



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## **SISTEMA DE POSGRADO**

### **MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

#### **TEMA:**

Análisis de un sistema de radio sobre IP (ROIP RADIO OVER IP) para fortalecer la comunicación entre los Cuerpos Bomberos de la Provincia de Manabí.

#### **AUTOR:**

Ing. Jimmy Patricio Vélez Casanova

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de  
Magister en Telecomunicaciones**

#### **TUTOR:**

MSc. Luis Córdova Rivadeneira

Guayaquil, a los 20 días de noviembre de 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## **SISTEMA DE POSGRADO**

### **MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

#### **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Magíster Jimmy Patricio Vélez Casanova como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones.

**Guayaquil, a los 20 días de noviembre de 2018**

#### **TUTOR**

---

**MSc. Luis Córdova Rivadeneira**

#### **DIRECTOR DEL PROGRAMA**

---

**MSc. Manuel de Jesús Romero Paz**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## **SISTEMA DE POSGRADO**

### **MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

### **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

YO, Jimmy Patricio Vélez Casanova

#### **DECLARO QUE:**

El trabajo de titulación “Análisis de un sistema de radio sobre IP (ROIP RADIO OVER IP) para fortalecer la comunicación entre los Cuerpos Bomberos de la Provincia de Manabí”, previo a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento. Consecuentemente este trabajo es mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del trabajo de titulación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 20 días de noviembre de 2018

EL AUTOR

---

Jimmy Patricio Vélez Casanova



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**AUTORIZACIÓN**

YO, Jimmy Patricio Vélez Casanova

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación de Maestría titulado: “Análisis de un sistema de radio sobre IP (ROIP RADIO OVER IP) para fortalecer la comunicación entre los Cuerpos Bomberos de la Provincia de Manabí”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 20 días de noviembre de 2018

**EL AUTOR**

---

Jimmy Patricio Vélez Casanova

# REPORTE URKUND

es seguro | <https://secure.orkund.com/view/4224470-704704-823100FQ1DKLV8YJY1ZEZ1JEXITVKN3MZ0TMYUXJZELUV0JULNWWWUMYCOAWWJMI1N1AJMZ8UNKOFAR==>

Aplicaciones | Bookmarks | EURESCOM P615: Eiv... | Novel Enabling Techn... | Optical add / drop ar... | Sistemas de Transmisi... | Laboratorio de Comu... | MEDIDAS DE TENDE... | Otros marcadores

**URKUND** Orlando Philco Asqui (orlando.philco)

Lista de fuentes Bloques

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	<a href="#">Rodrigo Patricio López Zhingre: Maestría Telecomunicaciones.docx</a>
	<a href="#">Tesis Laboratorio IP - Maestría Teleco.docx</a>
	Caso de Estudio RoIP Andrés Riofrio 20ABR15 Sl.docx
	<a href="https://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/19725913/Comunicacion-...">https://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/19725913/Comunicacion-...</a>

Documento: [Tesis Maestría JIMMY VELEZ CASANOVA final.docx](#) (D43250196)

Presentado: 2018-10-29 22:13 (-05:00)

Presentado por: orlandophilco\_7@hotmail.com

Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje: Fwd: Revisiones [Mostrar el mensaje completo](#)

1% de estas 25 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.

0 Advertencias. Reiniciar Exportar Compartir

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: Análisis de un sistema de radio sobre IP (ROIP RADIO OVER IP) para fortalecer la comunicación entre los Cuerpos Bomberos de la Provincia de Manabí.

AUTOR: Ing. Jimmy Patricio Velez Casanova

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de Magister en Telecomunicaciones

TUTOR:

MSc. Luis Córdova Rivadeneira

Guayaquil, a los 20 días de noviembre de 2018

SISTEMA DE POSGRADO MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios por su amor infinito, a mis padres José Vélez Zambrano y Mayi Casanova Acosta, a mi esposa Denny Quijije Moreira, a mis hijos Diny Vélez Quijije y Dulce María Vélez Quijije, a mis hermanos Cristhian Vélez casanova y Andrea Vélez Casanova y a mis sobrinos que por su amor incondicional han sido el pilar fundamental para la culminación de este trabajo.

A mis amigos y compañeros quienes compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas durante todo el proceso de la maestría a todas aquellas personas que siempre estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme obtener un logro más en mi vida, dando la fortaleza necesaria, al ser mi gran apoyo estando en todo momento junto por mí.

A todos los docentes y coordinadores de esta maestría y de manera especial al Ing. Manuel Romero por su valiosa colaboración durante el desarrollo y ejecución de este trabajo.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**MSc. Luis Córdova Rivadeneira**

TUTOR

f. \_\_\_\_\_

**MSc. Manuel Romero Paz**

DIRECTOR DEL PROGRAMA

f. \_\_\_\_\_

**MSc. Celso Bohórquez Escobar**

REVISOR

f. \_\_\_\_\_

**MSc. Orlando Philco Asqui**

REVISOR



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XVI</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>XVII</b>
<b>CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>2</b>
1.1.    Introducción. ....	2
1.2.    Antecedentes. ....	3
1.3.    Definición del problema.....	4
1.4.    Justificación del Problema a Investigar. ....	4
1.5.    Objetivos .....	5
<b>1.5.1.    Objetivo General:.....</b>	<b>5</b>
<b>1.5.2.    Objetivos específicos:.....</b>	<b>5</b>
1.6.    Hipótesis.....	6
1.7.    Metodología de investigación. ....	6
<b>CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. ....</b>	<b>9</b>
2.1.    Sistemas de radiocomunicación. ....	9
2.2.    Bandas de frecuencia HF, VHF, UHF. ....	11
<b>2.2.1.    Banda HF. ....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.2.    Banda VHF. ....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.3.    Banda UHF. ....</b>	<b>13</b>
2.3.    Sistema VoIP.....	15
2.4.    Sistemas RoIP. ....	16

