UNIVERSIDAD

NACIONAL

DE LOJA

PFC-CIS

Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED MAN DE ALTA VELOCIDAD, QUE SOPORTE VOIP Y BRINDE SERVICIOS QOS PARA LOS DEPARTAMENTOS DEL MUNICIPIO DE CATAMAYO

Tesis previa a la Obtención del Título de Ingeniero en Sistemas

Autor: Salinas Nalvay Vilma Estefania

Tutor: Ing. Lorena Elizabeth Conde Zhingre, Mg. Sc.

LOJA-ECUADOR

2015

Certificación del Director

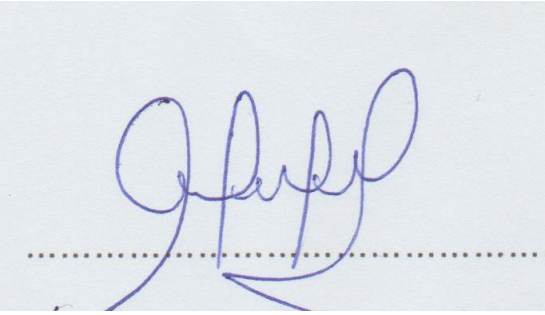
Ing. Lorena Elizabeth Conde Zhingre

DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

CERTIFICA:

Que la Egresada **VILMA ESTEFANIA SALINAS NALVAY** autora del presente trabajo de titulación, cuyo tema versa sobre **"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED MAN DE ALTA VELOCIDAD, QUE SOPORTE VOIP Y BRINDE SERVICIOS QOS PARA LOS DEPARTAMENTOS DEL MUNICIPIO DE CATAMAYO",** ha sido dirigido, orientado y discutido bajo mi asesoramiento y reúne a satisfacción los requisitos exigidos en una investigación de este nivel por lo cual autorizo su presentación y sustentación.

Loja, 27 de Febrero del 2015.



Ing. Lorena Elizabeth Conde Zhingre

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo **VILMA ESTEFANIA SALINAS NALVAY**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional- Biblioteca Virtual.

Autor: Vilma Estefania Salinas Nalvay

Firma:

Cédula: 1104979206

Fecha: 17 de abril del 2015

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, **VILMA ESTEFANIA SALINAS NALVAY**, declaro ser autora de la tesis titulada : **"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED MAN DE ALTA VELOCIDAD, QUE SOPORTE VOIP Y BRINDE SERVICIOS QOS PARA LOS DEPARTAMENTOS DEL MUNICIPIO DE CATAMAYO",** como requisito para optar al grado de**: INENIERA EN SISTEMAS;** autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los diez y siete días del mes de abril del dos mil quince.

Firma:

Autor: Vilma Estefania salinas Nalvay

Cédula: 1104979206

Dirección: Catamayo, Las Canoas (Alonso de Mercadillo y Puente Canoas)

Correo Electrónico: vesalinasn@unl.edu.ec

Celular: 0991689207

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Lorena Elizabeth Conde Zhingre Mg. SC

Tribunal de Grado: Ing Alex Vinicio Padilla Encalada Mg. Sc.

Ing. Franco Hernán Salcedo López Mg. Adm.

Ing. Waldemar Victorino Espinoza Tituana Mg.Sc.

Agradecimiento

A mis queridos padres quien con su esfuerzo y apoyo he logrado culminar con éxitos mis estudios.

A mis hermanos, familiares y amigos, que me apoyaron son sabios consejos que me sirvieron para poder afrontar los desafíos de la vida y terminar con éxito la carrea.

A las Autoridades de la Universidad Nacional de Loja, de manera especial al Personal Docente de la Carrera de Ingeniería en Sistemas del Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables, por sus valiosos conocimientos durante el proceso académico.

A la Mg.SC Lorena Conde, quien me brindó su apoyo en todo momento, con sugerencias en el desarrollo, en la dirección y revisión de esta investigación.

A las Autoridades del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo de manera especial al Personal del departamento de Sistemas por darme la apertura necesaria que permitió llevar a cabo dicho proyecto

Vilma Estefania Salinas Nalvay

Dedicatoria

Dedico todo mi esfuerzo a mis queridos padres Ángel y Sonia, quienes han sido mi ejemplo de lucha y superación, ya que con su apoyo incondicional he culminado mis metas y he podido obtener un título profesional

A mi amada hija Joselyn Benavides quien se ha convertido en la razón de la mí existir, por la que lucho y seguiré luchando día a día para cumplir mis metas.

Vilma Estefania Salinas Nalvay

Cesión de derechos

Vilma Estefania Salinas Nalvay, declaro ser autora intelectual del presente trabajo de titulación y autorizo a la Universidad Nacional de Loja hacer uso del mismo en lo que estime sea conveniente con fines académicos para la divulgación de información.

Para constancia firmo a continuación.

Vilma Estefania Salinas Nalvay

CI: 1104979206

a. Título

“Análisis y Diseño de una red MAN de alta velocidad, que soporte VoIP y brinde servicios QoS para los departamentos del Municipio de Catamayo”

b. Resumen

Este proyecto fin de carrera tiene como objetivo unir mediante una red MAN las dependencias externas al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo y mejorar los servicios de comunicación existentes con la implementación de una Central Telefónica basada en software libre como es Asterisk . Para el desarrollo de este proyecto, se realizó un estudios que van desde el análisis de la situación de la red, análisis de las tecnologías y equipos necesarios para el funcionamiento de la red, diseño de la red MAN, configuración del plan de marcación en el servidor de voz Asterisk, por ultimo implementación y pruebas

La primera fase, sirvió para comprender cuál es la realidad actual de las dependencias externas e internas en cuanto a la comunicación.

A continuación en la segunda fase, se hizo un análisis comparativo de tecnologías software, para voz, estándares, frecuencias, protocolos y códec, para en base a esto elegir la mejor opción. Asimismo se hizo el análisis de los equipos necesarios (Switch, servidor, teléfonos IP, antenas) que se utilizan para la implementación del proyecto.

En la tercera fase, en base al levantamiento de la información y a la elección de la tecnología y hardware adecuado, se plantea el nuevo diseño de la red interna basado en VLANs, ACLs, DHCP y se implementa la centralilla telefónica Asterisk, una vez diseñada e implementada la red interna, se procede a realizar el diseño de la red MAN.

En la cuarta fase, se realizan las pruebas del conexión entre el radioenlace Edificio GADMC y el Parque Central, pruebas del funcionamiento del servidor Asterisk tanto para dependencias internas como externas mediante llamadas telefónicas.

Summary

This final project aims to unite MAN network by external dependencies to the Autonomous Decentralized Municipal Government of Catamayo and improve existing communication services with the implementation of a phone system based on free software such as Asterisk. For the development of this project, studies ranging from the analysis of the situation of network analysis technologies and equipment necessary for the operation of the network design MAN network configuration dial plan on was conducted Asterisk voice server, finally implementation and testing

The first phase, served to understand what the current reality of the external and internal dependencies in terms of communication.
Then in the second phase, a comparative analysis of software technologies for voice, standards, frequencies, protocols and codecs, soon this basis the best choice. Also the analysis of the necessary equipment (Switch, server, IP phones, and antennas) that are used to project implementation was made.

In the third phase, based on the collection of information and choice of technology and appropriate hardware, we propose the new design of the internal network based on VLANs, ACLs, DHCP and Asterisk telephone exchange is implemented, once designed and it implemented the internal network, proceed to perform the MAN network design.

In the fourth phase, testing the connection between the radio link GADMC Building and Central Park, function tests Asterisk server for both internal departments and external telephone calls are made.

Índice General

Certificación del Director II

Autoría III

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO IV

Agradecimiento V

Dedicatoria VI

Cesión de Derechos VII

a. Título VIII

b. Resumen IX

Summary X

Índice General XI

Índice Figuras XVI

Índice de tablas XX

c. **Introducción** 23

d. **Revisión Literaria** 25

1. Redes Inalámbricas de área Metropolitana (WMAN) 25

2. WIFI 25

2.1 Arquitectura de las redes Wifi 25

2.2 Estándares 802.11 (WIFI) 26

2.3 Seguridad en las redes 802.11 (Wifi) 30

2.4 Calidad de Servicio con estándares 802.11 (Wifi) 31

2.5 Wifi a Largas Distancias 34

3. Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) 35

3.1 Características Wimax 36

4. Introducción a la VoIP 39

4.1 Clasificación de Protocolos IP 39

4.1.1 Protocolos de Señalización 39

Protocolo H.323 40

Protocolo SIP 41

Protocolo IAX 46

4.2 Protocolo de transporte de voz 47

No se debe confundir los protocolos de transporte de voz con los protocolos de transporte de bajo nivel como TCP y UDP. 47
5. Protocolos de plataforma IP 48
4.1 Protocolo TCP 48
4.2 Protocolo UDP 49
6. Códec de Voz 49
7. Antenas 53
7.1 Tipos de Antenas WIFI 55
8. Parámetros a tener en cuenta para el diseño de la red Man. 58
8.1.1 Cálculo de la distancia de los enlaces 58
8.2 Línea de Vista y Zona de Fresnel. 58
8.3 Margen de despeje 60
8.4 Perdidas en Trayectoria por el espacio Libre (Lp). 61
8.6 Potencia de Umbral (Pu) 62
8.7 Margen respecto al Umbral (Mu) 62
8.8 Margen de Desvanecimiento (FM) 63
e. Materiales y Métodos 64
f. Resultados 66
Fase 1: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN 66
1 Organigrama estructural del Gobierno Autónomo de Catamayo 66
2 Situación de la red del GADMC 69
2.1 Equipos que se administran en la red de datos 69
2.2 Diseño actual de la red Interna y direccionamiento IP 70
2.3 Servidores disponibles en la red de datos 74
2.4 Servicios que posee las dependencias externas 74
4. Análisis del tráfico de voz en el GAD Municipal de Catamayo. 75
1. Estudio del perfil topográfico. 81
2.5 Ubicación geográfica de los puntos de enlace de la red Man. 82
2.6 Planteamiento y elección de la mejor ruta para los enlaces inalámbricos. 83
Fase 2: Selección de la Tecnología y Hardware 87
1 Planteamiento y elección de la tecnología inalámbrica de interconexión 87
8.9 Elección de la tecnología a utilizar 87
1.1 Elección del estándar wifi 89
1.2 Elección de la Frecuencia 92
2. Planteamiento de la tecnología para VoIP 95
2.1 Elección de códec de voz 95
2.2 Elección del protocolo de señalización 98
3. Factores que definen la calidad de servicio 100

4. Clasificación del tráfico 102
4.1 IEEE 802.1p 102
4.2 Estándar 802.1 q 103
5. Central telefónica Digital (PBX) 104
5.1 Algunos Servicios PBX 105
5.2 Sistema Operativo para el diseño de VoIP. 105
5.3 Centos (Community Enterprise Operating System) 105
5.4 Asterisk 106
5.5 Elastix 107
5.6 Elección del PBX para implementación de la central telefónica. 108
6 Análisis de los equipos para la implementación de la red MAN y VoIP 109
6.1 Elección de equipos para la red MAN 109
6.2 Elección de Cable Wireless 111
6.3 Elección de hardware para VoIP 112
6.3.1 Análisis del tráfico en el GADMC 113
6.3.2 Cálculo del ancho de Banda 116
6.3.2.1 Análisis de ancho de banda por usuario VoIP 120
6.3.3 Elección de tarjetas Gateway 122
6.3.4 Elección de teléfonos IP 123
6.3.5 Elección de Switch 125
6.3.6 Elección del servidor 127
Fase 3: Diseño de la Red Man y Configuración de Equipos 128
1 Elección la herramienta para el diseño de la Red Man. 128
2 Diseño de los enlaces 129
2.1 Perfiles Topográfico 129
2.2 Cálculos de Ingeniería 133
2.3 Cálculo del presupuesto del enlace. 138
2.4 Parámetros en la simulación con Radio Mobile 141
3 Plan de Marcación 144
4 Plan de Direccionamiento IP y VLANs. 146
4.1 Número de host actuales en la red interna y externa del GADMC 146

4.2 Proyección del crecimiento de equipos de las dependencias internas y externas....147
4.3 Creación de VLANs.... 148
4.4 Direccionamiento IP.... 148
4.5 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol).... 149
4.6 Seguridad en la red.... 149
4.7 Direccionamiento Router Cisco 2911.... 150
4.8 Diseño de red interna implementado en el GAD Municipal de Catamayo.... 151
5 Diseño general planteado para la red MAN.... 154
6. Instalación y configuración de equipos.... 156
6.1 Formas de Administración de Equipos de Red.... 156
6.2 Configuración Switch.... 157
6.3 Configuración del Router Cisco 2011/K9.... 160
6.4 Instalación de ASTERISK.... 164
6.5 Configuración de teléfonos Grandstream.... 173
6.6 Configuración del GATEWAY FXO.... 177
6.7 Configuración de equipos (antenas) para la Red MAN.... 179
Fase 4: Implementación y Pruebas.... 184
1 Pruebas de reglas de control de acceso (ACL).... 184
2. Pruebas de llamadas.... 186
2.1 Llamadas entre usuarios Asterisk.... 187
3 Pruebas de Servicios.... 189
3.1.1 Pruebas de Buzón de Voz.... 189
3.1.2 Pruebas Captura de llamadas.... 189
3.1.3 Pruebas de Voceo o Paging.... 190
4. Pruebas de calidad de servicio QoS.... 191
5. Pruebas de consumo de ancho de banda y capacidad del Servidor Asterisk... 193
i. Pruebas de consumo de ancho de banda.... 193
5.1 Pruebas de capacidad del servidor.... 194
6. Pruebas de conectividad entre radioenlaces.... 195
g. Discusión.... 198
h. Conclusiones.... 202

i. Recomendaciones 203

j. Bibliografía 204

k. Anexos 207

Anexo 1: Lista de teléfonos y detalle de factura de GAD Municipal de Catamayo. ... 207

Anexo 2: Especificaciones técnicas de equipos para la Red MAN y VoIP 210

Anexo 3: Cotización de equipos para implementación del proyecto 218

Anexo 4: Diseño de Torres 220

Anexo 5: Número de equipos de cómputo que utilizan sistemas en el GADMC 221

Anexo 6: Tablas de Direccionamiento IP en el GADMC 225

Anexo 7: Saludo de Bienvenida 228

Anexo 8: Certificado de pruebas realizadas con VLAN y ACL 229

Anexo 9: Fotografías de pruebas de configuración de equipos. 230

Anexo 10. Glosario. 232

Anexo 11: Certificación de implementación del Proyecto Fin De Carrera 235

Anexo 12: Declaración de Confidencialidad 236

Anexo 13: Certificado de la traducción del Resumen 238

Anexo 14: Artículo ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 15: Licencia Creative Commons. 239

Índice Figuras

Figura 1.Componentes de la red Wifi 26
Figura 2.Estructura MAC 32
Figura 3. EDCA 33
Figura 4.Arquitectura de protocolos H.323 41
Figura 5.Esquema de una llamada con el protocolo SIP 42
Figura 6.Arquitectura funcional del protocolo SIP 45
Figura 7.Enlace troncal entre servidores Asterisk por medio del protocolo IAX. 47
Figura 8.Protocolos involucrados en una llamada SIP 48
Figura 9.Diagrama de bloques funcional simplificado G.722 52
Figura 10.Patrones de radiación 54
Figura 11.Muestra de radiación de una antena direccional 56
Figura 12.Muestra un haz estrecho 56
Figura 13.Antena omnidireccional 57
Figura 14.Array de antenas 57
Figura 15.Obstrucción de la Zona Fresnel 59
Figura 16. Despeje sobre un obstáculo. 60
Figura 17. Organigrama Estructural del GADMC 2014 68
Figura 18.Diseño actual de la red interna 73
Figura 19.Localización de los puntos en Bing Maps 83
Figura 20.Localización de los puntos en Google Earth. 83
Figura 21.Ruta 1 planteada para la interconexión. 84
Figura 22. Ruta 2 planteada para la interconexión. 85
Figura 23. Perfil Topográfico del enlace la Cruz y Guayabal 86
Figura 24. Zona Fresnel con frecuencia de 2.4 Ghz 93
Figura 25.Zonal Fresnel con frecuencia 5.8Ghz 94
Figura 26.Componentes principales para el diseño e implementación de una red con VoIP 95
Figura 27.Trama del estándar 802.1p 103
Figura 28.Trama del estándar 802.1q 104
Figura 29.Modelo de tráfico Erlang B. 114
Figura 30. Cálculo de circuitos telefónicos 116
Figura 31.Composición de las cabeceras y datos (Voz) basado en la capa 2 118
Figura 32.Modelo de codificación y paquetización 119
Figura 33.Calculador del ancho de banda de VoIP. 121

Figura 34.Calculador de ancho de banda de VoIP con Supresor de silencios 122
Figura 35.Perfil topográfico del alcance GADMC-La Cruz 130
Figura 36. Perfil topográfico La Cruz-Guayabal 130
Figura 37. Perfil topográfico La Cruz-Camal 131
Figura 38. Perfil topográfico La Cruz-Mercado Municipal..... 131
Figura 39.Perfil topográfico La Cruz-Parque Central..... 132
Figura 40. Perfil topográfico La Cruz-Pilastra..... 132
Figura 41.Perfil del enlace La Cruz- Guayabal..... 135
Figura 42. Potencia de un sistema inalámbrico..... 138
Figura 43. Parámetros del perfil enlace la Cruz-Guayabal 141
Figura 44. Diseño de red implementado para el GAD Municipal de Catamayo. 153
Figura 45.Diseño de la Red MAN 155
Figura 46.Comunicación entre Switch y PC 156
Figura 47. Ventana Principal de Putty..... 157
Figura 48. Menú principal de Switch 157
Figura 49. Ventana principal vía WEB 158
Figura 50. Configuración usuario y contraseña..... 158
Figura 51. Configuración VLANS 159
Figura 52. Administración Vlan por puerto 159
Figura 53. Forma de asignación de Vlans por puerto..... 160
Figura 54. Router Cisco 2911/K9..... 160
Figura 55.Interfaces virtuales y encapsulamiento de Vlans..... 161
Figura 56. Configuración de ACLs 162
Figura 57. Creación de ACLs con salida a internet 163
Figura 58. Configuración DHCP para Vlan de datos y voz 163
Figura 59. Verificación de versiones instaladas (CentOs 7, Asterisk 13.1.0) y legueo Asterisk..... 165
Figura 60. Ventana principal de WinSCP 166
Figura 61. Configuración de extensiones telefónicas 167
Figura 62. Configuración plan de numeración..... 169
Figura 63. Creación de contextos 169
Figura 64. Presentación del saludo en un tiempo determinado..... 170
Figura 65.Configuración de las 6 extensiones generales 171
Figura 66. Configuración del marcado de números para el correo de voz y grabación de saludos 171

Figura 67.Configuración del marcado para los anuncios de voz 172
Figura 68. Configuración de extensiones que tienen permiso para mensaje de voz . 173
Figura 69. Ventana de logueo teléfono IP GXP1405..... 173
Figura 70. Direccionamiento IPV4 y DHCP 174
Figura 71. Configuración del número de extensión y dirección IP del servidor de Asterisk 174
Figura 72. Configuración de puerto de comunicación SIP..... 175
Figura 73. Configuración de códec G.722 y supresión de silencio 175
Figura 74. Configuración de VLAN 21(Voz) 176
Figura 75. Asignación de Contactos telefónicos a la agenda telefónica. 176
Figura 76. Botón de reinicio 176
Figura 77. Configuración de la dirección IP del Equipo 177
Figura 78. Configuración del direccionamiento IP del Servidor Asterisk..... 178
Figura 79. Configuración de parámetros QoS 178
Figura 80. Esquema de configuración radioenlace Edificio GAD y Parque Centra (ITUR) 179
Figura 81. Configuración IP y Modo de Red Antena Edificio 180
Figura 82.Configuración de parámetros en la ventana Link Setup(Antena Edificio). . 181
Figura 83. Configuración IP y Modo de Red (Parque Central) 182
Figura 84. Configuración de parámetros en la ventana Link Setup 183
Figura 85. Verificación de conectividad entre Vlan 21 y Vlan 20. 184
Figura 86. Verificación de conectividad entre Vlan 21 y Vlan 22. 185
Figura 87.Verificación de conectividad entre el Servidor Asterisk y Vlan 21..... 185
Figura 88.Flujo de un proceso de llamada Asterisk..... 186
Figura 89. Registro usuarios SIP en el servidor Asterisk..... 187
Figura 90. Establecimiento de la llamada desde la extensión 330 a 331. 187
Figura 91.Establecimiento de la llamada desde la extensión 330 a 530 188
Figura 92. Establecimiento de la llamada desde la extensión 330 a 630 189
Figura 93. Prueba de llamada para el funcionamiento del buzón de voz y grabación del mensaje..... 189
Figura 94. Pruebas de captura de llamadas..... 190
Figura 95 Pruebas de Voceo general..... 190
Figura 96. Pruebas de Voceo en la primera planta Edificio GADMC..... 190
Figura 97. Pruebas de Voceo en la segunda planta Edificio GADMC. 191
Figura 98. Pruebas de Voceo en la tercera planta Edificio GADMC..... 191

Figura 99. Pruebas de Voceo en la CDLC GADMC. 191
Figura 100. Pruebas de Voceo en dependencias externas al GADMC. 191
Figura 101. Tráfico RTP utilizando un Softphone (bits/seg) 192
Figura 102. Tráfico RTP con supresor de silencio, utilizando un Softphone (bits/seg) 192
Figura 103. Captura de RTP Stream..... 193
Figura 104. Tráfico RTP con 5 llamadas consecutivas 194
Figura 105. Monitoreo en tiempo real de las aplicaciones del servidor Asterisk a través del comando top 195
Figura 106. Promedio de consumo de procesamiento y memoria del servidor 195
Figura 107. Canales Solapados..... 196
Figura 108. Canales Libres de Solapamiento 196
Figura 109. Verificación de conectividad entre equipos (Antenas) utilizando el comando ping..... 197

Índice de tablas

TABLA I. OFICINAS EXTERNAS INTERCONECTADAS CON EL MUNICIPIO..... 69
TABLA II. EQUIPOS QUE SE ADMINISTRAN EN LA RED DE GADMC..... 70
TABLA III. DISEÑO ACTUAL DE LA RED INTERNA Y DIRECCIONAMIENTO 71
TABLA IV. CARACTERISTICAS DEL SERVIDOR DE BASE DE DATOS 74
TABLA V. SERVICIOS EN LAS DEPENDENCIAS EXTERNAS 75
TABLA VI. RESUMEN DE NÚMERO DE LLAMADAS TELEFONICAS EN LOS MESES DE AGOSTO, SEPTIEMBRE Y OCTUBRE 76
TABLA VII. NÚMERO TOTAL DE LLAMADAS DIARIAS DEL MES DE SEPTIEMBRE DEL 2013 78
TABLA VIII.TIEMPO DE USO POR HORA DEL DÍA 30 DE SEPTIEMBRE DEL 201380
TABLA IX. NÚMERO DE LLAMADAS POR HORA DEL DÍA 30 DE SEPTIEMBRE DEL 2013 81
TABLA X. DISTANCIAS ENTRE GADMC Y DEPENDENCIAS ETERNAS..... 82
TABLA XI. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS DEPENDENCIAS MUNICIPALES .. 82
TABLA XII. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS [AUTOR]..... 87
TABLA XIII. COMPARATIVA DE COSTOS ENTRE WIFI Y WIMAX..... 89
TABLA XIV. COMPARATIVA ENTRE ESTANDARES WIFI..... 90
TABLA XV. BANDAS LIBRES [AUTOR] 92
TABLA XVI. RESUMEN DE CÓDEC DE VOZ 97
TABLA XVII. ANTENAS PARA LA RED MAN..... 110
TABLA XVIII. EQUIPOS A UTILIZAR POR ENLACE..... 110
TABLA XIX. ELECCIÓN DEL TIPO DE CABLE..... 111
TABLA XX. VOLUMEN DE TRÁFICO DE MUNICIPIO DE CATAMAYO 116
TABLA XXI. TAMAÑO DE PROTOCOLOS DE UN PAQUETE..... 117
TABLA XXII. FORMATO DE TRAMA ETHERNET..... 117
TABLA XXIII. FORMATO DE TRAMA 802.1Q 117
TABLA XXIV. CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA DEL CÓDEC G.722 (64KBPS) ... 120
TABLA XXV. TABLA COMPARATIVA DE TARJETAS GATEWAY..... 122
TABLA XXVI. CUADRO COMPARATIVO DE TELÉFONOS VOIP 123
TABLA XXVII. CUADRO COMPARATIVO DE SWITCH 125
TABLA XXVIII. CUADRO COMPARATIVO DE SERVIDOR [7]..... 127
TABLA XXIX. ALTURAS CONSIDERADAS EN EL DISEÑO DE LOS ENLACES..... 129
TABLA XXX. COORDENADAS GEOGRAFÍCAS LA CRUZ Y GUAYABAL 133

TABLA XXXI. PRESUPUESTO DE LOS ENLACES 140
TABLA XXXII. PLAN DE NUMERACIÓN POR PLANTAS DEL EDIFICIO MUNICIPAL 144
TABLA XXXIII. PLAN GENERAL DE MARCACIÓN MUNICIPIO DE CATAMAYO. .. 145
TABLA XXXIV. HOST DEPENDENCIAS EXTERNAS 146
TABLA XXXV. NÚMERO DE HOST CON PROYECCIÓN A CRECIMIENTO 147
TABLA XXXVI. DIRECCIONAMIENTO IP Y VLAN PLANTEADAS 149
TABLA XXXVII. LISTA DE CONTROL DE ACCESO POR DIRECCIONAMIENTO IP 150
TABLA XXXVIII. DIRECCIONAMIENTO ROUTER CISCO 2911/K9 150
TABLA XXXIX. DIRECCIONAMIENTO SERVIDORES 151
TABLA XL. DIRECCIONAMIENTO IP DE SWITCHES 151
TABLA XLI. SERVICIOS A BRINDARSE CON LA RED MAN 154
TABLA XLII. EXTENSIONES DE MARCADO DIRECTO 170
TABLA XLIII. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE LLAMADAS EN LA CONSOLA DE ASTERISK. 188
TABLA XLIV. COMPARATIVA DE PARÁMETROS PARA BRINDAR CALIDAD DE SERVICIO 193
TABLA XLV. VALORACIÓN TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED MAN 200
TABLA XLVI. VALORACIÓN TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE VOIP 201
TABLA XLVII. APROXIMACIÓN COSTO REAL DEL PROYECTO 201
TABLA XLVIII. ORGANIZACIÓN DE DIRECCIONAMIENTO IP EN GADMC 221
TABLA XLIX. ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH TRONCAL 1 225
TABLA L. ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH SEGUNDA PLANTA.. 225
TABLA LI. ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO TESORERIA 225
TABLA LII. ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO CONTABILIDAD 226
TABLA LIII. ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO CATASTROS 226
TABLA LV. ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO AGUA POTABLE 226
TABLA LV. ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO CRIPCIÓN DE PUERTOS SWITCH ACCESO PLANIFICACION 226

TABLA LVII. ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO CDLC (CENTRO DE DESARROLLO LOCAL COMUNITARIO) 226
TABLA LVII. ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO ALCALDÍA 227
TABLA LVIII. ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO PARQUE CENTRAL..... 227

c. Introducción

Las conexiones de red permiten a los empleados de una empresa o institución colaborar entre sí, sin importar el lugar y distancia donde se encuentren. Posibilitan la integración e implementación de nuevas tecnologías como VoIP, que en la actualidad es una solución imprescindible en las instituciones por los beneficios y servicios que otorga al usuario.

En el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo actualmente no cuenta con una red que enlace a las dependencias externas con la red interna. Al no contar con la conexión entre éstas, hace imposible que se brinde servicios como: internet, VoIP entre otros.

Es por las razones antes mencionadas se planteó el tema del proyecto fin de carrera "Análisis y Diseño de una red MAN de alta velocidad, que soporte VoIP y brinde servicios QoS para los departamentos del Municipio de Catamayo", de acuerdo a este tema se pretende dar respuesta a la interrogante planteada en el problema de investigación:

¿El Análisis y Diseño de una red MAN de alta velocidad, permitirá enlazar las dependencias del Municipio de Catamayo y brindar servicios de calidad (QoS) como VoIP, manteniendo una comunicación ágil, eficiente?

Tomando la información descrita anteriormente, el presente proyecto está limitado a identificar las principales necesidades de comunicación del GADMC, poniendo mayor interés en los servicios de red que beneficien a todos los empleados municipales, y de esta forma mejorar la red existente con la integración de nuevos servicios y la conexión mediante radioenlaces a las dependencias externas. Para la ejecución del este proyecto se llevó a cabo las siguientes fases:

Levantamiento de Información: se realiza el análisis de la situación actual de la red y servicios que se brindan, tanto para dependencias internas como externas. Asimismo se realiza el estudio del perfil topográfico de las dependencias externas y el análisis del tráfico de voz.

***Selección de la Tecnología y Hardware*:** se presenta un análisis comparativo y elección de las diferentes tecnologías que en este proyecto se determinó utilizar las siguientes: tecnología inalámbricas Wifi, protocolos de señalización SIP, códecs G722,

estándares 802.11n, además se realiza la comparativa entre los equipos de red que se utilizan para el diseño de la red MAN e implementación de VoIP.

Diseño y Configuración*:* se realiza el diseño de la red interna, separando mediante VLANs la voz de datos y configuración de equipos para VoIP, seguido a esto se diseña la red MAN de cobertura inalámbrica Wifi, con el estándar 802.11n y frecuencia 5.8 GHz, conjuntamente con el diseño se describe el perfil topográfico de cada dependencia externa para el cual se utilizó la herramienta Radio Mobile.

Posteriormente se realizó la configuración del radioenlace (antena del Edificio GADMC y el Parque Central (ITUR)) y la central telefónica con el servidor Asterisk para realizar y recibir llamadas entre usuarios Asterisk y la PSTN.

Implementación y Pruebas: se realizó las pruebas con el propósito de verificar el correcto funcionamiento de los equipos de red, evaluar el desempeño del servidor Asterisk, Comprobar la conexión entre radioenlaces con todos los servicios con los que cuenta el GADMC.

d. Revisión Literaria

Para la implementación del proyecto de una red MAN que soporte VoIP en el Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Catamayo se ha visto necesario realizar una investigación de algunas definiciones que a continuación se detallan.

1. Redes Inalámbricas de área Metropolitana (WMAN)

Las redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN) conectan diversas LAN (Local Area Network) geográficamente (en un área de alrededor de cincuenta kilómetros) entre sí a alta velocidad. Por lo tanto, una MAN permite que dos nodos remotos se comuniquen como si fueran parte de la misma red de área local.

2. WIFI

Wi-Fi (Wireless Fidelity), comprende una gran cantidad de estándares para redes de comunicación inalámbrica basados en las especificaciones IEEE 802.11. En sus inicios Wi-Fi fue pensado para conectar redes locales inalámbricas; sin embargo, actualmente se utiliza para conectar redes a larga distancia como redes metropolitanas (MAN) y redes con acceso a Internet.

La comunicación de forma inalámbrica y no cableada es sencilla por la versatilidad de las redes y el coste que supone la implementación de tecnologías como WiFi ya que son los principales responsables de que las comunicaciones inalámbricas de banda ancha tengan éxito en la actualidad.

Las ventajas de estas redes inalámbricas son numerosas, como su precio y flexibilidad son quizá las más importantes, pero también su gran desventaja es que consumen espectro inalámbrico, que es un recurso limitado además de proveer de un ancho de banda mucho menor que las redes cableadas, especialmente cuando el número de usuarios empieza a ser elevado.

WiFi ha tenido un gran éxito comercial como complemento de las redes cableadas, pero de ninguna manera puede remplazar a esta.

2.1 Arquitectura de las redes Wifi

La tecnología wifi Está formada por cuatro componentes, como se puede apreciar en la figura 1 [1]:

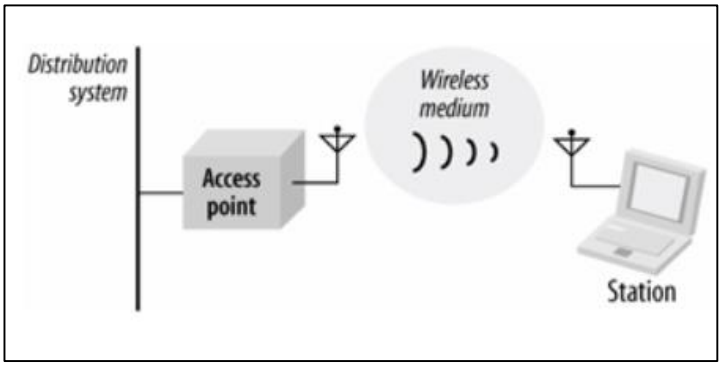


Figura 1.Componentes de la red Wifi *[1]* .

Sistema de Distribución (DS-Distribution System): está definido para asociar varios puntos de acceso que forman un área de cobertura mayor. Es un componente lógico de 802.11 usado para encaminar paquetes a sus destinos

Punto de acceso (AP-Access Point): Actúan de puentes entre la red inalámbrica y la cableada, para comunicar estaciones que están conectadas al AP.

Medio inalámbrico (Wireless medium): es el medio que el estándar usa para trasladar los paquetes de una estación (STA o AP) a otra (STA o AP).

Estaciones (STA-Station): son todos los dispositivos con interfaces inalámbricos. Ej. Ordenadores, PDA's, teléfonos inalámbricos etc, que utilicen una red WiFi para transferir datos entre ellos y comunicarse.

2.2 Estándares 802.11 (WIFI)

El subcomité 802.11 fue establecido en septiembre de 1990 con el fin de producir una especificación de red local inalámbrica capaz de transmitir información a velocidades entre 1 y 10Mbps, con flexibilidad, movilidad, y proporcionar el soporte necesario para la transferencia de archivos, conversaciones de voz y control de procesos en tiempo real.

El estándar IEEE 802.11, cuya revisión final fue aprobada el en junio de 1997, define el funcionamiento e interoperabilidad de las redes inalámbricas. La especificación del IEEE ha elegido la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) para la definición del estándar de WLAN, garantizando su validez global por ser una banda disponible a nivel mundial.

La banda ISM es para uso comercial sin licencia, limitando la potencia de transmisión para las redes locales inalámbricas a 100mW.

La norma no especifica tecnologías ni aplicaciones, sino simplemente las especificaciones para la capa física para la transmisión inalámbrica y la capa de control de acceso al medio MAC.

A continuación se muestra un resumen de los estándares [1]:

802.11a

Estándar de conexión inalámbrica que tiene una velocidad de transmisión de 54 Mbps con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbps, en una banda de 5 GHz con modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) que ayuda a minimizar las interferencias y aumenta el número de canales sin solapamiento.

Esta norma no es compatible con los productos de 802.11b, ya que no utilizan el mismo rango de frecuencias.

802.11b

Estándar de conexión inalámbrica que tiene una velocidad de transmisión capaz de variar desde 1-5.5 y 11 Mbps, dependiendo de diferentes factores. Emplea una modulación DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) que utiliza un código de pseudorruido para "modular", de tal forma que aumente el ancho de banda de la transmisión y reduzca la densidad de potencia espectral.

En cuanto a las distancias a cubrir depende de las velocidades aplicadas, del número de usuarios conectados y del tipo de antenas que se utilicen.

Este estándar trabaja con una frecuencia de 2.4 GHZ por lo que lo hace incompatible con 801.11a pues funciona en otra banda, además de presentar inconvenientes como la falta de QoS.

802.11g

Compatible con los productos 802.11b y utilizando la misma frecuencia de trabajo puede alcanzar velocidades de hasta 54 Mbps pero en la práctica de 30 Mbps en una banda de 2.4 GHZ, soporta modulaciones DSSS y OFDM. Cubre de 50 a 100m de distancia

en interiores pero permite hacer comunicaciones de hasta 50 Km con antenas parabólicas apropiadas.

802.11e

El objetivo del nuevo estándar IEEE 802.11e es introducir nuevos mecanismos a nivel de capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de Calidad de Servicio. Para cumplir con su objetivo introduce un nuevo elemento llamado HCF (Hybrid Coordination Function, Función de Coordinación Híbrida) con dos tipos de acceso: (EDCA, Enhanced Distributed Channel Access, Función Mejorada de Distribución de Acceso al Canal) y (HCCA, HCF Controlled Channel Access, Función HCF de Control de Acceso al Canal) las cuales llevan asociadas varias de clases de tráfico. Gracias a este estándar será posible utilizar aplicaciones de VoIP o sistemas de videoconferencia de alta calidad con infraestructura inalámbrica.

802.11n

El borrador fue desarrollado en el 2007 y aprobado en 2009. La velocidad real estimada es de 600 Mbps (la velocidad teórica de transmisión es aún mayor), y 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y cerca de 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. Mejor rendimiento en 5GHz, se puede usar en 2.4 GHz si las frecuencias están libre.

Entre estas mejoras se incluye:

OFDM Mejorado - Modulación OFDM (Multiplexaje por División de Frecuencias Ortogonales) nueva y más eficiente que provee anchos de banda más amplios y mayores velocidades de datos.

Canales de 40 MHz - 802.11n duplica las velocidades de datos mediante el incremento del ancho de canal de transmisión. En 802.11 a/g el ancho de canal estándar es de 20 MHz y este se ha ampliado a 40 MHz en 802.11n.

Multiple-Entrada / Múltiple-Salida **-** Un sistema de radio (transceptor) con múltiples entradas al receptor y múltiples salidas del transmisor capaz de enviar o recibir múltiples cadenas de datos simultáneamente (los radios 802.11 actuales solo pueden enviar/recibir una cadena de datos en una sola antena usada en configuración de diversidad Primaria/Secundaria)

Agregación de Tramas - 802.11n mejora la capa MAC y reduce la transmisión de encabezados ya que permite que varias tramas de datos sean enviadas como parte de una sola transmisión. Adicionalmente reduce el espaciado entre tramas lo cual permite que la transmisión sea completada en menor tiempo, liberando el medio para su uso por otras transmisiones, y así incrementando la eficiencia y throughput de la red.

El modo de operación PCO (Phased Co-existence Operation)- le permite a 802.11n cambiar dinámicamente el canal de operación de 40 MHz a 20 MHz mientras se comunica con una antena WiFi 802.11 a/b/g o un dispositivo 802.11n, lo cual se traduce en compatibilidad retroactiva a 802.11 a/b/g.

Soporta marcado QoS- lo que significa que los datos que requieren prioridad, tales como audio y video, funciona mucho mejor en un entorno 802.11n.

802.11ac

En diciembre de 2012 se lanzó el estándar IEEE 802.11ac que es una propuesta de mejora a la norma IEEE 802.11n que se viene utilizando actualmente.

Características 802.11ac [2]**:**

- La velocidad de transmisión es mucho mayor, alcanzando los 1.3 Gbps gracias al movimiento de información va tres flujos de 433Mbps cada uno. Por su velocidad, el estándar también se conoce como Wi-Fi 5G o Wi-Fi Gigabit.
- El radio de cobertura es más amplio, hasta un máximo de 90-100 metros, que es lo que el consumidor reclama con más frecuencia de este tipo de conexiones.
- 802.11ac funciona en la banda de 5 GHz, que ofrece más canales sin interferencias, y esta menos poblada", por lo tanto aporta una mayor estabilidad a la conexión, y un mayor radio de funcionamiento.
- Su uso es recomendable para servicios de audio bajo la demanda VoIP brindando calidad de servicio (QoS) incluso en los casos en los que múltiples llamadas se cursan simultáneamente en un mismo punto de acceso.
- Otras mejoras consisten en la ampliación del ancho de banda hasta 160 MHz (40MHz en las redes 802.11n), hasta 8 flujos MIMO (4 en 802.11n) y modulación de alta densidad 256-QAM (64-QAM en 802.11n).

- En el campo de las redes multimedia, esto nos asegura que podríamos reproducir en streaming (transferencia de audio y video) dentro del hogar cualquier archivo de alta definición, sea video o voz.

2.3 Seguridad en las redes 802.11 (Wifi)

Uno de los problemas más graves a los cuales se enfrenta actualmente la tecnología wifi es la seguridad. Un muy elevado porcentaje de redes son instaladas por administradores de sistemas y redes por su simplicidad de implementación sin tener en consideración la seguridad y, por tanto, convirtiéndose sus redes en redes abiertas, sin protegerla información que por ellas circulan.

Para poder considerar una red inalámbrica como segura, debería garantizar los siguientes requisitos:

- Las ondas de radio deben confinarse tanto como sea posible, lo cual resulta de difícil implementación pero se puede llegar una solución de compromiso antenas direccionales y configurando adecuadamente la potencia de transmisión de los APs (puntos de acceso).
- Debe implementar algún mecanismo de autentificación de doble vía, que permita al cliente verificar que se está conectando a la red correcta, y a la red constatar que el cliente está autorizado para acceder a ella.
- Los datos deben viajar cifrados por el aire, para evitar que equipos ajenos a la red puedan interpretar la información.

Dicho de otra forma para la seguridad de la red inalámbrica se deben cumplir estos puntos:

- **Integridad**: característica que garantiza que un mensaje no se ha visto alterado en el camino desde emisor a receptor.
- **Confiabilidad:** garantiza que la información sólo está disponibles para el destinatario autorizado.
- **Autentificación**: con lo que se garantiza el origen de la información

Con el objetivo de proteger las comunicaciones inalámbricas, y conscientes de que la única forma de protegerlas es mediante el uso de criptografía, han ido surgiendo distintos protocolos criptográficos: WEP, WPA y WPA2. Estos dos últimos, se diferencian en poco, pues WPA fue creado para ser no más que una transición a WPA2

mientras se completaba el estándar. El estándar contempla una serie de medidas básicas destinadas a la protección:

Filtrado de direcciones MAC: Posibilidad de definir listas de control de acceso, ACL (Access Control List), en los puntos de acceso. Cada uno de estos puntos puede contar con una relación de las direcciones MAC de cada uno de los clientes que queremos que se conecten a nuestra red inalámbrica. Cada estación cuenta con una dirección que la identifica de forma inequívoca, y si el punto de acceso no la tiene dada de alta, simplemente no recibirá contestación por su parte.

Hay que tener en cuenta que éste no es el método más seguro para proteger la entrada a la red inalámbrica. Habrá que actualizar esta ACL cada vez que se de alta un nuevo cliente inalámbrico, eliminando aquellos que se quieren dejar de utilizar.

WEP (Wired Equivalent Privacy): El cifrado de la información es una de las técnicas más utilizadas. Es un sistema que genera una clave que se comparte entre el cliente (STA) y el punto de acceso (AP), y que permite o deniega la comunicación entre ambos dispositivos. WEP utiliza un sistema con una clave de 64 ó 128 bits, que pueden ser hexadecimales o ASCII, mediante la que se autentifica el acceso y se encripta la información que se transmite entre ambos dispositivos.

WPA/WPA2 (WI-FI Protected Access): con el objeto de dotar de mayor control y seguridad a las redes inalámbricas WiFi Alliance crea WPA que sustituye a WEP. WPA mejora la forma de codificar los datos respecto a WEP, utilizando TKIP (Temporal Key Integrity Protocol), al mismo tiempo que proporciona autenticación de usuarios mediante 802.1x y EAP (Extensible Authentication Protocol)

En realidad la diferencia más importante entre ambos (WPA y WPA2) es que WPA sigue implementando el algoritmo de cifrado RC4, y utiliza como protocolo de gestión de claves TKIP mientras que WAP2 implementa el algoritmo de cifrado AES (Advanced Encryption Standard) más seguro que RC4.

2.4 Calidad de Servicio con estándares 802.11 (Wifi)

El desarrollo de la tecnología en los últimos años está orientando a la implementación de nuevas aplicaciones que deben ser garantizadas en las redes inalámbricas, por ejemplo VoIP, aplicaciones multimedia, videoconferencia, radio internet y más, las

cuales deben cumplir requerimientos mínimos para su correcta operación, por lo que se hace necesario brindar un mecanismo de QoS.

Las aplicaciones en tiempo real como VoIP requieren que no haya pérdidas de paquetes, ni retardo al entregar los datos. Además, estas aplicaciones necesitan suficiente ancho de banda para tener servicios de calidad.

Por otro lado, servicios de datos como e-mail y ftp requieren que las transmisiones estén libres de errores. IEEE 802.11e fue diseñado con la idea de poder soportar todas estas aplicaciones con requisitos diferentes.

En IEEE 802.11e hay dos mecanismos de acceso adicionales: EDCA (Enhanced DCF Channel Access) y HCCA (Hybrid Coordination Function Channel Access).

EDCA fue diseñada para soportar priorización de tráficos (ej. DiffServ - Servicios diferenciados), mientras que HCCA soporta tráfico parametrizado (garantizando QoS, ej. IntServ - Servicios Integrados). Para asegurar la compatibilidad de redes inalámbricas con QoS y sin QoS el estándar permite la existencia conjunta de DCF y PCF con HCF (Hybrid Coordination Function) como se puede observar en la **figura 2:**

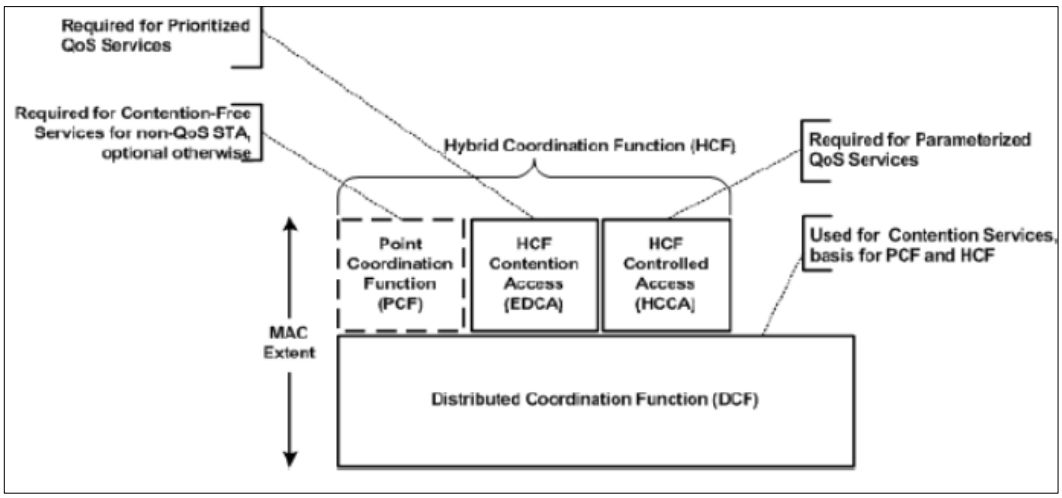


Figura 2.Estructura MAC

EDCA (Enhanced DCF Channel Access): EDCA proporciona servicios de tráfico diferenciado, es decir, sin reserva de recursos. Por tanto no garantiza que se cumplan los requisitos de QoS estrictamente. Además, la decisión de quién recibe la TxOP se hace de forma distribuida, es decir, se toma conjuntamente entre todas las estaciones.

En cada QSTA (STA con QoS) se definen cuatro colas para las ocho tipos de flujos de tráfico existentes, numerados con un TID entre 0 y 7. El esquema de planificación EDCA se muestra en la **figura 3.**

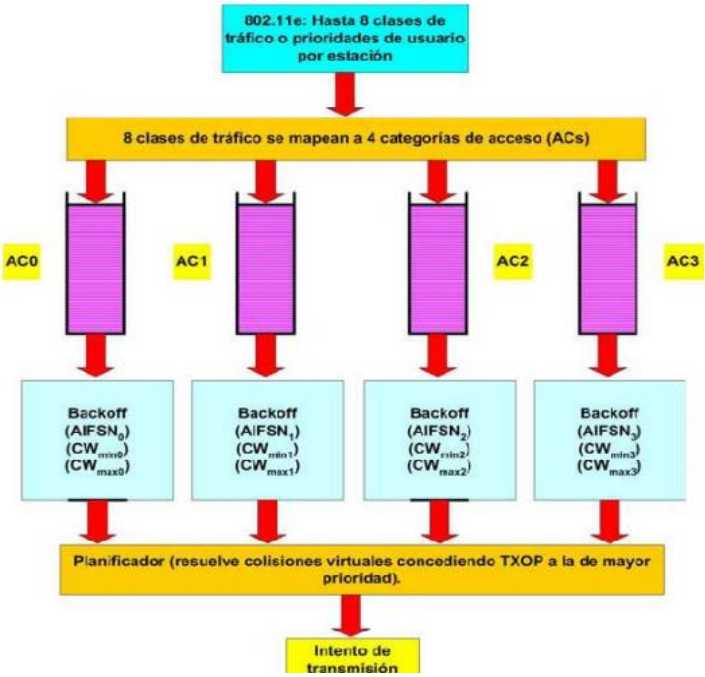


Figura 3. EDCA [5]

El mecanismo EDCA añade nuevos componentes que permiten introducir calidad de servicio en el sistema, como son el concepto de TxOP (Oportunidad de Transmisión) y el AIFS (Espacio entre Tramas Arbitrario).

La priorización se consigue en base al uso de los siguientes parámetros [1]**:**

Espacio Arbitrario entre Tramas (AIFS): Su tarea es equivalente al intervalo DIFS usado en DCF, sólo que ahora puede haber un valor diferente de AIFS por cada categoría de acceso (AC), dando una mayor prioridad a las ACs con menor AIFS. El tiempo AIFS es el intervalo de tiempo mínimo que tiene que estar el medio libre antes de empezar a transmitir. Hay que indicar que el AIFS es mayor o igual que DIFS, y por tanto las estaciones con el estándar IEEE 802.11 tiene prioridad sobre EDCA.

Ventana de Contención (CW): un número aleatorio para lanzar el mecanismo de espera aleatorio (backoff). Depende de cada estándar y es distinto para cada AC, tratándose de una prioridad estadística no garantizada.

Límite de la Oportunidad de Transmisión (límite TxOP): es la duración máxima de la oportunidad de transmisión, durante la cual una QSTA (STA con QoS) puede transmitir sus paquetes.

2.5 Wifi a Largas Distancias

Aunque IEEE802.11 se diseñó desde el principio para redes de área local, con alcances máximos del orden de cientos de metros, algunas aplicaciones puntuales y los productos de algunos fabricantes han mostrado su posible utilidad para distancias superiores.

Algunas de las experiencias más conocidas son:

- La Corporación Aeroespacial Sueca (SSC) logró en 2002 un enlace punto a punto de 310Km en la banda de 2.4GHz entre un equipo terrestre y otro en un globo troposférico, empleando equipos de Alvarion.
- La Red de Educación e Investigación en Redes Inalámbricas de Altas Prestaciones (HPWREN), sostenida por dos universidades de San Diego, logró también en 2002 un enlace de 116Km entre la costa continental y la Isla de San Clemente, por encima del Océano Pacífico.
- Estudiantes de la Weber University de Utah (USA) reportaron a la prensa en 2003 haber logrado un enlace de 132 km con equipamiento Cisco de la gama 350, transmitiendo 1.5W.
- Empresas como Mikrotik, en Letonia, y no pocos proveedores de acceso a Internet, sobre todo en países menos desarrollados en los que las redes de telefonía no brindaban los recursos necesarios para el acceso a redes de datos, experimentaron en estos años con enlaces punto a multipunto de hasta 12 km de distancia entre estaciones, y punto a punto de hasta 40Km.
- Gente del mundo de las redes inalámbricas ciudadanas, empezando por Rob Flickener y continuando por múltiples equipos de diversas partes del mundo, lograron en los mismos años enlaces punto a punto de más de 80 km en zonas montañosas. Todos estos ejemplos y algunos más coinciden en lograr enlaces con material estándar WiFi complementado con amplificadores bidireccionales y antenas externas directivas, y en reportarlo sin detalles de las prestaciones obtenidas.
- Enlace a la frecuencia de 5,8 GHz. Aunque la distancia es sólo de 16 km, uno de los extremos está a 4765 m de altura y está conectado a una

cámara que transmite imágenes del Pico Bolívar, de 5000m de altura. Realizado por el Merida Atmospherie research Station (MARS), Proyecto Conjunto Venezuela-Alemania.

- "Estudio y diseño de una red de datos para el Instituto de Seguridad Social ISSFA y sus agencias a nivel nacional a través de la infraestructura de telecomunicaciones de las Fuerzas Armadas", Utilizando un enlace con frecuencia de 2.4 GHZ. Con una distancia máxima de 25 Km, Proyecto realizado en Sangolquí – Ecuador [3].

2.6 Consideraciones que se debe tomar en cuenta en una red wifi a larga distancia:

Son cinco las áreas que hay que modificar en los dispositivos WiFi para aplicarlos a larga distancia: mejorar el presupuesto de potencia transmitida (PIRE), aumentar la ganancia de las antenas, disminuir las pérdidas en los cables de antena, mejorar la sensibilidad del receptor y tomar en cuenta el efecto del tiempo de propagación de las señales de radio que es de 33, 3 microsegundos por kilómetro.

Además se tiene que tomar en cuenta otros puntos como [4]:

- Los enlaces WiFi trabajan en bandas que no requieren licencia, lo que implica que tampoco tienen ninguna protección del ente regulador.
- Antes de hacer una inversión en este tipo de tecnología examine el estado del espectro en la región y en la banda que piensa utilizar.
- En las ciudades, la banda de 2, 4 GHz está muy congestionada. En zonas rurales generalmente hay menos problemas.

3. Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

WiMax es muy efectiva a la hora de transmitir datos sobre canales con ancho de banda superior a 5MHz. Por debajo de ese ancho de banda, los actuales sistemas 3G basados en CDMA (Code division multiple access) son comparables en cuanto a rendimiento, pero a medida que aumentamos el ancho de banda, estos sufren demasiadas pérdidas a causa de la interferencia entre símbolos, y es ahí donde OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales) marca la diferencia.

OFDM está bastante extendido en las comunicaciones inalámbricas gracias a su resistencia a las interferencias y a las degradaciones de señal. Esto se consigue debido

a que las frecuencias, siendo ortogonales entre ellas, eliminan (teóricamente) las interferencias entre canales. Por ello, usando OFDM se consigue alcanzar y asegurar una distancia mayor con menos interferencias.

3.1 Características Wimax

WiMAX es una tecnología que poco a poco se ha ido desarrollando y se ha posicionado en algunos países como una opción viable para servicios móviles, algunas de sus características más sobresalientes son [5]:

- Opera tanto en bandas licenciadas (2.3GHz y 3.5 GHz) para trasmisiones a larga distancia y en bandas no licenciadas entre 5.8 GHz, 8 GHz y 10 GHz, dependiendo las asignaciones del espectro que se tengan en cada región o país.
- Se basa en OFDM, puede cubrir distancias muy amplias que abracan campus enteros incluso ciudades pues el rango está en el orden de 50 km, incluso en condiciones de NLOS. Tiene eficiencia espectral de 5 bps/Hz y tasa de transmisión de hasta 128 Mbps.
- Soporta varios tipos de multiplexion, como lo es TDD (Time Division Duplexing) y FDD (Frequency Division Duplexing).
- Es escalable y puede acoplarse con otras tecnologías como lo es WiFi
- Soporta modulación adaptable. Ofrece niveles de servicio SLA (Service Level Agreement) que es un acuerdo en el que los operadores se comprometen a prestar un servicio bajo determinadas condiciones mínimas y ofreciendo calidad de servicio (QoS).
- Soporta aplicaciones como video y voz en un mismo canal, admite tecnologías como VoIP, videoconferencias y otras tecnologías de comunicación entre personas, oficinas y dispositivos.
- Utiliza antenas inteligentes que mejoran la eficiencia espectral y que a través de la modulación adaptable se adaptan a las condiciones de la SNR en un determinado instante.
- Es más económica que las redes cableadas como son las basadas en fibra óptica, por lo que ha comenzado a popularizarse en diversas ciudades y países.
- Soporta medidas de encriptación mediante los algoritmos Triple DES (128 bits) y RSA (1024bits) y autenticación de usuarios.

3.2 Wimax en la calidad de Servicio (QoS)

La introducción de calidad de servicio (QoS) dentro de la capa MAC del estándar WiMAX es quizá el punto clave de este estándar. La capa MAC está orientada a conexión, y de este modo es posible ofrecer servicios de flujo constante característicos de ATM, o servicios de tiempo real en los que no se permite una latencia muy grande, como los servicios de voz sobre IP (VoIP). Cada conexión de subida (UL) tiene asociado un servicio de programación que permite mejorar la eficiencia de los procesos de petición y concesión de ancho de banda. Durante el establecimiento de la conexión se negocian las necesidades del servicio y los parámetros QoS asociados. De este modo, la BS pueden anticipar las necesidades de velocidad y de retardo del tráfico de subida y actuar en consecuencia.

Se consideran cuatro servicios básicos [5]:

- El servicio no solicitado de concesión (Unsolicited Grant Service – UGS), pensado para servicios que generan unidades fijas de datos periódicamente. La BS asegura el Cumplimiento de los parámetros de conexión sin necesidad de efectuar peticiones, con lo que se elimina la sobrecarga y la latencia debida a los mensajes de petición.
  Generalmente, este modo se aplica a conexiones ATM CBR y a circuitos E1/T1 sobre ATM.
- El servicio de peticiones en tiempo real (Real-Time Polling Services – rtPS), diseñado para servicios de tiempo real que generan periódicamente paquetes de tamaño variable, por ejemplo, transmisión de flujos de datos de video, voz sobre IP, etc. Las SS solicitan el ancho de banda que necesitan y la BS le concede sólo lo que realmente necesitan. Las peticiones aumentan la sobrecarga y la latencia del protocolo, pero este sistema optimiza el transporte de datos.
- El servicio de peticiones en tiempo no real (Non-Real-Time Polling Services – nrtPS), es parecido al anterior, pero con la diferencia que las SS pueden intentar utilizar ancho de banda sobrante enviando peticiones a la BS. Está pensado para aplicaciones que toleran retardos largos, por ejemplo servicios FTP (Protocolo de transferencia de archivos - File Transfer Protocol) de banda ancha, o ATM GFR.

- Servicios de mínimo esfuerzo (Best Effort Service – BE), no se garantiza la velocidad ni los retardos. Las SS envían peticiones cuando tienen la oportunidad. Los elementos clave de este servicio son velocidad mínima reservada, velocidad máxima sostenida y la prioridad de acceso.

3.3 Seguridad en Wimax

IEEE802.16 incorpora mecanismos de seguridad dentro de la definición de los protocolos de la capa MAC, concretamente se define la capa Security Sublayer. En cuanto a seguridad el método más seguro para proteger las comunicaciones de los usuarios de redes es la encriptación de los flujos de datos entre la estación base (BS) y la estación cliente (SS), de tal forma que la red este protegida de accesos no autorizados, intrusos y posibles robos de servicios.

Los mecanismos de seguridad ofrecidos por sistemas WiMAX, son [5]:

- **Asociaciones de Seguridad** (SA-Security Association) Una asociación de seguridad es un conjunto de informaciones de seguridad que comparten una estación base y una, o más, estaciones cliente con el objetivo de proporcionar comunicaciones seguras. De esta manera se identifican todos los parámetros de seguridad ligados a las conexiones entre BS y una o más SS.
- **Protocolo de autenticación:** El proceso de autentificación de una SS se basa en el intercambio de certificados digitales, claves de reconocimiento, claves para encriptar claves, claves de autentificación de mensajes y la información sobre los protocolos que aceptan tanto la BS como la SS.

Las estaciones cliente utilizan el Privacy Key Management (PKM) para obtener de la BS autorizaciones y el material para encriptar el tráfico, e implementan las funciones necesarias para permitir la reautorización periódica y la renovación de claves.

El protocolo PKM utiliza:

- Certificados digitales X.509 (IETF RFC 22459)
- El algoritmo RSA de encriptación de clave pública (PKCS #1)
- Algoritmos simétricos robustos para el intercambio de claves entre BS y SS.

- **Cifrado de datos**: La encriptación se aplica únicamente a los datos generales del servicio, en concreto a la carga de datos de las PDU MAC. La cabecera genérica MAC, todos los mensajes MAC de gestión y el CRC, se mandan en texto claro para facilitar el registro, acceso y las operaciones normales de la subcapa MAC.

El estándar define dos formas de encriptar los datos:

- Data Encription Standard (DES) en modo Cipher Block Chiang (CBC).
- Advances Encription Standard (AES) en modo Counter with CBC-MAC (CCM).

4. Introducción a la VoIP

La voz IP consiste en transmitir voz sobre protocolo IP.

Las redes IP fueron diseñados principalmente para datos y muchas de las ventajas de las redes IP para los datos resultan ser una ventaja para la voz pues ésta es muy sensible a retardos y problemas de transmisión por muy pequeños que estos sean.

Hay muchos protocolos involucrados en la transmisión de voz sobre IP, como el propio protocolo IP y otros protocolos de transporte como TCP o UDP. Encima de ellos se colocan los protocolos de señalización de voz y como si esto fuera poco existen además muchas opciones de protocolos de señalización disponibles lo que puede hacer que todo suene un poco confuso al principio.

4.1 Clasificación de Protocolos IP

4.1.1 Protocolos de Señalización

En los últimos años, los protocolos de señalización para el servicio de transmisión de voz han experimentado una fuerte evolución, puesto que cada vez más, se están usando las redes de conmutación de paquetes para transportar tráfico de voz. Las necesidades de calidad de servicio hacen que sea necesaria una gestión de recursos que asegure la optimización de la capacidad de transporte de la voz extremo a extremo, para ello surgen los protocolos de la señalización. Algunos de ellos se describen a continuación.

