

**RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DE VoIP y
STREAMING DE AUDIO SOBRE ENLACES WIFI MULTISALTO DE LARGA
DISTANCIA**

Trabajo de Desarrollo



MARCELA CHILITO PERDOMO

JENNIFER SARRIA GARZON

Trabajo de Grado

Director: Guefry Agredo Méndez M.Sc.

Universidad Del Cauca

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones - GNTT
Línea de investigación: Gestión Integrada de Redes, Servicios y Arquitecturas de
Telecomunicaciones
Popayán, 2011**

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento:

A la Universidad del Cauca y a la FIET por su formación académica y crecimiento en valores.

Al Ingeniero Guefry Agredo Méndez gratitud por sus valiosas orientaciones, dedicación y amistad.

A los ingenieros Oscar Calderón, Alejandro Toledo y Pablo Jojoa quienes con su amistad y apoyo nos ayudaron llegar hasta el final.

Por último, el más afectuoso agradecimiento a nuestras familias, quienes nos apoyaron incondicionalmente, no solo en este trabajo de grado, si no en nuestra vida.

El haber llegado hasta este punto en nuestras carreras académicas y personales ha sido gracias a Uds.

Los Autores
Popayán, Febrero 2011

A Dios por tantas bendiciones cada día.
A mi Padre por su paciencia y amor.
A mis Hermanos por su confianza y apoyo incondicional.
Y a mi Novio por su compañía y comprensión.
Y a mi amiga Jennifer por su Compañía y
complicidad en cada paso, durante toda esta experiencia de vida.

Marcela Chilito Perdomo

A Dios por llenarme de sabiduría.
A mis Padres por su paciencia y amor.
A mis Hermanos por su confianza y apoyo incondicional.
Y a mi Novio por su compañía y comprensión.
Y a mi amiga Marcela por su Compañía y
complicidad en cada paso, durante toda esta experiencia de vida.

Jennifer Sarria Garzón

TABLA DE CONTENIDO

1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS TECNOLOGÍAS WIFI, VoIP Y <i>STREAMING</i> DE AUDIO	4
1.1	ESTANDAR IEEE 802.11	4
1.1.1	Introducción a WiFi	4
1.1.2	Estandarización de WLAN	5
1.1.3	Objetivo de 802.11	6
1.1.4	Topología de red	8
1.1.5	Características Técnicas de 802.11b/g	10
1.1.6	Seguridad en IEEE 802.11	10
1.2	VOZ SOBRE PROTOCOLO DE INTERNET	13
1.2.1	Introducción VoIP	13
1.2.2	Funcionamiento de VoIP	13
1.2.3	Infraestructura básica VoIP	16
1.2.4	Estándar VoIP	17
1.2.5	SIP	17
1.2.6	Elementos de una red SIP	17
1.2.7	Seguridad en VoIP	18
1.2.8	Calidad de Servicio en VoIP	19
1.3	<i>STREAMING</i> DE AUDIO	21
1.3.1	Introducción <i>Streaming</i>	21
1.3.2	Definición de <i>Streaming</i>	22
1.3.3	Generación de Contenido <i>Streaming</i>	22
1.3.4	Servidor de Contenidos	24
1.3.5	Cliente	26
2	HERRAMIENTAS DE SOPORTE DE VOIP Y <i>STREAMING</i> DE AUDIO	28
2.2	HERRAMIENTAS DE SOPORTE VOIP	28
2.2.1	Asterisk	28
2.2.2	3CX	33
2.2.3	SKYPE	34
2.2.4	<i>Yahoo! Messenger</i> o <i>Yahoo!</i> Mensajería Instantánea (YIM)	36
2.2.5	El MSN Messenger	36
2.2.6	GoogleTalk	36
2.2.	HERRAMIENTAS DE SOPORTE <i>STREAMING</i> DE AUDIO	38
2.2.1	Real Player	38
2.2.2	Adobe Media Player	39
2.2.3	Windows Media Player	39
2.2.4	Helix Universal Server 11	39
2.2.5	Servidor Darwin <i>Streaming</i>	41
2.2.6	NullSoft Shoutcast	42
2.2.7	Java	42

2.2.8	<i>Streaming Connect</i>	42
2.3	PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA SOLUCIÓN DE VOIP	44
2.4	PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA SOLUCIÓN DE <i>STREAMING</i> DE AUDIO	45
3	PARÁMETROS DE INCIDENCIA EN EL DESEMPEÑO DE VOIP Y <i>STREAMING</i> DE AUDIO.	46
3.1	Configuración Inalámbrica	46
3.1.1	Modo Inalámbrico	47
3.1.2	MODO IEEE 802.11	48
3.1.3	Ancho de Banda del Canal	50
3.1.4	Intercalamiento del Canal	50
3.1.5	Canal	50
3.1.6	Potencia De Salida	51
3.1.7	Seguridad	52
3.2	CONFIGURACIÓN DE RED	52
3.2.2	Modo De Red	53
3.3	CONFIGURACIÓN AVANZADA	55
3.3.1	Algoritmo de Tasa de Datos	56
3.3.2	Inmunidad al Ruido	58
3.3.3	Umbral De Fragmentación	59
3.3.4	Característica Súper G	59
3.3.5	Control de Tráfico Inalámbrico	60
3.3.6	QoS (Calidad de Servicio)	61
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA GENERACIÓN DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS.	64
4.1	DESCRIPCION DEL ENLACE PILOTO DEL PROYECTO FRIDA	64
4.1	ESCENARIO DE PRUEBAS	65
4.1.2	Whireshark	66
4.1.3	SIPp	66
4.2	PRUEBAS	67
4.2.1	Modo Inalámbrico	69
4.2.2	Modo IEEE 802.11	71
4.2.3	Ancho de Banda del Canal	73
4.2.4	Canal	75
4.2.5	Potencia de Salida	77
4.2.6	Seguridad	79
4.2.7	Modo de Red	82
4.2.8	Algoritmo de Tasa de Datos	84
4.2.9	Inmunidad al Ruido	86

4.2.10	Umbral de Fragmentación	88
4.2.11	Característica Súper G	90
4.2.12	Control de Tráfico Inalámbrico	93
4.2.13	QoS (Calidad De Servicio)	96
4.3	RECOMENDACIONES TECNICAS	98
4.4.	Evaluación del Desempeño del Enlace con la Configuración Recomendada	98
4.5	CONCLUSIONES	100
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Enmiendas al Estándar 802.11.	6
Tabla 2. Distribución de frecuencias para 802.11 b/g en Colombia	7
Tabla 3. Comparación WEP, WPA y WPA 2.	12
Tabla 4. Comparación entre Telefonía Convencional y la Telefonía IP.	15
Tabla 5. Capas y ataques base de VoIP.	19
Tabla 6. Factores de Calidad de Servicio en VoIP	20
Tabla 7. Herramientas de soporte VoIP.	37
Tabla 8. Comparación de las herramientas para <i>Streaming</i> de audio	43
Tabla 9. Comparación entre IEEE 802.11b y IEEE 802.11g	49
Tabla 10. Características de la tecnología Súper G.	60
Tabla 11. Configuración de Tráfico Inalámbrico.	61
Tabla 12. Descripción de los niveles de QoS.	62
Tabla 13. Escenarios de pruebas	64
Tabla 14. Descripción de utilidades de CacePilot.	67
Tabla 15. Descripción de la Configuración Inicial.	69
Tabla 16. Resultados del Modo Inalámbrico	70
Tabla 17. Resultados de los factores de calidad del servicio	70
Tabla 18. Resultados de velocidad del modo IEEE 802.11.	72
Tabla 19. Resultados de los Factores de Calidad para Modo IEEE 802.11.	73
Tabla 20. Resultados del Ancho de Banda del Canal.	74
Tabla 21. Resultados de los Factores de Calidad Para Ancho del Canal	75
Tabla 22. Resultados de Velocidad de Tx y Rx del Canal.	76
Tabla 23. Resultados de los factores de calidad para los canales 1, 4, 5 y 9.	77
Tabla 24. Resultados de la Potencia de Salida.	78
Tabla 25. Resultados de los factores de calidad para la Potencia de Salida.	79
Tabla 26. Resultados para la Seguridad.	80
Tabla 27. Resultados de los Factores de Calidad para la Seguridad.	81
Tabla 28. Resultados para el Modo de Red	82
Tabla 29. Resultados de los Factores de Calidad para el Modo de Red.	83
Tabla 30. Resultados del algoritmo Tasa de Datos.	84
Tabla 31. Resultados de los Factores de Calidad para el Algoritmo de Tasa de Datos.	85
Tabla 32. Resultados de Inmunidad al Ruido	86
Tabla 33. Resultados de los Factores de Calidad para la Inmunidad al Ruido	88
Tabla 34. Resultados para el Umbral de Fragmentación.	89
Tabla 35. Resultados de los Factores de Calidad para el Umbral de Fragmentación.	90
Tabla 36. Resultados de la Característica súper G	91
Tabla 37. Resultados de los Factores de Calidad para la Característica Súper G.	92

Tabla 38. Resultados de velocidad en tx y rx el Control de Trafico Inalámbrico.	94
Tabla 39. Resultados de los Factores de Calidad para el Control de Trafico Inalámbrico.	95
Tabla 40. Resultados de la Calidad de Servicio	96
Tabla 41. Resultados de los Factores de Calidad para QoS.	97
Tabla 42. Valores Recomendados para Parámetros.	98
Tabla 43. Prueba de velocidad para las Configuraciones.	98
Tabla 44. Factores de Calidad para las Configuraciones.	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura básica de una red inalámbrica.	4
Figura 2. Superposición de canales en IEEE 802.11 b/g	7
Figura 3. Representación de una red en modo Ad-Hoc	9
Figura 4. Representación de una Red en Modo Infraestructura	9
Figura 5. Esquema General del Funcionamiento de VoIP.	14
Figura 6. Interconexión Sencilla de dos Redes VoIP	17
Figura 7. Pila de Protocolos SIP	18
Figura 8. Capas bases de VoIP	18
Figura 9. Secuencia de Funcionamiento de ACK.	23
Figura 10. Esquema de trama TCP	23
Figura 11. Esquema de trama UDP	23
Figura 12. Esquema de Protocolos	24
Figura 13. Conexión de Clientes a un solo Servidor.	25
Figura 14. Plataforma de <i>Streaming unicast</i>	26
Figura 15. Plataforma <i>Streaming Multicast</i>	26
Figura 16. Funcionamiento del <i>buffer</i> del Cliente	27
Figura 17. Operatividad de Asterisk	29
Figura 18. Proceso de Desarrollo Asterisk	30
Figura 19. Gateway Asterisk	31
Figura 20. Central Asterisk	32
Figura 21. Descripción funcionamiento 3CX.	34
Figura 22. Arquitectura Skype	35
Figura 23. Helix Universal Server	40
Figura 24. <i>Darwing Streaming</i>	41
Figura 25. Central 3CX Solución VOIP en funcionamiento	44
Figura 26. Servidor Shoutcast Streaming en funcionamiento.	45
Figura 27. Pestañas de los Equipos PS2.	46
Figura 28. Identificación de Parámetros en Configuración Inalámbrica.	47
Figura 29. Configuración de Red.	53
Figura 30. Configuración Avanzada.	55
Figura 31. Diagrama de Flujo, Algoritmo Optimista.	56
Figura 32. Diagrama de Flujo, Algoritmo Conservador	57

Figura 33. Diagrama de Flujo, Algoritmo EWMA	58
Figura 34. Configuración Enlace Piloto Proyecto FRIDA	64
Figura 35. Escenario de Prueba en Laboratorio.	65
Figura 36. Descripción de los Escenarios de Prueba. a) Condiciones Normales b) Condiciones Extremas.	68
Figura 37. Modo Inalámbrico.	69
Figura 38. Ancho de Banda a) AP y Estación y b) Ancho de Banda AP y Estación WDS	70
Figura 39. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Modo Inalámbrico.	71
Figura 40. Modo IEEE 802.11	71
Figura 41. Ancho de banda para el modo de red 802.11b, 802.11g y 802.11b/g.	72
Figura 42. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Modo IEEE.	73
Figura 43. Ancho de Banda del Canal.	74
Figura 44. Ancho de Banda del Canal para a) 5, b) 10 y c) 20MHz.	74
Figura 45. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Ancho de Banda del Canal.	75
Figura 46. Intercalamiento de Canal	76
Figura 47. Ancho de Banda para los canales a) 1, b) 4, c) 5 y d) 9.	76
Figura 48. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Canal.	77
Figura 49. Potencia de Salida.	78
Figura 50. Ancho de Banda para la potencia de salida en a) 10, b) 14, c) 18 y d) 22 dBm.	78
Figura 51. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para la Potencia de Salida.	79
Figura 52. Seguridad.	80
Figura 53. Ancho de Banda para la Seguridad.	81
Figura 54. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para la Seguridad.	82
Figura 55. Ancho de Banda para el Modo de Red, a) <i>Bridge</i> y b) <i>Router</i> .	83
Figura 56. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Modo de Red.	84
Figura 57. Algoritmo de Tasa de Datos.	84
Figura 58. Ancho de Banda para el Algoritmo Optimista, Conservador y EWMA	85
Figura 59. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Algoritmo de Tasa de Datos.	86
Figura 60. Inmunidad al Ruido.	86
Figura 61. Ancho de Banda para Inmunidad al Ruido con AP Deshabilitado.	87
Figura 62. Ancho de Banda para Inmunidad al Ruido con AP Deshabilitado.	87
Figura 63. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Inmunidad al Ruido.	88
Figura 64. Umbral de Fragmentación.	88
Figura 65. Ancho de Banda para el Umbral de Fragmentación para los valores a) 256, b) 778, c) 1300, d) 1822 y e) 2346.	89
Figura 66. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Umbral de Fragmentación	90
Figura 67. Característica Súper G.	91

Figura 68. Ancho de Banda para la Característica Súper G, a) Deshabilitada b) Trama Rápida, c) Ráfaga, d) Compresión, e) Trama Rápida + Ráfaga, f)Trama Rápida + Compresión y g) Trama Rápida + Ráfaga y Compresión.	92
Figura 69. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Súper G.	93
Figura 70. Control de Tráfico Inalámbrico.	93
Figura 71. Ancho de Banda para el Trafico Inalámbrico, a) Deshabilitado, b) Limite de Trafico Entrante/ Saliente: 512, Ráfaga de Trafico: Entrante / Saliente: 0 y c) Limite de Trafico Entrante/ Saliente: 1024, Ráfaga de Trafico: Entrante / Saliente: 512	94
Figura 72. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Modificación de Trafico Inalámbrico.	95
Figura 73. Calidad del Servicio.	96
Figura 74. Ancho de banda para QoS.	97
Figura 75. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para QoS.	98
Figura 76. Ancho de Banda para las Configuraciones, a) por Defecto y b) Bajo Recomendaciones.	99

INTRODUCCIÓN

Las zonas rurales de difícil acceso con baja densidad de población y pocos niveles de ingresos, en su gran mayoría son sitios con ausencia de conectividad de red, esta es una de las razones por la que se disminuye la calidad de vida de las personas, a causa del gran impacto que la falta de un servicio de comunicación tiene en ámbitos como la salud y la educación¹. En algunos casos no es tan fácil llevar redes de datos a estas comunidades, por las implicaciones y dificultades que se presentan al desplegar una infraestructura a grandes distancias, ya que la geografía y vías de acceso son el principal inconveniente. Para suplir esta necesidad se han desarrollado mecanismos y tecnologías, entre ellos están las redes de datos inalámbricas soportadas en los estándares IEEE 802.11 siendo eficaces y con bajo grado de dificultad en cuanto a su despliegue.

Partiendo de lo anterior, soluciones como las Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN, *Wireless Local Area Networks*), la tecnología de Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas (WiMAX, *Worldwide Interoperability for Microwave Access*), el Acceso Múltiple por División de Código 450 MHz (CDMA450, *Code Division Multiple Access*), el Bucle de Abonado Inalámbrico IP (WipLL, *Wireless IP Local Loop*), el Servicio General de Paquetes de datos vía Radio (GPRS, *General Packet Radio Service*), y el Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS, *Universal Mobile Telecommunications System*), están dentro de las tecnologías que se pueden considerar aptas para dar servicio a estas poblaciones por cumplir con los requerimientos básicos en facilidad de implementación; pero estas tecnologías son para efectos facilitados con el fin de llegar a cabeceras urbanas y allí contratar un servicio que pueda ser compartido entre varias comunidades, lo que se busco fue no generar gastos, por ello se debió pensar en dispositivos que se adaptaran a las necesidades y contemplaran parámetros que se puedan configurar y así poder analizar cuáles de esos son los que impactan y distinguir los valores más adecuados. El fin de este proyecto fue ofrecer un buen servicio, además de mejorar el enlace y con las tecnologías presentadas y estudiadas como solución WLAN presento las mejores condiciones. [1] Gracias a que es una tecnología muy desarrollada con gran cantidad de fabricantes, proveedores y comunidades de aportes libres en aspectos como *firmwares*, y también a las condiciones que implican su puesta en funcionamiento. Aunque la tecnología WLAN más conocida como WiFi (*Wireless Fidelity*) fue desarrollada en principio para cubrir pequeñas áreas², la distancia de cobertura sería el primer inconveniente para su utilización; sin embargo, en este sentido se han realizado trabajos sobre adaptaciones al estándar IEEE 802.11³ a nivel de acceso al medio (MAC) [2] que contribuyen al logro de otros usos como enlaces inalámbricos de larga distancia.

Siguiendo con los propósitos de este proyecto y encaminados al mejoramiento en el desempeño del enlace que soporta servicios como VoIP (*Voice Over Internet Protocol*) y *Streaming* de audio en zonas de difícil acceso, se hizo un estudio sobre los servicios, su

1 Consultado de <http://www.who.org>.

2 LAN *Local Area Network* Red de Área Local, con extensión limitada a un edificio o a un entorno de unos pocos kilómetros.

3 WiFi de IEEE definido en los dos niveles inferiores, capa física y capa de enlace de datos, de la arquitectura OSI (*Open System Interconnection*) Interconexión de Sistemas Abiertos.

funcionamiento, sus características e infraestructura, ya que la calidad de servicio de una comunicación de VoIP demanda requisitos de disponibilidad y desempeño para un funcionamiento apropiado, pues, se ve afectada por fenómenos como la pérdida de paquetes y el retardo de los mismos que aparecen de una forma importante en enlaces inalámbricos de datos, y más si éstos son de larga distancia. Adicionalmente, cuando el ancho de banda es limitado y se comparte con otros servicios como navegar y transferir archivos, debe tenerse un manejo especial en la implementación de los enlaces y en la calidad de los servicios [3], más aún cuando se piensa en soportar VoIP en un enlace WiFi con más de un salto, en el que no se hace una diferenciación del tráfico que se transmite.

Igualmente otro servicio que cobra importancia es el *Streaming* de audio por la existencia de emisoras en las comunidades indígenas y/o campesinas, y el llevarlas a Internet posibilita ampliar su cobertura a un entorno mundial pero exige un mínimo de calidad por el principio de su funcionamiento, donde se debe tener en cuenta que la pérdida y el retardo de paquetes debe ser de un bajo porcentaje para que quien escucha lo haga de manera natural, cumpliendo con las principales características de un *Streaming* de audio[4].

El proyecto “*Análisis, uso, adecuación y apropiación de servicios sobre tecnologías inalámbricas en zonas de difícil acceso de las poblaciones indígenas del Cauca Andino*” liderado por la Universidad del Cauca y financiado por FRIDA (Fondo Regional para la Innovación Digital en América)⁴, ha buscado enlazar diversos cabildos y ha desarrollado un enlace piloto entre la Universidad del Cauca y el Cabildo de Puracé del Pueblo Kokonuco, el cual tiene como propósito brindar una conexión de banda ancha para que se comuniquen las comunidades indígenas del Cauca. Dado que este trabajo de grado está articulado con dicho proyecto, favoreció el acercamiento entre comunidades por medio de llamadas soportadas por VoIP y habilitó una forma en la que una emisora que atiende necesidades de difusión de temas propios en su cultura pudiera tener una mayor difusión mediante el *Streaming* de audio.

Para establecer la conexión se tiene un enlace multisalto con equipos PowerStation 2 de marca Ubiquiti⁵. Con estos equipos se obtiene un conjunto considerable de parámetros con diversos valores y formas de configuración que serán de gran importancia para el desarrollo de este trabajo de grado ya que por ser un enlace de larga distancia, y más aún cuando se quiere mejorar el funcionamiento y desplegar los servicios de VoIP y Streaming de audio se debe hacer un estudio minucioso de cada parámetro siendo VoIP un servicio que requiere de calidad en la transmisión, ya que los datos viajan en forma de paquetes, razón por la cual se pueden tener algunas pérdidas de información y retardo en la transmisión, igual pasa con el *Streaming* de audio ya que requiere de elementos como ancho del canal, esquema de seguridad, entre otros para su correcto funcionamiento. Es por ello que se justificó una correcta elección de los parámetros necesarios y sus valores apropiados para que dichos servicios trabajen de una mejor manera.

Ahora bien, en la revisión que se hizo no se encontró una guía que específicamente indicara cuáles de estos parámetros eran los que debían configurarse y los valores que

4 Referido en este documento como Proyecto FRIDA para abreviar

5 Utiliza arquitectura abierta basada en 802.11, además de tener una plataforma apta para permanecer expuesta al aire libre, con diversidad en posibilidades de configuración.

debían tomar para mejorar la calidad de VoIP o la del *Streaming* de audio y brindar de esta manera un servicio adecuado a las comunidades indígenas Caucanas; por lo tanto, este fue el objetivo general del trabajo de grado y para su desarrollo fue necesario reactivar el enlace ya que debido a las condiciones climáticas las conexiones eléctricas no eran las mejores; esto llevo a la desactivación del enlace, razón por la cual se tuvo que poner un protector de corriente en la torre de la FIET, en Cajete fue necesario el cambio de conectores y cableado en Tx como Rx, y en Puracé debido a que la organización patriarcal del pueblo Kokonuco cambia cada año convino restablecer las relaciones entre la Universidad y el pueblo Kokonuco, esto demandó tiempo y atraso el cronograma del trabajo de grado, sin embargo, para agilizar el curso del trabajo se replicó el enlace guardando la mayoría de las condiciones del enlace FRIDA en un laboratorio que permitiera una organización en el desarrollo de las pruebas iniciales, y con base en ello realizar las mismas pruebas en el enlace real, dando como resultado las recomendaciones técnicas para mejorar los servicios de VoIP y *Streaming* de audio , además con la ayuda del director del trabajo de grado y director del proyecto FRIDA se vio que los parámetros recomendados el enlace mejoro. Evidenciando el aporte en el marco del proyecto FRIDA. Los resultados del trabajo de grado se han estructurado en los siguientes capítulos:

Capítulo 1: se realiza una descripción de las tecnologías que participan en el desarrollo del trabajo de grado, como son el estándar IEEE 802.11b/g, VoIP, y el *Streaming* de audio, para así poder tener un mejor conocimiento en cuanto a las limitaciones que se puedan presentar porque se trabajó en un enlace de larga distancia.

Capítulo 2: se hace un estudio de cada herramienta apta para dar el soporte de VoIP y el *Streaming* de audio en enlaces WiFi de larga distancia, terminando con una comparación que determina las herramientas adecuadas para el montaje de la solución, evidenciando en los capítulos 1 y 2 el cumplimiento del primer objetivo.

Capítulo 3: se realiza la explicación de los parámetros que inciden en el desempeño de VoIP y el *Streaming* de audio en enlaces WiFi de larga distancia en zonas de difícil acceso, logrando con ello el cumplimiento del segundo objetivo.

Capítulo 4: se representan los resultados de la experimentación con el análisis para cada parámetro, permitiendo de esta forma generar las recomendaciones técnicas que se evaluaron en la última parte de este capítulo, evidenciando con esto el cumplimiento del tercer objetivo.

Como Anexos se tienen:

Anexo A: En su primera sección describe a los equipos *PowerStatio2* de Ubiquiti y su sistema operativo, en la segunda sección se realiza una descripción de cómo debe realizarse un montaje de uno o varios saltos.

Anexo B: Muestra la forma en que se instalaron los servidores tanto para *Streaming* de audio como para VoIP, además, de la descripción en instalación y configuración del *software* para que los usuarios puedan recibir estos servicios.

Anexo C: Se muestra el compendio de las pruebas obtenidas, utilizando las herramientas de los equipos.

Anexo D: Contiene los resultados encontrados con el analizador CacePilot.

CAPITULO 1

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS TECNOLOGÍAS WIFI, VoIP Y STREAMING DE AUDIO

En este capítulo se realiza una descripción de las tecnologías que interactúan en el desarrollo del proyecto de grado, como son el estándar IEEE 802.11, VoIP, y el *Streaming* de audio, ya que son base fundamental para el entendimiento de las ventajas y limitaciones que presenta el estándar 802.11b/g, además de analizar los requerimientos concernientes a VoIP y *Streaming* de audio.

1.1 ESTANDAR IEEE 802.11

1.1.1 Introducción a WiFi

WiFi (*Wireless⁶ Fidelity*), es una tecnología de comunicación inalámbrica, basada en el estándar IEEE 802.11⁷, también conocida como Red de Área Local Inalámbrica (WLAN, *Wireless Local Area Network*), que permite la interconexión entre diversidad de equipos⁸ sin que estos estén conectados por medio de cables, esta tecnología está pensada inicialmente para zonas geográficas limitadas, como oficinas, hogares, pequeños edificios,[5] como se observa en la figura 1, donde se muestra una estructura básica de una red inalámbrica formada por un solo *router* y un solo AP.

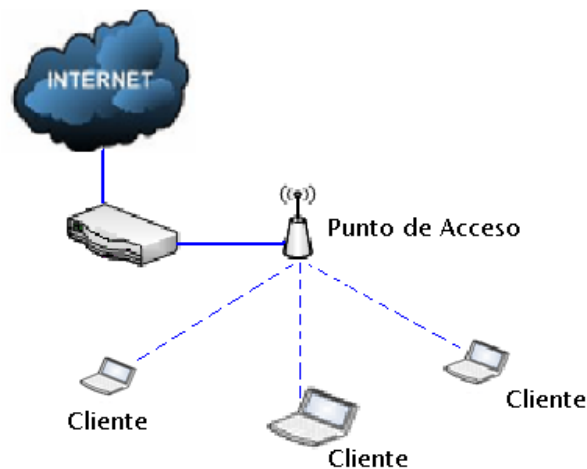


Figura 1. Estructura básica de una red inalámbrica.

⁶ *Wireless*, comúnmente traducido como inalámbrico.

⁷ Actualmente se desarrollan otras especificaciones de WiFi, que están siendo más explotados comercialmente, como 802.11b, 802.11g entre otros.

⁸ Diversidad de equipos como PC's, estaciones de trabajo, impresoras, PDA, servidores iPods, teléfonos celulares, iPhones, Blackberry.

En la actualidad las redes inalámbricas están reemplazando y/o complementando a las redes cableadas convencionales [6] gracias a las ventajas que ofrecen como la movilidad, fácil instalación, además de simplificar la ampliación de la red. Este cambio también se debe al crecimiento del uso de nuevos dispositivos móviles, que están cambiando la forma de vida de las personas, ya que se ha pasado de que WiFi esté presente sólo en un computador portátil a estar presente en una amplia gama de dispositivos portátiles como teléfonos celulares, asistente personal digital portátil (PDA's, *Personal hand-held digital assistants*), navegadores web para móviles, cámaras fotográficas, tablets, iphones, Blackberries, iPods y dispositivos de juegos.

Ya que el proyecto está encaminado a prestar servicio a las zonas rurales aisladas, articulado al proyecto “*Análisis, Uso, Adecuación y Apropiación de Servicios sobre Tecnologías Inalámbricas en Zonas de Difícil Acceso de las Poblaciones Indígenas del Cauca Andino*” liderado por la Universidad del Cauca y financiado por FRIDA⁹, se ha elegido a WiFi como la tecnología más adecuada para poder desplegar estos servicios ya que se busca y se quiere llegar a largas distancias y que se minimicen los tiempos además de los costos de instalación, también se busca sacar el máximo provecho a esta tecnología en cuanto a mayor alcance y mejores prestaciones posibles, ya que esto afecta directamente en la reducción del número de nodos necesarios para atravesar zonas deshabilitadas y poco accesibles, por tanto para estas regiones lo más apropiado son las ondas electromagnéticas para comunicaciones de voz a larga distancia. IEEE 802.11 se diseñó con el objeto de lograr redes de área local inalámbricas WLAN ya que los protocolos están diseñados para decenas de kilómetros y WiFi tiene un gran ancho banda entre 1 y 11 Mbps para 802.11b y hasta 54Mbps para 802.11a. Esto hace que sea una de las mejores opciones para la transmisión de datos y redes de telefonía empleando VoIP, también WiFi tiene uso de frecuencias sin licencia en las bandas 2.4/5.8 GHz, baja tasa de errores, fácil configuración para el mantenimiento de la red, bajo consumo de potencia, flexibilidad. [7]

Cuando se piensa usar WiFi para enlaces de largas distancias se debe pensar en la capa física y MAC, normalmente 802.11a usa frecuencias sobre los 5Ghz y 802.11b en la banda de 2.4 GHz ya que la legislación permite usar estas bandas de frecuencias sin necesidad de licencia pero limitando el nivel de potencia que se puede transmitir, esto es de gran importancia ya que ayuda en lo que es la reducción de costos que es lo que se busca.

1.1.2 Estandarización de WLAN

Las redes WLAN cumplen con los estándares genéricos aplicables al mundo de las LAN cableadas, IEEE 802.3 o equivalentes, pero necesitan una normativa específica adicional que defina el uso de los recursos radioeléctricos. Estas normativas específicas definen de forma detallada los protocolos de la capa física (PHY, *Physical layer*) y de la capa de Control de Acceso al Medio (MAC, *Medium Access Control*) que regulan la conexión vía radio. [8] El primer estándar de WLAN lo generó el IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) en 1997 y se denomina IEEE 802.11, desde entonces IEEE ha desarrollado una amplia actividad en la estandarización de normativa de WLAN y han generado un abanico de nuevos estándares.

⁹ Fondo Regional para la Innovación Digital en América

El estándar 802.11 se aprobó en 1997 y a lo largo de su existencia se han realizado enmiendas que fueron aprobadas en estándares como 802.11a y 802.11g las que permitieron aumentar la velocidad de transmisión [9]. El estándar original fue creado en 1997, define la capa Control de Acceso al Medio MAC y tres modalidades en la capa física con 1 y 2 Mbits/seg, con el tiempo y debido a las necesidades que han surgido, el grupo del IEEE ha trabajado en otras enmiendas algunas de las cuales se ven reflejadas en la tabla 1. A nivel físico. [10], Las que no aparecen no se trataran ya que no se relacionan directamente con el desarrollo del proyecto.

Tabla 1. Enmiendas al Estándar 802.11.

AÑO	ESTÁNDAR	DESCRIPCIÓN
1999	802.11b	Extensión en la capa física de 2.4 GHz, con velocidad más alta, permite llegar a 11 Mbits/seg
2003	802.11g	Extensión en la capa física de 2.4 GHz, para velocidades aún más altas, hasta los 54 Mbits/s.
2004	802.11h	Adaptación a la regulación Europea en 5 GHz
2009	802.11n	Permite velocidades del orden de 300 Mbits/s para el usuario.
2001	802.11d	Permite la operación en entornos regulatorios diferentes de los previstos inicialmente.
2005	802.11e	Soporte de calidad de servicio.
2003	802.11f	Relativa al sistema de distribución (conexión entre puntos de acceso). Retirada en 2006.
2004	802.11i	Seguridad mejorada. Sistema de Acceso Protegido WiFi (WPA, <i>WiFi Protec Access</i>), Operación de las bandas de 4.9 y 5 GHz Japón.

1.1.3 Objetivo de 802.11

Como se ha venido estudiando este estándar se puede decir que su objetivo principal es el de poder ofrecer las facilidades no disponibles en las redes cableadas y así llegar a una red total donde se integren los dos tipos de redes llevando con ello a brindar redes de altas velocidades y flexibilidad, además de la calidad del servicio que son factores esenciales en un enlace, todo esto con el fin de garantizar que las redes puedan funcionar en una misma zona sin que haya superposición ni transferencia de datos entre ellas.

- **Legislación de 802.11**

Como el propósito de este trabajo de grado requiere desplegar enlaces de larga distancia, se deben tener en cuenta las frecuencias de trabajo, ya que hay aspectos que impiden el despliegue de esta tecnología. Las frecuencias de 802.11 son de 2.4 GHz y 5.8 GHz, este rango se puede utilizar sin necesidad de licencia y en Colombia esta ley comprende la libertad para el uso de la banda de 2.4 GHz y especifica los niveles de radiación permitidos en distintas configuraciones para enlaces y redes inalámbricas [11]. Con esta reglamentación se pueden utilizar equipos para la banda de 2.4 GHz que

puedan llegar hasta 1 vatio de potencia después de modificar su *firmware* y usarlos sin inconvenientes.

- **Canales**

Es de gran importancia saber que el estándar IEEE 802.11 divide la banda de 2.4 GHz en 14 canales separados como se puede ver en la tabla 2. Los canales de 802.11b/g son de 22 MHz de ancho y se elige por su frecuencia central como se evidencia en la figura 2 [12]. En Colombia según la regulación se pueden usar 11 canales pero como hay dispositivos que soportan los 14 canales y más si se van a utilizar en zonas rurales donde no hay tantas de estas redes montadas. Por tanto se describen las frecuencias para los 14 canales.

Tabla 2. Distribución de frecuencias para 802.11 b/g en Colombia

Canal	Frecuencia Central (GHz)
1	2.412
2	2.417
3	2.421
4	2.427
5	2.432
6	2.437
7	2.442
8	2.447
9	2.452
10	2.457
11	2.462
12	2.467
13	2.472
14	2.484

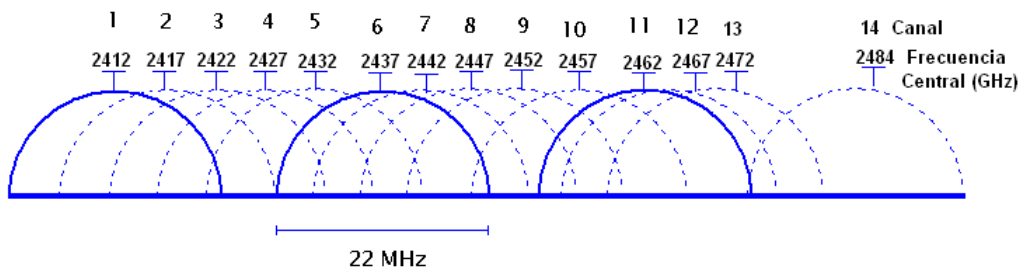


Figura 2. Superposición de canales en IEEE 802.11 b/g

El problema del traslape se presenta dado que la separación entre canales es solo de 5 MHz. Como se vio en la figura 2 se superponen los canales adyacentes y los canales 1, 6, y 11 están separados.