2.4.1.	<b>Protocolo H.323 .....</b>	<b>17</b>
2.4.2.	<b>Protocolo RTP .....</b>	<b>19</b>
2.4.3.	<b>Protocolo RTCP .....</b>	<b>19</b>
2.4.4.	<b>Protocolo SIP .....</b>	<b>20</b>
2.4.5.	<b>Beneficios de RoIP .....</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA Y GENERALIDADES DEL SISTEMA ROIP.....</b>		<b>27</b>
3.1.	Topología del sistema RoIP. ....	27
3.2.	Componentes del sistema RoIP.....	28
3.2.1.	<b>RoIP-102 .....</b>	<b>28</b>
3.2.2.	<b>Antena Hustler G7-150.....</b>	<b>29</b>
3.2.3.	<b>Radio Yaesu FTM 3200DR. ....</b>	<b>31</b>
3.2.4.	<b>Software Asterisk. ....</b>	<b>32</b>
3.2.5.	<b>Software Elastix.....</b>	<b>33</b>
3.3.	Descripción del funcionamiento del sistema RoIP. ....	35
<b>CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>		<b>37</b>
4.1.	Configuración de radio bases.....	37
4.2.	Configuración del sistema RoIP-102. ....	40
4.3.	Cableado para conexión RoIP.....	42
4.4.	Configuración de ASTERISKNOW en el sistema RoIP. ....	44
4.5.	Configuración del servidor VoIP ELASTIX.....	50
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>55</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>56</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>57</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. División de regiones según la ITU. ....	11
Figura 2.2. Esquema básico de un sistema de comunicación de voz sobre IP. ....	16
Figura 2.3. Esquema básico del sistema RoIP. ....	17
Figura 2.4. Formato de encapsulamiento de un paquete RTP.....	19
Figura 2.5. Esquema de registro de agente de usuario en sesión SIP. Fuente: (Schulzrinne & Rosenberg, 2001).....	22
Figura 2.6. Esquema de señalización de comunicación SIP con Proxy y servidor de redireccionamiento. ....	23
Figura 2.7. Esquema de conectividad en sistemas RoIP.....	25
Figura 2.8. Ejemplo de interoperabilidad en sistemas RoIP. ....	26
Figura 3.1. Esquema del sistema RoIP a diseñar.....	28
Figura 3.2. Diagrama del panel frontal del ROIP-102. ....	29
Figura 3.3. Antena base VHF Hustler G7-150. ....	30
Figura 3.4. Transceiver Yaesu FTM-3200DR. ....	31
Figura 3.5. Esquema de la estructura de Elastix.....	34
Figura 3.6. Señalización de comunicación del sistema RoIP.....	36
Figura 4.1. Diagrama del flujo de tareas para la configuración de la radio base. ....	38
Figura 4. 2. Parámetros de configuración de accesorio y pins en radio base. ....	39
Figura 4.3. Ejemplo de vista previa del estado del RoIP-102. ....	40

Figura 4.4. Ejemplo de configuración de red en el RoIP-102.....	41
Figura 4.5. RoIP-102 real sin conexiones. ....	42
Figura 4.6. Balanceador de ganancia del RoIP-102. ....	43
Figura 4.7. Configuración de pines de salida entre el conversor RoIP a la radio base. ....	44
Figura 4.8. Ventana de inicio para instalación de ASTERISKNOW. ....	45
Figura 4.9. Ventana de configuración del protocolo TCP/IP v4.....	46
Figura 4.10. Ventana de configuración del huso horario.....	47
Figura 4.11. Ventana de selección de configuraciones luego de instalación.....	47
Figura 4.12. Ventana de configuración de la central telefónica en ASTERISKNOW. ....	48
Figura 4.13. Configuración del servidor vía SSH. ....	49
Figura 4.14. Ventana de configuración de NAT en ASTERISKNOW..	49
Figura 4.15. Ventana de instalación para el particionamiento del disco. ....	50
Figura 4.16. Ventana de configuración de la tarjeta de red. ....	51
Figura 4.17. Ventana de acceso a root ELASTIX. ....	51
Figura 4.18. Ventana de acceso a interfaz web de ELASTIX. ....	52
Figura 4.19. Ventana de configuración de extensiones para la central. ....	53
Figura 4. 20. Ventana de configuración de los parámetros de las extensiones de la central en ELASTIX.....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Bandas de frecuencia para la PPDR en base ITU 646 ..... 10

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

IP	Internet Protocol
VoIP	Voice over IP
RoIP	Radio over IP
SIP	Session Information Protocol
HF	High Frequency
VHF	Very High Frequency
UHF	Ultra High Frequency
ITU	International Telecommunication Unit
PPDR	Public Protection and Disaster Relief
RFID	Radio Frequency Identification
GSM	Global System for Mobile communications
FM	Frequency Modulation
PSTN	Public Switched Telephone Network
TCP	Transmission Control Protocol
RTP	Real Time Protocol
RCTP	Real Time Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
UAC	User Agent Clients
UAS	User Agent Servers
LAN	Local Area Network
WAN	Wide Area Network
SSRC	Synchronization Source
CNAME	Canonical Name
PTT	Push To Talk
FSK	Frequency Shift-Keying
C4FM	Continuous 4 levels FM
CTCSS	Continuous Tone-Coded Squelch System

DCS	Digital-Coded Squelch
GPL	General Public License
CTI	Computer Telephony Integration
IVR	Interactive Voice Response
PCI	Peripheral Component Interconnect
LCR	Least-Cost Routing
CRM	Customer Relationship Management
COR	Class of Restriccions
VOX	Voice Operated eXchange
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DTMF	Dual-Tone Multi-Frequency
RFC	Request for Comments

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en el diseño y simulación de una alternativa de implementación de un sistema de telecomunicaciones de radio, que tiene integrado la tecnología de voz sobre IP (VoIP), con el fin de proveer al Cuerpo de Bomberos de la provincia de Manabí de un sistema de comunicación con muy buena cobertura y tecnología, capaz de desarrollar grandes beneficios en la interacción de los diferentes destacamentos de esta institución, todo a través de una central telefónica IP y estaciones de radio frecuencia, integrados en una sola red mediante el protocolo SIP. Es importante destacar el hecho de que el mantener una central telefónica de software libre permite a su vez, llevar a cabo funcionalidades que con otro tipo de plataformas serían privativas y no permitirían un sistema escalable, ya que, durante una implementación de prueba puede que se tenga que adicionar ciertas funcionalidades o equipos. Posteriormente el sistema a desarrollar (RoIP) tendrá como principal característica la capacidad de gestionar acciones directamente con el sistema ECU911, el cual, al ser un sistema de primera respuesta, permitirá un mejor manejo de situaciones de riesgo emergentes, si así fuera el caso.