Protocolo H.323

El protocolo H.323 es un estándar definido en el RFC 3508 que consiste en un conjunto de recomendaciones de la ITU, que definen los protocolos para proveer sesiones de transmisión de voz y video a través de redes de datos IP. Está basado en los protocolos RTP y RTCP con transporte sobre UDP, con protocolos adicionales para el establecimiento de llamadas y transmisión de datos audiovisuales [6].

El protocolo de reserva de recursos (RSVP) definido en el RFC 2205, que trabaja en la capa de transporte, está diseñado para reservar recursos de una red bajo la arquitectura de servicios integrados, este protocolo puede ser de utilidad en conexiones unidireccionales [6].

Este estándar está originalmente basado en el protocolo Q.931 el cual es el encargado del control de conexiones de la red digital de servicios integrados (ISDN) realizadas por medio de líneas telefónicas ordinarias para transmitir señales digitales en lugar de analógicas, permitiendo que los datos sean transmitidos más rápidamente que con un módem tradicional. Esta característica entrega una fácil interoperabilidad con la red PSTN y las redes de señalización [6].

El estándar H.323 define un conjunto de protocolos como se muestra en la figura 4 que gestionan la preparación, establecimiento, control de estado, mensajería, códecs de audio/video, transferencia de datos y fin de llamada. Estos protocolos funcionan sobre un nivel de transporte basado en TCP y UDP, este protocolo ya está en desuso puesto que SIP ofrece muchas mejoras con respecto a H.323 [6]

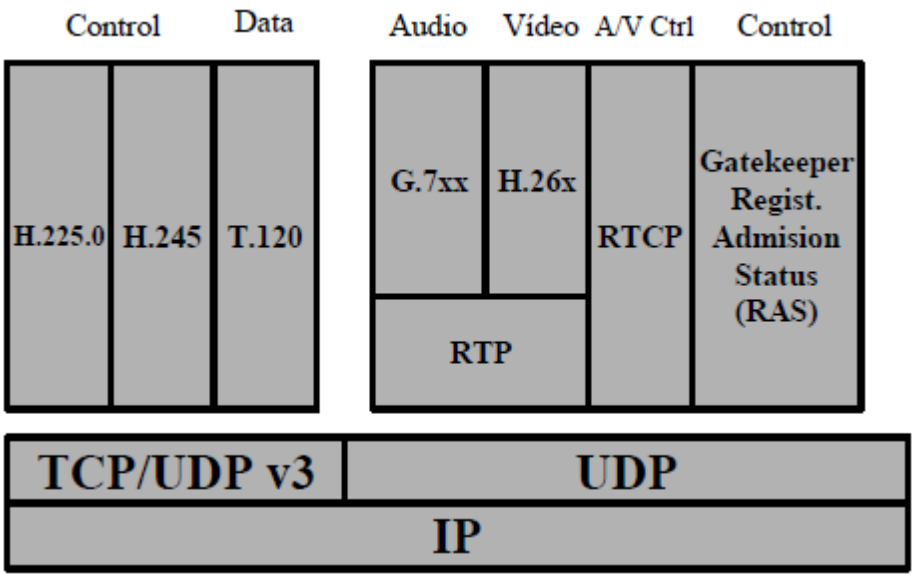


Figura 4.Arquitectura de protocolos H.323 *[7]*

Protocolo SIP

Es un protocolo de señalización extremo a extremo a nivel de aplicación, lo cual implica que toda la lógica es almacenada en los dispositivos finales, el estado de la conexión es también almacenado en los dispositivos finales. El precio a pagar por esta capacidad de distribución y su gran escalabilidad es una sobrecarga en la cabecera de los mensajes producto de tener que mandar toda la información entre los dispositivos finales [6].

SIP trabaja en la creación, modificación, y finalización de sesiones con uno o varios participantes, basándose en mensajes de petición y respuesta y reutiliza muchos conceptos de estándares anteriores como el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) y el Protocolo Simple de Transferencia de Correo (SMTP), estas sesiones incluyen llamadas telefónicas de Internet, tráfico multimedia, mensajería instantánea, conferencias multimedia y mensajería inmediata, esta comunicación se hace posible gracias a dos protocolos de transporte de VoIP como son RTP/RTCP y SDP [6].

El protocolo SIP fue desarrollado basándose en varios protocolos usados en Internet que utilizan un contexto establecido en la aproximación de peticiones y respuestas. Puesto que un protocolo solamente define como las sesiones son inicializadas o terminadas, se hace uso de otros protocolos que la IETF ha definido para cubrir otros aspectos de la VoIP y sesiones multimedia, como SDP para la negociación de las

capacidades, Universales Request Identifiers (URIs) para el direccionamiento, Domain Name Server (DNS) para resolución de nombres de dominio, la ubicación de servicio y el enrutamiento de la llamada de Telefonía sobre IP [6]

Tipos de mensajes de una llamada entre terminales SIP

El protocolo SIP trabaja mediante mensajes de invitaciones que son usados para crear sesiones que permitan a los usuarios o participantes de la comunicación conectarse dentro de un entorno de medios compatibles. Esto último es posible haciendo uso de elementos llamados servidores proxy para establecer la ruta de destino requerida por el usuario, la autenticación y la autorización de servicios a los usuarios aplicando políticas de encaminamiento de llamadas del proveedor y así lograr la conexión de origen con el destino. Los clientes SIP se remiten a los Agentes de Usuario de SIP (UA), para así poder realizar llamadas de punto a punto, como se muestra en la figura 5 [6].

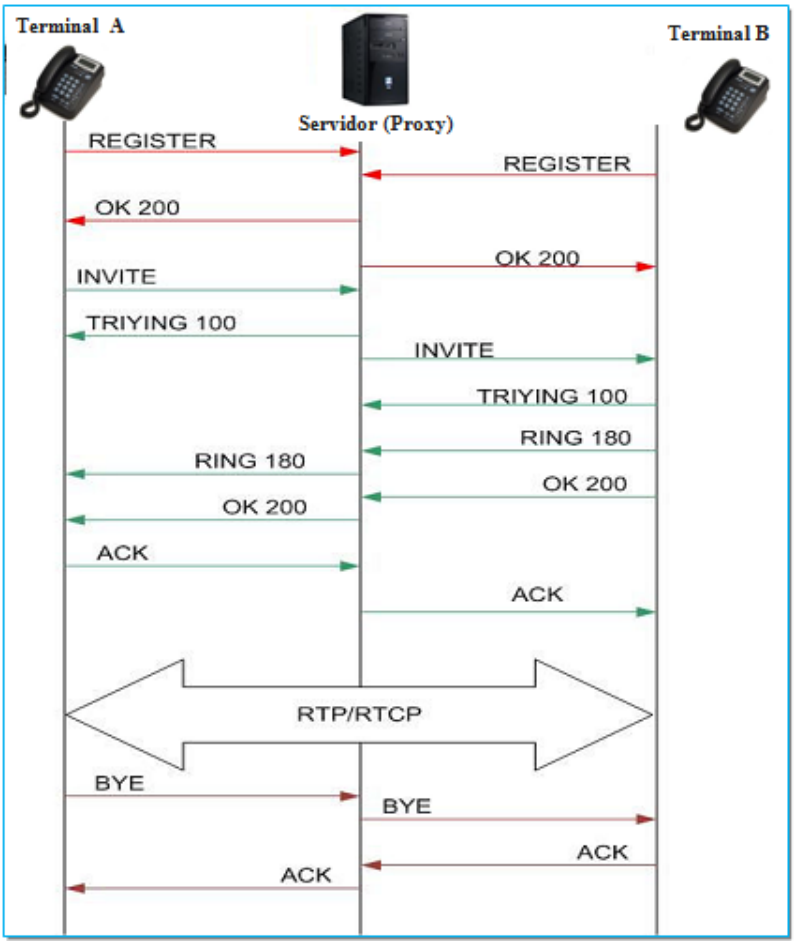


Figura 5.Esquema de una llamada con el protocolo SIP [6]

Proceso de establecimiento de una llamada SIP

En las dos primeras transacciones de color rojo, se puede observar la manera en que los usuarios se registran al servidor SIP, los usuarios deben registrarse para poder ser encontrados por otros usuarios. En este caso, los terminales envían una petición REGISTER, donde los campos from y to corresponden al usuario registrado. El servidor Proxy, que actúa como Register, consulta si el usuario puede ser autenticado y envía un mensaje de OK en caso positivo. En la transacción ilustrada con color verde, se grafica la forma de establecer una sesión, en este caso consiste en una petición de INVITE de parte del usuario A, hacia el usuario B, el cual debe primero pasar por el servidor proxy quien envía un TRYING 100 para las retransmisiones y reenviar la petición al usuario B [6].

Luego se puede ver que existe un establecimiento de sesión que consiste en una petición INVITE del usuario al proxy. A continuación, el proxy envía un TRYING 100 para detener las retransmisiones y reenvía la petición al usuario B. El usuario B envía un Ringing 180 cuando el teléfono empieza a sonar y también es reenviado por el proxy hacia el usuario A. Por último, el OK 200 corresponde a aceptar la llamada, es decir, el usuario B atiende la llamada [6].

La flecha bidireccional indica que la llamada está establecida entre los usuarios, es aquí cuando pasa a funcionar el protocolo RTP/RTCP, con los parámetros, puertos, direcciones, códecs y todos los elementos que participan en la comunicación VoIP establecidos antes en la negociación mediante el protocolo de descripción de sesión [6].

Finalmente se muestra cómo se da la finalización de sesión, la cual se lleva a cabo con una única petición de finalización de llamada (BYE) enviada al Proxy, y posteriormente reenviada al usuario B. Este usuario contesta con un OK 200 para confirmar que se ha recibido el mensaje de finalización correctamente. ACK confirma que el cliente solicitante ha recibido una respuesta final desde un servidor a una solicitud INVITE reconociendo la respuesta como afirmativa [6].

Arquitectura del protocolo SIP

La arquitectura que permite que el protocolo SIP soporte funcionalidades para el establecimiento y finalización de las sesiones multimedia como localización,

disponibilidad, utilización de recursos, y características de negociación son los agentes de usuario (UA) y los servidores de red, tal como se muestra en la figura 6

User Agent (UA): se compone de dos partes distintas el User Agent Client (UAC) el cual es una entidad lógica encargada de generar peticiones SIP y recibir respuestas a esas peticiones y el User Agent Server (UAS) que es una entidad lógica que genera respuestas a las peticiones SIP. Estos deben estar presentes en todos los agentes de usuario puesto que la comunicación a través del protocolo SIP es una comunicación cliente– servidor. Tanto los Agentes de Usuarios Clientes como los Agentes de Usuario Servidor tienen la capacidad de soportar una comunicación básica conocido como modelo de llamada básico entre puntos finales (endpoints) sin el uso de servidores de red. No obstante la potencialidad de SIP se aprovecha mejor al emplear los servidores de red, clasificándose desde un punto de vista lógico de la siguiente manera [6]:

Servidores de redirección: Es una entidad que se encarga de procesar solicitudes SIP conocidos como mensajes INVITE, y generar respuestas que contienen la localización actual de un usuario en particular.

Servidores proxy: Es una entidad intermedia que actúa como cliente y servidor con la finalidad de establecer llamadas entre los usuarios. La funcionalidad de este servidor es semejante a la de un Proxy HTTP que realiza la tarea de enrutar las peticiones que recibe de otras entidades más próximas al destinatario.

Servidores de registro: La función principal del servidor es aceptar las peticiones de registro del usuario, autenticar y validar la cuenta contra una base de datos interna o externa y registrar la localización del usuario para suministrar un servicio de localización y traducción de direcciones en el dominio que controla.

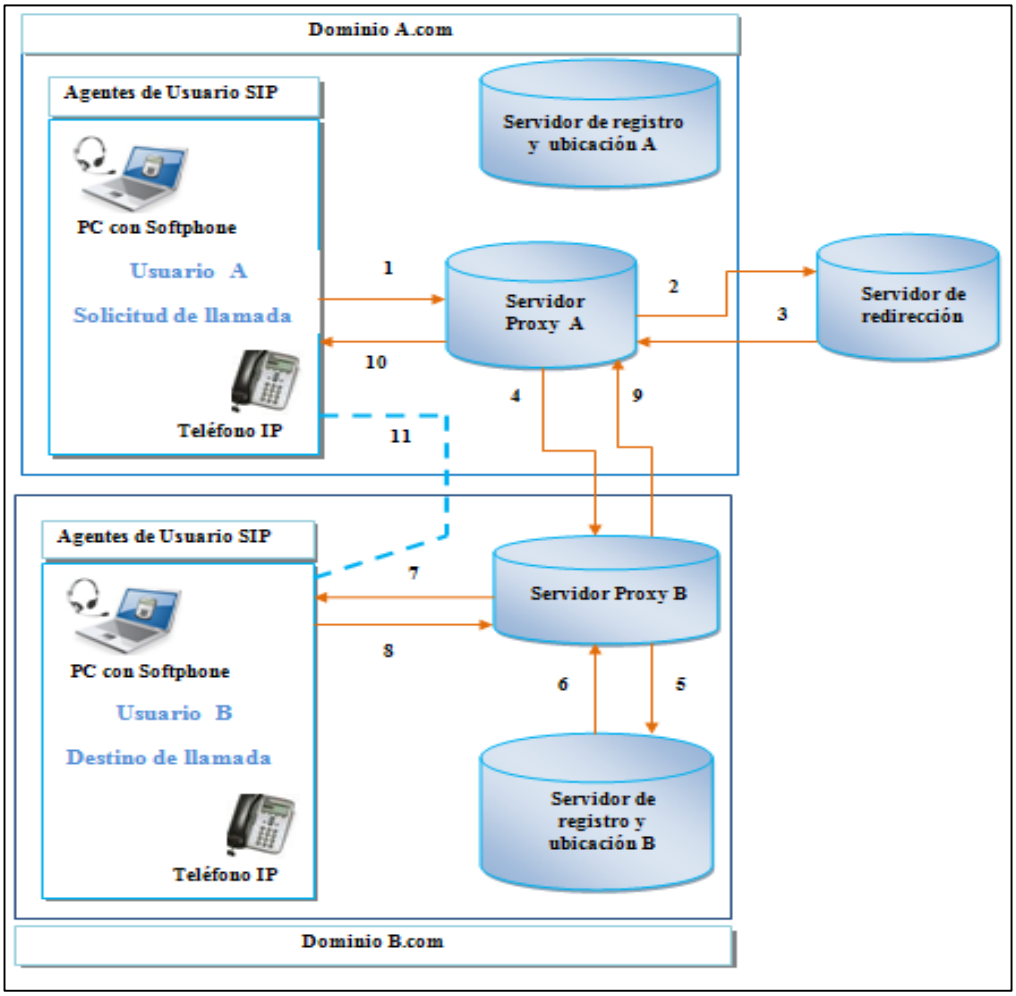


Figura 6.Arquitectura funcional del protocolo SIP [6]

1. Usuario A solicita al servidor proxy de su dominio establecer una llamada con el usuario B.
2. Servidor proxy solicita al servidor de redirección la ruta para llegar al usuario B.
3. Este responde enviando la dirección del servidor proxy del dominio B.
4. Servidor proxy del dominio A llama al SIP proxy del dominio B.
5. Servidor proxy B solicita la dirección del usuario B a su servidor de registro.
6. Servidor de registro envía la dirección del usuario B.
7. Proxy B hace la petición al usuario B enviando la solicitud de llamada del usuario A.
8. Respuesta del usuario B a su servidor proxy.
9. Servidor proxy B envía la respuesta al proxy del dominio A.
10. Servidor proxy A envía la respuesta al usuario A.
11. Se establece el envío de paquetes RTP sobre UDP, estableciendo la comunicación

Protocolo IAX

Este protocolo actualmente en su segunda versión IAX2 definida en el RFC-5456, fue desarrollado por Mark Spencer con el objeto de resolver una serie de problemas e inconvenientes que se encontró al utilizar el protocolo SIP en VoIP, su funcionamiento se esquematiza en la **figura 7** [6]

IAX2 es un protocolo robusto, con nuevas funcionalidades y muy simple en comparación con otros protocolos. Permite manejar una gran cantidad de códecs y un gran número de streams, lo que significa que puede ser utilizado para transportar virtualmente cualquier tipo de dato. Esta capacidad lo hace muy útil para realizar videoconferencias o realizar presentaciones remotas. Este protocolo utiliza un único puerto UDP, generalmente el 4569, para establecer comunicación entre puntos finales para señalización y datos, el tráfico de voz es transmitido in-band lo que permite que IAX2 sea un protocolo casi transparente a los cortafuegos y realmente eficaz para trabajar fuera de redes internas [6].

IAX2 también tiene un mecanismo denominado Trunking que permite enviar varias sesiones en un único flujo de datos, lo que se traduce en un mejor uso del ancho de banda, disminución del retardo y optimización de la capacidad de procesamiento, por lo que este protocolo es más usado cuando se necesitan enlazar dos servidores donde existan una gran cantidad de llamadas de VoIP [6].

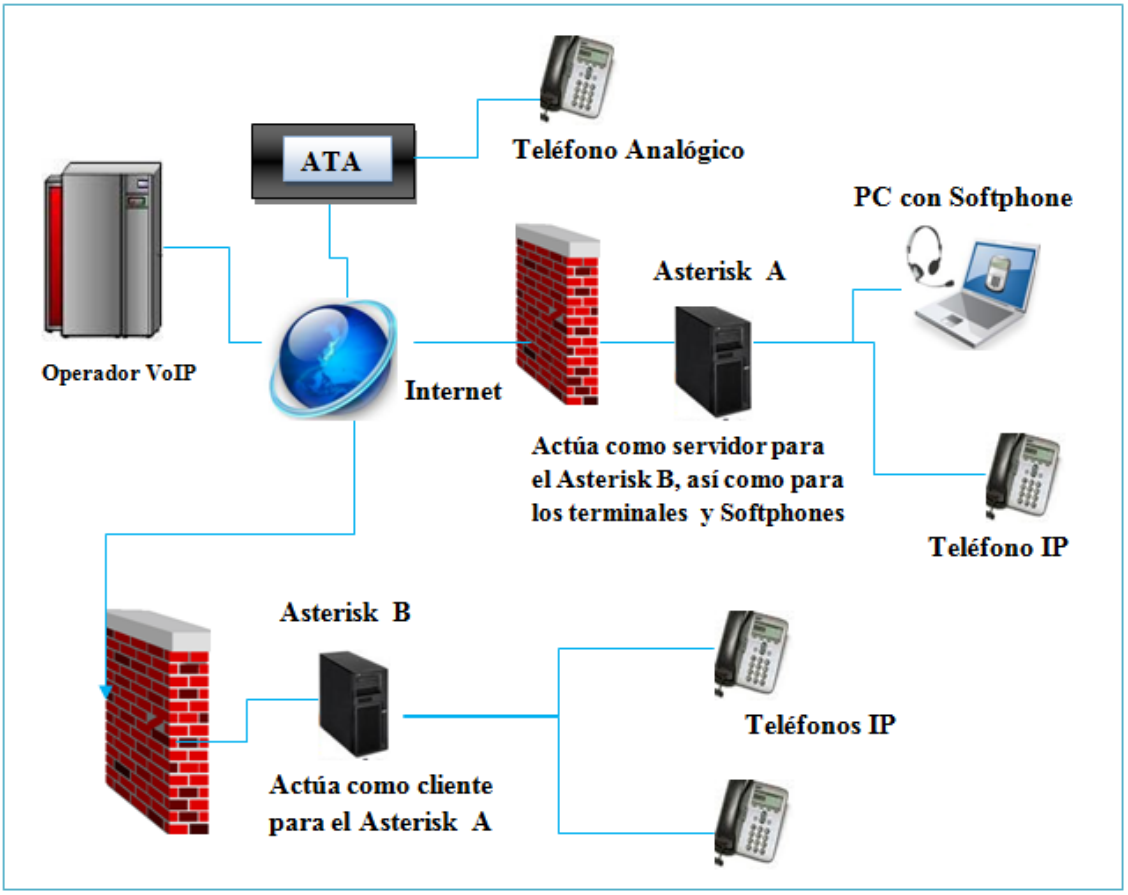


Figura 7.Enlace troncal entre servidores Asterisk por medio del protocolo IAX [6].

4.2 Protocolo de transporte de voz

No se debe confundir los protocolos de transporte de voz con los protocolos de transporte de bajo nivel como TCP y UDP.

Nos referimos aquí al protocolo que transporta la voz propiamente dicha o lo que comúnmente se denomina carga útil. Este protocolo se llama RTP (Real-Time transport Protocol) y su función es simple: transportar la voz con el menor retraso posible.

Este protocolo entra a funcionar una vez que el protocolo de señalización ha establecido la llamada entre los participantes.

5. Protocolos de plataforma IP

En esta categoría se agrupa a los protocolos básicos en redes IP y que forman la base sobre la cual se añaden los protocolos de voz anteriores. En estos protocolos podríamos mencionar a Ethernet, IP, TCP, y UDP [8].

En la **figura 8** se detalla un hecho curioso y es que pese a que SIP soporta tanto UPD como TCP, solo lo vemos sobre UDP. No se trata de un error sino más bien de Asterisk la implementación de SIP solo está disponible para UDP [8].

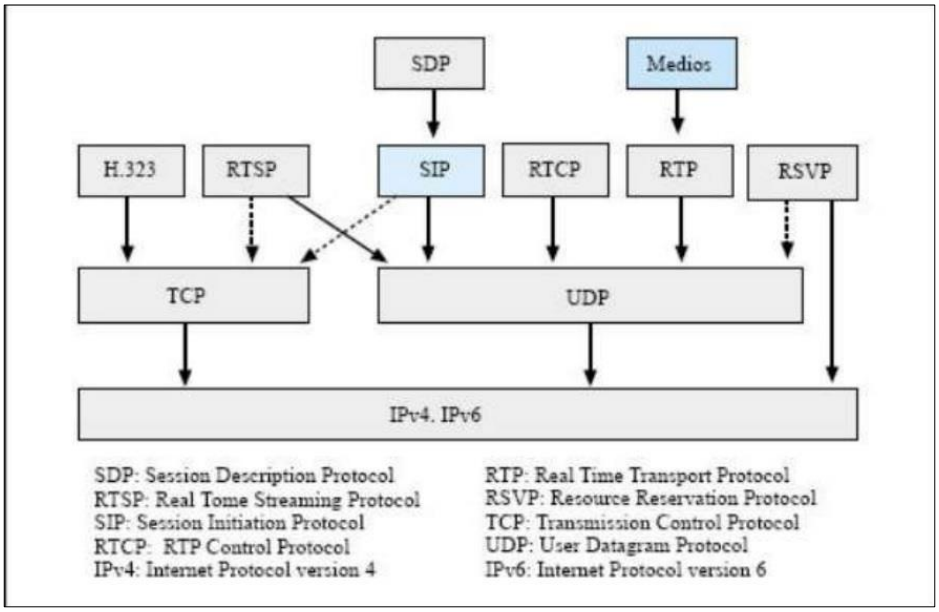


Figura 8.Protocolos involucrados en una llamada SIP *[8]*

4.1 Protocolo TCP

EL protocolo IP no garantiza que los datos lleguen a destino.

Solo hace su mejor esfuerzo para que lleguen. Por lo tanto es necesario un protocolo que se encargue de controlar la transmisión de datos y por esta razón se diseñó lo que se llama Transmisión Control Protocolo o Simplemente TCP [8].

TCP ayuda controlando que los datos transmitidos se encuentren libre de errores y sean recibidos por las aplicaciones en el mismo orden en que fueron enviados. Si se pierden datos en el camino introduce mecanismos para que estos datos sean reenviados [8].

Obviamente esto implica una carga extra de información en el flujo de datos ya que hay que enviar información de control adicional. Es por esto que TCP es un buen protocolo para control de sesiones pero no tan bueno para trasmisión de datos en tiempo real. Por esta razón en sí no se envía usando este protocolo. Sin embargo TCP juega un rol muy importante en muchos protocolos relacionados con un servidor Elastix [8]

4.2 Protocolo UDP

UDP (User Datagrama Protocol) es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas. Se diferencia con TCP en que a este protocolo no le importa si los datos llegan con errores o no y tampoco le importa si llegan en secuencia. En fin, UDP divide la información en paquetes, también llamados datagramas, para ser transportados dentro de los paquetes IP a su destino [8].

Al no ser necesario incluir mucha información de control, el protocolo UDP reduce la cantidad de información extra en los paquetes por lo que es un protocolo más rápido que TCP y adecuado para transmisión de información que debe ser en tiempo real como la voz.

Es por esta razón que la voz en aplicaciones de VoIP es transmitida sobre este protocolo

6. Códec de Voz

Un códec de voz incluye un conjunto de algoritmos que permiten codificar y decodificar los datos auditivos, lo cual significa reducir la cantidad de bits que ocupa el fichero de audio. Sirve para comprimir señales o ficheros de audio con un flujo de datos con el objetivo de que ocupan el menor espacio posible, consiguiendo una buena calidad final, y descomprimiéndolos para reproducirlos.

A continuación se describe a los diferentes códec más comunes como G711, G726, G723.1, G729, G722 [9].

G711.

Este es un códec que usa la modulación por PCM (Pulse Code Modulation).de alto consumo de ancho de banda (64kbps), y que realmente no utiliza técnicas de compresión para la voz, ofreciendo así la máxima calidad en comparación con cualquier otro códec de audio utilizado en VoIP. Tiene una nacho de banda de 64kbps

corresponden a un canal de voz, por lo que puede esperarse la misma calidad que la de una línea telefónica digital [9].

Es un estándar de la ITU, y su uso es tan común que prácticamente todos los dispositivos comerciales de comunicación para VoIP en el mercado lo soportan, a pesar de su enorme consumo de ancho de banda.

El códec G.711 cuenta con una frecuencia de muestreo de 8 kHz, es decir, toma una muestra de voz cada 125 microsegundos. Si bien esto es adecuado para reproducir la voz humana, el audio de “alta calidad” [9]

G723.1.

El códec G.723.1 es un estándar licenciado de codificación para señales de audio desarrollado por la ITU-T, codificando las señales de voz a 6.4 o 5.3 kbit/s. Utiliza ventanas de audio de 30 ms [9].

Para la codificación a 6.4 kb/s se utiliza un algoritmo MPC-MLQ (Multi-Pulse Maximum Likelihood Quantization), generando 24 bytes por cada ventana de 30 ms, proporcionando una mejor calidad de sonido. Para la codificación a 5.3 kb/s se utiliza ACELP, generando 20 bytes por cada ventana de 30 ms [9] , [7]

El retardo total del algoritmo es de 37.5 ms, ya que, una vez recibida la ventana de 30 ms, el algoritmo requiere de 7.5 segundos de muestras adicionales.G729 [9].

G729.

G.729 es un algoritmo de compresión de data para voz que comprime el audio de la voz en pedazos de 10 milisegundos. Música o tonos tales como DTMF o tonos de fax no pueden ser transportados con seguridad con este códec, como resultado, se debe usar G.711 u otros métodos fuera de esta banda para transportar las mismas señales [9].

G.729 se utiliza mayormente en aplicaciones de Voz sobre IP por sus requerimientos de bajo ancho de banda. Utiliza una técnica conocida como CS-ACELP (Predicción lineal de código estimulado algebraico) lo que hace que reduzca su señal de entrada en una razón de 8:1 con una calidad similar al Códec GSM. El estándar G.729 opera a 8 kbit/s, pero existen extensiones. Las mismas proveen además soporte a 6.4 kbit/s y 11.8 kbit/s para hablado de mejor o peor calidad respectivamente. G.729a es también muy común y

compatible con G.729, pero requiere menos procesos. Esta baja complejidad tiene una consecuencia ya que la calidad de hablado es mucho menor [9].

G.726

G.726 es un códec ITU-T de voz que opera a velocidades de 16-40 kbit/s. El modo más utilizado frecuentemente es 32 kbit/s, ya que es la mitad de la velocidad del G.711, aumentando la capacidad de utilización de la red en un 100%. G.726 se basa en tecnología ADPCM (Adaptative Differential Pulse Code Modulation). ITU estandarizó G.726 por primera vez en 1984 [9].

La frecuencia de muestreo es de 8khz, el tamaño de trama es determinada por la paquetización (80 muestras por una trama de 10ms), el algoritmo tiene un retardo de 0.125 ms y es el más utilizado en troncales PBX telefónicas [9].

G.722

Describe las características de un (banda de 50 a 7000 Hz) sistema de codificación que puede utilizar en diversas aplicaciones para señales vocales de alta calidad. El sistema de codificación utiliza modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa de subbanda (MICDA-SB) a una velocidad binaria de hasta 64 kbps. El sistema se denominará en adelante sistema de codificación audio (7 kHz) a 64 kbps

Se lo conoce como sistema de codificación de audio (7khz) y trabaja a una tasa de 64 kbps. En la técnica MICDA-SB utilizada, la banda de frecuencias se divide en dos subbandas (superior e inferior) y las señales de cada una se codifican utilizando la MICDA. El sistema tiene tres modos básicos de funcionamiento, correspondientes a las velocidades binarias utilizadas para la codificación de audio de 7 kHz: 64, 56 y 48 kbit/s. Los dos últimos modos permiten obtener, respectivamente, un canal de datos auxiliar de 8 kbit/s o de 16 kbit/s, que se proporciona dentro de los 64 kbit/s mediante el uso de bits de la sub-banda inferior.

En la figura 18 se puede observar las principales partes funcionales del códec audio (7 kHz) a 64 kbit/s. Éstas son las siguientes [9]:

Codificador audio (7 kHz) a 64 kbit/s, que comprende:

- una parte audio de emisión que convierte una señal audio en una señal digital uniforme, que se codifica utilizando 14 bits con muestreo a 16 kHz;

- un codificador MICDA-SB que reduce la velocidad binaria a 64 kbit/s;

Decodificador audio (7 kHz) a 64 kbit/s, que comprende:

- un decodificador MICDA-SB que realiza la operación inversa a la del codificador, considerando que la velocidad binaria efectiva de codificación audio a la entrada del decodificador puede ser de 64, 56 ó 48 kbit/s, según el modo de funcionamiento;
- una parte audio de recepción que reconstruye la señal audio a partir de la señal digital uniforme, que se codifica utilizando 14 bits con muestreo a 16 kHz.

Las dos partes siguientes, que se indican en la **figura 9** para mayor claridad, serán necesarias en aplicaciones que exijan un canal de datos auxiliar en la señal a 64 kbit/s:

- un dispositivo de inserción de datos en el extremo emisión, que utiliza, si es necesario, uno o dos bits por octeto en la banda audio según el modo de funcionamiento y los sustituye por bits de datos para proporcionar un canal de datos auxiliar a 8 ó 16 kbit/s respectivamente;
- un dispositivo de extracción de datos en el extremo recepción que determina el modo de funcionamiento según una estrategia de control de modos y extrae los bits de datos según proceda.

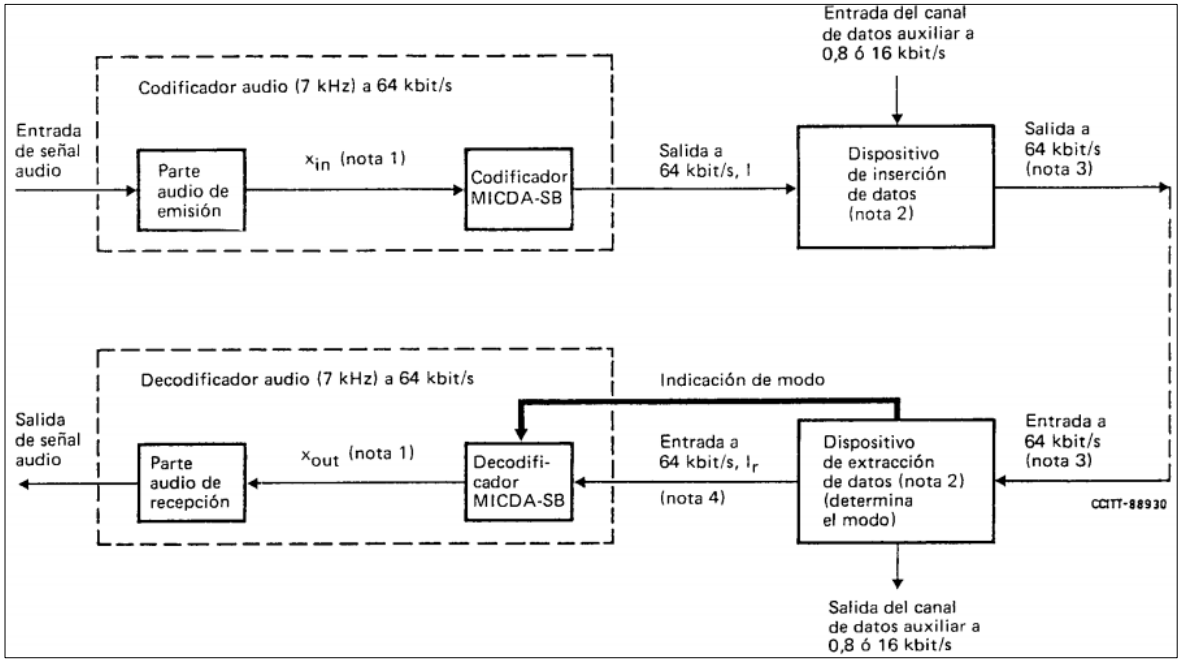


Figura 9.Diagrama de bloques funcional simplificado G.722 *[9]*

Nota 1: X in y x out son señales digitales codificadas uniformemente con 14 y muestreadas a 16 khz.

Nota 2: Estos dispositivos son necesarios en aplicaciones que requieren un canal de datos auxiliares dentro de los 64 kbps.

Nota 3 Comprende 64, 56 o 48 kbps para la codificación de las señales audio y 0,8 o 16 kbps para datos.

Nota 4: señal a 64 kbps que comprende 64, 56, 48 kbps para la codificación de audio, según el modo de funcionamiento

7. Antenas

Toda transmisión wifi depende de la potencia del Access Point que la emite, y de la sensibilidad del receptor. Muchas veces esto es suficiente para una buena transmisión, es muy importante tomar muy en cuenta la ganancia de la antena ya que mientras más elevado sea este, mejor será la calidad de la señal, esta ganancia está dada en dBi (decibelios isótropo) [10].

Existen varias características importantes de una antena que deben de ser consideradas al momento de elegir una específica para su aplicación:

- Patrón de radiación
- Ganancia
- Directividad
- Polarización

Patrón de Radiación

Es un diagrama polar que presenta las intensidades de los campos o las densidades de potencia en varias posiciones angulares en relación con una antena en la **figura 10** podemos ver estos patrones.

Ganancia

La ganancia de una antena es la relación entre la potencia que entra en una antena y la potencia que sale de esta. Esta ganancia es comúnmente referida en dBi, y se refiere a la comparación de cuanta energía sale de la antena en cuestión, comparada con la que

saldría de una antena isotrópica. Una antena isotrópica es aquella que cuenta con un patrón de radiación esférico perfecto y una ganancia lineal unitaria [10].

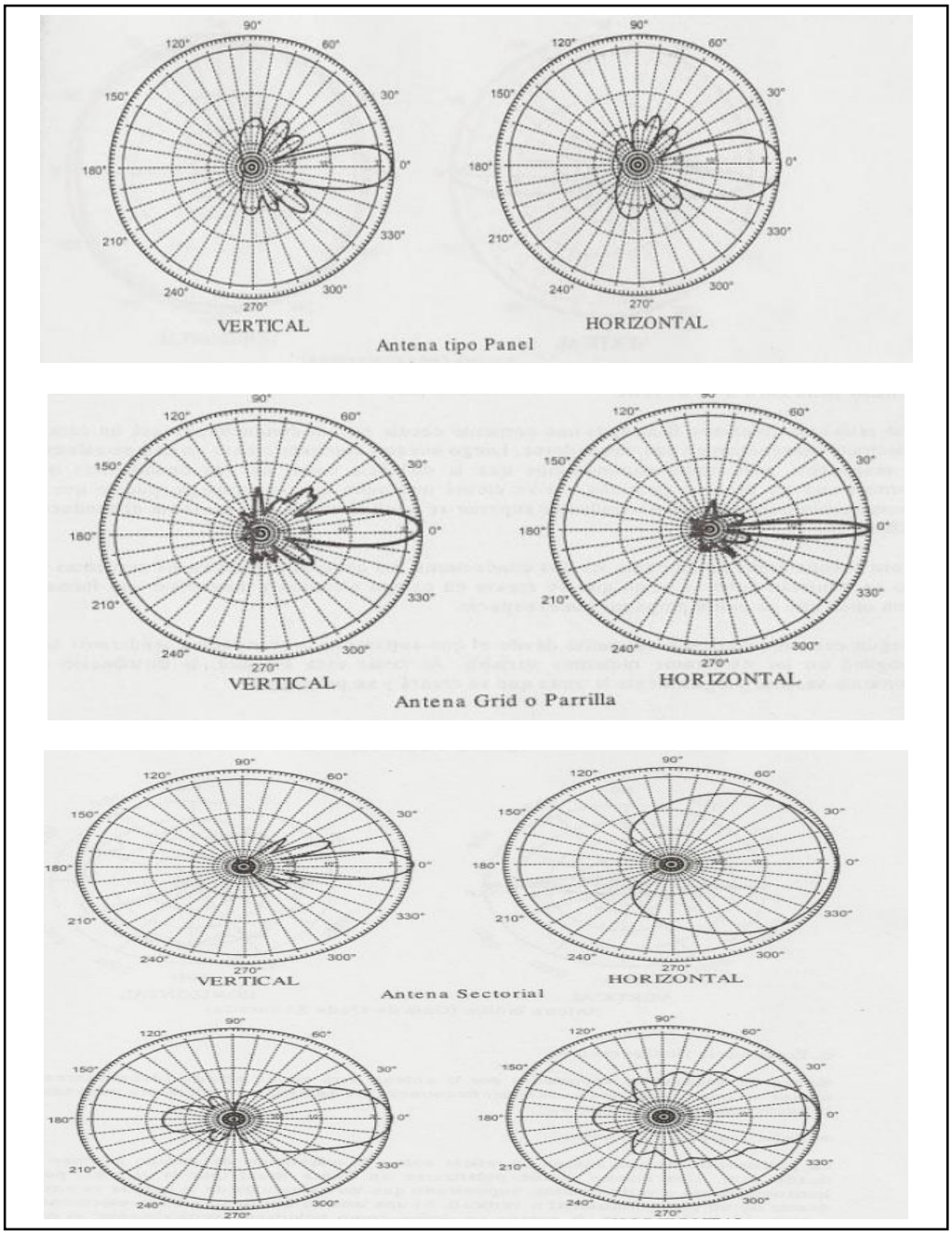


Figura 10.Patrones de radiación

Polarización

Es la orientación de las ondas electromagnéticas al salir de la antena. Hay dos tipos básicos de polarización que aplican a las antenas, como son: Lineal (incluye vertical, horizontal y oblicua) y circular (que incluye circular derecha, circular izquierda, elíptica derecha, y elíptica izquierda) [10].

7.1 Tipos de Antenas WIFI

Sin duda alguna, se pueden construir cualquier tipo de antenas, las de WiFi son una de ellas, por lo cual para cada una de las funciones que se necesite la antena, hay un tipo y un nombre en específico, también de acuerdo a su estructura y la forma en cómo van a enviar sus señales

Existen 3 grandes grupos de antenas que nos servirá para wifi dentro de los 5.8 Ghz [10]:

- Omnidireccionales
- Direccionales
- Sectoriales

7.1.1 Antenas Direccionales

Estas antenas son capaces de enfocar toda la señal que le aplica la tarjeta o punto de acceso, a una dirección concreta, con mayor o menor grado de directividad en función de las características. Normalmente estas antenas se usan para estableces enlaces punto a punto o para enlazar con un nodo que tenga una antena omnidireccional.

Dentro de las antenas direccionales existen varios modelos y formas, cada una con un solo uso concreto:

Antena Direccional de Rejilla o Parabólica.

Estas antenas son utilizadas para establecer enlaces punto a punto o para conectar a un nodo. Se caracterizan por su alta ganancia, que va desde 15dBi, llegando a los modelos superiores de 24dBi. Cuanta más alta es la ganancia, más alta es su direccionalidad [11]

En la **figura 11**, se representa a la radiación de una antena direccional de poca ganancia. Hay que ver que la elipse en negrita es ancha, y que su extremo superior también lo es, eso quiere decir que no es tan directiva como pudiera parecer.

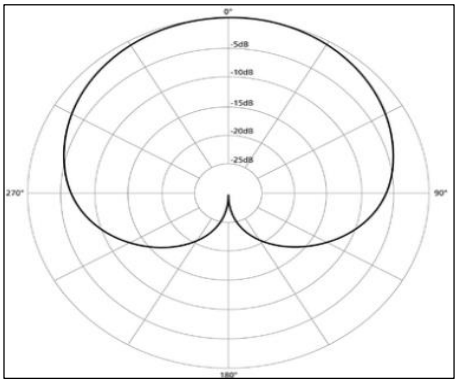


Figura 11.Muestra de radiación de una antena direccional *[11]*

En comparación con la figura anterior la **figura 12**, se nota claramente un haz mucho más estrecho, lo que hace que sea más directiva y a la vez más crítica de apuntar.

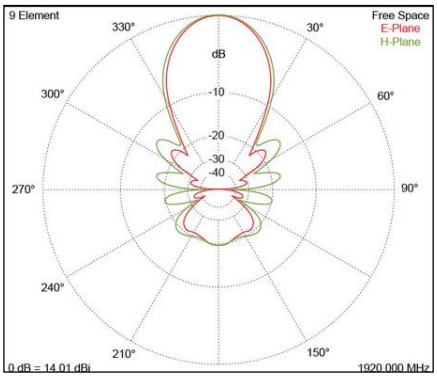


Figura 12.Muestra un haz estrecho [11]

Antena Direccional tipo Patch Panel

Con estas antenas se crea zonas de cobertura, tanto como recintos, estaciones metro y similares, consiguiendo con varias de ellas estableces células. Una de las utilidades puede darse para sustituir una antena omnidireccional, poniendo varias de ellas para cubrir las zonas deseadas y no desaprovechar la señal. A esta unión de antenas se las llama Array [12].

Normalmente la anchura del haz irradian estas antenas es de 25º tanto en vertical como en horizontal.

7.1.2 Antenas Omnidireccionales

Como su nombre indica, estas antenas son capaces de emitir señal en todas las direcciones como se muestra en la **figura 13**.

Figura 13.Antena omnidireccional

Se tiene que tener en cuenta que al colocar este tipo de antenas en lugares muy altos, puede afectarse la señal y no llegar al lugar que se desea.

Al igual que con las antenas direccionales, cuanta más alta es su ganancia, más estrecha es la radiación que estas emiten.

7.1.3 Sectoriales

Son la mezcla de las antenas direccionales y las omnidireccionales. Las antenas sectoriales emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. De igual modo, su alcance es mayor que una omnidireccional y menor que una direccional. Para tener una cobertura de 360º (como una antena omnidireccional) y un largo alcance (como una antena direccional) deberemos instalar, tres antenas sectoriales de 120º ó 4 antenas sectoriales de 90º como podemos ver en la **figura 14**. Este sistema de 360º con sectoriales se denomina “Array”. Las antenas sectoriales suelen ser más costosas que las antenas direccionales u omnidireccionales [12]

Figura 14.Array de antenas [12]

8. Parámetros a tener en cuenta para el diseño de la red Man.

Cuando se realizan diseños de radioenlaces se deben considerar dentro de los a cálculos aquellos factores propios del sistema que de una manera u otro no afecten el desempeño del mismo. Mientras que existen otros efectos causados por el medio de transmisión los cuales afectan la propagación del enlace en mayor o menor medida dependiendo de los objetivos de calidad y de disponibilidad requeridos.

8.1.1 Cálculo de la distancia de los enlaces

Es importante conocer la distancia que existe entre los puntos transmisor y receptor que componen el enlace ya que dependiendo de esta variable se elegirán los equipos de radio que aseguran la fiabilidad del radioenlace; es así que para una mayor distancia se necesita mayor potencia para la transmisión y viceversa.

Actualmente la herramienta que se usa para la determinación de las coordenadas geográficas es el GPS (Sistema de posicionamiento Global), el cual también permite determinar la distancia entre 2 punto. Además el software Radio Mobile al momento de simular un radioenlace nos presenta la automáticamente la distancia [14].

$$D = \sqrt{(\overset{\Delta}{\rightarrow} Logitud * 111.8)^2 \ + (\overset{\Delta}{\rightarrow} Latitud * 111.8)^2 \ + (\overset{\Delta}{\rightarrow} h)^{\,2}}$$

Donde:

D= Distancia Total del enlace (Km)

$\Delta Longitud$=Es la diferencia entre la Longitud de los dos sitios en grados.

$\Delta Latitud$= Es la diferencia entre la Latitud de los dos sitios en grados

Δh=Es la diferencia entre alturas sobre nivel mar de los dos sitios

El valor 111.18 es una constante que representa la relación entre el meridiano de la tierra de 40000 km y el meridiano terrestre de 360º, el cual se usa para obtener la distancia en kilómetros.

8.2 Línea de Vista y Zona de Fresnel.

La línea de vista es una imaginaria ininterrumpida entre un transmisor y receptor,

alineados de tal manera que se ven el uno al otro.

La Zona de Fresnel es el lugar geométrico alrededor de la línea de vista visual como observamos en la **figura 15**, dentro de la cual las ondas electromagnéticas tienen una diferencia constante de n λ/2 respecto del trayecto directo. El valor de n=1, 2,3..., determina el orden de la zona de fresnel [14]

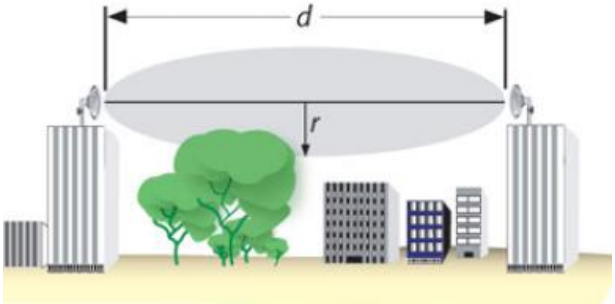


Figura 15.Obstrucción de la Zona Fresnel *[15]*

Si existen obstáculos dentro de la primera zona fresnel el radioenlace presentara pérdidas por obstrucción. De tal manera que es fundamenta liberar la primera zona de fresnel para tener el mejor rendimiento del enlace.

Para considerar que no existen obstrucciones se debe asegurar que por lo menos el 60% de la primera zona Fresnel este libre, es decir que el obstáculo no debe ser mayor al 40% de dicha zona.

Para el cálculo la primera zona fresnel sobre un obstáculo se usa la siguiente formula [14]:

$F1(m) = 17{,}32\sqrt{\frac{d1(km)d2(km)}{d(km)f(Ghz)}}$ Los parámetros dados en kilómetros (km) y Ghz.

$F1(m) = 17.32\sqrt{\frac{d(km)}{4f(Ghz)}}$ Formula sin obstáculo, los parámetros dados en kilómetros (km) y Ghz.

Donde:

d1 = Distancia desde el transmisor al obstáculo.

d2= Distancia desde el receptor al obstáculo.

d = Distancia total del enlace

f = La frecuencia con la que se va a trabajar.

r1 = Radio de la primera zona fresnel.

8.3 Margen de despeje

Se puede dar el caso que el enlace se vea afectado por algún obstáculo, ya sea porque está cercano a la trayectoria de la onda electromagnética que se propaga o simplemente porque se obstruye directamente, entonces se produce una atenuación llamada perdida por obstrucción [14], [15]

En la **figura 16** se indican los parámetros que intervienen para el cálculo del margen de despeje sobre un obstáculo.

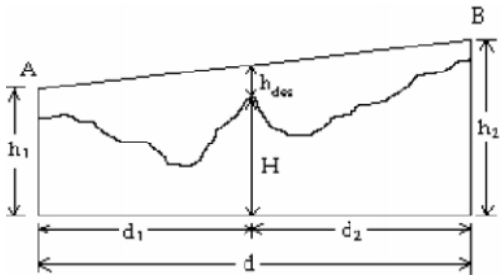


Figura 16. Despeje sobre un obstáculo.

En el perfil del trayecto de propagación del radioenlace, el margen de despeje exacto sobre el obstáculo entre la línea central del trayecto de propagación y la arista del obstáculo se obtiene mediante la siguiente ecuación [15].

$$h_{des} = h_1 + \frac{d_1}{d_1 + d_2}(h_2 - h_1) - \left(H + \frac{d_1\, d_2}{2Ka}\right)$$

Donde:

h_{des}= D$A = \pi r^2$espeje sobre un obstáculo (m)

H= altura del obstáculo (m)

h_1= Altura del punto de transmisión (m)

h_2= Altura del punto de recepción (m)

d_1= Distancia desde el punto de transmisión al punto de cálculo (km)

d_2= Distancia desde el punto de cálculo al punto de recepción (km)

d =Distancia total del trayecto (km)

$k =$ Coeficiente del radio efectivo de la tierra, este valor es igual a 4/3

$a =$Radio de la tierra igual a 6.37 KM

En la práctica, basta con que el margen de despeje sobre el obstáculo h_{des} sea mayor a radio de la primera zona fresnel (r), con esto se asegura que no existe obstrucción.

$$h_{des} > r1 \rightarrow \text{No existe obstrucción}$$

En caso de no cumplirse esto como en el caso anterior, se considera que la primera zona de fresnel está garantizada si el margen de despeje (M_D) es mayor al 60%, este Margen de Despeje se lo calcula con la siguiente formula.

$$M_D = \left(1 + \frac{h_{des} - r1}{r1}\right) * 100$$

En el caso de que el M_D no sea mayor al 60%, se debe realizar un ajuste en las alturas de las antenas con la finalidad de asegurar dicho margen.

8.4 Perdidas en Trayectoria por el espacio Libre (Lp).

Las pérdidas en el espacio libre hace referencia a como la onda electromagnética se atenúa conforme avanza en la trayectoria desde el transmisor hasta el receptor. La atenuación en el espacio libre viene dada por la siguiente expresión [15]:

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

Donde:

$Lp(dB) = \ pérdida\ del\ espacio\ libre$

$d = distacia$ (Km)

$f = frecuencia$(Ghz)

La atenuación del espacio libre depende únicamente de la frecuencia y la distancia de separación de los equipos, conforme aumenta la frecuencia aumenta la atenuación.

8.5 Potencia de recepción

La potencia de recepción es un valor en dBm que representa el nivel de señal de la onda electromagnética que es recibida por el receptor en un enlace de radio y para su

determinación se toma en cuenta el balance de las ganancias y pérdidas producidas por los equipos y medios propagación y se expresa con la siguiente ecuación [15]:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{CCTX} - L_P - L_{CCRX}$$

Donde:

P_{RX} =Potencia de Recepción en dBm

P_{TX} =Potencia de Transmisión en dBm

G_{TX}=Ganancia de la antena de Transmisión en dBi

G_{RX} = Ganancia de la antena de Recepción en dBi

L_{CCTX} =Perdidas en los cables y conectores de la antena Transmisión en dB

L_P =Perdidas en el Espacio Libre en dB

L_{CCRX} = perdidas en los cables y conectores de la antena Recepción en dB

8.6 Potencia de Umbral (Pu)

Se conoce también como la sensibilidad del receptor y representa la potencia mínima requerida que debe recibir el receptor para asegurar que el enlace se pueda establecer. Generalmente los fabricantes de las antenas y radios especifican este valor el cual suele ubicarse entre los -65 y -95 dBm [15].

8.7 Margen respecto al Umbral (Mu)

Este es el valor obtenido de la diferencia entre la potencia de recepción y la potencia del umbral y se calcula de la siguiente manera [15]:

$$Mu = P_{pX} - P_u$$

Mu= Margen de Umbral en dB

P_{pX}= potencia de recepción en dBm

P_u= potencia de Umbral en dBm

8.8 Margen de Desvanecimiento (FM)

Al propagarse una onda electromagnética por la atmosfera terrestre la señal puede presentar perdidas intermitentes de intensidad, además de la perdida normal de la trayectoria. Esta pérdida de la señal se llama desviamiento y se puede atribuir a perturbaciones meteorológicas como lluvia, nieve, granizo, etc., a trayectorias múltiples de transmisión y a una superficie terrestre irregular [16]

El margen de desviamiento se define con respecto a un objetivo de calidad, es decir respecto a un porcentaje máximo de tiempo de interrupción del enlace en un periodo de tiempo dado y se expresa con la siguiente ecuación [16]

$$FM(dB) = 30LogD + 10Log\,(6ABf) - 10Log(1 - Res) - 70$$

Donde:

D= Distancia entre las antenas en Km

F= Frecuencia de operación de las radios en GHz

R= Confiabilidad deseada

(1-Res)= Indisponibilidad estimada para una trayectoria de 400 KM

A = factor topográfico

- 4 sobre agua o terreno muy liso
- 1.0 Sobre un terreno promedio con alguna rugosidad
- 0.5 sobre un terreno promedio
- 0.25 sobre un terreno montañoso

B= Factor climático establecido en las peores condiciones meteorológicas hasta buen clima (25 ºC)

- 0.5 para áreas calientes y húmedas
- 0.25 para áreas continentales promedio
- 0.125 para áreas muy secas y montañosas

Para que un radioenlace cumpla con el objetivo de calidad que recomienda la UIT se debe cumplir con la siguiente condición: Mu=>FM

e. Materiales y Métodos

Durante el desarrollo del presente proyecto Fin de Carrera (PFC), se recurre a diferentes técnicas de recolección de información, métodos científicos y procedimientos de investigación. Entre los métodos de investigación científica principales que se manejaron en este proyecto fueron los siguientes:

1. Métodos de investigación

- **Método inductivo**

La utilización de este método permitió determinar el problema general del PFC a partir de las necesidades que se presentan en las dependencias del GADMC. Analizando particularmente la conexión entre dependencias externas y la red interna del municipio, Asimismo la forma de comunicación por voz (telefonía) que se realiza entre dependencias.

- **Método deductivo**

Este método se utilizó para determinar el tema de investigación, partiendo de los conocimientos generales se determinó las posibles soluciones a los casos particulares, en cada una de las fases del desarrollo del tema.

Además nos permitió conocer los benéficos que se tiene con la integración mediante radioenlaces de las dependencias externas a la red interna del GADMC

- **Método Analítico**

La utilización de este método permitió determinar mediante el análisis, las tecnologías, y hardware necesarios para la implementación del proyecto.

2. Materiales

Un computador portátil DELL, para realizar las configuraciones de equipos como: switch, router, el servidor de voz Asterisk, teléfonos IP y antenas. La herramienta Radio Mobile para la simulación de radienlaces, Putty para la configuración del router, Wireshark para la captura del tráfico de voz y por ultimo WinSCP que permitió la conexión remota para la transferencias de archivos, entre el servidor Asterisk y el computador

3. Metodología

Fase 1. Se realiza un estudio de la situación actual del GADMC analizando las dependencias externas que están o no conectadas a la red de GADMC. Asimismo se hace el levantamiento de la información de los equipos de red existentes en el Municipio y el direccionamiento IP utilizado. Además en esta fase se realiza el estudio del tráfico de voz en el GADMC y el estudio del perfil topográfico.

Fase 2.- Se realiza el análisis comparativo de la tecnología y hardware necesarios para la implementación del PFC.

Fase 3. Comprende el diseño y configuración de equipos para la red MAN y para la implementación de VoIP mediante Software libre.

Fase 4.- Se realiza la implementación y pruebas de la centralilla telefónica Asterisk y la conexión de un punto de la Red MAN.

f. Resultados

Corresponden al desarrollo del proyecto fin de carrera, para lo cual se crearon fases fundamentales para la ejecución del mismo que son:

En la fase de levantamiento de información se realizó el estudio de la red de datos del GADMC, el análisis el tráfico de voz, y el estudio del perfil topográfico de las dependencias externas al Municipio,

Para la fase de análisis de la tecnología y hardware, se hizo un análisis comparativo y elección de la tecnología y hardware necesarios para para la implementación de este proyecto.

Para la fase de diseño y configuración de equipos de red, se hizo uso de la información de las dos fases anteriores y con ayuda de herramientas de software libre, se diseñó la red MAN.

La última fase corresponde a la implementación y pruebas de la centralilla telefónica Asterisk y la conexión de un punto de la Red MAN.

Fase 1: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo de esta fase se partió de la información proporcionada por el coordinador de sistemas del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo (GADMC), quien informó de las necesidades que tenía la institución, como la falta de una red de datos que comuniquen las diferentes dependencias municipales, información que sirve para el desarrollo de más actividades basadas en está y que se detallan a continuación.

1 Organigrama estructural del Gobierno Autónomo de Catamayo

En la **figura 17** se observa la estructura organizacional de cada departamento con sus subdirecciones, así también existen dependencias Municipales externas al Edificio Municipal que no se detallan en el organigrama pero que se describen a continuación:

- Empresa Pública de Rastro (Camal)
- Radio Municipal

- Mercado Municipal
- Centro Recreacional Eliseo Arias Carrión (Guayabal)
- Pilastra
- Parque Central(ITUR)
- La Cruz
- Unidad Médica
- Bomberos
- Patronato Municipal
- Registro de la Propiedad

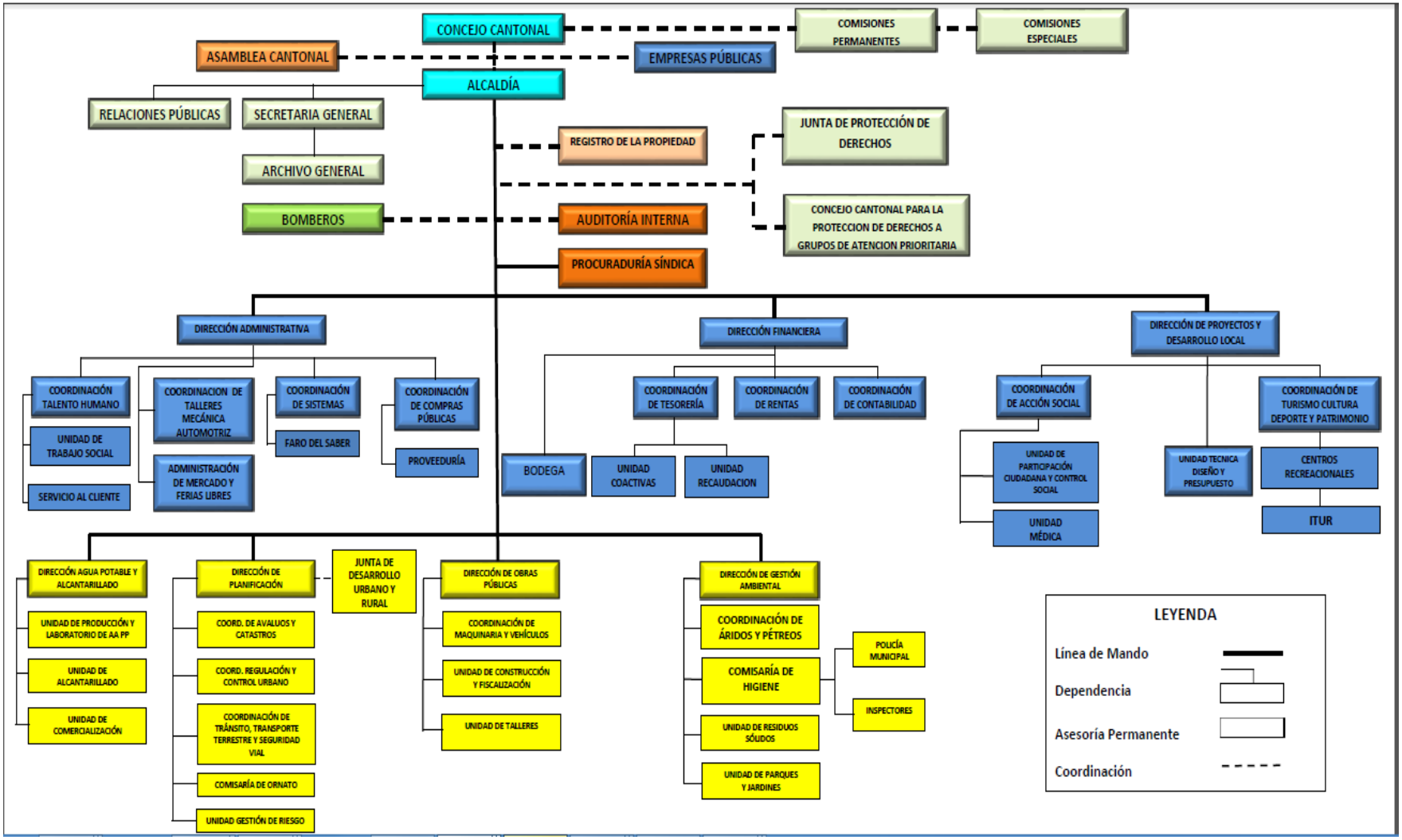


Figura 17. Organigrama Estructural del GADMC 2014

2 Situación de la red del GADMC

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo, cuenta con un sistema de comunicación: interno y un externo. Se menciona interno a todo el cableado estructurado, direccionamiento IP y al servicio de internet que actualmente tiene el contrato de 15 MB con el proveedor CNT, y para la parte externa a la comunicación que está hecha por un radioenlace.

