAX - redeswimaxs jimdo page! (mayo de 2013). *Acceso en WiMAX - redeswimaxs jimdo page!* Obtenido de Acceso en WiMAX - redeswimaxs jimdo page!: <http://redeswimax.jimdo.com/wimax/acceso-al-medio/acceso-en-wimax/>

Agente de Tráfico Internet (Internet Traffic Agent) por Flexbyte Software - reporte y descarga. (26 de mayo de 2013). *Agente de Tráfico Internet (Internet Traffic Agent) por Flexbyte Software - reporte y descarga*. Obtenido de Agente de Tráfico Internet (Internet Traffic Agent) por Flexbyte Software - reporte y descarga:
http://www.freedownloadmanager.org/es/downloads/Agente_de_Tr%C3%A1fico_de_Internet_20878_p/

Alvarion. (2013). *Alvarion*. Obtenido de Alvarion:
<http://coasin.com.uy/comunicaciones/index.php/es/alianzas/61>

Ángel Cardama, L. J. (2004). *Antenas*. México: Alfaomega.

Antenas - redeswimaxs jimdo page! (2013). *Antenas - redeswimaxs jimdo page!* Obtenido de Antenas - redeswimaxs jimdo page!:
<http://redeswimax.jimdo.com/wimax/procesado-de-se%C3%B1al/antenas/>

Antenas - redeswimaxs jimdo page! (Agosto de 2013). *Antenas - redeswimaxs jimdo page!* Obtenido de Antenas - redeswimaxs jimdo page!:
<http://redeswimax.jimdo.com/wimax/procesado-de-se%C3%B1al/antenas/>

ATRIA Technology and Networks. (Agosto de 2013). *ATRIA Technology and Networks*. Obtenido de ATRIA Technology and Networks:
<http://atriaglobal.com/airspannetworks.html>

Balestrini. (1997). *Técnica de la Investigación*. Editorial Mc Graw Hill.

- Bligoo. (2013). *Bligoo*. Obtenido de Bligoo:
<http://bryan.bligoo.ec/wimax#.UgOgCqwsFWI>
- BUENA INFORMACIÓN DE REDES!: MANUAL BÁSICO THE DUDE EN WINDOWS. (26 de junio de 2013). *BUENA INFORMACIÓN DE REDES!: MANUAL BÁSICO THE DUDE EN WINDOWS*. Obtenido de BUENA INFORMACIÓN DE REDES!: MANUAL BÁSICO THE DUDE EN WINDOWS: <http://diegopulgarinsena.blogspot.com/2012/04/instalacion-dude-en-windows.html>
- Cabrera, C. (2011). *Análisis a la Seguridad de Redes Inalámbricas*. Obtenido de Análisis a la Seguridad de Redes Inalámbricas:
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:huSbIXJJWNMJ:repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/593/1/CAPITULO%2520I.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec&client=firefox-a>
- Cabrera, C. (2011). *Google*. Obtenido de Repositorio UTN:
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/593/1/CAPITULO%20I.pdf>
- Calcular la muestra correcta - Feedback Networks - Navarra - España. (Agosto de 2013). *Calcular la muestra correcta - Feedback Networks - Navarra - España*. Obtenido de Calcular la muestra correcta - Feedback Networks - Navarra - España: <http://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calcular.html>
- Centrales IP, Voz sobre Protocolo de Internet, VOIP Elastiks, Asterisk. (Agosto de 2013). *Centrales IP, Voz sobre Protocolo de Internet, VOIP Elastiks, Asterisk*. Obtenido de Centrales IP, Voz sobre Protocolo de Internet, VOIP Elastiks, Asterisk: <http://www.servicomecuador.com/telefonía.html>
- CEPREDE. (2007). *N-economía*. Obtenido de N-economía.com – Tecnología Wimax: <http://www.n-economía.com – Tecnología Wimax>
- Cifrado y descifrado asimétrico con RSA utilizando C#/Mono | Jorge Iván Meza Martínez. (Agosto de 2013). *Cifrado y descifrado asimétrico con RSA utilizando C#/Mono | Jorge Iván Meza Martínez*. Obtenido de Cifrado y descifrado asimétrico con RSA utilizando C#/Mono | Jorge Iván Meza Martínez: <http://blog.jorgeivanmeza.com/2010/11/cifrado-y-descifrado-asimetrico-con-rsa-utilizando-cmono/>
- Cika.com. (junio de 2013). *Cika.com*. Obtenido de Cika.com:
<http://www.cika.com/newsletter/archives/Equisbi33-36.pdf>
- Clases. (1 de 04 de 2000). *www.google.com*. Obtenido de google.

- Comparativa con otras tecnologías - redeswimaxs jimdo page! (Agosto de 2013).
Comparativa con otras tecnologías - redeswimaxs jimdo page! Obtenido de
 Comparativa con otras tecnologías - redeswimaxs jimdo page!:
<http://redeswimax.jimdo.com/wimax/est%C3%A1ndares/comparativa-con-otras-tecnolog%C3%ADas/>
- CONATEL. (2012). *Plan Nacional de Frecuencias*.
- Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P. (2012). *Diferencias-Entre-WIMAX-y-WIFI-HSPA*. Guayaquil.
- CRM. (16 de Noviembre de 2007). *Unión Internacional de Telecomunicaciones*.
 Obtenido de Unión INTERNACIONAL de Telecomunicaciones:
<http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=conferences&rlink=wrc-07&lang=es>
- CRM. (16 de Noviembre de 2007). *Unión Internacional de Telecomunicaciones*.
 Obtenido de <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=conferences&rlink=wrc-07&lang=es>
- Definicion de TDMA . (Agosto de 2013). *Definicion de TDMA* . Obtenido de
 Definicion de TDMA : <http://www.alegsa.com.ar/Dic/tdma.php>
- Definición de WiFi - Qué es, Significado y Concepto. (Agosto de 2013). *Definición de WiFi - Qué es, Significado y Concepto*. Obtenido de Definición de WiFi - Qué es, Significado y Concepto: <http://definicion.de/wifi/>
- Enter@te. (28 de junio de 2013). *Enter@te*. Obtenido de Enter@te:
<http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2004/agosto/redes.htm>
- GSMspain. (2013). *GSMspain*. Obtenido de GSMspain:
<http://www.gsmspain.com/glosario/?palabra=HSPA>
- <http://www.celrch.cl/documentos/antenas/detodo/Antenas%20RC%20Costa%20Rica.pdf>. (junio 2001). Teoría de Antenas. En M. Mario, *Antenas*. Costa Rica: Curso TI Virtual, Radio Club Costa Rica.
- Huawei. (2013). *www.Linio.com.pe*. Obtenido de [www.Linio.com.pe](http://www.linio.com.pe):
<http://www.linio.com.pe/Huawei---celular-G6620-BLACK-Full-Qwerty-1.3-MP-42855.html>
- IEEE - EcuRed. (Agosto de 2013). *IEEE - EcuRed*. Obtenido de IEEE - EcuRed:
<http://www.ecured.cu/index.php/IEEE>
- Ingenieria Civil: Sistema Geodésico Mundial 1984-WGS84. (Agosto de 2013).
Ingenieria Civil: Sistema Geodésico Mundial 1984-WGS84. Obtenido de
 Ingenieria Civil: Sistema Geodésico Mundial 1984-WGS84:

<http://ingecivilcusco.blogspot.com/2009/09/sistema-geodesico-mundial-1984-wgs84.html>

Interface Wireles. (26 de junio de 2013). *Interface Wireles*. Obtenido de Interface Wireles: <http://www.slideshare.net/RodHinojosa/interface-wireles>