**Palabras clave:** VoIP, RoIP, Radiofrecuencia, protocolo SIP, Sistema de comunicación, ECU911.



## **Abstract**

The present titling work consists in the design, simulation and implementation of a radio telecommunications system, that has integrated the technology of voice over IP (VoIP), in order to provide to the Fire Department of the province of Manabí, a system of communication with very good coverage and technology, able to develop great benefits in the interaction of the different detachments of this institution, all through an IP telephone exchange and radio frequency stations, integrated in a single network through the SIP protocol. It is important to highlight the fact that the maintenance of a free software telephone exchange allows, in turn, to carry out functionalities that with other types of platforms would be private and would not allow a scalable system, since, during a test implementation maybe must add certain functionalities or equipment. Subsequently, the system to be developed (RoIP) will have as its main characteristic the ability to manage actions directly with the ECU911 system, which, being a first response system, will allow a better management of emerging risk situations, if that were the case.

**Key Words:** VoIP, RoIP, Radiofrequency, SIP protocol, Communication System, ECU911.

## **CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

En este capítulo se detallarán las directrices introductorias del tema de investigación, así como también, el antecedente del problema a plantear y los objetivos a trazar para la consecución del proyecto.

### **1.1. Introducción.**

El presente trabajo tiene como objetivo principal el análisis de un sistema de telecomunicaciones RoIP (Radio Over IP), orientado a los cuarteles del Cuerpo de Bomberos de la provincia de Manabí. Este sistema permitirá tener una mejor cobertura de comunicación entre las diferentes compañías de bomberos, ya que, en base a esta nueva tecnología basada en radio sobre internet se podría alcanzar modelos de comunicación mucho más efectivos y eficientes para todos los destacamentos de la entidad antes mencionada, sin importar la distancia o la zona de cobertura.

Como parte primordial del trabajo a realizar se tiene que analizar los sistemas de comunicación vía radio como un servicio troncalizado, esto con la finalidad de poner en una balanza los pros y contras de este sistema y así determinar la eficacia de lo que se va a implementar.

Sistemas de radio como el que se va a realizar, tienen entre sus ventajas la gran facilidad de integración en redes de radio frecuencia, por lo que entre otras cosas se obtendría gran escalabilidad aminorando costos de implementación, tanto en infraestructura técnica e interoperabilidad, independientemente de la marca y el modelo a usar.

Como parte principal cabe recalcar el objetivo de analizar los sistemas de comunicación vía radio de operación crítica, es decir, la operabilidad en situaciones de riesgo a nivel provincial o a nivel de país, proveyendo respuesta e información en tiempo real.

## **1.2. Antecedentes.**

La comunicación en tiempo real es un aditamento esencial para el buen vivir de las sociedades y las entidades que, de una u otra manera, realizan sus actividades diarias mediante la interacción con otros entes o personas. Si bien es cierto que la tecnología ha sido una característica que se ha convertido en un elemento intrínseco para la sociedad, es en la comunicación en donde más se han podido palpar avances, puesto que, en los últimos 10 años la mayoría de innovaciones tecnológicas se basan en la comunicación como un elemento principal, tales como, telefonía, internet, enlaces de radio, enlaces satelitales, entre otros.

Por otra parte, en Ecuador, la tecnología de radio analógica estuvo vigente por casi 4 décadas, pero aproximadamente hace 2 décadas, la revolución digital apareció para tomar posesión del mercado ofreciendo técnicas avanzadas de potencia, memoria, ancho de banda, etc. Es importante destacar que en la actualidad en el país los servicios de comunicación por radio frecuencia para la Policía Nacional, Ministerio de Salud Pública y la Comisión de Tránsito del Ecuador, así como la Agencia de Tránsito Municipal, son sistemas de misión crítica que permiten una intercomunicación con las agencias encargadas de seguridad, tanto externa como internamente, con el único fin de poder proveer un mejor servicio en sus diferentes áreas.

Por otra parte, y no menos importante, el departamento de bomberos utiliza la banda de VHF (Very High Frequency), para comunicarse entre las diferentes compañías a lo largo de la ciudad, pero al ser analógico el sistema de radio tiene muchos inconvenientes y desventajas durante situaciones críticas, por lo que el objetivo de este proyecto será plantear ventajas y desventajas de un sistema digital

RoIP, para proporcionar una mejora considerable en la forma en que esta entidad se comunica entre sí.

### **1.3. Definición del problema**

El Benemérito Cuerpo de Bomberos de la provincia de Manabí en sus diferentes destacamentos cuenta, ya sea con tecnología de radio analógica o digital en la banda VHF, pero se ve una gran falencia de este sistema de comunicación, esto se debe al poco alcance que ofrece en sus diferentes compañías, ya que, los equipos de radio tienen una potencia de transmisión muy baja y la ganancia de las antenas no es suficiente para brindar la comunicación necesaria, debido a condiciones climáticas o interferencia de sistemas en los diferentes receptores.

Bajo estas condiciones, el problema de investigación puede definirse así:

El sistema de comunicación del Benemérito Cuerpo de Bomberos de la provincia de Manabí presenta una gran falencia, debido a que los equipos de radio tienen baja potencia de transmisión y ganancia de antenas insuficiente, a causa de condiciones climáticas o interferencia de sistemas en los diferentes receptores, razón por la cual es necesaria la implementación de un sistema de comunicación con la capacidad suficiente para cubrir las necesidades de comunicación de esta entidad.

### **1.4. Justificación del Problema a Investigar.**

En base al problema planteado, se presenta como opción la implementación de un sistema de telecomunicaciones RoIP, como método alternativo de comunicación de contingencia, que tenga como principal objetivo, repotenciar la forma en que los diferentes destacamentos del Cuerpo de Bomberos se comunican en la banda

VHF o UHF (Ultra High Frequency). El Cuerpo de Bomberos de la provincia de Manabí tendrá así una herramienta de comunicación que, sin importar la ubicación geográfica, permitirá mantener contacto constante con las otras dependencias, ya que, los problemas de propagación de radio en las frecuencias VHF y UHF se solucionarían, todo gracias a la tecnología digital que permite abarcar mayores distancias sin problemas de propagación y alcance.

## **1.5. Objetivos**

Los objetivos planteados para este trabajo de investigación son los siguientes:

### **1.5.1. Objetivo General:**

Analizar el diseño de un sistema alternativo de comunicación de radio sobre IP (RADIO OVER IP), para dar una solución a los problemas de falta de cobertura, saturación de canales de transmisión y alcance de los sistemas de comunicación que tienen con sus bases de radios VHF y UHF los Cuerpos de Bomberos de la provincia de Manabí.