Para el sistema de comunicación por voz, el GADMC cuenta con 19 líneas análogas que son distribuidos entre dependencias internas y externas.

Toda el monitoreo, control, análisis e infraestructura de la red está encargado por el Departamento de Sistemas.

En la tabla I se presenta las once dependencias externas municipales, el estado de conectividad y la tecnología que utilizaba.

TABLA I.OFICINAS EXTERNAS INTERCONECTADAS CON EL MUNICIPIO

Dependencias	**Estado de Conectividad**	**Tecnología inalámbrica**	**Ancho de Banda**
Empresa Pública de Rastro (Camal)	No		
Mercado Municipal	No		
Centro Recreacional Eliseo Arias Carrión (Guayabal)	No		
Pilastra	No		
Parque Central(ITUR)	Si	Punto a Punto, utiliza el estándar 802.11b/g	2 MB
La Cruz	No		
Unidad Médica	No		
Patronato Municipal	No		
Registro de la Propiedad	No		
Bomberos	No		
Mecánica	No		

2.1 Equipos que se administran en la red de datos

En base a la observación directa y a información adquirida por parte del personal de Coordinación de Sistema, se obtuvo los siguientes datos: 4 Router de diferentes marcas

como 2 router D-Link y 2 router Cisco, 6 Switch Cisco de 24 puertos con PoE (Power over Ethernet) de diferentes modelos, 7 Switch D-link de 24 puertos y un Switch TP-link de 16 y 24 puertos, además se cuenta con 2 Antenas Wi-Fi Ubiquiti Nanostation2 y un Servidor HP en el cual se encuentra alojado la Base de Datos de los Sistemas utilizados en la Institución, tales como: SEYCOB, SIGAME entre otros . En la tabla II se describe a cada equipo con la ubicación.

TABLA II. EQUIPOS QUE SE ADMINISTRAN EN LA RED DE GADMC

Cantidad	Modelo	Marca	Nivel	Ubicación
1	Router DSR-1000N	D-link	3/2	Distribución interna del GADM
1	Router Cisco E3000	Cisco	3/2	Distribución Parque Central
1	Router DIR-400	D-link	3/2	Distribución interna del GADM
1	Router Cisco 2911	Cisco	3/2	Disponible(no utilizados)
3	Switch Small Business SGE2010P	Cisco	3/2	Distribución interna del GADM
1	Switch Small Business SG300		3/2	Distribución sala Alcaldía
2	Switch Small Business SGE2000P	Cisco	3/2	Disponibles
7	Switch D-link DGS1024D	D-link	2	Distribución interna del GADM
1	Switch TP-link SF10016D	TP-link	2	Distribución interna del GADM
2	Antenas Wi-Fi Nanostation2 Frecuencia 2.4 GHZ	Ubiquity	3	Parque Central
1	Servidor	HP	-	Distribución interna del GADM

2.2 Diseño actual de la red Interna y direccionamiento IP

La municipalidad contaba con dos direcciones de red diferentes una de clase B y otra de clase C, estas son: 170.16.5.0/16 para datos e internet y la 192.168.0.0/24 para Sistemas. Evidentemente existía un desperdicio de IP no utilizadas, además se hacía tedioso la gestión de estas dos redes ya que su direccionamiento era estático, y en ocasiones se presentaban problemas como la duplicación de IP.

En la tabla III se presenta las direcciones IP y los departamentos que trabajaban con estas direcciones.

TABLA III. DISEÑO ACTUAL DE LA RED INTERNA Y DIRECCIONAMIENTO

Direccionamiento IP	**Departamento**
170.16.5.0/16	▪ Alcaldía ▪ Compras Publicas ▪ Relaciones Publicas ▪ Accesoria jurídica ▪ Comisaria ▪ Faro del saber Ciudadano ▪ Radio Municipal ▪ Gestión Ambiental ▪ Gestión de Riesgos ▪ Dirección de Turismo ▪ Contraloría Municipal ▪ Taller Eléctrico ▪ Unidad de Maquinaria y Mantenimiento ▪ Archivo ▪ Secretaria General ▪ Dirección de Proyectos ▪ Trabajo Social ▪ Policía Municipal ▪ Coordinación de Ornato ▪ Coordinación de Higiene ▪ Obras Públicas ▪ Parque Central (ITUR)
170.16.5.0/16 192.168.0.0/24	▪ Financiero ▪ Contabilidad ▪ Bodega ▪ Tesorería ▪ Rentas ▪ Coactivas ▪ Evaluó y Catastros ▪ Agua Potable ▪ Sistemas ▪ Talento Humano ▪ Administrativo ▪ Auditor Interno ▪ Planificación ▪ Cajeras ▪ Atención al Cliente

En la **figura 18** se observa la red Global con la que trabajaba el GADMC, en esta se esquematiza como estaba la distribución de los equipos de red interna, tanto en dispositivos finales (terminales); dispositivos intermedios (switch/ comnutadores) y servidores. Donde se evidencia que el Router Dlink que se comunica con el Router de la CNT quien se encargaba de brindar el servicio de Internet que actualmente son 15 MB.

El Router Dlink a su vez se comunica con los Switch SGE2010P que son los principales configurados en cascada, estos a su vez conectan en red con los switch distribuidores que están ubicados en la planta baja, primera planta, segunda planta del edificio Municipal y el Centro de desarrollo Local Comunitario

Del primer switch se conecta al servidor de Base De Datos, asimismo del segundo switch sale la conexión al enlace que comunica al Parque Central.

Además se observa que no existe comunicación entre las dependencias externas excepto el Parque Central que posee un enlace directo con el municipio el cual brinda el servicio de Internet.

Para la comunicación por voz entre departamentos internos y externos se utiliza la Telefonía Pública en este caso Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) es la que brinda el servicio de telefonía.

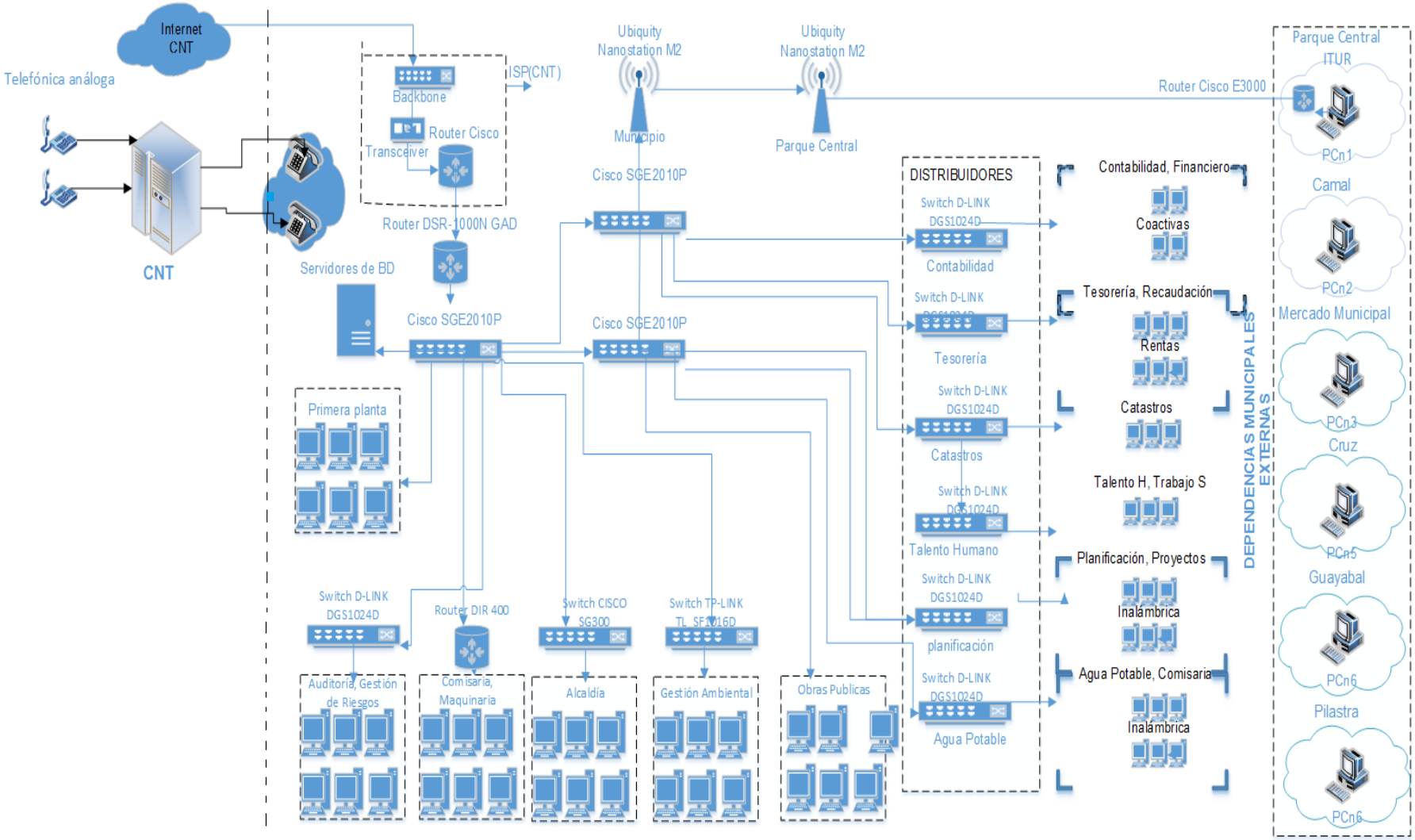


Figura 18.Diseño actual de la red interna

2.3 Servidores disponibles en la red de datos

El Municipio de Catamayo posee un servidor HP, el cual se lo utiliza como servidor de base de datos. A continuación en la tabla IV se detalla las características y servicios brindados por este servidor.

TABLA IV.CARACTERISTICAS DEL SERVIDOR DE BASE DE DATOS

Función	**Marca**	**Modelo**	**Sistema Operativo**
Servidor de base de datos	HP	DL 380	Windows server 2003
Servicios	✓ SQL200 ✓ ACCES ✓ Sistema contable (SIGAME) ✓ Sistema de Catastros (SIG) ✓ Sistema de Emisión y Cobro (SEYCOB) ✓ Base de Reloj Biométrico ✓ Sistema de Agua Potable (SGC) ✓ Catastros (CAM) -> sistema antiguo		
Información de componentes			
Nombre	Marca	Modelo	Características
Procesadores	Intel	Xeon	3.4Ghz
Disco duro		Cisco	2 discos de 70GB cada uno
Memoria RAM			3GB

2.4 Servicios que posee las dependencias externas

Es importante mencionar que el proyecto está limitado al estudio de las dependencias externas que se muestran en la **tabla V,** aquí se presenta los servicios con los que cuenta actualmente las 6 dependencias externas, en las cuales 4 dependencias no posee internet mientras que 2 que si tiene, asimismo 3 no tienen teléfono, mientras que 3 si lo tienen.

Además es importante mencionar que el lugar que cuenta con red interna es la Empresa de Rastro (Camal), con la dirección IP 192.168.0.0, mientras que las demás dependencias cuentan con computadores pero no están conectadas en una red.

TABLA V.SERVICIOS EN LAS DEPENDENCIAS EXTERNAS

Dep.	Servicios Prestados				
	Internet	**Telefonía**	**Computadores**	**Tipo de servicio**	**Dir. IP**
Parque Central	Si	No	6	Centro de Información turística(ITUR), y servicios internet inalámbrico	170.16.5.0/16
La Cruz	No	No	0	Centro turístico (Mirador)	NO
Guayabal	No	Si	4	Centro Turístico Recreacional	NO
Empresa Pública de Rastro(Camal)	Si	si	6	Faenamiento de animales	192.168.0.0/16
Pilastra	No	no	3	Purificación y bombeo de Agua Potable	NO
Mercado Municipal	No	Si	3	Controlar y Gestionar ventas de productos, aseo entre otros.	NO

Como se observa en la tabla descrita anteriormente en cuanto al Internet en las dependencias externas, dos de ellas poseen internet, la Empresa Pública de Rastro (CAMAL) tiene este servicio cuyo proveedor es particular, mientras que en el Parque Central el que se encarga de proveer de internet es Municipio. Las dependencias externas restantes al no poseer un enlace que interconecte estos puntos hacen imposible que el GADMC brinde servicios.

Además se cuenta con 19 líneas telefónicas análogas, entre internas y externas, frente a un número de 70 de oficinas entre direcciones y coordinaciones, información que podemos ver en la figura 17.

4. Análisis del tráfico de voz en el GAD Municipal de Catamayo.

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Catamayo, está formado por departamentos los cuales usan la telefonía pública análoga para las comunicaciones.

Pero no son suficientes las 19 líneas telefónicas análogas con las que se cuenta en la actualidad para solventar las necesidades de comunicación entre todos los departamentos, provocando incomodidad en los empleados. Entre los departamentos internos que no contaban con líneas telefónicas son: Sistemas, Procuraduría Sindica, Bodega, Contabilidad, Finanzas, entre otros. Asimismo las dependencias externas que no tienen este servicio son: Pilastra, La Cruz entre otros.

En este apartado se realizó el estudio del número de llamadas de las 19 líneas telefónicas durante tres meses del año, con la finalidad que en apartados posteriores se dé a conocer el tráfico en llamadas que se genera y determinar el número de líneas telefónicas necesarias para implementación de la centralilla IP

En la tabla **VI** se presenta el resumen de números de llamadas telefónicas realizadas entre los departamentos durante tres meses en el año, se toman como referencia los meses de agosto, septiembre y octubre, porque se cuenta con las facturas detalladas de cada línea telefónica.

TABLA VI.RESUMEN DE NÚMERO DE LLAMADAS TELEFONICAS EN LOS MESES DE AGOSTO, SEPTIEMBRE Y OCTUBRE

Departamentos GAD	**Mes De Facturación Año**		
	Agosto	**Septiembre**	**Octubre**
	Nº	**Nº**	**Nº**
Alcaldía	125	132	101
Proveeduría	101	107	97
Agua potable	165	164	134
Relaciones Publicas	145	152	137
Gestión Ambiental	135	158	147
Obras Publicas	148	153	151
Patronato	149	162	125
Administrativo	160	172	165
Bomberos	89	96	103
Unidad Médica	102	116	111
Central	86	76	71
Secretaria	134	157	148
Ancianato	50	49	47
Finanzas	184	191	175
Compras públicas	121	123	115
Registro Propiedad	55	60	58
Unid Educativa	12	18	15
Guayabal	22	40	32
Total	**2015**	**2175**	**1957**

Una vez obtenido el total de llamadas, se eligió el mes que tuvo mayor número de

llamadas, que en este caso es el mes de septiembre.

Identificando el mes, se procedió a realizar el análisis del día que tiene mayor tráfico de voz, para esto se toman las facturas del mes de Septiembre detalladas por cada número telefónico, el detalle se lo puede ver anexo 1, en el detalle se cuenta con: destino, duración de llamada en segundos, fecha y hora. Los documentos para el análisis los proporciona el departamento de contabilidad.

En la tabla VII se observa que el día 30 de septiembre, tiene la mayor cantidad de llamadas con un total de 170.

TABLA VII.NÚMERO TOTAL DE LLAMADAS DIARIAS DEL MES DE SEPTIEMBRE

NÚMERO DE LLAMADAS POR MES SEPTIEMBRE																				
DEPARTAMENTO	Alcaldía- 2676564	Proveduria-2676565	Agua Potable-2676566	Relaciones Publicas-2676567	Gestión Amb-2676568	Obras Publicas-2676569	Patronato-2676569	Administrativo-2677077	Bomberos-2677102	Unidad Méd.2677208	Parque C.-2677209	Secretaria-2677219	Ancianato-2677481	Mercado-2677903	Finanzas-2677904	Compras Pub-2678408	Reg. Propiedad-2678255	Unidad Educ-2677322	Guayabal-3026889	**TOTAL-LLAMADAS**
02/09/2013	5	2	10	12	8	10	5	9	3	7	0	5	2	3	10	11	4	0	5	**111**
03/09/2013	8	3	8	5	5	7	5	8	4	5	5	7	1	1	15	3	1	1	2	**94**
04/09/2013	12	8	5	7	10	5	2	15	7	3	3	9	2	0	17	11	3	1	3	**123**
05/09/2013	3	8	5	53	7	3	5	7	6	2	3	15	1	4	5	2	4	1	3	**87**
06/09/2013	8	7	2	3	3	5	3	5	5	8	1	10	3	2	0	7	2	2	2	**71**
09/09/2013	8	2	10	4	7	8	5	3	3	4	1	6	3	2	7	9	1	2	3	**88**
10/09/2013	10	8	10	3	4	8	3	8	0	3	1	7	4	1	8	6	2	0	1	**87**
11/09/2013	7	5	4	6	8	5	5	8	2	3	5	7	2	2	8	5	3	1	0	**86**

12/09/2013	2	3	4	8	7	6	7	10	9	3	7	6	1	5	10	8	5	0	2	**103**
13/09/2013	3	2	5	7	8	9	12	7	7	8	12	7	0	1	9	3	3	1	1	**105**
16/09/2013	8	7	15	8	9	7	2	10	5	9	0	9	1	0	8	9	2	2	2	**113**
17/09/2013	10	6	9	8	9	7	3	5	2	9	3	7	1	0	10	5	1	1	1	**97**
18/09/2013	5	7	10	5	13	12	9	10	6	1	4	8	10	1	12	2	3	0	3	**121**
19/09/2013	2	3	5	10	8	10	5	14	0	13	0	8	1	2	11	3	2	1	0	**98**
20/09/2013	7	8	9	5	4	8	3	9	4	2	1	9	1	6	5	4	3	0	1	**89**
23/09/2013	2	4	6	7	10	9	10	8	11	7	4	7	1	0	7	9	2	1	3	**108**
24/09/2013	7	5	7	8	11	10	7	10	0	3	1	7	0	6	10	3	4	0	2	**101**
25/09/2013	11	2	9	12	12	5	3	10	2	8	4	11	3	5	7	2	5	1	1	**106**
26/09/2013	5	2	8	12	9	11	7	9	5	5	6	3	5	2	9	9	4	0	0	**110**
27/09/2013	2	8	10	15	7	7	8	11	3	2	7	7	2	1	8	2	2	1	4	**107**
30/09/2013	3	9	13	12	9	11	8	11	12	13	7	13	5	5	20	10	4	2	1	**170**

Como segundo paso después de elegir el día que más se llamó, se procede a seleccionar el tiempo de uso en un rango de una hora que va desde 8 am a 17 pm que son las horas que se laboran en el Municipio, de este análisis se obtuvo que el mayor tiempo consumido es de 4375 segundos (una hora con veinte y dos minutos) en la hora de 15-16 como se puede ver en la tabla VIII.

TABLA VIII.TIEMPO DE USO POR HORA DEL DÍA 30 DE SEPTIEMBRE

Tiempo De Uso Por Hora									
Dep.	**8-9**	**9-10**	**10-11**	**11-12**	**12-13**	**13-14**	**14-15**	**15-16**	**16-17**
Alcaldía	0	0	0	42	0	12	0	45	0
Proveeduría	32	15	45	0	0	62	20	485	17
Agua Potable	35	19	82	315	0	8	101	225	0
Relaciones P	65	42	30	0	0	10	52	120	42
Gestión Amb	60	425	85	21	0	0	8	289	88
Obras Publicas	35	96	56	77	0	16	76	121	0
Patronato	0	55	121	65	0	25	0	275	0
Administrativo	0	93	17	90	0	0	226	0	219
Bomberos	128	0	141	220	40	0	147	33	79
Unidad Medica	0	16	196	0	349	26	193	0	0
Parque Central	61	0	52	0	0	0	322	87	851
Secretaria	0	34	36	103	0	0	84	270	0
Ancianato	0	0	35	0	0	85	0	0	112
Mercado	60	0	0	0	0	0	0	1	0
Finanzas	0	13	240	42	0	0	1028	1667	523
Compras Publicas	112	89	0	10	20	0	0	522	0
Reg. Propiedad	125	0	232	0	0	0	112	235	0
Unidad Educativa	0	0	65	0	0	0	92	0	0
Guayabal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total tiempo	713	897	1433	985	409	244	2461	4375	1931

De igual manera se seleccionó el número de llamadas realizadas por hora en este caso el mayor número de llamadas se lo realizó en las horas 15:00 a 16:00, obteniendo un valor de 49 llamadas como se observa en la tabla IX.

TABLA IX.NÚMERO DE LLAMADAS POR HORA DEL DÍA 30 DE SEPTIEMBRE

Número De Llamadas Por Hora									
Dep.	**8-9**	**9-10**	**10-11**	**11-12**	**12-13**	**13-14**	**14-15**	**15-16**	**16 17**
Alcaldía	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Proveeduría	1	1	2	0	0	3	2	4	1
Agua Potable	2	1	3	5	0	1	4	5	0
Relaciones P	1	1	1	0	0	1	2	3	1
Gestión Amb	1	2	1	1	0	1	2	4	2
Obras Publicas	1	2	2	2	0	1	2	3	0
Patronato	0	1	1	2	0	3	0	3	0
Administrativo	0	1	1	3	0	0	2	0	3
Bomberos	1	0	1	4	1	0	1	1	1
Unidad Medica	0	1	1	0	1	1	1	0	0
Parque Central	1	0	1	0	0	0	1	1	1
Secretaria	0	1	1	1	0	0	2	3	0
Ancianito	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Mercado	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Finanzas	0	1	2	1	0	0	2	16	5
Compras Publicas	1	1	0	1	1	0	0	3	0
Reg. Propiedad	1	0	1	0	0	0	1	1	0
Unidad Educativa	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Guayabal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total llamadas	11	13	20	21	3	13	25	49	15

Los datos obtenidos nos servirán para calcular el volumen de tráfico total que soportará la red de VoIP, estos datos que se los emplearan en apartados posteriores para dicho cálculo.

1. Estudio del perfil topográfico.

Este proyecto se limitó a realizar el estudio de seis dependencia externas al edificio Municipal. Para la determinación del perfil topográfico de la zona se utilizó la base de datos obtenida de la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial (NGA), la cual proporciona información de los Datos de Elevación del Terreno Digitalizada (DTED). Adicionalmente, se manejó un dispositivo GPS (Global Positioning System) para obtener las coordenadas de la posición y elevación de los departamentos del Municipio de Catamayo. Asimismo con estas coordenadas se pudo conocer la distancia que separa a cada punto del Edificio del Municipio de Catamayo. En la tabla X se puede ver las distancias de cada punto.

TABLA X.DISTANCIAS ENTRE GADMC Y DEPENDENCIAS ETERNAS

Enlaces	**Distancias (kilómetros)**
GADMC-la Cruz	0.57Km
GADMC –Guayabal	4.40Km
GADMC –Camal	1.38 Km
GADMC –Mercado	0.53Km
GADMC -Parque Central	0.48Km
GADMC –Pilastra	3.35Km

2.5 Ubicación geográfica de los puntos de enlace de la red Man.

Mediante la utilización de un GPS se obtuvo datos como: latitud, longitud y altura, información que se puede ver en la **tabla XI**, de esta forma se tiene la ubicación de los puntos de enlace.

TABLA XI.UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS DEPENDENCIAS MUNICIPALES

Puntos de Enlace	**Ubicación Geográfica**		
	Latitud	**Longitud**	**Altura**
La Cruz	03º58’59.0’’S	79º21’30.7’’O	1294m.s.n.m
GAD de Catamayo	03º59’08.8’’S	79º21’18.2’’O	1281m.s.n.m
Parque Central	03º59’11.5’’S	79º21’27.4’’O	1273m.s.n.m
Mercado Municipal	03º58’38.0’’S	79º21’50.7’’O	1240m.s.n.m
Camal	03º59’23.7’’S	79º22’08.1’’O	1260m.s.n.m
Guayabal	03º57’34.4’’S	79º23’29.5’’O	1240m.s.n.m
Pilastra	04º01’15.3’’S	79º22’02.5’’O	1360m.s.n.m

Utilizando el programa Google Earth y las coordenadas obtenidas, se ubicaron los puntos mencionados en la **tabla XI**, como se pueden ver en las **Figuras 19 y 20**.

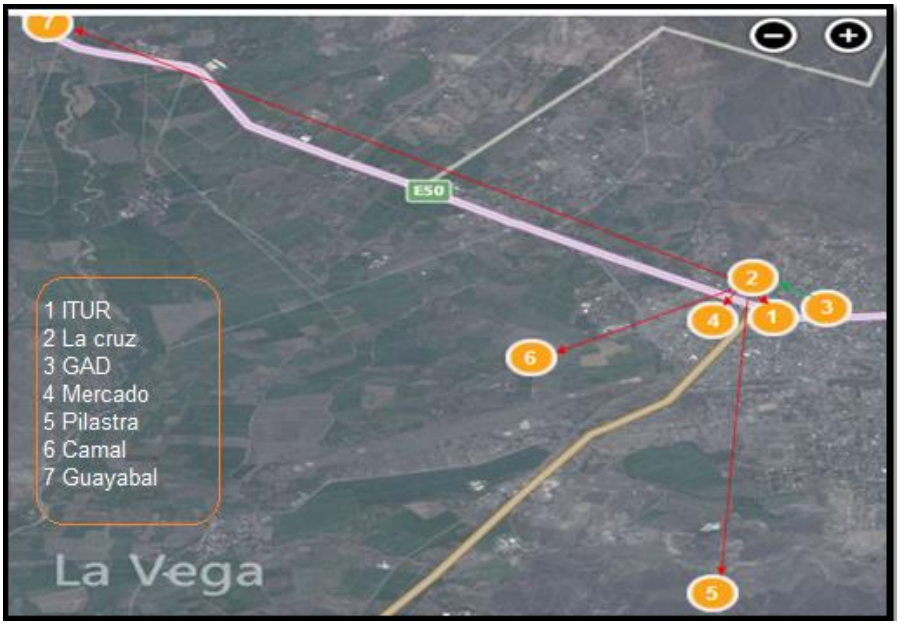


Figura 19.Localización de los puntos en Bing Maps

Figura 20.Localización de los puntos en Google Earth.

2.6 Planteamiento y elección de la mejor ruta para los enlaces inalámbricos.

Después de realizar las observaciones de campo se evidenció que entre el GADMC y las dependencias municipales mencionadas, no existe línea de vista, conclusión que se la obtuvo en base a los siguientes parámetros: la mejor línea de vista, mejor ubicación, seguridad y rutas de acceso al medio, por estas razones se determinó visualmente los mejores sitios para la ubicación de repetidores, antenas receptoras asimismo se verificó

estos puntos en los mapas topográficos como: Google Earth y Bing Maps y Radio Mobile.

Para el análisis de la ubicación de los puntos de red se utilizó el programa Radio Mobile versión 11.4.3 (para descargar: http://www.cplus.org/rmw/english1.html)que es “software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que quieren simularse” [17]

Con los datos ubicados y comprobados, se planteó dos rutas para la interconexión de las localidades, con el objetivo de obtener la mejor ubicación de la repetidora, como se muestran en las **figuras 21 y 22**.

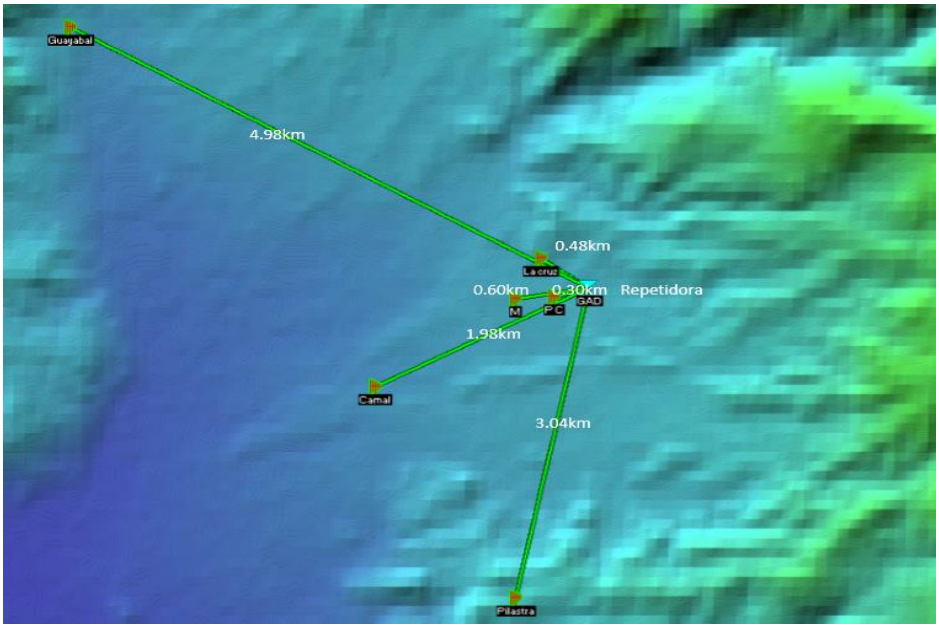


Figura 21.Ruta 1 planteada para la interconexión.

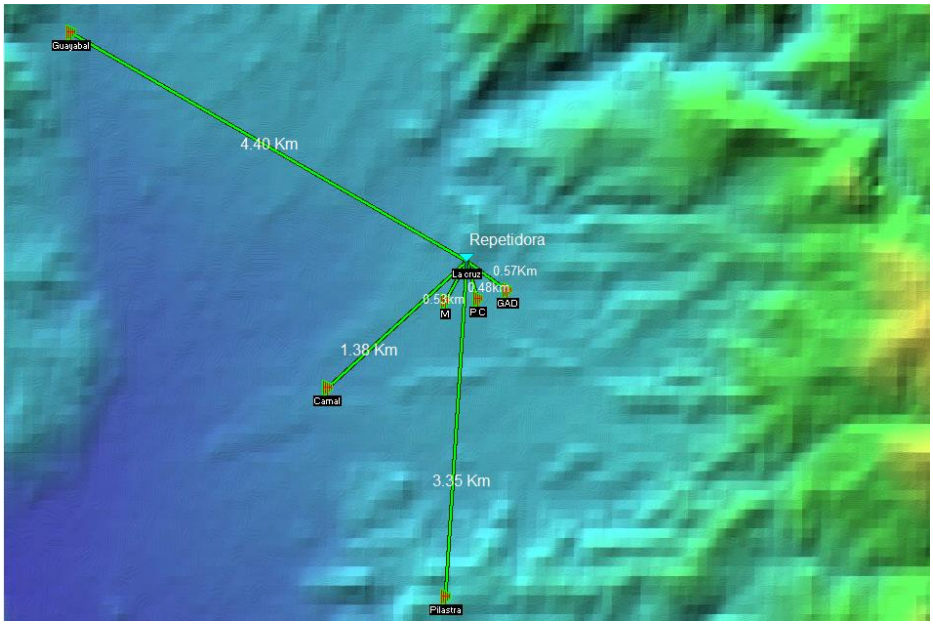


Figura 22. Ruta 2 planteada para la interconexión.

Las rutas planteadas son las siguientes:

Ruta 1.

La solución que presenta esta ruta es que el Edificio de GADMC es el centro de datos y a su vez funcionaria como repetidora, es decir desde este punto se enlazaran en forma directa Punto a Multipunto.

- GADMC-Guayabal
- GADMC- La Cruz
- GADMC-Mercado Municipal
- GADMC-Parque Central
- GADMC-Empresa Pública de Rastro (CAMAL)
- GADMC-Pilastra

Ruta 2.

La solución para la Ruta 2, es que el Edificio de GADMC siga siendo el centro de datos que se enlace Punto a Punto con La Cruz y en está sea ubicada la repetidora que interconectara los puntos restantes.

- **GADMC- La Cruz**
- LA CRUZ- Guayabal

- LA CRUZ- GADMC- La Cruz
- LA CRUZ- Parque Central
- LA CRUZ- Empresa Pública de Rastro (CAMAL)
- LA CRUZ-Pilastra

De las dos rutas se eligió la ruta 2 por las siguientes razones:

- Se tiene acceso a todos servicios básicos necesarios (Luz, infraestructura) para la operación de los equipos.
- Se cuenta con guardia de seguridad debido a que estos son sitios turísticos y de servicio público.
- Una de las razones importantes por lo que se eligió la Cruz para ubicar la repetidora es por la altitud (1294 m.s.n.m) que esta tiene, y por la línea de vista con menores obstáculos hacia los demás puntos.
- Los sitios elegidos poseen vías de acceso en buenas condiciones.

En la figura 23 se muestra el perfil topográfico del enlace entre la Cruz y el Guayabal, el cual presenta los parámetros como: elevación del terreno, distancia, y coordenadas de ubicación, estos datos servirán posteriormente para realizar el análisis de la altitud que se deberá ubicar las torres para las antenas, zona fresnel y las características de los equipos a utilizar para la realización de estos enlaces.

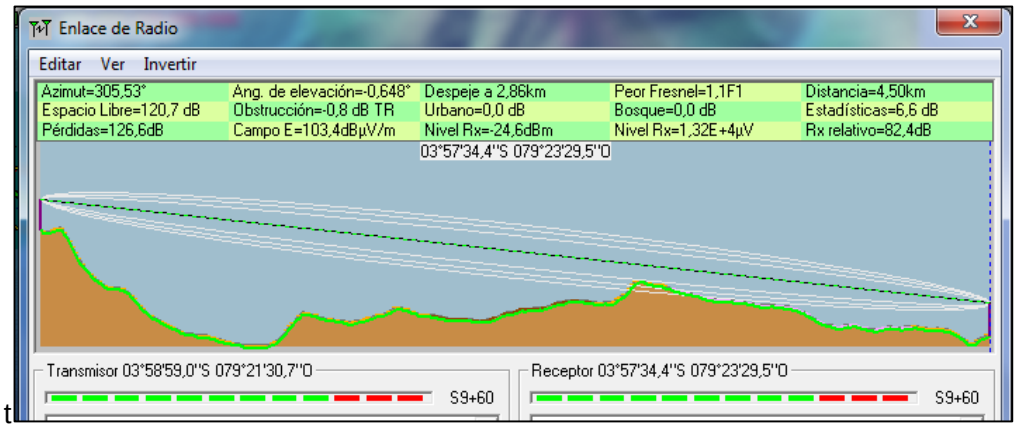


Figura 23. Perfil Topográfico del enlace la Cruz y Guayabal

Fase 2: Selección de la Tecnología y Hardware

1 Planteamiento y elección de la tecnología inalámbrica de interconexión

Como alternativa para un sistema de interconexión en las dependencias municipales, se encuentran distintos tipos de tecnologías tanto cableadas como inalámbricas.

Sin embargo, las tecnologías inalámbricas se muestran como la solución más apropiada en casos en los que se desea brindar servicios de transmisión de datos, telefonía VoIP, internet, en lugares que se hace un poco difícil llegar, por la distancia y por lo costoso que sería implementarla, a diferencia de otras tecnologías cuya implementación significaría costos muy elevados.

En base a lo antes mencionado se decidió analizar dos tipos de tecnologías inalámbricas Wifi y Wimax.

8.9 Elección de la tecnología a utilizar

Primero se seleccionó la tecnología a utilizar basándonos en comparativas entre wifi y wimax, a continuación se presenta un resumen de la comparación de acuerdo a sus principales características descritas en la **tabla XII**.

TABLA XII. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS [AUTOR]

Resumen de las características de Wifi y Wimax		
Tecnología	**Wi-Fi**	**Wimax**
Estándar	802.11	802.16
Frecuencia	No licenciadas 2.4 - 5 GHZ	Fija: 3.4 – 11Ghz Móvil: 2.3 Ghz – 6 Ghz
Rango(Alcance)	30-300m, pero aplicando estándares y antenas adecuadas puede llegar a alcanzar más de 10 Km	1- 50km
Tecnología de radio	FHSS, DSSS, OFDM	OFDM- OFDMA
Modulación Adaptable	BPSK, QPSK, 16-QAM y 64-QAM	BPSK, QPSK, 16-QAM y 64-QAM
Protocolo de acceso al canal	CSMA/CA	TDMA
QoS	SI, a partir de estándares superiores a 802.11e	Si
Seguridad	Filtrado de direcciones MAC, WEP, WAP, WAP2(AES)	Asociaciones de Seguridad (SA-Security

		Association), El protocolo PKM, DES-AES
Seguridad	Filtrado de direcciones MAC, WEP, WAP, WAP2(AES)	Asociaciones de Seguridad (SA-Security Association), El protocolo PKM, DES-AES
Half/Full Dúplex	Half Dúplex , MIMO	Full Dúplex
Velocidad	54 a 300Mbps en el estándar 802.11n y hasta 1 Ggps en 802.11ac	75 Mbps

Al analizar la información contenida en la tabla **XII** se observa que las dos tecnologías, cumplen con una tasa de transmisión (en la velocidad de transmisión) suficiente para aplicaciones de audio y transferencia de datos.

En principio es importante destacar que wimax es un sistema de largo alcance el cual permite cubrir una gran cantidad de kilómetros sin interferencia en espectros licenciados como: 2.5, 3.5 Ghz, esta tecnología también nos permite trabajar con frecuencias libres en 2.4 y 5.8 Ghz pero el enlace será propenso a interferencia. Por el contrario, Wi-Fi utiliza sólo el espectro sin licencia en frecuencias de 2.4 y 5.8 Ghz en el Ecuador.

El rango de alcance para Wimax va desde 1 a 50 Kilómetros, esta tecnología es muy bien aplicada en sitios rurales donde es muy complicado llegar por los obstáculos que presentan. Mientras que la tecnología wifi va de 30 a 150 metros en interiores, pero utilizando la tecnología como hardware y estándares adecuados podemos alcanzar más de 10 kilómetros para enlaces principales (punto- punto; punto-multipunto)

Wifi nos presenta tecnologías como el estándar 802.11n con un ancho de banda de 40 Mhz lo que permite usar simultáneamente dos canales para transmitir datos, incrementando la cantidad de datos que se transmite.

Otro de los puntos importantes en la diferencia de estas dos tecnologías es la forma de comunicación, en Wimax existe una comunicación dúplex completo (Full Dúplex) es decir que se envían y reciben mensajes simultáneamente sin que exista colisiones en la red. Mientras que con Wifi inalámbrico tenemos una comunicación semi-dúplex (Half dúplex) es decir que cada extremo de conexión transmite uno después del otro pero no los dos al mismo tiempo, pero existen estándares que han desarrollado tecnologías que superen estos inconvenientes, esta es la tecnología MIMO (múltiples entradas-múltiples salidas) lo que permite asignar múltiples flujos a diferentes clientes, incrementando el ancho de banda efectivo que se puede transmitir de forma simultánea.

La tecnología como solución inalámbrica para interconexión de las dependencias externas Municipales de Catamayo, es la tecnología WIFI ya que el costo para implementar la tecnología wifi es más conveniente, por utilizar bandas libres y el costo de los equipos es menor en comparación con wimax.

En la **tabla XIII** se observa la diferencia en costo de equipos que poseen estas dos tecnologías.

Otra de las razones por la que se elige Wifi es en cumplimiento al Decreto Ejecutivo Nº. 1014 expuesto el 10 de abril del 2008 por el Gobierno de la República del Ecuador donde se dispone el uso de Software Libre en los sistemas y equipamientos informáticos de la Administración Pública de Ecuador, con el objetivo de alcanzar soberanía y autonomía tecnológica, así como un ahorro de recursos públicos [18].

TABLA XIII.COMPARATIVA DE COSTOS ENTRE WIFI Y WIMAX

MARCA	**Ubiquiti Nanobeam M5**	**Alvarion BreezeNET B 300**	**Alvarion 3500-S00-AM0**
Frecuencia	5.45 – 5.85 GHz Libre	5.45 – 5.85 GHz Libre	3.5 GHz Paga
Tecnología	WIFI	WIMAX	WIMAX
Velocidad	300 a 600Mbps	250MhZ	26Mbps
QoS	SI	SI	SI
VLAN	SI	SI	SI
Seguridad	WEP, WPA, WPA2 y AES, MAC ACL.	AES, Costo en actualización en antenas B100	Encriptación más avanzada con AES y autenticación mediante RADIUS
Costo Referencial	$ 150,00	$ 640,00	$ 749,00

1.1 Elección del estándar wifi

En este apartado se habla sobre los estándares que ofrece wifi entre ellos se tiene IEEE 802.11a /b/g/e/n/ac, cada uno de estos estándares fue diseñado para redes de conexión inalámbrica, pero con diferentes frecuencias, velocidades, ancho de banda, en algunos de los casos unos compatibles con otros. En la **tabla XIV** se muestra las características y diferencias de cada una de los estándares.

TABLA XIV.COMPARATIVA ENTRE ESTANDARES WIFI

Características	802.11a	802.11b	802.11g	802.11e	802.11n	802.11ac
Velocidad transmisión	54Mbps	11Mbps	30 a 54 Mbps	54Mbps	600Mbps	1.3Gbps
Frecuencia	5Ghz	2.4Ghz	2.4 Ghz	2.4 y 5 Ghz	2.4 y 5.8 Ghz	5Ghz
Modulación	OFMD	DSSS	DSSS y OFDM	DSSS y OFDM	OFDM (64-QAM)	256 QAM
QoS	No	No	no	Si	Si	si
Compatibilidad	802.11e/n	DSSS(802.11 g)	802.11b	802.11a/b	Todos los anteriores	Compatible con: 5Ghz
Ancho de Banda	25 Mhz	25Mhz	20MHz	25Mhz	20 y 40MHz	80 MHz
Tecnología	SISO(Single -Input Single-Output)	SISO	SISO	SISO	MIMO	MU-MIMO

Las diferencias en las características de los estándares hacen que los usuarios busquen los que más les convenga de acuerdo a sus necesidades, en principio el estándar 802.11ac sería el mejor en cuanto al ancho de banda, a la velocidad , y a la tecnología MU-MIMO, pero al ser este un estándar nuevo, la tecnología recién se está incorporando en el mercado y como consecuencia poco conocido por los usuarios, además de ser solamente compatible con versiones anteriores de banda 5 GHz (802.11a y n), lo que significa que los clientes “a” y “n” todavía podrán conectarse a los AP(Punto de Acceso) que hayan migrado a 802.11ac. Sin embargo, hay un coste por esto. Cuando los clientes 802.11a/n existan en las redes inalámbricas, la velocidad de los clientes 11.ac se reducirán a las velocidades a/n. Es decir mientras esta tecnología no este 100% dentro de todos los equipos no se podrá utilizar sus beneficios.

En este caso tomando en cuenta estas diferencias y la inclinación por el estándar 802.11n hace que sea el más conveniente.

Se elige al estándar **IEEE802.11n** por las siguientes razones:

- Cuenta con una tecnología MIMO (Múltiples entradas, múltiples salidas) pueden llegar a trabajar hasta con 4 antenas tanto emisoras como receptoras, lo que hace que la señal (onda) se refuerce y sea capaz de superar obstáculos llegando hasta al cliente por el mejor camino.
- Nos brinda Servicios de Calidad (QoS), lo que permitirá analizar el tráfico que se sube a la red y es capaz distinguir entre paquetes de datos sensibles (VoIP, video, chat) y los paquetes no sensibles (transferencia de archivos), lo que hace que para este proyecto sea indispensable QoS, ya que además de trasferencia de datos, se implementará VoIP.
- El ancho de banda es de 20 y 40 MHz, lo cual le hace que sea compatible con estándares anteriores, el beneficio que se obtiene al utilizar los 40Mhz es que mayor cantidad de datos pasen en un tiempo determinado, mientras mayor sea el ancho de banda, se puede transmitir más datos, que en este caso se transmiten datos, voz.
- Este estándar es diseñado para trabajar con frecuencias de 5 Ghz, 2.4 Ghz, lo que hace compatible con estándares inferiores.

1.2 Elección de la Frecuencia

No existe una mejor banda para todos los escenarios. La elección entre usar 2.4GHz o 5GHz (bandas libres para estándares wifi) depende de varios factores, entre los cuales se encuentran: tipo de enlace inalámbrico (punto a punto o punto a multipunto), interferencia, distancia, línea de vista (Line of Sight), pago de licencia etc.

En el Ecuador Según el artículo 6 del Registro Oficial Nº- 143 del Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL- 2005 dice:

Se aprobará la operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilicen técnicas de modulación digital de banda ancha en las siguientes bandas de frecuencias como muestra la **tabla XV:**

TABLA XV. BANDAS LIBRES [AUTOR]

Banda(Mhz)	Asignación
902-928	ICM(aplicaciones industriales, científicas y médicas)
2400-2438.5	ICM
5150-5250	INI (infraestructura nacional de información)
5250-5350	INI
5470-5725	INI
5725-5850	ICM,INI

A continuación se presentan las ventajas y desventajas de cada banda:

- **Las ventajas de la banda 2.4GHz son:**
  - Mayor cobertura debido a que la atenuación en el aire es menor que la banda de 5.8 GHz.
  - Una mejor tolerancia a obstáculos, como árboles u otros pequeños obstáculos, en comparación con 5.8GHz
  - No requiere licencia especial para su uso en la mayoría de los países.
- **Las desventajas de 2.4GHz son:**
  - El espectro está muy saturado
  - Hay mucha interferencia que proviene desde teléfonos inalámbricos, enrutadores Wi- Fi hogareños, otros WISPs (proveedores de servicio de Internet), microondas, etc.
  - Tiene una mayor zona de Fresnel, provocando más posibilidad de interrupción con obstáculos. Y para evitar esto se debe aumentar el tamaño en las torres.

- No podremos conseguir más velocidad de 450Mbps.
- Cuenta con 11 canales para la transición de datos cada canal con un ancho de 22 Mhz, y la separación entre canales es de 5Mhz.

- **Las ventajas de la banda 5.8GHz son:**
  - Existen antenas de mayor ganancia a igual precio o cercano a las de 2.4 Ghz
  - Habitualmente, hay mucha menos interferencia que proveniente desde otras fuentes.
  - Tiene una menor zona Fresnel.

En la siguientes figura 24 y 25 se observa el enlace simulado entre la Cruz y la Pilastra con las frecuencias de 2.4 y 5.8 Ghz, en la primera figura se puede evidenciar que con una frecuencia de 2.4 la zona fresnel en mayor (hace que sea más propensa a interrupciones con obstáculos) por lo tanto se tiene un despeje del 60% que es lo mínimo admitido para que una señal pueda llegar sin ningún problema, en comparación con la frecuencia de 5.8 la zona fresnel es mucho menor lo que hace que se tenga un despeje de 90% y esté libre de interrupciones.

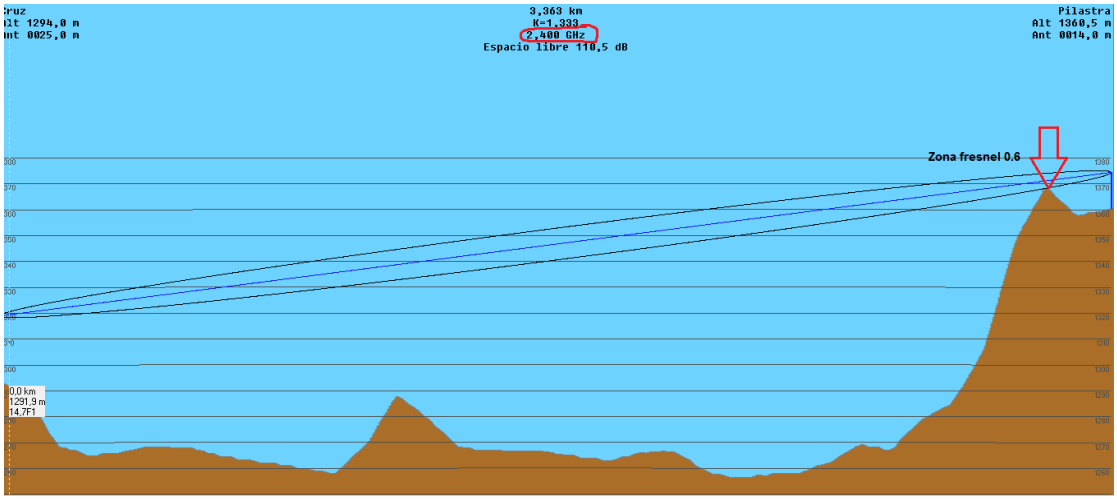


Figura 24. Zona Fresnel con frecuencia de 2.4 Ghz

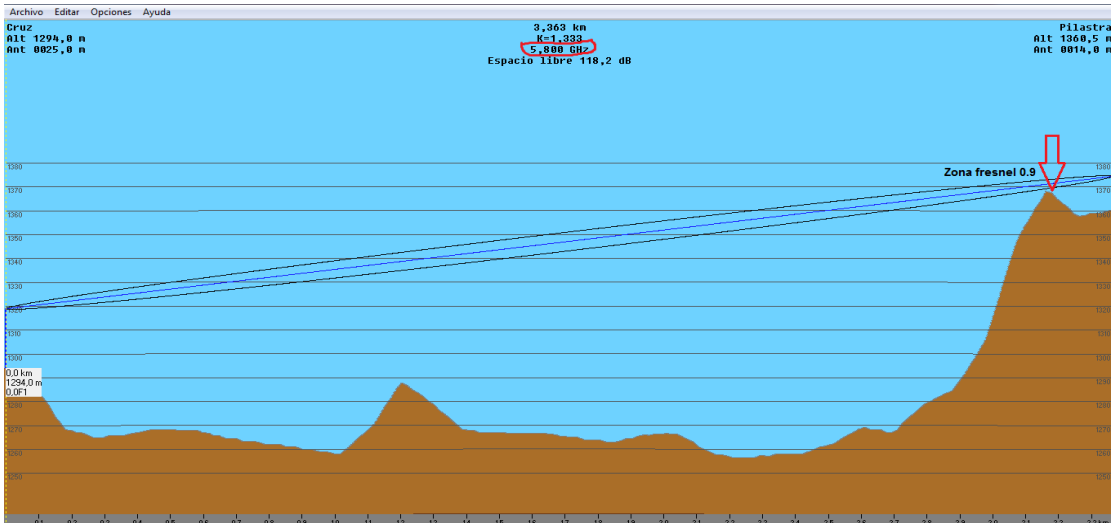


Figura 25.Zonal fresnel con frecuencia 5.8Ghz

- **Las desventajas de la banda 5.8 GHz son:**
  - Es más intolerante a obstáculos, como árboles o muros en comparación con la banda 2.4GHz.

Luego del análisis sobre las ventajas y desventajas de las frecuencias 2.4 y 5.8 Ghz se encogió para la implementación de los puntos de enlace la frecuencia 5.8 Ghz por las siguientes razones:

- Se tiene línea de vista desde la repetidora (la Cruz) hacia todas las dependencias externas, esto es un punto a favor ya que no se tiene perdidas potencia en la transmisión por obstáculos.
- La licencia del espectro es gratuita, y tiene menos inferencia debido a que esta no está saturada (no es muy utilizada).
- Al ser un espectro menos congestionado, la frecuencia 5.8 fácilmente puede ser utilizada para enlaces principales (punto a punto o punto multipunto), y esta característica combinada con antenas de alta direccionalidad ofrece una mejor inmunidad frente a fuentes externas de interferencia.
- La mayor distancia es de 4.5 kilómetros, lo que hace que la atenuación en el aire no sea un problema para que la señal llegue a los puntos determinados.
- La zona fresnel de la frecuencia 5.8 es mucho menor en comparación con frecuencias como 2.4 Ghz lo que hace que este más libre de interrupciones por obstáculos al momento de realizar los enlaces.

2. Planteamiento de la tecnología para VoIP

Para realizar el diseño de una red que brinde voz sobre IP se debe consideró los siguientes pasos que se indican en la figura 26.

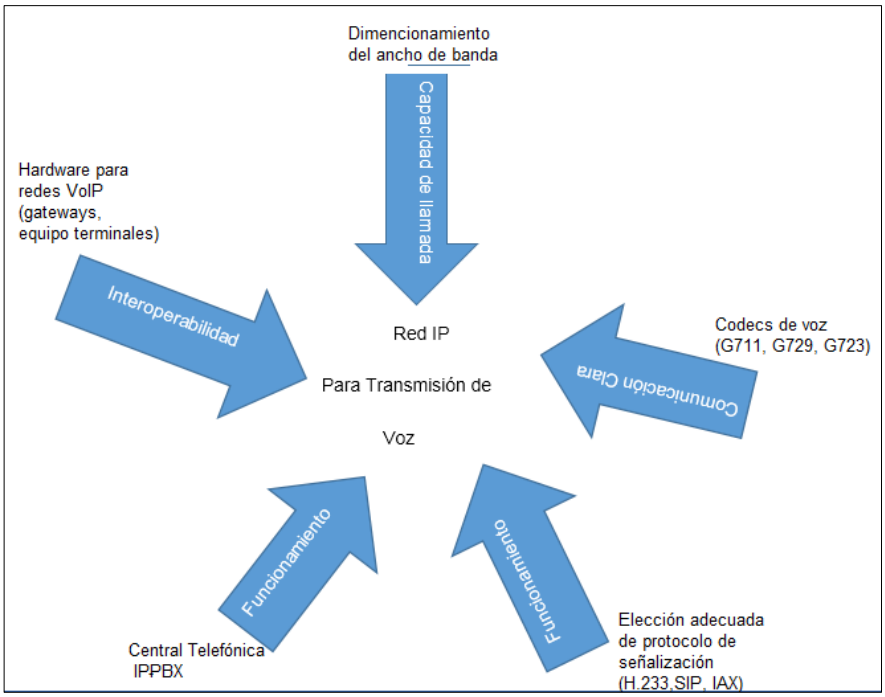


Figura 26.Componentes principales para el diseño e implementación de una red con VoIP

2.1 Elección de códec de voz

La tecnología VoIP necesita convertir la voz analógica en digital para ser transportarla a través de la red, para ello se codificarla utilizando alguno de los códecs de digitalización de audio disponibles para VoIP. La codificación consiste en comprimir las muestras de la voz de una llamada para reducir el consumo de ancho de banda de la red.

El proceso es doble. Por parte del emisor la voz se codifica, y para llegar al receptor se descodifica. Por esto es necesario que ambos sistemas de telefonía soporten el códec con el que se codifica la llamada. El reto está en no perder calidad de la voz, evitar que ésta se entrecorte y optimizar el ancho de banda.

A continuación se hablara de las características principales de los diferentes códecs más comunes como G711, G726, G723.1, G729, G722 [9].

- El factor de compresión indicada la reducción del ancho de banda que proporciona. Se compara con los 64 Kbps habitualmente de la (Red Telefónica Publica Conmutada PSTN (Public Switched Telephone Network)).
- La complejidad del algoritmo de codificación es directamente proporcional a la complejidad del proceso necesaria (influye en aspectos de implementación: si puede implementase en software o requiere hardware específico) Normalmente el algoritmo es más complejo al aumentar el factor de compresión del códec.
- Calidad evaluada mediante los parámetros MOS (Puntuación media de opinión) que se obtiene a partir de la valoración subjetiva de un conjunto de personas.
- El retraso de proceso de un códec dado, depende mucho de la arquitectura y velocidad del procesador. En cualquier plataforma de hardware o software el retraso de proceso esta correlacionado con la complejidad de procesado. El rendimiento está caracterizado en términos de millones de instrucciones por segundo (MIPS).

En la **tabla XVI** se presenta el resumen de las características más importantes de los códec de voz.

Datos importantes:

Tt=Tiempo de trama
Tla=Tiempo de funcionamiento de los algoritmos que se utilizan para realizar el cálculo

TABLA XVI. RESUMEN DE CÓDEC DE VOZ

Códec	**Licencia**	**Tipo de codificación**	**Ancho de banda Kbps**	**Retardo del codificador(tamaño de la muestra) Tt[1] + Tla[2]**	**Calidad MOS**	**Paquetes por segundo**	**Observaciones**
G711	Libre	PCM	64	0.125 [Tla=0]	4,2	50	versiones u-law (US, Japan) y a-law (Europa) para muestrear la señal
G723.1	Pagada	CELP	5.3 y 6.3	37.5 [Tt=30 Tla=7.5]	3,8	33,3	Parte de H.324 video conferencia.
G729	Pagada	CS-ACELP	8	15 [Tt=10 Tla=5]	4	50	Telefonía Digital, comunicaciones vía satélite y voz sobre frame relay
G726	Libre	ADPCM	16,24, 32, 40	0.125 [Tla=0]	4	50	Troncales PBX telefónicas, remplaza(G721-723)
G722	Libre	MICDA-SB (El sistema de codificación utiliza modulación por impulsos.	48/56/64	0.125 [Tla=1.5]	4.5	50	Muestrea el audio doble de información por unidad de tiempo, Ancho de banda IP 16 kbps. Proporciona HD de sonido y videoconferencia

Para la elección del códec de voz se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: ancho de banda, retardo, calidad (MOS), transmisión de paquetes por segundo, como se puede ver en la **tabla XVI**, para realizar este análisis se tomó en cuenta los siguientes códec G711, G723.1, G729, G726, G722, como los más conocidos.

De los códec mencionados se elige el códec G722 por las siguientes razones:

- Permite una mejor calidad del sonido en HD es también usado en videoconferencias.
- Soporta un audio muestreado a 16 Khz en lugar de 8 khz de una llamada normal telefónica que es el doble de información por unidad de tiempo y ocupa prácticamente lo mismo que el G.711 o incluso menos, por lo que es una opción excelente para quien realmente busca buena calidad de audio.
- Calidad evaluada mediante el parámetro MOS (Puntuación media de Opinión) que se obtienen a partir de la valoración subjetiva de un conjunto de personas dedicadas a este estudio nos dan un valor de 4.5 lo que hace que este códec sea una buena opción para su implementación.
- Es compatible actualmente con un número creciente de proveedores de VoIP en todo el mundo, está integrado en casi todos los teléfonos VoIP de escritorio sin importar el fabricante o el modelo.

2.2 Elección del protocolo de señalización

La señalización en VoIP tiene un papel muy importante en la red, ya que es la encargada de establecer, mantener, administrar y finalizar una conversación entre dos puntos. Además de ofrecer funciones de supervisión, marcado, llamada y retorno de tonos de progreso, también se encarga de proveer calidad de servicio (QoS) en cada canal de transmisión, esta señalización está compuesta por un conjunto de protocolos estandarizados en diferentes documentos desarrollados por la IETF y la ITU, también existen protocolos propietarios tales como: SCCP (Skinny Client Control Protocol), MGCP (Media Gateway Control Protocol) ambos protocolos propietario de CISCO, MiNet Protocolo propiedad de Mitel, CorNet-IP Protocolo propiedad de Siemens, Skype Protocolo propietario peer-to-peer utilizado en la aplicación Skype. Este documento está limitado a la investigación de los protocolos estándares VoIP tales como: H.323, SIP y IAX.

Para la elección de los protocolos de señalización se tomó en cuenta diferencias como [7]:

Los protocolos de VoIP. H.323 es un estándar de la ITU-T mientras que SIP, es un estándar más nuevo del IETF. Ambos protocolos realizan las mismas tareas básicas de telefonía (establecimiento de llamada y señalización de su inicio, tonos de marcación y terminación), así como la señalización de características de su mantenimiento, identificación y transferencia de llamadas. Sin embargo, mientras que en las redes H.323 estas tareas dependen de un servidor central (con terminales en los extremos), SIP asume un esquema más descentralizado, desplazando cierta inteligencia hacia los clientes (teléfonos, PC, dispositivos inalámbricos, etc.).

En SIP utiliza un servidor de señalización de control que debe pasar siempre por el servidor, mientras que la información de audio (flujo RTP) puede viajar extremo a extremo sin tener que pasar necesariamente por el servidor SIP. En IAX al viajar la señalización y los datos de forma conjunta todo el tráfico de audio debe pasar obligatoriamente por el servidor IAX. Esto aumenta el uso de ancho de banda que deben soportar los servidores IAX sobre todo cuando se presentan muchas llamadas de manera simultánea.

SIP es un estándar el cual es ampliamente implementado por todos los fabricantes de equipos y software, sin embargo para IAX no se encuentra en muchos dispositivos existentes en el mercado, además IAX es recomendable para troncalización, es decir para interconectar dos servidores como por ejemplo Elastix entre sí, en este caso solamente tendremos un solo servidor Asterisk.

En este caso se eligió el protocolo SIP por las siguientes razones:

Simplicidad: Basado en texto para una implementación y depuración simples, utilización de primitivas (métodos y respuestas al estilo HTTP) para establecimiento de sesiones.

Escalabilidad y flexibilidad: Funcionalidades proxy, redirección, localización/registro pueden residir en un único servidor o en varios distribuidos.

No es necesario un control centralizado: funcionamiento Peer to Peer totalmente posible

En la mayoría de equipos de diferentes fabricantes viene integrada este protocolo lo que hace que sea más fácil la adquisición de este hardware.

3. Factores que definen la calidad de servicio

Una red debe garantizar un nivel de QoS para un determinado tráfico que sigue un conjunto de parámetros los cuales se explicarán a continuación [7] [19].

Latencia: La latencia también se la llama retardo es el tiempo entre el envío de un mensaje por parte del equipo transmisor y la recepción del mensaje por parte del equipo receptor. El retardo de extremo a extremo debe ser inferior a 150 ms, esta recomendación se encuentra ligada a la capacidad auditiva de los humanos, que son capaces de detectar retardos de 200 a 250 ms

Se puede controlar intentando reservar un ancho de banda de origen a destino o señalizar los paquetes con valores utilizando equipos que puedan priorizar la transferencia de paquetes que son transmitidos en tiempo real

Si el problema de la latencia está en nuestra propia red interna podemos aumentar el ancho de banda o velocidad del enlace o priorizar esos paquetes dentro de nuestra red.