802.11b

Este estándar tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbps, cubre hasta 300 pies de distancia, su capacidad es de 32 usuarios por AP y utiliza CSMA/CA¹⁰ como mecanismo de acceso. Funciona en la banda de los 2.4 GHz, para afrontar la interferencia en la banda libre utiliza QPSK¹¹ (*Quadrature Phase-Shift Keying*) y DSSS¹² (*Direct Sequence Spread Spectrum*), del mismo modo introduce el esquema de codificación CCK¹³ (*Complementary Code Keying*). La velocidad máxima efectiva de transmisión para este estándar es 5.9 Mbps sobre TCP y 7.1 Mbps sobre UDP aproximadamente. [13]

802.11g

Este estándar tiene una velocidad máxima de transmisión de hasta 54 Mbps, opera dentro de la banda de los 2.4 GHz sin necesidad de licencia, utiliza las técnicas DSSS y OFDM¹⁴, opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbps aproximadamente 24.7 Mbps de transferencia real, es compatible con 802.11b, su principal desventaja es que su velocidad disminuye notablemente a medida que la distancia aumenta.

1.1.4 Topología de red

Como en la mayoría de redes LAN, en las redes WLAN se puede encontrar dos tipos de topología: *Ad-Hoc* e Infraestructura. Como se podrá ver en la figura 3 una red *Ad-Hoc* consiste en un grupo de computadores que se comunican directamente con los otros a través de las señales de radio sin usar un AP. [14] Los computadores de la red inalámbrica que quieren comunicarse entre ellos necesitan usar el mismo canal radio y configurar un identificador específico de WiFi denominado SSID (*Service Set Identifier*) en modo *Ad-Hoc* [15].

10 Acceso Múltiple por Detección de Portadora con prevención de colisión.

11 Modulación por desplazamiento de fase

12 Método de modulaciones en espectro ensanchado para transmisión de señales digitales sobre ondas radiofónicas.

13 Es una modulación utilizada en las redes inalámbricas.

14 Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, es una Multiplexación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información.

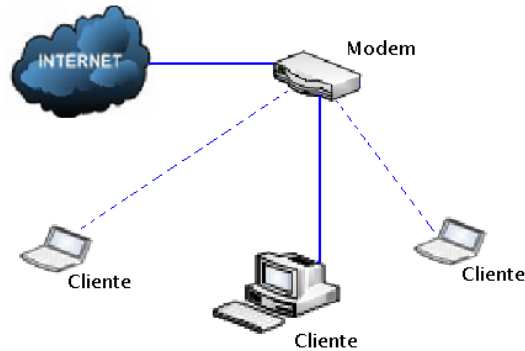


Figura 3. Representación de una red en modo Ad-Hoc

En el modo Infraestructura sí se utilizan los Puntos de Acceso, además se debe configurar la tarjeta WiFi del computador, es más eficaz que la red *Ad-Hoc* ya que en este modo los paquetes se lanzan al aire esperando que lleguen al destino, mientras que el modo Infraestructura gestiona y se encarga de llevar cada paquete a su destino. En el Modo Infraestructura la tarjeta de red se configura automáticamente para usar el mismo canal radio que usa el AP más adecuado¹⁵. Este modo de red se usa cuando se quiere conectar una red inalámbrica a una red cableada, para enlaces WiFi de larga distancia este modo de red es de gran importancia ya que permitirá el buen desempeño del enlace. La figura 4 muestra una red en modo infraestructura.

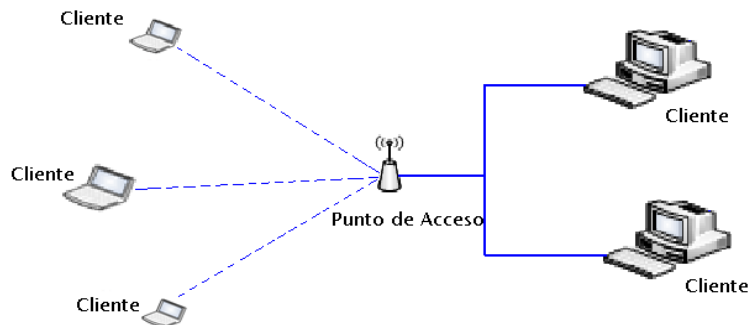


Figura 4. Representación de una Red en Modo Infraestructura

En los enlaces de larga distancia se utiliza una conexión punto a punto normalmente, para el propósito de este trabajo se requiere de puntos intermedios o de repetición ya que con un solo salto no se logra llegar a los sitios propuestos, por tanto se partirá de un enlace punto a punto con dos salto y un repetidor en el medio, y se manejará el modo infraestructura ya que se utilizarán APs y una o más estaciones inalámbricas, para que todo el tráfico inalámbrico viaje desde y hacia el AP porque las transmisiones cliente a cliente no son permitidas.

¹⁵ Consultado de http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/04_Topologia-Infraestructura/04_es_topologia-e-infraestructura_guia_v01.pdf.

1.1.5 Características Técnicas de 802.11b/g

Las principales características que actúan en el desempeño de la señal de comunicación de estos dos protocolos es la diferencia en la técnica de propagación de la señal; para 802.11b se utiliza el Espectro Extendido de Secuencia Directa (DSSS), el cual consiste en transmitir en todo el ancho de banda la información de tal modo que sea difícil de captar, y sobretodo tener para ello un espectro muy amplio para poder transmitir cantidades altas de información, tiene una velocidad de transmisión de 11 Mbps, utiliza CCK de 8 bits y QPSK de 4 bits. En cuanto a 802.11g, utiliza como técnica de propagación la Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM), implementa 16-QAM y 64-QAM dando como resultado velocidades más altas llegando a 54 Mbps. Dependiendo del nivel de sensibilidad en recepción sus velocidades pueden variar desde 6 Mbps hasta 54 Mbps con tecnología OFDM, y desde 1 Mbps hasta 11 Mbps para DSSS. [16]

- **CSMA/CA**

CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance*), este es un protocolo para la transmisión de datos en redes 802.11, el cual es el encargado de prevenir colisiones, ya que un nodo que desea transmitir datos tiene que primero escuchar el canal por un tiempo determinado si el canal se detecta inactivo entonces al nodo se le permite iniciar el proceso de transmisión, ahora si el canal se detecta ocupado el nodo deberá aplazar la transmisión por un tiempo aleatorio, esta espera primero será fijo y luego pasara a una espera aleatoria donde todos los nodos que desean transmitir deberán esperar el numero que les toque aleatoriamente y primero transmitirá el nodo en el cual ese valor llegue a cero, este mecanismo aleatorio de escoger el valor es que permite la evasión.[17].

Cuando se evitan las colisiones se mejora el rendimiento, ya que al no permitir la transmisión inalámbrica a un nodo si otro nodo está transmitiendo, se reduce la probabilidad de colisión debido a la muestra aleatoria truncada llamado tiempo *backoff*.

1.1.6 Seguridad en IEEE 802.11

La seguridad es uno de los aspectos esenciales para la aceptación de las WLAN por usuarios empresariales o para aplicaciones públicas. Como todas las tecnologías radio, las WLAN no se pueden confinar dentro de los muros de un edificio por lo que deben extremarse las medidas de seguridad, ya que en caso contrario se abriría la red LAN a todo aquel que con una tarjeta WLAN y una antena quiera conectarse [18]. El protocolo IEEE 802.11 provee seguridad mediante dos atributos: autenticación y el cifrado. Autenticación¹⁶, es siempre un paso previo para autorizar a este cliente a comunicarse con otro o con el AP en el área de cobertura. Existen diferentes opciones para realizar el proceso de autenticación. Para las WLAN en topologías *ad-hoc*, la autenticación puede ser en *Open System* o con *Shared Key*. En un *Open System*, cualquier terminal cliente puede solicitar la autenticación y el terminal que recibe esta solicitud puede otorgar la autenticación a las estaciones que se encuentran en su lista de usuarios definidos. En un sistema *Shared Key*, solamente las estaciones que comparten una clave secreta pueden ser autenticadas. Para las topologías en modo infraestructura, la autenticación

¹⁶ Verificar que una entidad, en este caso un cliente terminal, es realmente quien dice ser.

se resuelve mediante un diálogo entre el cliente y el AP. Los AP's IEEE 802.11 vienen, por defecto, equipados con capacidad de privacidad equivalente a cableado (WEP, *Wired Equivalent Privacy*), y la mayoría de ellos cuentan con acceso protegido WiFi (WPA, *WiFi Protect Access*) y acceso protegido 2 WiFi (WPA2, *WiFi Protect Access 2*)

- WEP, fue el primer mecanismo opcional de seguridad lanzado por la IEEE, en la primera versión de 802.11, aunque no ha tenido cambios en las versiones 802.11a y 802.11 b/g, este sistema de cifrado está implementado en el nivel de MAC, la seguridad se brinda en base al cifrado de información y la autenticación. El cifrado se realiza mediante el algoritmo de cifrado de flujo (RC 4, *Rivest Cipher*)¹⁷, que se caracteriza por ser un algoritmo sencillo, razón por la cual WEP es un sistema de seguridad vulnerable de los usuarios que deseen conectarse al AP, utilizando cifrado que se ajuste a 256 bits, 128 bits, 64 bits o deshabilitada.

- WPA, nace como un sistema de seguridad para resolver algunas de las falencias presentes en WEP, lanzada poco tiempo después registrada como una corrección de seguridad en IEEE 802.11i. WPA especifica dos modos de funcionamiento el personal WPA con clave pre-compartida (WPA-PSK, *Key Pre-Shared*) y WPA empresarial.

- WPA-PSK, destinado para trabajar en áreas reducidas, como el hogar y pequeñas oficinas, donde no se cuente con un servidor de autenticación como tal, se predefine una contraseña entre el AP y todos los usuarios, esta clave puede ser hasta de 256 bits, compuesta por cualquier combinación alfanumérica, únicamente es utilizada en la sesión de inicialización, lo que garantiza que no viajará por el aire ya que tanto el AP como el cliente la conocen.

- WPA Empresarial, a diferencia de WPA personal, está diseñado para redes más amplias y con mayor número de usuarios, donde exista un servidor de autenticación, utilizando el protocolo de autenticación extensible (EAP, *Extensible Authentication Protocol*) y el protocolo de integridad de clave temporal (TKIP, *Temporal Key Integrity Protocol*) para el cifrado de información.

- TKIP para encriptar los datos, utiliza un vector de inicialización como en WEP, aunque un poco más largo de 16 bytes, que es agregado a la combinación entre una clave temporal de 128 bits y la dirección MAC del cliente, que es mensaje de comprobación de integridad (MIC, *Message Integrity Check*) denominado Michael. La utilización de la dirección MAC de cada usuario garantiza que se tendrá por cada cual una clave diferente para encriptar los datos. Utiliza el algoritmo RC 4 igual que WEP con la diferencia que claves temporales son cambiadas cada 10.000 paquetes, esto busca evitar las falsificaciones y los ataques, con las claves más robustas y diferentes para cada usuario.[19]

- WPA 2, fue desarrollada para corregir las características de WPA que lo hacen vulnerable a los ataques, está basada en el protocolo de seguridad IEEE 802.11i, aunque no cuenta con todas las especificaciones que este estándar describe. WPA cifra la información mediante el algoritmo de cifrado avanzado (AES, *Advanced Encryption*)

¹⁷ Algoritmo de cifrado de flujo, se basa en una clave de 1 a 256 bytes, organizados en una tabla de estados que permite generar una lista de bytes pseudo-aleatorios, que son combinados bajo una función XOR con los datos a transmitir, para dar como resultado el texto cifrado.

Standard), es conocido por ser el algoritmo adoptado por el gobierno de los Estados Unidos, AES utiliza un esquema en bloques. WPA 2, para conservar la interoperabilidad de los nuevos dispositivos soporta el protocolo TKIP, como WPA 2 tenía que ser compatible hacia atrás sigue conservando el soporte para TKIP.

En la tabla 3, se realiza una comparación entre las tecnologías de seguridad con las que cuenta WLAN, donde se reúnen las características de cifrado y la autenticación para cada una.

Tabla 3. Comparación WEP, WPA y WPA 2.

	WEP	WPA	WPA2
Tipo de Cifrado	<i>Stream</i>	<i>Stream</i>	<i>Block</i>
Cifrado	RC4	RC4	AES
Tamaño de la clave	40 o 104 bits	128 bits	128 bits
Tamaño IV ¹⁸	24 bits	48 bits	48 bits
Reutilización de Protección IV	No	Si	Si
Protocolo de seguridad	WEP	TKIP	CCMP
Integridad de los mensajes	IV	Michael	MIC
Administración de claves	Claves directas	Múltiples Claves	Derivación de claves
Claves débiles	Si	No	No
Seguridad general	Muy bajo	Medio	Muy alto

Los tres tipos de seguridad disponible para WLAN, tienen características diferentes como se muestran en la tabla 3, aunque entre WPA y WPA 2 tienden a ser muy similares ya que permiten elegir el modo de autenticación y el tipo de cifrado, entonces la diferencia real radica en que WPA fue desarrollado previo y tomando subconjuntos de lo que iba ya en el borrador de 802.11i y WPA 2 ya toma los elementos finales del estándar y donde el mayor aporte que se hace es usar el algoritmo de cifrado AES, cambiando por tanto el RC 4 .

Con esto ya se ha escrito lo concerniente a lo que interesa y características de la tecnología inalámbrica, se pasa a continuación a caracterizar los servicios de VoIP y *Streaming* de audio.

18 Vector de inicialización.

1.2 VOZ SOBRE PROTOCOLO DE INTERNET

1.2.1 Introducción VoIP

Cada vez es más notorio el crecimiento y la aceptación que tienen las redes basadas en el Protocolo de Internet, reflejado en el aumento de su implementación tanto para sistemas locales como para sistemas remotos, y más aún cuando es posible la transmisión de telefonía sobre Internet, lo que es conocido como Voz Sobre IP (VoIP, *Voice over Internet Protocol*), esto se logra gracias al desarrollo de nuevas técnicas como la digitalización de voz, los mecanismos de control, priorización de tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real, así mismo el estudio de nuevos estándares que permitan el mejoramiento en la calidad de servicios en redes IP, este servicio es muy importante porque su grado de penetración ha sido muy alto. [20]

El servicio de VoIP admite que la voz viaje en forma digital a través de la red, permitiendo que las personas se comuniquen de manera fácil, además, es ideal para lugares donde no hay un acceso telefónico pero se cuenta con acceso a Internet. Para lograr hacer estas llamadas se necesita una central que se comporte como el servidor para las demás extensiones, para lo cual existen diversas herramientas software que fueran fáciles de apropiar por las comunidades objetivo. Los datos de comunicación pasan por internet en vez de las líneas telefónicas clásicas, esta tecnología está llegando a su madurez, ya que ha conquistado el mercado de telefonía fija utilizando las redes existentes.

1.2.2 Funcionamiento de VoIP

Para entrar en la descripción del funcionamiento de VoIP es necesario mencionar la diferencia que existe en cuanto al número de usuarios por línea entre esta tecnología y el servicio que se presta mediante la telefonía clásica, (*Circuit Switched Network*), ya que ésta utiliza una línea por cada conversación, mientras que en la telefonía IP (*Packet Switched Network*), varios usuarios pueden utilizar la misma línea, quiere decir que pueden realizarse varias comunicaciones o datos al mismo tiempo, esto mediante la división de los datos en paquetes en la figura 5 se ve el funcionamiento de VoIP y los elementos que el requiere.

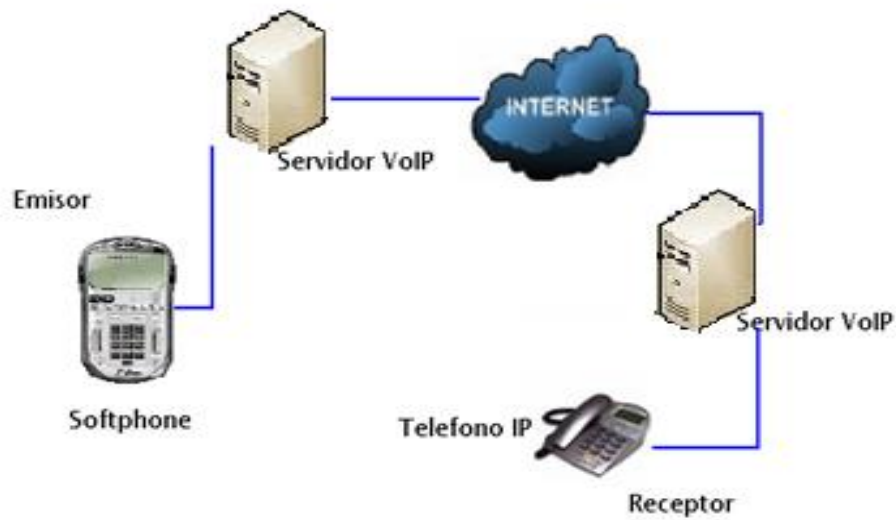


Figura 5. Esquema General del Funcionamiento de VoIP.

En la tabla 4, se realiza una comparación entre una llamada hecha de la manera tradicional en la conmutación de circuitos y una llamada utilizando VoIP, para de esta forma comprender el funcionamiento de las llamadas IP.

Tabla 4. Comparación entre Telefonía Convencional y la Telefonía IP.

Telefonía Tradicional Conmutación de Circuitos	Telefonía IP Conmutación de Paquetes
<p>El usuario levanta el auricular, y espera el tono de invitación a marcar, conocido como un tono continuo, lo que indica la conexión con una central telefónica.</p> <p>El usuario marca el número telefónico de la persona a quien desea llamar.</p> <p>La llamada se enruta a través del switch al operador del usuario que se quiere llamar.</p> <p>Por medio de la conmutación de circuitos, se crea la conexión entre el teléfono del usuario y la persona que se quiere llamar, se utilizan varias interconexiones entre centrales si es necesario, por lo que puede haber varios saltos entre la central de origen y la central de destino.</p> <p>El teléfono destino comienza a timbrar, y el usuario del destino contesta levantando el auricular.</p> <p>El circuito es abierto para que los dos usuarios puedan hablar, en el caso de que la comunicación se desee establecer para envío de fax, se precisa que la llamada sea establecida, previamente.</p>	<p>El computador o equipo del usuario que desea iniciar la conversación genera una señal que es transportada a través de Internet hacia el computador o equipo destino.</p> <p>Para la definición si una llamada es total o parcialmente VoIP se tienen que considerar los equipos con los que cuentan los usuarios ya sea que tengan analógicos o una computadora convencional, por ello en muchas de las ocasiones para los usuarios es imperceptible conocer si está recibiendo un llamada tradicional o una llamada basada en VoIP, esto es posible gracias a la traducción del número telefónico a las direcciones utilizadas en Internet, que corresponden a las direcciones IP, necesarias para mapear los diferentes usuarios en la red de datos de Internet.</p> <p>El usuario destino contesta y habla a través del micrófono, el software digitaliza la voz, la comprime, la divide en partes, y la envía en paquetes a través de internet utilizando TCP/IP, y libera la conexión, permitiendo que se realicen otras conexiones en el mismo tiempo.</p> <p>Existe un tiempo determinado donde el receptor espera la llegada de los paquetes, los organiza de manera lógica y los reconvierte a la voz analógica, que por medio de audífonos llegan al usuarios, todo este proceso es realizado en milisegundos por lo que para el oído humano parece instantáneo.</p>

<p>Se realiza la comunicación entre las dos personas por medio de una conversación normal, hasta que termina colgando los teléfonos.</p> <p>Cuando el usuario cuelga la llamada, el circuito es cerrado, se liberan ambas líneas, y todas las líneas intermedias que se utilizaron, durante todo el tiempo que dure la llamada las líneas permanecen ocupadas.</p> <p>Los precios generalmente se basan en el tiempo de uso.</p>	<p>El criterio de extremo a extremo, permite que el consumo se realice según las necesidades, de tal forma que no es necesario que la red esté totalmente reservada para la comunicación.</p> <p>Cuando se termina la comunicación, simplemente los usuarios cortan la llamada y los equipos dejan de enviar paquetes de información entre sí.</p> <p>Los precios a pagar dependen totalmente de la tensión competitiva del mercado, no del tiempo que tarde la comunicación.</p> <p>La cobertura geográfica, velocidad de la tecnología aplicada y condiciones de prestación, son las condiciones que según el mercado aumentan sustancialmente el precio de los servicios.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1.2.3 Infraestructura básica VoIP

En una infraestructura básica de una red que soporte VoIP, se tienen tres elementos fundamentales:

- Los terminales que son dispositivos que utilizan los usuarios finales, como ya se ha mencionado anteriormente dispositivos que pueden ser hardware o software.
- Otro elemento fundamental son los Gateway que de manera transparente al usuario final se encargan de conectar las redes VoIP con las redes de telefonía tradicional.
- y por último los elementos SIP que son los elementos encargados de realizar la autenticación, control de admisión, control de ancho de banda, encaminamiento, servicios de temporización y facturación [21].

En la figura 6 se detalla la conexión de dos redes que soportan VoIP, donde se aprecia la necesidad de los tres elementos mencionados anteriormente, y se evidencia la coexistencia de muchos más servicios y servidores que dependen directamente de los protocolos a utilizar.

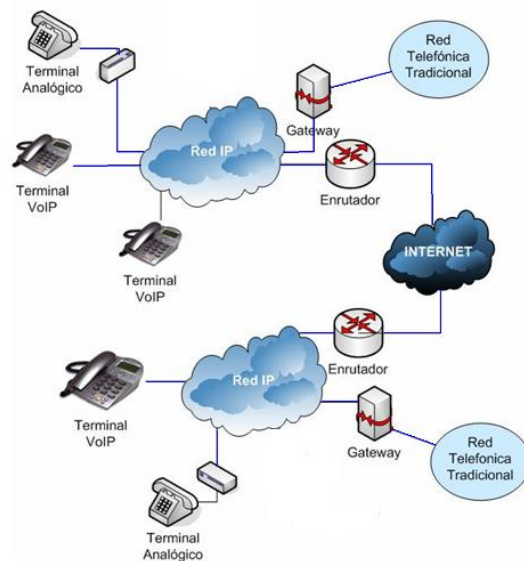


Figura 6. Interconexión Sencilla de dos Redes VoIP

1.2.4 Estándar VoIP

El establecimiento definitivo del protocolo IP, junto con el abaratamiento de los procesadores digitales de señal los cuales son claves en la comprensión y descomprensión de la voz; son elementos que han permitido el despliegue de esta tecnología, VoIP tiene protocolos para su funcionamiento como son H.323, MGCP, MEGACO y el que se utilizó en este trabajo de grado SIP.

1.2.5 SIP

Conocido como Protocolo de Inicio de Sesión (SIP, *Session Initiation Protocol*), es un protocolo de señalización de la capa de aplicación del modelo OSI que define la iniciación, modificación y terminación de sesiones interactivas de comunicación multimedia entre usuarios¹⁹. Este protocolo permite el modelado sobre otros protocolos como SMTP, HTTP, además de establecer, cambiar o terminar llamadas entre uno o más usuarios en una red IP.

1.2.6 Elementos de una red SIP

- **Puntos Terminales SIP:** estos puntos van a ser los teléfonos o el PC, ya que van a entender el protocolo así como también hacer una comunicación directa.
- **Servidores SIP:** atienden las necesidades que presentan los puntos terminales, actúan en respuesta a una petición de una terminal SIP.

¹⁹ Consultado en http://www.cudi.edu.mx/primavera_2005/presentaciones/rodolfo_castaneda.pdf

Debido a que las herramientas que se utilizaron en el desarrollo de este trabajo de grado soportan a RTP para el audio y a SIP para la señalización como se podrá ver en la figura 7 [22], se hizo una representación gráfica para entender el nivel de los protocolos SIP.

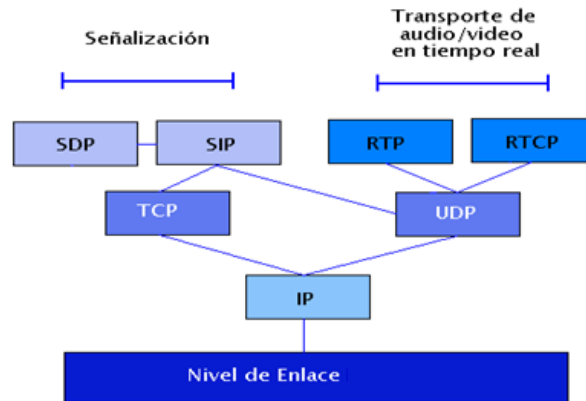


Figura 7. Pila de Protocolos SIP

1.2.7 Seguridad en VoIP

La seguridad en redes VoIP, está directamente relacionada con los problemas ya existentes en las capas y protocolos sobre las que se soporta esa tecnología, considerando de esta forma una amenaza para las comunicaciones VoIP los problemas clásicos de seguridad que afectan las comunicaciones de datos, además de ataques específicos de VoIP[23].

En la figura 8, se pueden ver las capas sobre las que se soporta VoIP, y en la tabla 5 los problemas que se asocian a cada una de estas capas.

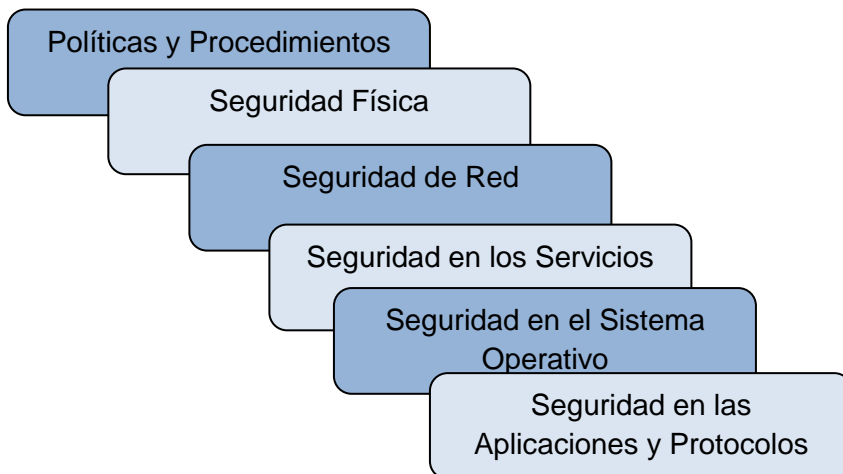


Figura 8. Capas bases de VoIP

Como se ve en la tabla 5 [24] muchos de los ataques buscan el robo de información confidencial y algunos otros degradar la calidad de servicio.

Tabla 5. Capas y ataques base de VoIP.

Capa	Ataques y vulnerabilidades
Políticas y Procedimientos	Contraseñas débiles Mala política de privilegios. Accesos permisivos a datos comprometidos
Seguridad Física	Acceso Físico a dispositivos sensibles Reinicio de máquinas. Denegaciones de servicio.
Seguridad de Red	DDoS ICMP SYN floods Gran variedad de floods
Seguridad en los Servicios	SQL Denegación en DHCP DoS
Seguridad en el Sistema Operativo	<i>Buffer overflows.</i> Gusanos y virus. Malas configuraciones.
Seguridad en las Aplicaciones y Protocolos VoIP	Fraudes SPIT o SPAM Phishing Fuzzing Floods Secuestro de sesiones Interceptación Redirección de llamadas Reproducción de llamadas.

1.2.8 Calidad de Servicio en VoIP

Para considerar la calidad de VoIP, primero se analizan las condiciones que comúnmente exige la industria de la telefonía en cuanto a la fidelidad que es de 99.999 por ciento conocido como los “cinco nueves” [25] que en cuanto a servicio es muy alta, lo que se entiende como, la garantía de que el servicio solo tendrá niveles de caída de máximo de dos horas en 40 años.

Aunque, lo anterior es un ideal, no se pueden negar las dificultades propias de la utilización de la red, como el *jitter*, la latencia, el eco, y la pérdida de paquetes, que son principalmente consecuencia de dos factores, el primero es que Internet es un sistema basado en conmutación de paquetes que indica que estos no viajan siempre por el mismo camino, y el segundo debido a que las comunicaciones VoIP son en tiempo real, todo esto indica que VoIP está a una distancia considerable de la calidad con la que cuentan los sistemas de telefonía tradicional.

Dado que las dificultades que se presentan en la utilización de VoIP, es necesario realizar una descripción de cada una de estas así como los valores recomendados y las posibles soluciones, que se concentran en la tabla 6²⁰.

Tabla 6. Factores de Calidad de Servicio en VoIP

JITTER		
Causas	Valores Recomendadas	Posibles Soluciones
<p>VoIP es un servicio que se presta en tiempo real y esto lo hace muy sensible a este efecto definido como la variación en el tiempo de llegada de los paquetes, causada por la congestión de red, partida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino, esto causado por la conmutación de paquetes.</p> <p>Las redes de datos que no son orientados a la conexión y que son basadas en la conmutación de paquetes, hacen que estos no siempre sigan la misma ruta, desde el origen hasta el destino.</p>	<p>Inferior a 100 ms, de tiempo entre la salida del paquete del origen hasta la llegada al destino.</p> <p>Debe ser inferior a 100 ms, para que pueda ser compensado de una manera apropiada.</p> <p>Cuando este sea mayor a 100ms, se debe buscar la manera de disminuirlo.</p>	<p>El <i>jitter buffer</i>, es una de las soluciones que han sido más ampliamente utilizadas, es básicamente ir almacenando la información que va llegando al procesador de destino hasta que haya los suficientes datos para reproducirlos, lo que genera latencia pero muy pocas perdidas, también se tiene un pequeño tiempo de espera para descartar un paquete o no sin pedir retransmisión.</p>
RETARDO		
Causas	Valores Recomendados	Posibles Soluciones
<p>La latencia es un retardo que se le atribuye a las redes de telecomunicaciones, y se relacionan directamente a la distancia que debe recorrer la información desde el origen al destino, por ello la comunicación satelital tiene una latencia muy considerable.</p> <p>De aquí se define que la latencia está definida como el tiempo que tarda un paquete en llegar al destino, por lo que las comunicaciones en tiempo real como VoIP son muy sensibles a este efecto.</p>	<p>Debe ser inferior a 150ms, entre el punto inicial y el punto final de la comunicación.</p> <p>La comunicación para el hombre se convierte en algo molesto cuando se supera el umbral de los 200ms ya que, según las condiciones del oído humano, está en la capacidad de detectar desde 200ms para personas con alta sensibilidad, y 200ms para el común de las personas.</p>	<p>Para que el desempeño de la red sea el más óptimo se debe de analizar si el problema está directamente asociado a la red interna de cada abonado, por lo que una solución posible es el aumento en el ancho de banda, de este lado de la conexión.</p> <p>Otra solución que puede tener resultado es la priorización de tráfico, señalizando los paquetes para su identificación, con esto lo que se logra es la reserva de ancho de banda desde el origen al destino.</p> <p>Las soluciones posibles como se nota nos son de fácil implementación, depende de los equipos por los que pasan los paquetes.</p>

²⁰ Tomado del enlace www.voipforo.com/QoS/QoS_PacketLoss.php.

PERDIDA DE PAQUETES		
Causas	Valores Recomendados	Posibles Soluciones
<p>La pérdida de paquetes está asociada directamente en el caso de las comunicaciones en tiempo real, que están basadas en el protocolo UDP, este es un protocolo no orientado a la conexión, tiene un tiempo límite de espera para la llegada de los paquetes y son descartados, al superar este tiempo, este protocolo no pide reenvío de paquetes.</p> <p>Este problemas es bastante tolerante cuando la pérdida es de paquetes aislados puesto que la voz es muy predictiva y no afecta considerablemente la comunicación, el problema es notorio cuando la pérdida es de paquetes en ráfagas.</p>	<p>El porcentaje de paquetes perdidos admitido es inferior al 1%.</p> <p>Este porcentaje también depende del códec a utilizar, ya que en una comunicación donde sea del 1 % la pérdida de paquetes, si se utiliza el códec G 729 se degrada más la comunicación que con el códec G.711.</p>	<p>La solución más eficiente en una red congestionada o de baja velocidad de transmisión, es el no transmitir los silencios, descongestionando de esta manera las redes, ya que las conversaciones están llenas de silencios.</p>

1.3 STREAMING DE AUDIO

1.3.1 Introducción *Streaming*

En la actualidad en donde Internet se ha constituido en una herramienta fundamental para la comunicación en diferentes áreas como la industria la educación, el comercio entre otros, se busca que cada servicio sea cada día más atractivo y con más utilidades, como puede ser una página de información en Internet que se encuentre ambientada por música, charlas, videos continuos, emisoras o transmisiones en directo sin necesidad de desperdiciar tiempo y recursos en la descarga de cada contenido multimedia, la solución más oportuna la presenta la tecnología de *Streaming*. Esta tecnología ofrece diversidad de ventajas para el usuario como para el proveedor de contenidos, puesto que recorta el tiempo en que se puede acceder a la información, entendido como empezar la reproducción sin la necesidad de la descarga se haya completado y aporta al proveedor de los contenidos seguridad guardando sus derechos de autor puesto que cuando se accede este no deja atrás de si ningún rastro.

Para la utilización de esta técnica existen diversos servidores a nivel mundial que permiten colgar la información para que sea distribuida bajo demanda. A continuación se describe más detalladamente en qué consiste dicha técnica, enfocada directamente en el *Streaming* de audio, mostrando las posibilidades actuales sobre servidores que permiten la distribución de contenidos multimedia y cuál de ellos es el más apropiado para enlaces WiFi de larga distancia.

1.3.2 Definición de *Streaming*

Al referirse a *Streaming* como término, se está describiendo un conjunto de productos que proporcionan acceso a contenido multimedia entre los que se encuentra el audio y el video, donde la principal característica es la de ofrecer al cliente la posibilidad de reproducir dichos contenidos sin la necesidad de realizar la descarga completa del archivo [26]. La utilización del *Streaming* es completamente para Internet, aunque si es posible la reproducción en el mismo equipo que esté funcionando como servidor donde se encuentre el contenido, pero la principal utilidad es que otras personas que estén a distancia pero conectadas a Internet puedan acceder a ella.

La velocidad de transmisión en Internet ha crecido notablemente, pero resulta infructuoso poner en la web un video digital en calidad *broadcast* pues, es necesario más de 200 MB por minuto [27], puesto que muy pocos estarían dispuestos a descargar un video de diez minutos de duración, teniendo en cuenta que superaría los 2 GB, así que se debe reducir de tamaño o comprimir para que pueda ser útil. Como solución viable se desarrolló el *Streaming* que facilita la reproducción de video o audio antes de que termine la descarga completa de este contenido, esto se logra porque cuando el cliente hace la petición de reproducción el servidor empieza a enviar paquetes, de tal forma que el cliente puede ir viendo o escuchando el contenido a medida van llegando los datos.

1.3.3 Generación de Contenido *Streaming*

Para que un usuario pueda acceder a un contenido multimedia en la web con la tecnología *Streaming* es necesario que éste se codifique para que así pueda ser transmitido, para una mejor comprensión de lo que esto se trata se describen los siguientes pasos para su generación:

- **Información fuente**

La información fuente es la que será transmitida o dicho en otras palabras es lo que va a oír o ver el cliente, la forma de adquirirlo es independiente del autor ya sea que utilice un dispositivo de captura o que se tenga la información en un formato común multimedia. Después de la captura de la información el siguiente paso será la codificación del mismo.