Melendez, M. (junio de 2001). *Teoría de Antenas*. Obtenido de Teoría de Antenas: <http://www.ce1rch.cl/documentos/antenas/detodo/Antenas%20RC%20Costa%20Rica.pdf>

MikroTik. (2013). *RouterBoard.com*. Obtenido de RouterBoard.com : <http://routerboard.com/about>

MikroTik Xperts . (2012). *MikroTik Xperts*. Obtenido de MikroTik Xperts : mikrotikxperts.com/index.php/2013-03-28-19-49-36/conocimientos-basicos/159-modelo-osi-y-tcp-ip

Mini PCI Radios. (2013). *Mini PCI Radios*. Obtenido de Mini PCI Radios: <http://www.laserwifi.com/radios.htm>

Modulación adaptativa - redeswimaxs jimdo page! (2013). *Modulación adaptativa - redeswimaxs jimdo page!* Obtenido de Modulación adaptativa - redeswimaxs jimdo page!: <http://redeswimax.jimdo.com/wimax/procesado-de-se%C3%B1al/modulaci%C3%B3n-adaptativa/>

Movistar. (Agosto de 2013). *Correo e Internet Móvil*. Obtenido de Correo e Internet Móvil: <http://www.movistar.com.ec/site/ayuda-personas/preguntas-frecuentes/correo-e-internet-movil.html>

Networks, A. T. (agosto de 2013). *ATRIA Technology and Networks*. Obtenido de ATRIA Technology and Networks: <http://atriaglobal.com/airspannetworks.html>

Principales aplicaciones de WiMAX - redeswimaxs jimdo page. (No disponible de No disponible de 2009). *Principales aplicaciones de WiMAX - redeswimaxs jimdo page*. Obtenido de Principales aplicaciones de WiMAX - redeswimaxs jimdo page: <http://redeswimax.jimdo.com/wimax/principales-aplicaciones-de-wimax/>

Protocolos. (Agosto de 2013). *Protocolos*. Obtenido de Protocolos: <http://es.kioskea.net/contents/275-protocolos>

Reddat.galeon.com. (mayo de 2013). *Reddat.galeon.com*. Obtenido de Reddat.galeon.com: <http://reddat.galeon.com/PDF/NT568AT568B.PDF>

Sánchez, A. C. (15 de Julio de 2008). *WIMAX*. Obtenido de WIMAX: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11677/fichero/Volumen+1%252F3.-WiMAX.pdf>

- SECOMDATA® - Encriptación de voz para telefonía móvil. (agosto de 2013).
SECOMDATA® - Encriptación de voz para telefonía móvil. Obtenido de
 SECOMDATA® - Encriptación de voz para telefonía móvil:
<http://secomdata.com/qu%C3%A9-es-la-encriptaci%C3%B3n/>
- Soporte a movilidad y handover - redeswimaxs jimdo page! (2013). *Soporte a
 movilidad y handover - redeswimaxs jimdo page!* Obtenido de Soporte a
 movilidad y handover - redeswimaxs jimdo page!:
<http://redeswimax.jimdo.com/wimax/acceso-al-medio/soporte-a-movilidad-y-handover/>
- Taringa! - [Info] . (Agosto de 2013). *Taringa! - [Info]* . Obtenido de Taringa! - [Info]
 : <http://www.taringa.net/posts/info/13478060/Por-que-no-bajo-a-1-Mb-si-contrate-1Mb---Info.html>
- TDD vs FDD - WLANMall. (07 de marzo de 2013). *TDD vs FDD - WLANMall.*
 Obtenido de TDD vs FDD - WLANMall: <http://www.wlanmall.com/tdd-vs-fdd>
- tdma,fdma y cdma - Taringa! (Agosto de 2013). *tdma,fdma y cdma - Taringa!*
 Obtenido de tdma,fdma y cdma - Taringa!:
<http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/14073460/Tdma-fdma-y-cdma.html>
- Tomasi. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Cuarta Edición* . En W.
 Tomasi, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Cuarta Edición* (pág.
 pag. 4). México: Pearson.
- TOMASI, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4^{ta}. Edición.*
 México: Pirson.
- UMTS Forum - Tu portal sobre UMTS en español - Artículos sobre UMTS. (Agosto
 de 2013). *UMTS Forum - Tu portal sobre UMTS en español - Artículos sobre
 UMTS.* Obtenido de UMTS Forum - Tu portal sobre UMTS en español -
 Artículos sobre UMTS:
http://www.umtsforum.net/mostrar_articulos.asp?u_action=display&u_log=35
- WIMAX FINAL. (Enero de 2006). *WIMAX FINAL.* Obtenido de WIMAX FINAL:
http://www.cdg.org/resources/white_papers/files/WiMAX%20FINAL%20Spanish.pdf
- WiMAX Oportunidades y desafíos en el mundo inalámbrico. (26 de mayo de 2013).
WiMAX Oportunidades y desafíos en el mundo inalámbrico. Obtenido de
 WiMAX Oportunidades y desafíos en el mundo inalámbrico:
<http://es.scribd.com/doc/53197/WiMAX-Oportunidades-y-desafios-en-el-mundo-inalambrico>

WNI Mexico - Wireless Solutions! (27 de junio de 2013). *WNI Mexico - Wireless Solutions!* Obtenido de WNI Mexico - Wireless Solutions!:
<http://www.wni.mx/>

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta Directores de Carrera Universidad Politécnica Salesiana

Mejoramiento de la navegación de Internet, así como también del uso del sistema AVAC, usando la tecnología WIMAX. Enfocado a los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana. Al agradecer su colaboración en el llenado de la encuesta, me permite indicarle que la misma es totalmente confidencial y anónima cuyos resultados se darán a conocer estadísticamente y de forma tabulada e impersonal. Es fundamental que sus respuestas sean apegadas a la realidad.

1.- Datos Personales

- **Nombres y Apellidos:**

.....

- **Área ocupacional:**

.....

- **Carrera:**

.....

2.- En qué sector de la ciudad, se encuentra localizado su domicilio con respecto a la UPS?

- **A qué parroquia pertenece:**

.....

- **Zona en la que se encuentra ubicada su vivienda (Norte, Noroeste, Noreste, Centro, Sur, Sureste, Suroeste):**

.....

- **Especifique si su vivienda está ubicada en: urbanización / cooperativa / ciudadela u otros:**

.....

3.- Se siente conforme con la rapidez, disponibilidad y eficiencia del Internet de Claro proporcionado a los docentes de la UPS, para su navegación diaria laboral.

- Si
- No

4.- Valore de 1 a 5 la calidad del servicio de internet brindado por el proveedor.

- 1.- Malo
- 2.- Regular
- 3.- Bueno
- 4.- Muy Bueno
- 5.- Excelente

5.- Dónde permanece mayormente conectado, seleccione las siguientes opciones.

- Universidad Politécnica Salesiana
- Casa
- Transporte/automóvil
- Otro:

6.- Que impacto ha recibido usted con respecto al servicio de internet?.

.....
.....

7.- Con qué frecuencia presenta inconvenientes con la conectividad del servicio de internet ofrecida por la UPS?

- Entre 1 y 2 veces por día
- Más de 2 veces por día
- Entre 1 y 2 veces por semana
- Más de 2 veces por semana
- No presenta problemas

8.- En qué horario presenta frecuentemente problemas con el servicio de internet? Especifique:

- Mañana
- Tarde
- Noche
- Madrugada

9.- Tiene conocimiento o ha escuchado hablar sobre la tecnología WIMAX?

- Si
- No

10.- Si WIMAX le ofreciera un mejor servicio de Internet en relación al ofertado por su proveedor actual estaría de acuerdo en cambiar de tecnología?

- Si
- No

11.- Con qué frecuencia accede al Ambiente Virtual de Aprendizaje Cooperativo de la Universidad Politécnica Salesiana?.