Fluctuación de retardo (Jitter): El Jitter se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, perdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino.

Las comunicaciones en tiempo real (como VoIP) son especialmente sensibles a este efecto. En general, es un problema frecuente en enlaces lentos o congestionados.

El valor recomendado para el jitter es menor o igual a 100 ms para tener una comunicación sin molestias.

Si el jitter es mayor debe ser minimizado utilizando algunas técnicas. Entre las soluciones más destacadas se encuentra la utilización de un “Jitter buffer” cuya función es almacenar los paquetes que llegan en distintos intervalos y luego de un tiempo determinado empezar a ensamblar los paquetes. Esto implica un retardo que puede ser configurado de acuerdo a la necesidad, a mayor capacidad del buffer se logra menos pérdidas de paquetes pero mayor retardo

Una mejor solución es la formación de colas para dar prioridad al tráfico de voz sobre el de datos.

Perdidas de paquetes: El porcentaje de paquetes que no llegan a su destino mide la pérdida de paquetes de la red. Esta pérdida puede producirse por errores en alguno de los equipos que permiten la conectividad de la red o por sobrepasar la capacidad de algún buffer de algún equipo o aplicación en momentos de congestión. Normalmente en aplicaciones que no funcionan en tiempo real pueden aprovecharse de la retransmisión de los paquetes, pero, por ejemplo, la telefonía IP funciona en tiempo real y sus paquetes no pueden ser retransmitidos y se produce una distorsión vocal**.** La pérdida de paquetes, no debe ser superior al 5%.

Para combatir las ráfagas de paquetes perdidos se utiliza la técnica de interpolación llamada Packet Loss Concealment (PLC). Esta técnica se basa en las muestras de voz previas, en la que el decodificador predice las tramas de voz, consideradas pérdidas.

Si las pérdidas no son demasiadas grandes, y si la señal no es muy cambiante las pérdidas pueden ser inaudibles después de aplicar el PLC. Por esta razón algunos códecs tienen algoritmos PLC construidos dentro de sus estándares por ejemplo el ITU-T G.711 al igual que otros basados en CELP tales como G.723.1, G.728 y G.729.

Una técnica muy eficaz en redes con congestión o de baja velocidad es no transmitir los silencios. Gran parte de las conversaciones están llenas de momentos de silencio. Si solo transmitimos cuando haya información audible liberamos bastante los enlaces y evitamos fenómenos de congestión

Eco: Es el tiempo transcurrido desde que se habla hasta que se percibe el retorno de la propia voz. El oído humano es capaz de detectar el eco cuando su retardo con la señal original es igual o superior a 10 ms. Pero otro factor importante es la intensidad del eco ya que normalmente la señal de vuelta tiene menor potencia que la original. Es tolerable que llegue a 65 ms y una atenuación de 25 a 30 dB.

Existen posibles soluciones para evitar este efecto tan molestoso.

Supresores de eco: Consiste en evitar que la señal emitida sea devuelta convirtiendo por momentos la línea full-duplex en una línea half-duplex de tal manera que si se detecta comunicación en un sentido se impide la comunicación en sentido contrario. El

tiempo de conmutación de los supresores de eco es muy pequeño. Impide una comunicación full-duplex plena.

***Canceladores de eco**:* Es el sistema por el cual el dispositivo emisor guarda la información que envía en memoria y es capaz de detectar en la señal de vuelta la misma información (tal vez atenuada y con ruido). El dispositivo filtra esa información y cancela esas componentes de la voz. Requiere mayor tiempo de procesamiento.

Existen canceladores de eco tanto en software (Aterisk/Elastix-OSLEC, que se instala por defecto) como en hardware (tarjetas que tengan características para canceladores de eco)

4. Clasificación del tráfico

Existen varios criterios de políticas para la clasificación de tráfico los más importantes son [7]

- Tipo de tráfico contenido en el paquete
- Dirección IP
- Puertos entre otros.

Estos se pueden llevar a cabo a nivel de capa 2 o a nivel de capa 3, mediante estándares IEEE 802.1p, IEEE 802.1q entre otros [7]

4.1 IEEE 802.1p

Define el método de etiquetar paquetes a fin de que los conmutadores de nivel 2 en la capa OSI puedan darles prioridad.

El estándar 802.1p es para el nivel 2 de enlace de datos, por cuanto es independiente del protocolo red (nivel 3), se refiere a 8 niveles de prioridad en VLANs, entonces el estándar 802.1p prioriza el tráfico de red en la subcapa de vínculo de datos/MAC. IEEE 802.1p provee el método para especificar los requerimientos de retardo y prioridades sobre una red LAN Ethernet y Token Ring. En la **figura 27** se indica cómo se dan las prioridades a la trama.

Para realizar el proceso de reenvío de tramas el switch dispone de una o varias colas (clases de tráfico) de transmisión, la capacidad de un switch para soportar tráfico expeditivo reside en la capacidad de manejar estas colas en sus puertos.

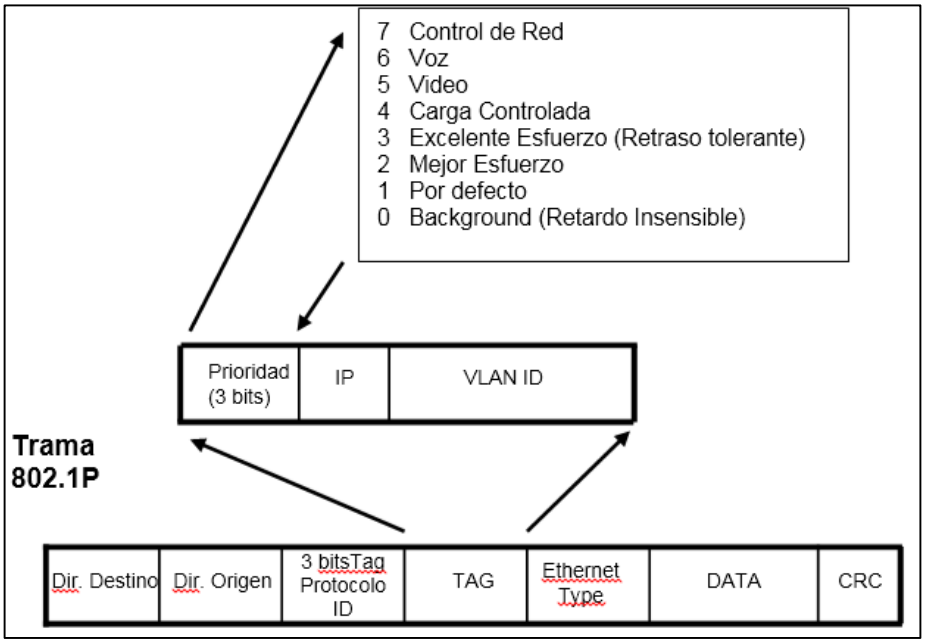


Figura 27.Trama del estándar 802.1p

4.2 Estándar 802.1 q

Permite a los conmutadores de nivel 2 distinguir clases de tráfico entrante.

El estándar IEEE 802.1q define el funcionamiento de los puentes VLAN que permite definir, hacer funcionar y administrar VLAN dentro de las infraestructuras de LAN con switch. En la f**igura 28** se indica cómo se administran VLAN dentro de la trama.

El estándar de la IEEE para el etiquetado de tramas:

- Introduce un encabezado de etiqueta dentro del encabezado Ethernet después de la dirección MAC origen.
- 12 bits del encabezado de etiqueta especifican el ID de VLAN.
- Permite 4095 VLANs individuales.

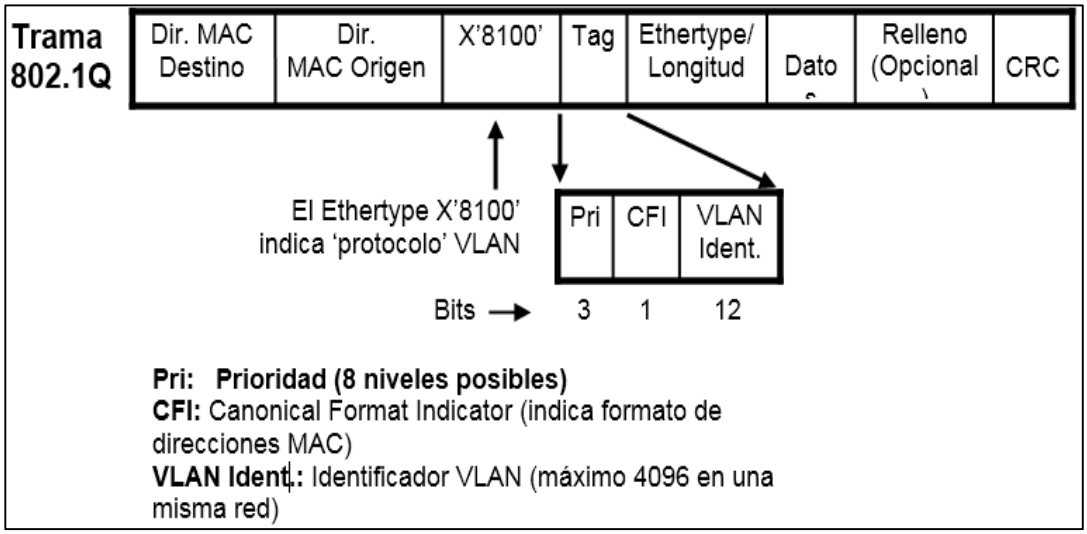


Figura 28.Trama del estándar 802.1q

La prioridad de usuario de una trama recibida por un switch se determina por:

- Si la trama recibida está etiquetada o incluye prioridad, se emplea el valor de prioridad que indica la etiqueta de la cabecera.
- Si esto no ocurriese, la información de prioridad se corresponde con la información de prioridad de la trama de MAC.

5. Central telefónica Digital (PBX)

Una PBX (Private Branch Exchange): Se encarga de establecer conexiones entre terminales de una empresa, o de hacer que se cursen llamadas al exterior. Hace que las extensiones tengan acceso desde el exterior, desde el interior, y ellas a su vez tengan acceso también a otras extensiones y a una línea externa.

Existen distintos tipos de Centrales ya sea software o por marca propia o por la distribución que posea instalada en la central, algunos pueden ser con licencias, entre ellas existen las siguientes Marcas de Centrales [7]:

- Panasonic.
- Alcatel.
- Avaya.
- Cisco Call Manager.
- Siemens.

5.1 Algunos Servicios PBX

DISTRIBUIDOR AUTOMÁTICO DE LLAMADAS (ACD).- Permite gestionar grupos de agentes con distintas tareas y competencias, así como crear colas de tamaño variable para gestionar los clientes que esperan ser atendidos [9].

INTERACCIÓN DE RESPUESTA DE VOZ (IVR).- Ofrecen información a través de mensajes simples hasta aplicaciones interactivas [9].

SISTEMA CORREO DE VOZ (VMS).- Soporta funcionalidades de contestador avanzado, graba todo tipo de mensajes y los manda automáticamente a las colas del ACD cuando un agente no puede responderlos [9].

5.2 Sistema Operativo para el diseño de VoIP.

El sistema operativo que se utilizara para el diseño de VoIP es Linux que es una buena alternativa para los usuarios que desean tener libertad, un sistema operativo robusto, confíale, idóneo para redes, servidores y estaciones de trabajo.

Las características por lo cual se elige este sistema operativo a diferencia de los otros que se puede encontrar en el mercado, es por dos razones fundamentales [9]:

- Software Libre
- Código fuente

Software Libre: Es el software que respeta la libertad de los usuarios y la comunidad. En grandes líneas, significa que los usuarios tienen la libertad para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software. Dicho en otras palabras no se debe pagar ningún precio por la licencia de este software.

Código fuente: El sistema viene acompañado del código fuente formada por el núcleo del sistema más un gran número de programas/librerías que hacen posible su utilización. Linux se distribuye bajo la GNU General Public License, por lo tanto, el código fuente tiene que estar siempre accesible.

5.3 Centos (Community Enterprise Operating System)

CentOs es una bifurcación de la distribución libre de la Red Hat Linux, Red Hat Enterprise Linux se compone de software libre y código abierto.

Con el nuevo software CentOS se crean productos como la PBX Asterisk, similares a la empresa Red Hat que es libre y disponible para la transferencia directa. La PBX Asterisk es una aplicación de código abierto de una central telefónica (PBX) que al igual que Linux es libre [9].

5.4 Asterisk

Asterisk, es una implementación “open source” de una centralilla telefónica (PBX: Private Branch Exchange). Mark Spencer de Digium inicialmente creó Asterisk y actualmente es su principal desarrollador junto con otros programadores que han contribuido a corregir errores, añadir novedades y funcionalidades. Originalmente desarrollado para el sistema operativo Linux.

Beneficios de Asterisk PBX [9].

- Muchos de los beneficios que brinda tener un servidor de telefonía IP basado en Asterisk PBX provienen del hecho de que se trata de un producto de código abierto.
- La disponibilidad del código fuente de Asterisk en la garantía para la continuidad del negocio.
- Asterisk PBX utiliza hardware genérico, lo que permite a las empresas no depender de un único fabricante de hardware.
- Asterisk es mucho más económico.
- Asterisk proporciona conectividad en tiempo real entre la red PSTN y la red de Voz sobre IP, con la utilización de este se obtiene mayor calidad en la llamada y variedad de servicios similares a los de otras PBX existentes en el mercado.

Funciones Básicas [9].

Asterisk puede funcionar como cualquier central tradicional, e incorpora todas sus funcionalidades. Asterisk está compuesto por una serie de elementos básicos.

- Conexión con líneas de telefonía tradicional, mediante interfaces tipo analógico (FXO) para líneas de teléfono fijo o bien móvil y RDSI (BRI o PRI).
- Soporte de extensiones analógicas, bien para terminales telefónicos analógicos, terminales DECT o bien equipos de fax.
- Soporte de líneas (trunks) IP: SIP, H323 o IAX.
- Soporte de extensiones IP: SIP, SCCP, MGCP, H323 o IAX.

- Música en Espera basada en archivos MP3 y similar

Funciones básicas de usuario:

- Transferencias (directa o consultiva).
- Desvíos.
- Capturas (de grupo o de extensión).
- Conferencia múltiple.
- Aparcamiento de llamadas (Call parking).
- Llamada directa a extensión.

Funciones avanzadas.

El sistema incorpora muchísimas funcionalidades avanzadas que tendrían un elevado coste en sistemas tradicionales propietarios. Numerosas funciones trae Asterisk he aquí los más importantes:

- Buzón de Voz: sistema de contestador automático personalizado por usuario. Se integra con el sistema de directorio (LDAP) y con el email.
- Sistema de Audioconferencias: Sistema que permite la conexión remota de diferentes usuarios que quieren mantener una reunión virtual y suministra la correcta gestión y control de los usuarios que se incorporan a ella.
- **IVR:** Operadora Automática. Sistema automatizado de respuesta que permite redirigir las llamadas entrantes en función de las opciones seleccionadas por el llamante.
- **Informes detallados de llamadas (CDR):** Detalle de llamadas realizadas/recibidas por extensión, para imputación de costes departamentales, por cliente o incluso para facturación.
- **ACD:** Sistema Automático de Distribución de llamadas entrantes. Pensado para centros de llamadas para atención comercial o soporte técnico. .

5.5 Elastix

Elastix es una distribución libre de Servidor de Comunicaciones Unificadas que integra en un solo paquete [7] [20].

- VoIP PBX
- Fax

- Mensajería Instantánea
- Correo electrónico
- Grabación de llamadas

Elastix implementa gran parte de su funcionalidad sobre cuatro programas de software muy importantes como son Asterisk, Hylafax, Openfire y Postfix. Estos brindan las funciones de PBX, Fax, Mensajería Instantánea y Correo electrónico respectivamente. Elastix corre sobre CentOS como sistema operativo y actualmente su versión más estable es Elastix 2.4.0.

Elastix fue creado y actualmente es mantenido por la compañía ecuatoriana PaloSanto Solutions en diciembre del año 2006. Su principal característica es ofrecer herramientas de configuración a través de una interface web. La interface Web de Elastix es una aplicación completa de administración del servidor de comunicaciones unificadas escrita en su mayoría en lenguaje PHP, sin embargo Elastix no es el remplazo de Asterisk u otro software sino que es el conjunto de herramientas que unidas, permiten hacer de manera más sencilla las labores más comunes que se hace utilizando línea de comandos. [7], [20].

5.6 Elección del PBX para implementación de la central telefónica.

En la actualidad Asterisk/Elastix están licenciados bajo (GPL), lo que significa que es un software de licencia libre, son compatibles con la mayoría de protocolos usados para servicios de telefonía, no necesitan de personal altamente capacitado para el manejo de estos software.

Los beneficios adicionales de Asterisk frente a Elastix es que se tiene total control: se puede actualizar en cualquier momento, al compilarlo, el conmutador se ajusta a la arquitectura del PC, asimismo se puede elegir los módulos que se quiera compilar y cuáles no. Mientras que Elastix instala componentes por defecto sin la opción a elegir, lo que hace que sea más lenta y pesada.

Elastix no existiría sin Asterisk.

Por estas razones, se ha consideró que para el presente proyecto, la opción más rentable en costos, servicios, tecnología de software libre y control, es Asterisk.

6 Análisis de los equipos para la implementación de la red MAN y VoIP

En este apartado se hizo una comparativa entre equipos (Antenas, Switches, Gateway, teléfonos y servidores) necesarios tanto para la red MAN y para la implementación de VoIP. Realizado el análisis se tiene las características que deben cumplir cada equipo, estas características se puede ver en el Anexo 2, Así como el costo de los equipos se pueden en el Anexo 3

6.1 Elección de equipos para la red MAN

Como se detalla en el capítulo de “Revisión Literaria” en el tema Antenas, se observa parámetros que son importantes para la elección de las antenas; se toma en cuenta el tipo de red, frecuencias, estándares, distancias en los que se encuentran los puntos de enlace, línea de vista entre enlaces y servicios que se brindaran, QoS, Además es importante analizar la ganancia de la antena, mientras más elevado sea este, mejor será la calidad de la señal.

En la fase 2 en la “Elección de la Tecnología” se escogió la red WIFI, por ser la más conveniente en costos y bandas libres. En cuanto a la frecuencia y estándares se escoge 5.8Ghz (802.11n) debido a que es menos susceptible a interferencias producidas por otros dispositivos electrónicos, tiene más canales disponibles no sobrepuestos, trabaja bajo dos frecuencias 2.4Ghz y 5Ghz lo que hace que sea compatible con estándares inferiores, la velocidad puede llegar hasta 600Mbps

Conocidas las características mínimas que deben cumplir las antenas, en la **tabla XVII** se presenta las especificaciones de las antenas que se utilizaron y que operan en la frecuencia 5.8Ghz.

TABLA XVII.ANTENAS PARA LA RED MAN

Marca	**Ubiquiti**		
Modelo	**Nanobeam M5**	**NanoStation M5**	**AirMAX 5GHz Mid-Gain 120º+RocketM5**
Tipo Antena	Direccional	Direccional	Sectorial
Frecuencia	5.45 – 5.85 GHz	5.45 – 5.85 GHz	5.45 – 5.85 GHz
Ganancia	16 y 25 dBi	19 dBi	19 dBi
Sensibilidad	-96	-96	-96
Potencia Salida	26dBm	26dBm	26dBm
QoS	SI	SI	SI
VLAN	SI	SI	SI
Ubicación	- Edificio GAD - La Cruz - Guayabal - Pilastra	Mercado Municipal - Parque Central - Empresa Pública de Rastro(Camal)	- La Cruz
Numero de Antenas	6	4	1

EL modelo de antenas con estas ganancias se eligió de acuerdo a las distancias que existen entre enlaces, por ejemplo, para el punto (La Cruz-Pilastra, La Cruz-Guayabal) hay una distancias que van desde 3.35Km a 4.40 Km que los separa, para este punto se utiliza la antena Nanobeam M5 de 25 dBi en ambos extremos, para explicar mejor se presenta la tabla XVIII.

TABLA XVIII. EQUIPOS A UTILIZAR POR ENLACE

Enlace	**Distancia**	**Equipo**	**Topología**
GADMC-Cruz	0.57Km	NanoBeamM5(16dBi)	Punto a Punto
Cruz-Guayabal	4.40 Km	NanoBeamM5(25dBi)	Punto a Punto
Cruz-Pilastra	3.35Km	NanoBeamM5(25dBi)	Punto a Punto
Cruz-Mercado	0.53Km	- AirMAX 5GHz Mid-Gain 120º+Rocket M5 - Nanostation M5	Punto-Multipunto
Cruz-Parque Central	0.48Km	- AirMAX 5GHz Mid-Gain 120º+Rocket M5 - Nanostation M5	Punto-Multipunto
Cruz-Empresa Pública ce Rastro(Camal)	1.38Km	- AirMAX 5GHz Mid-Gain 120º+Rocket M5 - Nanostation M5	Punto-Multipunto

Es necesario mencionar que mientras más alto sea la ganancia mayor será el alcance, por este motivo se escogió antenas con distintas ganancias, en base a la distancia que los separa.

6.2 Elección de Cable Wireless

El motivo fundamental y principal por lo que se utiliza una antena externa no es alejar la antena del equipo wireless, sino poder conseguir aumentar el alcance de este equipo. Esto quiere decir que, para instalar una antena externa, no se debe pensar en unir la antena con el equipo wifi con un largo cable, sino todo lo contrario. El cable introduce perdidas en la señal que van desde los 0.05 a 1dB por metro y a diferentes precios dependiendo del de la calidad del cable. Por lo tanto, a menor longitud del cable, menores perdidas. Hay instalaciones que no necesariamente es así, es decir que se necesita más longitud de cable para poder librar obstáculos gruesos y grandes.

Todos los cables introducen perdidas, pero unos introducen más perdidas que otros

En la **tabla XIX** se presenta una comparativa de la pérdida en dBi (por cada 100 metros), para cada tipo de cable, además del precio (cada 100 metros) que varía dependiendo el tipo y categoría de cable. No se tomó en cuenta para la comparativa el cable de fibra óptica debido al costo muy elevado.

TABLA XIX.ELECCIÓN DEL TIPO DE CABLE

TIPO DE CABLE				
Coaxial			**Par trenzado**	
LMR200	**LMR400**	**LMR600**	**Cat. 5e**	**Cat. 6**
62dB	21.7dB	14.2dB	22dB	19,8dB
Costo referencial	$ 110 a 600		$ 166 a 390	

De los dos tipos de cable (Coaxial, Par trenzado) se plantea utilizar el cable Par trenzado FTP categoría 6 para la conexión externa entre las antenas y los switch y routers que serán colocados en cada una de las dependencias, a esté cable se lo eligió por las siguientes razones:

- El recubrimiento global así como la protección del conjunto de cables hace que sea inmune a interferencias como ruido e interferencias electromagnéticas
- Así mismo del análisis de la tabla 15 se puede concluir que los cables de Categoría 6 presentan mejores características de transmisión para el parámetro atenuación con 19,8dB en comparación con los de categoría 5e que su atenuación e 22dB.

- Uniendo las ventajas del cable FTP y la Categoría 6 se puede determinar que es la mejor solución debido que tendremos mejor transmisión y protección ante interferencias externas.
- Aplicaciones de alta velocidad en banda ancha (Redes Lan Gigabit Ethernet).

6.3 Elección de hardware para VoIP

Para la elección del hardware se realizó el análisis de equipos de voz sobre IP que cumplan ciertas características, ya que la red soportara paquetes de voz, los cuales se describen a continuación [7].

Router.- Es un dispositivo de internetworking que conmuta paquetes de datos entre redes basándose en direcciones de capa 3 (direcciones IP). Un router puede tomar decisiones acerca de la mejor ruta para la distribución de datos por la red. El propósito de un router es examinar los paquetes entrantes, elegir la mejor ruta para ellos a través de la red, y después conmutarlos al puerto de salida apropiado.

Para el caso de una red de voz sobre IP, el router debe ofrecer calidad de servicio (QoS) en las comunicaciones, es decir, dar prioridad a los paquetes de voz sobre los de datos, debido a que la voz es transmitida en tiempo real por lo que se le considera un tipo de información crítica.

Switches.- Son dispositivos de la capa de enlace de datos (capa 2) que permiten interconectar múltiples segmentos LAN físicos en redes sencillas más grandes. Los switches remiten e inundan el tráfico en base a las direcciones MAC.

Para voz sobre IP además de la conmutación es recomendable que los switches sean capaces de soportar el estándar 802.1p/q, los cuales en combinación permitirán a los conmutadores de nivel 2 distinguir clases de tráfico entrante y brindar prioridad en la transferencia de datos.

Se recomienda que los switches posean PoE con esto se alimenta a los teléfonos IP sin la necesidad de tener un tomacorriente eléctrico, en cada lugar donde se desee instalar el teléfono IP.

Gateway de voz.- El Gateway es el dispositivo que se encarga de realizar la conmutación hacia la Red Telefónica Pública y viceversa. Los Gateway tienen un número de entradas analógicas (FXO), las cuales se conectan a las líneas PSTN. Estos

pueden ser reemplazados por tarjetas FXO, para ser colocados en los slots del servidor. Se debe tener en cuenta la compatibilidad con el códec elegido para que se pueda dar la decodificación de los paquetes de voz y convertirlos en señales analógicas digitales.

Servidores.- La función principal del servidor que se va a implementar es la señalización de llamadas. Para ello debe tener un CPU capaz de soportar el procesamiento de las llamadas y capacidad de conectarse a la red de datos. La capacidad del servidor depende del número máximo de llamadas concurrentes que se pueden dar en el sistema, uso de tiempo de procesador que requiere el códec para codificar marcación y el Sistema Operativo en el que opere.

Teléfonos IP.- Son teléfonos que tiene un conector Rj45 que conecta a la red de datos, las características principales de estos son los protocolos de señalización en los que trabajan, los códec que soporta y los protocolos de gestión y operación. Existen Teléfonos IP que funcionan con PoE y con adaptadores de corriente. Además se pueden elegir por software o hardware, los primeros necesitan una PC, con accesorios de audio (micrófono y bocina) y son programas que emulan un terminal telefónico; y los segundos son teléfonos físicos

6.3.1 Análisis del tráfico en el GADMC

Para encontrar el número de líneas telefónicas necesarias para cubrir todo el tráfico que en la hora de mayor ocupación, se realizaron algunos cálculos basados en un modelo de tráfico de voz denominado Erlang B este modelo se lo puede ver en la **figura 30**.

Erlang B.- En este modelo las llamadas bloqueadas son reencaminadas y nunca retornan a la troncal original. El llamante realiza un solo intento de establecer la llamada. Si se bloquea la llamada se reencamina inmediatamente. El modelo “Erlang B” es usado para calcular una de las siguientes tres variables cuando son conocidas dos de ellas:

- el número de llamadas en hora pico
- el porcentaje de llamadas que no serán atendidas
- el número de líneas

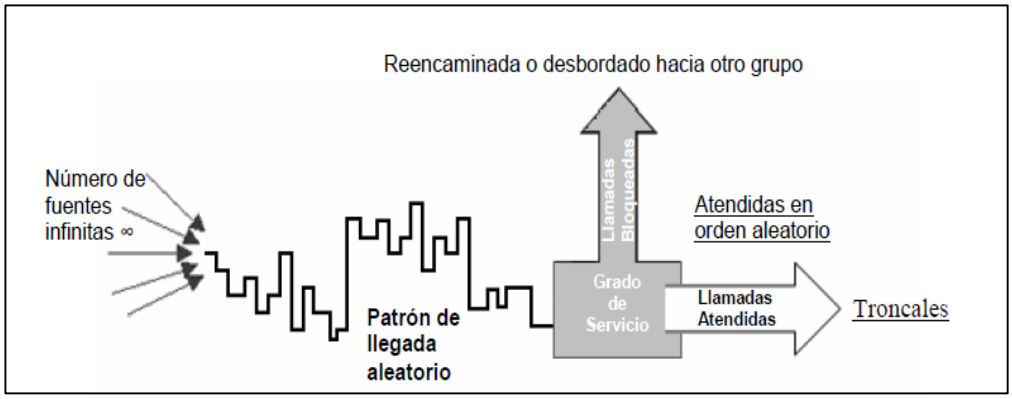


Figura 29.Modelo de tráfico Erlang B *[7]*.

$$P = \frac{\frac{a^n}{n!}}{\sum_{x=0}^{n} \frac{a^x}{x!}}$$

P: Probabilidad de bloqueo

A: Volumen de tráfico en Erlangs

N: Numero de troncales

X: Número de canales ocupados.

En el levantamiento de información se realizó el análisis del mes más llamado, el día más llamado, la hora pico, el número de llamadas realizadas en esa hora y el tiempo utilizado en esa hora. Estos datos obtenidos se los utiliza a continuación:

En el fase 1 de “Levantamiento de información “, en la tabla 9 se observa que existe un total de **49** llamadas realizadas en un intervalo de tiempo de 15-16 horas la cual es la hora más llamada además de tener el mayor tiempo de uso (4375 segundos).

Considerando la hora en donde se realizaron la mayor cantidad de llamadas se obtendrá el tiempo medio de ocupación en horas y el volumen de tráfico en Erlang.

Tiempo medio de ocupación (t’).- Es el tiempo promedio durante el cual se emplean las líneas de salida para una ocupación [7].

$$t' = \frac{n}{t}$$

T’ = promedio de llamadas en horas

n= tiempo utilizados en llamadas

t= número de llamadas

$$t' = \frac{4375\ seg * 1 llamada}{49\ llamdas} = 89{,}29\ seg$$

$$t' = \frac{89{,}29\ \ seg}{3600 seg} * 1\ hora$$

$$t' = 0.0248 \text{ horas}$$

Erlang.- Unidad de intensidad de tráfico. Un Erlang representa una sola línea ocupada permanentemente durante el tiempo de observación.

Volumen de tráfico.- Es el tiempo total durante el cual uno a más órganos (canales) de la red se mantiene ocupado. Se expresa en unidades de tiempo.

V= n*t’

V = Volumen de tráfico

n = Número de llamadas

t’= Tiempo promedio de duración de todas las llamadas

V=n*t’

V= 49 llamadas * 0.0248 horas

V= 1,2153 Erlang

De la misma forma se realizó los cálculos anteriores se hace con todos los intervalos, como se observa en la **tabla XX**.

TABLA XX.VOLUMEN DE TRÁFICO DE MUNICIPIO DE CATAMAYO

Intervalo/Hora	Tiempo de ocupación en segundos	Número de llamadas	Tiempo medio de ocupación por hora	Volumen de tráfico Erlang
8:00-9:00	713	11	0.018	0.198
9:00-10:00	897	13	0.019	0.24
10:00-11:00	1433	20	0.019	0.39
11:00-12:00	985	21	0.013	0.273
12:00-13:00	409	3	0.037	0.113
13:00-14:00	244	13	0.005	0.067
14:00-15:00	2461	25	0.027	0.683
15:00-16:00	4375	49	0.025	1,215
16:00-17:00	1931	15	0.035	0.536

En los datos analizados se observa que existe un mayor volumen de tráfico de 15H00 a 16 horas, con un valor de 1,215

Teniendo en cuenta que un típico grado de servicio (GS)=0,01 o 1% de perdida (esto significa que un promedio de una llamada en 100 puede ser bloqueada o " perdida " en una hora pico), para conocer el número de circuitos necesarios para que funcione la central telefónica se aplicó la calculadora Erlang como se observa en la **figura 30**.

En la calculadora se ingresa el valor de Erlang de 1,215 y el valor de GS=1%, obteniendo 5 circuitos o líneas telefónicas análogas necesarias para que funcione la central telefónica, para acceder a la calculadora se ingresar a la siguiente dirección: http://www.erlang.com/calculator/erlb/.

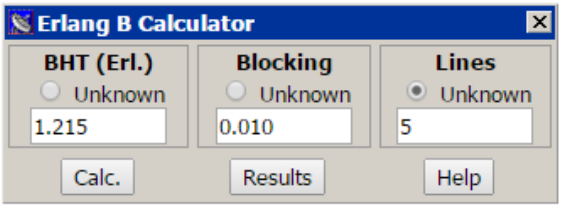


Figura 30. Cálculo de circuitos telefónicos

6.3.2 Cálculo del ancho de Banda

La voz se transmite sobre RTP, que corre sobre UDP que corre a su vez sobre IP. Estos protocolos están siempre en una comunicación de VoIP. En cambio el protocolo de nivel 2 puede ser cualquiera que pueda transportar IP. A continuación en la **tabla XXI** se muestra en bytes de cada protocolo utilizado [21]

TABLA XXI.TAMAÑO DE PROTOCOLOS DE UN PAQUETE

Protocolo	**Tamaño**
Voz	Lt.N
RTP	12(Variable)
UDP	8
IP	20(Variable hasta 60)
L2	Variable

Una vez seleccionado el códec (G.722), se analizó el nivel de enlace, la trama Ethernet (Nivel 2), la cual se transmite en la red de datos. En la tabla XXII se muestra el formato de la trama Ethernet.

TABLA XXII.FORMATO DE TRAMA ETHERNET

7 bytes	1 byte	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46-1500 bytes	4 bytes	12 bytes
Preámbulo	SFD	MAC dest	MAC Origen	Tipo/Long	DATAGRAMA IP	FCS	IFG

Si se suma la cantidad de bytes de encabezado más el tráiler, se obtiene 38 bytes, y este es el valor que habría que utilizar en el cálculo. Muchas veces se olvida considerar los campos que están en gris debido a que no poseen información concreta sino que cumplen funciones de sincronismo a nivel de acceso al medio.

TABLA XXIII.FORMATO DE TRAMA 802.1Q

7 bytes	1 byte	6 bytes	6 bytes	2 bytes	2 bytes	2 bytes	46-1500 bytes	4 bytes	12 bytes
Preámbulo	SFD	MAC dest	MAC Origen	TPID 0*810	Priority	Tipo/Long	DATAGRAMA IP	FCS	IFG

A esta trama dentro de la parte de datos, se encapsulan las cabeceras de las capas superiores del modelo OSI. A continuación en la figura 31 se presenta la trama Ethernet compuesta por los protocolos utilizados en cada capa del modelo OSI y la parte de los datos (la voz)

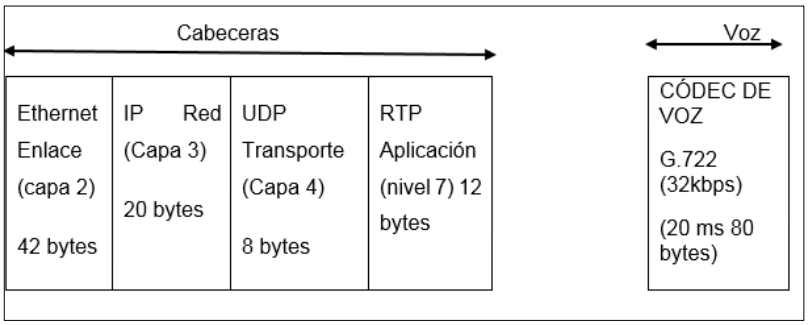


Figura 31.Composición de las cabeceras y datos (Voz) basado en la capa 2

En UDP el tamaño del encabezado es de 8 bytes como se muestra en la figura 32 En cuanto a IP el encabezado en la mayoría de los casos es de 20 bytes, pero podría crecer hasta 60 bytes con el campo de opciones. Esto no es usual en VoIP por lo que tomaremos 20 bytes. En cuanto al RTP tiene tamaño variable también aunque siempre que no haya mezcla de audio, esto es, una conferencia (se aumenta 4 bytes por cada fuente contribuyente), el tamaño será de 12 bytes [18].

Para calcular el ancho de banda se simplifica en dos parámetros que son:

- Tasa de paquetes constantes Pr (paquetes / segundo) se simplifican en dos parámetros que son:
- Tamaño del paquete Pl (Bytes/paquete)

Al calcular estos dos parámetros el ancho de banda será:

$$BW(bps) = Pr * Pl * 8(bits/byte)$$

En el modelo de codificación y paquetización consta de 3 bloques: la conversión análogo-digital, el bloque de codificación, y el bloque de paquetización. Como se muestra en la figura 32

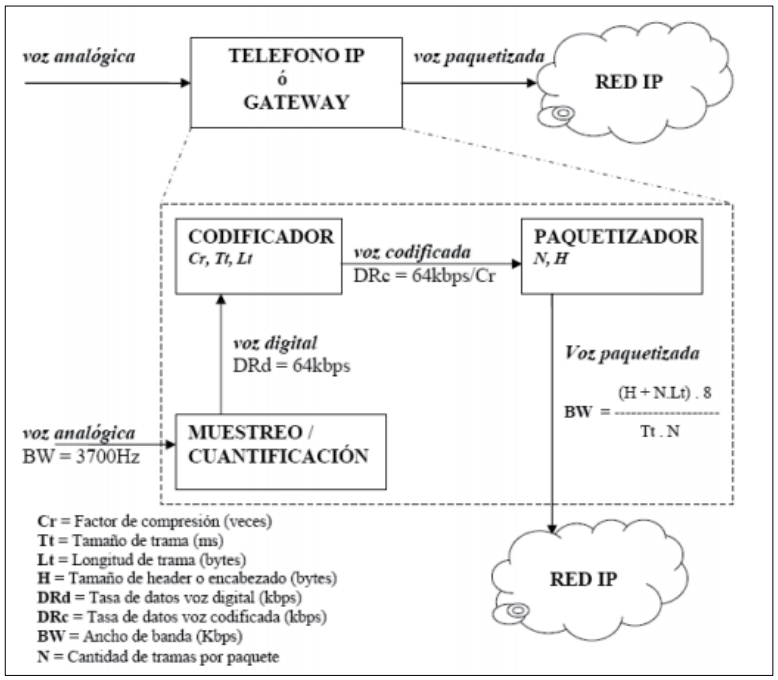


Figura 32.Modelo de codificación y paquetización

La longitud de la trama Lt (Bytes) depende del tiempo de trama y del factor de compresión así se tiene que [21].

$$Lt(bytes)\frac{Tt(ms) * 8000\left(\frac{bytes}{seg}\right)}{Cr}$$

Para calcular entonces el tamaño total del paquete habrá que sumar el encabezado H (Cabeceras de protocolos), más la longitud de trama (Lt) multiplicada por la cantidad de tramas por paquete (N).

$$Pl(longitud\ de\ paquetes\ en\ bytes) = H(bytes) + Lt(bytes) * N \qquad Ecu.(13)$$

El paquetizador acumula N tramas y luego agrega H y las saca. Por lo que sacará 1 paquete cada N.Tt segundos, lo que da una tasa de 1/(N.Tt).

$$Pr(Paquetes/segundo)\frac{1}{N * Tt}$$

En la siguiente **tabla XXIV** se muestran los parámetros y resultado de cálculo de ancho de banda para el códec G.722.

TABLA XXIV.CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA DEL CÓDEC G.722 (64KBPS)

CÓDEC	TASA	Lt(byte)	Tt (ms)	N	Tt.N (ms)	1/(Tt.N) Paq/seg	H (byte)	Pl (Byte)	BW (kbps)
G.722	64 Kbps	1byte	0.125ms	160	20	50	82	242	96.8kbps

6.3.2.1 Análisis de ancho de banda por usuario VoIP

Datos:

Códec G.722

Tt=0.125ms

Duración paquete (un sentido)=20ms.

La duración del paquete o lo que es lo mismo la frecuencia de los paquetes, es un compromiso entre ancho de banda y calidad. Una baja duración requiere más ancho de banda por otro lado si la duración se incrementa, el retardo del mismo aumenta y es más susceptible a la pérdida de paquetes. El valor típico del parámetro es 20 ms [21].

Cálculo de Longitud Trama (Lt)

$$Cr = \frac{Tasa\ de\ entrada}{Tasa\ de\ salida} = \frac{64kbps}{64kbps} = 1.$$

$$Lt(bytes)\frac{0.125*8000\left(\frac{bytes}{seg}\right)}{1} = 1\ byte\ .$$

Cálculo Tramas/Paquete(N)

$$N = \frac{Duracion\ de\ pauqete}{Duracion\ trama} = \frac{20}{0.125} = 160.$$

Calculo de Tasa de Paquetes (Pr)

$$Pr = \frac{1}{N*Tt} = \frac{1}{160*0.125} = 50pps.$$

Cálculo longitud de Paquete (Pl)

$$Pl = (42 + 20 + 8 + 12) + (1 * 160) = 242\ bytes.$$

Cálculo del Ancho de Banda (Bw) un sentido

$$Bw(bps) = Pl * Pr * 8 = 242 * 50 * 8 = 96800bps = 96.8kbps.$$

Se realiza la comprobación de los cálculos matemáticos con la calculadora de VoIP (dirección url: http://www.bandcalc.com/es/), como se observa en la figura 33

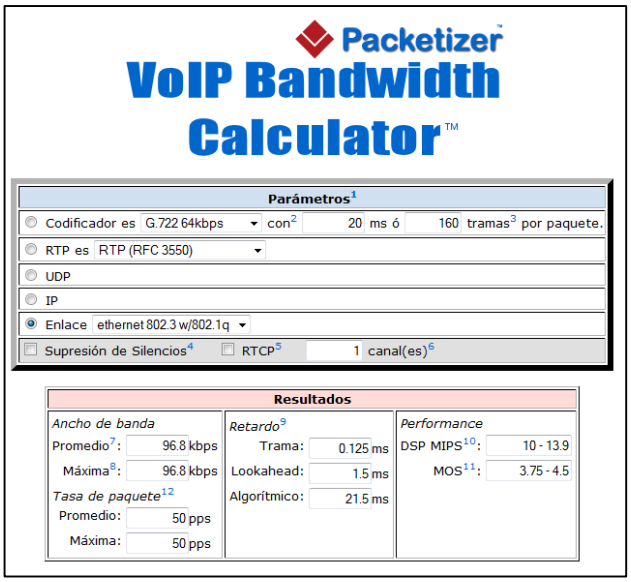


Figura 33.Calculador del ancho de banda de VoIP.

Anteriormente se realizó el cálculo de los circuitos que necesita el Municipio de Catamayo para su funcionamiento, que en este caso es 5 circuitos telefónicos (5 canales), por lo que el ancho de banda será:

Ancho de banda total (BWT) = 5*96.8kbps=**484kbps**

Cabe recalcar que existen factores que se tienen que tener en cuenta en el cálculo del ancho de banda como: El supresión de silencio que se basa en la detección de actividad de voz. De esta forma el transmisor, al detectar que la actividad de la voz cesa deja de transmitir información ahorrando de esta forma ancho de banda. El factor de actividad de la voz suele considerarse en el orden de un 35% a 50% parece ser un valor más acorde a mediciones reales

Al implementar supresor de silencio = 484kbps-50%=242kbps. Este cálculo se muestra en la figura 34

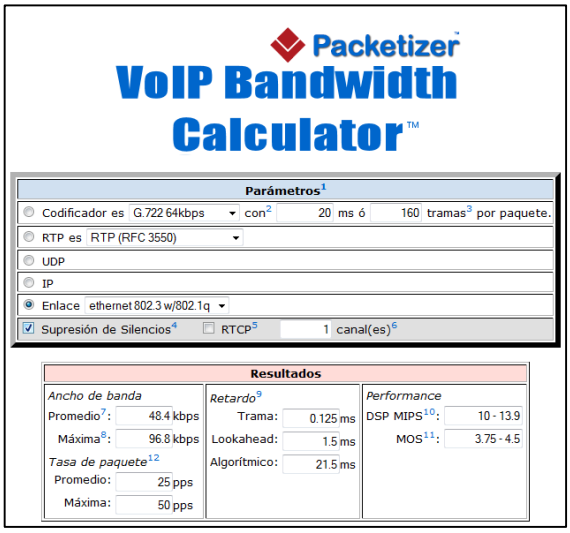


Figura 34.Calculador de ancho de banda de VoIP con Supresor de silencios

6.3.3 Elección de tarjetas Gateway

El Gateway es un dispositivo que se encarga de realizar la comunicación entre el servidor (Aterisk) y la Red Telefónica Pública.

TABLA XXV.TABLA COMPARATIVA DE TARJETAS GATEWAY

Características de Gateway			
Descripción	**Marca**		
	OPENVOX A800E08 8 (FXO)	**SANGOMA A20004D EC HW PCI**	**GRANDSTREAM GXW4108**
Puertos (fxo)	Soporta combinaciones de módulos FXS y módulos de FXO	Soporta combinaciones FXO / FXS; Posee dos módulos de dos puertos	La naturaleza modular es de 8 líneas FXO.
Cancelación de eco y cancelación de silencio	NO	SI	SI
Compatibilidad	Asterisk	Asterisk	Asterisk
Descripción	**Marca**		
Conectores	RJ11	RJ11	RJ45, RJ11
Interface	PCI-E	PCI/PCI-E	RJ45
Costo total	$ 963,2	$ 1454,46	$ 433,66

Para la interconexión de las líneas de la red telefónica pública conmutada (PSTN, Public Switched Telephone Network) y el servidor, se eligió la tarjeta Gateway GRANDSTREAM GXW4108 8 (FXO) por la comodidad en el precio y por cumplir

característica básica antes mencionada como: cancelación de eco, compatible con el códec G722, protocolo de señalización SIP, Asterisk y su calidad en sus servicios.

6.3.4 Elección de teléfonos IP

Para la elección de los teléfonos se tomaron en cuenta las siguientes características:

Protocolos de Señalización (SIP), los códec de voz que soporta en este caso G.722, supresión de silencio (VAD); y funcionalidades como: llamada en espera, transferencia de llamadas, identificación de llamadas como se puede ver en la tabla XXVI.

TABLA XXVI.CUADRO COMPARATIVO DE TELÉFONOS VOIP

Características De Teléfonos IP			
Descripción	**Marca**		
	GRANDSTREAM GXP1400/1405	**ATCOM AT-620p**	**YEALINK SIP-T20P**
Protocolo de señalización	SIP	SIP/IAX2	SIP
Protocolo 802.1 p/q, DHCP	Layer 2 (802.1Q, 802.1p) y Layer 3 (ToS, DiffServ, MPLS) QoS. Actualización de firmware a través de TFTP / HTTP / HTTPS,DHCP	Actualiza el firmware a través de HTTP, FTP o TFTP. 802.1 p/q, VLAN,	802.1p/q, DHCP Client on LAN and WAN
Códecs	Soporte para G.723.1, G.729A / B, G.711µ / a, G.726-32, G.722 (Banda ancha), iLBC, dentro de banda y fuera de banda DTMF (en audio, RFC2833, SIP INFO)	codec G711a, g711u, g723, g729, g722,	Audio codecs: G.711a/u, G.723.1 high/low , G.729 AB, G.722, G.726
Vad (voice activity detection)	SI	SI	SI
Alimentacion 802.af+ poe	SI	SI	NO
Interfaces	Dual puertos conmutados 10/100Mbps, PoE integrado, Conector para auriculares RJ9	WAN * 1. LAN * 1. RJ9 auricular Jack * 1. RJ9 auricular Jack * 1.	1 WAN y 1 LAN Soporta Power over Ethernet (PoE).

		Conector de alimentación * 1.	
Otras funcionalidades	2 teclas de línea con LED de dos colores y 2 cuenta SIP. 3 XML programables sensibles al contexto teclas suaves. 5 (navegación, menú, volumen) llaves. 8 teclas de funciones dedicadas para espera, transferencia, conferencia, volumen, auriculares, mute, altavoz, send y rll	Certificado por Elastix, Altavoz dúplex completo con una calidad de voz HIFI	Pantalla matricial, Fijas Teclas (Rellamada, Altavoz, MWI, control de volumen), 04 teclas programables como multifunción: transferencia, conferencia, rellamada, Contestador automático, DND, Entre Otras.
COSTO	$ 85,00	$ 137,00	$ 140,00

Para la elección de los teléfonos se tomó en consideración principalmente el soporte del protocolo de señalización SIP y CÓDEC, para lo cual se eligió los equipos GRANDSTREAM GXP1400/1405, GXP2140 Ejecutivo ya que son los que poseen estas características, y de acuerdo con este presupuesto del Municipio por el momento se determina la cantidad de 45 teléfonos para cubrir la comunicación interna y externa del GADMC, de los cuales los teléfonos GXP1405 serán ubicados en cada uno de los departamentos y el GXP2140 Ejecutivo se lo ubica en Alcaldía y para la operadora.

6.3.5 Elección de Switch

TABLA XXVII.CUADRO COMPARATIVO DE SWITCH

Características De Switches			
Descripción	**Marca**		
	SWITCH CISCO SG300 10/100/1000	**SWITCH CISCO EN220CIS20 SW 10/100/1000 SLM2024PT**	**SWITCH CISCO SG500-52P-K9-NA 10/100/1000**
Normas	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3z, IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q, IEEE 802.3ab, IEEE 802.1p, IEEE 802.3af, IEEE 802.3x, IEEE 802.3ad (LACP), IEEE 802.1w, IEEE 802.1x, IEEE 802.1s, IEEE 802.1ab (LLDP), IEEE 802.3at	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3z, IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q, IEEE 802.3ab, IEEE 802.1p, IEEE 802.3af, IEEE 802.3x, IEEE 802.3ad (LACP), IEEE 802.1w, IEEE 802.1x	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3i, IEEE 802.3z, IEEE 802.1D, IEEE 802.1P/Q VLAN, IEEE 802.3ab, IEEE 802.1P, IEEE 802.3af, IEEE 802.3x, IEEE 802.3ad (LACP), IEEE 802.1w, IEEE 802.1x, IEEE 802.1ad, IEEE 802.1ab (LLDP),
Interfaces	24x 1000Base-T - RJ-45 - PoE ; 2 x 1000Base-T - RJ-45 ; 1 x consola - DB-9 - gestión ; 2 x SFP (mini-GBIC)	12x10Base-T/100Base-Tx/1000Base-T –TJ45; 12 x 10Base-T/100Base-TX/1000Base-T –RJ-45_PoE; 2xSFP(mini-BBIC))	48GE x 1000Base-T - RJ-45 - PoE 2GE combinaciones+2 1G/5G
Protocolo de gestión remota	SNMP 1, RMON 1, RMON 2, RMON 3, RMON 9, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP, HTTPS, TFTP, SSH, CLI	RMON, HTTP, TFTP	SNMP 1, RMON 1, RMON 2, RMON 3, RMON 9, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP, HTTPS, CLI, TFTP
Rendimiento	Capacidad de conmutación : 56 Gbps; Rendimiento de reenvío (tamaño de paquete de 64 bytes) : 41.67 Mpps	Capacidad de conmutación:38,69Mpps; rendimiento de reenvió (tamaño de paquetes 64bytes); 52Gbps	La cantidad de memoria de CPU ARM de 800Mhz 256 MB;
Otras caracteristicas	Conmutación Layer 2/3, soporte de DHCP, VLAN, Quality of Service (QoS), alimentación	Conmutación Layer 2, soporte de DHCP, alimentación mediante Ethernet (PoE), soporte BOOTP,	Control de flujo, encaminamiento, conmutación Layer 3, conmutación Layer 2, soporte de

	mediante Ethernet (PoE), soporte BOOTP, snooping IGMP, Cola Round Robin (WRR) ponderada, Broadcast Storm Control, soporte IPv6, Multicast Storm Control, Unicast Storm Control,admite Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP), soporte de Trivial File Transfer Protocol (TFTP), Quality of Service (QoS), compatibilidad con Jumbo Frames, rastreador MLD, soporte de Access Control List (ACL),	soporte VLAN, snooping IGMP, soporte para Syslog, copia de puertos, soporte DiffServ, Cola Round Robin (WRR) ponderada, Broadcast Storm Control, soporte IPv6, Multicast Storm Control, Unicast Storm Control, soporte SNTP, admite Spanning Tree Protocol (STP), soporte de Trivial File Transfer Protocol (TFTP), Quality of Service (QoS), compatibilidad con Jumbo Frames, rastreador MLD	DHCP, alimentación mediante Ethernet (PoE), soporte BOOTP, soporte ARP, soporte VLAN, señal ascendente automática (MDI/MDI-X automático), snooping IGMP, soporte DiffServ, soporte IPv6, sFlow, admite Spanning Tree Protocol (STP), admite Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP), admite Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP), soporte de Access Control List (ACL), Quality of Service (QoS), Committed Access Rate (CAR), compatibilidad con Jumbo Frames, rastreador MLD, Compatible con protocolo de detección de enlace de dispositivo (DLDP), Endpoint Admission Defense (EAD), STP Root Guard, Unicast Reverse Path Forwarding (URPF)
COSTO	$ 981,60	$ 739,20	$ 2496,48

Para la elección del switch se tomó en cuenta puntos como:

El switch debe cumplir como mínimo con estándares 802.1 p/q VLAN en los cuales se prioriza el tráfico y en combinación de ambos estándares hace que clasifique el tráfico entrante, que sea administrable (Capa2/3), que cumpla con el estándar IEEE 802.3af

este hace que la corriente se la lleve sobre Ethernet, PoE, comprenden la simplificación de la gestión de infraestructura, menor consumo de energía, reducción de costos operativos en el caso de aplicaciones como Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP).

En la **tabla XXVII** se muestra las características principales de tres switch de diferentes modelos y marcas, de los cuales se eligió el SWITCH CISCO SG300-28P de 28 puertos, los que remplazaran a los switch D-Link para la distribución interna, asimismo se eligió SWITCH CISCO 10/100/1000 SG300-10p de 10 puertos que se utilizaran como distribuidores para las dependencias externas. Estos Switch se eligen por que cumple que los estándares antes mencionados y el costo son accesible.

6.3.6 Elección del servidor

Para la elección de las características del servidor se tomaron en base a recomendaciones realizadas de hardware de acuerdo a los números de canales (número de teléfonos) que tiene el sistema. A continuación se presenta una tabla de especificaciones técnicas para la elección del servidor.

TABLA XXVIII.CUADRO COMPARATIVO DE SERVIDOR *[7]*

Propósito	**Número de canales(usuarios concurrentes)**	**Especificaciones mínimas requeridas**
Pequeñas oficinas	5 hasta 10	1-GHz x86, 512 MB RAM
Pequeñas Empresas	< 25	3-Ghz x86, 1 GB RAM
Empresas Medianas	<=100	Dual CPUs 2 GHZ y 2GB en RAM. Server Quad Core o superior de 2 GB o 4 GB
Empresas Grandes	>100 Usuarios	Server Dual Quad Core o superior, de 4GB o más en RAM
Grandes Empresas	>=500 Usuarios	Cluster de servidor, Arquitectura distribuida.

Tomando en cuenta el número de usuarios que utilizan este sistema (39 teléfonos IP internamente y 6 en las dependencias externas), además como medida se debe tener en cuenta que la vida útil de un server debe ser tomada en 5 años como medio normal hoy día, en condiciones de uso adecuadas y en un ambiente acorde. Asumiendo esto como base y analizando los requerimientos del cliente se asume que como mínimo el sistema podrá crecer un 50% en esos 5 años (90 teléfonos IP), se elige un servidor para Medianas Oficinas con características mínimas el cual sería capaz de cubrir estos requerimientos

Fase 3: Diseño de la Red Man y Configuración de Equipos

En esta fase se elige la herramienta para el diseño, igualmente se realizó el cálculo correspondiente al diseño de nuestro Enlace vía Wireless, comprendido entre los puntos de: El GAD Municipal, Cruz, Guayabal, Empresa de Rastro (Camal), Pilastra, Parque Central, Mercado Municipal. Además se rediseña la red interna separando mediante VLANs la red de voz con la de datos

1 Elección la herramienta para el diseño de la Red Man.

Para simulaciones de Radioenlaces existen diferentes herramientas disponibles en el mundo de las telecomunicaciones.

Tal es el caso de ACPLINK 4.0, ICS Telecom de ATDI, EDX Signal Pro, Radio Waves & Electromagnetic Fields, Decibel Planner-Mapinfo, entre otras. Si bien estas difieren en su presentación y la manera de cómo son utilizados, todos son programas modernos que adoptan una tendencial real, mostrando situaciones geográficas y urbanas en 3D, atreves de imágenes reales tomadas por satélites. Estas herramientas están orientados a satisfacer soluciones a nivel de nuevas tecnología como 3G y 4G para celdas de celulares, Wimax y Wifi, redes microondas.

En este sentido abordaremos el software Radio Mobile, que es un programa de simulación de radio propagación gratuito desarrollado por Roger Coudé para predecir el comportamiento de sistemas radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones.

Este sistema analiza la viabilidad en exteriores de perfiles de línea de vista y con obstáculos, además trabaja en el rango de frecuencias entre 20Mhz y 20Ghz, utiliza datos que descargan gratuitamente desde el internet (de fuentes como la NASA Shuttle Terrain Radar Mapping Misión (SRTM)), que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco (100m). Para crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3-D y animaciones de vuelo. Además una característica de esta herramienta, es de licencia libre. Esto lo hace aventajado en comparación con otros softwares.

2 Diseño de los enlaces

En la **tabla XI** en capítulos anteriores se presenta los nodos de acceso donde se especifican las coordenadas de las dependencias Municipales, ubicadas en el cantón Catamayo y con ayuda del software Radio Mobile se planteó la mejor ruta para los enlaces inalámbricos los cuales se observan en la figura 21.

Luego de conocer los nodos que serán usados en los radioenlaces se debe analizar si las alturas de las torres en las que irán ubicadas las antenas, las cuales deben cumplir una altura requerida para liberar por lo menos el 60% de la primera zona fresnel, la cual nos asegura un buen desempeño de los enlaces. Es así que se toman como referencia las alturas de los edificios existentes en cada dependencia expuesta en la **tabla XXIX***,* y se comparan con las alturas mínimas que nos sugiere el programa Radio Mobile.

En el Anexo 4 se presenta el diseño recomendado para la torre de la Cruz y la torre del Guayabal

TABLA XXIX.ALTURAS CONSIDERADAS EN EL DISEÑO DE LOS ENLACES

Dependencias	**Altura de los Edificios(m)**	**Altura con radio Mobile desde el suelo(m)**	**Elevación de Torres sugeridas(m)**
GADMC	10	3	Ninguna
La Cruz	0	15	15
Guayabal	6	13	7
Camal (Empresa pública de rastro)	4	3	Ninguna
Mercado Municipal	5	10	5
Parque Central	9	5	Ninguno
Pilastra	7	10	3

2.1 Perfiles Topográfico

En las figuras 35 a la 40 se presentan los diferentes perfiles topográficos de cada uno de los enlaces.