- **Codificación de contenido**

La codificación o decodificación, se realiza por medio de un hardware, software o ambos, que convierten el contenido a un formato que tanto el servidor como el cliente puedan entender, transformándolo en un flujo de datos o señal ,esto se logra por medio de una captura de contenido, codificación y comprensión.

Los protocolos de transporte utilizados por la mayoría de las tecnologías de *Streaming* son el protocolo de usuario basado en datagramas (UDP, *User Datagram Protocol*) y el protocolo de flujo de datos en tiempo real (RTSP, *Real Time Streaming Protocol*), llamados protocolos ligeros porque realizan la transmisión desde el servidor hasta el cliente a una velocidad mucho mayor que la que se logra por medio del protocolo de control de transmisión (TCP, *Transmission Control Protocol*) y el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP, *Hypertext Transfer Protocol*)[28]. Esta diferencia se da a causa de que los protocolos TCP y HTTP, esperan en el lado del emisor un acuse de

recibo (ACK, *Acknowledgements*), después de haber enviado un paquete como respuesta que esté llegó bien en el tiempo adecuado, como se muestra en la figura 9, cuando el temporizador expira, el emisor inmediatamente retransmite el mismo paquete, lo que retarda la transmisión considerablemente.

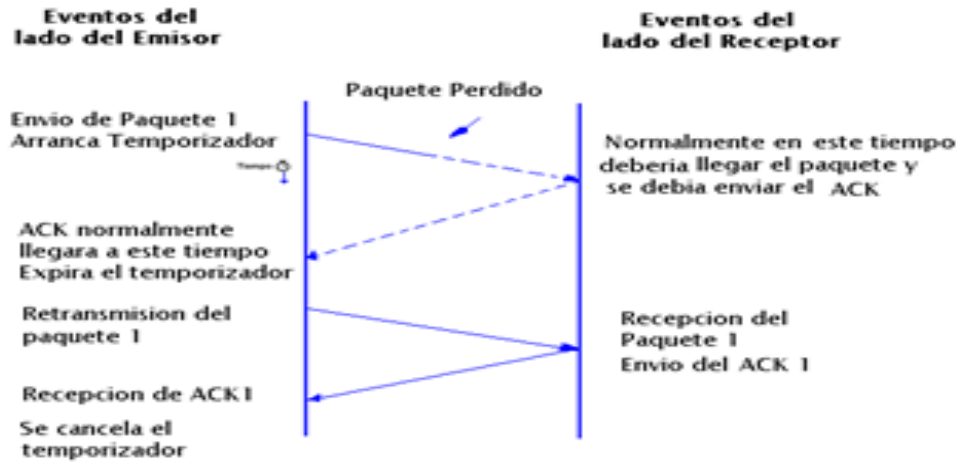


Figura 9. Secuencia de Funcionamiento de ACK.

En las figuras 10 y 11 se pueden observar los esquemas de tramas del protocolo TCP y UDP respectivamente; dejando ver la estructura que da pie a este comportamiento. Mientras que la diferencia entre HTTP y RTSP radica en el control de los paquetes, ya que HTTP divide toda la información en paquetes que son enviados al cliente a través de Internet sin tener en cuenta el camino que siguen, a diferencia de RTSP tiene implementadas diferentes herramientas para controlar dinámicamente la conexión, que garantiza la seguridad de los contenidos.

	Bits 0-3	4-7	8-15	16-31
0	Puerto Origen			Puerto destino
32	Número de Secuencia			
64	Número de Acuse de Recibo (ACK)			
96	Longitud cabecera TCP	Reservado	Banderas	Ventana
128	Suma de Verificación (Checksum)			Puntero Urgente
160	Opciones – Relleno (Opcional)			
224	Datos			

Figura 10. Esquema de trama TCP

	Bits 0-15	16-31
0	Puerto Origen	Puerto Destino
32	Longitud de Mensaje	Suma de Verificación
64	Datos	

Figura 11. Esquema de trama UDP

Si bien con la utilización de UDP se gana velocidad en transmisión, no se garantiza que toda la información llegue completa, o que los paquetes lleguen en orden, aunque este error en una reproducción multimedia es casi imperceptible cuando no superan los niveles permitidos, parte de la información desechada son las frecuencias muy altas o frecuencias muy bajas que no están en el rango auditivo del hombre [29]. Esta discriminación de datos, depende en gran parte del tipo de audio (voz, voz con música, música mono, música estéreo), ya que esto determina qué frecuencias deben ser eliminadas, haciendo énfasis en las frecuencias que pueden ser escuchadas por el ser humano para la transmisión de voz, y se amplía un poco más este rango para la transmisión de música, entonces, cuando se transmite contenido multimedia están disponibles una cantidad de códecs que pueden ser utilizados para realizar la transmisión, dentro de esta información está incluido un campo RTP que contiene la información del codificador para que el computador del cliente identifique cual es el decodificador a utilizar para que el archivo pueda ser reproducido.

Esto toma su importancia, en la calidad del audio que recibe el cliente, y es necesario indicar al equipo del usuario el tipo de códec que se utilizó, para comprimir la información, que es el que debe utilizar para descomprimir el archivo, debido que al no conocer el códec adecuado degrada la calidad del sonido, igualmente es necesario tener en cuenta que a una mayor velocidad de transmisión un mejor sonido, puesto que entre más alta tasa de transmisión se tenga, menos datos deben ser eliminados.

En la figura 12 se muestran las capas y los protocolos que en ellas se utilizan para acceder a un contenido multimedia.

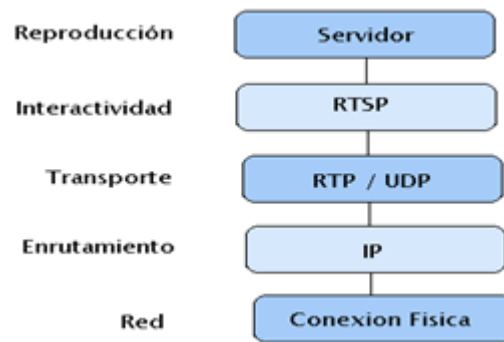


Figura 12. Esquema de Protocolos

1.3.4 Servidor de Contenidos

Para que los clientes puedan acceder a los contenidos multimedia, es necesario que dichos contenidos estén en un servidor que permita difundir la información ya codificada y lista para la transmisión. Como se ve en la figura 13, varios clientes pueden acceder al mismo contenido una y otra vez, mientras que el servidor esté disponible.

Existen dos formas de enviar un flujo de datos multimedia, ya sea que éste se envíe bajo demanda o puede ser enviado en directo, también conocido como *live*; la petición bajo demanda es un proceso que comienza con la solicitud por parte del cliente de uno de los

contenidos multimedia, siguiendo con una negociación de conexión y control de flujo que permite el correcto envío de información, a estos contenido pueden acceder varios clientes al mismo tiempo, mientras que si se piensa en una transmisión en directo, el servidor deberá hacer varias copias del flujo para que puedan ser enviados a los clientes, esto limita las opciones de los clientes como tal ya que les impide detener o volver a pedir al archivo, solo puede disponer de los que el servidor este transmitiendo en el momento de la petición [30].

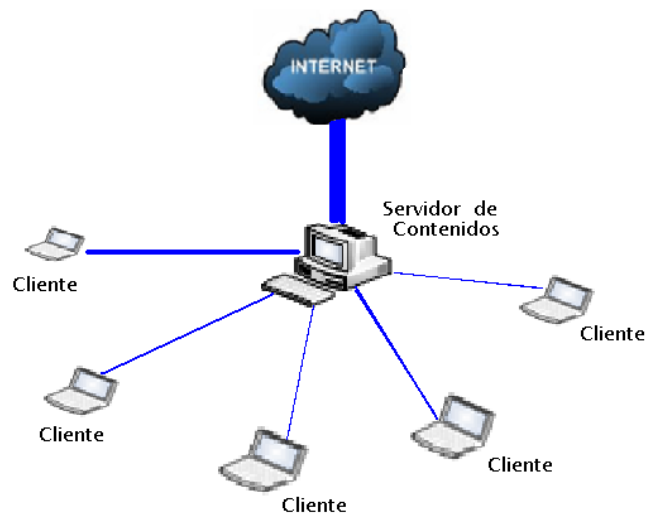


Figura 13. Conexión de Clientes a un solo Servidor.

En cualquier caso ya sea transmisión bajo demanda o en directo, el servidor tendrá que realizar una comunicación individual con cada cliente que haga la petición de contenido, esto se debe principalmente al control en la calidad de la transmisión y la velocidad de flujo de datos para cada cliente que recibe la información, ya que no todos los usuarios pueden recibir la información a la misma velocidad, el servidor tiene que contar con un ancho de banda superior o igual a la suma del ancho de banda de la requerida por los clientes, como se indica en la figura 9, cada cliente tiene su propia velocidad indicada con el ancho de la conexión de cada cliente.

La funcionalidad está basada en la transmisión por secuencias básicas, para el caso de *Unicast* como se puede apreciar en la figura 14, donde el servidor se encarga de enviar los paquetes de datos a cada usuario que hace una petición de un contenido multimedia, esta opción de transmisión es apta para ser utilizada para las transmisiones en vivo aunque dependiendo de la cantidad de usuarios que se presenten al mismo tiempo se exige un procesador de gran nivel, debido a que cada petición de *stream* toma una parte del procesador para realizar el envío.

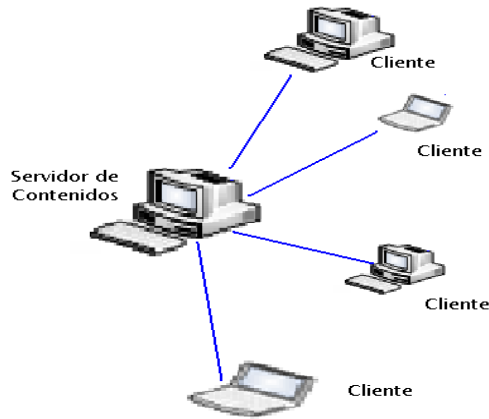


Figura 14. Plataforma de *Streaming unicast*

En las funciones de transmisión avanzadas se encuentra el *multicast*, que se describe en la figura 15, donde se puede identificar la diferencia con *unicast*, ya que se envía un solo contenido multimedia a todos los usuarios, de aquí que el procesador solo debe hacer el trabajo para un solo contenido, pero esto indica que es necesario el contar con un buen ancho de banda que pueda soportar el tráfico que se genera por esta modalidad, donde se realiza una emisión constante.

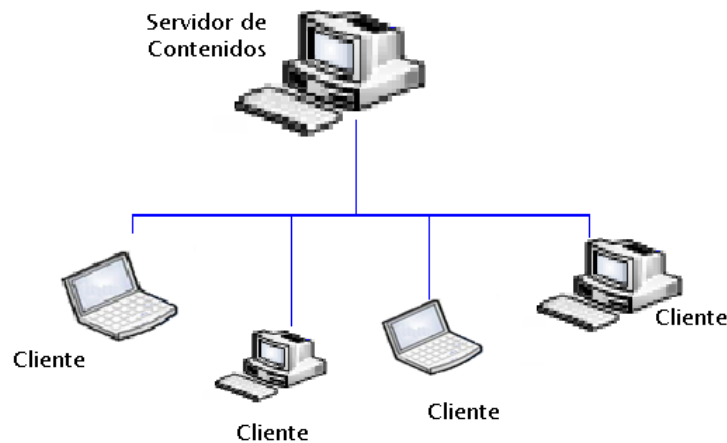


Figura 15. Plataforma *Streaming Multicast*

1.3.5 Cliente

Del lado del usuario al igual que del proveedor debe gestionar la conexión cliente – servidor, la funcionalidad del cliente es mantener una reproducción continua, aunque esta reproducción es continua en apariencia, debido a que la llegada de los paquetes de datos no se da a una misma frecuencia, entonces, el receptor debe acumular los paquetes que son enviados desde del servidor en un *buffer*, y comenzar la reproducción solo hasta que

éste tenga los datos suficientes, esto no indica que se realice una descarga completa del contenido, solo que el cliente cuente con la suficiente información para empezar la reproducción, lo que quiere decir que en una primera instancia el *buffer* estará totalmente vacío, así que el primer paso para acceder a la información es llenar el *buffer* con los primeros paquetes recibidos hasta que tenga los necesarios para garantizar que no habrán cortes inesperados en la reproducción del contenido. En la figura 16, se puede visualizar gráficamente la forma en que trabaja el cliente para brindar al usuario una reproducción aparentemente continua [31].

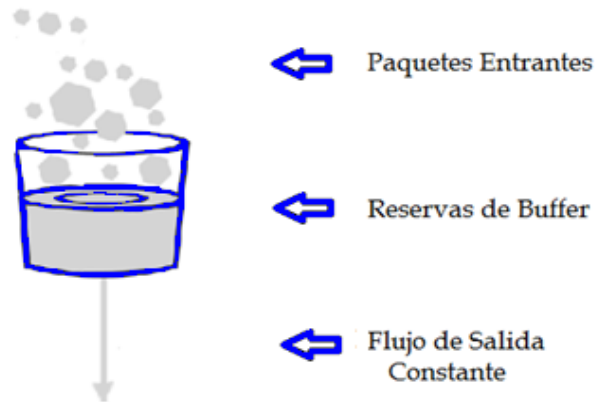


Figura 16. Funcionamiento del *buffer* del Cliente

Con el estudio inicial de estas tecnologías que son la base para el desarrollo del proyecto de grado, se logró identificar las características que argumentarán tanto la determinación del software a utilizar para la puesta en funcionamiento de VoIP y *Streaming* de audio sobre el enlace piloto entre la Universidad del Cauca (Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones) y el cabildo de Puracé, así como para la determinación de los posibles parámetros que inciden en el desempeño de estos servicios sobre un enlace de WiFi de larga distancia.

CAPITULO 2

2 HERRAMIENTAS DE SOPORTE DE VOIP Y *STREAMING* DE AUDIO

Teniendo las bases teóricas de las tecnologías WiFi, VoIP y *Streaming* de audio, sobre las cuales se realiza el desarrollo de este proyecto de grado, se hicieron estudios de software disponibles. En la primera parte de este capítulo se presenta un breve resumen de las características de las herramientas de soporte de VoIP, con un cuadro comparativo que permite el análisis de cuáles son las herramientas más adecuadas para soportar la solución del enlace WiFi de larga distancia multisalto, además, considerando que los usuarios finales de este servicio son miembros del Pueblo Kokonuco, se debe dejar el espíritu de un elemento importante a la hora de hacer la selección que facilita la apropiación de las herramientas para que sean autónomas en su uso. En la segunda parte de este capítulo se presenta el mismo proceso, pero enfocado a la determinación del software más apropiado para realizar el montaje de un servidor de *Streaming* de audio.

2.2 HERRAMIENTAS DE SOPORTE VOIP

Como ya se mencionó anteriormente se tienen en cuenta los usuarios finales y sus necesidades, además, de considerar las características del enlace piloto sobre el que se realiza el montaje. Los puntos más relevantes que se estudió fueron:

- Número de usuarios que soporta
- Dificultad de instalación
- Tipo de Interfaz
- Sistema operativo de soporte
- Códec
- Licencia

2.2.1 Asterisk

Soporta todas las funcionalidades de las centralitas tradicionales IP, es un *software*²¹ *Open Source*²² en su totalidad, liberado²³ bajo licencia GPL²⁴ [32], con Asterisk se puede hablar desde PCs, teléfonos IP, analógicos, PDA's, Smartphone con WiFi en forma transparente entre ellos o hacia la red de telefonía pública conmutada y por supuesto a internet. Asterisk está como una solución de telefonía IP para pequeñas y medianas empresas, posee gran flexibilidad y puede ser implementado como conmutador (PBX) e incluso como centro de atención telefónica, Asterisk como otro software *open source* está basado en estándares y ofrece interoperabilidad.

²¹ Conjunto de los programas de cómputo, procedimientos y datos asociados que forman parte de las operaciones de un sistema de computación.

²² Software distribuido y desarrollado libremente.

²³ libre que quiere decir libertad de uso, libertad de estudio y adaptación, libertad de copia.

²⁴ Posibilita la modificación y redistribución del software, pero únicamente bajo esa misma licencia.

Asterisk es una distribución bajo Linux, lo que indica que se debe contar con un sistema operativo Linux o tener la posibilidad de un computador con dos sistemas operativos. [33] Aunque también está la versión para Windows pero no da los resultados que se esperan en un trabajo de desarrollo, debido a sus pocos recursos en el desempeño.

En la figura 17, se observa la operatividad ofrecida por Asterisk como respuesta a las necesidades actuales de comunicación telefónica.

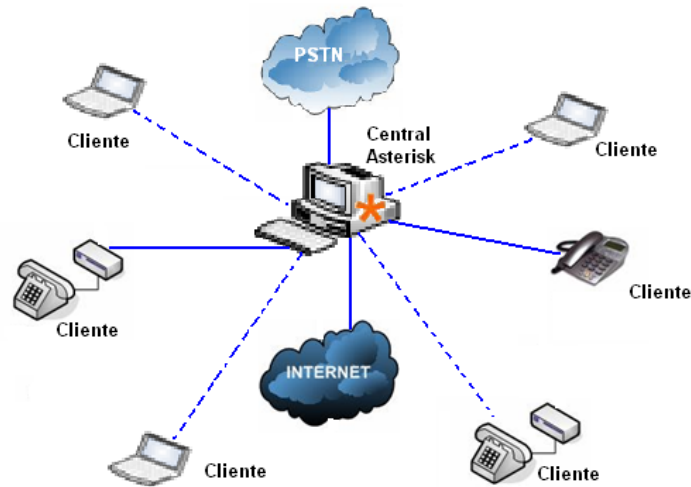


Figura 17. Operatividad de Asterisk

- **Funcionalidades generales**
 - Capaz de trabajar con prácticamente todos los estándares de la telefonía tradicional como líneas analógicas, líneas digitales E1²⁵, T1²⁶. [34]
 - Soporta caso todos los protocolos de VoIP como SIP²⁷, IAX/IAX2²⁸, MGCP²⁹, Cisco Skinny [35]

En la figura 18, se evidencia el proceso de desarrollo de Asterisk en diferentes entornos.

²⁵ Formato de transmisión digital

²⁶ Estándar de entramado y señalización para transmisión digital de voz y datos.

²⁷ Protocolo de inicio de sesiones.

²⁸ Protocolos utilizados por Asterisk, utilizado para manejar conexiones VoIP con Asterisk.

²⁹ Protocolo interno de VoIP cuya arquitectura se diferencia del resto de los protocolos por ser de tipo cliente.

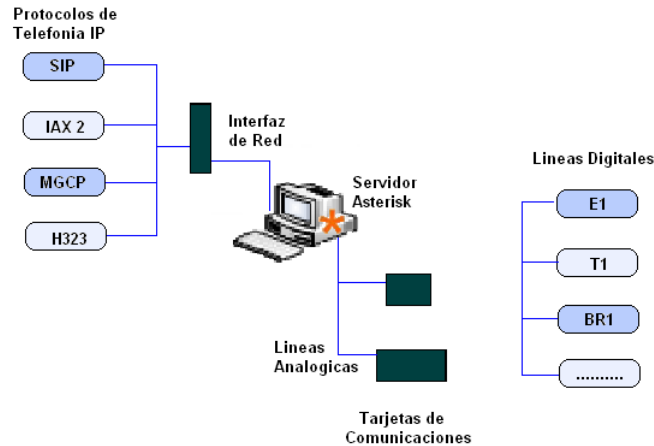


Figura 18. Proceso de Desarrollo Asterisk

Algunas funcionalidades de la centralita clásica son:

- Transferencia ciega
- Pickup³⁰ de llamadas
- Buzón de voz
- Caller ID en espera
- Llamada en espera
- Colas de llamadas
- Conferencias

• **Funcionalidades centralita avanzada**

- IVR: *Interactive Voice Response*, recepción y gestión de llamadas con menús interactivos.
- Buzón de Voz: mensajes de voz enviados por E-mail³¹, avisos por SMS³².
- Configuración en base de datos: Extensiones, usuarios, pueden ser almacenados en BBDD³³ como MySQL³⁴, MS SQL³⁵, ODBC³⁶.

³⁰ Recoger llamadas.

³¹ Correo electrónico, permite a los usuarios enviar y recibir mensajes rápidamente.

³² Servicio de mensajes cortos.

³³ Base de datos o banco de datos, conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto almacenados sistemáticamente para ser utilizados posteriormente

³⁴ Sistema de gestión de base de datos relacional multihilo y multiusuario.

³⁵ Sistema para la gestión de base de datos producido por Microsoft basado en el modelo relacional.

³⁶ Drivers que sirven para hacer conexiones con base de datos.

- **Funcionalidades VoIP**
 - Soporte de todos los protocolos estándares SIP (*Session Initiation Protocol*), H.323, MGCP (*Media Gateway Control Protocol*). IAX2 (*Inter- Asterisk eXchange*), SCCP (*Cisco skinny*).
 - Soporta *Bridging* entre tecnologías distintas.
 - Soporta transcodificación.
 - Soporte de todos los *codec*'s estándar: ADPCM, G.711, G.723.1, G.726, G.729 A/B, GSM, ILBC, LPC-10, LineaR, Speex.

Entre las funcionalidades que ofrece Asterisk, su acción como interfaz *Gateway* (AGI, *Asterisk Gateway Interface*), es una de la más relevante, en la figura 19, deja ver la interacción de Asterisk como *Gateway*.

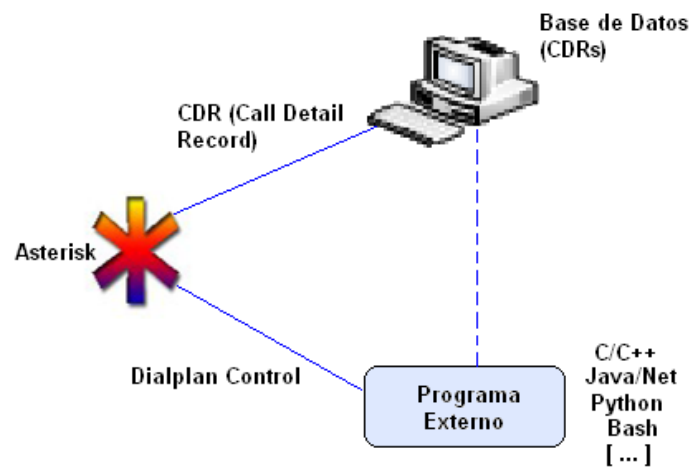


Figura 19. Gateway Asterisk

Asterisk puede ser integrado de varias formas:

- Como centralita tradicional / centralita IP
- Como pasarela transparente hacia VoIP en sistemas de producción actual.
- Como plataforma para servicios telefónicos avanzados: gestión de incidencias, soporte.

En la figura 20, muestra una central Asterisk, con sus diferentes funcionalidades y la interacción entre las redes telefónicas tradicionales y la telefonía IP ya sea que estos sean *Softphone* o teléfonos IP, además de las posibilidades de obtener administración remota.

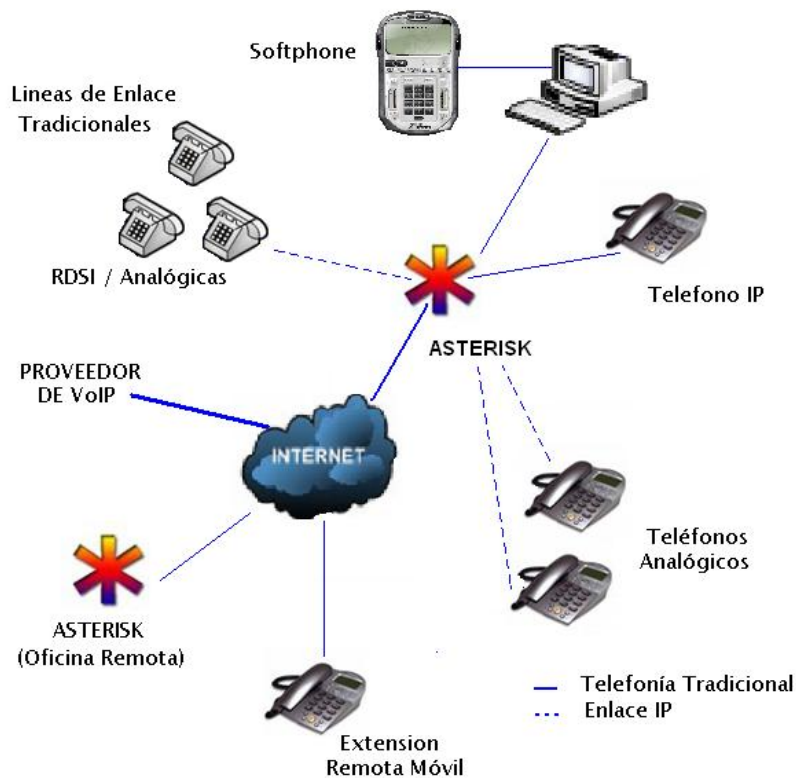


Figura 20. Central Asterisk

Se han generado a partir de Asterisk para facilitar la instalación de los usuarios, distribuciones software que integran a Asterisk como uno de los elementos para proporcionar el funcionamiento, además de tener interfaz gráfica, hasta sistemas operativos que dan la posibilidad que con un solo Cd se haga la instalación completa, dentro de los cuales se encuentran:

- Asterisk Now
- Trixbox
- Elastix
- 3CX

Este software se detallara a continuación.

- **AsteriskNow**

Asterisknow es una aplicación software de código abierto de Digium, con una distribución de Linux, bajo la licencia GNU GPL, esto significa que están disponibles para descargar en forma gratuita. Este software incluye Asterisk la telefonía de código abierto líder descrita anteriormente y el AsteriskGUI, y todo el resto de herramientas necesarias para un sistema de telefonía Asterisk. [36]

Es el más popular de código abierto de software IP PBX, puede ser fácilmente configurado con una interfaz gráfica, incluye todos los componentes necesarios para ejecutar Linux, depurar y construir opciones, además de presentar una instalación fácil. Con esta herramienta se eliminan las dificultades que se presentan con las versiones del kernel y las dependencias del paquete a diferencia de otras distribuciones de Linux, cuando se plantea la instalación de Asterisknow.

- **Trixbox**

Es una de las distribuciones de Asterisk bajo Linux³⁷, que permite administrar la PBX, utilizando el FreePBX como entorno gráfico de configuración de la PBX, Trixbox instala solo componentes básicos de CentOS³⁸ que es Linux RedHat, además necesita de unos requerimientos directamente relacionados con el uso y la carga que tendrá la PBX como: Pentium II, 128MB de RAM, 10GB en disco, tarjeta Ethernet, unidad de CD-ROM.[37].

- **Elastix**

Elastix es una colección de productos de código abierto y herramientas de compilación que sirven para convertirse en un sistema integrado de IP PBX, este sistema proporcionará características amplias, no solo con las funciones de PBX si no con otros productos que hacen que dicha plataforma sea la más potente del mercado. Elastix ha evolucionado desde el núcleo de Asterisk, este software se ha desarrollado bajo la licencia GPL y el soporte de los propios usuarios, tienes un conjunto de aplicaciones, un sistema de aprovisionamiento, un instalador y un sistema operativo que en compañía hacen un paquete completo para el uso de la PBX. Elastix es en esencia un sub-conjunto de Asterisk. [38]

2.2.2 3CX

Centralita telefónica 3CX es un software basado en IP PBX que reemplaza el tradicional PBX y ofrece la posibilidad de realizar, recibir y transferir llamadas. La centralita IP converge con todas las características tradicionales de PBX. El sistema telefónico 3CX utiliza el estándar SIP o teléfonos hardware proporcionando una conmutación de llamadas internas, así como llamar de ida y vuelta a través de la red telefónica normal mediante un servicio de VoIP, además de presentar facilidad en la instalación como en la configuración esto hace que este sistema se adapte con mayor comodidad al usuario ya que trae consigo un interfaz de usuario de Windows, para que cualquier persona con conocimientos informáticos básicos puede instalar y configurar la PBX, este sistema está diseñado para minimizar costos, dado que se pueden hacer llamadas de larga distancia o internacionales, además de conectar teléfonos entre oficinas o sucursales a través de internet o WAN³⁹.

El Asistente 3CX es una utilidad bajo Windows que ofrece a los usuarios de las extensiones una forma fácil de transferir, desviar, recibir o parquear llamadas, todo esto a través de arrastrar y soltar el cursor del ratón, en vez de hacerlo a través de interfaces de

37 Combinación del núcleo o kernel libre, usado con herramientas del sistema GNU.

38 *Community Enterprise Operating System*, es un clon a nivel binario de la distribución Linux RedHat

39 Red de área amplia.

teléfono. Además, de poder ver el estado de otros usuarios y así evitar llamadas innecesarias. También, da posibilidades de hacer llamadas con solo hacer doble clic sobre una extensión, o seleccionando un contacto desde la libreta de teléfonos o resaltando un número en una página web y presionando la tecla de función. Los administradores pueden monitorear los estados de las líneas telefónicas y de las colas de llamadas. Una opción útil de mensajería instantánea le permite enviar mensajes de texto a otros usuarios. El Asistente 3CX trabaja en conjunto con cualquier teléfono IP, teléfono 3CX (teléfono basado en software), o incluso con teléfonos análogos. Si se utiliza un teléfono IP basado en hardware, la llamada será configurada para el teléfono IP, la figura 21, describe la diversidad de funcionalidad de 3CX.

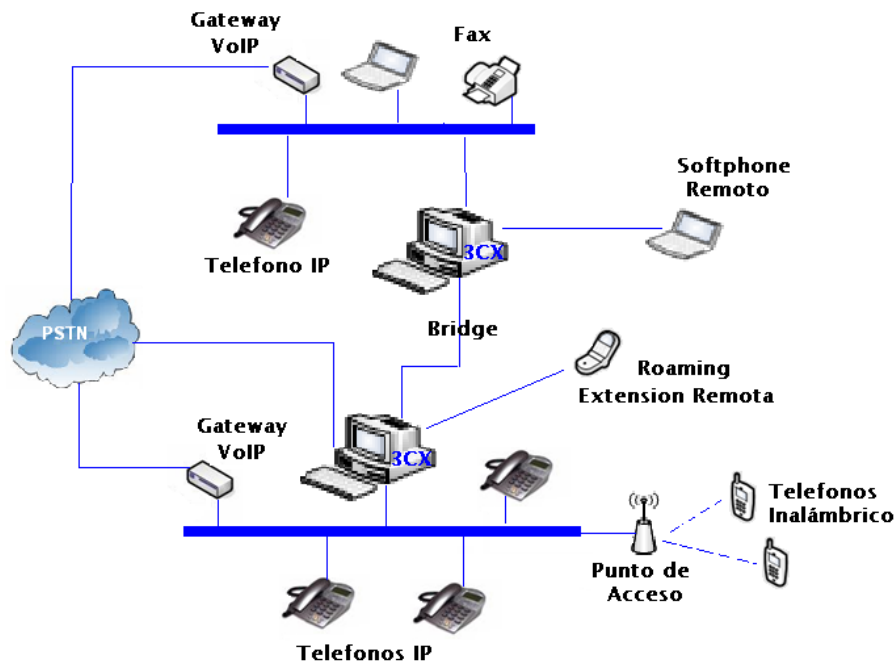


Figura 21. Descripción funcionamiento 3CX.

Hasta este punto se han comparado plataformas ya sean para Windows o para Linux permiten un control y creación de extensiones, además de un manejo total del sistema. Sin embargo para los intereses del objetivo se consideran que otros tipos de comunicación que se consiguen en internet lo pueden facilitar, lo cual se describirán a continuación:

2.2.3 SKYPE

Skype es un cliente P2P⁴⁰ de VoIP, esta herramienta permite a sus usuarios hacer llamadas de voz, así como también enviar mensajes de texto entre usuarios Skype, es similar a las aplicaciones que ofrece MSN⁴¹, YAHOO⁴² todas tienen llamadas de voz,

⁴⁰ Red de pares, actúan simultáneamente como clientes y servidores respecto a los demás nodos de la red.

⁴¹ Microsoft Network es una colección de servicios de internet ofrecidos por Microsoft

⁴² Buscador y portal de internet.

mensajería instantánea, lista de contactos, audio conferencia, sin embargo tienen protocolos de red completamente diferentes. [39]

La arquitectura de Skype, evidenciada en la figura 22, se basa en una red de aplicación que es un ejemplo de una red P2P, esta arquitectura está compuesta por tres nodos los cuales tienen una función independiente el uno del otro. Un nodo normal el cual ejecuta la aplicación es decir hace las veces de cliente Skype, un supernodo que tiene una dirección IP pública, aparte de tener una buena CPU, buen ancho de banda, y buena memoria, por último está el nodo servidor este permite la autenticación del usuario aparte de almacenar los nombres y las contraseñas del usuario.

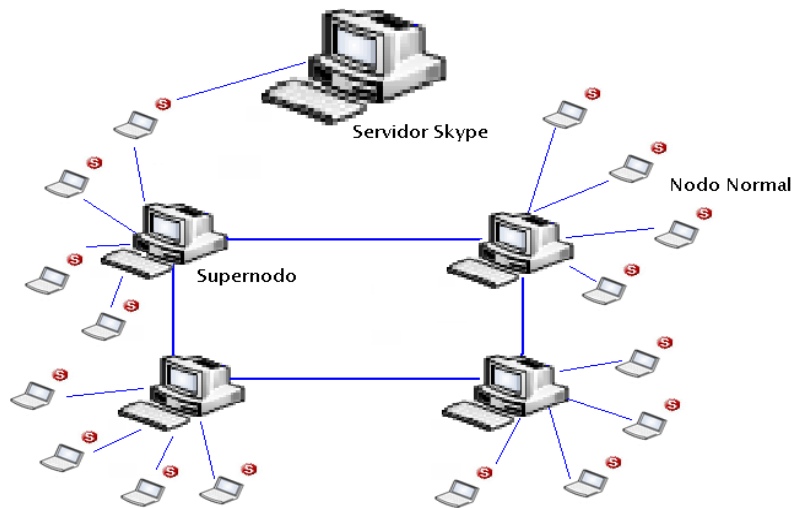


Figura 22. Arquitectura Skype

Un nodo normal debe conectarse a un supernodo y debe registrarse ante el servidor de conexión Skype para que se logre una comunicación exitosa, el supernodo es un nodo con una dirección IP pública que deberá tener suficiente CPU, memoria y ancho de banda de red, el servidor de conexión o también llamado *Skype login Server* es un servidor único que tiene la función de asegurarse que los nombres de la conexión sean ideales a través del espacio de nombres de Skype, por tanto permite la autenticación del usuario y almacena los nombres de forma excelente y también las contraseñas del usuario.

Ya que es una aplicación de red, Componentes de Skype

- Skype abre puertos de escucha, esto se hace de forma aleatoria por el cliente durante la instalación, normalmente el SC⁴³ abre los puertos de escucha TCP en los puertos 80 y 443.