- Menos de una hora por día
- Entre 1 y 2 horas por día
- Entre 2 y 3 horas por día
- Más de 3 horas al día
- Otro:

Anexo 2. Datos utilizados para los cálculos correspondientes a la concesión de Frecuencias- Secretaría Nacional De Telecomunicaciones

ANEXO 1: SERVICIO FIJO Y MOVIL EN BANDAS BAJO 30 MHz

Tabla 1: Coeficiente de valoración del espectro Servicios Fijo y Móvil en bandas bajo 30 MHz

Banda de frecuencias (MHz)	Coeficiente α_1 Servicios Fijo y Móvil en bandas Bajo 30 MHz
$0 < f \leq 30$ MHz	0.275

Tabla 2: Valores de F_t en función del No. de estaciones y del tiempo de uso

Tiempo de uso (horas)	No. De estaciones			
	$0 < N \leq 4$	$4 < N \leq 8$	$8 < N \leq 12$	$N > 12$
$0 < h \leq 6$	3.697.998	6.849.223	9.534.521	10.724.391
$6 < h \leq 10$	6.163.329	11.415.372	15.890.868	17.873.985
$10 < h \leq 14$	8.628.661	15.981.521	22.247.215	25.023.580
$14 < h \leq 18$	11.093.993	20.547.670	28.603.562	32.173.174
$h > 18$	12.326.659	22.830.744	31.781.736	35.747.971

ANEXO 2

SERVICIO FIJO Y MÓVIL EN BANDAS ENTRE 30 Y 960 MHz

Tabla 1: Coeficiente de valoración del espectro para la banda entre 30 y 960 MHz

Banda de Frecuencias (MHz)	Coeficiente α_2 Comunales de Explotación, Móviles Privados
$30 < f \leq 300$ MHz	0.736521808
$300 < f \leq 512$ MHz	2.602.532.416
$614 < f \leq 960$ MHz	-

Tabla 2: Valores de Fp en la Banda 30 – 300 MHz (G≤6 dBd)

Altura efectiva (m)	0<H≤400	400<H≤600	600<H≤800	H>800
Potencia (W)				
0<P≤10	0.307152	0.451022	0.593715	0.664762
10<P≤15	0.460728	0.676534	0.890572	0.997143
15<P≤20	0.614304	0.902045	1.187.429	1.329.524
20<P≤25	0.767880	1.127.556	1.484.287	1.661.905
25<P≤30	0.921456	1.353.067	1.781.144	1.994.286
P>30	1.075.032	1.578.579	2.078.001	2.326.667

Tabla 3: Valores de Fp en la Banda 30 – 300 MHz (G>6 dBd)

Altura efectiva (m)	0<H≤400	400<H≤600	600<H≤800	H>800
Potencia (W)				
0<P≤10	0.612849	0.899908	1.184.617	1.326.374
10<P≤15	0.919273	1.349.862	1.776.925	1.989.562
15<P≤20	1.225.697	1.799.816	2.369.233	2.652.749
20<P≤25	1.532.122	2.249.770	2.961.541	3.315.936
25<P≤30	1.838.546	2.699.724	3.553.850	3.979.123
P>30	2.144.971	3.149.679	4.146.158	4.642.310

Tabla 4: Valores de Fp en la Banda 300 – 512 MHz (G≤6 dBd)

Altura efectiva (m)	0<H≤400	400<H≤600	600<H≤800	H>800
Potencia (W)				
0<P≤15	0.102656	0.150741	0.198431	0.222177
15<P≤20	0.136875	0.200988	0.264575	0.296236
20<P≤25	0.171094	0.251235	0.330719	0.370295
25<P≤30	0.205313	0.301482	0.396863	0.444354
30<P≤35	0.239531	0.351728	0.463007	0.518412
>35	0.273750	0.401975	0.529150	0.592471

Tabla 5: Valores de Fp en la Banda 300 – 512 MHz (G>6 dBd)

Altura efectiva (m)	0<H≤400	400<H≤600	600<H≤800	H>800
Potencia (W)				
0<P≤15	0.204826	0.300767	0.395923	0.443301
15<P≤20	0.273102	0.401023	0.527897	0.591068
20<P≤25	0.341377	0.501279	0.659871	0.738835
25<P≤30	0.409653	0.601535	0.791845	0.886602
30<P≤35	0.477928	0.701791	0.923820	1.034.369
>35	0.546204	0.802046	1.055.794	1.182.136

ANEXO 3

SERVICIO FIJO ENLACES PUNTO – PUNTO

Tabla 1: Distancias máximas aplicables para fines de cálculo de las tarifas del Servicio Fijo, enlaces punto-punto.

Rango de frecuencias; f (frecuencia de operación)	Distancia máxima aplicable, Km.	Distancia mínima aplicable, Km.
0 GHz <f<= 1 GHz	70	30
1 GHz <f<= 5 GHz	50	15
5 GHz <f<= 10 GHz	30	12
10 GHz <f<= 15 GHz	25	9
15 GHz <f<= 20 GHz	20	8
20 GHz <f<= 25 GHz	15	6
f > 25 GHz	10	5

Tabla 2: Coeficiente de valoración del espectro aplicable para fines de cálculo de las tarifas del Servicio Fijo, enlaces punto-punto.

Rango de frecuencias; f (frecuencia de operación)	Coeficiente de valoración del espectro α_3
0 GHz <f<= 1 GHz	0.0815313
1 GHz <f<= 5 GHz	0.0323876
5 GHz <f<= 10 GHz	0.0237509
10 GHz <f<= 15 GHz	0.0215917
15 GHz <f<= 20 GHz	0.0194325
20 GHz <f<= 25 GHz	0.0183529
f > 25 GHz	0.0172734

ANEXO 4

SERVICIO FIJO Y MOVIL (MULTIACCESO)

Tabla 1: Coeficiente de valoración del espectro α_4 y Radio de cobertura de la estación base o fija, para el Servicio Fijo y Móvil (Multi-acceso)

Banda de Frecuencias	30 MHz – 300 MHz	300 MHz – 512 MHz	614 MHz – 960 MHz	1427 MHz – 2690 MHz	2690 MHz – 10 GHz	10 GHz – 30 GHz
Distancia Referencial	50 Km	25 Km	16.5 Km	11.5 Km	8 Km	5 Km
Servicios						
Fijo (Punto - Multipunto)	0.0438384	0.0193761	0.0460182	0.0133210	0.0185687	0.0879998
Buscapersonas Unidireccional	0.1179400	0.2734600	0.5371800	---	---	---
Buscapersonas Bidireccional	---	---	0.5371800	---	---	---
Fijo (Punto - Multipunto) WLL	---	---	---	---	0.0781436	---
Telefonía Móvil Celular	---	---	0.0696406	---	---	---
Troncalizado de Despacho	---	0.101110	101.402	---	---	---
Servicio Móvil Avanzado	---	---	---	0.119400	---	---

Tabla 2: Coeficiente de valoración del espectro α_5 por Estaciones de Abonado Móviles y Fijas para el Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso)

Banda de Frecuencias	30 MHz – 300 MHz	300 MHz – 512 MHz	614 MHz – 960 MHz	1427 MHz – 2690 MHz	2690 MHz – 10 GHz	10 GHz – 30 GHz
Servicios						
Fijo (Punto-Multipunto)	5	5	5	5	5	5
Buscapersonas Unidireccional	1	1	1	---	---	---
Buscapersonas Bidireccional	---	---	1	---	---	---
Fijo (Punto-Multipunto) WLL	---	---	---	---	1	---
Telefonía Móvil Celular	---	---	1	---	---	---
Troncalizado de Despacho	---	1	1	---	---	---
Servicio Móvil Avanzado	---	---	---	1	---	---