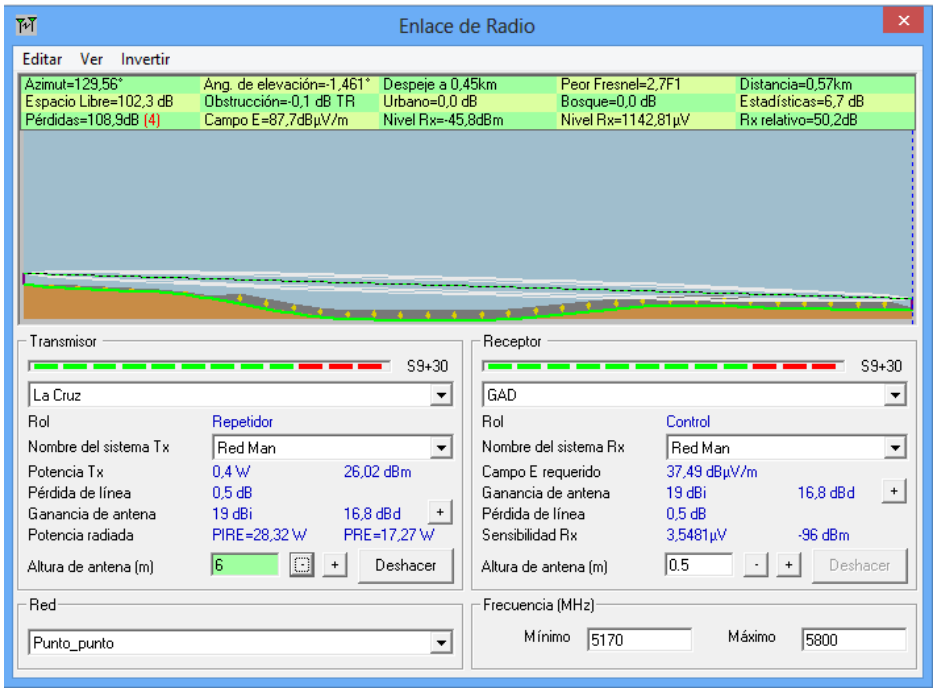


Figura 35.Perfil topográfico del alcance GADMC-La Cruz

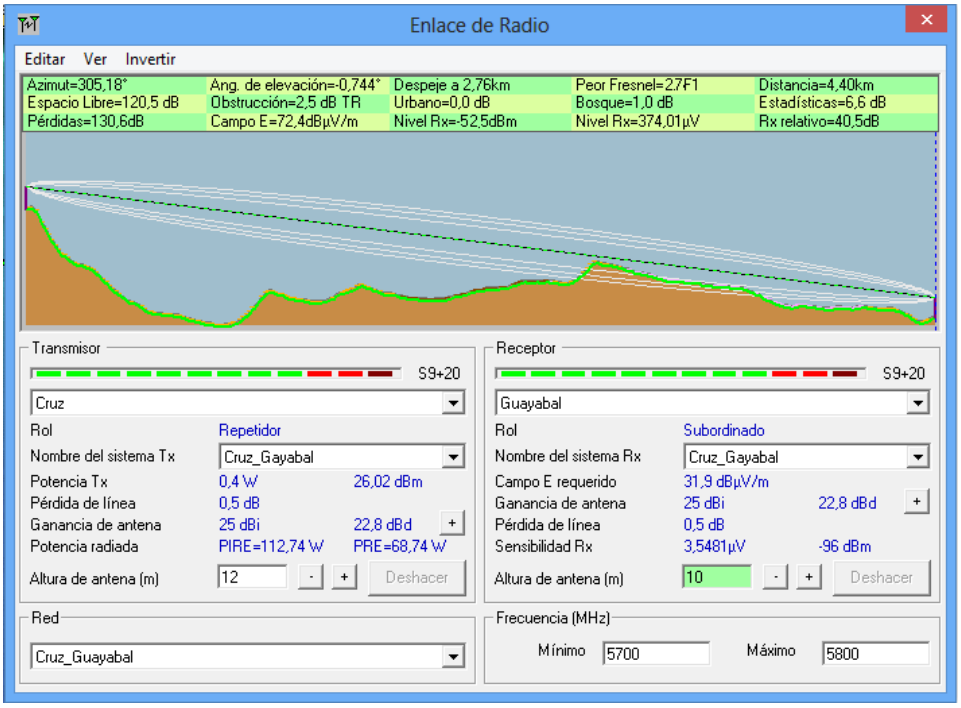


Figura 36. Perfil topográfico La Cruz-Guayabal

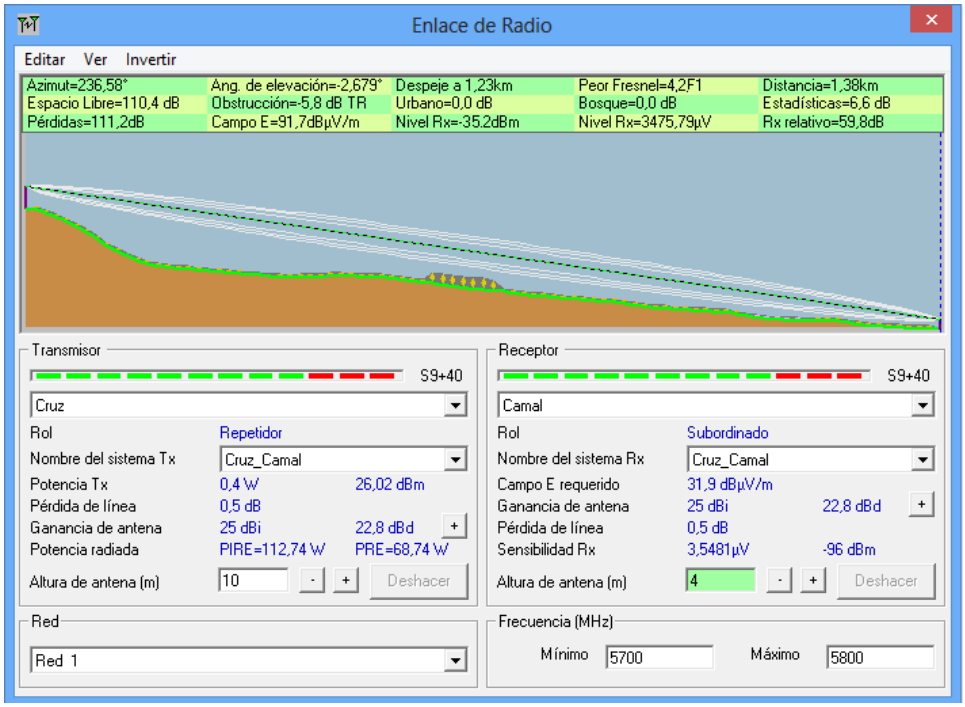


Figura 37. Perfil topográfico La Cruz-Camal

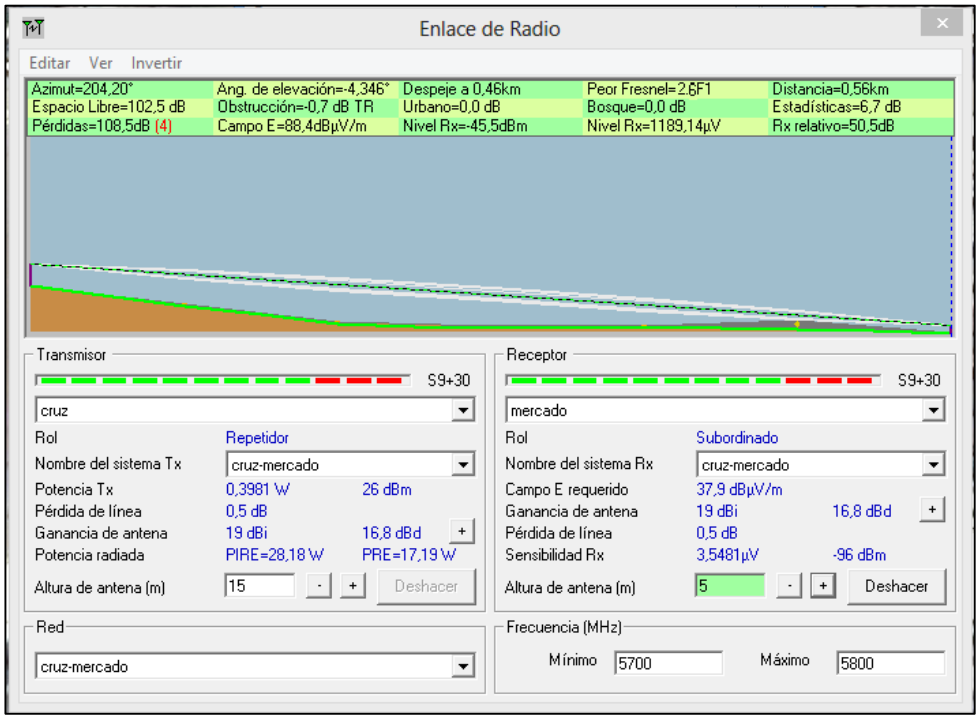


Figura 38. Perfil topográfico La Cruz-Mercado Municipal

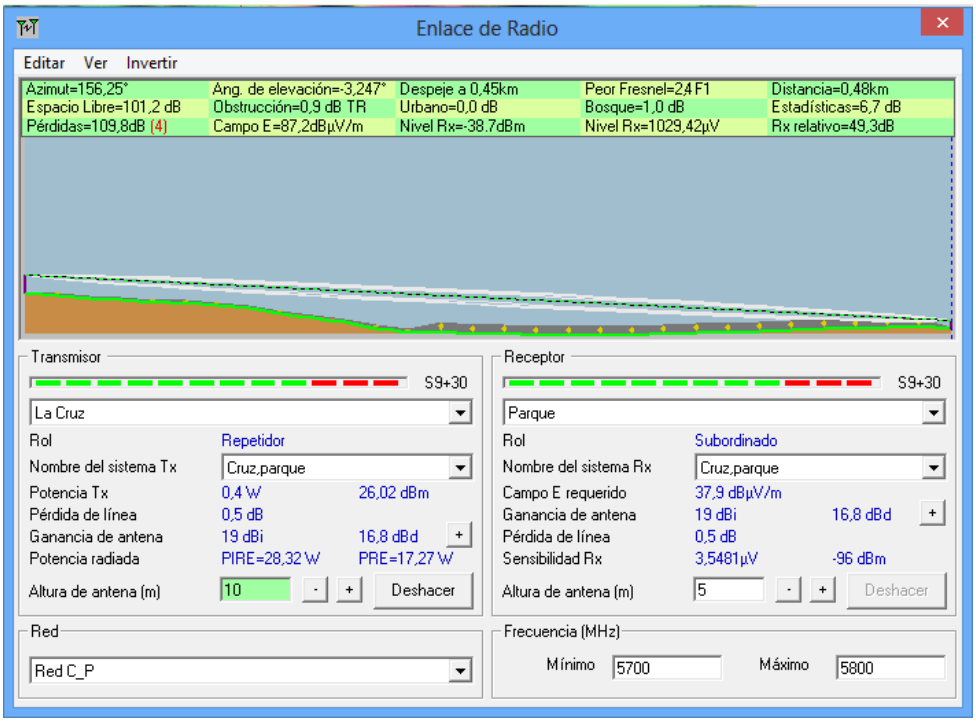


Figura 39.Perfil topográfico La Cruz-Parque Central

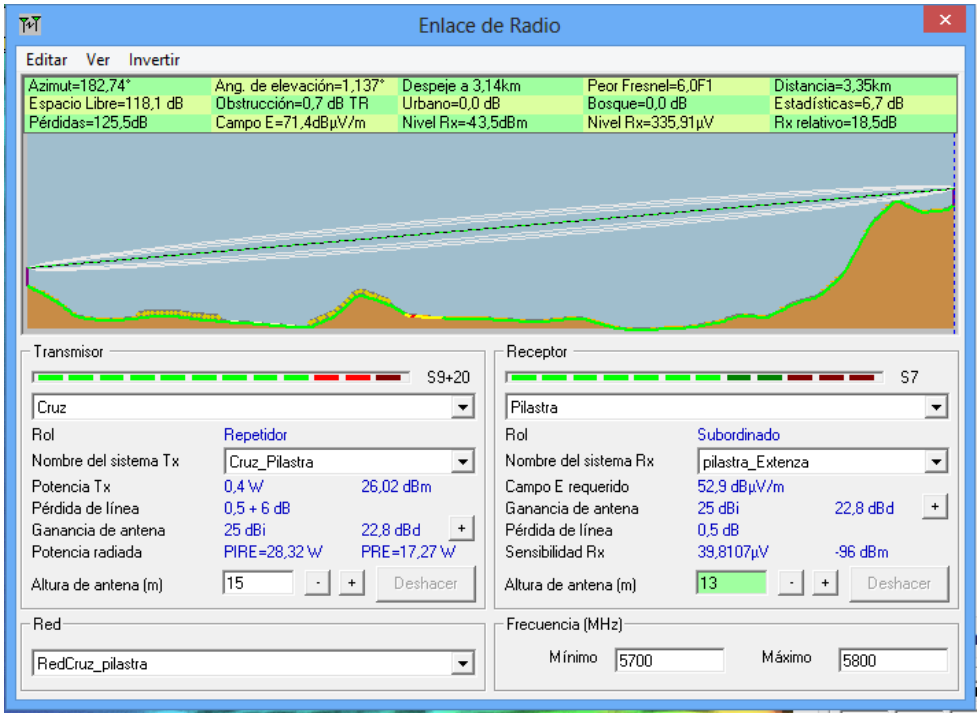


Figura 40. Perfil topográfico La Cruz-Pilastra

2.2 Cálculos de Ingeniería.

En el cálculo de ingeniería de los radio enlaces es importante conocer que algunos parámetros no serán considerados y que no se mencionan por tener muy poca influencia en el desempeño de los enlaces como la perdida por lluvia que aparecen al trabajar con frecuencias superiores a 10GHz y la perdida por desapuntamiento de las antenas que en el diseño existen al haber considerado enlaces punto-multipunto y por ende la antena y el nodo se ven forzados a apuntar a un punto intermedio entre las dos antenas, pero que realmente son despreciables estimando la distancia de los enlaces ya que el ancho de haz de las antenas cubren este desapuntamiento.

Las fórmulas que nos sirvieron para determinar los paramentos de los radioenlaces fueron indicadas anteriormente en el apartado de “Revisión Literaria”, A continuación se presenta los cálculos para el diseño del enlace La Cruz y el Guayabal, lo primero es calcular la distancia que existe en el radioenlace con ayuda de las coordenadas geográficas y alturas de los sitios sobre el nivel del mar incluido la altura de las torres, como se muestran en la tabla XXX.

TABLA XXX. COORDENADAS GEOGRAFIAS LA CRUZ Y GUAYABAL

Sitio	Latitud	Longitud	Altura(m)
La Cruz	3º58’57,1’’	79º21’32,4’’	1294
Guayabal	3º57’35,0’’	79º23’29,1’’	1240

Cálculo de la distancia entre sitios

$$D = \sqrt{(\Delta Logitud * 111.8)^2} + (\Delta Latitud * 111.8)^2 + (\Delta h)^2$$

$\Delta Logitud=$ LonCruz-LonGuayabal

$\Delta Logitud=$ 79º21’32,4’’-79º23’29,1’’

$\Delta Logitud=$0º1’56,7=0.0324

$\Delta Latitud=$ LatCruz-LatGuayabal

$\Delta Latitud=$ 3º58’57,1’’-3º57’35,0’’

$\Delta Logitud=$ 0º1’22,1’’=0.02205

$\Delta h=$Elevación-Cruz-Elevación-Guayabal

Δh=1294m-1240m

Δh=54m= 0.054km

$$D = \sqrt{(0.0324 * 111.8)^2 \ + (0.0228 * 111.8)^2 \ + (0.056)^2} \ .$$

D=4.43km

A continuación se calculó la altura de despeje y se la relacionó con la primera zona fresnel para determinar el porcentaje de esta se encuentra liberada.

Es necesario conocer si existe obstáculos en los enlaces es por esto que con ayuda de Radio Mobile se puede evidenciar la existencia de un obstáculo y la distancia entre estos. Para el enlace La Cruz-Guayabal la distancia es de 2.8 Km como se observa en la figura 41.

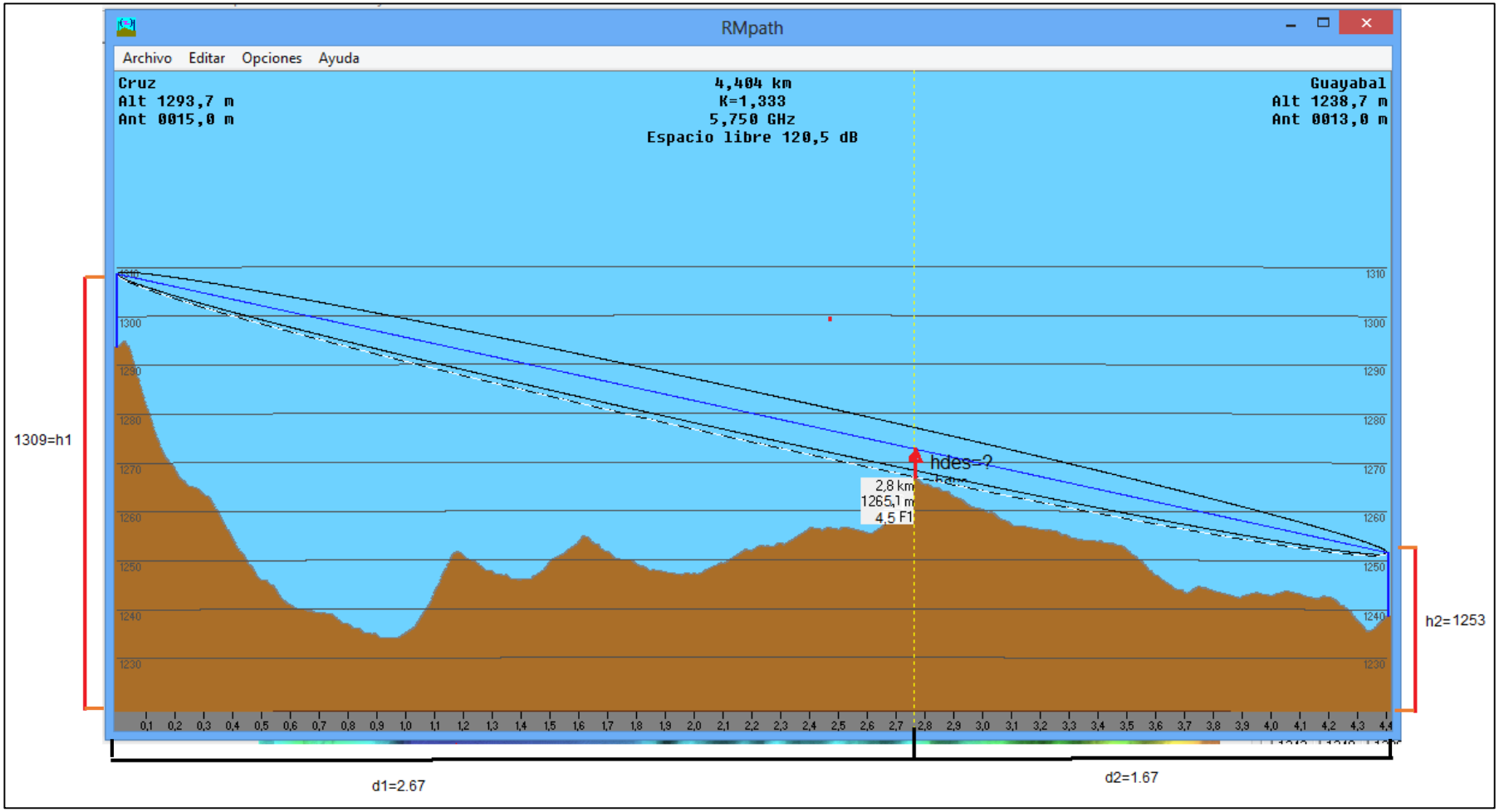


Figura 41.Perfil del enlace La Cruz- Guayabal

Con ayuda de los datos de la figura 41, se calcula la altura de despeje.

$$h_{des} = h_1 + \frac{d_1}{d_1 + d_2}(h_2 - h_1) - \left(H + \frac{d_1\, d_2}{2Ka}\right).$$

$$h_{des} = 1309 + \frac{2.8}{2.8+1.60}(1309 - 1253) - \left(1265 + \frac{2.8*1.60}{2*1.33*6.37}\right).$$

$$h_{des} = 1309 + \frac{2.8}{4.40}(56) - \left(1267 + \frac{4.6}{16.944}\right).$$

$$h_{des} = 78.19m$$

Se cálcula el radio de la primera zona fresnel el punto donde existe obstáculo.

$$F1(m) = 17{,}32\sqrt{\frac{d1(km)d2(km)}{d(km)f(Ghz)}}\ .$$

$$F1(m) = 17{,}32\sqrt{\frac{2.67*1.67}{4.43*5.8}}.$$

$$F1(m) = 7{,}5\ \mathrm{m}$$

En la práctica, basta con que el margen de despeje sobre el obstáculo h_{des} sea mayor a radio de la primera zona fresnel F1, con esto se asegura que no existe obstrucción.

$h_{des} > F1$ →No existe obstrucción

$78{,}19 > 7,5$ → Cumple con la regla

Pérdidas en el espacio libre:

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

$$Lp(dB) = 92.4 + 20log_{10}(5.8) + 20log_{10}(4.40)$$

$$Lp(dB) = 92.4 + 15.26 + 12.86.$$

$$Lp(dB) = 120{,}5dB.$$

A continuación se calculó la potencia de recepción usando los datos de la tabla **XII** donde se presentan las características de las antenas. Se consideró la pérdida de línea y conectores de 0.5dB para cada sistema de transmisión y recepción.

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{CCTX} - L_P - L_{CCRX}\ .$$

$P_{RX} = 26dBm + 25dBi + 25dBi - 0.5dB - 120{,}5dB - 0.5dB.$

P_{RX} =-45,5dBm

Se procede a calcular el margen umbral, el valor de la potencia de umbral se extrae de los datos de la tabla **XII**.

$Mu = P_{pX} - P_u$.

$Mu = -45{,}5dBm - (-96dBm)$.

$Mu = 50.5\ dBm.$

Se determina el margen de desviamiento.

$FM(dB) = 30LogD + 10Log\ (6ABf) - 10Log(1 - Res) - 70.$

El factor (1-Res) corresponde a la disponibilidad estándar para una trayectoria de 400km, pero en el caso del enlace la Cruz el Guayabal se tiene un enlace de 4.43 km por lo cual se debe hacer una relación con la distancia del enlace.

(1-Res)=0.0001

B=0.25 para áreas continentales promedio

A=0.5 Sobre un terreno promedio

Se calcula la disponibilidad estimada para el enlace La Cruz-Guayabal

$(1 - Res) = \frac{0.0001*D}{400}$

$(1 - Res) = \frac{0.0001*4.43}{400}.$

$(1 - Res) = 1.1075 * (10)^{-6}.$

$(Res) = 99{,}9998\%.$

$FM(dB) = 30Log(4.43) + 10Log\ (6 * 0.5 * 0.25 * 5.8) - 10Log(1.1075 * (10)^{-6}) - 70.$

$FM(dB) = 15.33\ dB.$

Comparando el margen de desvanecimiento y el margen de umbral se llega a la conclusión que supera el objetivo de calidad ya que Mu=> FM y por lo tanto el enlace tiene una disponibilidad estimada del 99,9998%

La Unión Internacional de telecomunicaciones (UIT) recomienda que los radioenlaces cumplan con una disponibilidad mínima definida para distancias menores a 280km según la siguiente expresión.

R_t =99.9664% para L<280Km

Donde R_t es la confiabilidad o disponibilidad mínima recomendada por la UIT

Comparando la disponibilidad recomendad por la UIT:

Res=>R_t

$(Res) = 99{,}9998\%$ =>99.9664% Se cumple con el objetivo de la UIT

2.3 Cálculo del presupuesto del enlace.

Para el cálculo del presupuesto del enlace se toma en cuenta los paramentos siguientes: distancias del enlace, frecuencia del enlace, potencia de transmisión, sensibilidad en recepción, ganancia de las antenas, atenuaciones en conectores líneas de transmisión; los mismo que se esquematizan a continuación

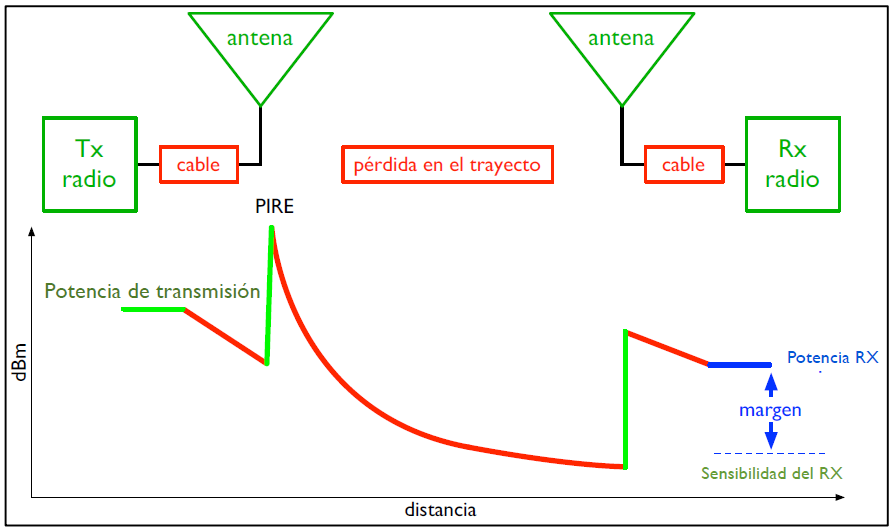


Figura 42. Potencia de un sistema inalámbrico

De la figura 42 se deduce la expresión matemática que permite calcular la potencia que se tendría en el punto de recepción para posteriormente compararla con la sensibilidad

del equipo mediante la determinación del margen de umbral M, las expresiones descritas anteriormente en el apartado "*Parámetros a tener en cuenta para el diseño de la red Man.*" y los cálculos realizados en "*Cálculos de ingeniería*", nos sirven para determinar el presupuesto del enlace.

Los cálculos que se presentan a continuación no se detallan minuciosamente sino que los valores se presentan reducidos en la siguiente tabla XXXI.

TABLA XXXI.PRESUPUESTO DE LOS ENLACES

ENLACE	**Distancia (Km)**	**Ptx(dBm)**	**Gtx(dBi)**	**Lp(dB)**	**Prx(dBm)**	**Pu(dBm)**	***Mu(dBm)***	***FM (dB)***	**Res (%)**	**Hdes (m)**	**Fresnel (m)**
							Mu=>FM				
GADMC-La Cruz	0.57	26	19	102.71	-39	-96	56.3	-2.48	99.999%	26.12	2.7
La Cruz-Guayabal	4.40	26	25	120.57	-45.5	-96	50.5	15.33	99.999%	78.19	7.5
La Cruz-Camal	1.38	26	19	110.45	-35.45	-96	60.5	5.17	99.999%	114	4.2
La Cruz-Mercado	0.53	26	19	105.8	-42.8	-96	53.2	-3.12	99.999%	81.6	2.6
La Cruz – Parque Central	0.48	26	19	101.3	-38	-96	58	-5.47	99.999%	51.831	2.4
La Cruz-Pilastra	3.35	26	25	124.2	-49.2	-96	46.8	20.89	99.9999 %	6.67	1.83

2.4 Parámetros en la simulación con Radio Mobile

A continuación se muestra la descripción de los parámetros que presenta Radio Mobile.

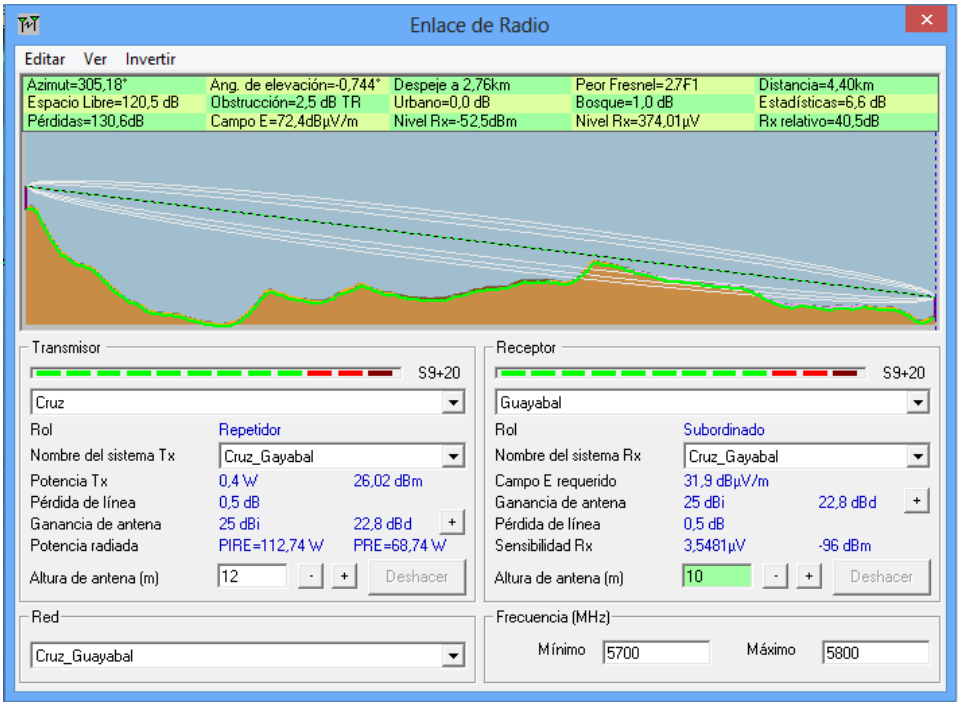


Figura 43. Parámetros del perfil enlace la Cruz-Guayabal

2.4.1.1 Potencia de Tx

Representa la potencia de salida o radiación de las antenas. Generalmente vienen en unidades de vatios (w) y (dBm).

2.4.1.2 Perdida de línea.

Simboliza las perdidas creadas por cables y conectores. Su unidad es el decibelio (dB).

2.4.1.3 Ganancia de la antena.

La ganancia de la antena usa dos unidades:

(dBi) con respecto a una antena isotrópica (Aquella que rada la misma potencia uniformemente en todas las direcciones y tienen una ganancia equivalente a cero decibelios).

(dBd) Con respecto a una antena dipolar de media longitud de onda

Se debe considerar la relación entre unidades dBi y dBd, como se muestra en la ecuación.

dBd =dBi-2.15

2.4.1.4 Potencia radiada

Dicha potencia se expresa de dos maneras:

- Potencia efectiva radiada isotrópica (PIRE)

PIRE (dBm)= potencia tx (dBm)+ganancia antena (dBi)-perdida de línea (dB)

PIRE=26dBm+25dBi-0.5dBi

PIRE=50.5dBm=112.2 W

- Potencia efectiva Radiada (PRE)

PRE (dBm)=potencia tx (dBm)+ganancia antena (dBd)-perdida de línea (dB)

PIRE=26dBm + (25dbi-2.15)-0.5dBi

PIRE=48.35dBm=68.39W

2.4.1.5 Sensibilidad Rx

Mínimo nivel de señal para conseguir un funcionamiento aceptable (nivel de calidad), medida en (dBm). También se puede ver este parámetro en términos de voltaje (uV)

2.4.1.6 Nivel de Rx

Es la potencia de recepción expresada en dBm y el voltaje recibido en uV:

En (dBm): para su cálculo se usa la siguiente ecuación, donde se añade las pérdidas estadísticas introducidas por el modelo Lonley-Rice que usa Radio Mobile como se muestra en la siguiente ecuación.

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{CCTX} - L_P - L_{CCRX} - lest$$

Donde:

Lest=7dB -> en Radio Mobile.

$P_{RX} = 26dBm + 25dBi + 25dBi - 0.5dB - 120{,}72dB - 0.5dB - 7dB.$

$\boldsymbol{P_{RX} = -52.72dBm}$.

2.4.1.7 Angulo de Elevación

Es el ángulo vertical entre la dirección de movimiento de una onda electromagnética irradiada por una antena y el plano horizontal.

$$\alpha = Sin^{-1}\frac{H}{D}$$

Donde:

D= Distancia total del enlace (Km)

H=Es la diferencia entre alturas sobre nivel del mar de los dos sitios

α =Angulo de elevación.

$\alpha = Sin^{-1}\frac{1310-1251}{4.5}$.

$\alpha = Sin^{-1}(13.11)$.

$\alpha = Sin^{-1}\frac{1.310-1.251}{4.5}$.

$\alpha = 0.751$.

2.4.1.8 Ángulo de apuntamiento

Se determina relacionando la variación de latitud con la variación de longitud como se muestra en la presente ecuación.

$$\theta = arctan\frac{latitud}{longitud}$$

Donde:

Longitud= es la diferencia entre la longitud de los dos sitios

Latitud=es la diferencia entre latitud de los dos sitios

2.4.1.9 Azimut

Es el ángulo horizontal que se forma entre la dirección de movimiento de una onda electromagnética por una antena y el plano vertical.

El ángulo de azimut se suele medir en grados a partir del norte verdadero, en el sentido de las manecillas del reloj.

3 Plan de Marcación

En el plan de marcación se determina los números que son asignados a las extensiones telefónicas del GAD. Municipal de Catamayo, tanto como para la comunicación interna y dependencias externas. La numeración asignada se basa en sugerencias planteadas por la Alcaldesa, Jefe Administrativo, Jefe de Sistema, sugerencias que fueron las siguientes:

- Las series del 200 al 600 se escogen por la facilidad de recordar estos números de recordar.
- Además el rango de extensiones se asignaron por plantas del edificio y por dependencias externas

A continuación en la tabla XXXII se presenta el rango de extensiones por plantas del edificio municipal.

TABLA XXXII. PLAN DE NUMERACIÓN POR PLANTAS DEL EDIFICIO MUNICIPAL

Rango de extensiones	División por plantas del edificio GADMC
0	OPERADORA
200-299	Planta baja del GADMC
300-399	Primera planta del GADMC
400-499	Segunda planta del GADMC
500-599	Extensión universitaria del GADMC
600-699	Dependencias externas del GADMC

En la tabla XXXIII se muestra el plan general de marcación por cada departamento, con un total de 45 extensiones entre dependencias internas como externas, las cuales fueron determinadas por las autoridades pertinentes (Dos extensiones por departamentos de Direcciones, una extensión por departamentos de Coordinaciones y una extensión por dependencia externas), asimismo en la tabla se representa de color azul los departamentos que tienen dos extensiones, además se asigna categorías como el tipo de llamada (interno, salida) y restricción de tiempo (5 minutos, libre) .

TABLA XXXIII.PLAN GENERAL DE MARCACIÓN MUNICIPIO DE CATAMAYO.

	N°	Ext	Departamento	Tipo llamada	Restricción Tiempo
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE CATAMAYO	**Planta Baja**				
	1	**0**	Operadora	Interno	
	2	**200**	Dirección financiera	Con Salida	Libre
	3	**201**	Asistente financiero	Con Salida	5 minutos
	4	**210**	Bodega	Interno	
	5	**220**	Contabilidad	Con Salida	5 minutos
	6	**230**	Coactivas	Interno	
	7	**240**	Rentas	Interno	
	8	**250**	Tesorería	Con Salida	5 minutos
	9	**260**	Catastros		
	10	**270**	Talento Humano	Con salida	Libre
	11	**280**	Trabajo Social	Con Salida	5 minutos
	Primera Planta				
	12	**300**	Alcaldía	Con Salida	Libre
	13	**301**	Secretaria General	Con Salida	Libre
	14	**305**	Recepción	Interno	
	15	**310**	Administrativo	Con Salida	Libre
	16	**311**	Asistente	Con Salida	5 minutos
	17	**320**	Relaciones Públicas	Con Salida	5 minutos
	18	**330**	Coordinación de Sistemas	Con Salida	5 minutos
	19	**331**	Asistente Sistemas	Con Salida	5 minutos
	20	**340**	Compras Públicas	Con Salida	Libre
	21	**350**	Asesoría Jurídicas	Con Salida	Libre
	22	**351**	Asistente Jurídico	Con Salida	5 minutos
	Segunda Planta				
	23	**400**	Obras públicas	Con Salida	Libre
	24	**401**	Asistente Obras públicas	Con salida	5 minutos
	25	**410**	Agua Potable	Con Salida	Libre
	26	**411**	Asistente Agua Potable	Interno	
	27	**420**	Planificación	Con Salida	Libre
	28	**421**	Asistente Planificación	Interno	
	29	**430**	Sala de concejales	Con Salida	Libre
	30	**440**	Comisaria	Interno	
	Centro De Desarrollo Local Comunitario(CDLC)				
	31	**500**	Radio Municipal	Interno	
	32	**510**	Faro del saber Ciudadano	Interno	
	33	**520**	Gestión Ambiental	Con Salida	Libre

	34	**530**	Gestión de Riesgos	Con Salida	5 minutos
	35	**540**	Dirección de Turismo	Con Salida	5 minutos
	36	**550**	Comisaria Municipalidad	Interno	
	37	**560**	Contraloría Municipal	Con Salida	Libre
	38	**570**	Unidad de Maquinaria y Mantenimiento	Interno	
	39	**580**	Archivo	Interno	
	40	**590**	Taller Eléctrico	Interno	
	Dependencias Externas				
	41	**600**	Guayabal	Con Salida	5 minutos
	42	**610**	Pilastra	Con Salida	5 minutos
	43	**620**	Mercado Municipal	Con Salida	5 minutos
	44	**630**	Parque Central	Interno	
	45	**640**	Empresa de Rastro(CAMAL)	Interno	

4 Plan de Direccionamiento IP y VLANs.

Para el plan de direccionamiento se tomó en cuenta información como: el número de Host (computadores) y el total de extensiones, tanto en dependencias externas como internas.

4.1 Número de host actuales en la red interna y externa del GADMC

En la tabla XXXIV se muestra el número de equipo (computadores, equipos de red, servidores, e impresoras) con los que contaban en las Dependencias Internas Municipales. En el Anexo 5 se presentan 87 direcciones IP que se utilizaban dentro del Edificio Municipal, de los cuales 31 pertenecían a sistemas y 56 datos.

Asimismo se muestra el número de computadores con los que cuenta actualmente las Dependencias Externas Municipales, los equipos que se utilizaran en la implementación de la Red MAN y los host necesarios para la VoIP.

TABLA XXXIV. HOST DEPENDENCIAS EXTERNAS

Dependencias	Host
Equipos_Edificio	56
Equipos_Sistemas	31
Equipos de red y servidores	11
Impresoras	4
Voz	45
Equipos de red MAN	10
Impresoras	3

Dependencias	**Host**
Empresa Pública de Rastro	6
Parque Central ITUR	6
Guayabal	4
Mercado Municipal	3
Pilastra	3
TOTAL HOST	**182**

4.2 Proyección del crecimiento de equipos de las dependencias internas y externas

Para la proyección del crecimiento en la adquisición de equipos se tomó en cuanta un aumento del doble de equipos tanto para dependencias internas como externas, en un periodo referencial de 5 años**.**

La Municipalidad de Catamayo prevé conectar con la implementación de la red MAN, otras dependencias municipales adicionales de las que se propone en desarrollo de esta tesis, como son: Los Bomberos, Unidad Médica, Mecánica, Registro de la Propiedad que se menciona en la **tabla I**, con la finalidad de brindar servicios donde no los tengan, mejorar los servicios existentes e implementar nuevos servicios como: VoIP, acceso a la base de datos y transferencia de archivos.

Tomando en cuenta el crecimiento de equipos en las dependencias, en el cual el único lugar donde no se incrementa equipos es el Parque Central por el espacio físico que está totalmente limitado para 6 computadoras. A continuación se presenta la tabla XXXV donde se describe el crecimiento de los host

TABLA XXXV.NUMERO DE HOST CON PROYECCIÓN A CRECIMIENTO

Dependencias	**Host**
Equipos_Edificio	112
Voz	90
Equipos_Sistemas	62
Crecimiento futuro enlaces otras dependencias.	24
Equipos de red	44
Impresoras	14
Wireless	14
Empresa Pública de Rastro	12
Guayabal	8
Parque Central ITUR	6
Mercado Municipal	6
Pilastra	6
TOTAL HOST	**398**

4.3 Creación de VLANs

Una VLAN (virtual LAN) es conceptualmente, una red de área local formada a nivel lógico. Dada esta particularidad, las VLANs proveen una forma de separar grupos de hosts con objetivos diferentes aunque estos se encuentren conectados al mismo switch. La red de datos del Gobierno Municipal se encentraba distribuida por direcciones IP de clase B (170.16.5.0) y C (192.168.0.0.), por razones de control, seguridad y por optimización de las direcciones IP, el GADMC se ha visto la necesidad de llevar una mejor gestión en la red, por lo que se propone creación VLANs para el manejo de los usuarios de la red. Asimismo para manejar los servicios que se disponen como: datos, internet y el servicio que se implementará como es telefonía IP.
La red del GADMC, está conformada por subredes asociadas a 6 VLANs independientes: Datos, Sistemas, Servidores y Equipos, Impresoras y, Voz y Wireless.

VLAN Datos (20): esta Vlan aloja a todos los empleados tanto de las dependencias internas y externas que laboran en el GADMC.

VLAN Voz (21): Esta dedicada a prestar servicio de telefonía a los departamentos del Gobierno Municipal.

VLAN Sistemas (22): Se debe tener un mayor control sobre esta información de accesos no autorizados que puedan modificarla o dañarla. Se encuentran los usuarios de Dirección Financiera, Contabilidad, Tesorería, Coactivas, Avalúos y Catastros, Dirección de Agua Potable, Jefatura de Rentas, Recaudación y Dirección de Planificación

VLAN Servidores y Equipos (23): Se debe proteger de accesos no autorizados que puedan dañar a los servidores y equipos de Red.

VLAN Impresoras (24): Esta dedicado a la compartición de recursos de impresión entre todas las dependencias del GADMC.

VLAN Wireless (25): Esta Vlan se aplicará para brindar internet libre.

4.4 Direccionamiento IP

Una vez creadas las VLANS y de acuerdo a la proyección de crecimiento de host, se realizó el direccionamiento IP para lo que se consideró utilizar una dirección IPv4, de

tipo privada clase A, las cuales se encuentran en el siguiente rango 10.0.0.0 a 10.255.255.255. Esto debido a que estas direcciones pueden ser utilizadas por cualquier empresa sin ningún inconveniente.

Para la red del Municipio se ha seleccionado la dirección IP 10.0.0.0. y se ha diseñado un direccionamiento jerárquico el cual se puede ver en la tabla XXXVI, en donde el primer octeto define la clase de red (10), el segundo octeto es un identificativo del Cantón Catamayo (22), el tercer y cuarto octeto definen la Vlan y el nodo que están divididos en bloques.

TABLA XXXVI.DIRECCIONAMIENTO IP Y VLAN PLANTEADAS

ID VLAN	Nombre VLAN	HOST	SUBRED	RANGO IP
20	Datos	150	10.22.20.0/24	10.22.20.1-10.22.20.254
21	Voz	90	10.22.21.0/25	10.22.21.1-10.22.21.126
22	Sistemas	62	10.22.21.128/26	10.22.21.129-10.22.21.190
23	Servidores y equipos	44	10.22.21.192/26	10.22.21.193-10.22.21.254
24	Impresoras	14	10.22.22.0/28	10.22.22.1-10.22.22.14
25	Wireless	14	10.22.22.16/28	192.168.2.17-192.168.2.30

4.5 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

DHCP o Dynamic Host Configuration Protocol. Es un protocolo que permite la configuración automática del protocolo TCP/IP de los clientes, evitando el tedioso trabajo de tener que configurar el protocolo TCP/IP cada vez que se agregue una maquina a la red, por ejemplo dirección IP, gateway, DNS

Este protocolo se configuró para la VLAN 21(Voz)

4.6 Seguridad en la red

Determinado el direccionamiento IP y VLANs, se sugirió implementar ACL (Lista de control de Acceso) estas se encargan de mantener la seguridad a nivel lógico con la creación de reglas de acceso, que permitió generar restricciones a los terminales de diferentes áreas disminuyendo la vulnerabilidad de los datos que fluyen.

Para el planteamiento de las ACL, se han tomado en cuenta las políticas de seguridad que sugiere en la Institución y en este caso el Coordinador de Sistemas, en base a esto se plantea las siguientes listas de acceso.

4.6.1 Listado de ACLs:

En la tabla XXXVII se presenta el listado de ACLs creadas como medida de seguridad para la VLAN 21 y 25

TABLA XXXVIII. LISTA DE CONTROL DE ACCESO POR DIRECCIONAMIENTO IP

Departamentos	**Rango de Direccionamiento IP**	**ACL**
VLAN 25 - Acceso a internet	10.22.22.16 10.22.22.30	Permitir acceso (IP:186.42.169.X)
VLAN 21-Acceso a telefonía IP	10.22.22.0- 10.22.20.128	Permitir acceso al servidor de telefonía IP (Asterisk) (IP: 10.22.21.195)
VLAN 21-Negar-Acceso	10.22.21.0- 10.22.20.128	Negar acceso a la Vlan 20
VLAN 21- Negar Acceso	10.22.20.0- 10.22.20.128	Negar acceso a la Vlan 22
VLAN 21 Negar Acceso	10.22.20.0- 10.22.20.128	Negar acceso a la Vlan 23, 24
VLAN 25 - Negar Acceso	10.22.22.16 10.22.22.30	Negar Acceso VLAN 20,21,22,23,24

4.7 Direccionamiento Router Cisco 2911

TABLA XXXIX. DIRECCIONAMIENTO ROUTER CISCO 2911/K9

Dirección Ip Router Core Cisco 2911/K9		
Dispositivos	Puerto	Dirección
Router	Gigabit 0/0	Dirección Pública asignada por ISP(CNT) 186.42.169.X/29
	Gigabit 0/1	10.22.20.1/24 10.22.21.1/25 10.22.21.129/26 10.22.21.193/26 10.22.22.1/28 10.22.22.17/28

TABLA XL. DIRECCIONAMIENTO SERVIDORES

Direccionamiento Servidores	
Dispositivo	**Dirección IP**
Servidor de Base de Datos	10.22.21.194/26
Servidor VoIP(Asterisk)	10.22.21.195/26
Gateway FXO	10.22.21.196/26

TABLA XLI. DIRECCIONAMIENTO IP DE SWITCHES

Direccionamiento Switch	
Dispositivo	**Dirección IP**
SW Troncal 1	10.22.21.201/26
SW Acceso 2do PISO	10.22.21.202/26
SW Acceso Tesorería	10.22.21.203/26
SW Acceso Contabilidad	10.22.21.204/26
SW Acceso Catastros	10.22.21.205/26
SW Acceso Agua Potable	10.22.21.206/26
SW Acceso Planificación	10.22.21.207/26
SW Acceso CDLC	10.22.21.208/26
SW Acceso Alcaldía	10.22.21.209/26
SW Parque Central	10.22.21.210/26
Antena Edificio GAD	10.22.21.211/26
Antena Parque Central GAD	10.22.21.212/26

En el Anexo 6 se presenta con más detalle la asignación de Vlans y por puerto de cada Switch.

4.8 Diseño de red interna implementado en el GAD Municipal de Catamayo

Es importante mencionar que para el actual diseño, direccionamiento IP de la red e implementación, se coordinó con la compañera tesista Viviana Calderón, cuyo tema de proyecto fin de carrera está basado en seguridad informática, y parte de su implementación son VLANS, hemos creído conveniente unir nuestra información (número de equipos, servicios que se brindaran, entre otros) e implementarlo de forma conjunta ya que estas son dependientes una de otra

Organizado el direccionamiento IP, creadas las VLANS, las ACLs, y planteado un nuevo diseño de la red interna como se pude ver en la figura 44, en el cual se reduce la cascada al máximo permitido entre switches que es 2, asimismo para mejorar esto con la creación de Vlans definidas anteriores, con la finalidad de reducir a dominios de difusión más pequeños y hacer la red más segura y de esta forma brindar calidad en el servicio.

Para la gestión de vlans se necesita que los switches sean administrable y que cumplan ciertas características (802.1p/q,802.3af entre otros) que se plantean en la tabla **XXVII,** es así que el GADMC adquirió 4 switches (1 Switch Cisco SG500, 3 Switch Cisco SG300) capa 3 y se reutilizando 5 existentes. Además se cambiara el router DSR-1000N que no permite crear ACL por el router Cisco 2911/K9.

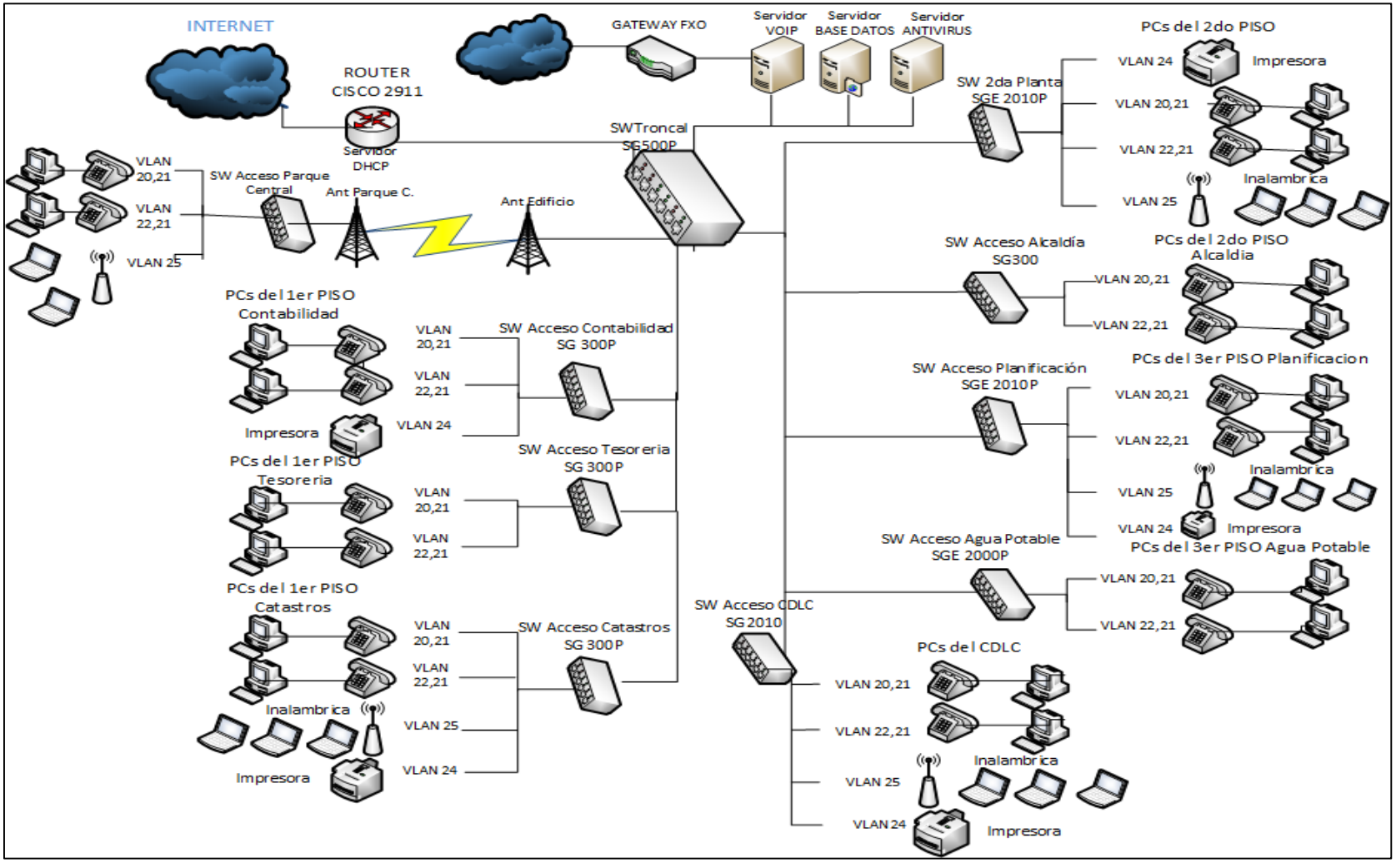


Figura 44. Diseño de red implementado para el GAD Municipal de Catamayo.

5 Diseño general planteado para la red MAN

Realizado el estudio de las necesidades de las dependencias externas, el estudio del perfil topográfico y después de organizar la red interna del GADMC se procede a diseñar la red MAN, en la tabla XLI se describen los servicios que se brindaran al implementar esta tecnología.

TABLA XLII.SERVICIOS A BRINDARSE CON LA RED MAN

Dependencias	**Distancias Km**	**Servicios para cada enlace**	**Estándar IEEE**	**Frecuencia**
GADMC	**Edificio**	**Telefonía IP**	802.11n	5.8Ghz
GADMC-la Cruz	0.48 Km	Datos Telefonía IP	802.11n	5.8Ghz
La Cruz- Guayabal	4.44 Km	Datos Telefonía IP	802.11n	5.8Ghz
La Cruz-Camal	1.84 Km	Datos Telefonía IP	802.11n	5.8Ghz
La Cruz-Mercado Municipal	0.44 Km	Datos Telefonía IP	802.11n	5.8Ghz
La Cruz-Parque Central	0.38 Km	Datos Telefonía IP	802.11n	5.8Ghz
La Cruz-Pilastra	3.27 Km	Datos Telefonía IP	802.11n	5.8Ghz

En la figura 45 se esquematiza el diseño planteado de la red MAN, para la interconexión de las dependencias externas municipales, mediante la utilización de la tecnología WI-FI basados en el estándar IEEE 802.11n y la frecuencia 5.8Ghz.

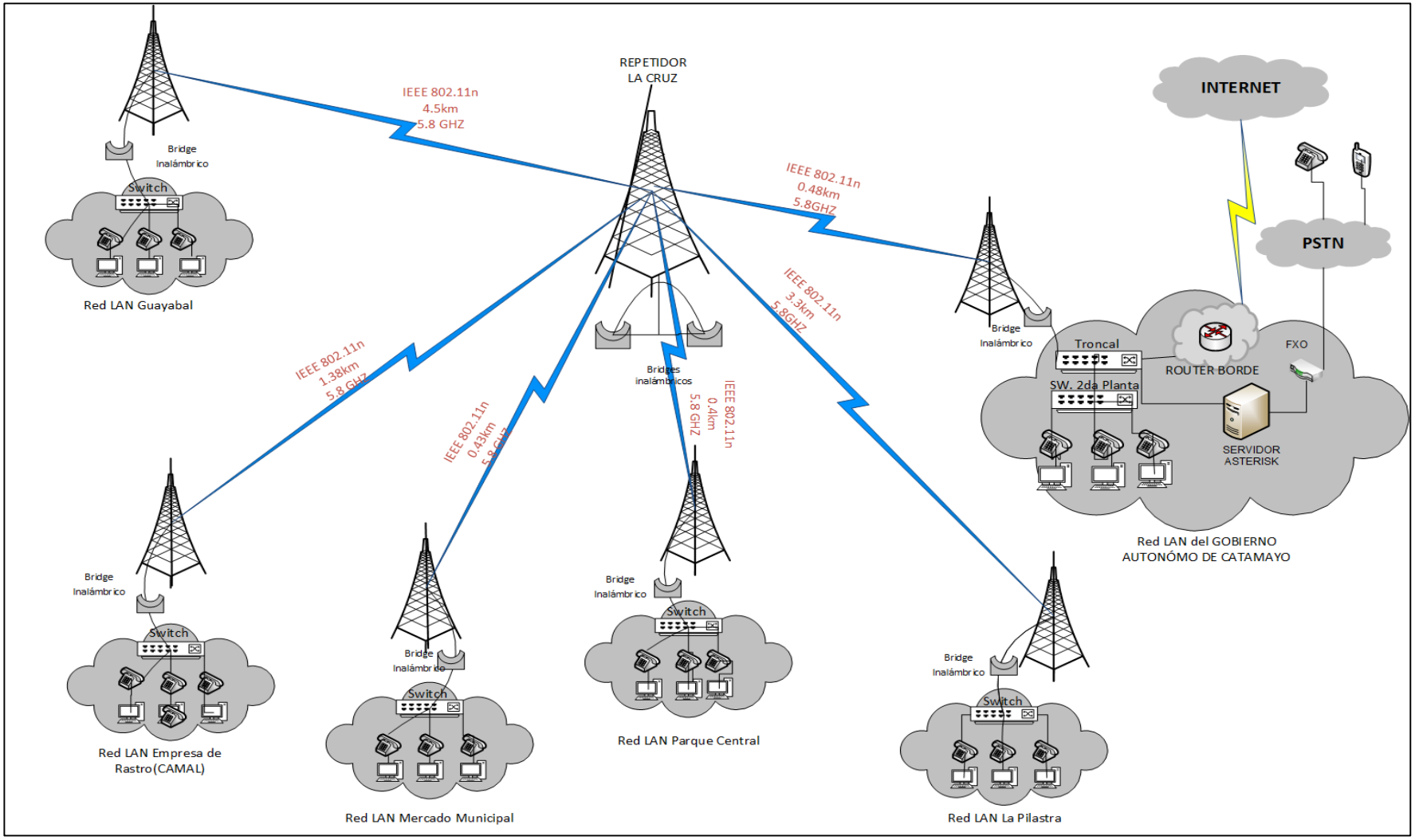


Figura 45.Diseño de la Red MAN

6. Instalación y configuración de equipos

Para la instalación y configuración de equipos se siguió los siguientes pasos:

- Configuración de switches Cisco (SG500, SG300, SGE2010,) donde se crean las VLANS
- Configuración del router Cisco(2911/k9) donde se crean las interfaces virtuales para cada VLAN y la configuración de ACLs
- Instalación del servidor de comunicaciones unificadas Asterisk y configuración el plan de marcación.
- Configuración de los teléfonos IP GXP1405
- Configuración de antenas Nanostation2, que en este caso se configuró las antenas del enlace Edificio Municipal y el Parque Central.

6.1 Formas de Administración de Equipos de Red

Existen dos formas de administrar equipos (Switch, Router), vía web o por consola, todo depende de la habilidad y conocimientos del programador tenga.

La configuración por consola se realiza de acorde a la figura 46.

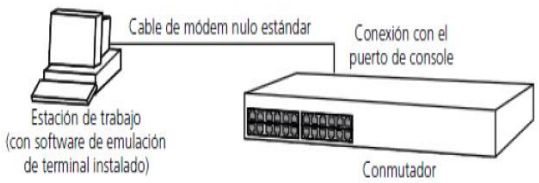


Figura 46.Comunicación entre Switch y PC

Para administrar un switch y un router a través de otro computador (Sistemas Operativo Windows) mediante la línea de comandos, se utilizó el programa putty (se lo puede descargar de la siguiente dirección http://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/download.html).

A través del programa putty se configuró el puerto COM, y los parámetros que viene por defecto (el parámetro speed es el único que se cambia pues estos switches viene determinados con una velocidad de transmisión de 115200) al que se conecta el Switch con la PC, dicha configuración se presenta en la figura 47

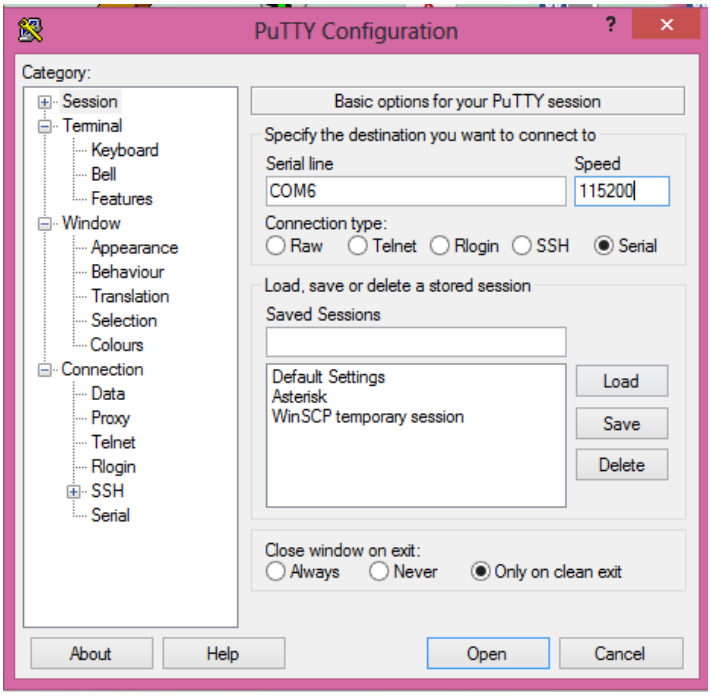


Figura 47. Ventana Principal de Putty

Una vez que se ingresa los parámetros, se da clic en “Open” y aparece la ventana de consola como se puede ver en la figura 48, y listo se puede empezar a configurar.

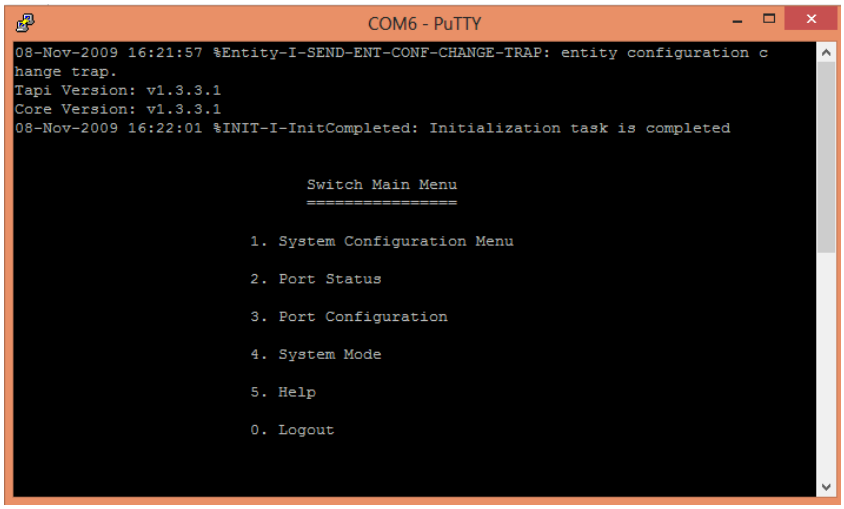


Figura 48. Menú principal de Switch

6.2 Configuración Switch

Para la configuración de los equipos de red, se utilizó las dos formas de administración de los equipos, primero para comunicarse con los switches se hizo vía web y vía consola para el router.

6.2.1 Para acceder al switch vía web, se ingresó la IP que viene por defecto en el 192.168.1.254, el usuario (cisco) y password (cisco)

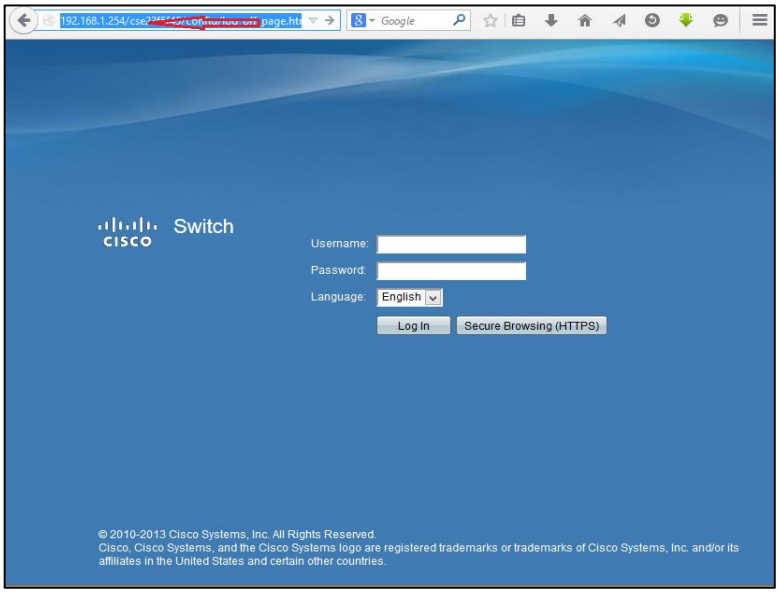


Figura 49. Ventana principal vía WEB

6.2.2 Por seguridad se debe cambio la contraseña que viene por defecto en el Switch, ingresando al menú Administrador> User Accounts

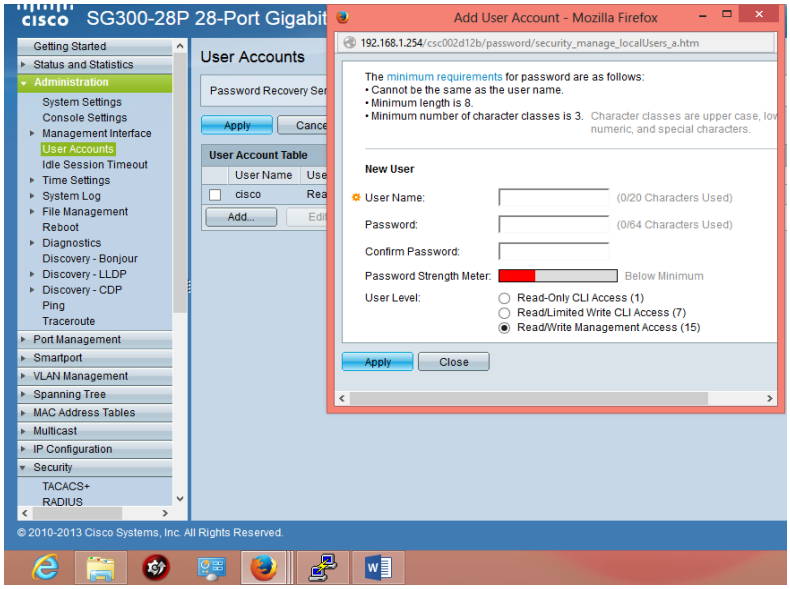


Figura 50. Configuración usuario y contraseña.