43 Cliente Skype

- Para la codificación de audio Skype utiliza los códecs iLBC, iSAC, iPCM, desarrollados por *GlobalIPSound* que permiten utilizar frecuencias comprendidas entre los 50 y los 800 Hz.
- Ya que Skype no es de código abierto se utilizan dos clientes Skype con las herramientas *Ethereal* y *NetPeeker* para analizar y controlar el tráfico de red.

2.2.4 Yahoo! Messenger o Yahoo! Mensajería Instantánea (YIM)

Es una aplicación de mensajería instantánea (IM) de la compañía Yahoo. Esta aplicación permite el intercambio en tiempo real de mensajes entre dos o más usuarios en forma de texto. Pero, en su última versión, además, permite la llamada a teléfonos fijos y móviles de todo el mundo, con una calidad de voz muy similar a la de Skype.

2.2.5 El MSN Messenger

Es el cliente de mensajería instantánea de Microsoft. Este cliente utiliza el protocolo de notificación de estado móvil (*Mobile Status Notification Protocol*, MSNP) sobre TCP y opcionalmente sobre HTTP para conectar al .NET Messenger Service, servicio ofrecido en el puerto 1863. La versión actual del protocolo no es totalmente secreta ya que es susceptible de captura de comandos mediante *sniffers* como *Ethereal*. [40]

2.2.6 GoogleTalk

Es un programa que utiliza el protocolo Jabber y XMPP que permite la comunicación en tiempo real con otros usuarios mediante mensajería instantánea y llamadas de voz. Por un lado, Jabber es un protocolo abierto basado en el estándar XML para el intercambio en tiempo real de mensajes y presencia entre dos puntos en Internet. Mientras por otro XMPP, de las siglas inglesas *Extensible Messaging and Presence Protocol*, es un protocolo abierto y extensible basado en XML ideado para mensajería instantánea.

En la tabla 7, se muestra una síntesis de cada una de las herramientas realizando una comparación de características, que permiten la determinación del *software* más adecuado para dar el soporte al enlace piloto del proyecto FRIDA.

Tabla 7. Herramientas de soporte VoIP.

	Sistema Operativo	Versión Gratis	Instalación y Configuración Sencilla	Interfaz Amigable	No de Usuarios	Protocolos	Códecs
Asterisk	Linux	Si	No	No	Ilimitado	SIP IAX IAX2	G.729, G731.1
AsteriskNow	Linux	Si	No	No	Ilimitado	SIP IAX IAX2	G.729, G731.1
Trixbox	Linux	Si	No	No	Limitado	SIP H.323 IAX	G.711 G.722 G.729 G.723 GSM
Elastix	Linux	Si	No	No	Limitado	SIP IAX IAX2	G729, G731.1
3CX	Windows	Si	Si	Si	Limitado	SIP	G.711, G.711a GSM
Skvoo	Windows Linux	Si	Si	Si	Ilimitado	SIP H323 IAX	iLBC, iSAC, iPCM
Yahoo!	Windows	Si	Si	Si	Limitado	SIP H323 IAX	G.711 G.722 G.729
MSN	Windows	Si	Si	Si	Limitado	SIP H323 IAX	iLBC, iSAC
Google Talk	Windows	Si	Si	Si	Limitado	SIP H323 IAX	G.711 G.722

Se determina la utilización de la herramienta 3CX, ya que la curva de aprendizaje de Asterisk es muy complicada porque se deben manejar comandos de Linux, por tanto para la parte de apropiación se dificultad, sin embargo es muy bueno para la toma de medidas

y para otras series de cosas. Dado que cuenta con una versión gratuita, que minimiza los costos, soportada sobre Windows como sistema operativo, que es el disponible en los equipos a usar por los miembros del cabildo de Puracé, usuarios finales de este servicio, además, el proceso de instalación y configuración es intuitivo, que permite ser apropiado fácilmente. Respecto a las características técnicas trabaja con el protocolo SIP, sobre el cual se obtiene el mejor resultado en las aplicaciones de VoIP, al igual que permite hacer diversidad de pruebas del desempeño de la red y aunque cuenta con una cantidad de usuarios limitada es suficiente para abarcar las necesidades de los usuarios del proyecto FRIDA.

Las razones por las que no se tiene en cuenta las demás herramientas para el montaje del servicio como tal, es en primer lugar que se busca autonomía sobre la administración de la central, esto para medir el desempeño en general que permita obtener las recomendaciones técnicas, lo que no se consigue con Skype, Yahoo, MSN y GoogleTalk, aunque, esto también se tiene con las aplicaciones ya expuestas no se toman en cuenta por lo que son utilizadas bajo el sistema operativo Linux, el cual exigirá un manejo más avanzado de este tipo de software y dificultará la apropiación, más en ambientes cambiantes donde los dirigentes están siendo reemplazados cada año

2.2. HERRAMIENTAS DE SOPORTE *STREAMING* DE AUDIO

Al igual que para VoIP, se tienen en cuenta las necesidades de los usuarios finales además, de las características técnicas que dan pie a la determinación de la herramienta más apropiada para realizar el montaje de este servicio sobre el enlace piloto del proyecto FRIDA. Entre los puntos más relevantes a investigar de cada uno, se encuentran:

- Licencia
- Sistema operativo de soporte
- Arquitectura de contenido multimedia
- *Unicast, Multicast*
- Facilidad de Instalación y Configuración

2.2.1 Real Player

Esta es una de las herramientas más utilizadas con mayor popularidad para distribuir y obtener contenido *Streaming*, siendo una las primeras en sacar este servicio al mercado, por RealNetworks que es la empresa con mayor experiencia en cuanto al desarrollo de productos orientados a la distribución de archivos multimedia, entre sus desarrollos están las versiones tanto para Windows como para Mac OS X, Linux, Unix, Palm OS y Symbian, la versión más reciente desarrollada para Windows es RealPlayer 11.0.2, y se diferencia de las otras versiones independientes por la cantidad de funciones disponibles, aunque ninguna de estas excluye a el *Streaming* de audio.

Real Player entre sus opciones cuenta con la posibilidad de poner en una aplicación WEB, un *plug-in* para poner en marcha una emisora, que permite tener muchas de las opciones de un reproductor multimedia, entre las que se encuentra la puesta en marcha de una emisora en línea [41].

2.2.2 Adobe Media Player

Esta herramienta permite reproducir contenidos multimedia. Creado por la empresa Adobe Systems, anteriormente Macromedia, que se caracteriza por la mejora continua en calidad de video en cada nueva versión que lanza al mercado, los archivos obtenidos con esta herramienta son los conocidos como Pequeño Formato Web (SWF, *Small Web Format*), estos pueden ser leídos tanto por Adobe Flash Player como cualquier navegador en formato *plug-in* o un formato Activex, lo que se busca con el tamaño de estos formato es que puedan ser reproducidos desde redes con bajos anchos de banda. [42].

2.2.3 Windows Media Player

Windows Media Player es un reproductor de contenido multimedia creado por Microsoft, exclusivamente para el sistema operativo Windows, desde su primera versión se han lanzado veinte disponibles, en su gran mayoría son para una versión específica del sistema operativo Windows, algunas de estas fueron también creadas para MAC, OSx, como soporte para su sistema. Windows Media Player, utiliza un inicio avanzado, abarcando un gran ancho de banda disponible para llenar el *buffer* lo más rápido posible y así comenzar con la reproducción en el menor tiempo posible.

Los sucesos que se realizan de forma interna mediante interfaces de servidor y externamente mediante WMI y SNMP. En el servidor esta herramienta permite que se establezca el tamaño del paquete dependiendo de las condiciones del enlace. Windows Media Player, como reproductor puede soportar los WMA, WMV, ASF, MPEG-1 y MP3.

2.2.4 Helix Universal Server 11

Este también es un producto creado por RealNetworks, que ofrece la posibilidad de reproducción de contenido multimedia, además de soportar servicios Web, se han desarrollado versiones para Windows, Linux y Solaris, este servidor es el sucesor de Real Player que ya se describió anteriormente. Los contenidos que se distribuyan con esta herramienta pueden ser reproducidos por el cliente con *RealOne Player*⁴⁴, *Windows Media Player*⁴⁵ y *QuickTime*⁴⁶, soportando los formatos rm, rmvb, rp, swf, asf, wma, wmv, mov, MPEG 1,2, 4 y MP3 entre otros.

La figura 23, muestra un Servidor Helix Universal, con la versatilidad de soporte de herramientas, que permite el abarcar gran cantidad de usuarios bajo un mismo servidor.

⁴⁴ Reproductor de contenido multimedia creado por Real Networks.

⁴⁵ Reproductor de contenido multimedia creado por Microsoft.

⁴⁶ Reproductor de contenido multimedia creado por Apple.

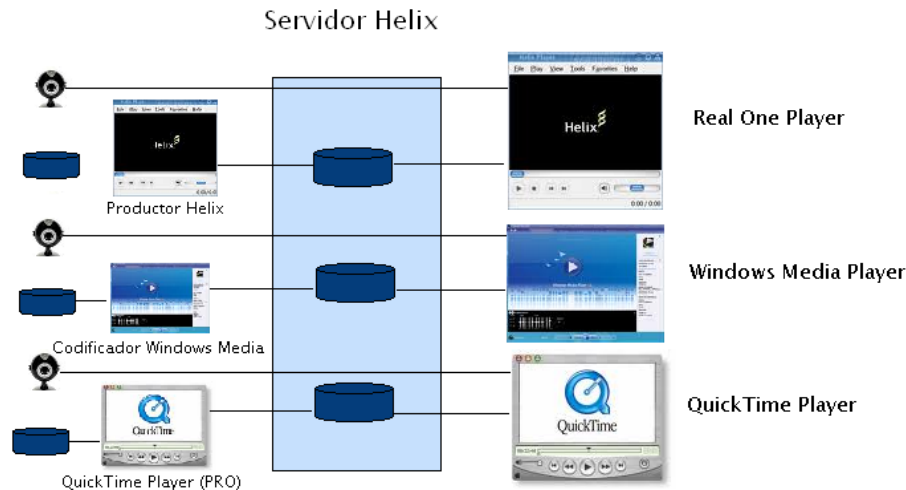


Figura 23. Helix Universal Server

Helix Universal Server, basado en los protocolos RTSP, MMS⁴⁷ y HTTP⁴⁸, le permite la interoperabilidad con cualquier versión anterior de RealPlayer, Windows Media Player, Quick Time, también, tiene entre sus posibilidades el guardar el archivo de configuración gracias al Administrador Helix (*Helix Administrator*), que puede ser replicado para diferentes servidores Helix en la red. Configuraciones tales como limitar el número de conexiones simultáneas, administrar el ancho de banda para los usuarios, además de identificación de los mismos.

Esta herramienta, entre sus opciones de monitoreo en tiempo real, igualmente genera reportes de los usuarios que utilizan el servicio, los niveles de mayor actividad y niveles de mayor demanda, además de tener opciones personalizadas de reportes, estos registros son almacenados en archivos logs⁴⁹. Logrando de esta manera dar soluciones como la respuesta a los fallos con sistemas redundantes de reproducción, que utiliza diferentes fuentes de codificación disponibles en el caso que la primera falle, convirtiéndole en una buena opción para las transmisiones en directo, además de contar con una herramienta llamada *Archiving* que permite grabar las transmisiones en vivo, que pueden ser nuevamente transmitidas, siendo transparente al usuario.

Para las transmisiones *unicast* se puede utilizar cualquier tipo de formato multimedia soportado por *Helix Universal Server*, en el caso de las transmisiones *multicast* tiene tres opciones *Back-Channel Multicast* que entre sus opciones permite la transmisión *unicast* y *multicast* simultáneamente, además de controlar el canal utilizando poco ancho de banda, *Multicast Escalable* tiene la posibilidad de transmitir paquetes a una gran cantidad de

47 MMS (Microsoft Media Services) protocolo para hacer Streaming de multimedia.

48 HTTP no es un protocolo que soporte *Streaming*, la funcionalidad para esta herramienta esta en dar el soporte para la configuración del servidor de Helix Universal Server, además de responder las encuestas de los usuarios en aplicaciones WEB.

49 Archivos Log's permiten que se guarda información de los procesos y seguimientos de los programas en ejecución.

usuarios y *Multicast Windows Media* es igualmente escalable con la diferencia que solo soporta a reproductores Windows Media Player⁵⁰.

2.2.5 Servidor Darwin Streaming

Darwin Streaming Server es una herramienta desarrollada por Apple, es la versión *open-source* del Servidor de Streaming Quick Time. Puede ser soportada en plataformas como Linux, Solaris, Windows 2000 Server y Windows 2003 Server, el principal atractivo de esta herramienta es la flexibilidad a cambios en su código fuente que le permite adaptarse a las necesidades de los usuarios. Adaptaciones que amplíen los formatos y las plataformas de soporte. Darwin Streaming Server da la posibilidad de enviar contenido multimedia a través de internet utilizando los protocolos RTP y RSTP, al igual que Quick Time, la principal diferencia radica en la

Entre las ventajas que ofrece esta herramienta esta la simpleza para el envío de información desde la fuentes directas como cámaras de video micrófonos o cualquier otro tipo de información que permita la adquisición de contenidos, como se puede ver en la figura 24, dado que tiene incluida el software de captura que comprime y encripta el contenido que es el enviado al servidor de Streaming, que después lo distribuirá. Se puede manejar en un mismo equipo el servidor y la adquisición de contenido, aunque los creadores no lo recomiendan⁵¹.

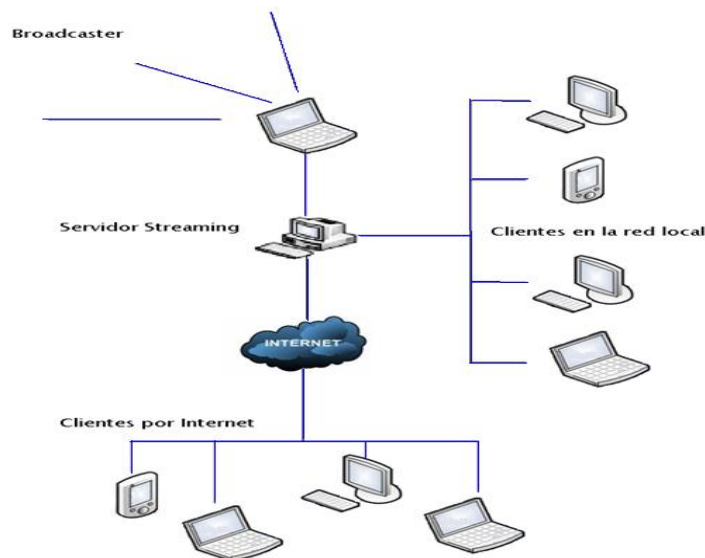


Figura 24. Darwin Streaming

⁵⁰ Tomado del enlace <http://www.real.com>

⁵¹ Tomado del enlace http://www.developer.apple.com/Darwin/projects/Streaming/qtss_admin_guide.pdf

Esta herramienta permite la transmisión de tráfico *unicast*, *multicast*, en formatos multimedia MPEG-4 y mov. Se cuenta con autenticación de usuarios siempre y cuando las transmisiones sean *unicast* o *multicast*, en los dos casos existen las categorías básica y clasificada.

2.2.6 NullSoft Shoutcast

La herramienta a describir en este apartado, fue desarrollada por la empresa NullSoft, creada por Justin Franklen, como en cualquier distribución de contenido de audio *Streaming* se tienen una fuente de audio⁵², el servidor⁵³ y el cliente⁵⁴, como para otras herramientas la captura de contenido la realiza la herramienta ubicada en el lado del servidor, para NullSoft el software disponible es ShoutCast, mientras que para el cliente el software es Winamp que es herramienta de distribución multimedia muy conocida, entonces en este mismo sentido se estudian las condiciones que presenta esta distribución. Al ser esta una herramienta de micro difusión como su nombre lo indica tiene limitaciones en cuanto a los usuarios que pueden conectarse al servidor, esto depende del ancho de banda con la que cuente el servidor, además de solo aceptar conexiones con Winamp, lo que limita a transmitir solo contenidos que sean compatibles con Winamp⁵⁵.

2.2.7 Java

En realidad los desarrolladores de Java crearon una librería que permitiera a las aplicaciones reproducir formatos de audio, de una manera fácil y sencilla que convierta a las aplicaciones con java en más atractivas. Java ofrece en su librería JMF para trabajar con contenido multimedia la posibilidad de implementar un Reproductor capaz que procesar flujos de *Streaming*.

2.2.8 Streaming Connect

No es precisamente una herramienta que permita la transmisión de contenido multimedia, es una herramienta que aparte de estas condiciones les agrega beneficios para los usuarios que desean tomarla como parte de su desarrollo. Éste sistema es bueno para empresas que desean personalizar sus reproducciones en las páginas comerciales, pero en avances tecnológicos lo que se gana no es mucho en comparación a las ya existentes, ya que este es totalmente basado en la tecnología desarrollada por adobe flash *player* basados en el supuesto de que esta herramienta se encuentra instalada en el 98% de los computadores.

Después de realizar una descripción de algunas de las herramientas disponibles para dar soporte de *Streaming* de audio, en la tabla 8, se realiza un cuadro comparativo de características que permite determinar cuál es el software más adecuado para montaje de este servicio sobre el enlace piloto del proyecto FRIDA.

⁵² Contenido multimedia, que se desea transmitir, desde voz, canciones o ambas.

⁵³ El servidor es el proveedor del contenido para los clientes.

⁵⁴ Quien hará las peticiones al servidor por contenido multimedia.

⁵⁵ Tomado del enlace <http://www.shoutcast.com/>.

Tabla 8. Comparación de las herramientas para *Streaming* de audio

	Versiones	Sistema Operativo	Arquitectura de contenido multimedia	Instalación y Configuración Sencilla	Unicast	Multicast	Autenticación de Usuarios
Real Player	Propietaria	Windows, Mac OS	MPEG ⁵⁶ -1, 2 y 4, rm	Si	Si	Si	Si
Windows Media Player	Propietaria	Windows, Linux	wma, wmv, asf, MPEG-1 y MP3.	Si	Si	Si	Si
Adobe Media Player	Propietaria	Windows Linux	FLV , F4V, mov, MP4, MP4V, 3GP, 3GPP2, 3G2, MPEG-1, 2 y 4,	Si	Si	Si	Si
Helix Universal	Propietaria, pero se puede obtener gratis con funcionalidades reducidas	Windows, Linux, Solaris	rm, rmvb, rp, rt, swf, asf, wma, wmv, mov, MP3, MPEG-1, 2 y 4, GIF, JPEG , AU, PNG, AIFF y WAV	Si	Si	Si	Si
Darwin	Gratis, Open Source	Windows, Linux, Solaris y otras plataformas	rm, rmvb, rp, rt, swf, asf, wma, wmv, mov, MP3, MPEG-1, 2 y 4, GIF, JPEG , AU, PNG, AIFF y WAV	Si	Si	Si	Si
NullSoft Shoutcast	Propietaria	Windows, Linux	MPEG-1, 2 y 4	Si	Si	Si	Si
Java	Propietaria	Windows, Linux	MPEG-1, 2 y 4	No	Si	No	Si
Streaming Connect	Propietaria	Windows, Linux	MPEG-1, 2 y 4	No	Si	Si	Si

⁵⁶ No es una arquitectura, es un códec utilizado para crear formatos, inicialmente diseñado para formatos de multimedia en CD-ROM, no es compatible con cierto *Streaming*.

Se determina realizar el montaje del servicio de *Streaming* de audio, con la herramienta Shoutcast, que ofrece entre sus características técnicas la posibilidad de transmisión *unicast* y *multicast*, además, es soportado por varios sistemas operativos en especial sobre Windows, que como ya se mencionó anteriormente es el disponible por los usuarios finales, tiene una instalación y configuración que favorece la apropiación.

2.3 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA SOLUCIÓN DE VOIP

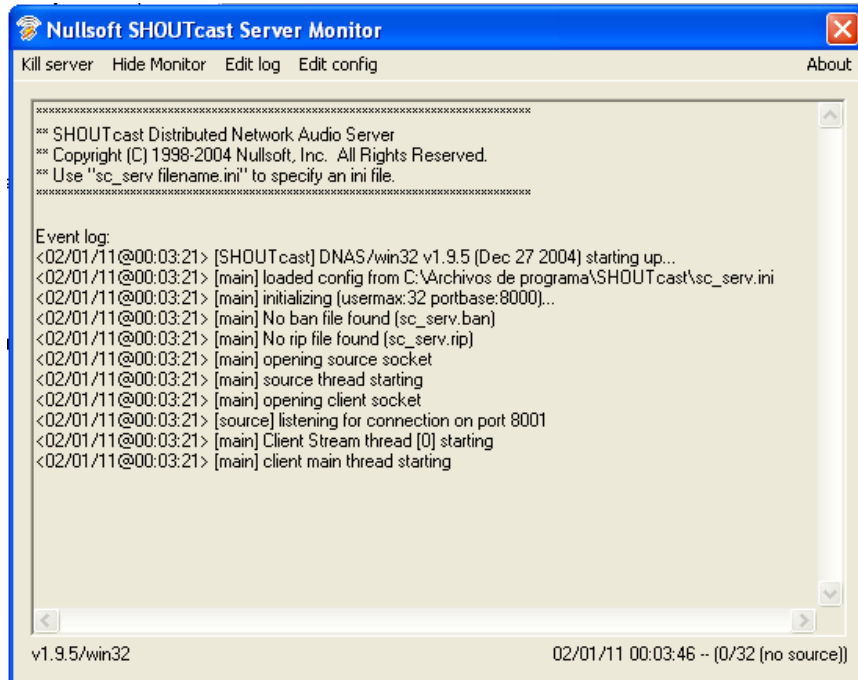
Después de haber realizado el estudio de las herramientas software disponibles en el mercado y de escoger cuales de estas son las más apropiadas para el enlace piloto del proyecto FRIDA, se realiza la puesta en funcionamiento de la central 3CX, como se puede apreciar en la figura 25, donde se muestra la pantalla del administrador, dejando ver extensiones conectadas y no conectadas además de una llamada en proceso, que es una evidencia del funcionamiento real de la central PBX. En la primera sección del Anexo B, se muestra la instalación y configuración de la Central y la de los teléfonos SIP.

Estado	Extensión	Estado de usuario	Colas de llamadas	Nombre	Entrada/Salida	ID de p.
● Registrado (No ocupado)	1000	Disponible	Salida	Administrador		
● Conectado	1001	Disponible	Salida	Jennifer Sarria	Salida	1001
● Registrado (No ocupado)	1002	Disponible	Salida	Marcela Chilito		
● Registrado (No ocupado)	1003	Disponible	Salida	Guefry Agredo		
● Conectado	1004	Disponible	Salida	Cajete	Entrada	1001
● Registrado (No ocupado)	1005	Disponible	Salida	Administrador Cabildo Purace		
● No Registrado	1006	Disponible	Salida	Usuario 1		
● Registrado (No ocupado)	1007	Disponible	Salida	Usuario 2		
● No Registrado	1008	Disponible	Salida	Usuario 3		
● No Registrado	1009	Disponible	Salida	Usuario 4		
● Registrado (No ocupado)	1010	Disponible	Salida	Usuario 5		
● No Registrado	1011	Disponible	Salida	Usuario 6		
● No Registrado	1012	Disponible	Salida	Usuario 7		
● No Registrado	1013	Disponible	Salida	Usuario 8		
● No Registrado	1014	Disponible	Salida	Usuario 9		
● No Registrado	1015	Disponible	Salida	Usuario 10		
● No Registrado	1016	Disponible	Salida	Usuario 11		
● No Registrado	1017	Disponible	Salida	Usuario 12		
● No Registrado	1018	Disponible	Salida	Usuario 13		
● No Registrado	1019	Disponible	Salida	Usuario 14		
● No Registrado	1020	Disponible	Salida	Usuario 15		
● No Registrado	1021	Disponible	Salida	Usuario 16		
● No Registrado	1022	Disponible	Salida	Usuario 17		
● No Registrado	1023	Disponible	Salida	Usuario 18		
● No Registrado	1024	Disponible	Salida	Usuario 19		
● No Registrado	1025	Disponible	Salida	Usuario 20		

Figura 25. Central 3CX Solución VOIP en funcionamiento

2.4 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA SOLUCIÓN DE *STREAMING* DE AUDIO

De la misma manera que para VoIP se presenta una solución en funcionamiento para Streaming de audio. Como ya se describió anteriormente el estudio y la determinación de cuál sería la herramienta a utilizar sobre el enlace piloto del proyecto FRIDA, se muestra la figura 26 del servidor en funcionamiento. En la sección 2 del Anexo B se muestra la instalación y configuración de este servidor, además de la configuración que debe seguir el usuario.



```
Nullsoft SHOUTcast Server Monitor
Kill server Hide Monitor Edit log Edit config About

*****
** SHOUTcast Distributed Network Audio Server
** Copyright (C) 1998-2004 Nullsoft, Inc. All Rights Reserved.
** Use "sc_serv filename.ini" to specify an ini file.
*****

Event log:
<02/01/11@00:03:21> [SHOUTcast] DNAS/win32 v1.9.5 (Dec 27 2004) starting up...
<02/01/11@00:03:21> [main] loaded config from C:\Archivos de programa\SHOUTcast\sc_serv.ini
<02/01/11@00:03:21> [main] initializing (usermax:32 portbase:8000)...
<02/01/11@00:03:21> [main] No ban file found (sc_serv.ban)
<02/01/11@00:03:21> [main] No rip file found (sc_serv.rip)
<02/01/11@00:03:21> [main] opening source socket
<02/01/11@00:03:21> [main] source thread starting
<02/01/11@00:03:21> [main] opening client socket
<02/01/11@00:03:21> [source] listening for connection on port 8001
<02/01/11@00:03:21> [main] Client Stream thread [0] starting
<02/01/11@00:03:21> [main] client main thread starting

v1.9.5/win32 02/01/11 00:03:46 -- (0/32 [no source])
```

Figura 26. Servidor Shoutcast Streaming en funcionamiento.

Con este proceso de puesta en funcionamiento de las soluciones de VoIP y Streaming de audio se da cumplimiento al primer objetivo específico “Realizar la puesta en funcionamiento de una solución de VoIP y *Streaming* de audio sobre el enlace WiFi multisalto de larga distancia” descrito en el anteproyecto de grado.

3 PARÁMETROS DE INCIDENCIA EN EL DESEMPEÑO DE VOIP Y STREAMING DE AUDIO.

Con la documentación realizada sobre las tecnologías que intervienen en el trabajo de grado, se procede a la identificación y el posterior análisis de los parámetros que inciden en el desempeño de VoIP y *Streaming* de audio en un enlace WiFi de larga distancia, soportados por los equipos del enlace piloto del proyecto FRIDA. Esto se realizó mediante una descripción de cada uno de dichos parámetros seguida de un análisis de incidencia.

Los equipos PS 2⁵⁷ cuentan con un sistema operativo llamado airOS⁵⁸, *software* que está dividido en 6 pestañas como lo muestra la figura 27.

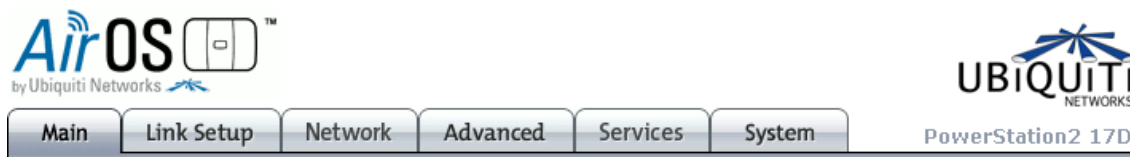


Figura 27. Pestañas de los Equipos PS2.

En la primera sección del anexo A se describe con más detalle los parámetros y funcionalidades que se encuentran en cada pestaña de airOS.

De las pestañas menú principal (*Main*), servicios (*Services*) y sistema (*System*), no se toma ningún parámetro para el estudio, ya que más que parámetros lo que contienen son funcionalidades de administración.

3.1 Configuración Inalámbrica

En la figura 28 se evidencia la pestaña de configuración inalámbrica donde se resaltan los parámetros que fueron identificados y analizados.

57 En lo consecutivo PS 2.

58 AirOS es el firmware que permite que los equipos Ubiquiti cuenten con una interfaz intuitiva para los usuarios.



Figura 28. Identificación de Parámetros en Configuración Inalámbrica.

3.1.1 Modo Inalámbrico

- **Descripción del Parámetro**

Este parámetro es el que especifica el modo de funcionamiento del dispositivo, esto depende de los requisitos de la topología de la red. Las posibilidades que se ofrecen para este parámetro son:

- Estación (*Station*),
- Estación WDS (*Station WDS, Wireless Distribution System*)
- Punto de Acceso⁵⁹ (*AP, Access Point*)
- AP WDS (*Access Point WDS*)

⁵⁹ En lo consecutivo AP.

La topología propia de la red crea la necesidad de funcionamiento de los equipos ya sea que éstos deban comportarse como un AP o como una Estación, por tanto la importancia radica en identificar cuál es el valor para el parámetro más adecuado, más específicamente si es conveniente trabajar con WDS. Se debe tener en cuenta también que si se utiliza WDS todos los equipos involucrados en el enlace deben manejar WDS.

- **AP:** Cuando el equipo se encuentra operando en este modo, su comportamiento es el que se describe en el protocolo IEEE 802.11, pero si la opción es de AP WDS, indica que además de comportarse como se describe en IEEE 802.11, da paso a la capa 2 para que realice un puente entre equipos que estén igualmente en este modo, teniendo en cuenta que la topología de la red debe ser en árbol como lo describe el esquema WDS [43].
 - **Estación:** Cuando el equipo trabaja en este modo, su rol en la red es la de un cliente, actuando como la estación del suscriptor (*CPE, Customer Premises Equipment*), su funcionalidad en una red con equipos PS 2 de Ubiquiti, es usualmente el de estar conectado a un AP, entonces, si el modo es Estación WDS debe estar conectado a un AP WDS.
- **Incidencia del modo Inalámbrico en VoIP y Streaming de Audio:**

Se mostrará en qué puede afectar positiva o negativamente al rendimiento de VoIP y *Streaming* de audio en un enlace WiFi de larga distancia, ya sea que los equipos sean un AP o una Estación que esté utilizando WDS.

La mejora en el rendimiento de la red, está enfocada directamente a la cantidad de equipos físicos que se deben tener, ya sea para abarcar una gran área de tráfico o para ampliar una red ya existente, sin tener que incurrir en gastos de nuevos equipos, con WDS se tiene una tarjeta que hace que el AP se comporte como puente pasando toda el tráfico de un lado a otro de la red.

Como ya se mencionó anteriormente, si la Estación está utilizando el sistema de distribución inalámbrica, para que el enlace funcione correctamente, el AP al cual esté conectado debe estar utilizando este sistema también, de tal forma que este suceso se presenta en todo el enlace y no en el paso por un equipo específico.

Debido a que WDS mejora considerablemente el desempeño de la red y además es completamente transparente para todos los protocolos de la capa 2, se hará uso de este modo en la configuración del enlace, en muchos aumenta considerablemente la velocidad de la red en más de un 50%.

3.1.2 MODO IEEE 802.11

- **Descripción del Parámetro**

Este modo hace referencia a una familia de protocolos desarrollados por el IEEE diseñados para tecnologías WLAN. Definen las tecnologías que implementan a 802.11 en el nivel físico y el nivel de control de acceso al medio (MAC, *Medium Access Control*).

Los protocolos soportados por los PS 2, son el 802.11b, 802.11g y mixto 802.11b/g, donde afecta directamente el ancho de banda del canal, ya que para 802.11b solo soporta 20MHz y para 802.11g soporta 20, 10 y 5MHz. Entonces, esto se ve reflejado en la velocidad de transmisión, ya que la máxima para 802.11b son 11Mbps y para 802.11g son hasta 54 Mbps.

En la tabla 9, se identifican las características mediante una comparación entre 802.11b y 802.11g.

Tabla 9. Comparación entre IEEE 802.11b y IEEE 802.11g

	IEEE 802.11b	IEEE 802.11g
RATIFICACIÓN DEL ESTANDAR	SEP. 99	MAY. 2003
GRADO DE ADAPTACION	Adoptado masivamente	Nueva tecnología rápido crecimiento
VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	11 Mbps	54 Mbps
COSTO	Bajo	Medio bajo
COBERTURA	Buena cobertura 300-400 metros Buena conectividad con determinados obstáculos	Buena cobertura 300-400 metros Buena conectividad con determinados obstáculos
COMPATIBILIDAD	Compatible con 802.11g, incompatible con 802.11a	Compatible con 802.11b, incompatible con 802.11a.
FRECUENCIA	2.4 GHz	2.4 GHz
ESPECTRO DISPONIBLE	83.5 MHz	83.5 MHz
MODULACIÓN DE CODIFICACIÓN	DSSS/CCK	DSSS/OFDM
NÚMERO DE CANALES NO SUPERPUESTOS	11/3	11/3

- **Análisis de Incidencia**

Ya que estos dos estándares son compatibles, y que en la actualidad la mayoría de los productos son fabricados bajo especificaciones b/g, además de controlar el acceso al canal de radio y de la detección de la portadora, se considera de gran importancia en los servicios de VoIP y *Streaming* de audio ya que estos estándares permiten gestionar y mantener las comunicaciones entre dos estaciones WLAN. Por lo que es preferible la utilización de 802.11g, aunque, 802.11b se debe utilizar solo de ser necesario.

3.1.3 Ancho de Banda del Canal

- **Descripción del Parámetro.**

Este es el ancho de banda del canal de radio, este parámetro aumentará la cantidad de canales sin traslape, esto puede permitir que las redes escalen mejor, de igual manera aumentará la densidad espectral de la energía del canal y permitirá una mayor distancia del enlace. El canal inalámbrico soporta ciertos anchos de banda descritos a continuación:

- 5 MHz: conocido como modo de cuarta tasa.
- 10 MHz: conocido como modo de media tasa.
- 20 MHz: ancho de banda del canal, esta opción está seleccionada por defecto en los equipos Ubiquiti.

- **Análisis de Incidencia**

Debido a que los servicios que se probaron como lo es VoIP y *Streaming* de audio requieren de un gran ancho de banda, se identificó a este parámetro como una de las condiciones necesarias que permitirán el buen funcionamiento del enlace ya que de él depende que no haya traslape de canales y que los servicios mencionados mejoren su rendimiento.

3.1.4 Intercalamiento del Canal

- **Descripción del Parámetro**

Este es un parámetro propietario desarrollado por Ubiquiti, de gran importancia ya que activa los canales especiales que están fuera de la frecuencia de los canales estándares 802.11b y 802.11g, esto quiere decir que mientras que 802.11 tienen canales estándares como el canal 1, canal 2, estos separados en su frecuencia central por 5 MHz, el intercalamiento del canal permitirá la operación de los nuevos no 802.11 fuera de los canales estándar, se podrá por lo tanto modificar los canales en intervalos de 2 MHz para el modo 802.11b/g teniendo en cuenta la frecuencia central.

- **Análisis de Incidencia**

Cuando este parámetro es habilitado permite que la seguridad sea inherente, además de que las redes se vuelven invisibles ante los dispositivos WiFi.