### **1.5.2. Objetivos específicos:**

- Determinar las ventajas de la tecnología RoIP en la implementación del sistema de integración de servicios troncalizados.
- Realizar un análisis de las herramientas de software libre para la implementación de RoIP, las cuales permitan mejorar

considerablemente la comunicación entre los destacamentos del Cuerpo de Bomberos de la provincia de Manabí.

- Realizar las pruebas técnicas del sistema Radio sobre IP (simulaciones), a través de dispositivos portátiles y de radio para la comprobación del correcto funcionamiento del sistema mencionado.
- Realizar un proceso de identificación del equipamiento idóneo para una buena conectividad cliente-servidor en el sistema RoIP, es decir, escoger los equipos que se ajusten a las características de funcionamiento del sistema a implementar.
- Corroborar la información simulada y los datos técnicos del equipamiento a utilizar para determinar, en base a las pruebas realizadas, que tan eficiente y útil sería la implementación del sistema de comunicación RoIP.

## **1.6. Hipótesis**

El sistema de telecomunicaciones RoIP será capaz de integrar tecnología analógica y digital (radio e internet) con la finalidad de permitir la correcta composición de las radiobases de diferentes estándares de comunicación (VHF y UHF), sin importar modelos y marcas ya que la información se transportará a través de la red de forma transparente.

## **1.7. Metodología de investigación.**

La investigación que se realiza en este proyecto es teórica, ya que tiene como propósito el planteamiento de un nuevo método para la comunicación de la central del Cuerpo de Bomberos de Manabí, bajo la hipótesis que un diseño basado en RoIP permite una comunicación más estable. Durante la investigación se establecen los distintos

métodos de investigación empíricos que guiará el proyecto hacia una conclusión con respecto a la hipótesis planteada.

En primer lugar, se realiza una observación del funcionamiento actual de la comunicación del Cuerpo de Bomberos de la provincia de Manabí, con el fin de realizar un levantamiento y recolección de información válida y confiable con el fin de tener conocimiento tanto en el equipamiento, como en los resultados de pruebas de transmisión, tiempos de respuesta y problemas de pérdida de información y por ende poder verificar el enlace establecido.

Luego para continuar con la investigación, se procede con el método experimental, donde se realizará el análisis del diseño del sistema RoIP para el Servicio Integrado de Seguridad ECU911 en la provincia de Manabí, indicando, los elementos que contendría la radio base y las estaciones de comunicación en los puntos ubicados en los destacamentos del cuerpo de bomberos de la provincia para que se tenga intercomunicación entre todos los puntos de la red. En esta etapa, una vez obtenido el diseño para el nuevo método de comunicación de dicho Cuerpo de Bomberos, se procede con la simulación, la misma que posibilita la comprobación del funcionamiento del nuevo sistema de comunicación.

De manera contigua, con el resultado de los métodos científicos aplicados, se realiza un análisis de las ventajas y características principales de un sistema troncalizado de comunicación basado en el protocolo IP (Internet Protocol), permitiendo negar o aceptar la hipótesis referente al nuevo sistema de comunicación del cuerpo de bomberos.

Es importante recalcar el hecho de que, durante una investigación, normalmente se suele establecer un solo método de investigación, ya sea experimental, observación, exploratorio, deductivo, entre otros. Sin

embargo, el método experimental parte de observaciones, lo cual se estableció como un método de investigación independiente con el fin de acumular la mayor información posible del sistema de comunicación actual del cuerpo de bomberos de la provincia de Manabí.

Adicional a esto, es importante señalar que la hipótesis planteada se basa en las grandes ventajas que ofrece la comunicación digital con respecto al alcance y velocidad de transmisión, ya que, al ser manejado a través de internet, permite grandes tasas de transmisión sin importar la ubicación geográfica entre el transmisor y el receptor.

Finalmente, de aceptarse la hipótesis planteada, se realiza un análisis de cómo integrar las tecnologías de radio analógica a un sistema digital basado en el protocolo IP y como esto beneficiaría a los sistemas actuales, ya que, al hacer uso de software libre se tiene una ventaja enorme en lo que respecta a costos de implementación y diseño de la red de comunicación.



## **CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

En esta sección se desplegarán los conocimientos y fundamentos teóricos básicos que permitirán la elaboración del presente proyecto. Se estudiarán los conceptos de sistemas de radiocomunicación, las bandas de frecuencias establecidas para situaciones de emergencia, las características de los sistemas RoIP y el respectivo detalle de los equipos que permitirán la implementación del sistema de comunicación de radio frecuencia con VoIP.

### **2.1. Sistemas de radiocomunicación.**

Los sistemas de comunicación por radio que se emplean para protección pública, operaciones de socorro o sistemas integrados de vigilancia en las diferentes áreas de seguridad, trabajan en las bandas HF (High Frequency), VHF y UHF, tanto en Ecuador como en la mayoría de los países a nivel mundial.

A lo largo de los años las bandas de frecuencia ya mencionadas han sido utilizadas en diferentes ámbitos de la comunicación, pero sin duda alguna las aplicaciones militares y de entidades de seguridad han marcado una era de desarrollo constante para estas bandas de frecuencia. Con la consigna de siempre mantenerse actualizados en tecnología, se desarrollaban constantemente nuevos aditamentos a los sistemas de radio para HF y VHF (Straw, 2009).

Posteriormente en este ámbito se incursionó en la banda de UHF, que por su ubicación en el espectro permitía comunicaciones mucho más robustas, no solo por la tecnología que permitía usar sino por el desarrollo continuo de los dispositivos que se empleaban.

De manera particular en Ecuador, los servicios de atención de situaciones críticas son los que en caso de fallas tendrán un papel esencial en la comunicación entre entidades que puedan salvaguardar

la seguridad nacional o regional en algún punto del país. En base a esto se plantean los sistemas vía radio para ser utilizados por entidades públicas ya sea para el manejo y gestión de la seguridad integral, el control vehicular o la atención de servicios en situaciones de emergencia (Segura Briones, 2010).

De acuerdo con la ITU (International Telecommunication Union) en su resolución 646 en la Conferencia Mundial de Radiocomunicación desarrollada en Génova en el año 2015, indica que, para la protección pública y socorro en casos de desastre, así como para para las organizaciones que protegen la ley y la vida en situaciones de emergencia, se recomienda hacer uso de las frecuencias detalladas en la tabla descrita a continuación (Bhatia, 2015).