Tabla 3: Servicio Fijo Enlaces Punto – Multipunto (Multi-acceso)

Tramo	Factor de capacidad (Fd)
3<N<=10	9
10<N<=20	18
20<N<=100	64
100<N<=200	147
200<N<=300	232
300<N<=400	317
400<N<=500	398
500<N<=650	474
650<N<=800	527
800<N<=1000	554
N>1000	570

Tabla 4: Servicio Fijo Punto – Multipunto (WLL)

Tramo	Factor de capacidad (Fd)
0<N<=100	31
100<N<=200	62
200<N<=300	93
300<N<=400	123
400<N<=500	156
500<N<=1000	264
1000<N<=1500	401
1500<N<=2000	532
2000<N<=2500	663
2500<N<=3000	794
3000<N<=3500	925
3500<N<=4000	1056
4000<N<=4500	1187
4500<N<=5000	1318
5000<N<=6000	1489
6000<N<=7000	1698
7000<N<=8000	1908
8000<N<=9000	2118
9000<N<=10000	2327
10000<N<=12500	2642
12500<N<=15000	3061
15000<N<=17500	3438
17500<N<=20000	3774
20000<N<=22500	4076
22500<N<=25000	4344
25000<N<=27500	4585
27500<N<=30000	4800
30000<N<=32500	4989
32500<N<=35000	5128
35000<N<=37500	5238
37500<N<=40000	5323
40000<N<=42500	5389
42500<N<=45000	5440
45000<N<=47500	5479
47500<N<=50000	5509
N>50000	5531

ANEXO 7

VALOR DE CONCESIÓN

Tabla 1: Factor de Concesión de Frecuencias para los diferentes Servicios en las diferentes Bandas

Servicio	Factor de Concesión de Frecuencias
Fijo y Móvil – (Bajo 30 MHz)	0.021024
Fijo y Móvil – (Sobre 30 MHz VHF 30-300 MHz)	0.022120
Fijo y Móvil – (Sobre 30 MHz UHF 300-512 MHz)	0.028500
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional VHF 137 – 300 MHz)	0.0070616
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional UHF 300 – 512 MHz)	0.00711968
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional UHF 614 – 960 MHz)	0.00710696
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Bidireccional UHF 614 – 960 MHz)	0.00710696
Fijo y Móvil – (Sistema Troncalizado UHF 400 MHz)	0.49407115
Fijo y Móvil – (Sistema Troncalizado UHF 400 MHz)	0.50403226
Fijo (Enlaces punto-punto $0 < f \leq 1$ GHz)	0.054194
Fijo (Enlaces punto-punto $1 < f \leq 5$ GHz)	0.0330652
Fijo (Enlaces punto-punto $5 < f \leq 10$ GHz)	0.0312929
Fijo (Enlaces punto-punto $10 < f \leq 15$ GHz)	0.0295017
Fijo (Enlaces punto-punto $15 < f \leq 20$ GHz)	0.0294794
Fijo (Enlaces punto-punto $20 < f \leq 25$ GHz)	0.0290454
Fijo (Enlaces punto-punto $f > 25$ GHz)	0.0290191
Fijo y Móvil por Satélite	0.0555096
Fijo (Enlaces punto-multipunto) (Multi-acceso)	0.0477714

Anexo 3. Instructivo Formularios de Concesión de Frecuencias

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones ha establecido los formularios necesarios para el trámite correspondiente a la concesión, renovación o modificación de una concesión de frecuencias; así como para la concesión y renovación de credenciales para radioaficionados y sistemas de banda ciudadana; de la misma forma para el registro de sistemas de modulación digital de banda ancha, estos están organizados de la siguiente forma:

1. Formulario RC-1A (Formulario para Información Legal).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud de concesión, autorización temporal de frecuencias, renovación o modificación técnica o legal del contrato de concesión. En este formulario se debe registrar toda la información legal del solicitante y el responsable técnico.

2. Formulario RC-1B (Formulario para Información Legal Modulación Digital de Banda Ancha).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud de registro, modificación técnica o legal de un sistema de Modulación Digital de Banda Ancha. En este formulario se debe registrar toda la información legal del solicitante y el responsable técnico, así como la declaración de aceptación de interferencias en las bandas de operación.

3. Formulario RC-2A, (Formulario para Información de la Estructura del Sistema de Radiocomunicaciones).- En este formulario se deben registrar todos los datos del tipo de estructura utilizada, su ubicación así como el tipo de alimentación y protecciones.

4. Formulario RC-3A (Formulario para Información de Antenas).- Incluye todas las especificaciones de la antena.

5. Formulario RC-3B, (Formulario para patrones de radiación de antenas).- Incluye el formato para graficar los patrones de radiación de antenas, así como también las

tablas donde se debe especificar los valores de ganancia (dBd) para cada radial tanto en el plano horizontal como en el vertical.

6. Formulario RC-4A (Formulario para Información de Equipamiento).- Incluye todas las especificaciones de los equipos a utilizarse, debe utilizarse siempre y cuando se incluya un equipo nuevo en una concesión, renovación o modificación, no es necesario cuando se opere con equipos previamente registrados en la SNT.

7. Formulario RC-5A (Formulario para Servicios Fijo y Móvil Terrestre).- Incluye todas las especificaciones correspondientes a las características de operación de los servicios Fijo y Móvil Terrestre, en lo que se refiere a rango de frecuencias y modo de operación, así como número de estaciones con las que se operará y las especificaciones de todas las estaciones.

8. Formulario RC-6A (Formulario para Servicio Fijo Terrestre).- Incluye todas las especificaciones correspondientes a las características de operación del Servicio Fijo Terrestre en lo referente a la operación de enlaces punto-punto, características de estaciones fijas, perfil topográfico, esquema del sistema y gráfica del perfil topográfico.

9. Formulario RC-7A (Formulario para Servicios Fijo y Móvil Radioaficionados).- En este formulario se deben registrar todos los datos del solicitante, características de las estaciones, especificaciones de los equipos y antenas a utilizarse, así como un esquema del sistema.

10. Formulario RC-8A (Formulario para Servicios Fijo y Móvil Banda Ciudadana).- En este formulario se deben registrar todos los datos del solicitante, características de las estaciones, especificaciones de los equipos y antenas a utilizarse, así como un esquema del sistema.

11. Formulario RC-9A (Formulario para Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha Enlaces Punto-Punto).- Incluye todas las especificaciones correspondientes a las características de operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha Enlaces Punto-Punto.

12. Formulario RC-9B (Formulario para Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha Enlaces Punto-Multipunto).- Incluye todas las especificaciones correspondientes a las características de operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha Enlaces Punto-Multipunto.

13. Formulario RC-9C (Formulario para Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha Sistemas Móviles).- Incluye todas las especificaciones correspondientes a las características de operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, Sistemas Móviles.

14. Formulario RC-10A (Formulario para Sistemas Troncalizados).- En este formulario se deben presentar las características de operación de los sistemas troncalizados.

15. Formulario RC-11A (Formulario para el Servicio Fijo por Satélite).- En este formulario se deben presentar las características de operación para la concesión de un sistema Fijo por Satélite.

16. Formulario RC-11B (Formulario para el Servicio Móvil por Satélite).- En este formulario se deben presentar las características de operación para la concesión de un sistema Móvil por Satélite.

17. Formulario RC-12A (Formulario para Sistemas Buscapersonas).- En este formulario se debe presentar deben presentar las características de operación un sistema Buscapersonas.

18. Formulario RC-13A (Formulario para Cálculos de Propagación).- Incluye todas las especificaciones para los cálculos de propagación, perfiles topográficos y esquema del circuito.