3.1.5 Canal

Un canal de información es el medio de transmisión por el que viajan las señales portadoras de la información emisor y receptor es conocido como canal de datos, este parámetro permite seleccionar el canal inalámbrico mientras que el dispositivo opera en modo AP.

Los canales múltiples de frecuencia están disponibles para evitar interferencia entre los AP's colindantes, para cada país hay una lista de canales dependiendo de los parámetros

seleccionados anteriormente en la configuración del enlace como el modo IEEE 802.11, ancho del canal y de si la opción de intercalamiento del canal fue habilitada.

IEEE 802.11 b y g operan en la banda de los 2.4 GHz, tiene una señal de transmisión de 30 MHz aproximadamente, debido a esto se presenta el solapamiento⁶⁰ donde hay una alta densidad de usuarios, ya que 802.11b y 802.11g utilizan superposición de canales, lo que significa que de los 11 canales utilizados en los equipos, solo los canales 1, 6 y 11 se pueden usar permitiendo solo tres puntos de acceso para operar sin interferencias

También se presenta la interferencia en RF de otros equipos que usan la misma banda como los teléfonos inalámbricos, microondas y otros, a pesar de ello estos estándares tiene gran aceptación internacional debido a que la banda de 2.4 GHz es una banda ISM disponible a nivel mundial con velocidades de hasta 11 Mbps y 54 Mbps respectivamente. [44]

3.1.6 Potencia De Salida

- **Descripción del Parámetro**

En los equipos PS 2 de Ubiquiti, en la parte de configuración de red se tiene un parámetro que permite establecer el valor de potencia de salida en dBm, que se requiera para el enlace, los límites están dados por la regulación propia del país, donde se ubique el enlace, en Colombia la regulación indica que el valor máximo es de 26 dBm que son 400mW.

Ecuación 1. Formula Friis, espacio libre.

La potencia de salida está relacionada directamente con las pérdidas y las ganancias que se dan a través del enlace, como se puede apreciar en la ecuación 1, donde la potencia de salida afecta directamente la sensibilidad del receptor, lo que podría indicar que entre más alto sea este valor mejor será el valor de recepción en el lado del cliente, dado que es un parámetro definitivo para tener un buen enlace [45], teniendo en cuenta que las pérdidas de espacio libre tienen un valor significativo para el desempeño de la red.

Aunque también se pueden presentar inconvenientes cuando se tiene una potencia de salida muy alta es la del llamado “nodo oculto”⁶¹, ya que este fenómeno impide que todas las estaciones puedan escucharse entre sí, y más aún en enlaces basados en el estándar IEEE 802.11, donde los dispositivos deben estar escuchando constantemente antes de poder transmitir para de esta manera evitar las colisiones. Este problema hace que el enlace tenga un desempeño fluctuante. [46]

⁶⁰ Cuando las direcciones IP utilizadas en la red privada son direcciones IP públicas en uso en otra red.

⁶¹ Descripción más detallada del nodo oculto a quien afecta

- **Análisis de Incidencia**

La incidencia que presenta la potencia de salida de los equipos, tanto para VoIP y *Streaming* de audio, se da a causa de la robustez que ofrece al enlace un nivel alto de energía, de esta manera es más la calidad de comunicación del enlace, que afecta de manera directa las características de estos dos servicios. Entonces, entre más alto sea la potencia de salida se tendrá una mejor respuesta del enlace.

3.1.7 Seguridad

- **Descripción del Parámetro**

Se presentan tres posibilidades de brindar seguridad en la red, todos enfocados directamente en como un cliente puede conectarse a un equipo de forma inalámbrica. AirOS tiene la capacidad de soportar Privacidad Equivalente a Cableado (WEP, *Wired Equivalent Privacy*), WiFi de Acceso Protegido (WPA, *Wifi Protect Access*) y WiFi de Acceso Protegido 2 (WPA2, *WiFi Protect Access 2*), como mecanismos de control de acceso y privacidad a la red; estos esquemas de seguridad de datos, son los que resguardan la privacidad de la información.

- **Análisis de Incidencia**

En redes WiFi el concepto de la seguridad se extiende más allá de lo que representaba en redes cableadas, el hecho de poder acceder a tráfico de red sensible sin ser necesaria una presencia física obliga a extremar las medidas de seguridad en todos los entornos, la seguridad inalámbrica tiende a ser identificada como una buena configuración de cifrado en la capa de enlace. Dentro del contexto de la seguridad de información se deben evaluar cinco atributos de seguridad: confidencialidad, autenticación, integridad, no-repudio, disponibilidad). [47]

Entonces, la incidencia sobre los servicios de voz, es más a nivel de protección de la información que se transmite, que directamente sobre el desempeño de la red, sobra decir que genera más información para ser procesada por las tarjetas de red, por lo que se reflejaría un retardo en procesamiento, para realizar una determinación de cuál es el valor más adecuado es necesario analizar los resultados de la experimentación.

3.2 CONFIGURACIÓN DE RED

En la figura 29, se muestra la pestaña de configuración de red, donde se encuentra resaltado el parámetro de estudio.

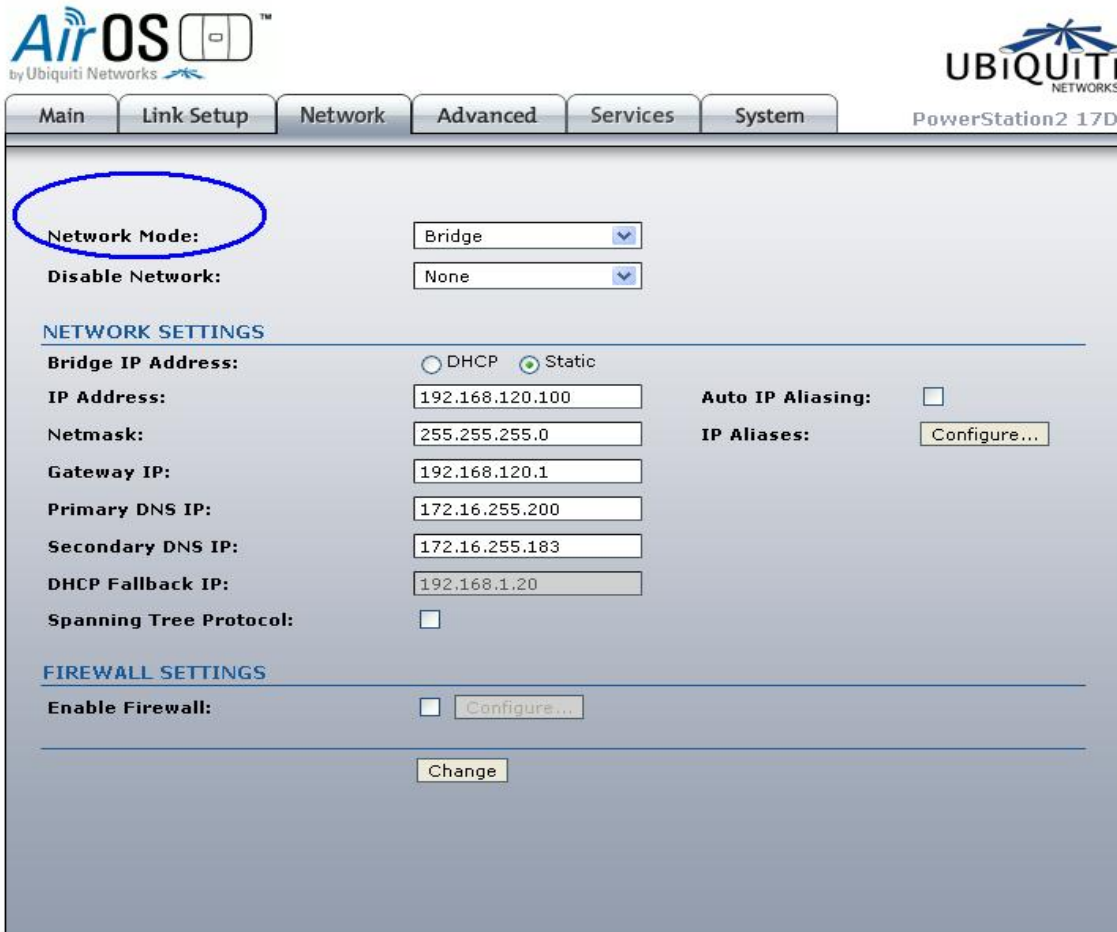


Figura 29. Configuración de Red.

3.2.2 Modo De Red

- Descripción del Parámetro

Este parámetro es más para uso del administrador ya que permite fijar la funcionalidad de puente o *router* según sea el propósito del enlace, este parámetro especifica el modo en el cual va operar el dispositivo, además, esto depende de los requisitos que la topología necesite. El modo de puente es seleccionado por defecto mientras se conecte con un AP o usando WDS de esta manera el dispositivo trabajará como puente transparente y funcionará en la capa 2. En el modo *router* se puede configurar para funcionar en la capa 3 para realizar el enrutamiento y también para activar la segmentación de la red. [48] A continuación se hace una breve descripción de los dos modos que presentan las antenas Ubiquiti para la configuración de los parámetros:

Modo *Bridge*: En modo *bridge* se hace una pasarela y el paso de datos con internet es tramitado por el equipo, de tal forma que el *router* queda anulado y por lo tanto no hace NAT⁶² (*Network Address Translation*), debido a ello no hay que gestionar nada porque

⁶² Traducción de direcciones de red.

todos los programas pasan sin restricciones. La elección de este modo se justifica por la sencillez con la que este componente puede ser introducido dentro de una topología de red sin tener que cambiar los parámetros de IP, la de subred y la puerta predeterminada.

El modo *bridge* en el dispositivo AirOS no utiliza ningún enrutamiento inteligente todos los paquetes de datos los envía desde una interfaz de red a otra, las interfaces WLAN y LAN forman la interfaz virtual que es lo que hace actuar como puente entre los puertos.

Este modo es seleccionado por defecto, pero se le deberá configurar los parámetros que se explican a continuación:

DHCP: este asigna dinámicamente la dirección IP, la puerta de enlace y los servidores DNS.

Estática: como su nombre lo indica asigna una dirección IP estática.

Dirección IP: aquí debió ir la dirección IP del dispositivo, mientras se seleccione el modo estático de dirección IP del *Bridge*. Se debe tener en cuenta siempre los rangos de las direcciones ya que el dispositivo funcionara si éstas están bien configuradas.

Máscara de red: se deberá poner la máscara de red del dispositivo, este valor cuando se amplía en binario proporciona un mapeo para definir un grupo de direcciones IP para cambiar cuál es el dispositivo host y el dispositivo de red.

IP puerta de enlace: siguiendo el mismo camino se pondrá aquí la dirección IP de la puerta de enlace, está es la dirección IP del *router* que proporciona un punto de conexión a internet.

Dirección IP DNS primario: se asigna una dirección IP al DNS primario. Aquí se identifican las direcciones IP del servidor de donde el dispositivo de AirOS busca información para la traducción.

Modo Router: Cuando el dispositivo se configura en modo *router*, éste trabaja en la capa 3, es decir, en la capa de transporte para que realice el encaminamiento y permita la segmentación de la red, esto para que los clientes inalámbricos estén en una subred diferente, además el modo *router* bloqueará la difusión mientras que no sea transparente, en el caso de los equipos Ubiquiti podrán actuar como un servidor DHCP a parte de ello utilizar la característica de NAT, este modo es más utilizado por los puntos de acceso. Como el modo *bridge* el modo *router* también deberá configurarse con los mismos parámetros descritos anteriormente para su funcionamiento.

- **Análisis de Incidencia**

Como se ha descrito anteriormente lo que se busca en el estudio de estos parámetros es el buen desempeño de los servicios aparte de la calidad con que se brindarán, es por ello que el modo *Bridge* es ampliamente utilizado por la estaciones de suscriptor cuando se conectan a un AP o incluso usando WDS, este modo será de gran utilidad tanto para VoIP como para el Streaming de audio ya que trabajará como un *bridge* transparente y actuará en la capa 2 es decir, en la capa de enlace, ofreciendo la no segmentación de red siempre y cuando el dominio de difusión sea el mismo, aparte de ello este modo no bloqueará ningún tráfico *broadcast* o *multicast*.

3.3 CONFIGURACIÓN AVANZADA

En la figura 30, se muestra la pestaña de configuraciones avanzadas, donde se encuentran resaltados los parámetros estudiados en este trabajo de grado.

The screenshot displays the 'Advanced' configuration page for a Ubiquiti PowerStation2 17D. The interface is divided into several sections:

- ADVANCED WIRELESS SETTINGS:**
 - Rate Algorithm:** Optimistic (dropdown)
 - Noise Immunity:** Enabled
 - RTS Threshold:** 2346 Off
 - Fragmentation Threshold:** 2346 Off
 - Distance:** 31.2 miles (50.2 km)
 - ACK Timeout:** 356 Auto Adjust
 - SuperG Features:** Fast Frame Bursting Compression
 - Multicast Data:** Allow All
 - Multicast Rate, Mbps:** 1 (dropdown)
 - Enable Extra Reporting:**
 - Enable Client Isolation:**
- ANTENNA:**
 - Antenna Settings:** Vertical (dropdown)
- SIGNAL LED THRESHOLDS:**

LED1	LED2	LED3	LED4
- 94	- 80	- 73	- 65
- WIRELESS TRAFFIC SHAPING:**
 - Enable Traffic Shaping:**
 - Incoming Traffic Limit:** 2048 kbit/s
 - Incoming Traffic Burst:** 1024 KBytes
 - Outgoing Traffic Limit:** 2048 kbit/s
 - Outgoing Traffic Burst:** 1024 KBytes
- 802.11E QoS (WMM) SETTINGS:**
 - QoS (WMM) Level:** Auto Priority (dropdown)

A 'Change' button is located at the bottom of the page.

Figura 30. Configuración Avanzada.

3.3.1 Algoritmo de Tasa de Datos

- **Descripción del Parámetro**

Los valores posibles para este parámetro son los algoritmos, Optimista, Conservador y Exponencial Media Móvil Ponderada (EWMA, *Exponential Weighted Moving Average*), cada uno de estos algoritmos de tasa de datos juega un rol importante en el desempeño de la red, esto se da debido a que el algoritmo de tasa es quien define en cada momento dependiendo de su estructura la tasa de datos con la que se van a enviar, dicho parámetro es un factor que afecta la sensibilidad al ruido del enlace, puesto que entre más alta sea la tasa de datos, es más sensible al ruido, y si se disminuye la tasa también disminuye el rendimiento de la red.

El Algoritmo Optimista, debe su nombre al hecho que siempre está buscando, transferir a la tasa de datos más alta posible, realizando pruebas contantes de disponibilidad⁶³, este algoritmo tiene como prioridad velocidad en transmisión, razón por la cual se generan conflictos en cuanto al aumento en sensibilidad al ruido, además de la falta de robustez que se obtiene en el enlace. En la figura 31, se puede ver el comportamiento de este algoritmo mediante su diagrama de flujo.

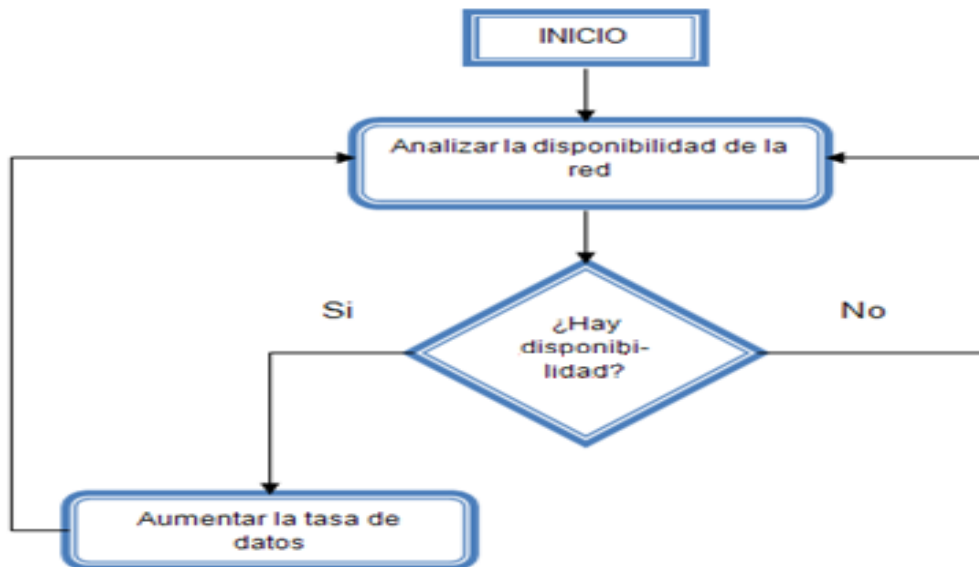


Figura 31. Diagrama de Flujo, Algoritmo Optimista.

El Algoritmo Conservador, a diferencia del algoritmo optimista, se encarga de revisar los paquetes transmitidos correctamente, este análisis lo hace mediante una muestra por un tiempo determinado, donde el resultado de esta muestra da el parámetro que define si la tasa puede subir o debe bajar dependiendo de la cantidad de paquetes transmitidos

63 Las pruebas de disponibilidad las realiza, enviando paquetes y analizando el tiempo de transmisión, además tiene en cuenta el indicador de fuerza de la señal en recepción (RSSI, *Receive Signal Strength Indication*)

exitosamente. Esta consideración, permite que la conexión, mantenga un nivel de robustez más alto que el que se obtiene con el algoritmo optimista, además de disminuir la sensibilidad al ruido. Estos valores se reflejan de forma negativa en el rendimiento de la red, puesto que en la mayoría de las ocasiones se baja la velocidad de transmisión, con el fin de brindar un enlace más robusto, con menos ruido. Descrito en el diagrama de flujo que se muestra en la figura 32.

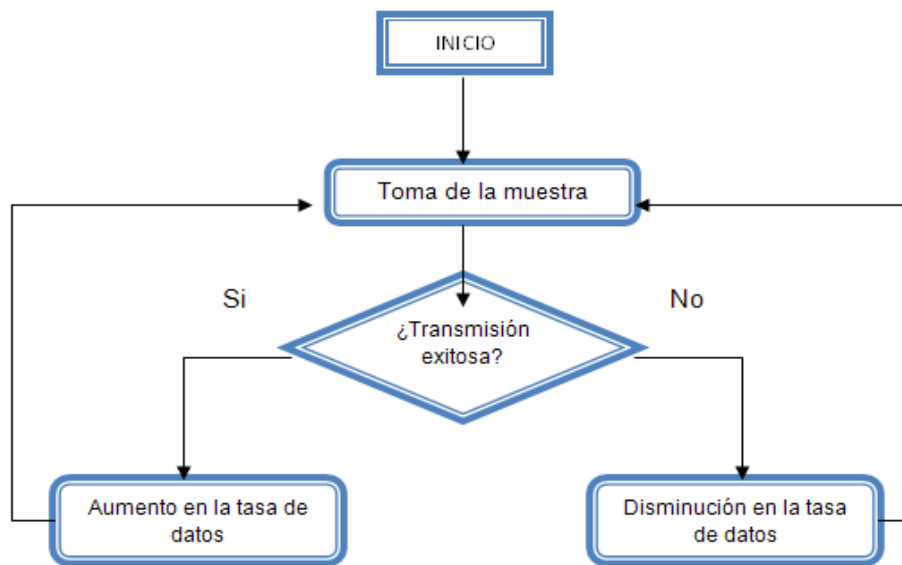


Figura 32. Diagrama de Flujo, Algoritmo Conservador

El Algoritmo EWMA, es una combinación entre el algoritmo conservador y el algoritmo optimista, este algoritmo se describe como un algoritmo que siempre buscará obtener la tasa de datos más alta posible, sin dejar de lado las pruebas que garanticen que la información está siendo entregada de forma correcta, entonces, este algoritmo en el momento que la disponibilidad del enlace se lo permita coloca la tasa más alta y realiza una muestra por un tiempo determinado si los paquetes son entregados exitosamente sube la velocidad, pero si se han presentado muchos errores o pérdidas éste la disminuye, haciendo un ciclo para brindar buen desempeño además de robustez en el enlace. En la figura 33, se describe la estructura del algoritmo EWMA.

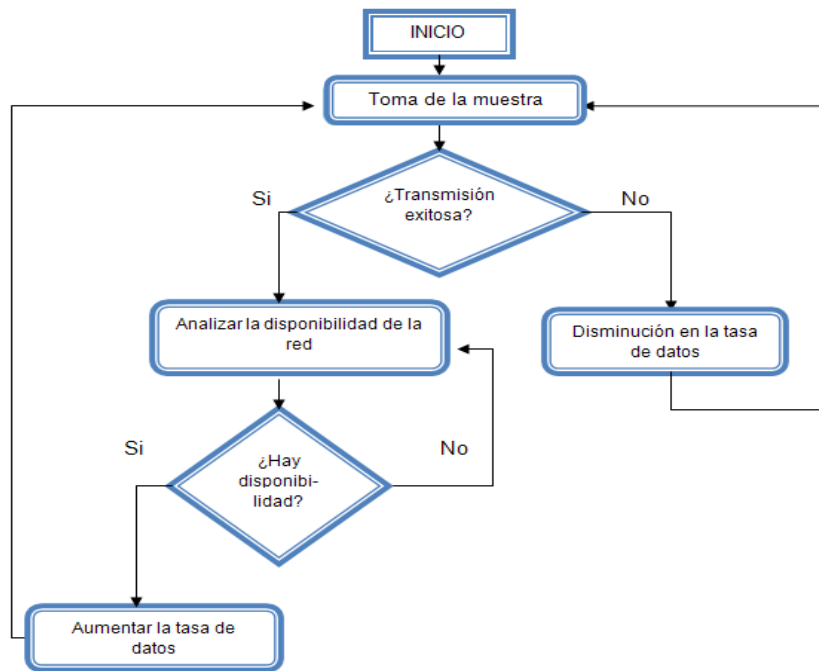


Figura 33. Diagrama de Flujo, Algoritmo EWMA

- **Análisis de Incidencia**

En enlaces de larga distancia el nivel de ruido en la conexión es más alto que en enlaces de distancia corta, además de la falta de robustez que se presentan factores que se deben considerar para la determinación del algoritmo de tasa de datos a utilizar [49], debido a que un valor no adecuado para este parámetro puede incrementar los índices que dificulten la comunicación. La robustez en un enlace indica que el número de paquetes perdidos será mucho menor, condición que es muy importante en comunicaciones en tiempo real, como son VoIP y *Streaming* de audio.

Además, de identificar las condiciones del enlace en cada momento de transmisión es necesario conocer el resultado del envío de datos, para no congestionar la red con una tasa mayor sino hacerlo desacuerdo a las capacidades del mismo, por ello EWMA se describe como el más apropiado para un enlace de larga distancia.

3.3.2 Inmunidad al Ruido

- **Descripción del Parámetro**

Ambientes inalámbricos tiene un índice de ruido muy alto por ello los equipos PS 2 de Ubiquiti cuentan entre sus opciones de configuración en los ajustes inalámbricos avanzados la opción de inmunidad al ruido, esta opción puede ser o no habilitada.

- **Análisis de Incidencia**

El ruido es generalmente causado por fuentes externas; en enlaces basados en el protocolo IEEE 802.11, este ruido es consecuencia del tráfico propio del enlace, o de señales vecinas bajo el protocolo IEEE 802.11. Cuando el ruido afecta un enlace se pueden presentar dos problemas, uno es la pérdida de paquetes, cuando éste llega a su destino pero el receptor se encuentra ocupado procesando un paquete falso o el paquete puede perderse, porque el receptor lo considera falsamente como perdido, situaciones que se presentan cuando la relación señal a ruido es muy baja, tanto, que el receptor confunda una señal real con una señal de ruido [50],

Esta pérdida de paquetes afecta considerablemente cualquier tipo de comunicación, aunque en una transmisión de VoIP y *Streaming* de audio, se cuenta con una ventaja dado que la voz es predecible, y puede convertirse en una pérdida imperceptible para el usuario siempre y cuando esta pérdida de paquetes no supere el umbral del 1%; entonces se tendría una buena respuesta cuando esta opción es habilitada.

3.3.3 Umbral De Fragmentación

- **Descripción del Parámetro**

Este parámetro permite la división de paquetes IP en muchos paquetes más pequeños para la transmisión, esto hace que los paquetes atraviesen ráfagas de interferencia, aquí se puede configurar el tamaño máximo antes de que un paquete de datos sea dividido y enviado en una ráfaga, se debe tener en cuenta que un valor igual al tamaño máximo del paquete IP deshabilita el mecanismo, es por ello que el umbral de fragmentación debe ser menor que el tamaño del paquete IP. [51]. El rango está entre 256 y 2346 bytes. También se puede usar la palabra off. Cuando se usa el valor de este parámetro muy bajo se puede obtener un mal rendimiento de la red.

- **Análisis de Incidencia**

Ya que este parámetro especifica el tamaño máximo de un paquete antes de que los datos se fragmenten en múltiples paquetes, se opta por configurarlo en su máximo valor, ya que los servicios de VoIP y Streaming de audio requieren confiabilidad en la transmisión de los paquetes. Entonces es un parámetro donde la modificación debe ser muy pequeña si hay necesidad de realizarla.

3.3.4 Característica Súper G

- **Descripción del Parámetro**

En los ajustes inalámbricos avanzados, también se encuentra la opción de habilitar la característica Súper G. Esta característica desarrollada por Atheros⁶⁴[52], está compuesta por un conjunto de opciones que mejoran el rendimiento del estándar IEEE 802.11a/b/g, soportada en la técnica ráfagas de trama (*frame bursting*), compresión (*compression*), tramas rápidas (*fast frame*) y turbo dinámico (turbo dynamic), todos

⁶⁴Desarrollador de semiconductores para la red de comunicaciones en particular los chipset inalámbricos.

enfocados a mejorar el rendimiento del usuario final, para dar el soporte necesario para las necesidades propias de las aplicaciones WLAN, todas estas características y los beneficios de cada uno se describen en la tabla 10⁶⁵.

Tabla 10. Características de la tecnología Súper G.

	Característica	Beneficios
Ráfagas de Tramas (Frame Bursting)	Mas tramas de datos por un periodo de tiempo determinado	Aumenta el rendimiento a través de la reducción de sobrecarga
	Basado en estándares	subconjunto 802.11e
	Relevantes de STA	Ventaja se aplica a cualquier AP.
Compresión (Compresion)	Hardware de compresión de datos de tiempo real	El aumento de los datos de rendimiento utilizando ráfagas comprimidos.
	Basado en estándares ((Lempel Ziv))	No hay incidencia en el sistema principal del procesador
Ráfaga Rápida (Fast Frames)	Utiliza marco de agregación y el calendario de modificaciones	Aumenta el rendimiento mediante la transmisión de más datos por imagen
Dinámica Turbo (Dynamic Turbo)	Al igual que las técnicas de concentración de redes Fast Ethernet, utiliza dos canales, donde forma uno de 40MHz “duplicar” las tasas de transmisión.	Maximiza de ancho de banda canales
	Analiza el medio ambiente y ajusta la utilización del ancho de banda.	Para el medio ambiente hardware.

- **Análisis de Incidencia**

La característica Súper G, ayuda a que el usuario final reciba un mejor servicio en las aplicaciones WLAN, ya que está basado en el estándar IEEE 802.11e.

Entre las aplicaciones WLAN se encuentran las aplicaciones de tiempo real, como VoIP y Streaming de audio, que no son tolerantes a las colisiones que se presentan cuando se utiliza el mejor esfuerzo (*Best Efort*), donde no se tiene ningún tipo de consideraciones de calidad de servicio

3.3.5 Control de Tráfico Inalámbrico

- **Descripción de Parámetro**

El control de tráfico inalámbrico (*Wireless Traffic Shaping*), es una opción con la que cuenta los equipos PS 2 de Ubiquiti, basado en la calidad de servicio de la capa 3 del modelo OSI, que consiste en limitar el ancho de banda para subir o bajar información de

⁶⁵ Tomado del enlace http://www.super-g.com/collateral/atheros_superg_whitepaper.pdf.

la red, además de controlar la cantidad de datos, de esta forma se optimiza la carga del tráfico, controlando el volumen y la velocidad de los paquetes en transmisión o recepción.

Esta condición de modificación de tráfico puede ser o no habilitada, cuando se habilita da las posibilidades descritas en la tabla 11.

Tabla 11. Configuración de Tráfico Inalámbrico.

Velocidad		Volumen	
Límite de Tráfico Entrante	Valor máximo del ancho de banda, para el tráfico que pasa desde la interfaz inalámbrica a la interfaz Ethernet.	Ráfaga de Tráfico Entrante	Volumen de datos en el cual el límite de tráfico entrante no será aplicado luego de la conexión sea establecida.
Límite de Tráfico Saliente	Valor máximo del ancho de banda, para el tráfico que pasa desde la interfaz Ethernet a la interfaz Inalámbrica.	Ráfaga de Tráfico Saliente	Volumen de datos en el cual el límite de tráfico saliente no será aplicado luego que la conexión sea establecida

Como se puede apreciar en la tabla el control del tráfico tanto entrante como saliente, es el límite hasta el cual no se realiza ningún tipo de control de ancho de banda, después de sobrepasado este límite empieza a regir las condiciones que se hayan descrito en los límites de tráfico entrante y saliente respectivamente.

- **Análisis de Incidencia**

Cuando se hace control de tráfico inalámbrico, es posible obtener resultados que favorecen en gran manera las aplicaciones como VoIP y *Streaming* de audio, reduciendo la latencia que es uno de los factores que más afectan las transmisiones en tiempo real.

3.3.6 QoS (Calidad de Servicio)

- **Descripción del Parámetro**

A partir de que las redes WLAN implementan CSMA/CA como protocolo de acceso al medio, donde todo el tráfico tiene la misma posibilidad de transmitir, se desarrolló el estándar IEEE 802.11e, en el cual se define 8 clases, aunque, estas fueron agrupadas en 4 por la Alianza Wi-Fi desarrollando WiFi MultiMedia (WMM)[53].

Entonces, dado que AirOS está basado en WMM, el parámetro QoS cuenta con cuatro valores posibles, entre los que se tienen, sin QoS como su nombre lo indica no realiza priorización de tráfico, Prioridad automática, Prioridad al video, y Prioridad a la voz, en la tabla 12 se describe la funcionalidad de cada uno de estos niveles. La calidad de servicio que se presenta es la segmentación descrita por WMM, tiene cuatro clasificaciones voz, video, mejor esfuerzo y el fondo, tomando la parte básica del estándar IEEE 802.11e.

La calidad de servicio para este caso trabaja en la capa 2, previniendo las colisiones y los retardos de los paquetes, además de disminuir la latencia, que en consecuencia mejora considerablemente la calidad de las llamadas de VoIP y en general cualquier aplicación de voz sobre WLAN.

Tabla 12. Descripción de los niveles de QoS.

Nivel de QoS	Descripción
No QoS (No QoS)	Deshabilita el QoS.
Prioridad automática (<i>Auto Priority</i>)	La prioridad del tráfico se asigna automáticamente según el tipo de datos que pasen, si los paquetes están marcados.
Prioridad al video (<i>Video Priority</i>)	Habilita la prioridad del tráfico de video para todos los datos que pasan.
Prioridad a la voz (<i>Voice Priority</i>)	Habilita la prioridad del tráfico de voz para todos los datos que pasan.

- **Análisis de Incidencia**

La priorización de la voz tiene sentido siempre y cuando exista más tráfico de diversas categorías compitiendo por el mismo medio, este tráfico debe estar marcado ya que de otra forma no es posible la identificación de parámetros.

La calidad de servicio permite mejorar el desempeño de las aplicaciones de voz como VoIP y el *Streaming* de audio, a partir de la priorización de este tráfico, en los puntos de acceso, optimizando los recursos compartidos en la red, dado que este tipo de aplicaciones son muy sensibles a incrementos en la latencia y a reducciones de rendimiento[54].

La QoS es una condición que disminuye muchos de los factores que se deben atacar para que las características de los servicios de voz sean mejores, aunque, esto es posible

solamente si tanto el AP, como el usuario final cuentan con WMM, además del contenido origen soporte WMM.

Con el desarrollo del presente capítulo, se logra la identificación y el análisis de los parámetros que pueden incidir en el desempeño de VoIP y Streaming de audio, y con esto se da cumplimiento al segundo objetivo específico “Identificar y analizar los principales parámetros de los equipos que soportan los enlaces WiFi de larga distancia que puedan incidir en la calidad de VoIP y Streaming de audio” descrito en el anteproyecto de grado con esto se da paso a la experimentación que nos permitirá realizar un análisis, además de elaborar las recomendaciones técnicas.

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA GENERACIÓN DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS.

En este último capítulo se presentan los resultados obtenidos por medio de la experimentación sobre el enlace piloto del proyecto FRIDA, a partir de los cuales se realizó el análisis que son la base de las recomendaciones técnicas.

Con esto se da cumplimiento al objetivo específico número 3 “Seleccionar valores para los parámetros identificados por medio de análisis y de experimentación con el enlace Piloto multisalto que conecta al Cabildo de Puracé con la UNICAUCA en el Proyecto FRIDA.”

4.1 DESCRIPCION DEL ENLACE PILOTO DEL PROYECTO FRIDA

La figura 34, presenta la configuración del enlace piloto del proyecto, enlace que abarca 34 kilómetros, que por falta de línea de vista entre la FIET y el cabildo de Puracé fue necesario realizar dos saltos: el primero de 7 kilómetros y el segundo de 27 kilómetros.

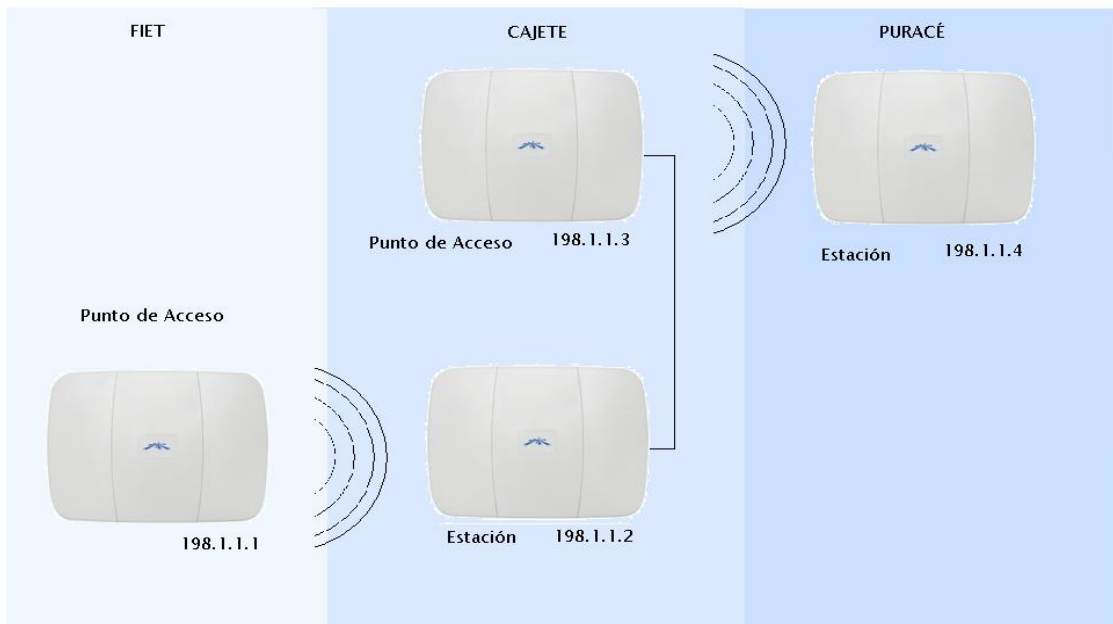


Figura 34. Configuración Enlace Piloto Proyecto FRIDA

En la tabla 13, se describe la disposición de los equipos presentes en el enlace multisalto.