Tabla 2.1. Bandas de frecuencia para la PPDR en base ITU 646

<b>Rango de frecuencia [MHz]</b>	<b>Región</b>
380 – 470	1
380 – 385/ 390 – 395	1
746 – 806	2
806 – 869	2
4940 – 4990	2
406.1 – 430	3
440 – 470	3
806 – 824/ 851 – 869	3
4940 – 4990	3
5850 – 5925	3

Fuente: (Bhatia, 2015)

En la Tabla 2.1 se aprecia la resolución para las bandas de frecuencias destinadas para la protección pública y operaciones de socorro (PPDR, Public Protection and Disaster Relief). El rango de frecuencia y la utilización de la misma están normadas en función del

país, o como se indica en la normativa de ITU de la resolución 646, dependerá de la región en donde se vaya a emplear (Pratesi, 2001).

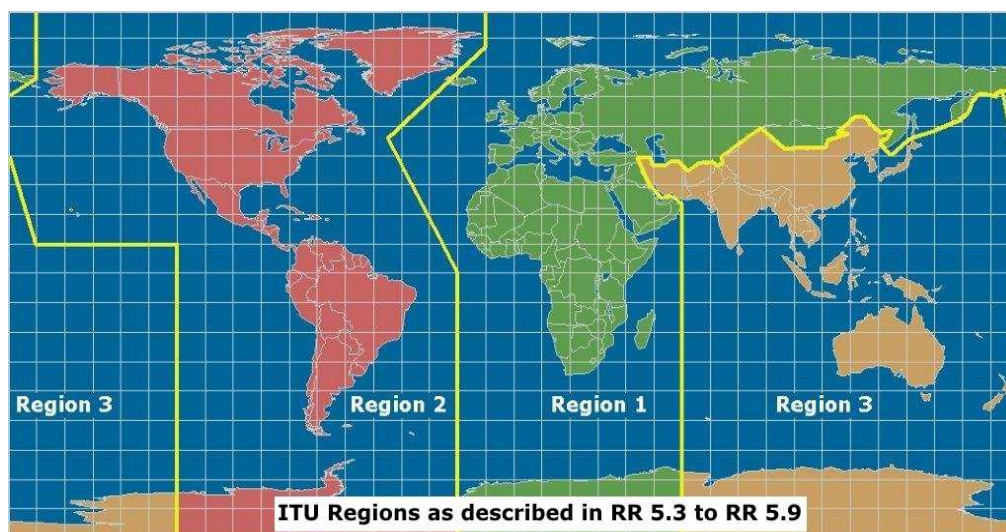


Figura 2.1. División de regiones según la ITU.  
Fuente: (Pratesi, 2001)

Tal como se observa en la Figura 2.1, Ecuador pertenece a la región 2, por lo que se podrían implementar sistemas de comunicación de emergencia de radiofrecuencia en la banda de 380 MHz - 470 MHz.

Es importante destacar que en algunos países de esta región se tienen identificadas ciertas partes del rango de frecuencia de 694 MHz a 791 MHz para el despliegue de banda ancha de PPDR.

Con respecto a la región 2, las frecuencias más empleadas en los países de la región ya mencionada son las bandas de 746 a 806 MHz, de 806 a 869 MHz y de 4940 a 4990 MHz. (Rajani, 2015)

## 2.2. Bandas de frecuencia HF, VHF, UHF.

Las bandas de frecuencia son intervalos del espectro electromagnético asignados a diferentes aplicaciones en el mundo de las comunicaciones vía radio. El uso de ellas es completamente regulado por la ITU la cual divide el espectro en sectores. En las subsecciones siguientes se detallarán las bandas de interés (Weik, 2001).

### **2.2.1. Banda HF.**

La banda de alta frecuencia está situada entre los 3 MHz a 30 MHz con un rango de longitud de onda de 100 m a 10 m. Esta banda es comúnmente utilizada para radiodifusión de onda corta, banda ciudadana, radioaficionados y comunicaciones de aviación sobre el horizonte. Años atrás se utilizaba solo esta banda para comunicación a grandes distancias, mayoritariamente mediante radios HF. Es importante acotar que esta banda de frecuencia era bastante susceptible a ser interceptada, por lo que hacía que la calidad de transmisión sea baja y propensa a interferencias. Otras aplicaciones importantes de la banda HF son la tecnología RFID (Identificación por radiofrecuencia o Radio Frequency Identification), radares, radio meteorológica, entre otros (Gustrau, 2013).

### **2.2.2. Banda VHF.**

La banda de muy alta frecuencia está situada entre los 30 MHz a 300 MHz, es comúnmente conocida como banda con línea de visión o de corto alcance debido a que opera en un rango de longitud de onda de 10 m a 1 m. Esta banda tiene muchas aplicaciones en los sistemas de televisión, radiodifusión FM (Frecuencia Modulada), banda aérea, satélites y comunicaciones entre buques de control y tráfico marítimo (Du & Swamy, 2010).

En lo que respecta a la transmisión de sistemas de televisión en esta banda se trabajan los canales del 2 al 13, es decir, frecuencias desde 54 MHz a 216 MHz, mientras que para radiodifusión comercial FM (FM de banda ancha) se tiene frecuencias desde los 88 MHz a los 108 MHz las cuales permiten un sonido de mejor calidad (Du & Swamy, 2010).

Entre las frecuencias de 108 MHz y 136.975 MHz se tiene la banda aérea empleada para aviación, ya que, los radiofaros utilizan

frecuencias entre 108.7 MHz y 117.9 MHz. Se debe tener en cuenta que para esta banda las comunicaciones de voz se realizan por encima de los 118 MHz usando amplitud modulada (Shishkin, 2012).

Es importante destacar que la banda VHF es típica en zonas rurales y urbano-marginales, ya que, en comparación con las bandas HF y UHF presentan tamaños y ganancias medias en las antenas de transmisión, el costo de los equipos terminales es de nivel medio y la canalización empleada para esta banda es de 12.5 KHz y 25 KHz.