6.2.3 Para la creación de Vlans, se ingresa a >Vlan management> Create Vlan > add> aquí se configuró ID VLAN y el nombre de la VLAN

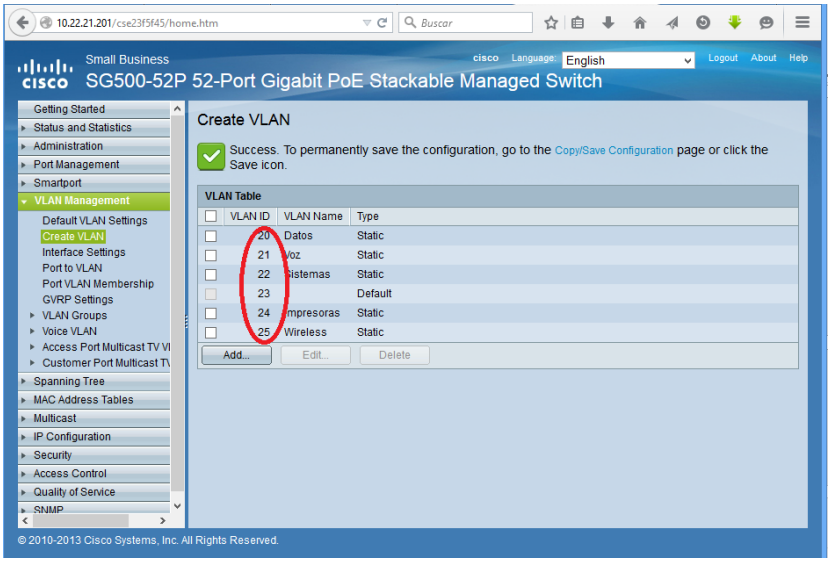


Figura 51. Creación de VLANS

6.2.4 Para asignar Vlans a los puertos se ingresa a Vlan management> interfaces settings> y se edita cada uno de ellos y se configura en trunk o en Access según la organización de las tablas creadas en el Anexo 6

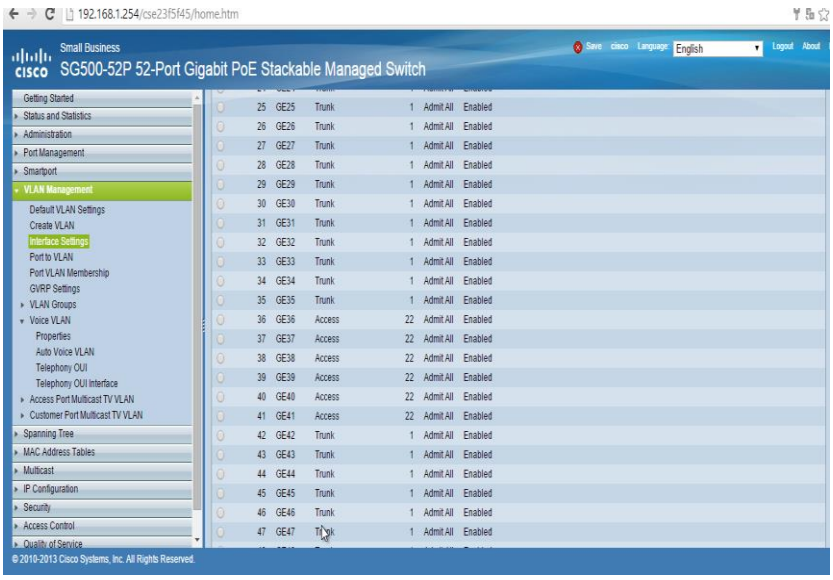


Figura 52. Administración Vlan por puerto

Por ejemplo si un mismo puerto se pretende brindar el servicio de Datos (20) y telefonía IP (21), debe ser configurado de la siguiente manera:

La Vlan 20 se configura en Untagged (sin etiqueta) y a la vlan 21 como Tagged (etiqueta), esto quiere decir que pc se conecte por defecto a la vlan 20 y el teléfono IP se conecta a la vlan 21.

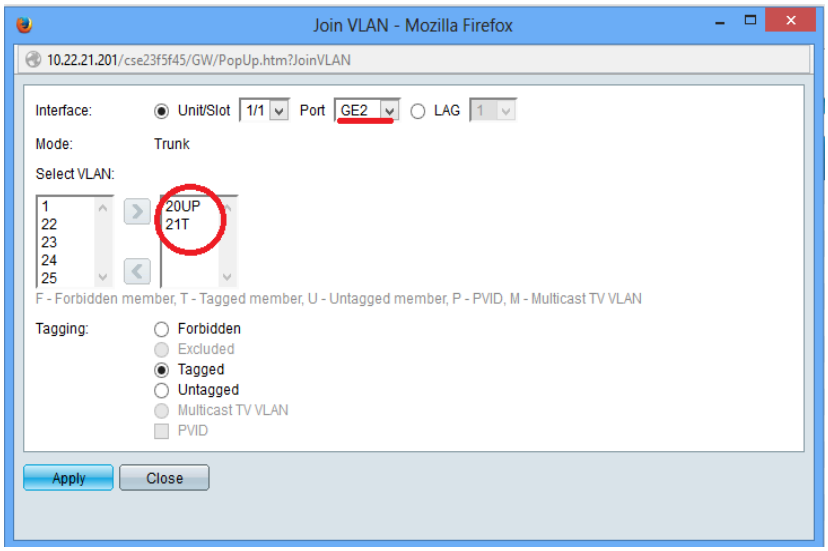


Figura 53. Forma de asignación de Vlans por puerto

6.3 Configuración del Router Cisco 2011/K9

En el router se configuró las interfaces virtuales para cada VLAN, la salida de las VLANS que tienen acceso Internet, se crearon las ACLs y se configura el DHCP

Figura 54. Router Cisco 2911/K9

Este router cuenta con tres interfaces Gigabitethernet (RJ45) y dos para consola.

6.3.1 Configuración de interfaces Virtuales.

En la interface Gigabitethernet 0/1, se creó las interfaces virtuales Gi 0/1.21, Gi 0/1.25, a cada Vlan, se las encapsula (802.1q) y se les asigna una dirección IP y mascara. Para realizar la configuración se ingresó al router el siguiente código.

- Interteface Gigabitethernet 0/1.21
- Encapsulation dot1Q 21
- Ip address 10.22.21.1 255.255.255.128

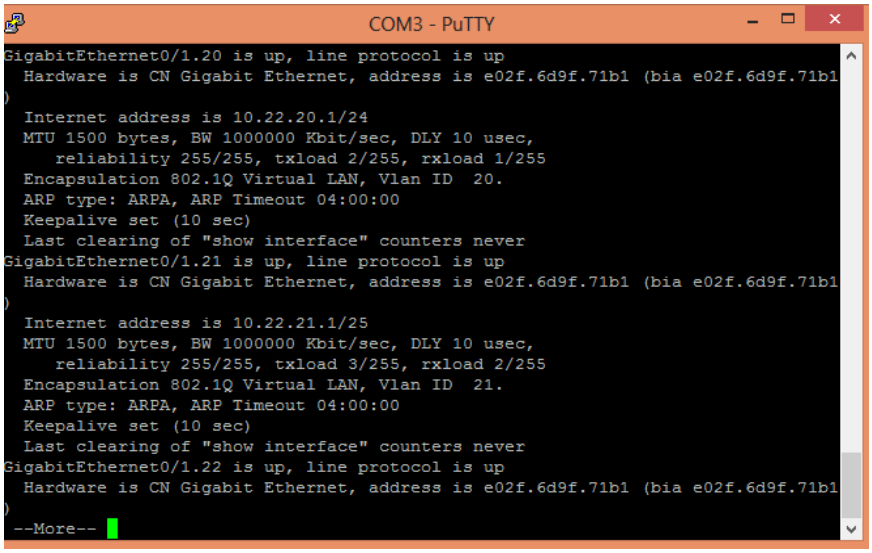


Figura 55.Interfaces virtuales y encapsulamiento de Vlans

6.3.2 Creada las interfaces virtuales y encapsuladas con las vlan, se configuró las ACLs, dicha configuración se puede ver en la figura 57.

Como ejemplo se presenta la configuración ACL.

- access-list 4 deny 10.22.20.0 0.0.0.255
- access-list 4 deny 10.22.21.128 0.0.0.63
- access-list 4 deny 10.22.22.0 0.0.0.15
- access-list 4 deny 10.22.22.16 0.0.0.15
- access-list 4 permit 10.22.21.195 0.0.0.0
- access-list 4 deny 10.22.21.192 0.0.0.63
- access-list 4 permit any
- int gi0/0.21
- ip access-group 4 out

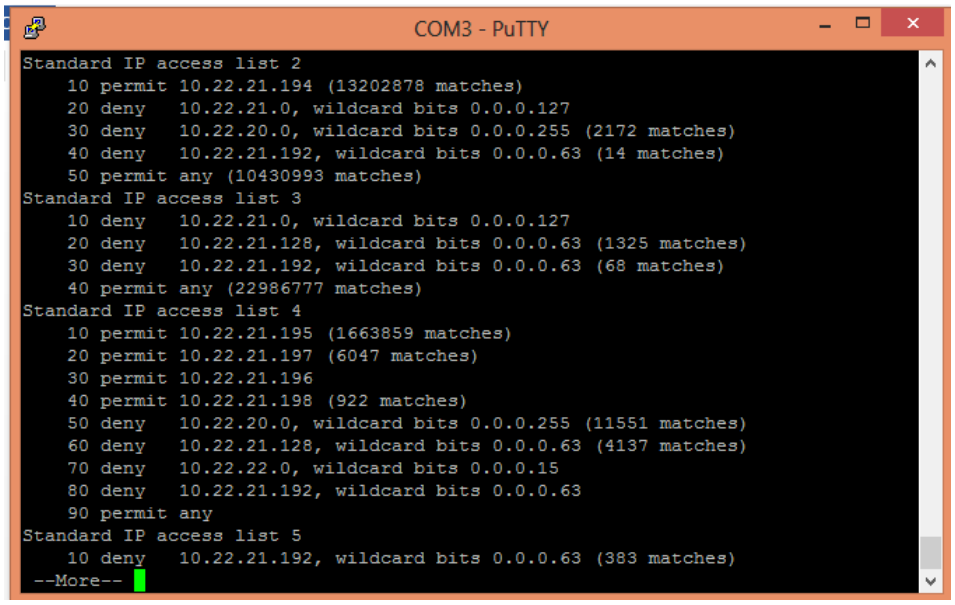


Figura 56. Configuración de ACLs

De Igual forma se configuró las ACL y los PAT, para las Vlans que tienen acceso a internet, en este caso son las vlans (20-22-25), la configuración se realizó ingresando.

- Access-list 14 permit 10.22.22.16 0.0.0.15
- Ip nat inside source list 14 interface Gi0/0 overload
- Interface gi0/1.25
- Ip nat inside
- Exit
- Interface Gi0/0
- Ip nat outside
- Exit
- IP route 0.0.0.0 0.0.0.0 Gi0/0

```
COM3 - PuTTY
Standard IP access list 4
    10 permit 10.22.21.195 (1682066 matches)
    20 permit 10.22.21.197 (6047 matches)
    30 permit 10.22.21.196
    40 permit 10.22.21.198 (922 matches)
    50 deny   10.22.20.0, wildcard bits 0.0.0.255 (11698 matches)
    60 deny   10.22.21.128, wildcard bits 0.0.0.63 (4175 matches)
    70 deny   10.22.22.0, wildcard bits 0.0.0.15
    80 deny   10.22.21.192, wildcard bits 0.0.0.63
    90 permit any
Standard IP access list 5
    10 deny   10.22.21.192, wildcard bits 0.0.0.63 (383 matches)
    20 permit any (1041231 matches)
Standard IP access list 6
    10 deny   10.22.20.0, wildcard bits 0.0.0.255 (42 matches)
    20 deny   10.22.21.0, wildcard bits 0.0.0.127
    30 deny   10.22.21.128, wildcard bits 0.0.0.63 (10 matches)
    40 deny   10.22.21.192, wildcard bits 0.0.0.63
    50 deny   10.22.22.0, wildcard bits 0.0.0.15
    60 permit any (896366 matches)
Standard IP access list 10
    10 permit 10.22.20.0, wildcard bits 0.0.0.255 (349767 matches)
Standard IP access list 11
    10 permit 10.22.21.128, wildcard bits 0.0.0.62 (256400 matches)
```

Figura 57. Creación de ACLs con salida a internet

6.3.3 Para la configuración del protocolo DHCP; se ingresó los siguientes parámetros al router:

- ip dhcp pool voz
- network 10.22.21.0 255.255.255.128
- default-router 10.22.21.1
- lease 60 23

```
COM3 - PuTTY
!
ip dhcp excluded-address 10.22.20.1 10.22.20.10
ip dhcp excluded-address 10.22.21.129 10.22.21.139
!
ip dhcp pool datos
 network 10.22.20.0 255.255.255.0
 default-router 10.22.20.1
 dns-server 200.107.10.52 200.107.60.58
 domain-name municipiodecatamayo.gob.ec
 lease 30
!
ip dhcp pool sistemas
 network 10.22.21.128 255.255.255.192
 default-router 10.22.21.129
 dns-server 200.107.10.52 200.107.60.58
 domain-name municipiodecatamayo.gob.ec
 lease 30
!
ip dhcp pool voz
 network 10.22.21.0 255.255.255.128
 default-router 10.22.21.1
 lease 60 23
!
 --More--
```

Figura 58. Configuración DHCP para Vlan de datos y voz

6.4 Instalación de ASTERISK

Para la Instalación de Asterisk se utilizó el servidor HP Proliant DL320e Gen8, en el que previamente se instaló CentOs 7

6.4.1 Preparación para la instalación de Asterisk

En primer lugar, se debe asegurar que el sistema CentOs este actualizado, además se configura el puerto de red con la IP 10.22.21.195/26, si no se actualiza el sistema usando el comando "yum" o el comando "apt-get", antes de instalar Asterisk.

- # yum -y update
- # yum install -y make wget openssl-devel ncurses-devel newt-devel libxml2-devel kernel-devel gcc gcc-c++ sqlite-devel

Luego que se haya actualizado el sistema, reiniciar “reboot”

6.4.2 Descargar DAHDI, LibPRI, Asterisk

Descargar los archivos fuente, los siguientes comandos descargan la versión actual de DAHDI, LibPRI 1,4 y Asterisk 13. Los dos archivos DAHDI y LibPRI son necesarios para que Asterisk funcione correctamente pues se encargan de la compilación y ejecución de mismo.

- wget http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/dahdi-linux-complete/dahdi-linux-complete-current.tar.gz
- wget http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/libpri/libpri-1.4-current.tar.gz
- wget http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/asterisk/asterisk-13-current.tar.gz

A continuación, se extrae los archivos usando el comando "tar" como se muestra a continuación.

- tar -zxvf dahdi-linux-complete
- tar -zxvf libpri
- tar -zxvf asterisk

Luego de extraer los archivos, ir al directorio de cada uno de los archivos descargados y descomprimidos, aquí se ejecutan los siguientes comandos para la instalación de DAHDI, LibPRI y Asterisk.

Instalación DAHDI.

- # cd /usr/src/dahdi-linux-complete-2.6.2+2.6.2/
- # make && make install && make config

Instalación LibPRI

- # cd /usr/src/libpri-1.4.14/
- # make && make install

Instalación Asterisk

- # cd /usr/src/asterisk-13.1.0/
- # ./configure --libdir=/usr/lib64 && make menuselect && make && make install && make samples && make config

Instalado Asterisk correctamente se ingresa a CentOs se logea con el usuario “root” y la contraseña “root”, en la figura 59 se presenta las versiones que se instaló de CentOs 7 y de Asterisk 13.1.0

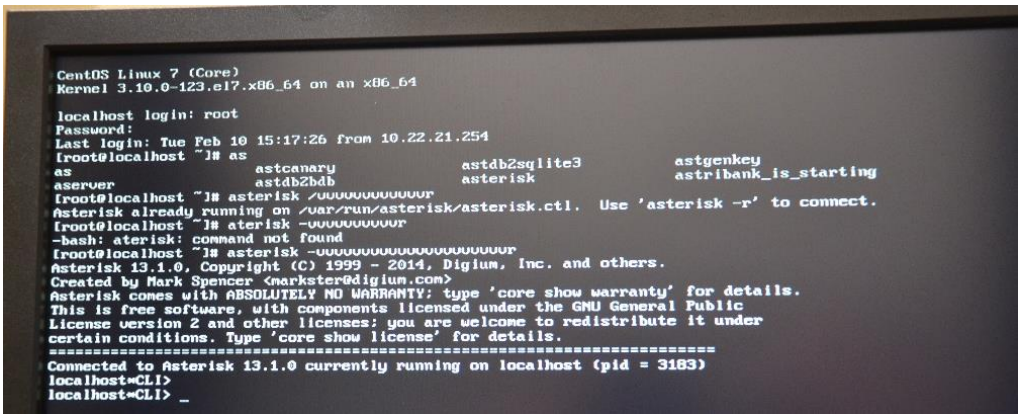


Figura 59. Verificación de versiones instaladas (CentOs 7, Asterisk 13.1.0) y legueo Asterisk

6.4.3 Creación de cuentas SIP (extensiones)

Para la manipulación de los archivos de Asterisk se utilizó una herramienta que nos ayuda gestionar de forma gráfica, facilitando la interacción con Asterisk, esta aplicación

es de distribución gratuita, denominado WinSCP(Windows Secure CoPy) que es un cliente SFTP gráfico para Windows que emplea SSH. Su función principal es facilitar la transferencia segura de archivos entre dos sistemas informáticos, entre el local y uno remoto que ofrezca servicios.

En la figura 60 se observa la ventana principal de WiSCP, la que está dividida en dos partes, a lado izquierdo presenta todos los archivos que se tiene en la PC y a lado derecho muestra todos los archivos con los que cuenta el servidor Asterisk.

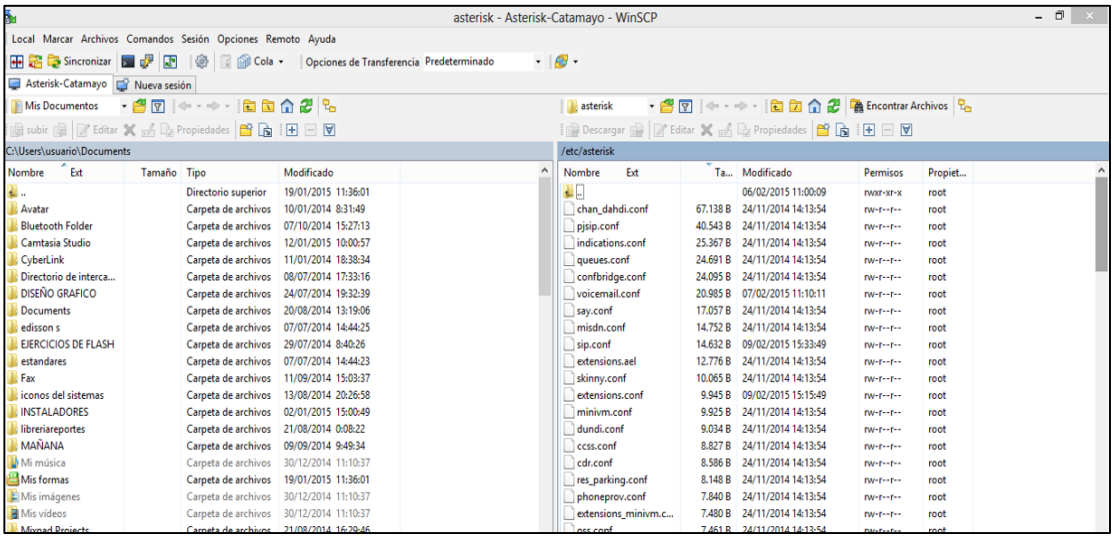


Figura 60. Ventana principal de WinSCP

Asterisk presenta algunos archivos de configuración, los cuales se utilizaron para la creación de las extensiones:

Uno de los archivos es sip.conf que se encuentra en la siguiente dirección /etc/asterisk/sip.conf, en éste se creó todos los usuarios SIP (extensiones) de acuerdo a los siguientes parámetros:

- **[200];** número de extensión
- **secret:** Contraseña de la cuenta
- **dtmfmode**=rfc2833 ; modo en el que transmiten los tonos
- **canreinvite**= Con el comando “no” se fuerza que Asterisk no permita que los puntos finales intercambien mensajes RTP directamente.
- **context**: Donde entraran las llamadas; generadas.; Lo definimos en extensions.conf
- **host**: Especifica el host o IP estática o dinámica.

- **type**: Especifica qué tipo de interacción permitiremos al usuario con nuestro sistema. Los valores permitidos son “user”, “peer” y “friend”. Normalmente se utiliza “peer” para interconectar con proveedores VoIP, y “friend” para definir extensiones internas.
- **port**=5060 ; Puerto UDP en el que responderá el Asterisk
- **qualify=** Tiempo de latencia no superior a 2000 ms.
- **callgroup=** define el grupo de llamadas
- **pickupgroup=** define el grupo de llamadas válidas para la aplicación
- **dial=** protocolo de señalización que se utiliza y la extensión
- **mailbox=;** extensión de contestador
- **callerid=** identificativo de llamada del usuario
- **callcounter=** contador de llamadas

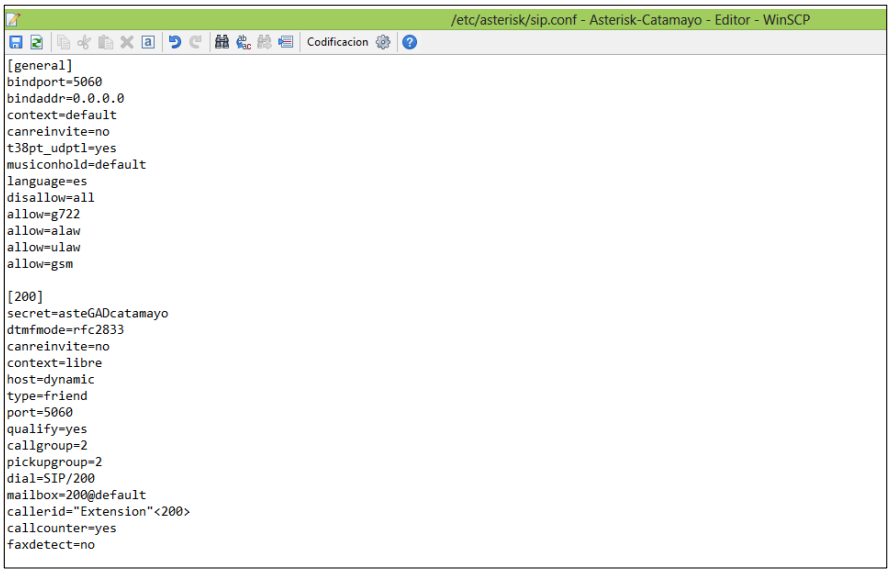


Figura 61. Configuración de extensiones telefónicas

6.4.4 Plan de numeración

Creadas las cuentas en el archivo sip.conf, se configuró 6 parámetros importantes para el funcionamiento de la centralilla telefónica, dicha configuración se la realizó en el archivo extensión.conf, los cuales se describen a continuación.

6.4.4.1 Dialplan (Plan de Numeración)

Dialplan (Plan de Numeración), para configuración de este parámetro se debe tener en cuenta las restricciones que tendrá cada usuario (llamadas internas, salientes con y sin restricción de tiempo) estas restricciones las podemos en la tabla XXXV.

Las palabras reservada que se utilizaran para la configuración del dialplan son las siguientes:

- **exten:** Palabra reservada. Todas las líneas de un dialplan empiezan por “exten” o por “same”.
- **patrón**: Es una expresión que especifica a qué extensiones se aplica la acción. Pueden ser simples números como “1234”, o patrones complejos que cuadren con varias extensiones a la vez, como por ejemplo.
    - Los patrones comienzan con guion bajo “_” y pueden contener:
    - X representa cualquier cifra de 0 a 9
    - [234567] equivalente entre cualquier digito entre corchetes

En este caso utilizó los tres patrones para realizar el plan de numeración

El primer Dialplan lo denominamos [trunklocal] aquí se expresa todas las llamadas locales que se pueden marcar, ya sea que empiece con cualquier número que estén dentro de este rango [234567] y seguido de 6 números que en este caso lo expresa con X.

Asimismo se acepta marcaciones que empiecen con 07 y seguido de la marcación anteriormente mencionada (_07 [234567] XXXXXX), también se puede realizar llamadas a los números 1XX, 1800XXXXXX, 1700XXXXXX y al 911.

Llamadas con limitación de tiempo [trunklimit], aquí lo único que aumenta a diferencia del [trunklocal], es el tiempo límite que tendrán las llamadas con salida, en este caso es de 5 minutos. Para aplicar esto se declara una variable global (limitación=300000; 15000; 10000) con el tiempo fijado en milisegundos, donde el primero indica el tiempo límite en el que se cortara la llamada, el segundo indica que nos queda 15 segundos

para cortar la llamada y el tercer indica que quedan 10 segundos para finalizar la llamada.

En la figura 62 se presenta la configuración de Dialplan.

```
/etc/asterisk/extensions.conf - Asterisk-Catamayo - Editor - WinSCP
Codificacion
;-----------------------------------------------------------------global-----------------------------------
[globals]
;-----------------------------------------------------------------fin global-------------------------------
limitacion => L(300000:15000:10000)

;-----------------------------------------------------------------Plan de numeracion----------------------------

[trunklocal]
exten => _[234567]XXXXXX,1,Dial(SIP/CNT/${EXTEN},90,Ttr)
same => n,hangup()

exten => _07[234567]XXXXXX,1,Dial(SIP/CNT/${EXTEN:2},90,Ttr)
same => n,hangup()

exten => 116,1,hangup()

exten => _1XX,1,Dial(SIP/CNT/${EXTEN},90,Ttr)
same => n,hangup()

exten => _1[78]00.,1,Dial(SIP/CNT/${EXTEN},90,Ttr)
same => n,hangup()

exten => 911,1,Dial(SIP/CNT/${EXTEN},90,Ttr)
same => n,hangup()

[trunklocallimit]
exten => _[234567]XXXXXX,1,Dial(SIP/CNT/${EXTEN},90,Ttr$(limitacion))
same => n,hangup()

exten => _07[234567]XXXXXX,1,Set(LIMIT_WARNING_FILE=beep)
exten => _07[234567]XXXXXX,n,Dial(SIP/CNT/${EXTEN:2},90,Ttr$(limitacion))
exten => _07[234567]XXXXXX,n,hangup()

exten => 116,1,Hangup()
```

Figura 62. Configuración plan de numeración.

Creado el Dailplan lo que sigue es asignar los contextos, como se puede ver en la figura 63.

6.4.4.2 Configuración de contextos

Los contextos son la agrupación del plan de numeración en una sola variables en las que se identifica las categorías internas, restringido y libre, estas variables se utilizaron dentro de los parámetros de cada usuario sip en el archivo sip.conf como podemos ver en la figura 61.

```
/etc/asterisk/extensions.conf - Asterisk-Catamayo - Editor - WinSCP
Codificacion

;-----------------------------------------------------------------Contextos-----------------------------------
[interno]
include => default

[restringido]
include => default
include => trunklocallimit
include => trunknaclimit

[libre]
include => default
include => trunklocal
include => trunknac
```

Figura 63. Creación de contextos

6.4.4.3 Configuración del saludo de bienvenida.

Se configuró dos tipos de saludo, el saludo de Bienvenida que será reproducido en los horarios de 8:00 a 12:00 y de 14:00 a 18:00 de lunes a viernes y el saludo nocturno que será reproducido en los horarios que no se atiende como: 12:00 a 14:00 y de 18:00 en adelante, incluido fines de semana, en la figura 65 se muestra la configuración del horario que se reproducirá dichos saludos.

Para Observar detalles del saludo de Bienvenida ir a Anexo 7

```
exten => s,1,Answer
exten => s,n,GotoIfTime(8:00-12:00|mon-fri|*|*?default,s,12)
exten => s,n,GotoIfTime(14:00-18:00|mon-fri|*|*?default,s,12)
exten => s,n,BackGround(nocturno)
exten => s,n,Dial(Sip/0,20,tTrR)
exten => s,n,hangup()

exten => s,12,BackGround(bienvenida)
exten => s,13,Dial(Sip/0,20,TtRr)
exten => s,14,Hangup()
```

Figura 64. Presentación del saludo en un tiempo determinado

Dentro de saludo de Bienvenida se menciona 6 extensiones, estas pueden ser marcadas por el público (personas externas al GADMC) de forma directa. En la tabla XLII se muestra las extensiones organizadas y que son configuradas. Asimismo en la figura 65 se evidencia la configuración.

TABLA XLIII. EXTENSIONES DE MARCADO DIRECTO

Numero	Extensión	Usuario_extension
0	0	Operadora
1	301	Secretaria General
2	410	Agua Potable
3	400	Obras Públicas
4	420	Planificación
5	310	Administrativo

```
exten => 0,1,Dial(sip/0,30,tTrR)
same => n,Hangup()

exten => 1,1,Dial(sip/301,30,tTrR)
same => n,Hangup()

exten => 2,1,Dial(sip/410,30,tTrR)
same => n,Hangup()

exten => 3,1,Dial(sip/400,30,tTrR)
same => n,Hangup()

exten => 4,1,Dial(sip/420,30,tTrR)
same => n,Hangup()

exten => 5,1,Dial(sip/310,30,tTrR)
same => n,Hangup()

exten => i,1,Playback(invalid)
same => n,hangup()
```

Figura 65.Configuración de las 6 extensiones generales

6.4.4.4 Configuración de Aplicaciones

En la configuración de aplicaciones, se estableció variables (número como: 78, *61, *62, *610, *620) las que permite desde nuestro teléfono ingresar al correo de voz (78), grabar un saludo de bienvenida (*61), Grabar un saludo nocturno (*62), escuchar saludo de bienvenida (*610), escuchar saludo nocturno (*620). La configuración se puede ver en la siguiente figura 66.

```
/etc/asterisk/extensions.conf -
Codificacion
; Correo de Voz
exten => 78,1,NoCDR
same => n,Wait(1)
same => n,VoicemailMain(${CALLERID(num)}@default)
same => n,Hangup()
[aplicaciones]
;grabar bienvenida
exten => *61,1,NoCDR
same => n,Answer()
same => n,authenticate(/etc/asterisk/master.conf,a,4)
same => n,Wait(2)
same => n,Record(bienvenida:gsm)
same => n,Wait(1)
same => n,playback(bienvenida)
same => n,Hangup()
;grabar nocturno
exten => *62,1,NoCDR
same => n,Answer()
same => n,authenticate(/etc/asterisk/master.conf,a,4)
same => n,Wait(2)
same => n,Record(nocturno:gsm)
same => n,Wait(1)
same => n,playback(nocturno)
same => n,Hangup()
;escuchar bienvenida
exten => *610,1,NoCDR
same => n,Answer()
same => n,Wait(1)
same => n,Playback(bienvenida)
same => n,Hangup()
;escuchar nocturno
exten => *620,1,NoCDR
same => n,Answer()
same => n,Wait(1)
same => n,Playback(nocturno)
```

Figura 66. Configuración del marcado de números para el correo de voz y grabación de saludos

6.4.4.5 Configuración de Voceo o Paging.

El voceo consiste en agrupar extensiones en una misma variable (números: *70, *72, *73, * 74, *75, *76) en este caso se agrupo por plantas como esta descrito en la tabla XXXV, marcando *70 podemos hacer un anuncio a todas las extensiones, *72 anunciar a extensiones de la primera planta, 73 anunciar segunda planta, *74 anunciar tercera planta,*75 anunciar CDLC, *76 Anunciar Dependencias Externas. El objetivo del voceo es anunciar mediante Voz, información desde cualquier extensión a grupos determinados. En la figura 68 se presenta la configuración del voceo.

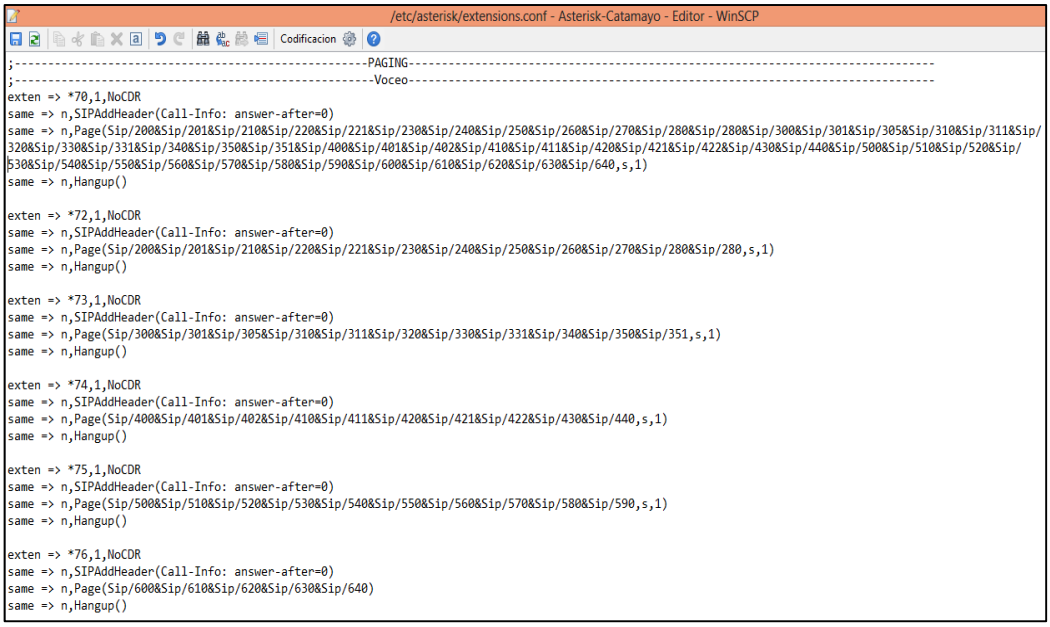


Figura 67.Configuración del marcado para los anuncios de voz

6.4.5 Configuración del archivo voicemail.conf

Es una de las características más populares de los sistemas de telefonía actual, esta aplicación permite enviar a un contestador automático para poder dejar un mensaje de voz cada vez que la llamada no sea atendida o este ocupada.

Para este servicio se configuró el archivo voicemail.conf que se encuentra en el siguiente directorio: /etc/asterisk/voicemail.conf

En este archivo se ingresó todas las extensiones que tendrán recibir un mensaje de voz

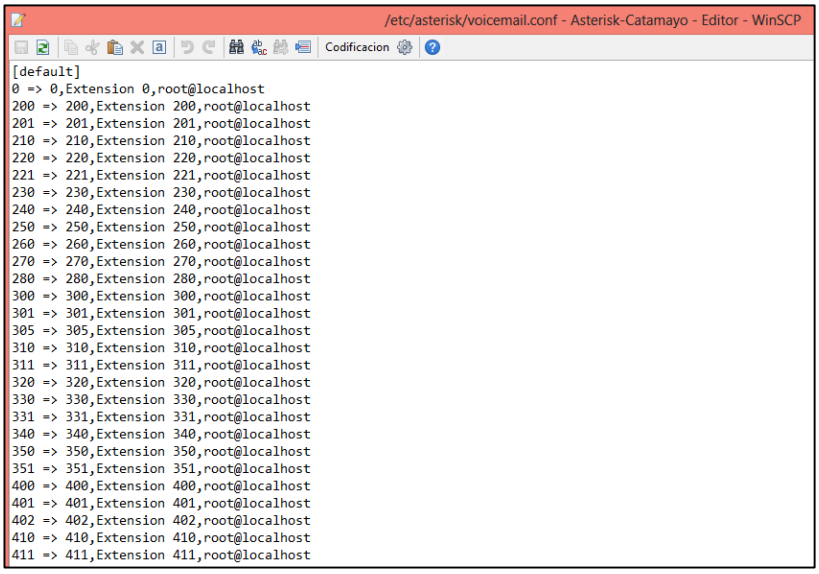


Figura 68. Configuración de extensiones que tienen permiso para mensaje de voz

6.5 Configuración de teléfonos Grandstream

Para la configuración los teléfonos se debe descargar el firmware del modelo GXP1405 de la siguiente dirección url: http://www.grandstream.com/support/firmware, luego se crea una carpeta con el nombre de “fw” en la dirección /var/www/html/fw, y dentro de esta carpeta se arrastra el firmware descomprimido

Para acceder a la interface web del teléfono, se ingresó al navegador la IP que viene por defecto 192.168.40.247 y presenta la ventana de logeo, como se puede ver en la figura 69.

Figura 69. Ventana de logueo teléfono IP GXP1405

Dentro de la interface se ingresa a >Network>Basic settings> y se elige el protocolo IPv4 y DHCP.

Figura 70. Direccionamiento IPV4 y DHCP

Seleccionar la pestaña >Accounts>account 1>General Settings, donde se configuraron los siguientes datos:

- Account name: el número de extensión (331)
- SIP Server: dirección del servidor Asterisk (10.22.21.195)
- SIP User ID: 331
- Name: nombre del usuario que utilizara el teléfono, en este caso es la misma extensión (331)

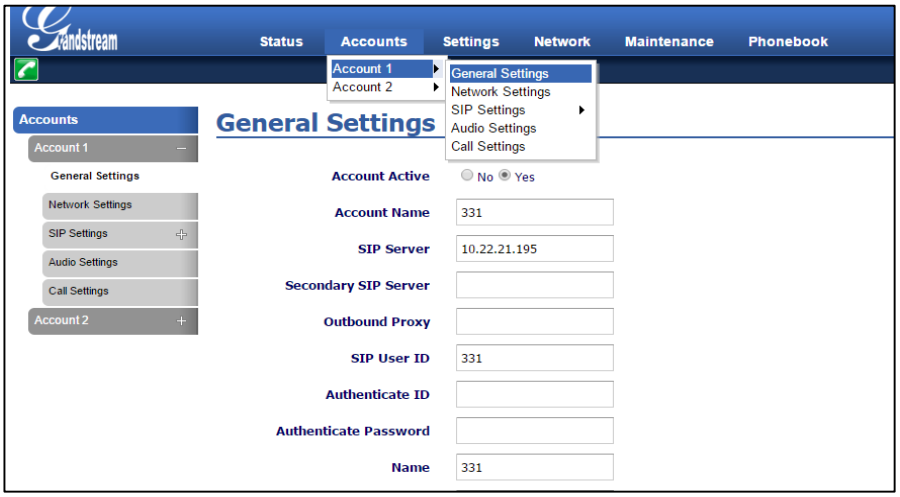


Figura 71. Configuración del número de extensión y dirección IP del servidor de Asterisk

Seleccionar la pestaña >Accounts>account 1>Basic Settings, donde se cambiaron los siguientes datos:

- SIP Registration .- protocolo de Señalización
- Local SIP Port.- puerto por el que se comunica SIP
- SIP Transport.- protocolo de transporte SIP

Figura 72. Configuración de puerto de comunicación SIP

Seleccionar la pestaña >Accounts>account 1>Audio Settings, y cambiar los siguientes datos:

- Códec que utilizamos: G722
- Se puede seleccionar el Supresor de silencio de cada teléfono.

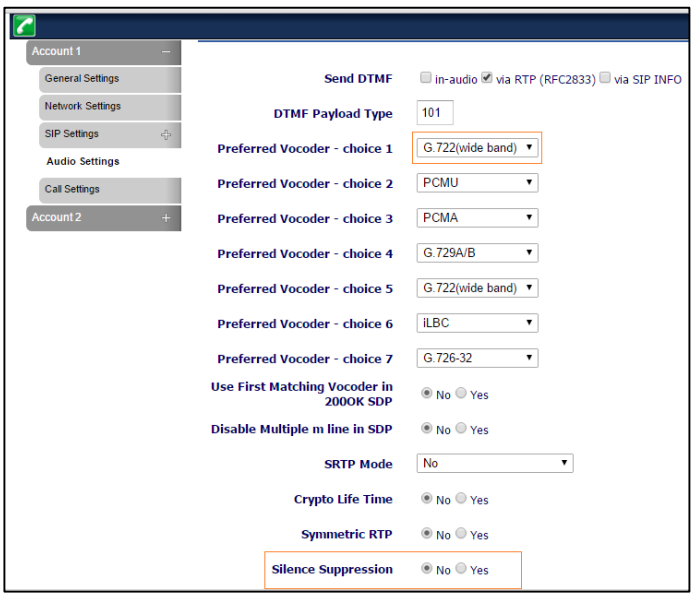


Figura 73. Configuración de códec G.722 y supresión de silencio

En esta pestaña se seleccionó la vlan a la que pertenecen los teléfonos en este caso la vlan 21.

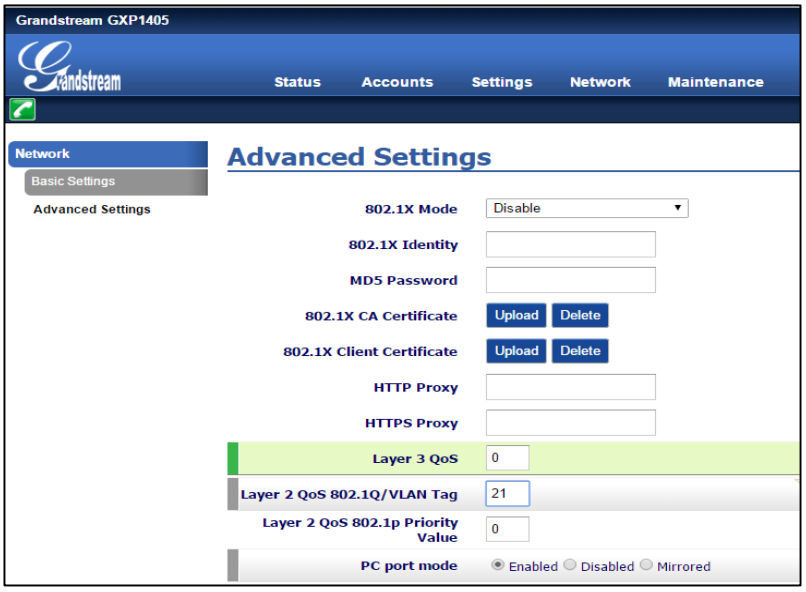


Figura 74. Configuración de VLAN 21(Voz)

Para agregar los contactos de cada extensión, se ingresó a la pestaña >phonebook>Contacts>Add Contact.

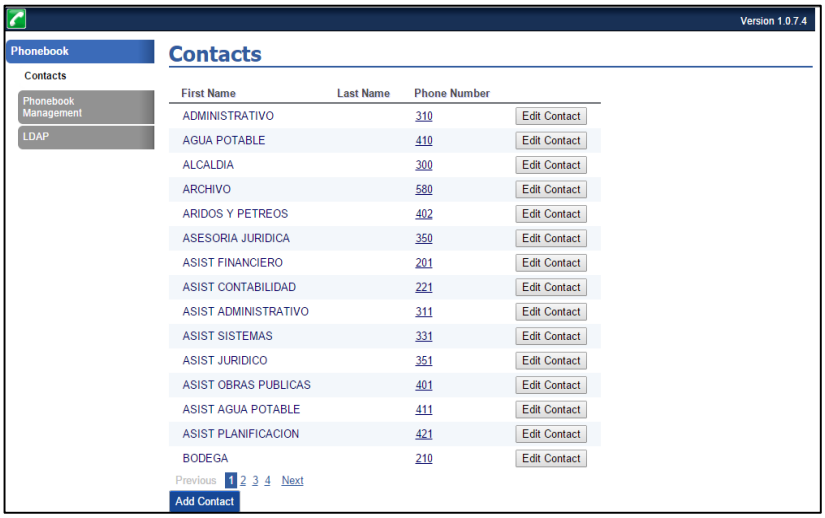


Figura 75. Asignación de Contactos telefónicos a la agenda telefónica.

Llenos todos los parámetros se da clic en la pestaña reboot y se conectó el teléfono a la red del GADMC.

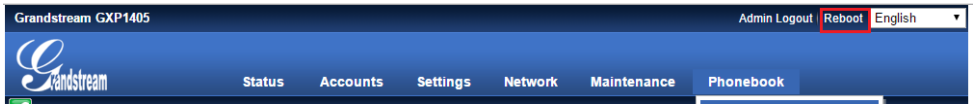


Figura 76. Botón de reinicio

El teléfono se encargara de obtener la IP que le asigne el DHCP de la VLAN 21, una vez obtenidos los parámetros, el teléfono está listo para ser usado

6.6 Configuración del GATEWAY FXO

Para la configuración del Gateway FXO, se tomó en cuenta los siguientes parámetros como: la IP (10.22.21.196/26) que es asignada al equipo, la IP del servidor Asterisk(10.22.21.195/26); cancelador de Eco, el número de líneas telefónicas análogas que serán utilizadas en este caso 5

Para la configuración de IP de equipo Gateway FXO, se ingresa a la pestaña networks>Basic Settings>agregar la IP, mascara y puerta de enlace.

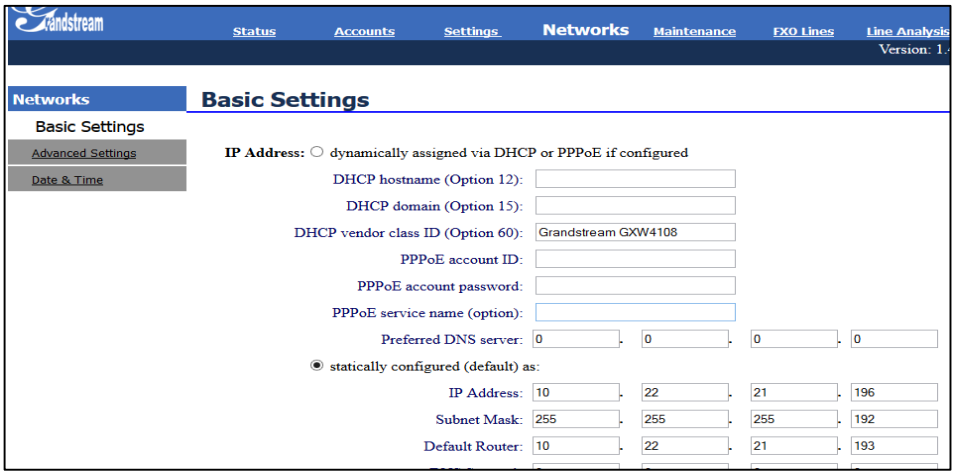


Figura 77. Configuración de la dirección IP del Equipo

La configuración de la IP der servidor Asterisk se realizó ingresando a las siguientes pestañas: >Accounts>General Settings

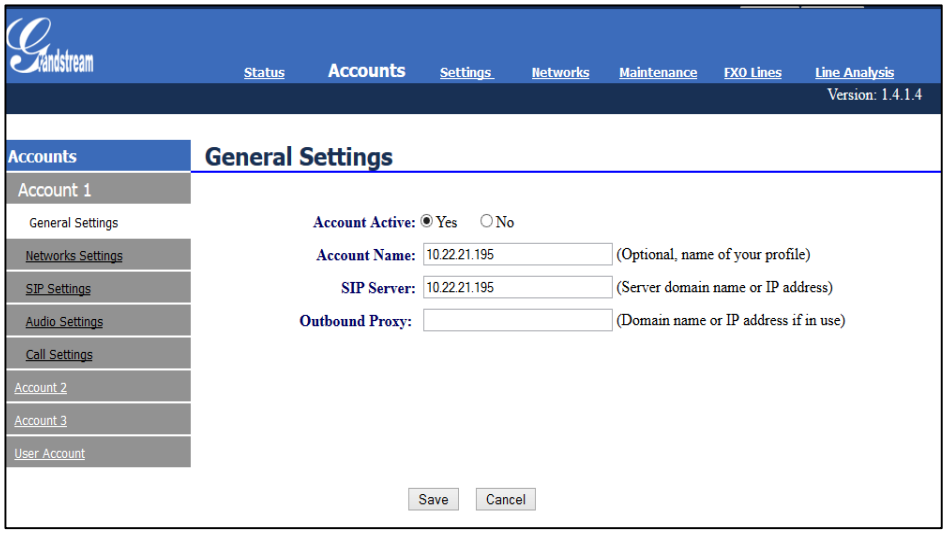


Figura 78. Configuración del direccionamiento IP del Servidor Asterisk

En la configuración de la pestaña FXO Lines, se debe tener en cuenta ciertos parámetros como: Silence Suppression y Echo Cancellation.

En este caso un parámetro que se configuró para brindad QoS, es Silence Suppression, la finalidad de este parámetro es suprimir la transferencia de los silencios, evitar el consumo del ancho de banda y por ende la perdida de paquetes.

De la misma forma se activó del parámetro de Echo Cancellation, cuya función es filtrar la información (atenuada o con ruido) y cancelar esos componentes de voz.

Para cambiar estos parámetros se ingresa a FXO Line>FXO Setting.

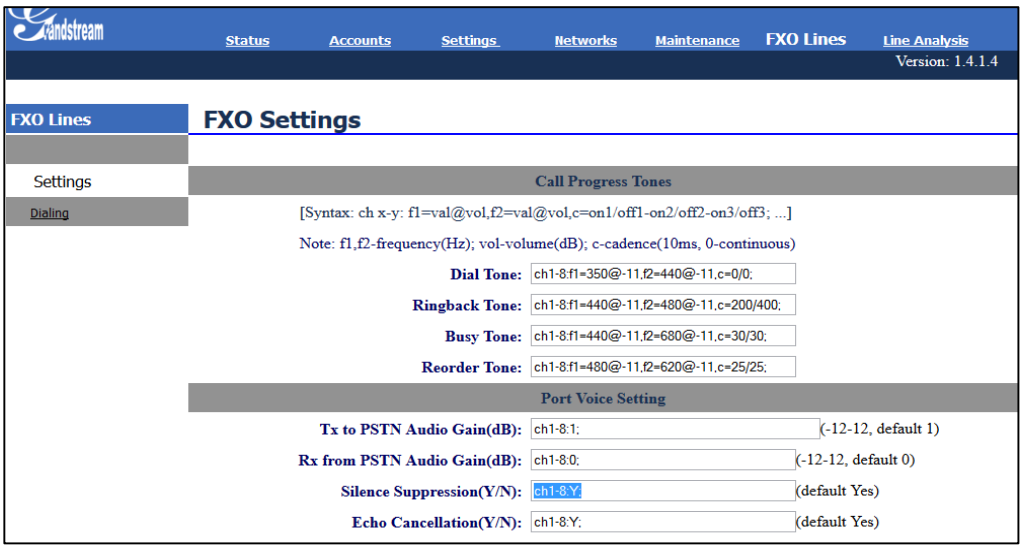


Figura 79. Configuración de parámetros QoS

6.7 Configuración de equipos (antenas) para la Red MAN

Por razones de presupuesto, el GADMC decidió implementar este proyecto en 2 fases, la primera que es la telefonía IP que se implementó en todo el edificio del Municipio, y la segunda que es la implementación de la red MAN.

En vista que por el momento no se implementa la red MAN, y tomando en cuenta que el único lugar que tiene un radioenlace es el Parque Central, se prueba en el radioenlace existente (Nanostation2) el Edificio del GAD Municipal y el Parque Central (ITUR) el servicio VoIP que se implementó en el GADMC, todo esto con el propósito de facilitar en un futuro la implementación de la red MAN. El esquema de configuración se presenta en la figura 80.

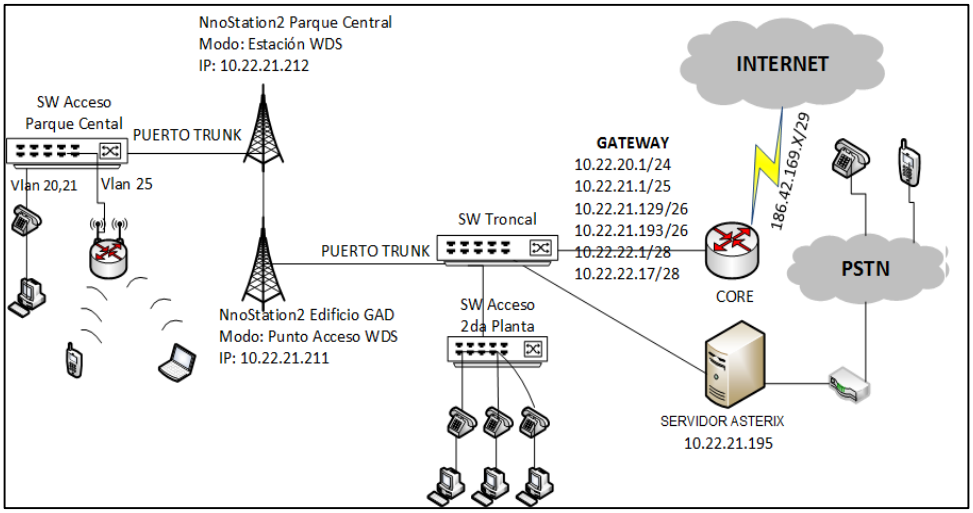


Figura 80. Esquema de configuración radioenlace Edificio GAD y Parque Centra (ITUR)

La configuración de las antenas se realizó de la siguiente manera:

6.7.1 Nanostation2 Edificio GADMC

- Se asigna la IP, mascara y gateway que le corresponde a cada una de las antenas, en este caso es una IP de la Vlan 23.
- Una vez asignada la IP, se configuró el mode de la red (Bridge)
- Se configuró el SSID(Service set Identifier) que es el identificador de la red
- Se configuró el tipo de encriptación

Primero accede al dispositivo, con la dirección IP 170.16.5.48, esta IP fue asignada en el rango de direcciones anteriores a la implementación propuesta en este proyecto, Login: mcatamayo y password: sistemasinfo44info12345

Una vez logeados, se cambia la IP, en este caso es 10.22.21.211/26, ingresando a la siguiente pestaña: >Network. Dentro de la misma pestaña >Network se cambia el Modo de Red que en este caso es Bridge y se guarda cambios dándole clic en >cambiar, dicha configuración se puede ver en la figura 81.

Figura 81. Configuración IP y Modo de Red Antena Edificio

En el menú de LINK SETUP se especificó las siguientes opciones:

- Modo inalámbrico: Punto de acceso WDS (Wireless Distribution System)
- SSID: RadioenlaceGADMC
- Código de país: United States
- Modo IEEE 802.11: B/G Mixto
- Anchura del espectro: 20Mhz (Seleccionable hasta 40Mhz en NanoStation5 para obtener mayor ancho de banda)
- Canal: 7
- Seguridad: WAP2-AES (Password: dgmc@XXXXXX)

En la figura 82 se puede observar la configuración realizada

Figura 82.Configuración de parámetros en la ventana Link Setup (Antena Edificio).

6.7.2 NanoStation2 Parque Central

Al igual que en la configuración anterior, Primero se accede al dispositivo, con la dirección IP 170.16.5.49, esta IP fue asignada en el rango de direcciones anteriores a la implementación propuesta en este proyecto, Login:mcatamayos y password: sistemasinfo44info12345

Una vez logeado, se cambia la IP, en este caso es 10.22.21.212/26, ingresando a la siguiente pestaña: >Network. Dentro de la misma pestaña >Network se cambia el Modo de Red que en este caso es Bridge y se guarda cambios dándole clic en >cambiar, dicha configuración se puede ver en la figura 83.

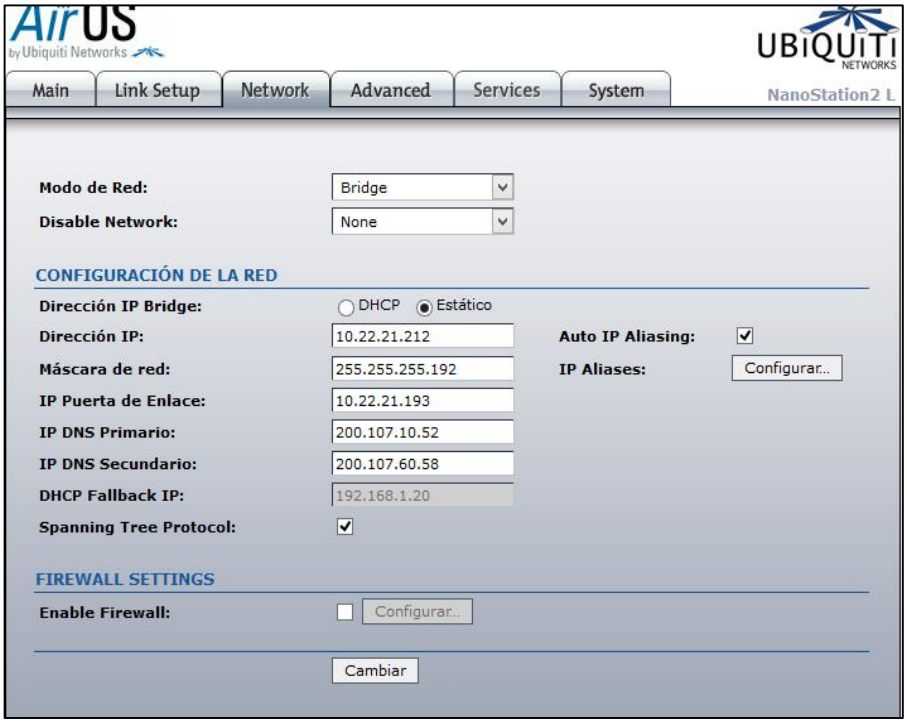


Figura 83. Configuración IP y Modo de Red (Parque Central)

En este caso se accede al menú de LINK SETUP y especifica las siguientes opciones:

- Modo inalámbrico: Estación WDS (Wireless Distribution System)
- ESSID: Dar Clic en >Seleccione y elegir el nombre del enlaces, en este caso RadioenlaceGADMC
- Código de país: United States
- Modo IEEE 802.11: B/G Mixto
- Anchura del espectro: 20Mhz (Seleccionable hasta 40Mhz en NanoStation5 para obtener mayor ancho de banda)
- Canal: 7
- Seguridad: WAP2-AES (Password: dgmc@XXXXXX)

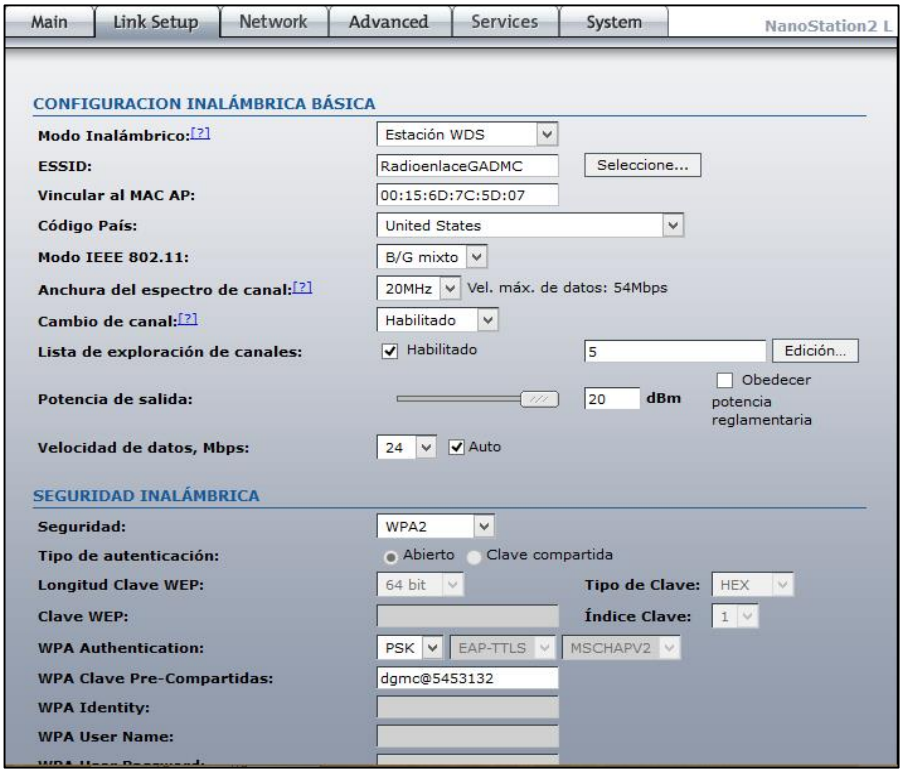


Figura 84. Configuración de parámetros en la ventana Link Setup (Antena Parque).