19. Formulario RC-14A (Formulario para Esquema del Sistema de Radiocomunicaciones).- En este formulario se debe presentar un esquema de la topología del sistema de radiocomunicaciones en su totalidad.

20. Formulario RC-15A (RNI-T1) (Formulario para Estudio Técnico de Emisiones de RNI).-En este formulario se debe presentar el cálculo de la distancia de seguridad para la Radiaciones No Ionizantes.

21. Formulario RC-16A (Formulario para el cálculo de la máxima frecuencia utilizable (MUF), mínima frecuencia utilizable (LUF) y frecuencia óptima de trabajo (FOT).- Incluye las especificaciones para el cálculo de la frecuencia óptima de operación en base al rango de frecuencias utilizables así como también a las condiciones de tiempo y predicción.

22. Formulario RC-17A (Formulario para el Registro de la Capacidad Satelital).- En este formulario se debe presentar toda la información requerida para el Registro de Capacidad Satelital, así como los datos del sistema satelital a registrar.

En todos los ítems de los formularios que necesitan una aclaración acerca de la forma como ingresar la información, existe un numeral en la parte superior izquierda del recuadro correspondiente, a fin de relacionarlo con las especificaciones del presente instructivo, el número indicado en el inicio de cada instrucción se relaciona con el número indicado en el formulario respectivo.

Toda la información requerida en los formularios debe ser llenada de acuerdo a lo establecido en este instructivo, si existe alguna información faltante o incorrecta, no se tramitarán las solicitudes realizadas.

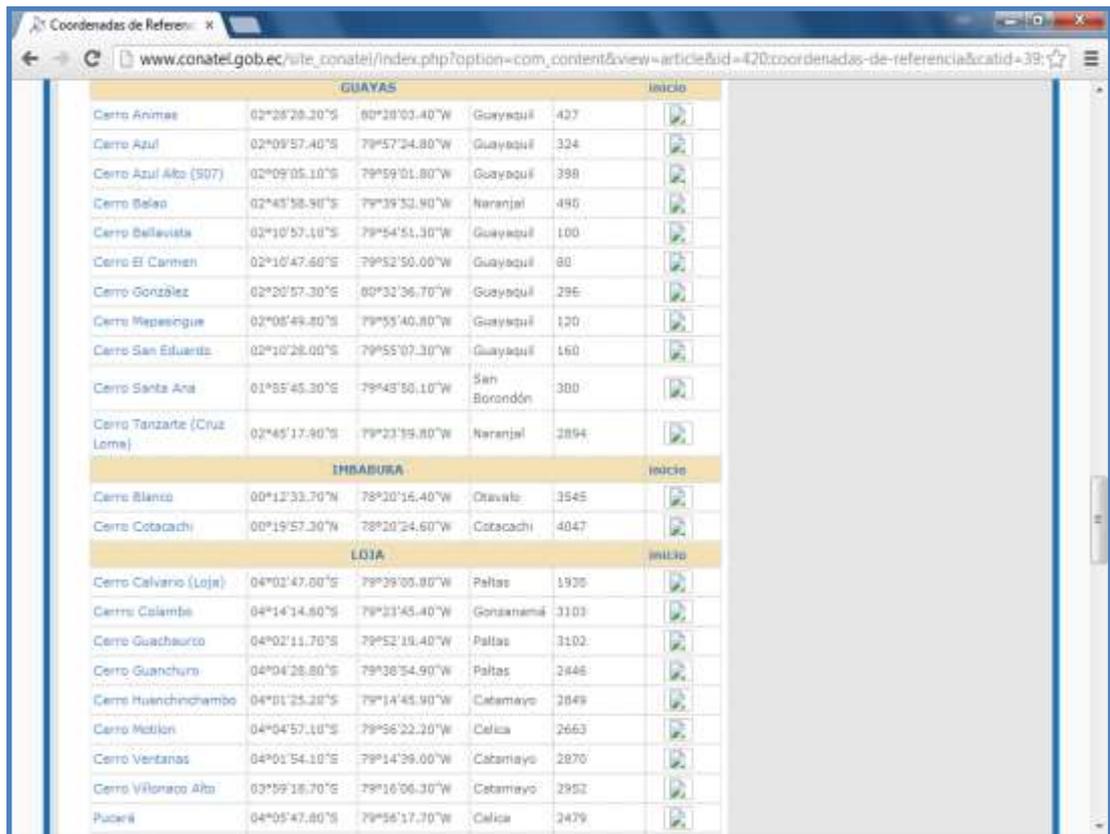
Los formularios que se deben ingresar son los que correspondan a las especificaciones legales y técnicas de acuerdo al requerimiento del interesado y tomando en cuenta la actividad particular que se solicita, a fin de que se incluyan todos los formularios que se requieran para el caso. Por ejemplo, para una solicitud de cambio de frecuencias para un sistema del Servicio Fijo y Móvil Terrestre, se requerirán los siguientes formularios RC-1A (Información Legal) y RC-5A (Información para el Servicio Fijo y Móvil Terrestre).

A más de los formularios establecidos, la solicitud debe ir acompañada de todos los documentos técnicos y legales que para el efecto se establezcan por esta secretaría.

Anexo 4. Coordenadas de Referencia de los Sitios de Repetición

A continuación se detallan las coordenadas tomadas en cada sitio usando la referencia WGS84, así como las coordenadas de todas las estructuras existentes en dicho sitio y su gráfico en Google Earth.