Por otra parte, en Ecuador los sistemas VHF tienen un gran impacto en lo que respecta a comunicación de cuerpos de bomberos, agencias de tránsito, entre otros. Esto se debe principalmente a que existe mayor disponibilidad de espectro, costos asequibles de equipamiento e infraestructura y que en comparación con los sistemas UHF (uso nacional e internacional) no se necesita de sistemas de seguridad en la comunicación, es decir, no se requiere de procesos de encriptación y codificación para transmitir información (Shishkin, 2012).

### **2.2.3. Banda UHF.**

La banda de ultra alta frecuencia está situada entre los 300 MHz a 3 GHz, permite la propagación por onda espacial troposférica y opera en el rango de longitud de onda de 1 m a 100 mm, con una atenuación adicional máxima de 1 dB si es que se presenta el despejamiento de la primera zona de Fresnel.

La banda UHF se utiliza en sistemas de televisión, sistemas de radioaficionados, telefonía móvil, identificación RFID, sistemas de radar y navegación, sistemas microonda y por satélite (Ghasemi, Abedi, & Farshid, 2012).

En los sistemas de televisión, la banda UHF permite trabajar con canales nacionales e internaciones, ya que, según los países, algunos

canales ocupan frecuencias entre un poco menos de los 470 MHz y los 862 MHz, por lo que, en la actualidad, esta banda se utiliza para la transmisión de la televisión digital terrestre (TDT) (Ghasemi, Abedi, & Farshid, 2012).

En los sistemas de radioaficionados se tienen dos bandas UHF, la de 70 cm ubicada entre los 430 MHz y 470 MHz, la cual es de carácter secundario, puesto que debe compartir frecuencias con otros servicios que no son prioritarios, como por ejemplo transmisores de baja potencia para apertura de garajes, repetidores de TV para domicilios y dispositivos en general para comunicación en residencias. Por otra parte, se tiene la banda de 23 cm que opera en la frecuencia de 1200 MHz (Ghasemi, Abedi, & Farshid, 2012).

Por otra parte, en telefonía móvil una vez que apareció la norma internacional GSM (Sistema global para comunicaciones móviles o Global System for Mobile communications), tomó las frecuencias alrededor de los 900 MHz para operar. Es importante mencionar que en lo que respecta a las regiones según ITU, se tuvo la norma DCS18010 la cual era similar a GSM, con la diferencia que la frecuencia era el doble, es decir, 1800 MHz y esto debido a que existía más espectro para los clientes y también porque se tenía menor incidencia de la denegación de conexión por falta de canales en zonas de alta población

(Bern & Keith, 2012).

En la región 2 (en base a la figura 2.1) se maneja la normal PCS1900, la cual trabaja en la frecuencia de 1900 MHz.

Por último, y no menos importante, para la banda UHF se tiene como aplicación la identificación por RFID entre los 860 MHz y 960 MHz. En los dispositivos de comunicación se utilizan antenas de unas cuantas micras de grosor con una potencia de emisión no superior a 200  $\mu$ W, esto principalmente en identificación de productos y sistemas de seguridad para acceso (Bern & Keith, 2012).

### **2.3. Sistema VoIP.**

VoIP es un conjunto de reglas y recursos que permiten la transmisión de la señal de voz sobre IP, es decir que dichas señales serán enviadas de forma digital a través de paquetes de datos, en vez de enviarlas en forma analógica a través de circuitos de telefonía convencional como en las redes PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada o Public Switched Telephone Network) (Androulidakis, Gan, Kuo, Zheng, & Barni, 2016).

La transmisión de voz sobre IP en la actualidad permite facilitar muchos procesos y servicios que anteriormente eran complicados y muy costosos de implementar usando PSTN. Entre esas ventajas se tiene:

- Permite transmitir más de una llamada sobre una misma línea telefónica, ya que, al transmitir voz sobre IP se pueden facilitar los procesos de aumento de líneas telefónicas en las empresas sin necesidad de requerir líneas físicas adicionales.
- Permite la fácil implementación de funcionalidades como transferencia de llamadas, identificación de llamadas o remarcado automático, las cuales en las compañías telefónicas tenían recargos adicionales en la factura.
- Al hacer uso de tecnología de voz sobre IP es posible integrar otros servicios disponibles en redes de internet como video conferencias, mensajería instantánea, etc., todo esto dentro de las bien conocidas Comunicaciones Unificadas (Androulidakis, Gan, Kuo, Zheng, & Barni, 2016).
- Por otra parte, la mayoría de los proveedores de VoIP ofrece soluciones con arquitecturas de redes cerradas para bases de usuarios privados, en donde las llamadas gratuitas representan una de sus principales características. Las soluciones de VoIP

permiten una interacción completamente dinámica entre los usuarios de forma general, sin importar el dominio de internet al momento de realizar llamadas. En este sistema solo se requiere un teléfono IP basado en software o en hardware, ya que, las llamadas telefónicas pueden ser hechas desde cualquier lugar y a cualquier persona, sin importar si es a otro teléfono IP o a teléfonos de tecnología PSTN (Ahson & Mohammad, 2009).

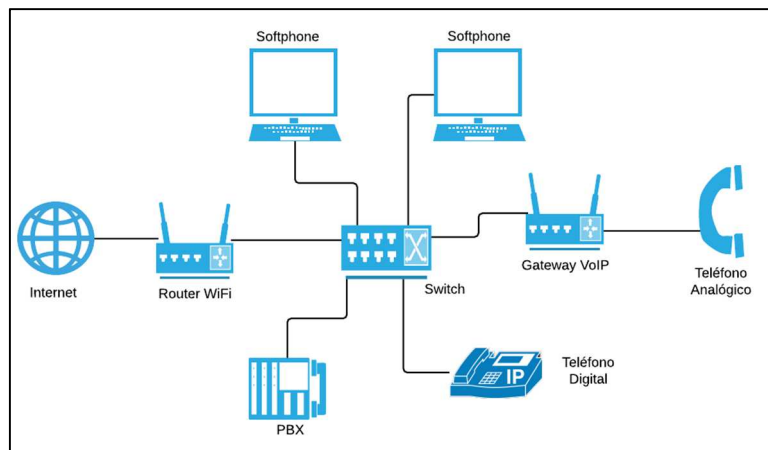


Figura 2.2. Esquema básico de un sistema de comunicación de voz sobre IP.  
Fuente: Autor

#### 2.4. Sistemas RoIP.

Los sistemas de radio sobre IP representan la integración de los radios convencionales con la telefonía IP (Voz sobre IP), telefonía convencional y telefonía móvil. En base a este sistema embebido que representa RoIP, las soluciones enlazan sistemas aislados tales como radio convencional analógica con lo que es telefonía (Blaschka, 2008). De forma general, los sistemas RoIP están compuestos por una emisora VHF o UHF, un servidor telefónico o central IP y el respectivo Gateway o adaptador que permita la integración de ambas partes. Este tipo de configuración permite que las radios sean vistas por el servidor IP como extensiones adicionales dentro del sistema principal, haciendo posible la comunicación con las otras extensiones telefónicas y móviles configuradas como extensiones dentro de la red de VoIP. Es



importante destacar que en RoIP se puede integrar conversaciones de radios a teléfonos de su PBX (Blaschka, 2008).