Tabla 13. Escenarios de pruebas

Salto	Descripción
FIET - CAJETE	Este es el primer salto, siendo la FIET un AP y Cajete una estación.
CAJETE - PURACE	Este es el segundo salto, con cajete como AP y Puracé como estación.

Los equipos que están como servidores de VoIP y Streaming de audio, se ubicaron en el cabildo de Puracé, con el fin de que sea la comunidad quien administre estos servicios según sus propias necesidades.

4.1 ESCENARIO DE PRUEBAS

Para la optimización del desarrollo de este proyecto fue necesario crear un enlace en un medio controlado para identificar posibles problemas en el momento de la configuración, en este escenario de laboratorio se replicó el enlace real del proyecto FRIDA conservando muchas de las características de este, una de las características más importantes es la atenuación por la distancia que se presenta el enlace real, para ello se tuvo en cuenta la intensidad de la señal que se tiene en los receptores de dicho enlace, buscando que por medio de la interferencia de las paredes se lograra obtener la misma intensidad, el escenario de prueba fue realizado dentro de la facultad de ingeniería y telecomunicaciones FIET, como se describe en la figura 35.

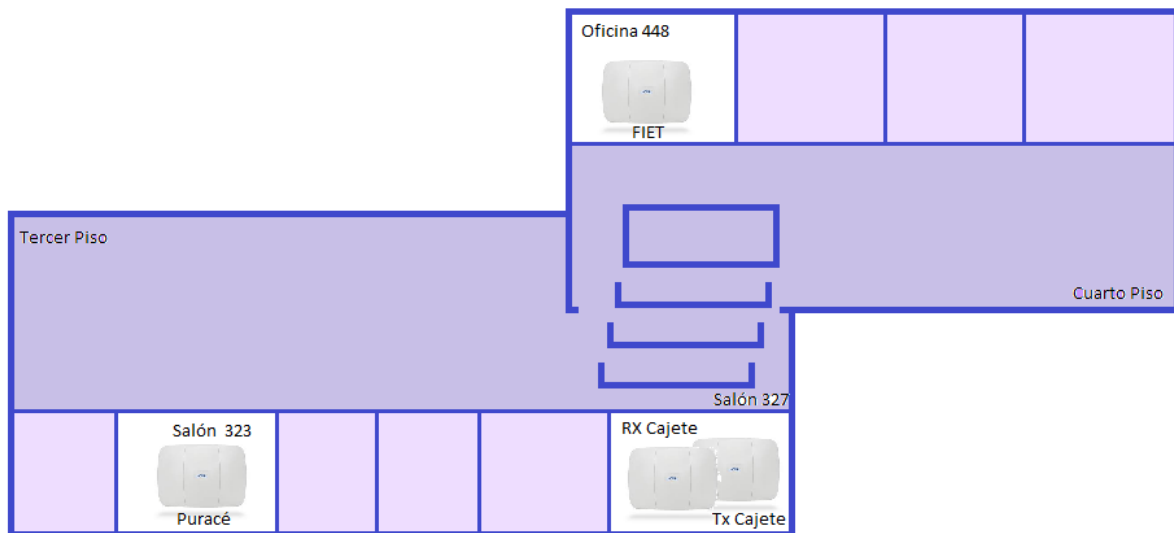


Figura 35. Escenario de Prueba en Laboratorio.

Los dos escenarios, tanto el de laboratorio como el real, cuentan con el servidor de VoIP y el servidor de *Streaming* de audio de un lado del enlace, del otro se encuentra un generador de tráfico que realiza llamadas y peticiones de envío de contenido multimedia, esto permite poner a prueba el desempeño de la red en condiciones normales hasta el congestionamiento total de la red.

Se debió trabajar con dos servidores tanto para VoIP como para el *Streaming* de audio, para efectos de evaluación de desempeño del enlace y con las herramientas escogidas inicialmente no se logró, y lo que buscaba el proyecto además de aportar a las comunidades que se lograra el mejor rendimiento y optimización del mismo en diversas condiciones, es por eso que se estudiaron herramientas como SIPp que trabaja bajo el sistema operativo Linux, a diferencia de 3CX, por ello se realizaron pruebas con Elastix y Darwin que es soportado bajo Linux, manejando grandes cantidades de tráfico, y a medida que se podía identificar el comportamiento se realizaron pruebas con 3CX y Shoutcast, que permitiera confirmar los resultados obtenidos.

A continuación se realiza una descripción de cada una de las herramientas involucradas en el desarrollo del escenario de pruebas.

4.1.2 Wireshark

Este es un analizador de protocolos de red⁶⁶ que permite examinar y estudiar los paquetes de datos en una red activa en un momento dado, presenta características que son de gran importancia para el desarrollo de este trabajado de grado.

- Captura los paquetes directamente desde una interfaz de red.
- Obtiene detalladamente la información del protocolo utilizado en el paquete de datos capturado.
- Está disponible para Linux, Unix, Windows.
- Tiene la opción de filtrar los paquetes de datos.
- Permite obtener estadísticas.
- Sus funciones gráficas son de gran ayuda ya que se ve reflejado mediante colores el comportamiento de los protocolos y paquetes de datos.

Este analizador se instaló en un PC ubicado en la FIET, que permite medir el comportamiento y realizar un análisis de la red de extremo a extremo.

4.1.3 SIPp

Este software es utilizado para la realización de pruebas de rendimiento, es una aplicación disponible para Linux⁶⁷, generando llamadas y peticiones de contenido *Streaming*, simultáneas, de tal forma, que este valor aumenta si más del 80% de llamadas y de peticiones de envío de contenido Streaming recibieron una respuesta satisfactoria por parte del servidor. Conocido también como flujo de llamadas, está hecho de una o varias llamadas representados como diagramas, estas llamadas son secuencia de nodos que representan las acciones necesarias para modelar el comportamiento de un usuario SIP, tales como enviar o recibir mensajes SIP.

Esta herramienta fue instalada en un PC, dentro de la misma red de lado de la FIET para que el tráfico atravesara todo el enlace.

4.1.4 CacePilot

Este es un sistema de análisis de red de gran alcance que consiste en una interfaz de usuario intuitiva⁶⁸, además de un motor de análisis diseñado para aumentar la efectividad de solución de problemas. A continuación se describirán algunas características:

- Integración con Wireshark.
- Control de tiempo.
- Generación de reportes.
- Vistas interactivas y gráficas.

Este herramienta está totalmente integrada con Wireshark, lo que permite tener un análisis y mejor estudio del comportamiento de los protocolos de red y a su vez los

66 Descarga disponible en <http://www.wireshark.org/download.html>.

67 Descarga disponible en <http://sipp.sourceforge.net/>.

68 Descarga disponible en http://www.cacetech.com/products/cace_pilot.html.

parámetros seleccionados para la generación de las recomendaciones técnicas, ya que en cualquier punto de operación esta herramienta permite seleccionar una fuente de tráfico y enviarlo a Wireshark para el filtrado de paquetes o una inspección profunda de paquetes.

Se trabajó con una versión DEMO, que cuenta con las funcionalidades suficientes para propósitos del proyecto, análisis de VoIP y *Streaming* de audio, identificando las más representativas.

4.2 PRUEBAS

Con la realización de las pruebas se logró identificar las condiciones que ofrecen los equipos PS 2 de Ubiquiti para cada parámetro, y con esto poner a prueba los valores de cada uno e identificar cual es el mejor desempeño de VoIP y *Streaming* de audio. Las conclusiones están basadas en el análisis de los resultados obtenidos a partir de:

Una prueba de velocidad para cada equipo y una prueba de extremo a extremo del enlace, gracias a una herramienta disponible en los dispositivos PS 2 como se describe en la primera sección del anexo C. En los dispositivos también es posible ver el comportamiento del tráfico WLAN y LAN mediante gráficas, que relacionan la transmisión y la recepción de bits por segundo. Con el soporte de la herramienta Wireshark se realizan capturas de tráfico, empezando sin ninguna petición de llamada o envío de contenido multimedia, hasta congestionar completamente la red para esto se utilizó el software SIPp, permitiendo de esta manera reconocer el comportamiento de cada parámetro analizado.

Después de haber realizado la captura se carga en el analizador CacePilot, que genera diversas gráficas sobre el tráfico, permitiendo un estudio más en detalle. La tabla 14 muestra las utilidades y su descripción.

Tabla 14. Descripción de utilidades de CacePilot.

Utilidades	Descripción
Ancho de banda en el tiempo (<i>Bandwidth Over Time</i>)	Esta gráfica muestra el comportamiento del ancho de banda en bits por segundo, Bytes por segundo y paquetes por segundo.
Conversaciones IP (<i>IP Conversations</i>)	Esta gráfica se genera a partir del servidor de las aplicaciones y la identificación de las direcciones IP que hacen petición de los contenidos multimedia o llamadas IP.
Tipo de tráfico usado por la red. (<i>Network Usage By Traffic Type</i>)	Esta utilidad genera tres gráficas las cuales muestran el tipo de tráfico usado por la red además de sus puntos máximos y mínimos.
Protocolos de distribución (<i>Protocol Distribution</i>)	Aquí se generan tres gráficas, la primera muestra los protocolos de red, la segunda los protocolos de transporte, la tercera protocolos TCP y la última los protocolos UDP.
Traffic RTP por <i>codec's</i> (<i>RTP Traffic By Codecs</i>)	Aquí se observa el ancho de banda de VoIP mostrando los valores de transmisión máximo y mínimo.
Señalización VoIP vs ancho de banda en el tiempo. (<i>VoIP Signaling vs. Data Bandwidth Over Time</i>)	Esta gráfica muestra el tráfico de VoIP y <i>Streaming</i> de audio por medio de los protocolos de transporte.

Para poder identificar cual era la respuesta del enlace en condiciones normales y condiciones extremas se exponen dos escenarios, como se describe en la figura 37 a) se presenta el escenario para condiciones normales además de usar las herramientas que soportan los servicios de voz en el cabildo de Puracé. En la figura 37 b) se presenta el escenario para medir la respuesta del enlace en condiciones extremas.

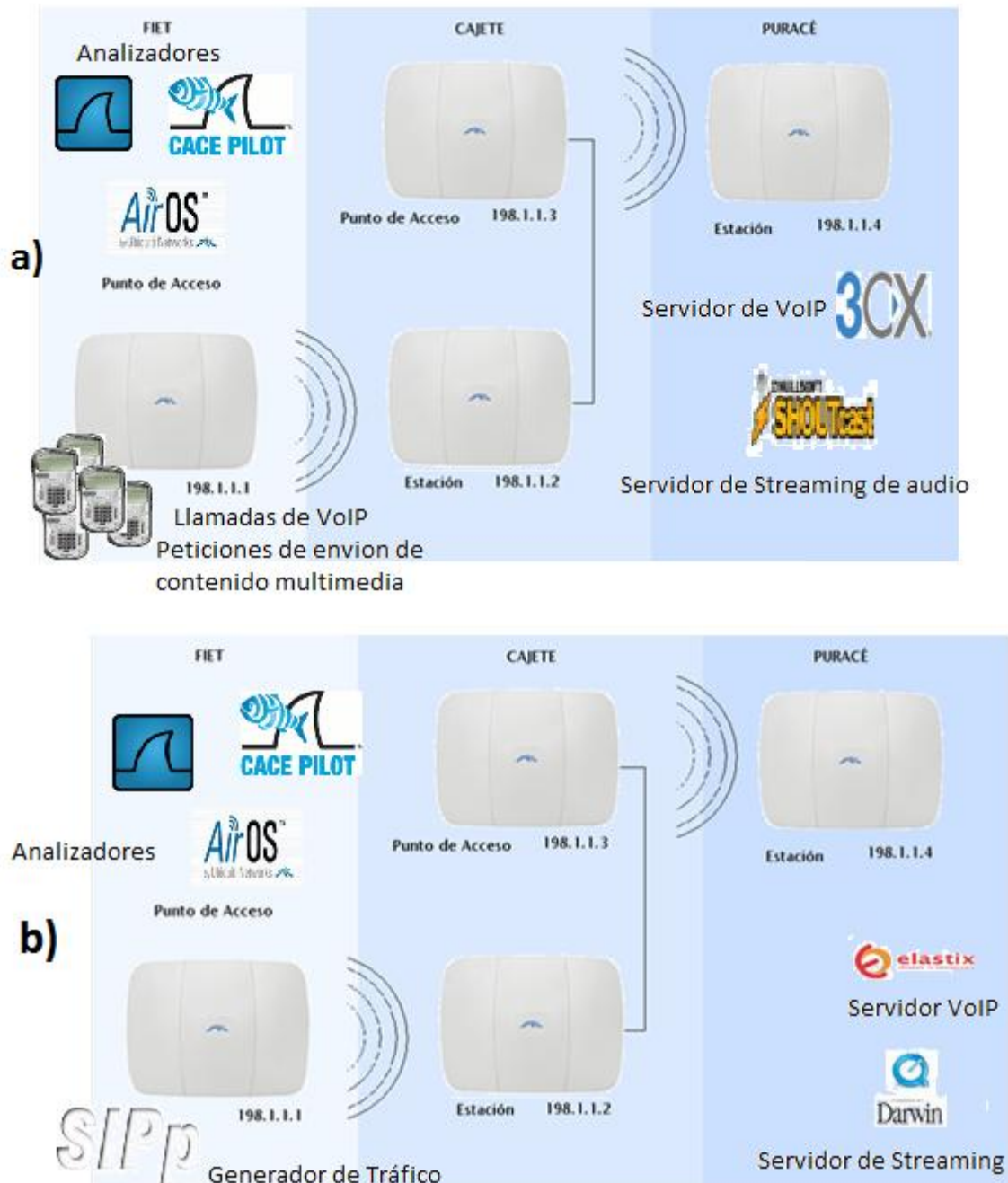


Figura 36. Descripción de los Escenarios de Prueba. a) Condiciones Normales b) Condiciones Extremas.

En este capítulo se presentan algunos de los resultados más representativos obtenidos a partir de las pruebas, el compendio de estos se encuentra registrado en el Anexo C.

A continuación se expone cada parámetro identificado en el capítulo anterior, con los valores posibles y los resultados encontrados, describiendo para cada uno las conclusiones que son la base para la redacción de las recomendaciones técnicas.

Las condiciones iniciales de la configuración de los equipos se describen en la tabla 15.

Tabla 15. Descripción de la Configuración Inicial.

Parámetro	Valor para AP	Valor para Estación
Modo Inalámbrico	Punto de Acceso	Estación
Modo IEEE 802.11	802.11 b/g	802.11 b/g
Ancho de Banda del Canal	20 MHz	20 MHz
Canal	1	1
Potencia de Salida	26 dBm	26 dBm
Algoritmo de tasa de datos	Conservador	Conservador
Inmunidad al Ruido	Deshabilitado	Deshabilitado
Seguridad	Ninguno	Ninguno
Modo de Red	<i>Bridge</i>	<i>Bridge</i>
Umbral de fragmentación	off	Off
Característica Súper G	Deshabilitado	Deshabilitado
Control de Tráfico Inalámbrico	Deshabilitado	Deshabilitado
QoS	No QoS	No QoS

4.2.1 Modo Inalámbrico

- **Condición inicial**

Para la realización de esta prueba se generaron dos escenarios que permitieron obtener los resultados, el primero de ellos, se presenta cuando los cuatro equipos PS 2 de Ubiquiti, trabajan con WDS y el segundo cuando trabajan solo como AP y Estación, los demás parámetros se encuentran configurados como se describen en la tabla 15.

En la figura 35, se pueden ver los valores que para este parámetro pueden ser configurados, indicando cual es el valor que tiene por defecto.

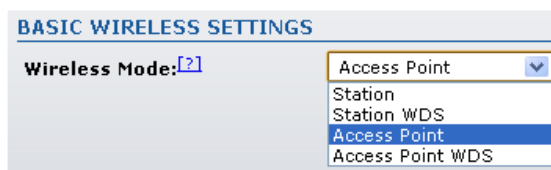


Figura 37. Modo Inalámbrico.

- **Resultado de modo inalámbrico**

En la tabla 16, se presentan los resultados de la prueba de velocidad en transmisión y recepción del modo inalámbrico.

Tabla 16. Resultados del Modo Inalámbrico

AP y Estación		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	2.36 Mbps	213.97 Kbps
Cajete Tx	2.08 Mbps	338.49 Kbps
Puracé	204.15 Kbps	179.89 Kbps
AP WDS y Estación WDS		
Cajete Rx	13.24 Mbps	13.24 Mbps
Cajete Tx	6.99 Mbps	6.98 Mbps
Puracé	951.65 Kbps	606.33 Kbps

En la figura 38, se pueden ver las gráficas del ancho de banda que genera la herramienta CacePilot, donde se identifica el máximo y el mínimo que se alcanza tanto para AP y Estación como para AP WDS y Estación WDS.



Figura 38. Ancho de Banda a) AP y Estación y b) Ancho de Banda AP y Estación WDS

Igualmente con la herramienta CacePilot en la tabla 17 se registran los resultados de los factores de calidad del servicio que se presentaron en el enlace en el modo inalámbrico.

Tabla 17. Resultados de los factores de calidad del servicio

Modo inalámbrico	Jitter	Paquetes Perdidos
AP y Estación	151.103 ms	68
AP y Estación WDS	987 μ s	0

- **Análisis**

De acuerdo con los resultados obtenidos se identifica que usando WDS se obtiene más del doble de velocidad en transmisión y recepción, además el ancho de banda generado

tiene una diferencia de 100 Kbps, en cuanto los factores de calidad de servicio se evidencia la mejora que se obtiene con WDS para dichos factores. La figura 39, muestra la configuración que por defecto contra la configuración recomendada.



Figura 39. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Modo Inalámbrico.

- **Contraste**

En el enlace desarrollado en el medio controlado se encuentra la misma proporción de ganancia en velocidad y en factores de calidad, con la utilización de WDS.

4.2.2 Modo IEEE 802.11

Condición inicial

Este parámetro tiene tres modos de configuración, por lo tanto se hicieron tres escenarios de prueba para el análisis y obtención de resultados para generar las recomendaciones técnicas, los valores de los parámetros diferentes al modo de red se encuentran configurados como se describe en la tabla 15.

En la figura 40, se pueden ver los valores que para este parámetro logran ser configurados, indicando cual es el valor que tiene por defecto.

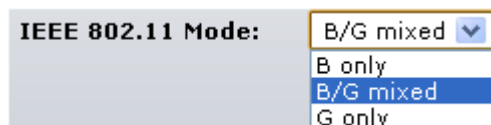


Figura 40. Modo IEEE 802.11

En la tabla 18 se presentaran los resultados de los escenarios para la velocidad de transmisión y recepción de los datos obtenidos para el modo IEEE 802.11

- **Resultados**

Tabla 18. Resultados de velocidad del modo IEEE 802.11.

802.11b		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	2.08 Mbps	258.15 Kbps
Cajete Tx	2.35 Mbps	378 Kbps
Puracé	1.07 Mbps	71.33 Kbps
802.11g		
Cajete Rx	2.76 Mbps	11.02 Mbps
Cajete Tx	643.76 Kbps	630.61 Kbps
Puracé	217.29 Kbps	621.53 Kbps
802.11b/g		
Cajete Rx	1.42 Mbps	4.02 Mbps
Cajete Tx	1.43 Mbps	5.65 Mbps
Puracé	412.11 Kbps	322.64 Kbps

La figura 41, presenta el ancho de banda en bits por segundo, para el modo IEEE 802.11 b, IEEE 802.11 g y 802.11b/g, identificando para cada configuración el máximo y el mínimo de Kbps transmitidos.

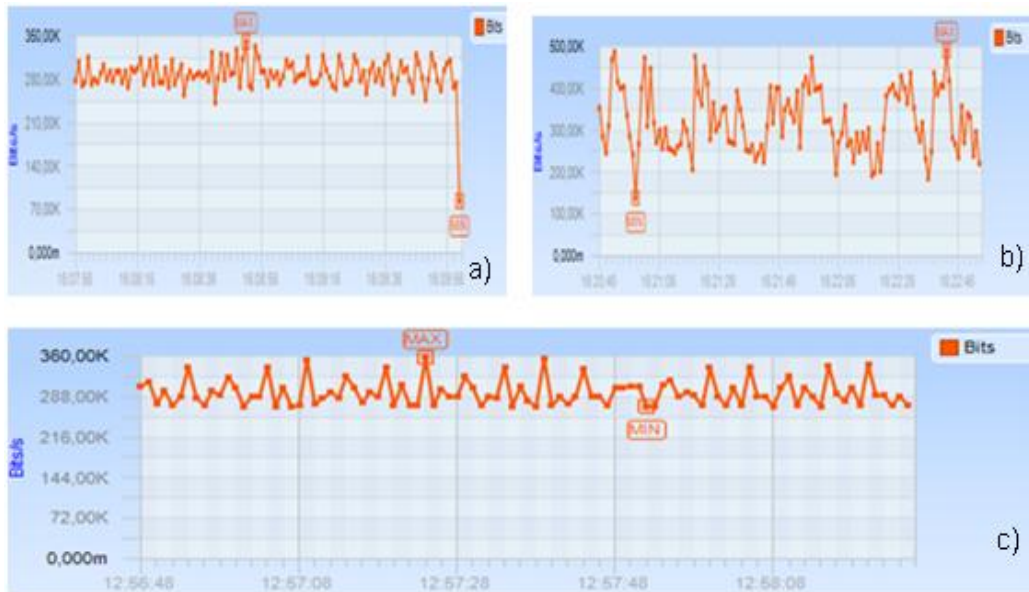


Figura 41. Ancho de banda para el modo de red 802.11b, 802.11g y 802.11b/g.

En la tabla 19 se muestran los resultados de los factores de calidad del servicio que se presentaron en el enlace en el modo IEEE 802.11, cuando se realizan pruebas con valores de 802.11b, 802.11g y 802.11b/g mixto.

Tabla 19. Resultados de los Factores de Calidad para Modo IEEE 802.11.

Modo 802.11	Jitter	Paquetes Perdidos
B	221.747 ms	54,76
G	3.727µs	0
B/G	0	0

- Análisis**

En vista de los resultados obtenidos se tienen las bases para decir que en cuanto a la velocidad de transmisión y recepción el modo 802.11g presenta el mejor desempeño, y con relación a los factores de calidad de servicio el modo 802.11b/g es el que mejor se comporta, y en cuanto al ancho de banda el 802.11b/g muestra el comportamiento más estable, en la figura 40 se muestra la configuración que se propone vs la configuración por defecto.



Figura 42. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Modo IEEE.

- Contraste**

En el escenario de pruebas se identificó que se logra el mejor desempeño con la utilización de 802.11 b/g mixto, al igual que en las pruebas realizadas sobre el enlace real del proyecto FRIDA.

4.2.3 Ancho de Banda del Canal

- Condición Inicial**

Los escenarios de prueba para este caso donde el parámetro es el ancho de banda del canal, son cuatro valores dados por 5,10 y 20 MHz, esto para cuando se esté utilizando el Modo IEEE 802.11g o IEEE 802.11b/g, de lo contrario solo es posible encontrar un ancho de banda de canal de 20MHz. Para lo cual es necesario cambiar la configuración del modo IEEE 802.11b para realizar las pruebas de desempeño de ancho de banda de canal para 20 MHz y 802.11 b/g mixto para pruebas con ancho de banda de 10 MHz y 5 MHz en el ancho de banda del canal, para los demás parámetros los valores asignados son los que se encuentran en la tabla 15.

En la figura 43, se pueden ver los valores que para este parámetro pueden ser configurados, indicando cual es el valor que tiene por defecto.



Figura 43. Ancho de Banda del Canal.

En la tabla 20 se presentan los resultados de las pruebas en cuanto a la velocidad de transmisión y recepción para este parámetro.

- Resultados**

Tabla 20. Resultados del Ancho de Banda del Canal.

5 MHz		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	1.10 Mbps	2.21 Mbps
Cajete Tx	1.08 Mbps	2.45 Mbps
Puracé	681.64 Kbps	545.34 Kbps
10 MHz		
Cajete Rx	4.48 Mbps	5.45 Mbps
Cajete Tx	1.41 Mbps	1.94 Mbps
Puracé	1.36 Mbps	142.88Kbps
20 MHz		
Cajete Rx	5.04 Mbps	8.31 Mbps
Cajete Tx	2.98 Mbps	5.89 Mbps
Puracé	585.40 Kbps	492.38 Kbps

La figura 44 representa el ancho de banda obtenido para cada valor de este parámetro, donde se evidencia el desempeño del enlace.

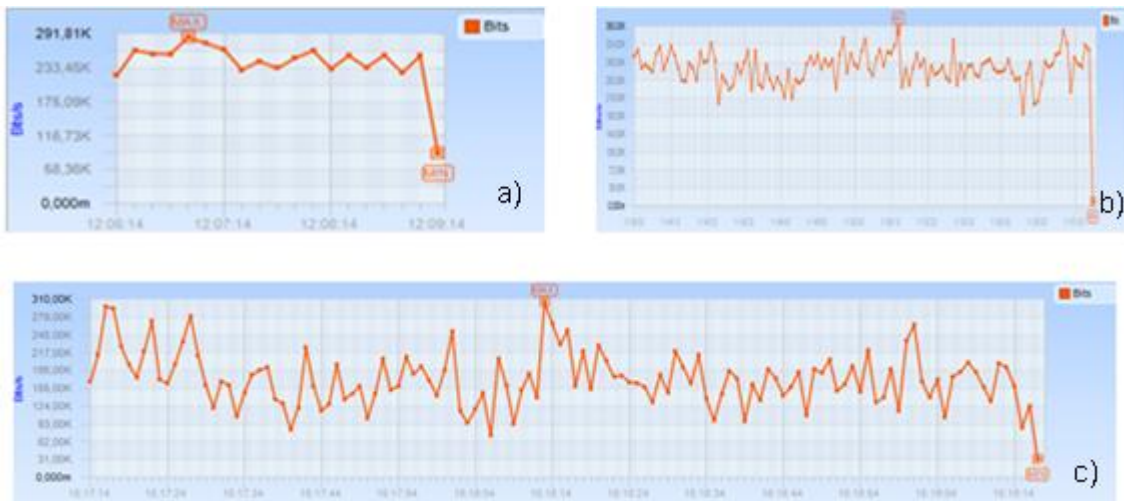


Figura 44. Ancho de Banda del Canal para a) 5, b) 10 y c) 20MHz.

Los resultados consignados en la tabla 21, son los encontrados para cada ancho de banda del canal en 5, 10 y 20 MHz.

Tabla 21. Resultados de los Factores de Calidad Para Ancho del Canal

Ancho del Canal	Jitter	Paquetes Perdidos
5 MHz	123.54 ms	41.120
10 MHz	143.200 ms	36.21
20 MHz	558.096 μ s	12.896

- Análisis**

Como se puede observar en los resultados obtenidos, entre más ancho sea el canal el comportamiento del enlace es mejor, y para VoIP y *Streaming* de audio, es de gran importancia tener el menor número de paquetes y un *jitter* muy pequeño para que estas aplicaciones tengan el mejor desempeño posible, en la figura 45 se muestra la configuración que se propone vs la configuración por defecto.

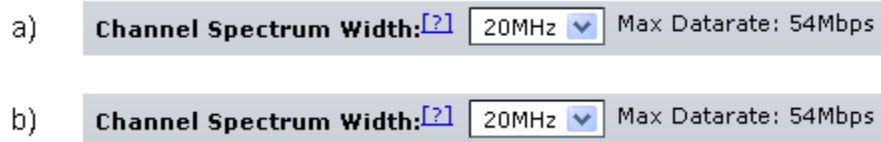


Figura 45. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Ancho de Banda del Canal.

- Contraste**

Según el análisis que se logró hacer tanto para la el escenario de laboratorio como el enlace del proyecto FRIDA, identificar que entre más sea el ancho de banda del canal mejor será el comportamiento del enlace para soportar servicios de voz.

4.2.4 Canal

- Condición inicial**

AirOS basado en el estándar IEEE 802.11b/g soporta los 14 canales dispuestos aquí, además de esto cuenta con un opción de intercalamiento de canales donde se activan los canales desde el 32 al 42. En los escenarios de prueba y como se describió en el capítulo 1 para Colombia están disponibles 11 canales con una frecuencia central asignada. Para determinar cuáles serían los escenarios de prueba, se utilizó la herramienta encuesta de sitio (*survey suite*) disponible en los equipos PS 2, determinando cuales eran los canales menos utilizados en el espacio del momento de la prueba dando como resultado los canales 1, 4, 5 y 9, se considera el canal 1 por tener el mejor desempeño, los demás parámetros se encuentran configurados como se describe en la tabla 15.

En la figura 46, se pueden ver los valores que para este parámetro pueden ser configurados, indicando cual es el valor que tiene por defecto.



Figura 46. Intercalamiento de Canal

En la tabla 22, se registran los valores de la prueba de velocidad para los canales 1, 4, 5 y 9.

- **Resultados**

Tabla 22. Resultados de Velocidad de Tx y Rx del Canal.

Canal 1		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	693.37 Kbps	493.37 Kbps
Cajete Tx	716.74 Kbps	586.74 Kbps
Puracé	242.28 Kbps	246.66 Kbps
Canal 4		
Cajete Rx	2.325 Mbps	2.321 Mbps
Cajete Tx	2.01 Mbps	985.421Kbps
Puracé	895.246 Kbps	784.65 Kbps
Canal 5		
Cajete Rx	281.93 Kbps	3.48 Mbps
Cajete Tx	10.19 Kbps	631.33 Kbps
Puracé	36.03 Kbps	311.28 Kbps
Canal 9		
Cajete Rx	132.44 Kbps	403.10 Kbps
Cajete Tx	745.86 Kbps	531.68 Kbps
Puracé	187.89 Kbps	296.48 Kbps

En la figura 47 están representados los resultados del ancho de banda de los canales 1, 4, 5 y 9 respectivamente, permitiendo de esta forma identificar el desempeño de la red para cada uno de los casos.

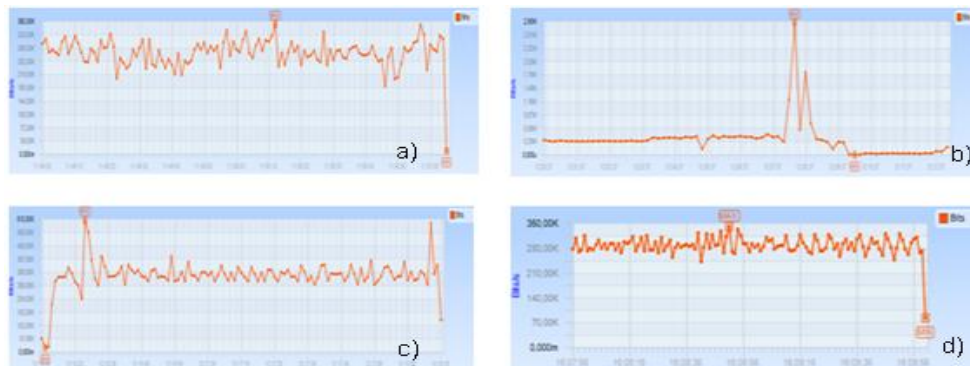


Figura 47. Ancho de Banda para los canales a) 1, b) 4,c) 5 y d) 9.

Tabla 23. Resultados de los factores de calidad para los canales 1, 4, 5 y 9.

Canal	Jitter	Paquetes perdidos
1	128.25ms	32.11
4	10.084 ms	1
5	96.357 ms	27.894
9	487.624 ms	127.894

- Análisis**

Como se puede observar en la tabla 22 el canal 1 presenta un comportamiento estable, el canal 5 presenta estabilidad con picos máximos lo cual hace que a largo plazo el enlace no sea robusto, el canal 9 demuestra inestabilidad, y el canal 4 a pesar de tener picos estos son mínimos y no se alejan de la estabilidad que muestra. Además, de presentar el menor número de paquetes perdidos y el *jitter* más pequeño, en la figura 48 se muestra la configuración que se propone vs la configuración por defecto.

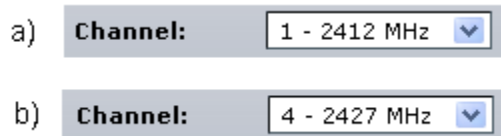


Figura 48. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Canal.

- Contraste**

En el escenario de pruebas se presentan diferencias notables con el escenario principal por una condición dada por los resultados arrojados por la encuesta de sitio, al encontrarse en diferentes lugares los canales más utilizados cambian y los resultados también por condiciones de interferencia donde el ruido aumenta para lo cual en análisis fue basado en los resultados encontrados en el enlace real.

4.2.5 Potencia de Salida

- Condición Inicial**

Este parámetro tiene una amplia gama de valores posibles, por lo que se determina realizar cinco pruebas, de tal forma que se pueda observar el comportamiento de la potencia de salida en función del desempeño de las aplicaciones de VoIP y *Streaming* de audio, abarcando todo el espectro posible. Los valores de la potencia de salida serán 10, 14, 18, 22 y 26 dBm. Y los demás parámetros son los que se encuentran configurados como se describe en la tabla 15.

En la figura 49, se pueden ver los valores que para este parámetro pueden ser configurados, indicando cual es el valor que tiene por defecto.

Output Power: dBm

Figura 49. Potencia de Salida.

Los resultados de la prueba de velocidad se describen en la tabla 24.

- Resultados**

Tabla 24. Resultados de la Potencia de Salida.

10 dBm		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	458.24 Kbps	266.04 Kbps
Cajete Tx	445.58 Kbps	349.82 Kbps
Puracé	372.39 Kbps	24.90 Kbps
14 dBm		
Cajete Rx	529.69 Kbps	336.21 Kbps
Cajete Tx	477.41 Kbps	470.81 Kbps
Puracé	283.02 Kbps	507.09 Kbps
18 dBm		
Cajete Rx	918.13 Kbps	8547.32 Mbps
Cajete Tx	543.11 Kbps	461.84 Kbps
Puracé	285.01 Kbps	301.65 Kbps
22 dBm		
Cajete Rx	1.42 Mbps	1.026Mbps
Cajete Tx	1.43 Mbps	1.301 Mbps
Puracé	412.11 Kbps	322.64 Kbps
26 dBm		
Cajete Rx	6.01 Mbps	5.98 Mbps
Cajete Tx	2.94 Mbps	2.84Mbps
Puracé	1.032 Mbps	985.23 Kbps

La figura 50, muestra el ancho de banda en cada prueba con 10, 14, 18, 22y 26 dBm.