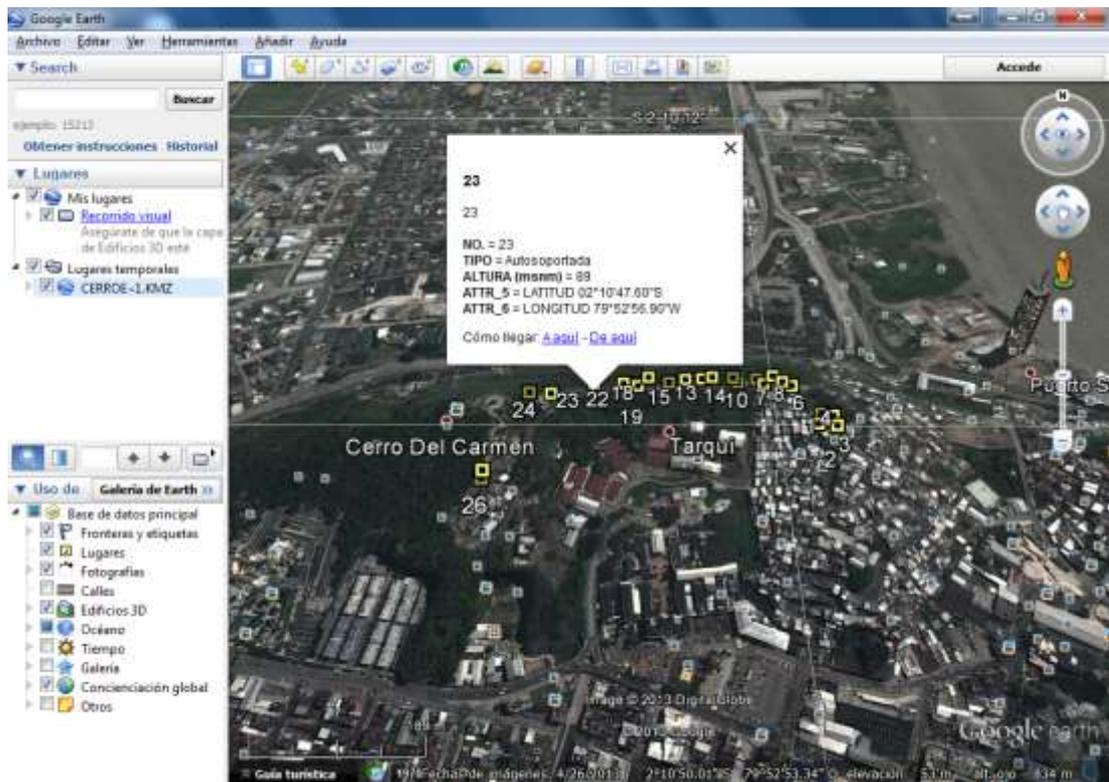
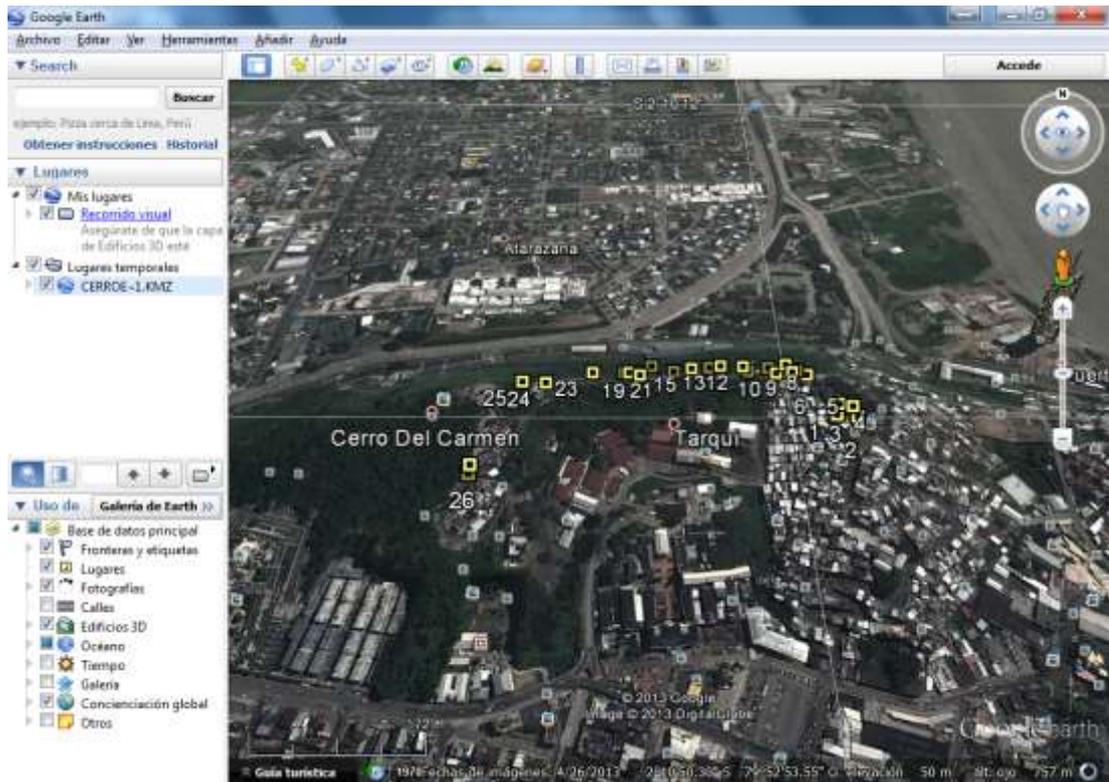
Se debe señalar que estas son las coordenadas que deberán ser usadas al momento de realizar los respectivos estudios de ingeniería para la concesión de frecuencias.



GUAYAS				Inicio
Cerro Animas	02°28'28.20"S	80°28'03.40"W	Guayaquil	427
Cerro Azul	02°09'57.40"S	79°57'24.80"W	Guayaquil	324
Cerro Azul Alto (SOT)	02°09'05.10"S	79°59'01.80"W	Guayaquil	398
Cerro Belao	02°43'58.90"S	79°39'52.90"W	Naranjal	490
Cerro Bellavista	02°10'57.10"S	79°54'51.30"W	Guayaquil	100
Cerro El Carmen	02°10'47.60"S	79°52'50.00"W	Guayaquil	80
Cerro González	02°20'57.30"S	80°32'36.70"W	Guayaquil	296
Cerro Repesigue	02°08'49.80"S	79°55'40.80"W	Guayaquil	120
Cerro San Eduardo	02°10'28.00"S	79°55'07.30"W	Guayaquil	160
Cerro Santa Ana	01°55'45.30"S	79°45'50.10"W	San Borondón	300
Cerro Tanzarte (Cruz Loma)	02°45'17.90"S	79°23'59.80"W	Naranjal	2894
IMBABURA				Inicio
Cerro Blanco	00°12'33.70"N	78°20'15.40"W	Otavalo	3545
Cerro Cotacachi	00°19'57.30"N	78°20'24.60"W	Cotacachi	4047
LOJA				Inicio
Cerro Calvario (Loja)	04°02'47.00"S	79°39'05.80"W	Paltas	1926
Cerro Colambo	04°14'14.80"S	79°23'45.40"W	Gonsanamá	3102
Cerro Guachaurto	04°02'11.70"S	79°52'19.40"W	Paltas	3102
Cerro Guanchuro	04°04'28.80"S	79°38'54.90"W	Paltas	2848
Cerro Huanchinambo	04°01'25.20"S	79°14'45.90"W	Catamayo	2849
Cerro Matlon	04°04'57.10"S	79°56'22.20"W	Celica	2663
Cerro Ventanas	04°01'54.10"S	79°14'39.00"W	Catamayo	2870
Cerro Vilonaco Alto	03°59'18.70"S	79°16'06.30"W	Catamayo	2952
Pucará	04°05'47.80"S	79°56'17.70"W	Celica	2479

Sitio web:

http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=420:coordenadas-de-referencia&catid=39:frecuencias&Itemid=223#guayas



Anexo 5. Formulario RC-LA (Información Legal)

		FORMULARIO PARA INFORMACION LEGAL				RC - 1A Elab.: DGGER Versión: 02		
						1) Cod.Cont.:		
SOLICITUD:								
2) OBJETO DE LA SOLICITUD:	()	<u>C</u> ONCESION	<u>R</u> ENOVACION	<u>M</u> ODIFICACION	FRECUENCIAS <u>T</u> EMPORALES			
3) TIPO DE USO DE FRECUENCIAS:	()	USO- <u>P</u> RV	USO- <u>C</u> OM	USO- <u>E</u> XP	USO- <u>R</u> ES	USO- <u>S</u> OC		
4) TIPO DE SISTEMA:	()	<u>P</u> RIVADO	<u>E</u> XPLOTAION					
5) SERVICIO:	()	FM- <u>R</u> DV	FM- <u>S</u> B	FM- <u>R</u> A	F- <u>E</u> R	FMS- <u>F</u> S	FMS- <u>M</u> S	FM- <u>T</u> R
DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:								
6) PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL								
APELLIDO PATERNO:		APELLIDO MATERNO:		NOMBRES:		CI:		
7) CARGO:								
PERSONA JURIDICA								
8) NOMBRE DE LA EMPRESA:								
9) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA:						RUC:		
10) DIRECCION								
PROVINCIA:		CIUDAD:		DIRECCION:				
e-mail:			CASILLA:		TELEFONO / FAX:			
11) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)								
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva								
APELLIDO PATERNO:		APELLIDO MATERNO:		NOMBRES:		LIC. PROF.:		
e-mail:			CASILLA:		TELEFONO / FAX:			
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.):				FECHA:		_____ FIRMA		
12) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA								
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación								
NOMBRE:				FECHA:		_____ FIRMA		
13) OBSERVACIONES:								
14) PARA USO DE LA SNT								
SOLICITUD SECRETARIO NACIONAL ()		CONSTITUCIÓN DE LA CIA. ()		NOMB. REPRESENTANTE LEGAL ()		CUMP. SUPER BANCOS O CIAS. ()		
REGISTRO UNICO CONTRIBUY. ()		FE PRESENTACION CC.FF.AA. ()		CERT. NO ADEUDAR SNT ()		CERT. NO ADEUDAR SUPTTEL ()		