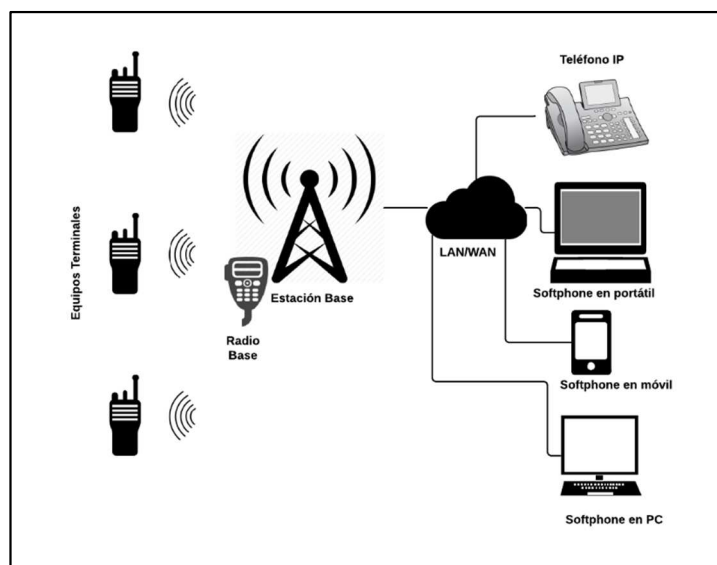


Figura 2.3. Esquema básico del sistema RoIP.  
Fuente: (Blaschka, 2008)

En la Figura 2.3 se muestra el esquema de un sistema RoIP en donde el audio y la respectiva señalización de entrada llegan a la unidad terminal RoIP, luego esta información pasa por un convertor analógico-digital para ser convertido en paquetes de datos y asociársele una dirección IP, la cual permitirá identificar al dispositivo de radio en la red. Posterior a esto, la trama de datos es transmitida a través de la red de comunicación IP, por ende, dentro de la red es identificada la IP del destino y es direccionada la trama. En la parte de la recepción, los datos llegan a una interfaz RoIP donde son desempaquetados y reconstruidos para formar una sola trama que va a pasar por un convertor digital-analógico, ya que la salida del sistema será una señal de audio.

#### 2.4.1. Protocolo H.323

El protocolo H.323 o recomendación ITU-T H.323, es un conjunto de reglas que definen la forma de proveer sesiones de comunicación

audiovisual sobre paquetes de red o conocido también como sistema de comunicación multimedia basados en paquetes. De forma general describe los componentes, protocolos y procedimientos requeridos para los servicios de comunicación multimedia (audio, datos y video) sobre redes de datos en tiempo real (Stephens & P., 2001).

El protocolo H.323 es aplicable en cualquier red conmutada de paquetes, exceptuando la capa física. Como mecanismo de transporte se usa el protocolo TCP (Transmission Control Protocol) ya que permite tener acuses de recibo y retransmisión para asegurar la entrega de los datos trabajados sobre IP. Por otra parte, en función de la forma y método que se desee usar, existe un método que permite más velocidad de transmisión, pero no garantiza que la información sea entregada, este es el protocolo UDP (User Datagram Protocol).

Una vez definidas las reglas de transmisión y el protocolo que usa la información a transmitir, la recomendación H.323 también requiere de señalización de llamadas y algoritmos de codificación. Para esto se usan los protocolos RTP (Real Time Protocol) y RTCP (Real Time Control Protocol) y recomendaciones adicionales de la ITU como la G.711 (Stephens & P., 2001).

Dentro de las características más importantes del protocolo H.323 se tiene:

- Independencia de la red
- Independencia de la plataforma y de la aplicación
- Soporta cualquier topología de red
- Interconexión en redes LAN (Local Area Network) y WAN (Wide Area Network).
- Gestión de ancho de banda
- Control de los equipos y la comunicación entre usuarios finales
- Monitorización de la calidad de servicio

### 2.4.2. Protocolo RTP

El protocolo RTP es un protocolo de transporte que permite la transmisión de datos a múltiples destinatarios mediante difusión múltiple o multicast. Durante el proceso se generan etiquetas que permiten entre muchas funciones, conocer el tiempo, número de secuencia para la sincronización en el transporte de los datos y para el restablecimiento del streaming en el lado del receptor, adicionalmente se tienen etiquetas para el tipo de carga y un campo de datos adicionales el cual no posee TCP (Sanjoy, 2013).

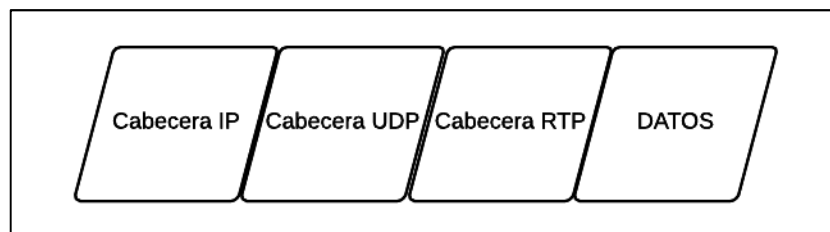


Figura 2.4. Formato de encapsulamiento de un paquete RTP.

Fuente: (Sanjoy, 2013)

En la Figura 2.4 se puede observar cómo se encapsula un paquete RTP, el cual, de forma general es el utilizado en la mayoría de las aplicaciones que usan este protocolo. Se emplea sobre protocolos de red como UDP, por lo que se puede deducir que este protocolo no permite tener métodos de calidad de servicio como garantías de entrega a tiempo o acuses de recibo.

### 2.4.3. Protocolo RTCP

El protocolo RTCP o protocolo de control en tiempo real es un conjunto de reglas para la comunicación que permite tener información de control asociada a un flujo de datos correspondiente a aplicaciones multimedia, también conocido como flujo RTP.