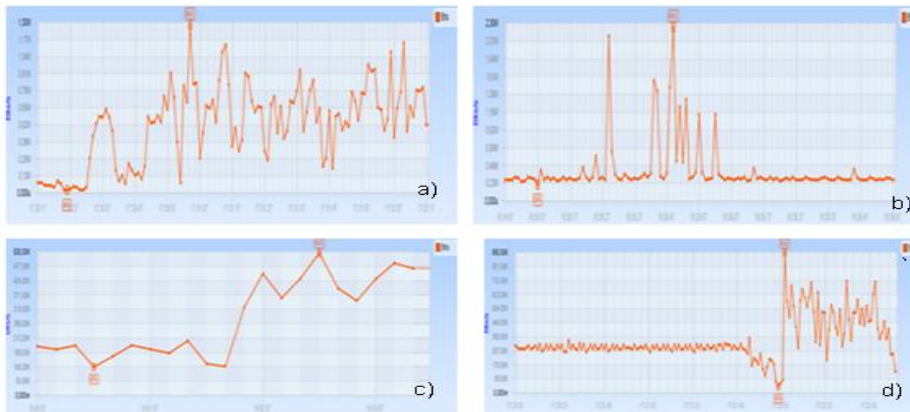


Figura 50. Ancho de Banda para la potencia de salida en a) 10, b) 14, c) 18 y d) 22 dBm.

En la tabla 25, muestra el *jitter* y los paquetes perdidos encontrados en la realización de las pruebas.

Tabla 25. Resultados de los factores de calidad para la Potencia de Salida.

Potencia de Salida	Jitter	Paquetes Perdidos
10 dBm	821.023ms	92.251
14 dBm	623.938 ms	81.160
18 dBm	750.481 ms	36.140
22 dBm	226.313 ms	24.462

- Análisis**

Como se sabe la potencia de salida está relacionada directamente con las pérdidas y las ganancias que se dan a través del enlace, esto se puede ver reflejado en la tabla 25, donde la potencia de salida afecta directamente la sensibilidad del receptor, lo que podría indicar que entre más alto sea este valor mejor será el valor de recepción.



Figura 51. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para la Potencia de Salida.

- Contraste**

No es posible identificar ningún contraste, dado que en las condiciones de laboratorio como en las condiciones de campo los resultados más favorables en cuanto al desempeño del enlace para soportar VoIP y *Streaming* de audio, es cuando se tiene más potencia de salida.

4.2.6 Seguridad

- Condición inicial**

La seguridad presenta además de no habilitada, tres opciones que son las disponibles para los enlaces WiFi WEP, WPA y WPA2, pero para efectos de pruebas se generaron cuatro escenario más que permitieran un análisis completo de las posibilidades para este parámetro, con la configuración de algún esquema de seguridad en los AP fue necesario configurar en las estaciones la clave asignada para autenticación. Los demás parámetros son los que se encuentran descritos en la tabla 15.

En la figura 52, se puede ver los valores que para este parámetro pueden ser configurados, indicando cual es el valor que tiene por defecto.

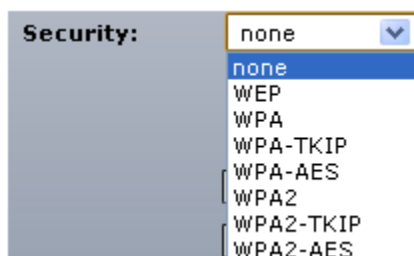


Figura 52. Seguridad.

En la tabla 26, se presentan los resultados de velocidad para cada caso.

Tabla 26. Resultados para la Seguridad.

Seguridad Deshabilitada		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	4.3 Mbps	4.52 Mbps
Cajete Tx	3.94 Mbps	597.44 Kbps
Puracé	1.11 Mbps	402.95 Kbps
WEP		
Cajete Rx	3.88 Mbps	2.18 Mbps
Cajete Tx	3.64 Mbps	483.39 Kbps
Puracé	654.42 Kbps	334.98 Kbps
WPA		
Cajete Rx	879.32 Kbps	362.13 Kbps
Cajete Tx	284.84 Kbps	191.80 Kbps
Puracé	198.327 Kbps	175.469 Kbps
WPA – TKIP		
Cajete Rx	2.80 Mbps	4.26 Mbps
Cajete Tx	1.80 Mbps	684.54 Kbps
Puracé	566.86 Kbps	287.32 Kbps
WPA – AES		
Cajete Rx	5.46 Mbps	4.13 Mbps
Cajete Tx	5.20 Mbps	3.11 Mbps
Puracé	1.15 Mbps	950.81 Kbps
WPA2		
Cajete Rx	1.53 Mbps	277.36 Kbps
Cajete Tx	1.84 Mbps	509.29 Kbps
Puracé	768.5 Kbps	720.365 Kbps
WPA2 – TKIP		
Cajete Rx	254.36 Kbps	254.085 Kbps
Cajete Tx	198.567 Kbps	128.32 Kbps
Puracé	201.3 Kbps	198.32 Kbps
WPA2 – AES		
Cajete Rx	298.21 Kbps	278.12 Kbps
Cajete Tx	250.021 Kbps	249.23 Kbps
Puracé	189.256 Kbps	172.001 Kbps

En la tabla 27, presenta el máximo *jitter* encontrado además de los paquetes perdidos.

Tabla 27. Resultados de los Factores de Calidad para la Seguridad.

Seguridad	Jitter	Paquetes perdidos
Ninguno	156.52 ms	89.23
WEP	158.32 ms	123.56
WPA	154.37 ms	145.6
WPA-TKIP	236.21 ms	187.6
WPA-AES	365.398 ms	196.34
WPA 2	389.23 ms	178.3
WPA 2 –TKIP	298.24 ms	89.2
WPA 2 –AES	569.21 ms	97.456

La figura 53, muestra el ancho de banda para cada esquema de seguridad.

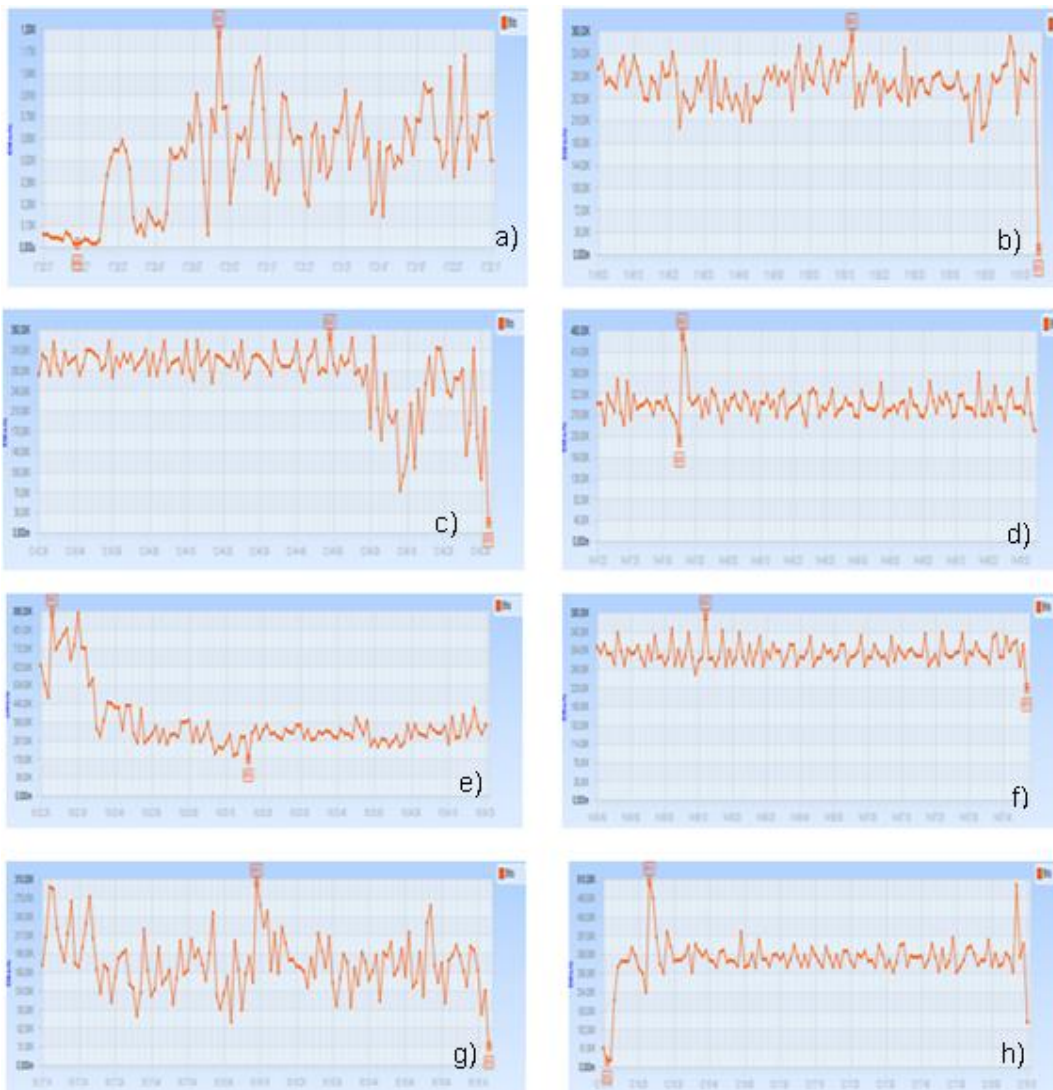


Figura 53. Ancho de Banda para la Seguridad.

- **Análisis**

La seguridad presenta resultados no favorables para la velocidad del enlace, el número de paquetes perdidos y el *jitter*, aunque esto no indica que desmejore en gran manera el desempeño de la red, y por ello y por la importancia en cualquier enlace de conservar la privacidad de la información se define el valor con el mejor comportamiento para VoIP y *Streaming* de audio, en la figura 54 se muestra la configuración que se propone vs la configuración por defecto.

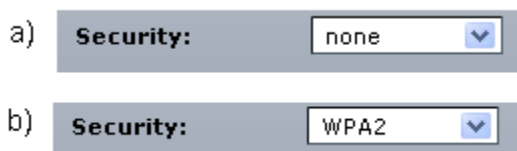


Figura 54. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para la Seguridad.

- **Contraste**

Los resultados que se encontraron en los dos escenarios no presentaron diferencias notables, ya que los resultados en laboratorio o en campo no son favorables para la determinación de los servicios de voz.

4.2.7 Modo de Red

- **Condición inicial**

Este parámetro puede configurarse como *Bridge* o *Router*, para la realización de las pruebas se experimentaron dos escenarios que permitieran determinar la opción más adecuada para el mejoramiento del desempeño de VoIP y Streaming de audio, para esto fue necesario crear una configuración para una interfaz LAN y otra para la interfaz WAN, para hacer pruebas con el modo *Router*.

En la tabla 28 se podrá ver los resultados de velocidad en transmisión y recepción de dicho parámetro modo de red.

Tabla 28. Resultados para el Modo de Red

Modo Bridge		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	629.01 Kbps	302.21 Kbps
Cajete Tx	671.28 Kbps	291.87 Kbps
Puracé	571.39 Kbps	120.02 Kbps
Modo Router		
Cajete Rx	100.23 Kbps	85.36 Kbps
Cajete Tx	256.36 Kbps	185.25 Kbps
Puracé	101.23 Kbps	96.32 Kbps

En la figura 55 se ve el comportamiento del ancho de banda para los casos en que se trabaja con modo *bridge* o con modo *router*.



Figura 55. Ancho de Banda para el Modo de Red, a) *Bridge* y b) *Router*.

Igualmente, en la tabla 29 se muestra los paquetes perdidos, además de máximo *jitter* presente en la transmisión de los paquetes de prueba.

Tabla 29. Resultados de los Factores de Calidad para el Modo de Red.

Modo de Red	Jitter	Paquetes Perdidos
<i>Bridge</i>	178.159 ms	126.569
<i>Router</i>	185.023	189.201

- **Análisis**

Ya que este parámetro se piensa que es más de uso del administrador, según los estudios realizados durante el trabajo de grado se pudo entender que el modo *bridge* es el más conveniente, como se puede ver en la tabla 29 el modo *Router* no tuvo buen comportamiento en el enlace razón por la cual no se recomienda esta configuración, en la figura 56 se muestra la configuración que se propone vs la configuración por defecto.

a) **Network Mode:**

b) **Network Mode:**

Figura 56. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Modo de Red.

- **Contraste**

En las pruebas realizadas se pudo identificar que se presentaba incompatibilidad de firmware, de tal forma que al llevar esto a campo los resultados se pudieron obtener de una forma más completa.

4.2.8 Algoritmo de Tasa de Datos

- **Condición inicial**

Las condiciones para la realización de las pruebas se encuentran descritas en la tala 15, y para obtener los resultados de este parámetro se probaron tres escenarios que se presenta para la configuración.

En la figura 57, se pueden ver los valores que para este parámetro pueden ser configurados, indicando cual es el valor que tiene por defecto.

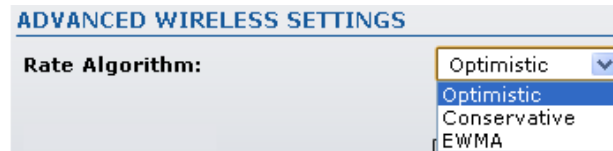


Figura 57. Algoritmo de Tasa de Datos.

Para los resultados de velocidad de transmisión y recepción para cada caso se encuentran consignados en la tabla 30.

- **Resultados**

Tabla 30. Resultados del algoritmo Tasa de Datos.

Optimista		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	2.85 Mbps	267.14 Kbps
Cajete Tx	2.81 Mbps	267.20 Kbps
Puracé	1.16 Mbps	98.42 Kbps
Conservador		
Cajete Rx	299.99 Kbps	226.28 Kbps
Cajete Tx	405.28 Kbps	276.24 Kbps
Puracé	161.84 Kbps	243.38 Kbps
EWMA		
Cajete Rx	3.26 Mbps	5.02 Mbps
Cajete Tx	4.21 Mbps	5.40 Mbps
Puracé	712.94 Kbps	4.31 Mbps

Como los valores de la pruebas de velocidad muestran el desempeño de la red con la utilización de cada valor para el parámetro de tasa de datos, en la figura 58 también es posible encontrar el ancho de banda que se obtuvo con el algoritmo optimista, conservador y EWMA.

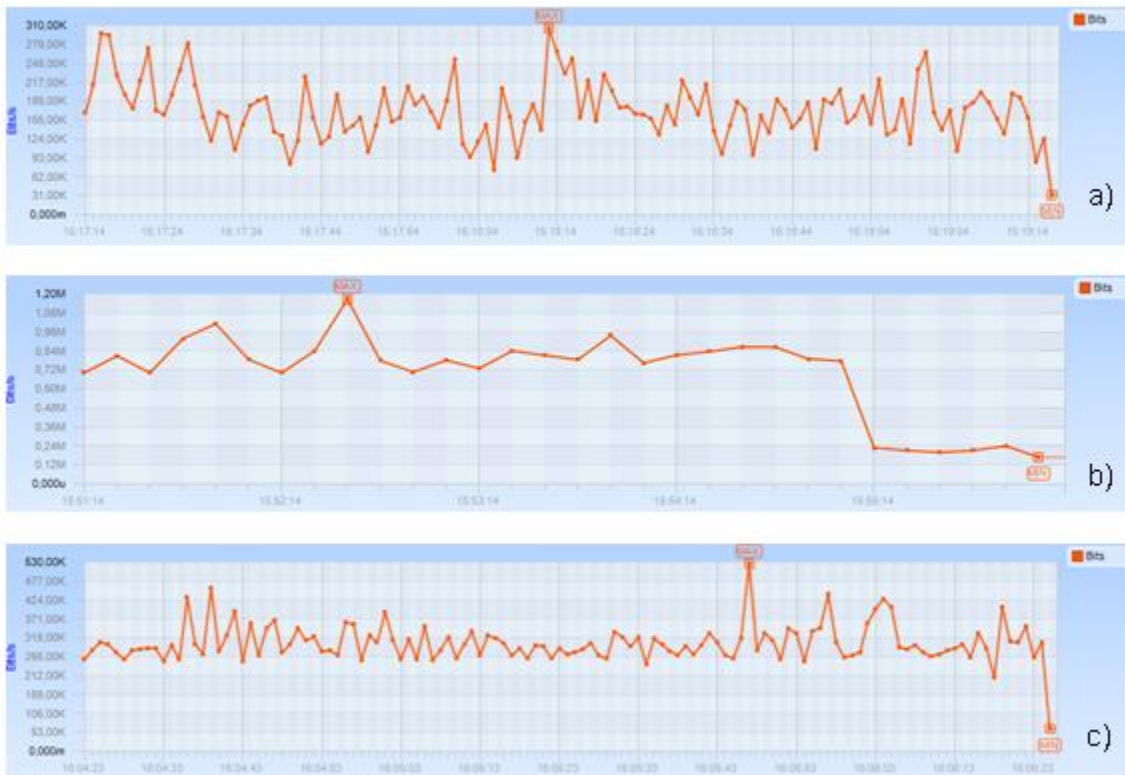


Figura 58. Ancho de Banda para el Algoritmo Optimista, Conservador y EWMA

De la misma forma en la tabla 31 se registraron los valores de los paquetes perdidos y *jitter* presentes en la transmisión de prueba.

Tabla 31. Resultados de los Factores de Calidad para el Algoritmo de Tasa de Datos.

Algoritmo de tasa de datos	<i>Jitter</i>	Paquetes perdidos
Optimista	190.684 ms	57.537
Conservador	389.209 ms	147.093
EWMA	2.387 ms	0

- **Análisis**

La importancia para el desempeño de la red debido a que el algoritmo de tasa de red es quien define en cada momento la velocidad con la que se van a enviar los datos, por tanto como se puede observar en la tabla 30 dicha velocidad de transmisión como de recepción es mejor con el algoritmo EWMA, ya que la velocidad es un factor que afecta la sensibilidad al ruido del enlace, como se ha dicho este trabajo de grado presenta importancia en los servicios de VoIP y *Streaming* de audio y si se disminuye la tasa de

datos también se disminuye el desempeño de la red, en la figura 59 se muestra la configuración que se propone vs la configuración por defecto.



Figura 59. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Algoritmo de Tasa de Datos.

- **Contraste**

No se presentó ningún contraste representativo en las pruebas de laboratorio y las pruebas de campo.

4.2.9 Inmunidad al Ruido

- **Condición inicial**

Este parámetro presenta una particularidad en cuanto a la diferencia de configuración ya que cuando se trabaja en los AP es posible solo habilitarlo, mientras que si se trabaja en una Estación tiene tres opciones de configuración que son el modo Operación 802.11Normal, Canal Salto de Señales y tráfico 802.11, de tal forma que se realizaron combinaciones para efectos de análisis donde se generaron seis escenarios. Los demás parámetros están configurados como se describe en la tabla 15.

En la figura 60, se pueden ver los valores que para este parámetro pueden ser configurados, indicando cual es el valor que tiene por defecto.

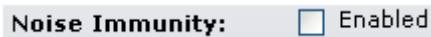


Figura 60. Inmunidad al Ruido.

Tabla 32. Resultados de Inmunidad al Ruido

AP deshabilitado Estaciones en Modo Operación 802.11 Normal		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	5.22 Mbps	5.52 Mbps
Cajete Tx	3.94 Mbps	597.44 Kbps
Puracé	1.11 Mbps	402.95 Kbps
AP deshabilitado Estaciones en modo de salto de canal		
Cajete Rx	3.88 Mbps	2.18 Mbps
Cajete Tx	3.64 Mbps	483.39 Kbps
Puracé	654.42 Kbps	334.98 Kbps
AP deshabilitado Estaciones en modo trafico 802.11		
Cajete Rx	3.37 Mbps	393.96 Kbps
Cajete Tx	2.84 Mbps	191.80 Kbps
Puracé	879.32 Kbps	362.13 Kbps
AP habilitado Estaciones en modo operación 80.211 normal		
Cajete Rx	2.80 Mbps	4.26 Mbps

Cajete Tx	1.80 Mbps	684.54 Kbps
Puracé	689.27 Kbps	187.93 Kbps
AP habilitado Estaciones en modo de salto de canal		
Cajete Rx	5.46 Mbps	4.13 Mbps
Cajete Tx	5.20 Mbps	3.11 Mbps
Puracé	1.15 Mbps	950.81 Kbps
AP habilitado Estaciones en modo trafico 802.11		
Cajete Rx	1.53 Mbps	277.36 Kbps
Cajete Tx	1.84 Mbps	509.29 Kbps
Puracé	566.86 Kbps	287.32 Kbps

La figura 60 y 61 presenta el ancho de banda para las diferentes combinaciones en configuración que se lograron crear.

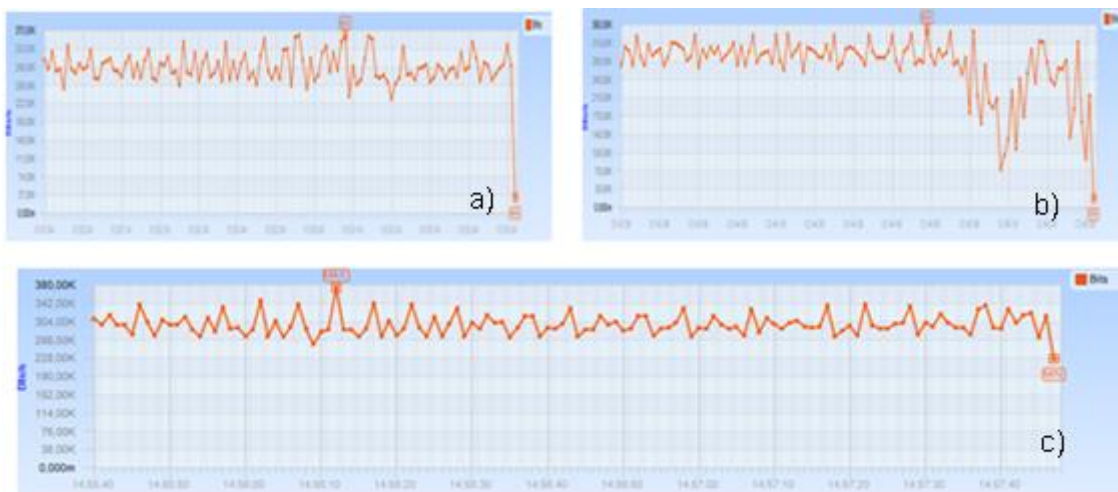


Figura 61. Ancho de Banda para Inmunidad al Ruido con AP Deshabilitado.

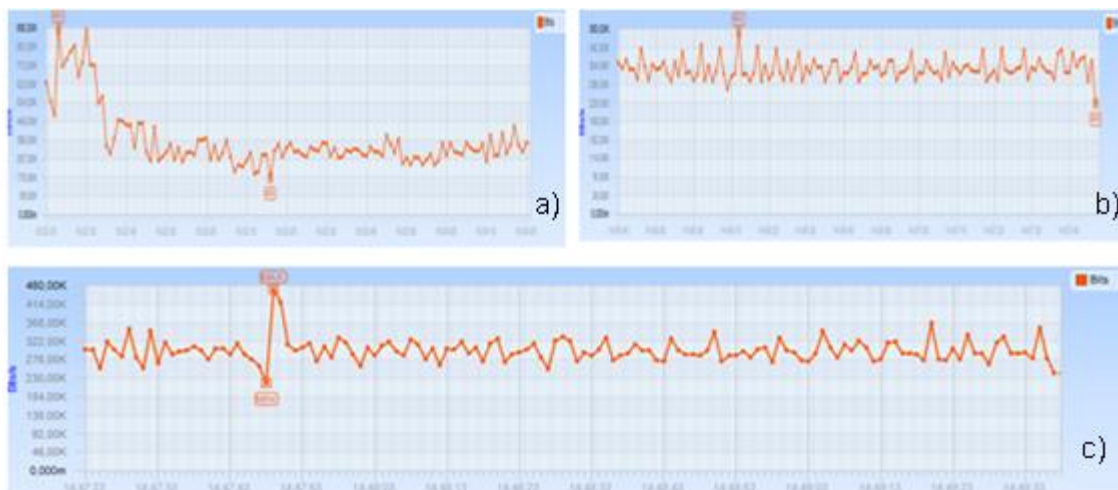


Figura 62. Ancho de Banda para Inmunidad al Ruido con AP Deshabilitado.

La tabla 33 muestra, el máximo *jitter* y los paquetes perdidos para Inmunidad al ruido.

Tabla 33. Resultados de los Factores de Calidad para la Inmunidad al Ruido

Inmunidad al Ruido AP Deshabilitado		
Estación	Jitter	Paquetes perdidos
Normal 802.11 Operation	140.529 ms	18.103
For Channel Hopping Signals	86.860 ms	34.153
For 802.11 Traffic	127.533 ms	67.242
Inmunidad al Ruido AP Habilitado		
Normal 802.11 Operation	117.289 ms	70.876
For Channel Hopping Signals	316 μ s	0
For 802.11 Traffic	4.292 ms	0

- **Análisis**

Basado en la certeza que la voz es predecible, y las aplicaciones de importancia para este trabajo de grado son aplicaciones de voz, se pensaría en un principio que para este parámetro las pérdidas son imperceptibles, pero como se puede ver en los resultados obtenidos se presentan diferencias sustanciales entre cada valor, en la figura 63 se muestra la configuración que se propone vs la configuración por defecto.



Figura 63. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Inmunidad al Ruido.

- **Contraste**

Al realizar las pruebas en campo se evidenció el aumento en el ruido en relación a las pruebas realizadas en un medio controlado, donde el efecto de este parámetro fue más notorio.

4.2.10 Umbral de Fragmentación

- **Condición inicial**

Todas las características de configuración se describen en la tabla 15 a excepción del umbral de fragmentación, donde este parámetro tiene un rango para su configuración que está entre 256 y 2346 Bytes, se tomaron valores intermedios que nos permitiera medir el desempeño de la red, además del comportamiento con el aumento o disminución de este umbral.

En la figura 64, se pueden ver los valores que para este parámetro pueden ser configurados, indicando cual es el valor que tiene por defecto.



Figura 64. Umbral de Fragmentación.

En los resultados registrados en las tablas 34.

Tabla 34. Resultados para el Umbral de Fragmentación.

256 bytes		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	5.77 Mbps	5.38 Mbps
Cajete Tx	5.90 Mbps	6.15 Mbps
Puracé	3.44 Mbps	5.79 Mbps
778 bytes		
Cajete Rx	2.27 Mbps	459.66 Kbps
Cajete Tx	3.06 Mbps	402.87 Kbps
Puracé	2.33 Mbps	218.42 Mbps
1300 bytes		
Cajete Rx	148.26 Kbps	2.23 Mbps
Cajete Tx	2.09 Mbps	349.57 Kbps
Puracé	2.25 Mbps	269.26 Kbps
1822 bytes		
Cajete Rx	444.85 Kbps	201.45 Kbps
Cajete Tx	384.93 Kbps	3.39 Kbps
Puracé	2.93 Mbps	269.39 Kbps
2346 bytes		
Cajete Rx	6.87 Mbps	6.38 Mbps
Cajete Tx	6.50 Mbps	6.15 Mbps
Puracé	3.84 Mbps	7.79 Mbps

En la figura 65, se muestra el ancho de banda para cada escenario.

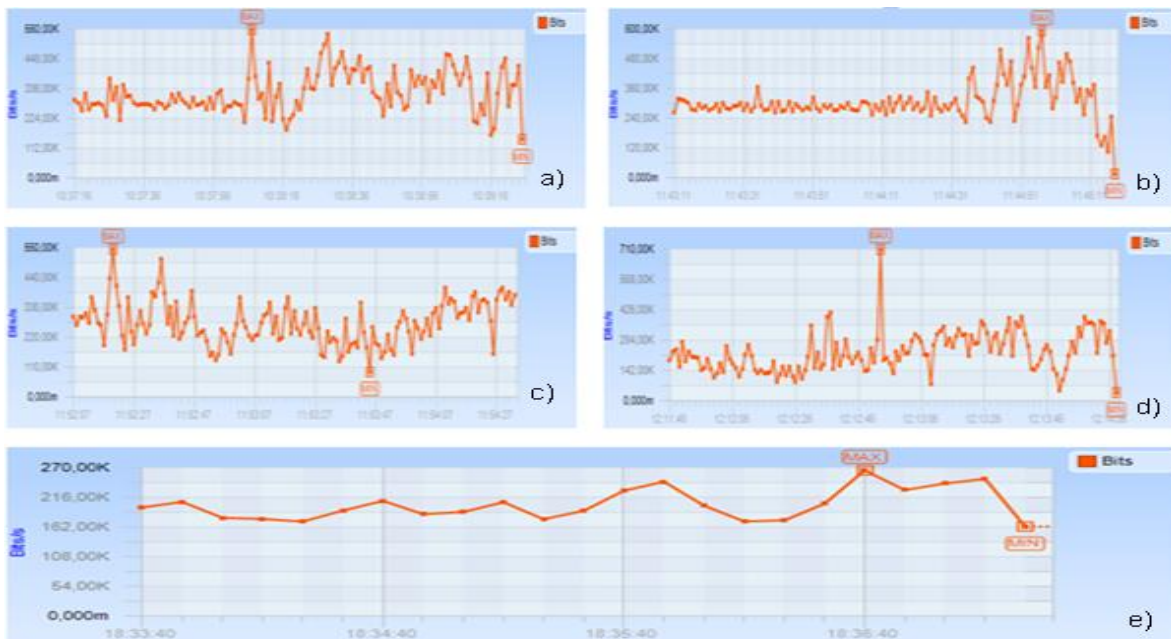


Figura 65. Ancho de Banda para el Umbral de Fragmentación para los valores a) 256, b) 778, c) 1300, d) 1822 y e) 2346.

En la tabla 35 se registran los paquetes perdidos y el máximo *jitter* para cada escenario de prueba.

Tabla 35. Resultados de los Factores de Calidad para el Umbral de Fragmentación.

Umbral de Fragmentación	Jitter	Paquetes perdidos
256	139.159 ms	34.390
778	135.159 ms	28.828
1300	152.467 ms	73.103
1822	182.472 ms	72.893
2346	207.231 ms	0

- **Análisis**

Este umbral de fragmentación presento buenos resultados en la experimentación, ya que cumplió con lo teóricamente dicho, como se puede ver en la tabla 35 el máximo valor por defecto que es 2346 bytes es el óptimo en la mayoría de las redes inalámbricas, en la figura 66 se muestra la configuración que se propone vs la configuración por defecto.



Figura 66. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Umbral de Fragmentación

- **Contraste**

En el medio controlado fue más fácil la configuración de este parámetro porque se podía acceder por medio de la interfaz LAN dado que presentaba mucha dificultad al acceder por la configuración WLAN, por lo que fue necesario crear un grupo de trabajo distribuido en los lugares donde se encuentran los dispositivos.

4.2.11 Característica Súper G

- **Condición inicial**

Para la realización de las pruebas, la configuración utilizada es la que se encuentra descrita en la tabla 15, identificando que el modo IEEE debía estar configurado estrictamente en 802.11 b o 802.11 b/g mixto dado que la característica súper G solo es activa para estas condiciones.

En la figura 67, se pueden ver los valores que para este parámetro pueden ser configurados, indicando cual es el valor que tiene por defecto.

Figura 67. Característica Súper G.

Para la obtención de los resultados de este parámetro, fueron necesarios siete escenarios de prueba, que se verán reflejados los resultados, ya que es se cuenta para efectos de comparación como deshabilitado, y se realizaron todas las combinaciones posibles entre marco rápido, ráfaga y la compresión.

- **Resultados**

En la tabla 36, se reflejan los resultados de pruebas de velocidad para la características súper G.

Tabla 36. Resultados de la Característica súper G

Trama Rápida		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	1.04 Mbps	6.42 Mbps
Cajete Tx	553.66 kbps	572.67 Kbps
Puracé	182.27 Kbps	227.41 Kbps
Ráfaga		
Cajete Rx	387.02 Kbps	346.48 Kbps
Cajete Tx	291.91 Kbps	642.54 Kbps
Puracé	107.94 Kbps	189.08 Kbps
Compresión		
Cajete Rx	420.96 Kbps	442.61 Kbps
Cajete Tx	561.09 Kbps	534.26 Kbps
Puracé	241.18 Kbps	263.63 Kbps
Trama Rápida + Ráfaga		
Cajete Rx	516.02 Kbps	557.02 Kbps
Cajete Tx	424.40 Kbps	550.14 Kbps
Puracé	207.14 Kbps	341.79 Kbps
Trama Rápido + compresión		
Cajete Rx	6.03 Mbps	3.36 Mbps
Cajete Tx	2.25 Mbps	2.36 Mbps
Puracé	492.41 Kbps	348.62 Kbps
Ráfaga + compresión		
Cajete Rx	5.73 Mbps	4.10 Mbps
Cajete Tx	1.68 Mbps	2.11 Mbps
Puracé	828.13 Kbps	852.43 Kbps
Trama rápida + Ráfaga + compresión		
Cajete Rx	1.74 Mbps	2.45 Mbps
Cajete Tx	2.81 Mbps	3.10 Mbps
Puracé	1.16 Mbps	905.81 Bps

El mejor desempeño presentado por los escenarios de pruebas se refleja en la figura 68 del ancho de banda de cada uno.

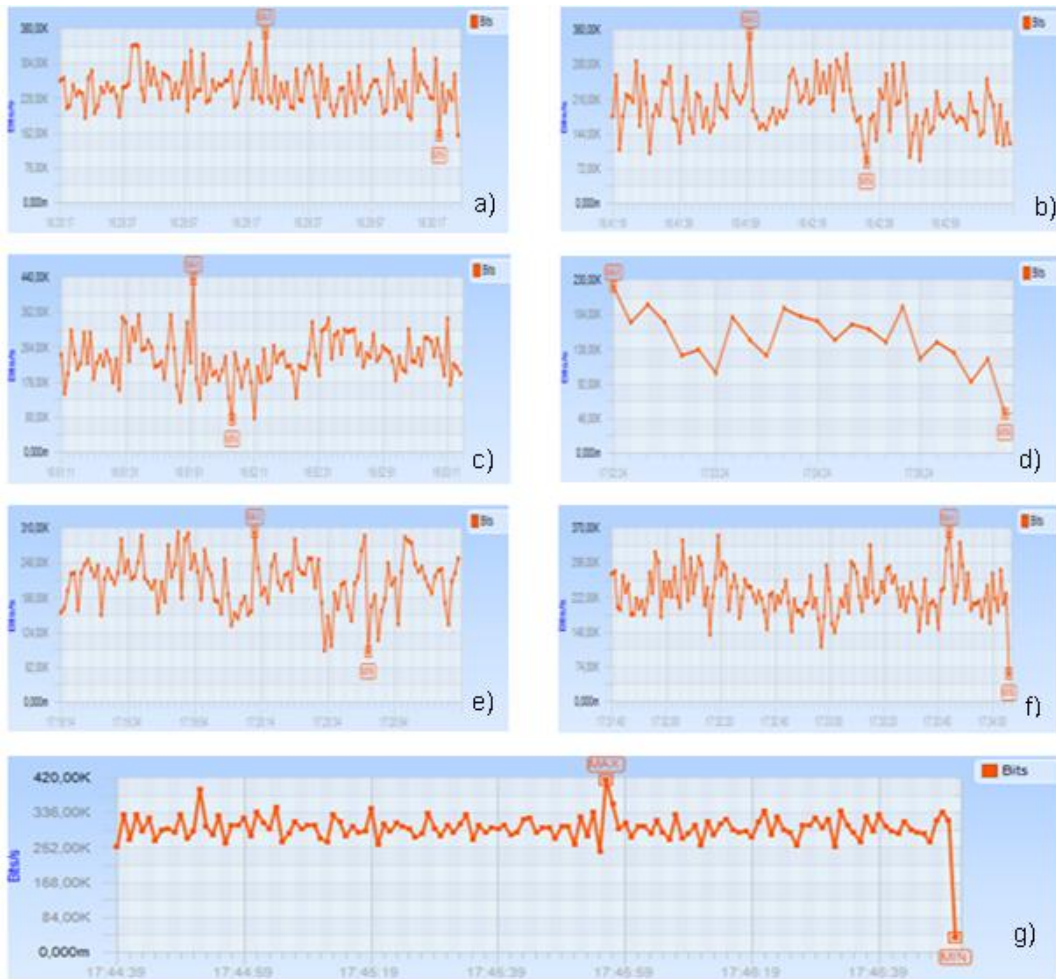


Figura 68. Ancho de Banda para la Característica Súper G, a) Deshabilitada b) Trama Rápida, c) Ráfaga, d) Compresión, e) Trama Rápida + Ráfaga, f) Trama Rápida + Compresión y g) Trama Rápida + Ráfaga y Compresión.