Fase 4: Implementación y Pruebas.

Las figuras que se presentan en esta fase 4, son prueba de las configuraciones (Switches, Router, Servidor y Teléfonos IP) realizada en fase de instalación y configuración de equipos.

1 Pruebas de reglas de control de acceso (ACL).

Para realizar las pruebas de las ACLs, entre la IP 10.22.21.36 de la Vlan de 21(Voz) y la IP de la Vlan 20 se verifica que no haya respuesta a las pruebas de peticiones de eco entre ellas. Resultando exitosa la prueba como se observa en la figura **85.**

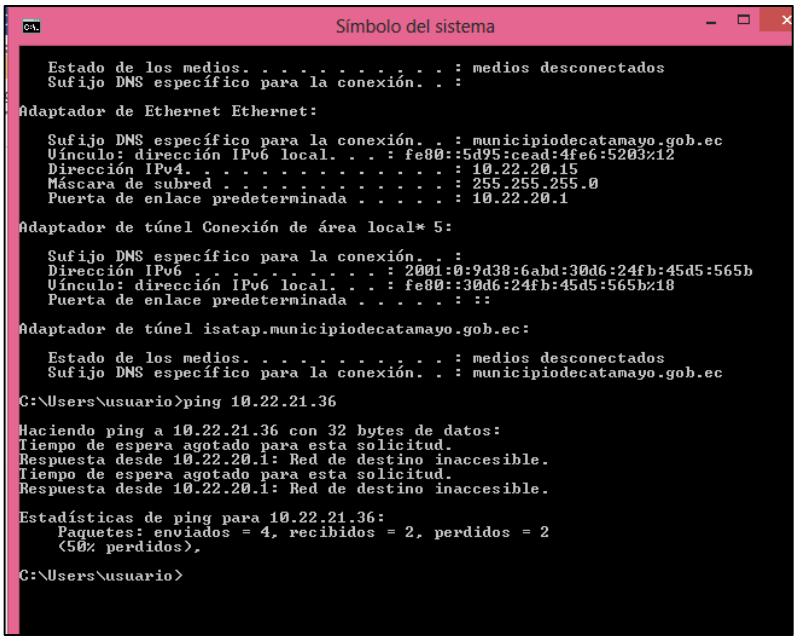


Figura 85. Verificación de conectividad entre Vlan 21 y Vlan 20.

Para realizar las pruebas entre la Vlan 21 y Vlan 22, se utilizó la IP 10.22.21.90 de la Vlan de 21(Voz) y desde una PCs con IP de la Vlan 22 se verificó que no haya respuesta a las pruebas de peticiones de eco entre las dos. El resultando se puede ver en la figura **86.**

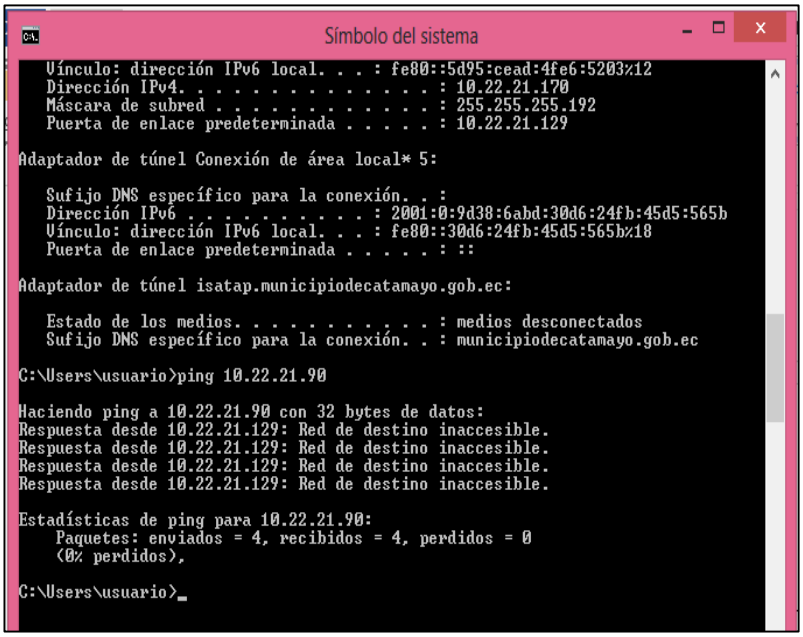


Figura 86. Verificación de conectividad entre Vlan 21 y Vlan 22.

Para realizar las pruebas de conexión entre el servidor Asterisk y la Vlan de 21(Voz), se utilizó la IP 10.22.21.36 de la Vlan 21(Voz) y desde el Servidor Asterisk (10.22.21.195) se verificó la que haya ping entre los dos. Resultando exitosa la prueba como se observa en la figura 87.

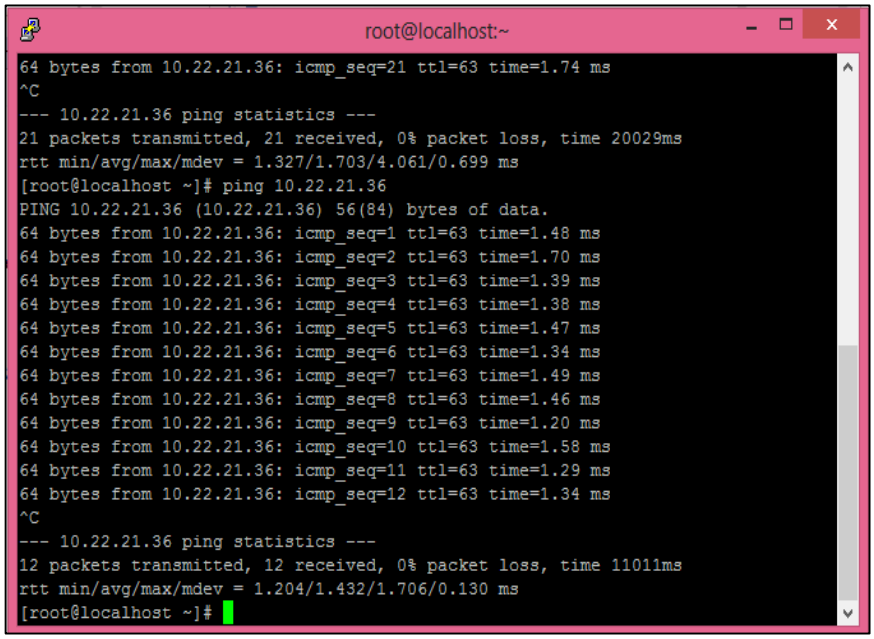


Figura 87.Verificación de conectividad entre el Servidor Asterisk y Vlan 21.

Existen otras formas de probar que las ACls funcionan correctamente, una de estas es que no se puede compartir archivos entre diferentes VLANs, es así que se pidió al

personal de Sistemas que verifique el funcionamiento de las ACL, cuyos resultados fueron exitosos, para constancia de aquello el Coordinador de Sistemas presento un certificado que se puede ver en el Anexo 8.

2. Pruebas de llamadas

El sistema de telefonía IP con el servidor Asterisk, tiene como objetivo realizar y recibir llamadas entre usuarios Asterisk, así como permitir llamadas desde y hacia PSTN.

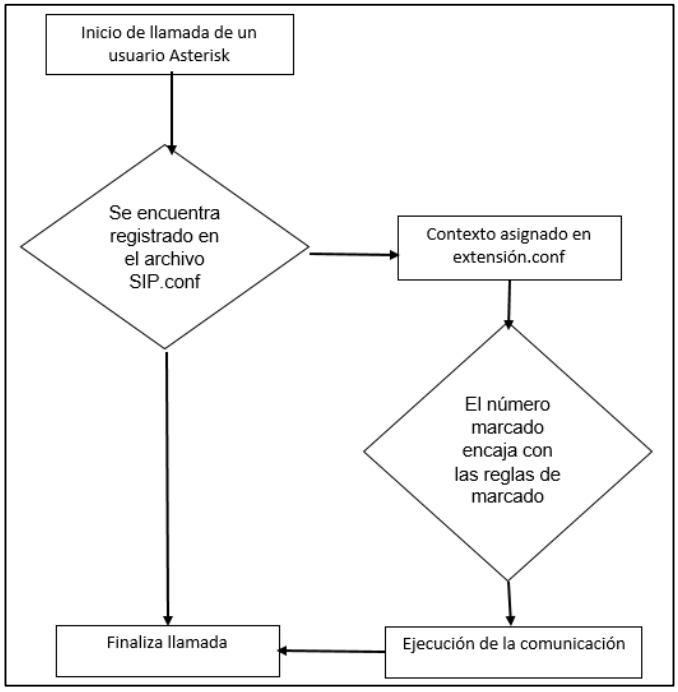


Figura 88.Flujo de un proceso de llamada Asterisk.

En la figura 88 se presenta básicamente el proceso de llamada con un usuario Asterisk, en este caso cuando una extensión Asterisk realiza una llamada verifica si se encuentra registrado en el archivo SIP.conf, si es así dependerá del contexto donde este configurado para saber si puede o no comunicarse con el usuario que quiera. Si el patrón de marcado encaja con las reglas de marcado configuradas en el archivo SIP.conf se ejecuta la comunicación y finaliza la llamada.

Mediante el comando “Sip show peers” en el CLI de Asterisk se verificó las extensiones creadas el estado de cada extensión. Las extensiones configuradas se las puede ver en la figura 89.

```
root@localhost:~
   -- SIP/305-00001d49 is ringing
localhost*CLI> sip show peers
Name/username              Host                                    Dyn Forcerport Comedia    ACL Port     Status      Description
0/0                        10.22.21.30                              D  Auto (No)  No             5060     OK (1 ms)
200/200                    10.22.21.24                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
201/201                    10.22.21.23                              D  Auto (No)  No             5060     OK (12 ms)
210/210                    10.22.21.28                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
220/220                    10.22.21.22                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
221/221                    10.22.21.25                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
230/230                    10.22.21.26                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
240/240                    10.22.21.37                              D  Auto (No)  No             5060     OK (22 ms)
250/250                    10.22.21.27                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
260/260                    10.22.21.33                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
270/270                    10.22.21.31                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
280/280                    10.22.21.21                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
300/300                    10.22.21.3                               D  Auto (No)  No             5060     OK (1 ms)
301/301                    10.22.21.29                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
305/305                    10.22.21.17                              D  Auto (No)  No             5060     OK (29 ms)
310/310                    10.22.21.16                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
311/311                    10.22.21.18                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
320/320                    10.22.21.19                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
330/330                    10.22.21.36                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
331/331                    10.22.21.90                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
340/340                    10.22.21.14                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
350/350                    10.22.21.2                               D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
351/351                    10.22.21.20                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
400/400                    10.22.21.4                               D  Auto (No)  No             5060     OK (18 ms)
401/401                    10.22.21.5                               D  Auto (No)  No             5060     OK (17 ms)
402/402                    (Unspecified)                            D  Auto (No)  No             0        UNKNOWN
410/410                    10.22.21.34                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
411/411                    10.22.21.35                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
420/420                    10.22.21.13                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
421/421                    10.22.21.11                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
422/422                    10.22.21.10                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
430/430                    10.22.21.32                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
440/440                    10.22.21.15                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
500/500                    10.22.21.44                              D  Auto (No)  No             5060     OK (14 ms)
510/510                    10.22.21.42                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
520/520                    10.22.21.48                              D  Auto (No)  No             5060     OK (14 ms)
530/530                    10.22.21.38                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
540/540                    10.22.21.39                              D  Auto (No)  No             5060     OK (15 ms)
550/550                    10.22.21.43                              D  Auto (No)  No             5060     OK (67 ms)
560/560                    10.22.21.40                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
570/570                    10.22.21.41                              D  Auto (No)  No             5060     OK (13 ms)
```

Figura 89. Registro usuarios SIP en el servidor Asterisk.

2.1 Llamadas entre usuarios Asterisk

Se realizó pruebas de llamadas entre la extensión (Sistemas) 330 y 331 (Asistente Sistemas).

```
  -- Executing [pasob@macro-desvio:1] Dial("SIP/330-00001d80", "Sip/331,20,Ttr") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
  -- Called Sip/331
== Extension Changed 331[BLF_Group_1] new state Ringing for Notify User 0
  -- SIP/331-00001d81 is ringing
  -- SIP/331-00001d81 answered SIP/330-00001d80
== Extension Changed 331[BLF_Group_1] new state InUse for Notify User 0
  -- Channel SIP/330-00001d80 joined 'simple_bridge' basic-bridge <3f8a724a-daad-46ac-a336-1f39c811b88a>
  -- Channel SIP/331-00001d81 joined 'simple_bridge' basic-bridge <3f8a724a-daad-46ac-a336-1f39c811b88a>
    > 0x7f12c84f8690 -- Probation passed - setting RTP source address to 10.22.21.90:5004
    > 0x7f1258159690 -- Probation passed - setting RTP source address to 10.22.21.36:5004
  -- Channel SIP/330-00001d80 left 'simple_bridge' basic-bridge <3f8a724a-daad-46ac-a336-1f39c811b88a>
  -- Channel SIP/331-00001d81 left 'simple_bridge' basic-bridge <3f8a724a-daad-46ac-a336-1f39c811b88a>
== Extension Changed 331[BLF_Group_1] new state Idle for Notify User 0
== Spawn extension (macro-desvio, pasob, 1) exited non-zero on 'SIP/330-00001d80' in macro 'desvio'
== Spawn extension (restringido, 331, 1) exited non-zero on 'SIP/330-00001d80'
  -- Executing [h@restringido:1] Hangup("SIP/330-00001d80", "") in new stack
```

Figura 90. Establecimiento de la llamada desde la extensión 330 a 331.

Mediante la consola de Asterisk se observa el proceso de marcado a la extensión 331 desde el teléfono IP con la extensión 330. Los procesos que se observan en la figura 90, se detallan en la tabla XLIII.

TABLA XLIV. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE LLAMADAS EN LA CONSOLA DE ASTERISK.

Proceso	Descripción
Executing [pasob@macro-desvio:1] Dial("SIP/330-00001d80","Sip/331,20,Ttr")	Este proceso muestra que se inicia una llamada desde la extensión 330 a la 331
Called Sip/331	Llamando a la extensión 331
Extension Changed 331[BLF_Group_1]	Empieza la reproducción de la música en espera en el teléfono llaman(330)
SIP/331-00001d81 is ringi ng	El teléfono 331 empieza a timbrar
SIP/331-00001dB1 answered SIP/330-00001dB0	Indica que el usuario 331 ha contestado la llamada realizada por el usuario 330.
Executing [h@restringido:1] Hangup("SIP/330-00001d80", "")	Este comando indica que ha finalizado la llamada

Los datos de la tabla XLIII servirán como explicación de figuras posteriores que se presentan como resultados.

Llamada de la extensión 330 al usuario 530 (Gestión de Riesgos) ubicado en el CDLC.

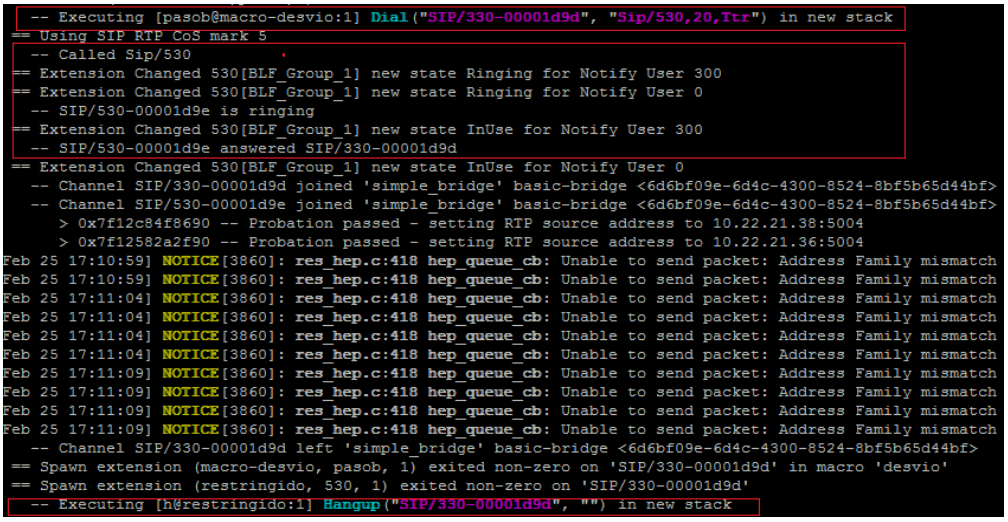


Figura 91.Establecimiento de la llamada desde la extensión 330 a 530

Llamada de la extensión 330 (Sistemas) al usuario 630 (Parque central (ITUR)), este usuario esta enlazado mediante radioenlace al GADMC.

```
  -- Executing [pasob@macro-desvio:1] Dial("SIP/330-00001f7e", "Sip/630,20,Ttr") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
  -- Called Sip/630
== Extension Changed 630[BLF_Group_1] new state Ringing for Notify User 300
== Extension Changed 630[BLF_Group_1] new state Ringing for Notify User 0
  -- SIP/630-00001f7f is ringing
  -- SIP/630-00001f7f answered SIP/330-00001f7e
  -- Channel SIP/330-00001f7e joined 'simple_bridge' basic-bridge <15c4b672-ec55-4237-8376-3d5f63176eba>
  -- Channel SIP/630-00001f7f joined 'simple_bridge' basic-bridge <15c4b672-ec55-4237-8376-3d5f63176eba>
     > 0x7f12c84c8d70 -- Probation passed - setting RTP source address to 10.22.21.47:5004
     > 0x7f12583fd470 -- Probation passed - setting RTP source address to 10.22.21.36:5004
  -- Channel SIP/330-00001f7e left 'simple_bridge' basic-bridge <15c4b672-ec55-4237-8376-3d5f63176eba>
== Spawn extension (macro-desvio, pasob, 1) exited non-zero on 'SIP/330-00001f7e' in macro 'desvio'
== Spawn extension (restringido, 630, 1) exited non-zero on 'SIP/330-00001f7e'
  -- Executing [h@restringido:1] Hangup("SIP/330-00001f7e", "") in new stack
== Spawn extension (restringido, h, 1) exited non-zero on 'SIP/330-00001f7e'
```

Figura 92. Establecimiento de la llamada desde la extensión 330 a 630

Las pruebas de llamadas realizadas fueron exitosas, pues se cumple con la configuración y políticas planteas

3 Pruebas de Servicios

3.1.1 Pruebas de Buzón de Voz

Para las pruebas de la aplicación del buzón de voz se hizo una llamada desde la extensión 331 en donde se prueba que al llamar a este usuario no está disponible o está ocupado, la llamada se desvía al buzón de voz donde la persona que lo esté llamando puede dejar un mensaje de voz y guardarlo hasta que el usuario 330 lo escuche.

```
  -- Called Sip/331
== Extension Changed 331[BLF_Group_1] new state Ringing for Notify User 0
  -- SIP/331-00001db2 is ringing
  -- Nobody picked up in 20000 ms
  -- Executing [no_contesta@macro-desvio:3] VoiceMail("SIP/330-00001db1", "331@default,u") in new stack
     > 0x7f1258159690 -- Probation passed - setting RTP source address to 10.22.21.36:5004
  -- <SIP/330-00001db1> Playing 'vm-theperson.gsm' (language 'es')
  -- <SIP/330-00001db1> Playing 'digits/3.gsm' (language 'es')
  -- <SIP/330-00001db1> Playing 'digits/3.gsm' (language 'es')
  -- <SIP/330-00001db1> Playing 'digits/1.gsm' (language 'es')
  -- <SIP/330-00001db1> Playing 'vm-isunavail.gsm' (language 'es')
[Feb 25 17:28:31] NOTICE[3860]: res_hep.c:418 hep_queue_cb: Unable to send packet: Address Family mismatch between source/destination
  -- <SIP/330-00001db1> Playing 'vm-intro.gsm' (language 'es')
[Feb 25 17:28:36] NOTICE[3860]: res_hep.c:418 hep_queue_cb: Unable to send packet: Address Family mismatch between source/destination
  -- <SIP/330-00001db1> Playing 'beep.gsm' (language 'es')
  -- Recording the message
  -- x=0, open writing:  /var/spool/asterisk/voicemail/default/331/tmp/iCoN7d format: wav49, 0x7f12c80e3538
  -- x=1, open writing:  /var/spool/asterisk/voicemail/default/331/tmp/iCoN7d format: gsm, 0x7f12c838d678
  -- x=2, open writing:  /var/spool/asterisk/voicemail/default/331/tmp/iCoN7d format: wav, 0x7f12c843dea8
[Feb 25 17:28:41] NOTICE[3860]: res_hep.c:418 hep_queue_cb: Unable to send packet: Address Family mismatch between source/destination
[Feb 25 17:28:46] NOTICE[3860]: res_hep.c:418 hep_queue_cb: Unable to send packet: Address Family mismatch between source/destination
[Feb 25 17:28:51] NOTICE[3860]: res_hep.c:418 hep_queue_cb: Unable to send packet: Address Family mismatch between source/destination
```

Figura 93. Prueba de llamada para el funcionamiento del buzón de voz y grabación del mensaje

3.1.2 Pruebas Captura de llamadas

Para las pruebas de captura de llamadas se utilizó las extensiones 320, 330 y 331, la captura de una llamada se realiza entre extensiones que se encuentren en el mismo grupo de captura. Desde la extensión 320 (Relaciones Públicas) se realizó la llamada a

la extensión 330(Sistemas) y esta a su vez es capturada desde la extensión 331(Asistente Sistemas) presionando la opción *8 seguido de la tecla SEND.

En la siguiente figura se muestra el código generado al realizar la captura de llamada (el código generado está configurado en el archivo sip.conf).

```
  -- Executing [pasob@macro-desvio:1] Dial("SIP/320-000026e9", "Sip/330,20,Ttr
") in new stack
  == Using SIP RTP CoS mark 5
    -- Called Sip/330
  == Extension Changed 330[BLF_Group_1] new state Ringing for Notify User 0 (que
ued)
  == Extension Changed 330[BLF_Group_1] new state Ringing for Notify User 300
    -- SIP/330-000026ea is ringing
  == Using SIP RTP CoS mark 5
  == Extension Changed 331[BLF_Group_1] new state InUse for Notify User 0
[Mar  3 13:39:57] NOTICE[34619]: pickup.c:223 ast_pickup_call: Pickup SIP/330-00
0026ea attempt by SIP/331-000026eb
       > 0x7f12581e8850 -- Probation passed - setting RTP source address to 10.2
2.21.33:5004
    -- SIP/331-000026eb answered SIP/320-000026e9
  == Extension Changed 330[BLF_Group_1] new state Idle for Notify User 0 (queued
```

Figura 94. Pruebas de captura de llamadas

3.1.3 Pruebas de Voceo o Paging

Las pruebas de Voceo se las hizo desde la extensión 330 (Sistemas), hacia todas las extensiones que están agrupadas por plantas, dependencias externas y general, como se detallan a continuación.

Para realizar las pruebas de paging (voceo) para todos los usuarios Asterisk se presiona *70 seguido de la tecla SEND.

```
  == Extension Changed 330[BLF_Group_1] new state InUse for Notify User 300
    -- Executing [*70@restringido:1] NoCDR("SIP/330-00002386", "") in new stack
    -- Executing [*70@restringido:2] SIPAddHeader("SIP/330-00002386", "Call-Info
: answer-after=0") in new stack
    -- Executing [*70@restringido:3] Page("SIP/330-00002386", "Sip/200&Sip/201&S
ip/210&Sip/220&Sip/221&Sip/230&Sip/240&Sip/250&Sip/260&Sip/270&Sip/280&Sip/280&S
ip/300&Sip/301&Sip/305&Sip/310&Sip/311&Sip/320&Sip/330&Sip/331&Sip/340&Sip/350&S
ip/351&Sip/400&Sip/401&Sip/402&Sip/410&Sip/411&Sip/420&Sip/421&Sip/422&Sip/430&S
ip/440&Sip/500&Sip/510&Sip/520&Sip/530&Sip/540&Sip/550&Sip/560&Sip/570&Sip/580&S
ip/590&Sip/600&Sip/610&Sip/620&Sip/630&Sip/640,s,1") in new stack
```

Figura 95 Pruebas de Voceo general

Para las pruebas de paging (voceo) a los usuarios Asterisk de la primera planta, se presiona *72 seguido de la tecla SEND.

```
  == Extension Changed 330[BLF_Group_1] new state InUse for Notify User 300
    -- Executing [*72@restringido:1] NoCDR("SIP/330-000023be", "") in new stack
    -- Executing [*72@restringido:2] SIPAddHeader("SIP/330-000023be", "Call-Info: answer-after=0") in new stack
    -- Executing [*72@restringido:3] Page("SIP/330-000023be", "Sip/200&Sip/201&Sip/210&Sip/220&Sip/221&Sip/230&Sip/240&Sip/250&Sip/260&Sip/270&Sip/280&Sip/280,s,1") in
new stack
```

Figura 96. Pruebas de Voceo en la primera planta Edificio GADMC.

Para las pruebas de paging (voceo) a los usuarios Asterisk de la segunda planta, se presiona *73 seguido de la tecla SEND

```
== Extension Changed 330[BLF_Group_1] new state InUse for Notify User 300
  -- Executing [*73@restringido:1] NoCDR("SIP/330-000023ca", "") in new stack
  -- Executing [*73@restringido:2] SIPAddHeader("SIP/330-000023ca", "Call-Info: answer-after=0") in new stack
  -- Executing [*73@restringido:3] Page("SIP/330-000023ca", "Sip/300&Sip/301&Sip/305&Sip/310&Sip/311&Sip/320&Sip/330&Sip/331&Sip/340&Sip/350&Sip/351,s,1")
```

Figura 97. Pruebas de Voceo en la segunda planta Edificio GADMC.

Para las pruebas de paging (voceo) a los usuarios Asterisk de la tercera planta, se presiona *74 seguido de la tecla SEND.

```
== Extension Changed 330[BLF_Group_1] new state InUse for Notify User 300
  -- Executing [*74@restringido:1] NoCDR("SIP/330-000023d5", "") in new stack
  -- Executing [*74@restringido:2] SIPAddHeader("SIP/330-000023d5", "Call-Info: answer-after=0") in new stack
  -- Executing [*74@restringido:3] Page("SIP/330-000023d5", "Sip/400&Sip/401&Sip/402&Sip/410&Sip/411&Sip/420&Sip/421&Sip/422&Sip/430&Sip/440,s,1")
```

Figura 98. Pruebas de Voceo en la tercera planta Edificio GADMC.

Para las pruebas de paging (voceo) a los usuarios Asterisk de la CDLC, se presiona *75 seguido de la tecla SEND.

```
== Extension Changed 330[BLF_Group_1] new state InUse for Notify User 300
  -- Executing [*75@restringido:1] NoCDR("SIP/330-000023e0", "") in new stack
  -- Executing [*75@restringido:2] SIPAddHeader("SIP/330-000023e0", "Call-Info: answer-after=0") in new stack
  -- Executing [*75@restringido:3] Page("SIP/330-000023e0", "Sip/500&Sip/510&Sip/520&Sip/530&Sip/540&Sip/550&Sip/560&Sip/570&Sip/580&Sip/590,s,1")
```

Figura 99. Pruebas de Voceo en la CDLC GADMC.

Para las pruebas de paging (voceo) a los usuarios Asterisk de las dependencias externas en este caso la extensión 630, se presiona *76 seguido de la tecla SEND.

```
== Extension Changed 330[BLF_Group_1] new state InUse for Notify User 300
  -- Executing [*76@restringido:1] NoCDR("SIP/330-000023ec", "") in new stack
  -- Executing [*76@restringido:2] SIPAddHeader("SIP/330-000023ec", "Call-Info: answer-after=0") in new stack
  -- Executing [*76@restringido:3] Page("SIP/330-000023ec", "Sip/600&Sip/610&Sip/620&Sip/630&Sip/640Sip") in new stack
```

Figura 100. Pruebas de Voceo en dependencias externas al GADMC.

4. Pruebas de calidad de servicio QoS

Para las pruebas de calidad de servicio se instaló un softphone en un computador del departamento de Sistemas y con ayuda de la herramienta Wireshark se hizo las siguientes pruebas:

Se realizó la captura de paquetes de voz sobre IP, utilizando el analizador de protocolos de red Wireshark, desde un computador del departamento de Sistemas donde se encuentra instalado el softphone (PhonerLite) con la extensión 800 hacia usuarios Asterisk y números convenciones.

En la figura 103 se muestra el tráfico del host (tráfico RTP). Para obtener esta gráfica en Wireshark se selecciona “Statistics” que se encuentra en la barra del menú principal y luego seleccionamos “IO Graph” se mostrará la ventana donde se puede observar el tráfico de entrada y salida del host. Para obtener la gráfica del tráfico de entrada en el computador, se tiene que realizar un filtrado utilizando la dirección IP del host, para esto se utilizó el filtrado “ip.dst==10.22.21.24 and rtp”. El ancho de banda aproximado es 96.8Kbps (96800 bps) utilizando el códec G722.

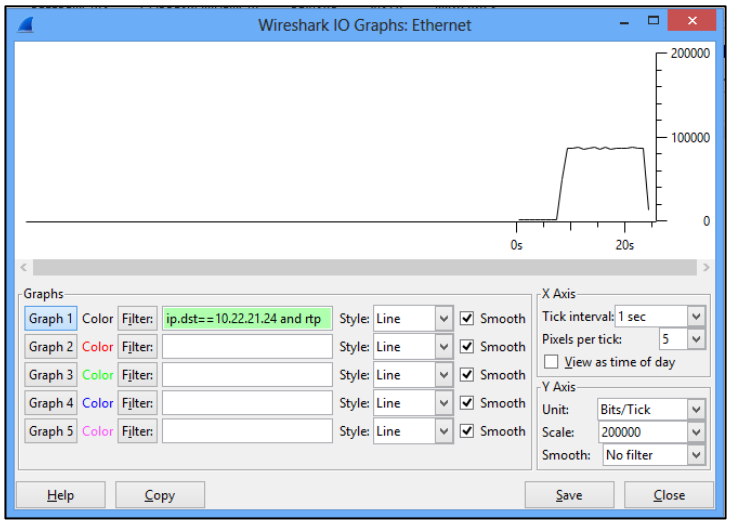


Figura 101. Tráfico RTP utilizando un Softphone (bits/seg)

Aplicando el supresor de silencio el ancho de banda consumido por un teléfono IP es: 48,4 Kbps (48400 bps).

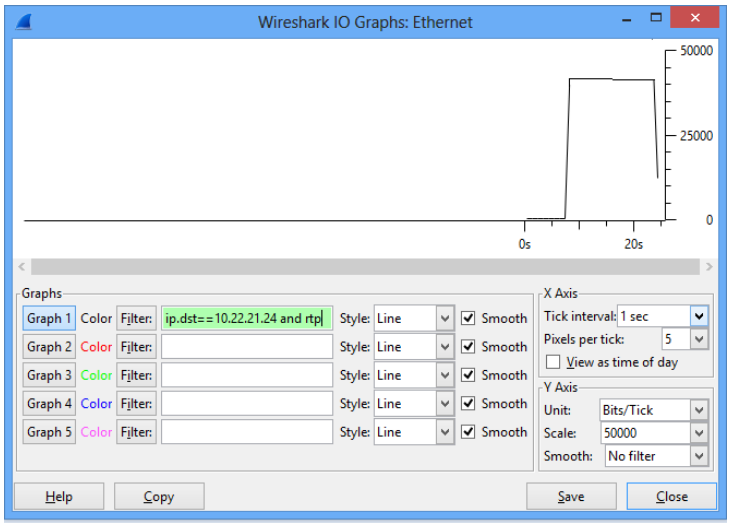
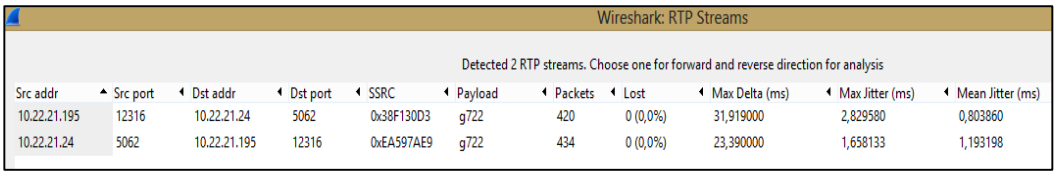


Figura 102. Tráfico RTP con supresor de silencio, utilizando un Softphone (bits/seg)

Wireshark también proporciona la función del análisis de RTP, toma el flujo RTP seleccionado y genera una lista de estadística sobre el mismo. Muestra información del

número de paquetes, el número de secuencia, retardo, jitter, tamaño del paquete, códec, paquetes perdidos.

En la figura 104 se muestra la captura de los RTP streams, donde por cada llamada se genera dos streams, esta captura se realizó ingresando a “Telephony” se selecciona RTP y luego “Show all Streams”. La IP 10.22.21.195 pertenece al servidor Asterisk y la IP 10.22.21.24 pertenece a la Vlan de Voz (21).


Wireshark: RTP Streams

Detected 2 RTP streams. Choose one for forward and reverse direction for analysis

Src addr	Src port	Dst addr	Dst port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter (ms)	Mean Jitter (ms)
10.22.21.195	12316	10.22.21.24	5062	0x38F130D3	g722	420	0 (0,0%)	31,919000	2,829580	0,803860
10.22.21.24	5062	10.22.21.195	12316	0xEA597AE9	g722	434	0 (0,0%)	23,390000	1,658133	1,193198

Figura 103. Captura de RTP Stream

En la gráfica se verifica que no tiene pérdidas de paquetes, el retardo máximo de 31,91ms, el jitter máximo es de 2.82 ms. Los parámetros mostrados están dentro del rango admitido para la transición de voz. En la tabla XLIV se puede ver la comparativa de parámetros.

TABLA XLV. COMPARATIVA DE PARÁMETROS PARA BRINDAR CALIDAD DE SERVICIO

RTP Stream	Datos Obtenidos	Datos Admitidos
Paquetes perdidos	0.0 %	> %
Max. Delta(ms)	31,91 ms	>150 ms
Max. Jitter(ms)	2.8 ms	>100 ms
Mean. Jitter(ms)	1.1 ms	>100 ms

Para verificar si se produce eco, se realizó llamas entre las extensiones 330 (Sistemas) y 630 (Parque Central (ITUR)), constatando que no se produce eco

5. Pruebas de consumo de ancho de banda y capacidad del Servidor Asterisk.

i. Pruebas de consumo de ancho de banda

Se verifica si el ancho de banda en la red de VoIP implementada es igual al calculado teóricamente en aparatados anteriores. Para la toma de muestras del ancho de banda total consumido utilizando las 5 líneas telefónicas análogas, se instaló la herramienta wireshask en el servidor y se empieza a escanear la red, filtrando el protocolo “rtp”, siguiendo el mismo procedimiento que se hizo para obtener la figura 102.

A continuación se muestra la secuencia de llamadas realizadas en tiempos de 25 segundos, hasta cumplir con 5 llamadas concurrentes, en la figura 104 se muestra como aumenta el ancho de banda, a medida que se atienden las llamadas, el ancho de banda se fija cuando empieza la primera llamada consumiendo 48,4 Kbps (48400 bps), hasta llegar al ancho de banda total que es 242 Kbps (242000 bps).

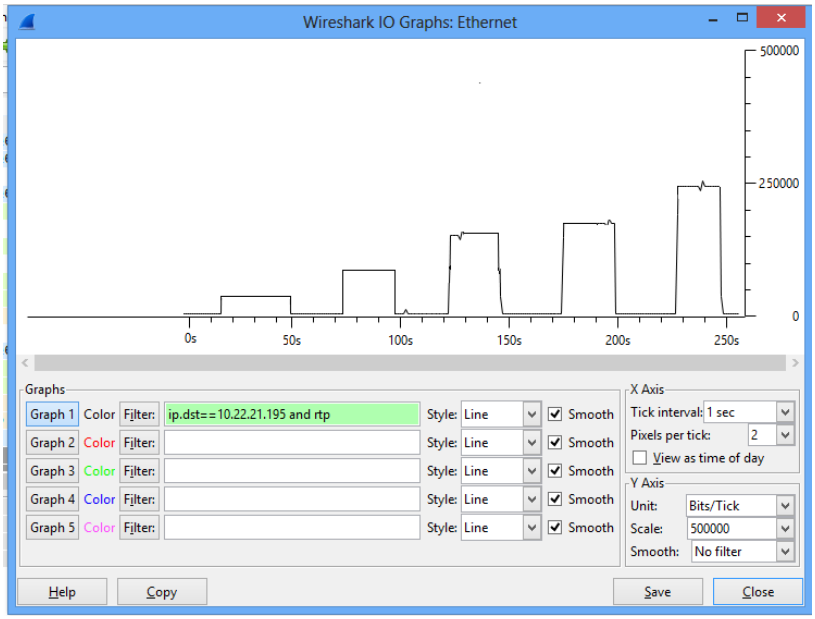


Figura 104. Tráfico RTP con 5 llamadas consecutivas

En la fase 2, en el apartado 6.3.2.1 se estableció matemáticamente el ancho de banda en la hora de mayor tráfico de voz es de 1.215 Erlangs, para lo cual se requieren 5 líneas telefónicas, que al utilizar un códec G.722, y aplicando supresión de silencio tanto en el Gateway y en los teléfonos, el consumo del ancho de banda es de 242 Kbps, con esto se verifica que la teoría se ha implementado en la práctica.

5.1 Pruebas de capacidad del servidor

Teniendo en cuenta las pruebas realizadas en la figura 104 dentro del servidor Asterisk, se utiliza el comando de Linux “top” desde consola el cual permite monitorear en tiempo real el consumo del CPU y memoria de cada proceso que se ejecuta en el servidor. Se ejecuta el comando en el momento que el servidor está trabajando con la carga máxima (5 llamadas consecutivas). En la figura 105 se presenta los resultados de la ejecución de este comando, donde se verifica que el consumo máximo del CPU que es 14.3 % y memoria 1.5 %.

```
root@localhost:~
top - 10:40:26 up 33 days, 23:40,  1 user,  load average: 0.04, 0.04, 0.05
Tasks: 269 total,   2 running, 267 sleeping,   0 stopped,   0 zombie
%Cpu(s):  0.9 us,  1.6 sy,  0.0 ni, 97.5 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
KiB Mem:   3839664 total,  3706964 used,   132700 free,        0 buffers
KiB Swap:  4079612 total,     1756 used,  4077856 free.  3121000 cached Mem

  PID USER      PR  NI    VIRT    RES    SHR S  %CPU %MEM     TIME+ COMMAND
 3183 root      20   0 2694888  58760  12268 S  14.3  1.5 181:52.03 asterisk
 3183 root      20   0 2694888  58760  12268 S   5.3  1.5 181:46.38 asterisk
```

Figura 105. Monitoreo en tiempo real de las aplicaciones del servidor Asterisk a través del comando top

Se verifica el promedio del consumo de memoria y procesador del servidor Asterisk, se ejecuta el comando “top” en distintos tiempos mientras se está ejecutando las aplicaciones del servidor, en la figura 106 se muestra los parámetros de consumo.

```
root@localhost:~
top - 10:40:26 up 33 days, 23:40,  1 user,  load average: 0.04, 0.04, 0.05
Tasks: 269 total,   2 running, 267 sleeping,   0 stopped,   0 zombie
%Cpu(s):  0.9 us,  1.6 sy,  0.0 ni, 97.5 id,  0.0 wa,  0.0 hi,  0.0 si,  0.0 st
KiB Mem:   3839664 total,  3706964 used,   132700 free,        0 buffers
KiB Swap:  4079612 total,     1756 used,  4077856 free.  3121000 cached Mem

  PID USER      PR  NI    VIRT    RES    SHR S  %CPU %MEM     TIME+ COMMAND
 3183 root      20   0 2694888  58760  12268 S   5.3  1.5 181:46.38 asterisk
 3183 root      20   0 2694888  58760  12268 S   7.6  1.5 181:48.54 asterisk
 3183 root      20   0 2694888  58760  12268 S   8.0  1.5 181:50.59 asterisk
 3183 root      20   0 2694888  58760  12268 S  14.3  1.5 181:52.03 asterisk
```

Figura 106. Promedio de consumo de procesamiento y memoria del servidor

En la figura 106 se puede apreciar el promedio de consumo de procesamiento que es de 8.8 %; y de memoria es 1.5 %, con esta información se concluye que el servidor Asterisk puede operar las 5 llamadas simultaneas en la hora de mayor tráfico.

6. Pruebas de conectividad entre radioenlaces

Antes de realizar la prueba de conectividad, existe un parámetro importante a ser identificado en los radioenlaces, que es el canal por el cual nuestra red se enlazara. En este parámetro se debe tener en cuenta los canales Wifi que menos solapamiento tenga, es decir que otros equipos de red estén conectados al mismo canal.

En la figura 107 se muestra el canal que más solapamiento tiene, en este caso al elegir el canal 6 tendremos 8 equipos que comparten el mismo canal.

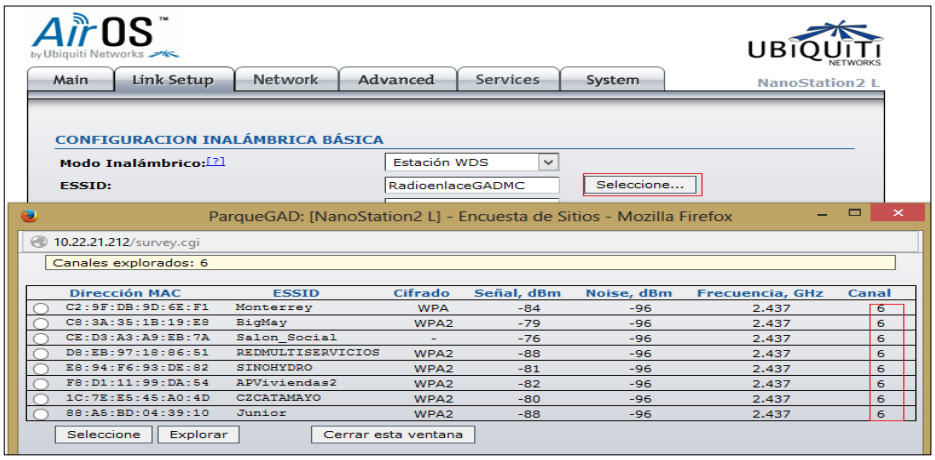


Figura 107. Canales Solapados

En la figura 108 se presenta el canal 5 como el ideal para realizar la conexión, este es el único canal que no se comparte con ningún otro equipo.

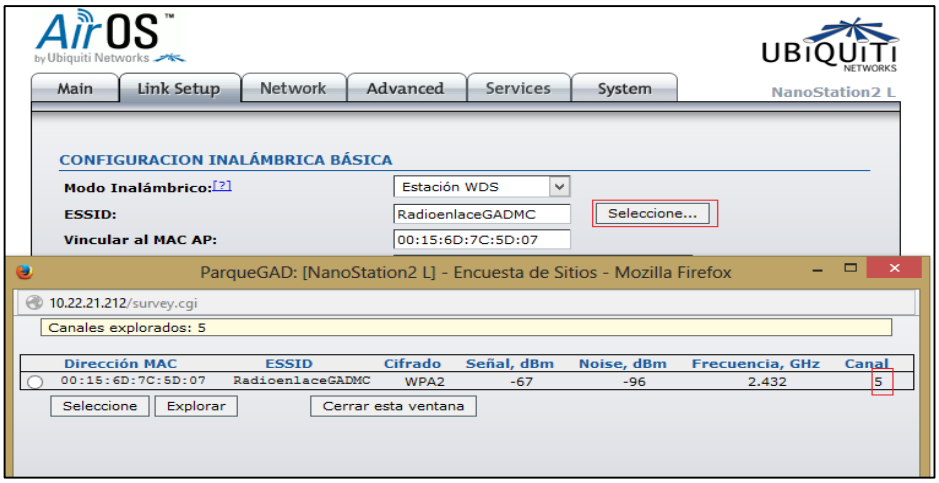


Figura 108. Canales Libres de Solapamiento

Para verificar la conectividad entre equipos de red (Antenas) se utilizó el comando “ping”. Desde una computadora configurada en el rango de direcciones IP de la VLAN 23(EquiposRed), se da ping hacia la IP 10.22.21.211 (Antena EdificioGAD, de igual forma se hace con la IP 10.22.21.212 (Antena ParqueGAD)), resultando exitosa la prueba. En la figuras 109 se muestra los resultados.

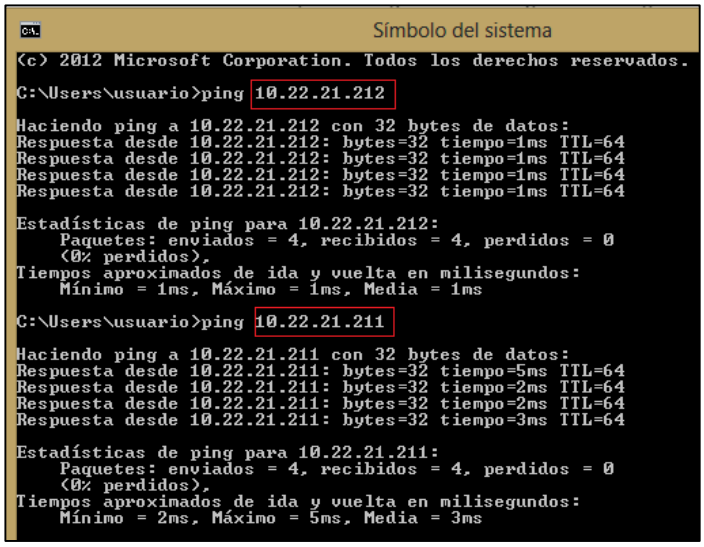


Figura 109. Verificación de conectividad entre equipos (Antenas) utilizando el comando ping.

Una vez conectados los equipos y enlazados a la red interna Municipal, se hizo las pruebas de llamadas y de servicios configurados en el servidor de VoIP. Estas pruebas resultaron exitosas y se las puede ver en las figuras 92 y 100.

g. Discusión

1. Desarrollo de la propuesta alternativa

El desarrollo de la propuesta se basa en la realización y cumplimiento de los objetivos planteados.

Objetivo 1: Analizar y diseñar una red MAN que permita la conexión entre las dependencias externas al municipio de Catamayo.

Para el cumplimiento de este objetivo, se realizó una descripción de los equipos de la infraestructura de red interna y externa que dispone el GADMC para ofrecer servicios como internet, compartición y transferencia de archivos y acceso a la base de datos de los servidores. De igual forma se identifica las dependencias externas con los servicios que actualmente tienen, además de realizar el análisis del tráfico de voz que se genera en la institución. También en este apartado se hace un análisis comparativo y elección de las tecnologías software y hardware necesarios para buen funcionamiento de la red.

De los datos obtenidos se puede concluir que las dependencias externas a la institución no están integradas mediante una red, a la red interna le hace falta equipos administrables para poderle gestionar mejor, no cuentan teléfonos necesarios para la comunicación.

Todo lo descrito anteriormente se encuentra detallado en la fase 1: Levantamiento de información, fase 2: Selección de la Tecnología y Hardware y fase 3: Diseño de la red MAN y Configuración de equipos de red.

Objetivo 2: Configurar los equipos activos para ofrecer servicios de calidad (QoS).

Dentro de este objetivo se plantea la separación del tráfico de voz y datos mediante la creación de VLANs y de ACLs esta configuración se la realiza en los switches y en el router. Asimismo se configura el Gateway FXO y Teléfonos IP, habilitando el supresor de silencio y la cancelación de eco.

Lo relacionado a este objetivo, se encuentra en detallado en la fase 3: Diseño de la red MAN y Configuración de equipos de red.

Objetivo 3: Instalación y configuración de un servidor unificado de comunicaciones VoIP.

Para dar cumplimiento a este objetivo, se instaló la última versión 13.1.0 de Asterisk sobre el Sistema Operativo CentOs 7, se definió el plan de marcación, las políticas de manejo (llamas internas, con salida y con restricción de tiempo) y se configuró de los teléfonos IP (Granstream GXP1405)

Dentro de los archivos que se configuró en Asterisk está sip.conf, extensions.conf y voicemail.conf

Todo lo relacionado a este objetivo, se detalla en apartados de la fase 2: Plan de Marcación, fase 3: Instalación de Asterisk

Objetivo 4: Implementar y probar la red MAN para VoIP, mediante la creación de un prototipo que ofrezca QoS.

Una vez configurados los equipos lo que queda es ubicarlos, el servidor Asterisk se sitúa en el armario de servidores, los switches administrables se los ubicó en remplazo de los switches capa 2, los teléfonos IP de acuerdo a su extensión tienen un departamento definido. También se cuenta con un radioenlace (Edificio GADMC-Parque centra l (ITUR)) ya funcionando, en el cual probaremos el servicio de VoIP.

Con la realización de este objetivo se demuestra la operatividad, funcionalidad y beneficios de la aplicación del proyecto. Para el cumplimiento de las pruebas, se verifica las ACls para la Vlan de voz, donde se constata que no sea visible para el resto de Vlans y que tenga conexión con el servidor Asterisk. En las pruebas para el servidor Asterisk se utilizan los teléfonos IP de los cuales se realizan y reciben llamadas entre usuarios Asterisk (dependencias internas y externas como es el parque central(ITUR)) y se verifica la configuración del Plan de Marcación y Políticas que se encuentran definidas dentro de los archivos sip.conf, extensions.conf, voicemail.conf.

2. Valoración técnica económica ambiental

El presente proyecto fin de carrera, titulado “Análisis y Diseño de una red MAN de alta velocidad, que soporte VoIP y brinde servicios QoS para los departamentos del Municipio de Catamayo” se considera desde el punto de vista técnico como un trabajo factible y necesario para del Municipio de Catamayo, pues permitirá integrar todas las dependencias externas municipales a una misma red, e implementar nuevas tecnologías VoIP. Además este proyecto tiene un ahorro significativo debido a que se utilizó la infraestructura de red interna (cableado y switches) existente para la implementación del servidor de VoIP, de igual forma se utilizó software libre de licencia.

En el aspecto económico el proyecto se considera factible por las siguientes razones:

1. Los requerimientos de hardware son cubiertos por el Municipio de Catamayo.
2. Los requerimientos de software utilizados son de libre distribución y poseen Licencia Open Source.

En la tabla XLV se detallan los recursos de hardware y materiales necesarios para la implementación de la red MAN, estos equipos fueron elegidos en la fase 2: Selección de la tecnología y hardware. Para la ubicación de las antenas se necesita una altura mínima de torres las cuales fueron determinadas con la herramienta Radio Mobile, en el Anexo 4 se presenta la propuesta para el diseño de las torres.

TABLA XLVI. VALORACIÓN TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED MAN

Recursos Hardware(Red MAN)			
Descripción	**Nro. Antenas**	**Costo/Unitario**	**Total**
Nanobeam M5	6	$ 150.00	$ 900.00
NanoStation M5	4	$ 100.00	$.400.00
AirMAX 5GHz Mid-Gain 120º+RocketM5	1	$ 453,50	$ 453,50
Switches Cisco Capa 3	6	$504.00	$ 3024.00
Subtotal			**$ 4777,50**
Recursos Materiales (Red Man)			
Cable FTP	1	$ 474.82	$ 474.82
Torres 15 metros	1	$ 900.00	$ 900.00
Torre 9 metros	1	$ 500.00	$ 500.00
Torre 5 metros	2	$ 300.00	$ 600.00
Subtotal			**$ 2474.82**
Subtotal hardware + materiales			**$ 7252.32**
Total +IVA			**$ 8122,59**

En la tabla XLVI se detallan los recursos hardware que fueron necesarios para la implementación de VoIP.

TABLA XLVII. . VALORACIÓN TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE VOIP

Recursos Hardware(VoIP)			
Descripción	**Nro. Equipos**	**Costo/Unitario**	**Total**
HP Proliant DL320e Gen8	1	$ 1764.00	$ 1764.00
Gateway FXO Grandstream GXW-4018	1	$ 433.66	$ 433.66
Grandstream GXW-2140 + Botonena	1	$ 285.85	$ 285.85
Teléfono Grandstream GXP-1405	45	$ 85.00	$ 3825.00
Switches Cisco SG 300P	3	$ 981.60	3926.40
Subtotal			**$ 10234.91**
Total +IVA			**$ 11463,09**
Recursos Software(VoIP)			
Sistema Operativo CentOs 7			$0.00
Servidor de Comunicaciones Unificadas Asterisk 13.1.0			$0.00
Subtotal			$0.00

En la tabla XLVII, se presenta la suma total de todos los recursos humanos como hardware, materiales y software usados para este proyecto, que da una aproximación real.

TABLA XLVIII. APROXIMACIÓN COSTO REAL DEL PROYECTO

Descripción	**Costo Total**
Recursos para la implementación de Red MAN	$ 8122,59
Recursos para la implementación de VoIP	$ 11463,09
Total	**$ 19585,68**

Para implementar el proyecto en su totalidad el GADMC tiene que invertir $ **$ 19585,68** Pero como se había mencionado en apartados anteriores por motivos de presupuesto y por prioridad, las autoridades (Alcaldesa y Jefe Administrativo) decidieron implementar VoIP invirtiendo un total de $ **$ 11463,09**

El PFC se considera factible en el aspecto ambiental ya que no existe peligro alguno para el medio ambiente al momento de ser implementado.

h. Conclusiones

- En la actualidad existen pocos radioenlaces de largo alcance, que funcionan con la frecuencia 5.8 Ghz, esto beneficia a la propuesta presentada pues al no estar saturada la frecuencia, existe menos probabilidades de interferencia. Por otro lado la aplicación de estos radioenlaces, es beneficioso pues se puede proveer de servicio de internet y telefonía a lugares donde se hace imposible llegar con cable

- Realizar el estudio del tráfico de voz, permitió determinar las líneas telefónicas análogas necesarias para satisfacer el ancho de banda que se consume en la hora pico, y de esta forma garantizar que la central telefónica funcione sin ningún inconveniente.

- La segmentación de la red y la creación de ACLs, permitió dividir la red física en seis subredes diferentes, esto ayudó tener una mejor gestión, control y mejorar el tráfico de la red ya que al segmentar la red estamos optimizando las direcciones IP.

- El servidor de comunicaciones Asterisk es el más adecuado ya que no sólo posee todo lo necesario para que funcione la centralilla telefónica, sino que adicionalmente se puede configurar servicios de valor agregado (voceo (paging), captura de llamadas y el buzón de voz), y adaptarlo a las necesidades del usuario, ya que posee características fáciles de personalizar.

- La mayor ventaja de la implementación de la centralilla telefónica, es la rapidez en la comunicación entre todos los empleados del GADMC, disminuyendo así la movilidad y pérdida de tiempo al trasladarse de un lugar a otro.

i. Recomendaciones

- Utilizar la herramienta Radio Mobile que es un programa de simulación de radio propagación gratuita, ayuda a predecir el comportamiento de los radioenlaces en distintas frecuencias, la predicción de estos comportamientos hace que la simulación sea más precisa y al momento de implementar una red, ésta brinde la seguridad que los radioenlaces necesitan para establecer la comunicación.

- Para la implementación de la red MAN, es necesario regular la operación del sistema inalámbrico planteado, pues al ser una tecnología de espectro ensanchado (5.8Ghz), este necesita el permiso que será otorgado por la Secretearía Nacional de Telecomunicaciones para su funcionamiento.

- Utilizar el protocolo SIP y códec G722, debido a que son protocolos de gran escalabilidad, además en el mercado la mayoría de equipos para VoIP vienen integrados estos protocolos.

- Configurar un backup de la central telefónica Asterisk, puesto que ante cualquier inconveniente con la central principal entre en funcionamiento la otra central, y de esta forma evitar incomodidades en usuarios Asterisk.

j. Bibliografía

Referencias Bibliográficas

[1] S. P. E. Avalos, "Estudio de viabilidad técnica y económica para la migración de red wifi a wimax en entornos rurales" febrero 2010. [en línea]: http://oa.upm.es/7395/1/pfcd_wifi-wimax_SandraEspinoza.pdf. [Último acceso: 3 Febrero 2013]

[2] J. A. M. Peralta."Estandar Wifi 802.11ac" [En línea]: http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/80211ac.pdf. [Último acceso: 4 Febrero 2013].

[3] C. E. D. Alfredo, "Estudio y diseño de una red de datos para el Instituto de Seguridad Social ISSFA y sus agencias a nivel nacional a través de la infraestructura de telecomunicaciones de las Fuerzas Armadas" 2008. [En línea]: http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/1021. [Último acceso: 2 Marzo 2014].

[4] E. Pietrosemoli, "Enlaces a Larga Distancia" 2007. [En línea]: http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/17_Enlaces-Larga-Distancia/17_es_enlaces-larga-distancia_guia_v01.pdf. [Último acceso: 10 Marzo 2014].

[5] O. A. S. Sánchez, "Comparación de la Eficiencia entre redes inalámbricas wifi y wimax" 2011. [En línea]: http://132.248.9.195/ptb2011/noviembre/0674882/0674882_A1.pdf. [Último acceso: 15 Marzo 2014].

[6] D. López, " Implementación de protocolos de señalización VoIP sobre un entorno de red ipv6 " Julio 2011. [En línea]: http://www.unsij.edu.mx/tesis/digitales/3.%20DAVID%20LOPEZ%20BAUTISTA.pdf. [Último acceso: 4 Abril 2014].

[7] M. Cueva, "Diseño de un red de voz sobre IP para el hospital Isidro Ayora de la Provincia de Loja" 2010. [En línea]: http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2528. [Último acceso: 25 Marzo 2014].

[8] B. P. Pablo Rivera, "Universidad Politecnica Saleciana de Guayaquil" Marzo 2014. [En línea]: http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6556/1/UPS-GT000608.pdf. [Último acceso: 25 Junio 2014].

[9] J. Joskowicz, "Universidad de la República de Montivideo, Urugaay" Marzo 2013. [línea]:https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/67091/mod_resource/content/1/codificacion/Codificacion_de_voz_y_video_textos_completos_.pdf. [Último acceso: 25 Marzo 2014].

[10] Pimentel, "Tipos de Antenas y su Funcionamiento" 2013. [En línea]: http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenassoporte&catid=31:general&Itemid=79. [Último acceso: 15 Abril 2014].

[11] A. A. A. Cid, "Tecnologías de la información y las Oganizaciones Inteligentes en la Sociedad del Conocimiento" 2008. [En línea]: http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/28568/1/Aldo%20Aguilar.pdf. [Último acceso: 25 Abril 2014].

[12] M. C. M. Germán, "IMPLEMENTACIÓN DE UN PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET INALAMBRICO EN LA CIUDAD DE NUEVA LOJA" Junio 2010. [En línea]: http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2216/1/CD-2968.pdf. [Último acceso: 4 Mayo 2014].

[13] R. F. J. I. T. M. C.Aichele, Redes Inalambricas en los Países Desarrollados, 2007, pp. 23-24.

[14] I. J. Cortez Darwin, "Rediseño de la red de comunicaciones para la universisdad estatal de Bolívar que soporte aplicaciones de voz, datos y videoconferencia" Octubre 2006. [En línea]: http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/348. [Último acceso: 15 Mayo 2014].

[15] C. M. Galindo Andrés, "Diseño de una red para transmisión de voz, datos e internet para la empresa florícola "FALCON FARMS" 2013. [En línea]: http://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=11773. [Último acceso: 17 Mayo 2014].

[16] R. Coudé, "Radio Mobile" 2014. [En línea]: http://radiomobile.pe1mew.nl/?About_Radio_Mobile_Online. [Último acceso: 29 Mayo 2014].

[17] D. E. N°1014, "Decreto Ejecutivo N° 1014" [En línea]: http://www.administracionpublica.gob.ec/software-libre/. [Último acceso: 27 Noviembre 2014].

[18] A. Zavala, "Estudio de QoS sobre wlan utilizando el estándar 802.11e aplicado a transmisiones de sistemas multimedia en tiempo real" 2010. [En línea]: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/328/1/18T00409.pdf. [Último acceso: 2 junio 2014].

[19] Elastix, "Elastix" 2014. [En línea]: http://www.elastix.org/index.php/es/informacion-del-producto/informacion.html. [Último acceso: 15 junio 2014].

[20] W. S. Ambuludí Ángel, "Estudio de la evolución de las redes de próxima generación y el desarrollo de las telecomunicaciones" 2008. [En línea]: http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/158/1/Indice.pdf. [Último acceso: 20 Junio 2014].

[21] P. Marin, "Qué cambia con la cateoria 6" Revista RTI (Brasil), p. 28, 2002.

k. Anexos

Anexo 1: Lista de teléfonos y detalle de factura de GAD Municipal de Catamayo.

CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT S.A.