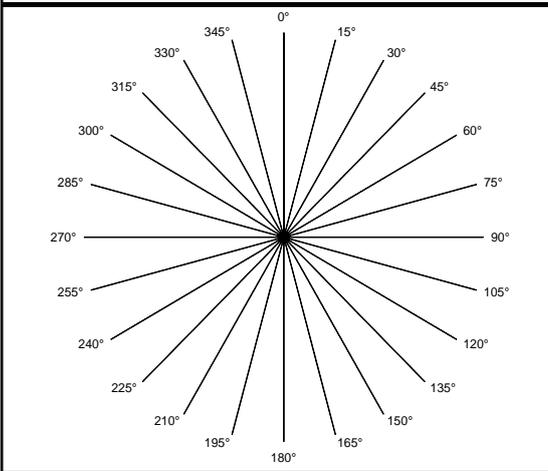
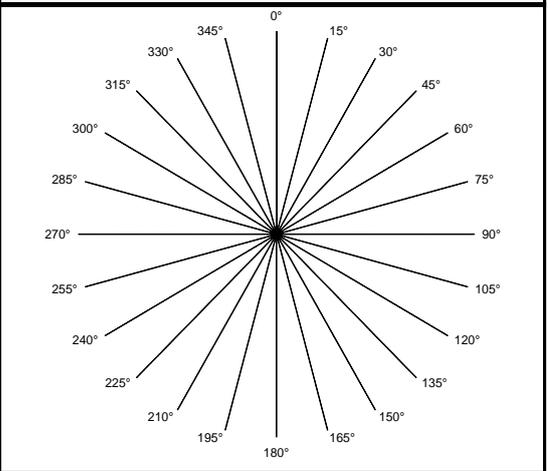
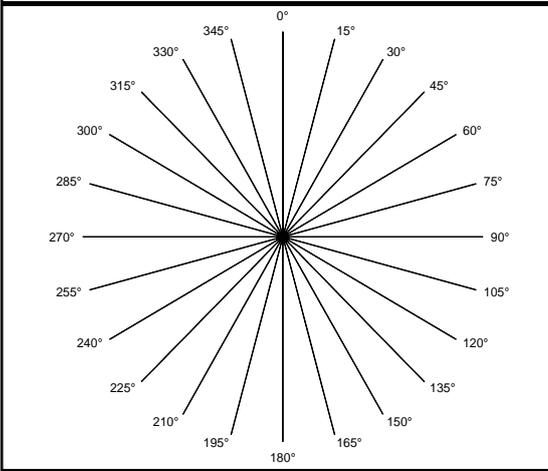
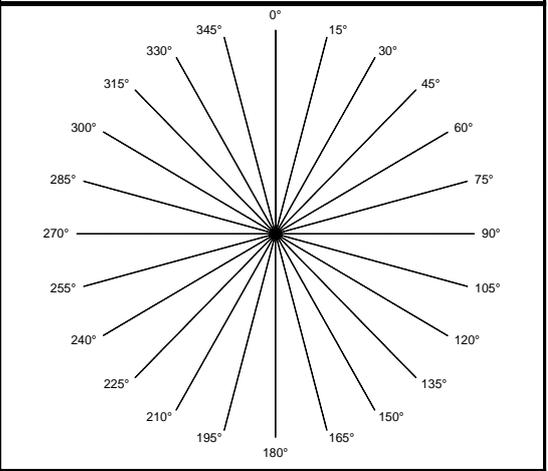
Anexo 6. Formulario RC-2A, Información de la estructura del Sistema de Radiocomunicaciones

		FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES			RC - 2A Elab.: DGGER Versión: 02	
					1) Cod. Cont.:	
ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES						
2) ESTRUCTURA 1						
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:				ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:				ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:						
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.		UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)		
				LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:						
PUESTA A TIERRA		SI ()	NO ()	PARARRAYOS		SI () NO ()
OTROS (Describe):						
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:						
LINEA COMERCIAL ()		GENERADOR ()	BANCO DE BATERIAS ()	EXISTE RESPALDO SI () NO ()		
TIPO DE RESPALDO						
GENERADOR ()		BANCO DE BATERIAS ()	UPS ()	OTRO: _____		
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:						
2) ESTRUCTURA 2						
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:				ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:				ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:						
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.		UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)		
				LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:						
PUESTA A TIERRA		SI ()	NO ()	PARARRAYOS		SI () NO ()
OTROS (Describe):						
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:						
LINEA COMERCIAL ()		GENERADOR ()	BANCO DE BATERIAS ()	EXISTE RESPALDO SI () NO ()		
TIPO DE RESPALDO						
GENERADOR ()		BANCO DE BATERIAS ()	UPS ()	OTRO: _____		
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:						
2) ESTRUCTURA 3						
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:				ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:				ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:						
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.		UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)		
				LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:						
PUESTA A TIERRA		SI ()	NO ()	PARARRAYOS		SI () NO ()
OTROS (Describe):						
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:						
LINEA COMERCIAL ()		GENERADOR ()	BANCO DE BATERIAS ()	EXISTE RESPALDO SI () NO ()		
TIPO DE RESPALDO						
GENERADOR ()		BANCO DE BATERIAS ()	UPS ()	OTRO: _____		
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:						

Anexo 7. Formulario RC-3A, Información de Antenas

	FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS		RC – 3A Elab.: DGGER Versión: 02
			¹⁾ Cod. Cont:
²⁾ CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS			
CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 1	ANTENA 2	
CODIGO DE ANTENA:			
MARCA:			
MODELO:			
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):			
TIPO:			
IMPEDANCIA (ohmios):			
POLARIZACION:			
GANANCIA (dBd):			
DIÁMETRO (m):			
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):			
ANGULO DE ELEVACION (°):			
ALTURA BASE-ANTENA (m):			
²⁾ CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS			
CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 3	ANTENA 4	
CODIGO DE ANTENA:			
MARCA:			
MODELO:			
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):			
TIPO:			
IMPEDANCIA (ohmios):			
POLARIZACION:			
GANANCIA (dBd):			
DIÁMETRO (m):			
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):			
ANGULO DE ELEVACION (°):			
ALTURA BASE-ANTENA (m):			
²⁾ CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS			
CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 5	ANTENA 6	
CODIGO DE ANTENA:			
MARCA:			
MODELO:			
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):			
TIPO:			
IMPEDANCIA (ohmios):			
POLARIZACION:			
GANANCIA (dBd):			
DIÁMETRO (m):			
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):			
ANGULO DE ELEVACION (°):			
ALTURA BASE-ANTENA (m):			
NOTA: Se debe adjuntar las copias de los catálogos de las mencionadas antenas.			