En la tabla 37, se encuentran el valor máximo de *jitter* y los paquetes perdidos en cada escenario.

Tabla 37. Resultados de los Factores de Calidad para la Característica Súper G.

Característica Súper G	Jitter	Paquetes perdidos
Trama Rápido	195.248	87.815
Ráfaga	306.726	66.262
Compresión	288.189	77.522
Trama Rápida + Ráfaga	368.921	105.986
Trama Rápida +Compresión	194.710	67.829
Ráfaga + Compresión	255.253	86.486
Trama Rápida +Ráfaga + Compresión	11.013	0

- **Análisis**

Durante el tiempo de pruebas para este parámetro se notó considerablemente la mejora del enlace, ya que la característica súper G ayuda al progreso de las aplicaciones WLAN, y como ya se ha hablado entre estas aplicaciones están VoIP y *Streaming* de audio que requieren de calidad del servicio, además como se puede ver en la tabla 37 se nota un mejor rendimiento con la combinación trama rápido + compresión, en la figura 69 se muestra la configuración que se propone vs la configuración por defecto.



Figura 69. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Súper G.

- **Contraste**

No se presenta un contraste notable entre las pruebas realizadas en laboratorio y la pruebas de campo.

4.2.12 Control de Tráfico Inalámbrico

- **Condición inicial**

Este parámetro puede ser configurado aislado de los demás encontrándose en una sección única para su utilización, por lo que la configuración del enlace se encuentra descrita en la tabla 15.

En la figura 70, se pueden ver los valores que para este parámetro pueden ser configurados, indicando cual es el valor que tiene por defecto.

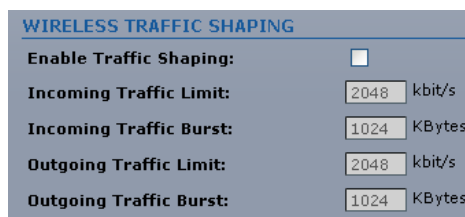


Figura 70. Control de Tráfico Inalámbrico.

Para la generación de los escenarios para este parámetro en un principio se paleaba abarcar gran cantidad de valores, pero en la experimentación se encontró que son muy pocos los valores que son soportados por un enlace con las condiciones como son WiFi de larga distancia.

En la tabla 38, se encuentra la primera evidencia de pruebas, que contiene los resultados de la velocidad tanto en transmisión como en recepciones.

Tabla 38. Resultados de velocidad en tx y rx el Control de Trafico Inalámbrico.

Deshabilitado		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	3.69 Mbps	275.01 Kbps
Cajete Tx	3.22 Mbps	451.65 Kbps
Puracé	3.42 Mbps	219.51 Kbps
Limite de Trafico Entrante/Saliente : 512 Ráfaga de Trafico: Entrante / Saliente: 0		
Cajete Rx	1.69 Mbps	566.95 Kbps
Cajete Tx	3.01 Mbps	495.72 Kbps
Puracé	586.98 Kbps	489.67 Kbps
Limite de Trafico Entrante/Saliente : 512 Ráfaga de Trafico: Entrante / Saliente: 0		
Cajete Rx	3.87 Mbps	2.42 Mbps
Cajete Tx	3.38 Mbps	2.25 Mbps
Puracé	2.51 Mbps	631.77 Kbps

En la figura 71, se muestra el resultado del ancho de banda del Trafico Inalámbrico.

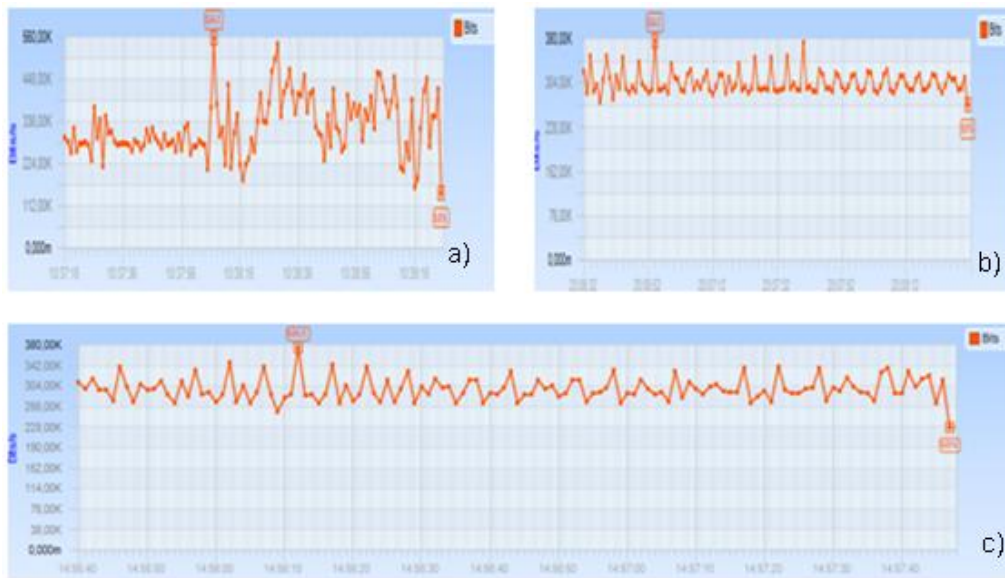


Figura 71. Ancho de Banda para el Trafico Inalámbrico, a) Deshabilitado, b) Limite de Trafico Entrante/ Saliente: 512, Ráfaga de Trafico: Entrante / Saliente: 0 y c) Limite de Trafico Entrante/ Saliente: 1024, Ráfaga de Trafico: Entrante / Saliente: 512

En la tabla 39, se registra el máximo *jitter* presente en las pruebas, además, del número de paquetes perdidos.

Tabla 39. Resultados de los Factores de Calidad para el Control de Trafico Inalámbrico.

Control del Tráfico Inalámbrico	Jitter	Paquetes perdidos
Deshabilitado	207.231ms	27.231
Límite de Trafico Entrante/Saliente : 512 Ráfaga de Trafico: Entrante / Saliente: 0	61.854 ms	24.742
Límite de Trafico Entrante/Saliente : 1024 Ráfaga de Trafico: Entrante / Saliente: 512	635.16 ms	36.52

- **Análisis**

El control del tráfico inalámbrico, un desempeño no muy diferente a cuando se encuentra deshabilitado, aunque las mejorías que se encuentran se consideran para efecto de optimización, en la figura 72 se muestra la configuración que se propone vs la configuración por defecto.

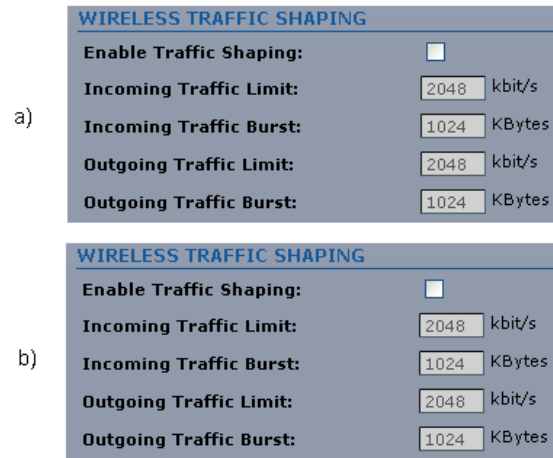


Figura 72. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para Modificación de Trafico Inalámbrico.

- **Contraste**

El contraste se presentó en referencia a que el ancho de banda que se conseguía en el escenario de prueba fue más amplio y se podía encontrar un mejor desempeño, pero llevado esto a las pruebas de campo se identificó que este parámetro no presenta un desempeño favorable cuando se limita el ancho de banda.

4.2.13 QoS (Calidad De Servicio)

- **Condición inicial**

La tabal 15 describe las condiciones iniciales de los parámetros configurados para la realización de estas pruebas a excepción de la calidad de servicio donde se configura dependiendo del escenario a evaluar.

En la figura 73, se puede ver los valores que para este parámetro pueden ser configurados, indicando cual es el valor que tiene por defecto.

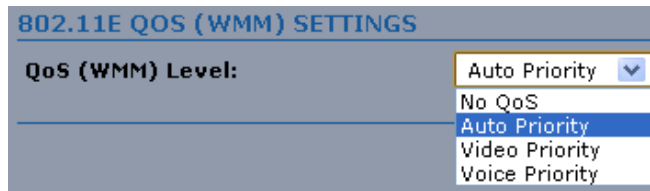


Figura 73. Calidad del Servicio.

Debido a que la importancia de este trabajo de grado se centra en las aplicaciones de voz se descarta la prioridad del video y se realizan pruebas de no QoS, autoprioridad, y prioridad a la voz, para determinar en qué condiciones el desempeño de las aplicaciones de VoIP y *Streaming* de audio son las más óptimas.

Para ello se presentan tres escenarios los cuales se obtuvieron mediante la experimentación. Dichos resultados se verán en la tabla 40.

Tabla 40. Resultados de la Calidad de Servicio

No QoS		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	631.25 Kbps	3.10 Mbps
Cajete Tx	642.61 Kbps	3.58 Mbps
Puracé	195.70 Kbps	330.47 Kbps
Autoprioridad		
Cajete Rx	622.19 Kbps	82.62 Kbps
Cajete Tx	2.66 Mbps	394.90 Kbps
Puracé	620.45 Kbps	138.13 Kbps
Prioridad voz		
Cajete Rx	3.15 Mbps	3.45 Mbps
Cajete Tx	2.06 Mbps	159.60 Kbps
Puracé	613.69 Kbps	122.27 Kbps

En la figura 74, se muestra los resultados obtenidos de Ancho de Banda para QoS.

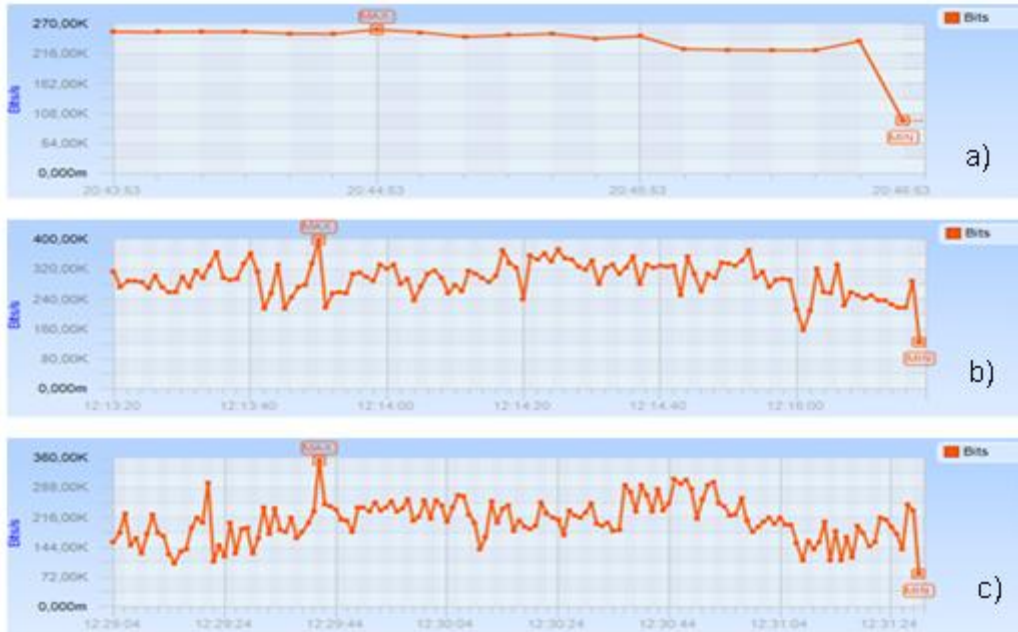


Figura 74. Ancho de banda para QoS.

En la tabla 41 se registran los datos sobre el jitter y los paquetes perdidos durante la transmisión.

Tabla 41. Resultados de los Factores de Calidad para QoS.

QoS (Calidad de Servicio)	Jitter	Paquetes perdidos
No QoS	95.313 ms	65.911
Auto Prioridad	115.560 ms	63.452
Prioridad de voz	113.762 ms	40.279

- Análisis**

Dado que este proyecto está basado en la mejora del enlace y más aún en el comportamiento de la voz mediante VoIP y el *Streaming* de audio, para con ello poder hacer la recomendaciones técnicas y sabiendo que los equipos utilizados para el desarrollo de este trabajo de grado presentan WMM (WiFi Multimedia) se obtuvieron estos escenarios de prueba que como ellos lo indican la mejor opción para la configuración del enlace es la prioridad a la voz, , en la figura 75 se muestra la configuración que se propone vs la configuración por defecto.

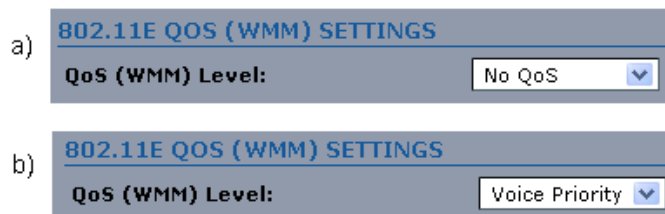


Figura 75. Configuración por a) Defecto vs b) bajo Recomendación para QoS.

- **Contraste**

Tanto en las pruebas realizadas en campo como en laboratorio se obtuvo que el mejor desempeño para soportar VoIP y Streaming de audio, es activando la prioridad a la voz esto después de identificar que era necesario que los paquetes estuvieran marcados desde el origen ya que en la primera parte de las pruebas en laboratorio no se encontraba ninguna diferencia notable dado que no se estaba realizando la priorización por falta de marcado en los paquetes.

4.3 RECOMENDACIONES TECNICAS

En la tablas 42 se registran los valores recomendados para mejorar el desempeño de VoIP y Streaming de audio para el enlace WiFi de larga distancia multisalto.

Tabla 42. Valores Recomendados para Parámetros.

Parámetro	Recomendación
Modo Inalámbrico	AP y Estación WDS
Modo IEEE 802.11	802.11 b/g
Ancho de Banda del Canal	20 MHz
Canal	4
Potencia de Salida	26 dBm
Algoritmo de tasa de datos	EWMA
Inmunidad al Ruido	Habilitado
Seguridad	WPA 2
Modo de Red	Bridge
Umbral de fragmentación	2346
Característica Súper G	Trama Rápida + Ráfaga
Control de Tráfico Inalámbrico	Deshabilitado
QoS	Prioridad a la voz

4.4. Evaluación del Desempeño del Enlace con la Configuración Recomendada

En la tabla 43 se realiza una comparación entre los resultados obtenidos con base en la configuración por defecto y la realizada bajo las recomendaciones técnicas.

Tabla 43. Prueba de velocidad para las Configuraciones.

Configuración por Defecto		
Antena	Tx	Rx
Cajete Rx	628.25 Kbps	608.543 Kbps
Cajete Tx	526.314 Kbps	510.112 Kbps
Puracé	512.24Kbps	452.357 Kbps
Configuración Basada en Recomendaciones		
Cajete Rx	7.0569 Mbps	7.045 Mbps
Cajete Tx	6.98 Mbps	6.874 Mbps
Puracé	6.23 Mbps	6.02 Mbps

En la figura 76 se muestra el comportamiento del ancho de banda para las configuraciones por defecto y la basada en las recomendaciones técnicas.

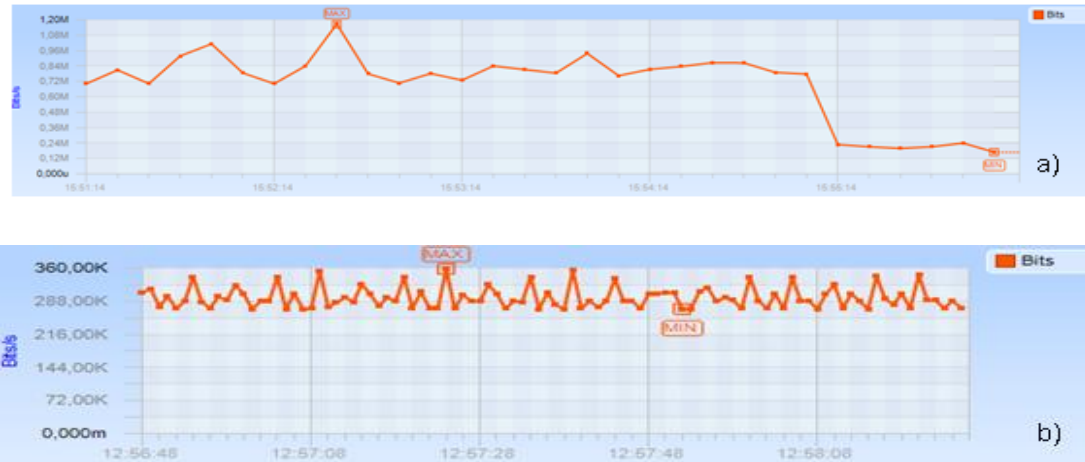


Figura 76. Ancho de Banda para las Configuraciones, a) por Defecto y b) Bajo Recomendaciones.

Como se puede observar en la tabla 44 los resultados con las configuraciones, la primera con los valores por defecto y la segunda basada en las recomendaciones técnicas.

Tabla 44. Factores de Calidad para las Configuraciones.

Configuración	Jitter	Paquetes perdidos
Por Defecto.	95.313 ms	65.911
Basada en las Recomendaciones	0	1

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, en la configuración que sigue las recomendaciones técnicas, donde se muestra el gran mejoramiento que tiene las aplicaciones de VoIP y *Streaming* de audio en el enlace piloto del proyecto Frida se da cumplimiento al objetivo específico número 3 y con lo realizado hasta este punto y consignado en este documento y sus anexos al general.

4.5 CONCLUSIONES

La generación de recomendaciones técnicas soportadas en la experimentación realizada con procesos de trabajo en laboratorio y exploración en campo permite autovalidar los resultados obtenidos.

La puesta en funcionamiento de un enlace básico subutiliza las características de los equipos si estos no se encuentran configurados de acuerdo a un conocimiento teórico y más aún basado en un conocimiento experimental que permite un mayor nivel de acierto para obtener mejores resultados.

Con el desarrollo de este proyecto se identificaron herramientas gratuitas, con interfaces amigables en ambientes diferentes a los que ofrecen los *Open Source* que por su naturaleza no necesariamente garantiza una apropiación.

Con la utilización del esquema WDS en los dispositivos es evidente la mejora que se obtiene en los enlaces, permitiendo que estos alcancen casi el doble de velocidad en transmisión y recepción.

El que la tasa de datos a la cual es enviada la información se encuentre controlada por un algoritmo que verifique la disponibilidad y el estado de la transmisión y recepción de los paquetes, permite el aprovechamiento de los recursos disponibles en los enlaces.

Los equipos deben tener el mismo firmware ya que de otro modo se presentan incompatibilidades, que se reflejaron en la dificultad de configuración de parámetros como Umbral RTS, el modo de Red y la Seguridad.

El que un dispositivo realice priorización de tráfico, está sujeto a que los paquetes sean marcados desde el origen, de tal forma que en muchos de los casos funcionalidades como estas son desaprovechadas.

En ambientes inalámbricos se presenta mucho ruido en función de la señal por lo que es necesario mientras sea posible tener un alto nivel de potencia de salida, para proveer un enlace más robusto.

El realizar pruebas en un medio controlado permite crear una semblanza de los resultados a obtener en un medio real, optimizando un trabajo de desarrollo.

Valores no adecuados en los parámetros representan una gran cantidad de falencias en la respuesta de aplicaciones de voz como VoIP y Streaming de audio. Solo identificando cuales son los valores más adecuados para cada parámetro se puede conseguir un mejor desempeño de un enlace.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Mubaraq, J. Hwang, D. Filippini, R. Moazzami, L. Subramaniam and T. Du, Análisis Económico de las Tecnologías de Redes para el Desarrollo de Regiones Rurales. EECS Department and Hass School of Business UC Berkeley. Febrero de 2008.
- [2] F. Simó, Modelado y optimización de IEEE 802.11 para su aplicación en el despliegue de redes extensas en zonas rurales aisladas de países en desarrollo. Universidad Politécnica de Madrid. Enero 2007.
- [3] J. Gaviria y G. Agredo “Lineamientos para la selección de parámetros para comunicaciones de VoIP sobre medios y canales no idóneos”. Colombia Junio de 2009.
- [4] X. Garcia “Análisis, modelado y configuración de servicios de video bajo demanda sobre redes de cable”, Universidad de Oviedo, Departamento de Informática, España 2002.
- [5] F. Garcia Pedraja, V. Sanchez, IEEE 802.11 (WIFI) El estándar de facto para WLAN. España 2007. Disponible en <http://www.coit.es/publicac/publbit/bit138/wifi.pdf>. Noviembre de 2008. Documento consultado por última vez el 1 de junio de 2010.
- [6] G. Chua. Wires Versus Wireless: El Caso de la Tecnología de Banda Ancha Inalámbrica en Mercados Emergentes. Perú IDC, Marzo 2009.
- [7] J. Simo, P. Osuna, J. Seoane, A. Martínez Router solar autoconfigurable para redes Mesh IEEE 802.11 de telemedicina rural en América Latina. Fundación EHAS. Perú Marzo de 2008.
- [8] N. Sánchez Velásquez. Fundamentos de Redes Inalámbricas, ITESM CEM. Chile 2007. Disponible en: [http://homepage.cem.itesm.mx/snora/FWLAN-01\(Intro\).pdf](http://homepage.cem.itesm.mx/snora/FWLAN-01(Intro).pdf), diciembre 2008. consultado por última vez en junio de 2010
- [9] E. Fernández Gonzales, WIFI nuevos estándares en evolución. <http://www.ceditec.etsit.upm.es/dmdocuments/wifi.pdf>. México agosto 2008. Documento consultado por última vez en junio de 2010.
- [10] J. Manuel Riera. Regulación Técnica de los sistemas WiFi. E.T.S. De ingenieros de Telecomunicación Universidad Politécnica de Madrid. Marzo de 2008.
- [11] M. Ergen. IEEE 802.11 Tutorial, Department of Electrical Engineering and Computer Science University of California Berkeley, june de 2002. Disponible en <http://wow.eecs.berkeley.edu/ergen/docs/ieee.pdf> . Consultado por última vez en julio 2010.
- [12] “Resolución 1689 por la cual se modifica la Resolución 689 del 21 de abril de 2004” Ministerio de Comunicaciones de Colombia. http://www.mincomunicaciones.gov.co/mincom/src/user_docs/Archivis/normatividad/2004/Resolucion/R00689d2004.pdf.

[13] M. Raitch, J. Bhil, IEEE Std. 802.11b-1999 Supplement to IEEE Standard For Information Technology- Telecommunications and exchange between system- Local and Metropolitan area networks Specific requirements. April 2009.

[14] S. Buettrich, A. Escudero, Topología e Infraestructura Básica de Redes Inalámbricas, IT +46. Febrero de 2008. Disponible en http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/04_Topologia-Infraestructura/04_es_topologia-e-infraestructura_guia_v01.pdf. Consultado por última vez en mayo de 2010.

[15] W. Lehr, L. W. McKnight, Wireless Internet Access: 3G vs WiFi, MIT Research Program on Internet and Telecoms Convergence, Massachusetts Institute of Technology, 2003. Documento disponible en http://people.csail.mit.edu/wlehr/Lehr-Papers_files/Lehr%20Wifi%203G.pdf, consultado por última vez mayo de 2010.

[16] J. Alvarez, N. Mendoza, L. Soriano. Análisis de comparación y desempeño en redes WLAN utilizando los protocolos IEEE 802.11b y 802.11g. Universidad de Colima. México 2008.

[17] A. fundación, Tecnologías y Actividades de Estandarización para la Interconexión de HomeNetworks. España. Septiembre 2009. Documento disponible en: <http://www.fundacionorange.es/areas/historico/pdf/3.pdf> Consultado por última vez en octubre de 2010

[18] P. Garaizar, J. Sagarminaga, Seguridad en redes inalámbricas 802.11a/b/g. Madrid España 2005. <http://www.e-ghost.deusto.es/docs/SeguridadWiFInestable2005.pdf>. Documento consultado por última vez en mayo de 2010.

[19] F. Halvorsen, O. Haugen. Cryptanalysis of IEEE 802.11i TKIP. EE. UU. 2006 Disponible en: http://wiki-files.aircrack-ng.org/doc/kip_master.pdf. Documento consultado por última vez en diciembre de 2010

[20] O. Dueñas Flor, G. Flores Cadena, Diseño y construcción de un prototipo de locutorio, con visores de costo, para comunicación telefónica de canales de voz sobre IP utilizando microcontroladores. Escuela Politécnica Nacional, escuela de ingeniería. Febrero de 2006.

[21] R. Gutiérrez Gil, Seguridad en VoIP: Ataques, Amenazas y Riesgos, Universitat de Valencia. España 2008. Documento disponible en www.uv.es/montanana/ampliacion/trabajos/Seguridad%20VoIP.pdf , consultado por última vez en junio de 2010.

[22] R. Castañeda Segura, Protocolos para VoIP. Madrid España 2005. Documento disponible en http://www.cudi.edu.mx/primavera_2005/presentaciones/rodolfo_castaneda.pdf. Consultado por última vez en julio de 2010.

-
- [23] D. Richard Kuhn, Thomas J. Walsh, Steffen Fries, Security Considerations for Voice Over IP Systems. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. Documento disponible en <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-58/SP800-58-final.pdf>. consultado por última vez en agosto de 2010.
- [24] R. Gutiérrez Gil, Seguridad en VoIP: Ataques, Amenazas y riesgos. Universidad de Valencia. España 2009. Documento disponible en <http://www.uv.es/montanan/ampliacion/trabajos/Seguridad%VoIP.pdf>. Consultado por última vez en diciembre de 2010.
- [25] P. Linares, Guía para la toma de decisiones en Redes Unificadas. Universidad de Mendoza. Tesis de Maestría en Informática. Mendoza Agosto de 2007.
- [26] W. Liao, J. Chen and M. Chen. Adaptive Recovery Techniques for real –Time Audio Streams. Electrical Engineering Department and Philips Research East Asia, Taiwan, 2006.
- [27] J F. Ramírez Rodríguez, VideoStreaming y Videoconferencia: Herramientas actuales para la Tele-Enseñanza, Documento disponible en www.biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/49270834.html, consultado por última vez en abril de 2010.
- [28] Throughput Analysis of UDP and TCP Flows in IEEE 802.11b WLAN's: A Simple Model and Its Validation. Italian National Research Council (CNR) –IIT Institute. Estados Unidos, febrero de 2006. Documento disponible en <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fstamp%2Fstamp.jsp%3Ftp%3D%26arnumber%3D1587695&authDecision=-203>, Consultado por última vez en Junio de 2010.
- [29] H. Yang Kung, M. Lin, F. Kuo and Y. Liu, User-oriented QoS Streaming system base on multimedia differentiation, Dept, of Manage. Inf. Syst, Nat. Pingtung Univ. Of Sci. & Technology, Taiwan 2005. Documento disponible en <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fstamp%2Fstamp.jsp%3Ftp%3D%26arnumber%3D1429883&authDecision=-203>, consultado por última vez en Junio 2010.
- [30] S. Chaisanit and S. Suksakulchai. A Development of the Online Audio Streaming recorder for blind Learner, Faculty of Industrial Education and Technology, Bangkok, 2009.
- [31] Y. Yue, X. Xiang and Wei Yaodu. A Novel Objective Method for Evaluating the Quality of Streaming Audio. Research Centre of Digital Communication Technology, Beijing 2008.
- [32] S. Kris, J. Terense, G. Marcelo, Asterisk en español Versión 1. Canadá 2008. Documento disponible en http://itaki.net/espanol/asterisk_espanol.pdf. Consultado por última vez en julio de 2010.
- [33] A. Rios, J. Alcober, A. Oller Desarrollo de una plataforma de VoIP basado en Software libre, Universidad politécnica de Cataluña. Barcelona- España. Noviembre 2009. Consultado por última vez en julio de 2010.

[34] P. Oliva, Asterisk The Open Source PBX. Documento disponible en http://pof.eslack.org/writings/ESILUX_Asterisk.pdf. Consultado por última vez en julio de 2010.

[35] J. Dunayevich, L. Baca Introducción Asterisk. , O'REILLY, 2005. Disponible en <http://ws.edu.isoc.org/data/2008/3097019549281200ae4f5/03.asterisk-introduccion.pdf> consultado por última vez en agosto de 2010.

[36] A. Madiconda. AsteriskNow User Documentation for versión Beta6. EE.UU. Noviembre 4 de 2007. Documento disponible en: <http://www.madikonda.com/downloads/asterisknow.pdf> Consultado por última vez en agosto de 2010.

[37] S. Ben, Trixbox Without Tears. Australia Junio de 2006. Documento disponible en http://dumbme.mbit.com.au/trixbox/trixbox_without_tears.pdf. Consultado por última vez en julio de 2010.

[38] B. Sharif, Elastix Without Tears Guide PDF. Documento disponible en http://www.elastixconnection.com/downloads/elastix_without_tears.pdf. consultado por ultima vez en septiembre de 2010.

[39] A. Beatriz, Análisis y funcionamiento de Skype. Ingeniería informática, Universidad de Valencia. Mayo de 2006. Documento disponible en <http://www.uv.es/montanan/redes/trabajos/skype.pdf> consultado por última vez en Septiembre de 2010.

[40] C. Wen-Hui, X. Wei-Cheng y C. Cheng-Fu Department of Computer science and information Engineering National Taiwan University. A Performance Study of VoIP Applications MSN vs. Skype. Noviembre 2007 Documento disponible en http://multicomm.polito.it/proc_multicomm06_3.pdf consultado por última vez en septiembre de 2010.

[41] P. Ibannh, J. Edtt, Embedded RealPlayer Extended Functionality Guide, Version 2, Septiembre de 2001.

[42] K. Anny, H. Ghramn, Adobe Dynamic Media Group, A Streaming Media Premier, 2001. documento disponible en <http://www.adobe.com/products/aftereffects/pdfs/AdobeStr.pdf>, Consultado por última vez en Noviembre de 2010.

[43] M. Brhan, WDS Wireless Distribution System, Networking on the Move, ORINOCO Technical Bulletin, Febrero de 2002, Documento disponible en <http://www.pafree.net/media/TB-046.pdf>, Consultado por última vez en Agosto de 2010.

[44] A. Raheel, Comparison Of IEEE 802.11b and IEEE 802.11g. 25 de noviembre de 2006. Consultado por última vez el 25 de agosto de 2010. link http://www.codeproject.com/KB/work/IEEE_WLAN_Standards.aspx

[45]. J. Murillo Fuentes, Formulas de Radio propagación en decibelios, DTSC, Esc. Tec. Sup. Ingenieros, Universidad de Sevilla, Enero de 2007, Documento disponible en

<http://personal.us.es/murillo//docente/radio/documentos/decibelios.pdf>, Consultado por última vez en Septiembre de 2010.

[46] R. Pezoa Rivera, Redes de Computadores “Redes Inalámbricas”, Universidad Técnica Federico Santa María, Abril de 2006.

[47] J. Madrid, Seguridad en redes Inalámbricas 802.11, Universidad ICESI, Colombia 2004. Documento disponible en http://dspace.icesi.edu.co/dspace/bitstream/item/400/1/jamdrd-seguridad_redes_inalambricas.pdf, consultado por última vez en septiembre de 2010.

[48] Ubiquiti Networks Manual de configuración v3.4 modificado el 24 de mayo de 2009 y consultado por última vez septiembre de 2010. Disponible en [http://www.AirOS_3_4_Spanish - Ubiquiti Wiki](http://www.AirOS_3_4_Spanish_-_Ubiquiti_Wiki)

[49] A. Sheth, S. Nedeveschi, R. Patra, S. Surana, E. Brewer y L. Subramanian, Packet Loss Characterization in WiFi-based Long Distance Networks, University of Colorado, Boulder, University of California, New York University.2009.

[50] L. Scalia, I. Tinnirello and D. Giustiniano, Side Effects of Ambient Noise Immunity Techniques on Outdoor IEEE 802.11 Deployments, Department of Electrical Engineering, Electronics and Telecommunications, University degli Study of Palermo, Palermo, Italy. Documento disponible en <http://202.194.20.8/proc/GLOBECOM2008/DATA/12-03-01.PDF> consultado por última vez en Septiembre de 2010.

[51] B. Tryand, A. Escudero, Redes Inalámbricas en los países en Desarrollo. Primera edición en enero de 2006. Disponible en <http://wndw.net/>. Consultado por última vez en septiembre de 2010.

[52] M. Neufld, J. Fifield, c. Doerr, A. Sheth and D.Grunwald, SoftMAC-Flexible Wireless Research platform. University of Colorado, Boulder. Noviembre 2005. Disponible en : conferences.sigcomm.org/hotnets/2005/papers/grunwald.pdf

[53] J. Farn Lee, J. Chen, W. Liao, H. Lee and M. Chen, A practical Cross-layer QoS Mechanism for Voice over IP in IEEE 802.11e WLANs, Department of Electrical Engineering, National Taiwan University, Institute of Information Science, Academia Sinica, Department of Computer Science and Information Engineering, Taiwan 2008. Documento disponible en http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=4284838, Consultado por última vez en Noviembre de 2010.

[54]. D. Huang, P. Lin, and Ch. Gan, Desing and Performance Study for a Mobility Management Mechanism (WMM) Using Location Cache for Wireless Mesh Networks IEEE Transactions on Mobile Computing, VOL. 7, NO. 5, MAY 2008