GAD MUNICIPAL DE CATAMAYO

Lista de Teléfonos de Propiedad del
Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Catamayo

Ago-13

	NRO. TELEF.	BASE IMPONIBLE	IVA 12%		TOTAL
ALCALDÍA	2676564	173.00	20.76		193.76
PROVEEDURIA	2676565	14.6	1.75		16.35
AGUA POTABLE	2676566	10.94	1.31		12.25
CONTABILIDAD	2676567	19.83	2.38		22.21
GESTION AMB	2676568	23.09	2.77		25.86
OBRAS PUBLICAS	2676569	7.86	0.94		8.80
PATRONATO	2676575	13.20	1.58		14.78
ADMINISTRATIVO	2677077	10.58	1.27		11.85
BOMBEROS	2677102	25.44	3.05		28.49
UNIDAD MEDICA	2677208	9.39	1.13		10.52
CENTRAL	2677209	10.78	1.29		12.07
SECRETARIA	2677219	9.26	1.11		10.37
ANCIANATO	2677481	10.43	1.25		11.68
MERCADO	2677903	6.70	0.80		7.50
FINANZAS	2677904	16.36	1.96		18.32
COMPRAS PUBLICAS	2678508	13.24	1.59		14.83
REG. PROPIEDAD	2678255	37.01	4.44		41.45
UNID EDUCATIVA	2677322	7.30	0.88		8.18
GUAYABAL	3026889	6.92	0.83		7.75
					477.02
	VALOR A CANCELAR				

Catamayo, 18 de septiembre de 2013

Orden de Pago a Nombre de:

CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT S.A.
RUC: 1768152560001

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CATAMAYO
TESORERIA

CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP

RUC:1768152560001
CONTRIBUYENTE ESPECIAL

Resolución No. 1398

DETALLE DE LLAMADAS

Veintimilla E4-66 y Amazonas, edificio Studio Z. Teléfono: (593 2) 3966 102

Teléfono: 72677209 GOBIERNO AUTONOMO DESENTRALIZADO MUNICIPAL DE CATAMAYO

MES: AGOSTO 2013

R2_PRV_CD_1993 34/53

Servicio: **LOCAL AUTOMATICA**

		Destino	Fecha	Duración	Valor
1	CATAMAYO (LA TOMA)	072677219	29/07/2013 11:24	133	0.022
2	CATAMAYO (LA TOMA)	072678508	31/07/2013 09:40	66	0.011
3	CATAMAYO (L	072555213	02/08/2013 11:28	29	0.005
4	CATAMAYO (L	072555213	31/07/2013 08:44	34	0.006
5	CATAMAYO (L	072555213	01/08/2013 17:28	58	0.010
6	CATAMAYO (LA TOMA)	072677077	31/07/2013 14:18	47	0.008
7	CATAMAYO (LA TOMA)	072678508	31/07/2013 08:49	6	0.001
8	CATAMAYO (LA TOMA)	072678508	31/07/2013 08:49	2	0.000
9	CATAMAYO (LA TOMA)	072677219	31/07/2013 08:55	13	0.002
10	CATAMAYO (LA TOMA)	072677077	09/08/2013 10:20	38	0.006
11	CATAMAYO (LA TOMA)	072677904	09/08/2013 13:34	161	0.027
12	CATAMAYO (LA TOMA)	072677077	09/08/2013 13:30	23	0.004
13	CATAMAYO (LA TOMA)	072677208	08/08/2013 15:27	48	0.008
14	CATAMAYO (LA TOMA)	072677187	07/08/2013 09:37	147	0.025
15	CATAMAYO (LA TOMA)	072677589	01/08/2013 15:31	61	0.010
16	CATAMAYO (LA TOMA)	072676568	01/08/2013 11:50	21	0.004
17	CATAMAYO (LA TOMA)	072677904	01/08/2013 10:33	287	0.048
18	CATAMAYO (LA TOMA)	072676568	31/07/2013 09:58	120	0.020
19	CATAMAYO (LA TOMA)	072676568	29/08/2013 08:03	62	0.010
20	CATAMAYO (LA TOMA)	072677102	29/08/2013 07:57	61	0.010
21	CATAMAYO (L	072555336	22/08/2013 08:00	33	0.006
22	CATAMAYO (LA TOMA)	072677208	14/08/2013 11:17	45	0.008
23	CATAMAYO (LA TOMA)	072677904	09/08/2013 10:22	57	0.010
24	CATAMAYO (LA TOMA)	072677208	02/08/2013 08:56	36	0.006
25	CATAMAYO (LA TOMA)	072677077	29/07/2013 10:01	49	0.008
26	CATAMAYO (LA TOMA)	072676568	01/08/2013 14:26	4	0.001
27	CATAMAYO (LA TOMA)	072677219	31/07/2013 08:55	114	0.019
2[illegible]	CATAMAYO (LA TOMA)	072678508	31/07/2013 08:50	2	0.000
[illegible]	CATAMAYO (LA TOMA)	072678508	31/07/2013 08:49	5	0.001
			Total:	**1762**	**0.296**

Servicio: **NACIONAL AUTOMATICA**

		Destino	Fecha	Duración	Valor
30	LOJA	072570377	02/08/2013 14:26	239	0.080
31	LOJA	072577289	01/08/2013 16:58	58	0.019
32	LOJA	072562190	07/08/2013 12:00	8	0.003
33	LOJA	072562190	07/08/2013 12:00	9	0.003
34	LOJA	072562190	07/08/2013 11:59	2	0.001
35	LOJA	072571682	06/08/2013 11:43	196	0.065
36	LOJA	072545407	06/08/2013 08:37	103	0.034
37	CHUQUIRIBAMBA	072580326	06/08/2013 08:22	145	0.048
38	LOJA	072570377	05/08/2013 09:46	64	0.021
39	LOJA	072570377	05/08/2013 09:46	24	0.008
40	LOJA	072570377	05/08/2013 09:44	92	0.031
41	LOJA	072562190	13/08/2013 12:47	2	0.001
42	LOJA	072562190	13/08/2013 12:47	4	0.001
43	LOJA	072562190	13/08/2013 12:46	2	0.001
44	LOJA	072571682	13/08/2013 11:12	77	0.026
45	LOJA	072571682	13/08/2013 09:47	66	0.022
46	LOJA	072571682	13/08/2013 09:46	62	0.021
47	LOJA	072573060	13/08/2013 08:25	7	0.002
48	LOJA	072571682	13/08/2013 11:14	842	0.281
49	LOJA	072562190	12/08/2013 15:52	209	0.070
50	LOJA	072545407	19/08/2013 09:47	6	0.002
51	LOJA	072545407	19/08/2013 09:46	7	0.002
52	LOJA	072574125	19/08/2013 15:15	131	0.044
53	LOJA	072570377	19/08/2013 12:06	170	0.057
54	LOJA	072570407	19/08/2013 10:12	58	0.019
55	LOJA	072570407	19/08/2013 10:11	3	0.001
5[illegible]	LOJA	072570407	19/08/2013 10:06	272	0.091
			Total:	**15879**	**5.296**

CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP

RUC:1768152560001
CONTRIBUYENTE ESPECIAL

Resolución No. 1398

Veintimilla E4-66 y Amazonas, edificio Studio 2. Telefono: (593 2) 3966 102

DETALLE LLAMAD

Pag

Teléfono: 72677209 GOBIERNO AUTONOMO DESENTRALIZADO MUNICIPAL DE CATAMAYO

MES: AGOSTO 2013

Servicio: **NACIONAL AUTOMATICA**

		Destino	Fecha	Duración	Valor
115	LOJA	072562190	13/08/2013 12:48	2	0.
116	LOJA	072562190	13/08/2013 12:47	2	0.
117	LOJA	072562190	09/08/2013 16:56	362	0.
118	LOJA	072570377	09/08/2013 13:23	160	0.
119	LOJA	072570377	09/08/2013 08:06	134	0.
120	LOJA	072545407	08/08/2013 18:35	69	0.
121	LOJA	072570377	09/08/2013 12:02	63	0.
122	LOJA	072570377	09/08/2013 10:26	79	0.
123	LOJA	072545407	08/08/2013 17:48	81	0.
124	LOJA	072545407	08/08/2013 17:40	171	0.
125	LOJA	072570377	08/08/2013 11:05	145	0.
126	LOJA	072570377	08/08/2013 11:03	117	0.
127	CELICA LOJA	072657341	08/08/2013 08:04	395	0.
128	LOJA	072570377	08/08/2013 16:08	59	0.
129	LOJA	072570377	08/08/2013 15:57	323	0.
130	LOJA	072573060	08/08/2013 09:26	423	0.
131	LOJA	072545407	08/08/2013 09:21	27	0.
132	LOJA	072562190	07/08/2013 12:58	158	0.
133	LOJA	072545407	05/08/2013 09:11	46	0.
134	LOJA	072545407	05/08/2013 09:11	10	0.
135	LOJA	072545407	05/08/2013 17:42	5	0.
136	LOJA	072570377	05/08/2013 15:40	426	0.
137	LOJA	072570377	05/08/2013 15:35	38	0.
138	LOJA	072545407	31/07/2013 08:18	44	0.
139	PAQUISHA	073037432	01/08/2013 08:47	721	0.
140	PAQUISHA	073037432	01/08/2013 08:46	44	0.
141	LOJA	072615469	01/08/2013 16:56	33	0.
142	LOJA	072545407	02/08/2013 17:15	145	0.
1	LOJA	072570377	02/08/2013 14:33	18	0.
1	LOJA	072570377	02/08/2013 14:34	182	0.
			Total:	**15879**	**5.**

Servicio: **NUMEROS ESPECIALES**

		Destino	Fecha	Duración	Valor
145	QUITO PICHI	0128	02/08/2013 12:25	14	0.
146	QUITO PICHI	0128	02/08/2013 14:54	6	0.
147	QUITO PICHI	0128	02/08/2013 14:54	14	0.
			Total:	**34**	**0.**

Servicio: **NUMEROS GRATIS**

		Destino	Fecha	Duración	Valor
148	QUITO PICHI	0101	19/08/2013 09:48	46	0.
			Total:	**46**	**0.**
			Total Reporte:	**17721**	**5.5**

Anexo 2: Especificaciones técnicas de equipos para la Red MAN y VoIP

The Most Powerful NanoStation Ever.

airMAX
MIMO TDMA Protocol

SYSTEM INFORMATION	
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400MHz
Memory Information	32MB SDRAM, 8MB Flash
Networking Interface	2 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface

REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION	
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
RoHS Compliance	YES

OPERATING FREQUENCY 5470MHz-5825MHz

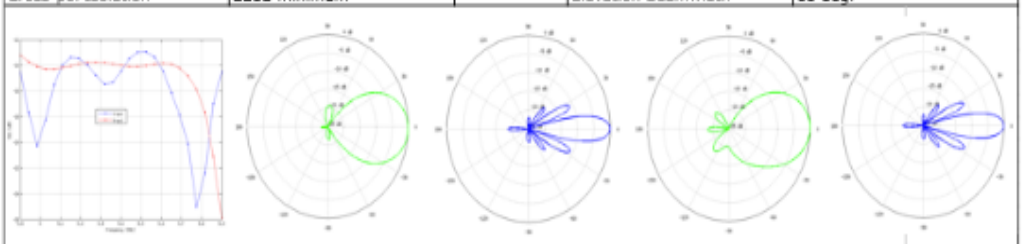
5GHz TX POWER SPECIFICATIONS			
	DataRate	Avg. TX	Tolerance
11a	6-24Mbps	27 dBm	+/-2dB
	36Mbps	25 dBm	+/-2dB
	48Mbps	23 dBm	+/-2dB
	54Mbps	22 dBm	+/-2dB
5GHz 11n	MCS0	27 dBm	+/-2dB
	MCS1	27 dBm	+/-2dB
	MCS2	27 dBm	+/-2dB
	MCS3	27 dBm	+/-2dB
	MCS4	26 dBm	+/-2dB
	MCS5	24 dBm	+/-2dB
	MCS6	22 dBm	+/-2dB
	MCS7	21 dBm	+/-2dB
	MCS8	27 dBm	+/-2dB
	MCS9	27 dBm	+/-2dB
	MCS10	27 dBm	+/-2dB
	MCS11	27 dBm	+/-2dB
	MCS12	26 dBm	+/-2dB
	MCS13	24 dBm	+/-2dB
	MCS14	22 dBm	+/-2dB
	MCS15	21 dBm	+/-2dB

5GHz RX SPECIFICATIONS			
	DataRate	Sensitivity	Tolerance
11a	6-24Mbps	-94 dBm min.	+/-2dB
	36Mbps	-80 dBm	+/-2dB
	48Mbps	-77 dBm	+/-2dB
	54Mbps	-75 dBm	+/-2dB
5GHz 11n	MCS0	-96 dBm	+/-2dB
	MCS1	-95 dBm	+/-2dB
	MCS2	-92 dBm	+/-2dB
	MCS3	-90 dBm	+/-2dB
	MCS4	-86 dBm	+/-2dB
	MCS5	-83 dBm	+/-2dB
	MCS6	-77 dBm	+/-2dB
	MCS7	-74 dBm	+/-2dB
	MCS8	-95 dBm	+/-2dB
	MCS9	-93 dBm	+/-2dB
	MCS10	-90 dBm	+/-2dB
	MCS11	-87 dBm	+/-2dB
	MCS12	-84 dBm	+/-2dB
	MCS13	-79 dBm	+/-2dB
	MCS14	-78 dBm	+/-2dB
	MCS15	-75 dBm	+/-2dB

Weight	0.4kg
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabalized Plastic
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included
Max Power Consumption	8 Watts
Power Supply	15V, 0.8A surge portection integrated POE adapter included
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)
Operating Temperature	-30C to +80C
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4

INTEGRATED 2x2 MIMO ANTENNA

Frequency Range	4.9-5.9 GHz	Max VSWR	1.6:1
Gain	14.6-16.1dBi	H-pol Beamwidth	43 deg.
Polarization	Dual Linear	V-pol Beamwidth	41 deg.
Cross-pol Isolation	22dB minimum	Elevation Beamwidth	15 deg.



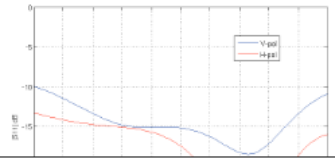
VSWR | H-Pol Azimuth | H-Pol Elevation | V-Pol Azimuth | V-Pol Elevation

Specifications

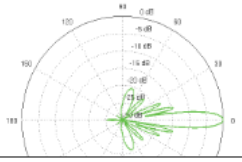
NBE-M5-400 – Output Power: 26 dBm							
5 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				5 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
	Data Rate	Avg. TX	Tolerance		Data Rate	Sensitivity	Tolerance
11a	6-24 Mbps	26 dBm	± 2 dB	11a	6-24 Mbps	-94 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	24 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	23 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
11n/airMAX	MCS0	26 dBm	± 2 dB	11n/airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	25 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	24 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	23 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	23 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	26 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	25 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	25 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	25 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	24 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	23 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	23 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
	MCS15	23 dBm	± 2 dB		MCS15	-75 dBm	± 2 dB

NBE-M5-400 Antenna Information	
Gain	25 dBi
Max. VSWR	2:1
Built-In Mechanical Downtilt	+20° to -10°

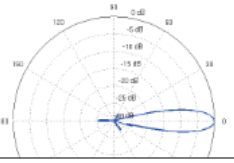
Return Loss



Vertical Azimuth



Vertical Elevation



UBIQUITI NETWORKS

TECHNICAL SPECS / DATASHEET

5GHz AirMax 2x2 MIMO Basestation Sector Antennas

Revolutionary, Cost/Performance Breakthrough Carrier Class MIMO BaseStation Antennas

AirMax Sector **5G-20-90**
Hi-gain 20dBi, 90deg.

AirMax Sector **5G-19-120**
Hi-Gain 19dBi, 120deg.

airMAX
MIMO TDMA Protocol System

AirMax Sector **5G-17-90**
Mid-Gain 17dBi, 90deg

AirMax Sector **5G-16-120**
Mid-Gain 16dBi, 120 deg.

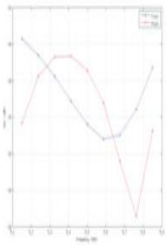
Ubiquiti Networks Inc., 91 E. Tasman Dr., San Jose, CA 95134 www.ubnt.com

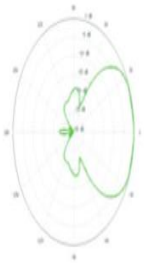
TECHNICAL SPECIFICATIONS

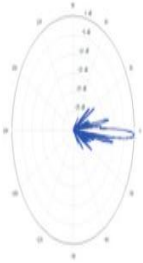
Hi-Gain Airmax Sector 5G-90-20

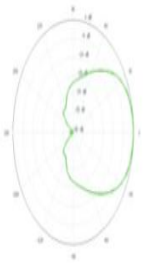
Antenna and Electrical Characteristics		Return Loss	V-Pol Azimuth	V-Pol Elevation	H-Pol Azimuth

Frequency Range	5.15-5.85 GHz
Gain	19.4-20.3 dBi
Polarization	Dual Linear
Cross-pol Isolation	28dB min.
Max VSWR	1.5:1
Hpol Beamwidth (6dB)	91 deg.
Vpol Beamwidth (6dB)	85 deg.
Elevation Beamwidth	4 deg.
Electrical Downtilt	2 deg.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
Dimensions	700x145x93mm
Weight	5.9 kg
Windloading	160 mph





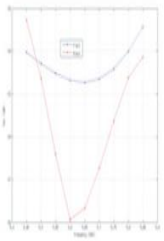


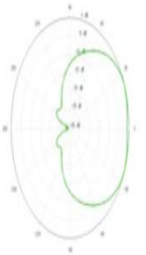


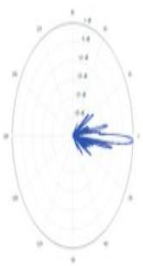
Hi-Gain Airmax Sector 5G-120-19

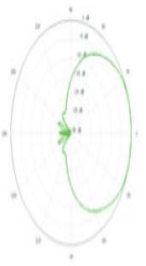
Antenna and Electrical Characteristics		Return Loss	V-Pol Azimuth	V-Pol Elevation	H-Pol Azimuth

Frequency Range	5.15-5.85 GHz
Gain	18.6-19.1dBi
Polarization	Dual Linear
Cross-pol Isolation	28dB min.
Max VSWR	1.5:1
Hpol Beamwidth (6dB)	123 deg.
Vpol Beamwidth (6dB)	123 deg.
Elevation Beamwidth	4 deg.
Electrical Downtilt	2 deg.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
Dimensions	700x145x79 mm
Weight	5.9 kg
Windloading	160 mph







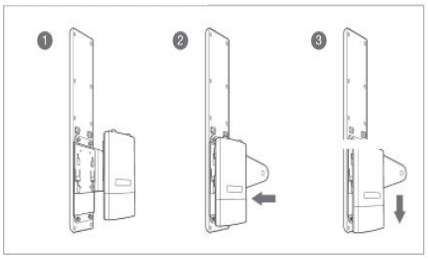


airMAX

MIMO TDMA Protocol System

Instantly pair with Rocket M5 to create a powerful AirMax 2x2 MIMO PtMP BaseStation. Mating bracket and weatherproof RF jumpers included.

rocket M5



Grandstream
Innovative IP Voice & Video

GXW410x
FXO Analog Gateway

GXW410x is a next generation IP voice & video gateway that features full interoperability with leading IP-PBXs, SoftSwitches and SIP server platforms. The gateway series includes the GXW4104 (4-port) and GXW4108 (8-port) model, each offering superb voice and video quality, traditional PBX telephone functionality, and easy deployment. The GXW410x series also offers a video surveillance port and is the only small business gateway in the industry that provides a video surveillance option.

Features

- 4-and 8-FXO-port media gateways
- Video surveillance port
- Two RJ-45 ports (switched or routed)
- Supports PSTN/PBX analog trunk lines and SIP trunk interface
- Multiple SIP accounts and profiles (3 per system)
- Audio Codecs: G.711, G.723, G.729, GSM, G.726
- G.168 ECHO Cancellation
- Real time H.264 video codec (CIF resolution, up to 30fps)
- T.38 Fax

Benefits

- Interconnect remote location legacy phone lines across the Internet.
- Web management for easy configuration and installation.
- Provides fax, voice, video surveillance, and modem support.
- Video surveillance port to enhance premise security.
- Can be a stand-alone gateway for IP Communications.

Grandstream
Innovative IP Voice & Video

GXP1400/1405

Teléfono IP para Pequeña y Mediana Empresa

Protocolos / Estándares	SIP RFC3261, TCP/IP/UDP, RTP/RTCP, HTTP/HTTPS, ARP/RARP, ICMP, DNS (registro A, SRV,NAPTR), DHCP, PPPoE TELNET, TFTP, NTP, STUN, SIMPLE, TR-069, 802.1x
Interfaces de Red	Puertos de conmutación doble de 10/100 Mbps, PoE integrado (sólo el GXP1405)
Pantalla del Teléfono	Pantalla gráfica LCD de 128x40 pixel
Teclas de funciones	2 teclas de líneas con LED bicolor y 2 cuentas SIP, 3 teclas XML programables, 5 teclas navegación/ menú/volumen, 8 teclas con funciones dedicadas para: LLAMADA EN ESPERA, TRANSFERENCIA DE LLAMADAS, CONFERENCIA, VOLUMEN, AURICULARES, MUTE (Silencio), ALTAVOZ, LLAMAR/ REMARCAR
Códec de voz	Compatible con G.723.1, G.729A/B, G.711μ/a law, G.726, G 722 (banda ancha), e iLBC, DTMF dentro de banda y fuera de banda (en audio, RFC2833, SIP INFO)
Funciones de Telefonía	Llamada en Espera, Transferencia de Llamada, Conferencia de 3 vías, estacionamiento de llamadas (call park), captura de llamadas, apariencia de llamada compartida (SCA Shared Call Appearance)/ apariencia de llamada en puente (BLA Bridged Call Appearance), agenda telefónica descargable (XML, LDAP, hasta 500 entradas), llamada en espera, registro de llamadas (hasta 200 registros), marcado automático al descolgar, respuesta automática, hacer clic para marcar, plan de marcado flexible, escritorio móvil (hot desking), tonos de llamada musicales personalizados, servidor redundante y conmutación ante error
Audio HD	Sí, tanto en el auricular como en el teléfono con altavoz
Conector para auricular	Conector (jack) de auricular RJ9
Base de soporte	Sí, con posición en 2 ángulos diferente
Montaje para pared	Sí
Qos	QoS nivel 2 (802.1Q,802.1p) & nivel 3(ToS, DiffServ, MPLS)
Seguridad	Contraseñas a nivel del usuario y del administrador, autenticación MD5 y MD5 sess, archivo de configuración seguro en base a AES, SRTP, TLS, control de acceso a medios 802.1x
Multilingüe	Inglés, alemán, italiano, francés, español, portugués, ruso, croata, chino (simple y tradicional), coreano, japonés, etc.

Característica	Descripción
Switching de capa 2	
Protocolo de árbol de extensión (STP)	Compatibilidad con el estándar 802.1d Árbol de expansión Convergencia rápida mediante 802.1w (árbol de expansión rápida [RSTP]) activada en forma predeterminada 8 instancias compatibles Instancias de árbol de extensión múltiple mediante 802.1s (MSTP)
Agrupación de puertos	Compatibilidad con protocolo de control de agregación de enlaces (LACP) versión IEEE 802.3ad • Hasta 8 grupos • Hasta 8 puertos por grupo con 16 posibles puertos por cada agregación (dinámica) de enlaces 802.3ad
VLAN	Admite un máximo de 4096 VLAN simultáneas: VLAN basadas en puerto, en etiquetas 802.1Q y en MAC VLAN de administración Perímetro de VLAN privada (PVE), también conocido como puertos protegidos, con varios uplinks VLAN para usuarios temporales VLAN sin autenticación Asignación de VLAN dinámica por medio del servidor Radius junto con autenticación de cliente 802.1x VLAN CPE
VLAN de voz	El tráfico de voz se asigna automáticamente a una VLAN específica de voz y se trata con los niveles apropiados de QoS. Las capacidades de voz automáticas proporcionan implementación sin intervención, en toda la red, de los terminales de voz y dispositivos de control de llamadas.
VLAN de multidifusión TV	VLAN de multidifusión TV permite que VLAN de multidifusión única se comparta en la red mientras los suscriptores permanecen en VLAN separadas (también conocidas como registro VLAN de multidifusión -MVR-)
Capa 3	
Interfaz de capa 3	Configuración de la interfaz de capa 3 en el puerto físico, LAG, interfaz de VLAN o interfaz de bucle invertido
Retransmisión DHCP en capa 3	Retransmisión de tráfico DHCP en dominios IP
Retransmisión de protocolo de datagramas de usuario (UDP)	Retransmisión de información de difusión en dominios de capa 3 para la detección de aplicaciones o la retransmisión de paquetes BootP/DHCP
Seguridad	
Listas de control de acceso (ACL)	Admiten hasta 512 reglas Límite de velocidad o descarte en función de la dirección MAC de origen y destino, la Id. de VLAN o la dirección IP, el protocolo, el puerto, el punto de código de servicios diferenciados (DSCP)/la precedencia IP, los puertos de origen y destino TCP/UDP, la prioridad 802.1p, el tipo de Ethernet, los paquetes ICMP (protocolo de mensajes de control de Internet), los paquetes IGMP, el indicador TPC (protocolo de control de transmisión), y ACL basadas en tiempo.

Data sheet

HP ProLiant DL320e Gen8 Server

Ideal single-application and IT infrastructure server

As a growing organization, you know firsthand what it takes to run your business on a day-to-day basis. You must manage massive data growth and increasing IT complexity with limited staff, fixed budgets, and space constraints—while also trying to improve efficiency and productivity.

Technical specifications

Processor family	Intel Xeon E3-1200 v2 processor family Intel Core i3: i3-3240, i3-3220T Intel Pentium: G2120, G2100T
Processor cache	8 MB L3 (for Quad-core processors); 3 MB L3 (for Dual-core processors)
Number of processors	One
Processor cores available	Four or two
Max processor speed	3.7 GHz
Drive description	Four LFF SAS/SATA/SSD; Eight SFF SAS/SATA/SSD
Supported drives	Non-Hot Plug 3.5-inch SATA; Hot Plug 3.5-inch SATA; Hot Plug 3.5-inch SATA SSD; Hot Plug 3.5-inch SAS; Hot Plug 2.5-inch SATA; Hot Plug 2.5-inch SATA SSD; Hot Plug 2.5-inch SAS; Hot Plug 2.5-inch SAS SSD
Memory slots	Four DIMM slots
Memory max	32 GB
Memory type	PC3-12800E UDIMMs DDR3; PC3L-10600E UDIMMs DDR3
Memory protection	Unbuffered ECC
Network controller	One 1 Gb 330i Ethernet two-port Additional options include various Gigabit and 10 Gigabit Ethernet Adapters
Storage controller	One HP Dynamic Smart Array B120i SATA RAID Performance BTO model also has one HP Smart Array P222 Storage controller. Additional options include various controllers such as high-performance HP Smart Array SAS controllers (with/up to 2 GB FBWC)
Expansion slots	Two PCIe: • One PCIe x 8 Gen2 (4X speed), low profile • One PCIe x 16 Gen3 (16X speed), half length, full height
USB ports	Seven USB 2.0 ports: four rear, two front, one internal (optional)
Management	iLO Management Engine, iLO Essentials or iLO Advanced (optional)
System fans	Four fans, non-redundant
Form factor chassis	1U rack form factor
Power supply type	Power supply: 350 W Standard. 460 W Common Slot Hot Plug power supplies (optional)

Anexo 3: Cotización de equipos para implementación del proyecto

PROFORMA 00133

SEYCOBSISTEM
Desarrollo de sistemas y venta de equipos

02 de diciembre de 2014

$ 17.345,70

VALIDEZ DE OFERTA: 15 dias

Señor: GAD. MUNICIPAL DEL CANTON CATAMAYO
Atentamente: ESTEFANIA SALINAS
Ruc-CI: 1104979206
Direccion PRIMERO DE MAYO Y ALONSO DE MERCADILLO
Telefono: 2677219
Celular:

CANT	DETALLES	PRECIO UNIT	SUBTOTAL
6	Nanobeam M5	150,00	900,00
4	NanoStation M5	100,00	400,00
1	AirMAX 5GHz Mid-Gain 120º+RocketM5	453,50	453,50
6	Switches Cisco SG300P 16 puertos Capa 3	504,00	3.024,00
1	Cable FTP	474,82	474,82
4	Switch Cisco SG300P 28 puertos con poe 10/100/1000	981,60	3.926,40
1	servidor HP Proliant DL320e Gen8	1.764,00	1.764,00
45	Teléfono Grandstream GXP-1405	85,00	3.825,00
1	Gateway FXO Grandstream GXW-2140 + Botonena	285,85	285,85
1	Gateway FXO Grandstream GXW-4018	433,66	433,66

Descuento	$ 0,00
Total neto	$ 15.487,23
Impuesto	$ 1.858,47
USD TOTAL	$ 17.345,70

DETALLES DEL PAGO
Nombre del beneficiario Soraya Marivel Cueva padilla
Nombre del banco: Banco de Loja
Dirección del banco: Bolivar y Rocafuerte Esquina
Número de cuenta: 2901748646
Tipo de Cuenta: Ahorros
Referencia de pago 00133

INFORMACIÓN ADICIONAL
SEYCOBSISTEM
Teléfono: 2677280
Fax : 2677280
seycobsistem@hotmail.com

EMITIDA POR

EL PAGO DEBE REALIZARSE EN EFECTIVO, TRANSFERENCIA BANCARIA O MEDIANTE UN CHEQUE A NOMBRE DE SORAYA MARIVEL CUEVA PADILLA.

SEYCOBSISTEM
Desarrollo de sistemas y venta de equipos
Tgnla: Soraya Marivel Cueva Padilla
GERENTE PROPIETARIA

Internet a su alcance

Proforma

ING. CRISTIAN CARRIÓN TORRES

Ultranet

RUC: 1104170442001

FECHA: 10 de diciembre de 2014

Dirección: Dirección: Olmedo entre 24 de Mayo y Av. Catamayo
Ciudad: Catamayo
Teléfono (593) 072677-594 **Celular** 095935444
Web: www.ultranet.net.ec **Mail:** info@ultranet.net.ec

PROFORMA A:
Nombre de la compañía: GAD MUNICIPAL DE CATAMAYO
Dirección: 1ro de mayo y Alonso de Mercadillo
Ciudad: Catamayo
Teléfono: 2677219

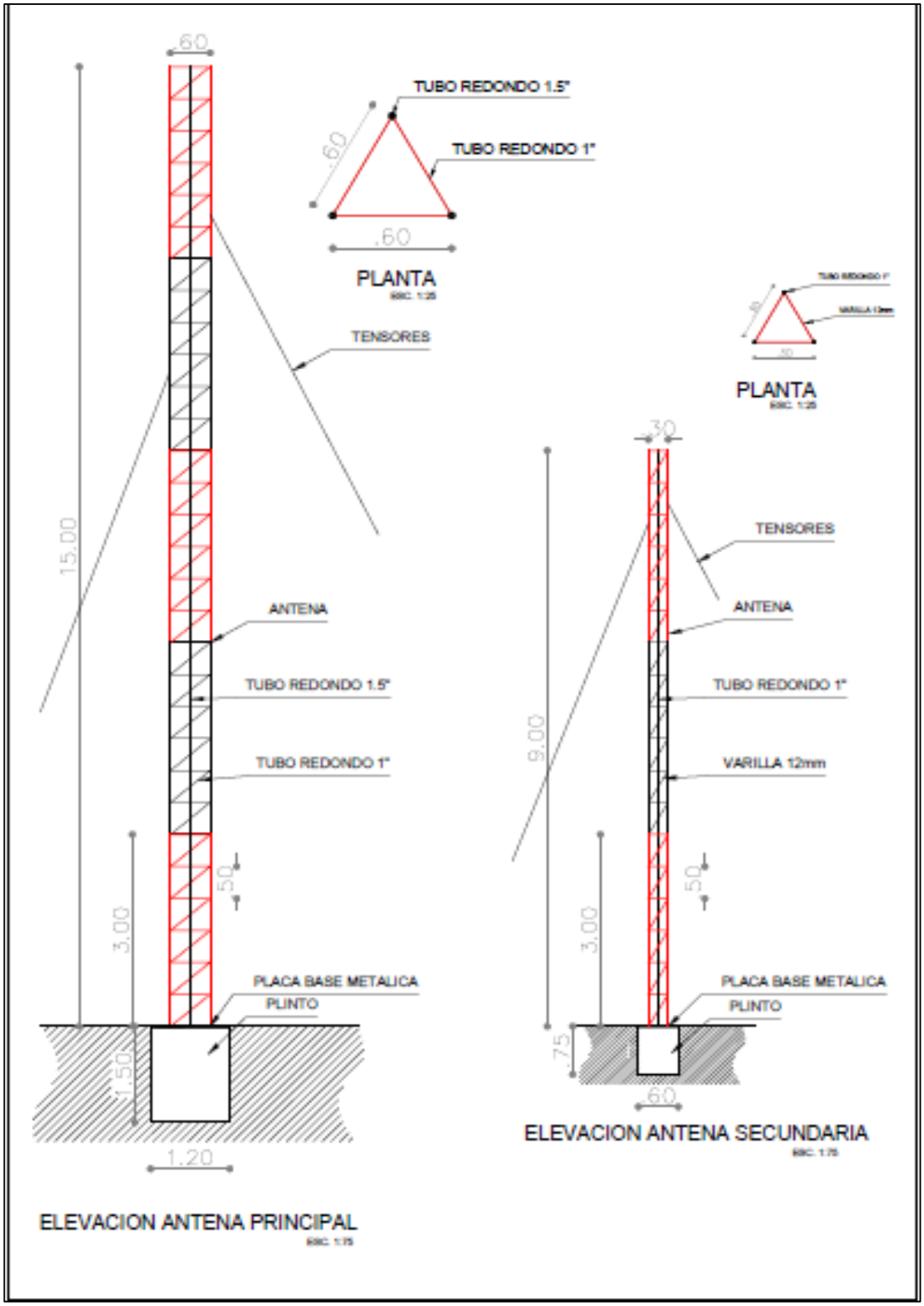
ESTIMADOS,
PONEMOS A SU DISPOSICIÓN LOS TIPOS Y MARCAS DE SWITCH DISPONIBLES

DESCRIPCIÓN	Unidad	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Nanobeam M5	1	6	150	900
NanoStation M5	1	4	95	380
AirMAX 5GHz Mid-Gain 120º+RocketM5	1	1	453,5	453,5
Switches Cisco SG300P 16 puertos Capa 3	1	6	504	3024
Cable FTP	1	1	468	468
Switch Cisco SG300P 28 puertos con poe 10/100/1000	1	4	981,6	3926,4
servidor HP Proliant DL320e Gen8	1	1	1765	1765
Teléfono Grandstream GXP-1405	1	45	90	4050
Gateway FXO Grandstream GXW-2140 + Botonena	1	1	285,85	285,85
Gateway FXO Grandstream GXW-4018	1	1	440	440
			Subtotal	15692,75
			IVA	1883,13
			TOTAL	**17575,88**

Alcance de la negociacion:
Validez de la Oferta: 15 días
Forma de pago: Contado, contra entrega

GRACIAS POR SU CONFIANZA EN NOSOTROS

Anexo 4: Diseño de Torres



Anexo 5: Número de equipos de cómputo que utilizan sistemas en el GADMC

TABLA XLIX. ORGANIZACIÓN DE DIRECCIONAMIENTO IP EN GADMC

1º Planta Baja GAD Municipal De Catamayo				
Equipos	**Sistema**	**Nombre**	**IPs Ocupadas**	**Departamento**
1	SIC	Enid Salazar	170.16.5.43 192.168.0.143	Catastros
2	SIC	Raúl Tamayo	192.168.0.46	
3	SIC	Magali León	192.168.0.42	
4	SIC	Tatiana Jaramillo	192.168.0.41	
5	SIC	Janeth Pucha	170.16.5.44 192.168.0.44	
6	RELOJ	Jenny Machuca	170.16.5.242 192.168.0.242	Talento Humano
7	RELOJ	Santiago Jaramillo	170.16.5.226 192.168.0.29	
8	RELOJ	Pedro Rodriguez	170.16.5.29 192.168.0.225	
9		Olga Malla	170.16.5.45	Trabajo Social
10		William Quille	170.16.5.101 192.168.0.101	Transito
11	SIC-SEYCOB	María Del Cisne Córdova	170.16.5.71 192.168.0.219	Información
12	SEYCOB-CGS	Edwin Ávila	170.16.5.138 192.168.0.138	Coactivas
13	SEYCOB-CGS	Letty Malla	170.16.5.137 192.168.0.137	
14	SEYCOB	Carlos Peña	170.16.5.4 192.168.0.4	Rentas
15	SEYCOB	Klever Agreda	192.168.0.3	
16	SIG-AME	Mónica Samaniego	170.16.5.34 192.168.0.34	Tesorería
17	SIC-SIGAME-SEYCOB	Caja 1 Yokasta Jiménez	192.168.0.36	
18	SIC-SIGAME-SEYCOB	Caja 2 Gina Ávila	192.168.0.35	
19		Planificación	192.168.0.8	
20	SIG AME	Elizabeth Paladines	170.16.5.173 192.168.0.19	Contabilidad
21	SIG AME	Deidania Carrión	170.16.5.10 192.168.0.10	
22	SIG AME	Yadira Friofrío	170.16.5.30 192.168.0.230	
23	SIG AME	Rosa Correa	170.16.5.19 192.168.0.11	

24	SIG AME	Yadira Riofrío	170.16.5.222 192.168.0.112	
25	SIG AME	Vitaliano Briceño	170.16.5.56 192.168.0.56	
26	SIG AME	Anita Zaruma	170.16.5.16 192.168.0.16	Financiero
27	SIG-AME	Dr. Julio Farinango	170.16.5.18 192.168.0.18	
28	SIG-AME	Cosme Merino	170.16.5.22 192.168.0.22	Bodega
29	SIG-AME	Marcia Guamán	170.16.5.23 192.168.0.23	
30	SIG-AME	Libre-	170.16.5.23 192.168.0.25	
2º Planta Alta GAD Municipal De Catamayo				
31		Franks Flores	170.16.5.104	Relaciones Publicas
32		Portatil	170.16.5.75	
33		Wilson Aguilar	170.16.5.205	
34		Richard Torres	170.16.5.107	
35		Yuliana Coronel	170.16.5.68	Compras Publicas
36		Diego Yaguana	170.16.5.65	
37		Héctor Ruiz	170.16.5.195 192.168.0.123	Proveedor
38		Cesar Montaño	170.16.5.228	
39		Yoni Malla	170.16.5.129	Prosecretaria De Concejo
40		Carmita Ocampo	170.16.5.209	Recepción Alcaldía
41		Mary Paredes	170.16.5.90	
42		Corina Rivas	170.16.5.76	Asesor Jurídico
43		Diana Guevara	170.16.5.115	
44		Hugo Hidalgo	170.16.5.122	
45		Alejandra Loaiza	170.16.5.26	Dir. Administrativa
46	SIG AME	Victor González	170.16.5.62 192.168.0.62	
47		Ing. Fernando Loyola	170.16.5.61 192.168.0.61	
48		Johanna Jaramillo	170.16.5.87	Alcaldía
49	SEYCOB - SISTEMAS	Luis Narváez	170.16.5.221	Sistemas
50	PORTATIL	Luis Narváez	170.16.5.243	
51	LOCALHOST	Luis Narváez		
52		Amable Tinizaray	170.16.5.229 192.168.0.229	
53		José Luis Ojeda	170.16.5.224	
54	PLATAFORMA ANT	Antivus	170.16.5.27	

3º Planta Alta GAD Municipal De Catamayo				
55		Cecilia Cuenca	170.16.5.127	Obras Publicas
56		Ing. José cango	170.16.5.3	
57		Ing. Fernando Barreto	170.16.5.32	
58		Ing. Francisco Orellana	170.16.5.11	
59		Arq. Wilson Curipoma	170.16.5.41	
60		Ing. Miguel Gaona	LIBRE	
61		Licda. Erika Barba	170.16.5.133	Sigtierras
62		Irene Chamba	170.16.5.126 192.168.0.126	Agua Potable
63		Ing. Mariana Armijos	170.16.5.102	
64		Yadira Torres	170.16.5.13 192.168.0.13	
65		Ing. Roberto Jaramillo	170.16.5.135	
66		Ing. Carlos Loyola	170.16.5.240 192.168.0.42	
67		Libre-	170.16.5.139 192.168.0.139	
68		Marco Pinta	170.16.5.2	Comisaria De Ornato
69		Ing. Johanna Sempertegui	170.16.5.124 192.168.0.124	Planificación
70		Ing. Paulina castillo	170.16.5.120	
71		Arq. Paola ortega	170.16.5.131	
72		Ing. Mauricio carrera	170.16.5.31	
73		Arq. Jimena Jiménez	170.16.5.130	
74		Juan Carlos Palacios	170.16.5.125	Planificación
75		Ing. Rodrigo Cabrera	170.16.5.53	
76		Ing. Anibal Carrillo	170.16.5.7	
Centro de Desarrollo Local Comunitario				
77		Sergio Arrobo	170.16.5.81 192.168.0.5	Comisaria Municipal
78		Licda. Narcisa Guerrero	170.16.5.84	

79		Zoila Torres	170.16.5.152	Mecánica Y Mantenimiento
80		Ing. Hernán Ajila	170.16.5.245	Gestión Ambiental
81		Mary Malla	170.16.5.144	
82		Ing. Alberto Cruz	170.16.5.35	
83		Ing. Estalin Jaramillo	170.16.5.233 192.168.0.233	Contraloría
84		Carmen Pinzón	170.16.5.160 192.168.0.160	Gestión De Riesgos
85		Honorato Vásquez	170.16.5.5	Pintor
86		Julio Loaiza	170.16.5.6	Electricista
87		Adriana Luna	170.16.5.200	Radio Cañaveral
88		Vinicio Paz	170.16.5.199	Policía Municipal

Anexo 6: Tablas de Direccionamiento IP en el GADMC

TABLA L. ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH TRONCAL 1

Puerto	Dependencia	Ubicación	Modo	Vlan
1-9	Coordinación Sistemas	2da planta	Acceso	20 (Datos)
10	Impresora	2da planta	Acceso	24 (Impresoras)
11-17	Coordinación Sistemas	2da planta	Acceso	22 (Sistemas)
18-24	Obras publicas	3ra planta	Acceso	20(Datos)
25-35	TRONCALES (SWITCHES)	Planta baja	Truck	Truck
36	Radio Municipal	Planta baja	Acceso	20(Datos)
37-41	Bodega Municipal	Planta baja	Acceso	22 (Sistemas)
42-47	Servidores	2da planta	Acceso	23(EquiposRed)
48	Administración Equipos	2da planta	Acceso	23(EquiposRed)
49	Switch Troncal 2	2da planta	Troncal	Trunk
50	Router CORE	2da planta	Truck	Trunk

TABLA LI.ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH SEGUNDA PLANTA

Puerto	Dependencia	Ubicación	Modo	Vlan
1-7	Compras Publicas	2da planta	Acceso	20(Datos)
8-12	Asesoría Jurídica	2da planta	Acceso	20(Datos)
10	Impresoras	2da planta	Acceso	24(Impresoras)
13-17	Relaciones Publicas	2da planta	Acceso	20(Datos)
18-20	Dirección Administrativa	2da planta	Acceso	20(Datos)
21	Dirección Administrativa	2da planta	Acceso	22(Sistemas)
22-23	Recepción Alcaldía	2da planta	Acceso	20(Datos)
24	SW Troncal 1	2da planta	Truck	Trunk
25-27	Secretaria Concejo	2da planta	Acceso	20(Datos)
28-47	Libres	2da planta	Truck	23(EquiposRed)
48	SW Troncal 1	2da planta	Truck	Trunk

TABLA LII.ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO TESORERIA

Puerto	Dependencia	Ubicación	Modo	Vlan
1-9	Recaudación	Planta baja	Acceso	22(Sistemas)
10	Impresora	Planta baja	Acceso	24(impresoras)
11-20	Rentas	Planta baja	Acceso	22(Sistemas)
21-25	Dependencia de Información	Planta baja	Acceso	22(Sistemas)
26	Administración Equipos	Planta baja	Acceso	23(EquiposRed)
27-28	SW Troncal 1	2da planta	Truck	Trunk

TABLA LIII.ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO CONTABILIDAD

Puerto	Dependencia	Ubicación	Modo	Vlan
1-9	Contabilidad	Planta baja	Acceso	22(Sistemas)
10	Impresora	Planta baja	Acceso	24(impresoras)
11-20	Coactivas	Planta baja	Acceso	22(Sistemas)
21-25	Dirección Financiera	Planta baja	Acceso	22(Sistemas)
26	Administración Equipos	Planta baja	Acceso	23(EquiposRed)
27-28	SW Troncal 1	2da Planta	Truck	Trunk

TABLA LIV.ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO CATASTROS

Puerto	Dependencia	Ubicación	Modo	Vlan
1-9	Catastros	Planta baja	Acceso	22(Sistemas)
10-11	Impresora	Planta baja	Acceso	24(impresoras)
12-13	Catastros	Planta baja	Acceso	22(Sistemas)
14-25	Talento Humano	Planta baja	Acceso	20(Datos)
26	Administración Equipos	Planta baja	Acceso	23(EquiposRed)
27-28	SW Troncal 1	2da Planta	Truck	Trunk

TABLA LV. ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO AGUA POTABLE

Puerto	Dependencia	Ubicación	Modo	Vlan
1-11	Agua Potable	3ra planta	Acceso	22(Sistemas)
10	Impresoras	3ra planta	Acceso	24(Impresoras)
12	SW Troncal 1	3ra planta	Truck	Trunk
13-22	Agua Potable	3ra planta	Acceso	22(Sistemas)
23	Administración Equipos	3ra planta	Acceso	23(EquiposRed)
24	SW Troncal 1	3ra planta	Truck	Trunk

TABLA LVI.ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO CRIPCIÓN DE PUERTOS SWITCH ACCESO PLANIFICACION

Puerto	Dependencia	Ubicación	Modo	Vlan
1-7	Planificación	3ra planta	Acceso	22(Sistemas)
8-10	Impresora	3ra planta	Acceso	24(impresoras)
13-22	Planificación	3ra planta	Acceso	20(Datos)
11-23	SW Troncal 1	2da planta	Truck	Trunk

TABLA LVII.ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO CDLC (CENTRO DE DESARROLLO LOCAL COMUNITARIO)

Puerto	Dependencia	Ubicación	Modo	Vlan
1-3	Gestión de Riesgos	CDLC	Acceso	20(Datos)

4-6	Auditoria Interna	CDLC	Acceso	20(Datos)
7-9	Taller Eléctrico	CDLC	Acceso	20(Datos)
10-11	Impresora	CDLC	Acceso	24(impresoras)
12 -14	Unidad de Mecánica	CDLC	Acceso	20(Datos)
15-17	Comisaria	CDLC	Acceso	20(Datos)
18-20	Archivo	CDLC	Acceso	20(Datos)
24	SW Troncal 1	CDLC	Truck	Trunk
21-26	Gestión de Ambiental	CDLC	Acceso	20(Datos)
27-28	Turismo	CDLC	Truck	20(Datos)
29-47	Libres	CDL	Acceso	20(Datos)
48	SW Troncal 1	CDLC	Truck	23(EquiposRe d)

TABLA LVIII.ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO ALCALDÍA

Puerto	Dependencia	Ubicación	Modo	Vlan
1-9	Sala Alcaldía	2da Planta	Acceso	20(Datos)
10	Impresora	2da Planta	Acceso	24(impresoras)
11,13-23	Sala Alcaldía	2da Planta	Acceso	20(Datos)
12-24	SW Troncal	SW Troncal 1	Truck	Trunk

TABLA LIX. ASIGNACIÓN DE VLAN POR PUERTO SWITCH ACCESO PARQUE CENTRAL

Puerto	Dependencia	Ubicación	Modo	Vlan
1-2	ITUR	Parque Central	Acceso	20(Datos)
3	Sistemas	Parque Central	Acceso	22(Sistemas)
4-6	Router Wireless	Parque Central	Acceso	25(Wireless)
7-45	Libre	Parque Central	Libre	Libre
46	Administración de Equipos	Parque Central	Acceso	23(Equiposde Red)
23-48	SW Troncal	Parque Central	Troncal	Trunk

Anexo 7: Saludo de Bienvenida

1. Mensaje de Bienvenida

Al recibir una llamada del número o la extensión interna o externa, el sistema contesta con un mensaje pre-grabado que dará el número de extensiones de los departamentos a la persona que llama y hará las veces de operadora. En caso de no obtener respuesta por parte del usuario, ya sea porque no conoce la extensión a la cual desea comunicarse o por cualquier otra circunstancia, la llamada será transferida automáticamente a la Operadora y será ella quien la atienda.

"Gracias por llamar al GAD Municipal de Catamayo, si conoce el número de extensión Marque ahora, para comunicarse con secretaria general marque uno, administrativo dos, Obras Públicas tres, Agua potable cuatro, Planificación cinco, o marque 0 que una operadora le atenderá"

1.1 Manejo del comportamiento por tiempos (Día)

El sistema permitirá establecer diferentes tipos de comportamiento de la operadora, según las horas, lo cual servirá para configurar diferentes saludos dependiendo de los horarios de atención de la Municipalidad.

Todos los departamentos Municipales tienen el mismo horario de atención, empezando a las 08h00 y finalizando a las 18h00, con un receso de dos horas entre las 12h00 y las 14h00 de lunes a viernes. Si la llamada es recibida fuera de estos horarios de atención ya no se recibe el saludo predeterminado mencionado anteriormente, sino que este será cambiado por uno que recuerde a la persona que llama el horario de atención de la Institución:

"Gracias por llamar al GAD Municipio de Catamayo, le recordamos que nuestro horario de atención es de lunes a viernes de 08h00 a 12h00 y de 14h00 a 18h00

Anexo 8: Certificado de pruebas realizadas con VLAN y ACL

CATAMAYO
GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL

Catamayo, 24 de febrero del 2015

Sr. Tecnólogo.
Luis German Narváez Sánchez
COORDINADOR DE SISTEMAS
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CATAMAYO

CERTIFICA:

Que, en las pruebas realizadas a las VLANs y Listas de Control de Acceso (ACLs) configuradas e implementadas en tesis denominado "Análisis y Diseño de una red MAN de alta velocidad, que soporte VoIP y brinde servicios QoS para los departamentos del Municipio de Catamayo", funcionan correctamente, pues evidencia de aquello es que no puedo hacer peticiones de eco "ping", ni compartir archivos entre equipos que no pertenecen a la misma VLAN (ejemplo: VLAN 21(Voz) y 25 (Wireless)), siempre y cuando la configuración no diga lo contrario.

Lo certifico en honor a la verdad.

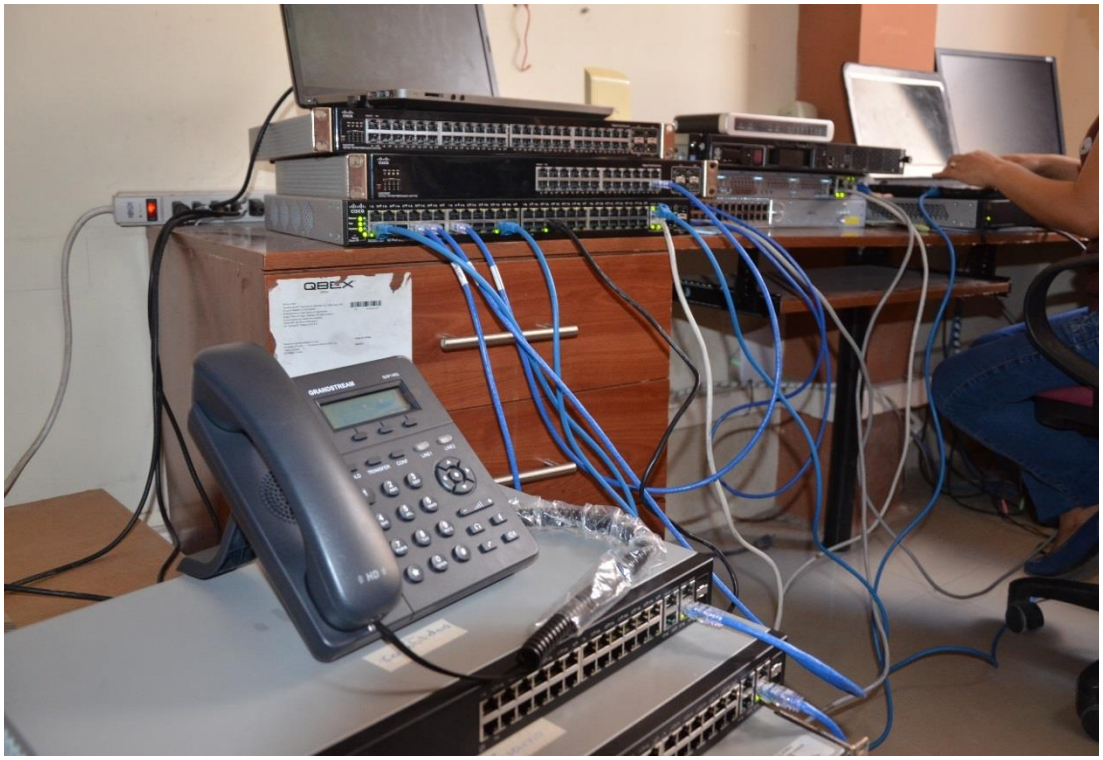
GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CATAMAYO
COORDINACIÓN DE SISTEMAS

Tngl. Luis German Narvàez
Coordinador de Sistemas

¡Por un municipio humanista y progresista!

Dir.: 1ro. de Mayo entre Alonso de Mercadillo y Abdón Calderón
E-mail: municipiodecatamayo@hotmail.com.es
Teléfono: 07 2677 219

Anexo 9: Fotografías de pruebas de configuración de equipos.


QBEX
GRANDSTREAM

Anexo 10. Glosario**.**

GADMC: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Catamayo.

MAN (Metropolitan Area Network): Red de Área Metropolitana, es una red de alta velocidad que da cobertura en un área geográfica extensa.

WIFI (Wireless Fidelity): Es una tecnología de red inalámbrica que permite a los ordenadores y otros dispositivos se comuniquen a través de una señal inalámbrica

WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access): Interoperabilidad mundial para acceso por microondas, es un estándar de comunicación inalámbrica diseñada para la creación de redes extensas.

VoIP (Voz sobre IP): Indica que una señal de voz analógica se ha digitalizada y convertido en paquetes lo que hace que pueda viajar a través de un protocolo IP.

SIP (Session Initiation Protocol): Protocolo de Inicio de Sesión, se encarga de crear, modificar y terminar llamadas de uno más participantes. Este protocolo permite la integración entre dispositivos.

CÓDEC (coder-decoder): Codificador-decodificador, convierte una señal de audio analógico en un formato de audio digital para transmitirlo y luego convertirlo nuevamente a un formato descomprimido de señal de audio para poder reproducirlo.

GPS (Global Positioning System): Sistema de Posicionamiento Global, es un sistema de navegación por radio que permite ubicar con exactitud, el lugar, altura, velocidad un punto determinado de la tierra ubicación.

QoS (Quality of Service, en inglés) es el rendimiento promedio de una red de telefonía que se la mide con parámetros como: latencia, paquetes perdidos, jitter.

PBX (Private Branch Exchange): Central Telefónica Conmutada es un sistema de teléfono dentro de una empresa que conmuta las llamadas entre usuarios de la empresa y líneas externas

ASTERIX Es una distribución libre de Servidor de Comunicaciones VoIP, que integra en un solo paquete (VoIP PBX, Fax, Mensajería Instantánea, Correo electrónico).

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización.

FTP Cable de par trenzado con pantalla global.- este cable está diseñado para las transmisiones de datos a alta velocidad.

TCP/IP: Es un conjunto de protocolos que permiten la comunicación entre ordenadores.

ITU Unión Internacional de Telecomunicaciones.

PoE Power over Ethernet.- permite conectar la alimentación eléctrica a los equipos, utilizándolos hilos de cable UTP, los cuales no intervienen en la transmisión y recepción de datos.

VLAN (Virtual LAN): Es un método para crear redes lógicas independientes dentro de una misma red física

ACL (Access Control List): Lista de Control de Acceso, permite denegar o dar permisos de acceso entre redes (Vlan), o direcciones IP en específico.

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol): protocolo de configuración dinámica de host, permite a los usuarios de una red IP obtener los una dirección de red de forma automática.

DAHDI: Es un paquete completo de drivers y herramientas asociados al sistema operativo Linux.

LibPRI: Es una librería encargada de gestionar lo relacionado a la telefonía digital

FXO (Foreign eXchange Office): Estos dispositivos son puertos a las que llegan las líneas telefónicas análogas PSTN

PuTTY Es un software que permite comunicarnos con clientes SSH, Telnet, rlogin, y TCP raw con licencia libre.

WinSCP (Windows Secure CoPy): Es una distribución libre de código abierto, Su función principal es facilitar la transferencia segura de archivos entre dos sistemas informáticos, el local y uno remoto

PSTN Red Telefónica Pública Conmutada.

RTP Protocolo de Transporte en Tiempo Real, protocolo de tiempo real para la transmisión de audio y vídeo por Internet, regula el intercambio de información en diferentes formatos (audio y video).

RTCP Protocolo de control en Tiempo Real, protocolo de tiempo real para la transmisión de audio y vídeo por Internet, regula la comunicación de control que se establece entre los extremos.

VAD Detección de Actividad de voz

Anexo 11: Certificación de implementación del Proyecto Fin De Carrera

CATAMAYO
GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL

Catamayo, 24 de febrero del 2015

Sr. Tecnólogo.
Luis German Narváez Sánchez
COORDINADOR DE SISTEMAS
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CATAMAYO

CERTIFICA:

Que, la Srta. VILMA ESTEFANIA SALINAS NALVAY, con la cédula de identidad N° 1104979206, egresada de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Nacional de Loja, presento su tema de tesis denominado "Análisis y Diseño de una red MAN de alta velocidad, que soporte VoIP y brinde servicios QoS para los departamentos del Municipio de Catamayo", el cual fue aceptado e implementado en dos fases: la primera que es la Centralilla telefónica, que fue efectuada en su totalidad y la segunda que es la red MAN, que por razones de presupuesto no se implementa, pero se probó el servicio de VoIP en un radioenlace existente (Edificio GADMC-Parque Central(ITUR)), resultando exitosa la Implementación de este Proyecto de tesis.

Lo certifico en honor a la verdad.

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CATAMAYO
COORDINACIÓN DE SISTEMAS

Tngl: Luis German Narvàez
Coordinador de Sistemas

¡Por un municipio humanista y progresista!

Dir.: 1ro. de Mayo entre Alonso de Mercadillo y Abdón Calderón
E-mail: municipiodecatamayo@hotmail.com.es
Teléfono: 07 2677 219

Anexo 12: Declaración de Confidencialidad

DECLARACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD

Yo **Vilma Estefania Salinas Nalvay** con cédula 1104979206, declaro lo siguiente

PRIMERO: Antecedentes

El declarante ha desarrollado el proyecto de fin de carrera titulado**: "Análisis y Diseño de una red MAN de alta velocidad, que soporte VoIP y brinde servicios QoS para los departamentos del Municipio de Catamayo"**, teniendo como Director de Tesis a la Ing. Lorena Elizabeth Conde Zhingre Mg. Sc.,

SEGUNDO: Información Confidencial

La información referida en pruebas, configuraciones y experimentaciones debe ser utilizada con fines académicos y no con otros propósitos; por lo tanto se considerará siempre como Información Confidencial y/o Sensible en el caso de un uso ilegal.

TERCERO: Excepciones

No será considerada como Información Confidencial:

La información que era de dominio público o pase a serlo, con posterioridad, por haberse publicado sin intervención ni negligencia del declarante.

La información que sea accesible por pasantes u otros tesistas.

La información revelada por una tercera persona con derecho a divulgarla.

CUARTO: Secretos de la Información Confidencial

El declarante se comprometen a:

Mantener de forma confidencial y a no revelar a personas ajenas al Ing. Lorena Elizabeth Zhingre Mg. Sc., toda la información carácter sensible a la que se acceda en el desarrollo del de este proyecto fin de carrera.

Asimismo el autor se compromete a emplear la información Confidencial, exclusivamente, en el desempeño de las tareas que se tenga encomendadas en dicho proyecto.

QUINTO: Duración

La obligación del autor respecto al compromiso de mantener en secreto la Información Confidencial, tendrá una duración indefinida a partir de la fecha de entrega de éste documento.

En Loja, 23 de Marzo del 2015.

Vilma Estefania Salinas Nalvay

CI: 1104979206

Anexo 13: Certificado de la traducción del Resumen

Lic. Fausto Cedillo Reinoso

DOCENTE DEL ÁREA DE INGLES DEL CENTRO EDUCATIVO "SAN JUAN BAUTISTA"

CERTIFICA:

Que la Srta. **VILMA ESTEFANIA SALINAS NALVAY** con Nro. De cédula 1104979206, autora de Trabajo de Titulación, cuyo tema es "**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED MAN DE ALTA VELOCIDAD, QUE SOPORTE VOIP Y BRINDE SERVICIOS QOS PARA LOS DEPARTAMENTOS DEL MUNICIPIO DE CATAMAYO",** ha cumplido con la traducción al idioma inglés del resumen empleando las reglas gramáticas y así dar cumplimiento con la sección Summary.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verada, pudiendo los interesados hacer uso del presente en lo estime conveniente.

Loja, Marzo del 2015

Lic. Fausto Cedillo Reinoso

Docente

Anexo 15: Licencia Creative Commons.

Análisis y Diseño de una red MAN de alta velocidad, que soporte VoIP y brinde servicios QoS para los departamentos del Municipio de Catamayo by Salianas N. Vilma Estefania is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.