Anexo 8. Formulario RC-3B, Patrones de Radiación de Antenas

	FORMULARIO PARA PATRONES DE RADIACION DE ANTENAS	RC - 3B Elab.: DGER Versión. 01 1) Cod. Cont:																								
2) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA																										
MARCA:		MODELO:	TIPO:																							
Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.																										
RADIAL																										
PLANO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°		
HORIZONTAL																										
VERTICAL																										
PATRON DE RADIACION HORIZONTAL													PATRON DE RADIACION VERTICAL													
																										
2) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA																										
MARCA:		MODELO:	TIPO:																							
Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.																										
RADIAL																										
PLANO	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°		
HORIZONTAL																										
VERTICAL																										
PATRON DE RADIACION HORIZONTAL													PATRON DE RADIACION VERTICAL													
																										

Anexo 9. Formulario RC-4A, Información de Equipamiento

	FORMULARIO PARA INFORMACION DE EQUIPAMIENTO			RC – 4A Elab.: DGGGER Versión: 02
				¹⁾ Cod. Cont:
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS				
TIPO DE ESTACION:				
CODIGO DEL EQUIPO:				
MARCA:				
MODELO:				
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):				
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):				
TIPO DE MODULACION:				
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):				
POTENCIA DE SALIDA (Watts):				
RANGO DE OPERACION (MHz):				
SENSIBILIDAD (μ V) o (dBm):				
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA (kHz):				
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS				
TIPO DE ESTACION:				
CODIGO DEL EQUIPO:				
MARCA:				
MODELO:				
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):				
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):				
TIPO DE MODULACION:				
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):				
POTENCIA DE SALIDA (Watts):				
RANGO DE OPERACION (MHz):				
SENSIBILIDAD (μ V) o (dBm):				
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA:				
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS				
TIPO DE ESTACION:				
CODIGO DEL EQUIPO:				
MARCA:				
MODELO:				
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):				
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):				
TIPO DE MODULACION:				
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):				
POTENCIA DE SALIDA (Watts):				
RANGO DE OPERACION (MHz):				
SENSIBILIDAD (μ V) o (dBm):				
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA:				

Anexo 11. Formulario RC-6A, servicio fijo terrestre

		FORMULARIO PARA EL SERVICIO FIJO TERRESTRE (ENLACES PUNTO-PUNTO)						RC - 6A Elab.: DGGER Versión: 01						
		1) Cod. Cont:												
2) CARACTERISTICAS DE OPERACION POR ENLACE														
No. ENLACE		BANDA DE FRECUENCIAS: ()				RANGO EN LA BANDA REQUERIDA:				No. DE FRECUENCIAS POR ENLACE:				
3) MODO DE OPERACION SIMPLEX SEMIDUPLEX FULLDUPLEX ()						4) ANCHURA DE BANDA:		5) CLASE DE EMISION:		6) POTENCIA DE OPERACIÓN (Watts):				
7) CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS														
INDICATIVO		AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA:		ANTENA(S) ASOCIADA(S):				EQUIPO UTILIZADO:					
8) CARACTERISTICAS TECNICAS DEL ENLACE														
DISTANCIA DEL ENLACE (Km):					MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB):				CONFIABILIDAD (%):					
9) PERFIL TOPOGRAFICO														
DISTANCIA (Km)		0	D/12	D/6	D/4	D/3	5D/12	D/2	7D/12	2D/3	3D/4	5D/6	11D/12	D
ALTURA s.n.m. (m):														
Donde D = Distancia entre las estaciones fijas del enlace.														
10) GRAFICO DEL PERFIL TOPOGRAFICO:														
11) ESQUEMA DEL SISTEMA:														

Anexo 12. Formulario RC-13A, cálculos de Propagación

	FORMULARIO PARA CALCULOS DE PROPAGACION											RC- 13A Elab.: DGGER Versión: 01		
														1) Cod. Cont:
2) No. CIRCUITO/RADIOBASE:														
3) PERFILES TOPOGRAFICOS														
ALTURA s.n.m. (m)														
RADIALES	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°		
DISTANCIA (Km)														
5														
10														
15														
20														
25														
30														
35														
40														
45														
50														
55														
60														
65														
70														
NOTA: La escala de distancia de esta tabla puede ser modificada de acuerdo al radio de cobertura. Deben presentarse los gráficos de cada perfil.														
4) AREA DE COBERTURA														
NIVEL DE CAMPO ELECTRICO (dB μ V/m)														
RADIALES	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°		
DISTANCIA (Km)														
5														
10														
15														
20														
25														
30														
35														
40														
45														
50														
55														
60														
65														
70														
NOTA: La escala de distancia de esta tabla puede ser modificada de acuerdo al radio de cobertura. Debe presentarse el diagrama de cobertura en una copia de un mapa cartográfico de escala adecuada.														
5) RADIO DE COBERTURA														
DISTANCIA (Km)														
RADIALES	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°		
CAMPO ELECTRICO $E = 38.5 \text{ dB}\mu\text{V} / \text{m}$														
6) ESQUEMA DEL CIRCUITO														

Anexo 13. Formulario RC-15A, estudio técnico de emisiones de RNI

		FORMULARIO PARA ESTUDIO TECNICO DE EMISIONES DE RNI (CALCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)			RC-15A RNI-T1
					Fecha.:
1) USUARIO :					
NOMBRE DE LA EMPRESA:					
DIRECCIÓN:					
2) UBICACIÓN DEL SITIO :					
PROVINCIA:	CIUDAD / CANTON:	LOCALIDAD:	LATITUD (°) (') (")	LONGITUD (°) (') (")	
3) S_{lim} A CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO) :					
FRECUENCIAS (MHz)		S _{lim} OCUPACIONAL (W/m ²)	S _{lim} POBLACIONAL (W/m ²)		
4) CALCULO DE R² :					
Altura h (m) :		$R = \sqrt{X^2 + (h - d)^2}$			
DISTANCIA X		VALOR CALCULADO PARA R (m)			
2 m					
5 m					
10 m					
20 m					
50 m					
5) CALCULO DEL PIRE :					
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO (W)		GANACIA MAXIMA DE LA ANTENA	VALOR DE PIRE (W)		
6) CALCULO DEL S_{lim} TEORICO :					
		$S_{lim} = PIRE / (\pi * R^2)$			
DISTANCIA	VALOR DE $(\pi * R^2)$		VALOR DE S _{lim} (W/m ²)		
2 m					
5 m					
10 m					
20 m					
50 m					
7) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO) Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva					
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:		
e-mail:		CASILLA:	TELEFONO / FAX:		
DIRECCION:		FECHA:	_____ FIRMA		

Anexo 14. Fotografías correspondientes al desarrollo de tesis

Figura 1. – Entrevista Departamento de sistemas – Ing. Javier Ortíz



Figura 2. Revisión de routerboards



Figura 3. Instalación de antena , Radio base



Figura 4. Instalación de antena , Radio base



Figura 5. Vista panorámica – Domicilio del docente, Station WDS



Figura 6. Vista panorámica – Domicilio del docente, Station WDS



Figura 7. Vista panorámica – Domicilio del docente, Antena



Figura 8. Vista panorámica – Universidad Politécnica Salesiana , Radio base



Figura 9. Vista panorámica – Universidad Politécnica Salesiana , Radio base



Figura 10. Vista panorámica – Universidad Politécnica Salesiana , Radio base



Figura 11. Instalación de antena – Station WDS , Domicilio de docente



Figura 12. Instalación de antena – Station WDS , Domicilio de docente



Figura 13. Instalación de antena–Universidad Politécnica Salesiana, Radio base



Figura 14. Instalación de antena–Universidad Politécnica Salesiana, Radio base



Figura 15. Instalación de antena–Universidad Politécnica Salesiana, Radio base



Figura 16. Instalación de antena, Domicilio del docente, Station WDS



Figura 17. Antenas dipolo divisadas en la ciudad de Guayaquil



Figura 18. Antenas parabólicas divisadas en la ciudad de Guayaquil



Figura 19. Antena Yaggi divisada en la ciudad de Guayaquil



Figura 20. Antena dipolo divisada en la ciudad de Guayaquil



Figura 21. Antenas parabólicas, antenas sectoriales y antenas dipolo divisadas en la ciudad de Guayaquil



Figura 22. Antenas parabólicas divisadas en la ciudad de Guayaquil



Figura 23. Cerro Santa Ana – Sector estratégico para ubicación de radio bases