Con este protocolo se tiene control y gestión de las sesiones RTP, ya que tiene como función principal el envío periódico de paquetes de control con información de la calidad del servicio a todos los miembros de una sesión RTP (Bhargava, 2000).

El protocolo tiene dos funcionalidades principales, la primera corresponde a la información del desarrollo de una aplicación y la otra a la correlación y sincronización de diferentes media-streams de un emisor. La información del desarrollo de una aplicación es una funcionalidad muy útil ya que permite reducir la congestión del tráfico de datos en base al uso de un esquema de compresión riguroso o a su vez, envía un stream de mucho mayor calidad cuando hay una congestión ligera, esto directamente orientado a aplicaciones de velocidad adaptativa.

Por otra parte, la funcionalidad de correlacionar y sincronizar los media-streams del emisor, ya que en el proceso de encapsulamiento y empaquetado RTCP se hace uso de un identificador de fuente de sincronización de RTP, el SSRC (Synchronization Source) o fuente de sincronización, el CNAME (Canonical Name) del RTCP o nombre canónico que es asignado por el emisor, entonces, una vez diferenciados estos 3 parámetros se tiene en el paquete RTCP una clara distinción de los segmentos a recibir para evitar colisiones de identificadores SSRC. Es importante destacar que con esto se garantiza que los streams con diferente SSRC se puedan sincronizar y ordenar de forma correcta (Bhargava, 2000).

#### **2.4.4. Protocolo SIP**

El protocolo SIP o protocolo de inicio de sesión tiene como objetivo ser el estándar de iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas del usuario, en donde se tiene la intervención de

elementos como voz, video, mensajería instantánea, juegos en línea y realidad virtual. Este protocolo es de señalización, puesto que, luego de establecida la sesión los miembros de la misma intercambian directamente la información que posean por medio de RTP, en otras palabras, el protocolo SIP no es un protocolo que permite reservar recursos (protocolo de control de llamadas mas no de control del medio), por lo que no permitirá garantizar la calidad del servicio (Ahson & Ilyas, 2008).

### **Funcionamiento del protocolo SIP**

El funcionamiento del protocolo SIP se base en las siguientes características y métodos de señalización:

#### **Agentes de usuario**

De forma general los usuarios pueden ser personas o aplicativos de software, estos son “agentes” que dentro del protocolo son los llamados a establecer sesiones de comunicación, es decir, son los puntos extremos del protocolo, ya que, son los que emiten los mensajes y consumen dichos mensajes de SIP. Es importante destacar que dentro del protocolo SIP no se tiene interés por la interfaz utilizada por los dispositivos de usuario final, sino que se interesa por los mensajes que estos van a generar y como se van a comportar estos dispositivos al recibir dichos mensajes.

Los agentes de usuario pueden ser de dos clases, agentes de usuario clientes (UAC, User Agent Clients) y agentes de usuario servidores (UAS, User Agent Servers). La diferencia entre ambos es que los UAC son los que realizan peticiones dentro de una comunicación y los UAS son los que reciben dichas peticiones (Camarillo, 2001).

#### **Servidores de registro**

Dentro del protocolo SIP se tiene la funcionalidad de registro de usuarios, ya que se tiene que establecer la ubicación física de un

determinado usuario, es decir, en que parte de la red se va a conectar. El mecanismo de registro establece que cada usuario dentro de la red tiene asociada una dirección lógica única con respecto a la ubicación física del mismo, es decir, la dirección lógica correspondiente al dominio del usuario (similar al dominio de correo) o dirección IP, por ende, cuando un usuario empieza una sesión a través de un dispositivo terminal, el agente de usuario SIP del dispositivo terminal, envía una petición REGISTER al servidor de registro con la dirección física que se va asociar a la dirección lógica del usuario. Posterior a esto, el servidor de registro realiza la asociación solicitada, lo que en señalización se tiene como BINDING, la cual tiene un tiempo límite de duración y si no es renovada, caduca o en su defecto la sesión es terminada mediante una petición de desregistro (Schulzrinne & Rosenberg, 2001).

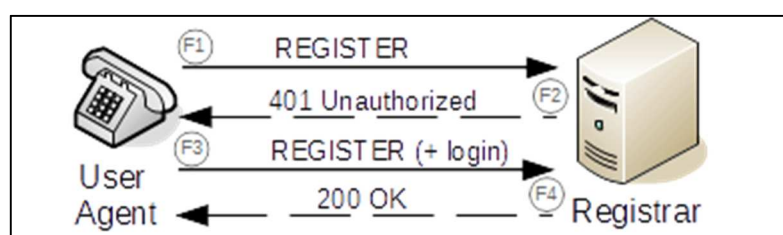


Figura 2.5. Esquema de registro de agente de usuario en sesión SIP.

Fuente: (Schulzrinne & Rosenberg, 2001)

En la figura 2.5, se observa el esquema básico del establecimiento de una sesión de registro de agente de usuario en una comunicación con protocolo SIP, en donde se detalla la señalización de petición de registro REGISTER para asociar las direcciones del agente.

### **Servidores Proxy y de Redirección**

Dentro de un sistema que hace uso del protocolo SIP, para establecer una comunicación se requiere que los mensajes sean enrutados entre el cliente y el servidor, por lo que se recurren a servidores para realizar dicho proceso. Estos servidores pueden funcionar de dos maneras,

como proxy o como redirector. Un servidor como proxy es el que enruta el mensaje hacia el destino mientras que, un servidor redirector lo que hace es producir una respuesta al emisor que tiene la dirección destino o la dirección de otro servidor que permita llegar al destino. Es importante mencionar que al hacer uso de un servidor proxy queda establecido como parte de la ruta entre el UAC y el o los UAS, mientras que, al utilizar un servidor redirector, una vez utilizada la ruta para el mensaje, esta no es utilizada en otra ocasión. El mismo servidor puede actuar tanto como proxy o redirector según lo requiera la comunicación a establecer (Diaz Galache, 2013).

En la figura 2.6 se muestra un ejemplo de establecimiento de sesión de comunicación SIP en donde se tiene la señalización para un servidor Proxy y para un servidor Redirector. Se debe resaltar el hecho que al inicio siempre se establece el registro mediante un INVITE y un ACK que responde el servidor indicando que acepta la petición.

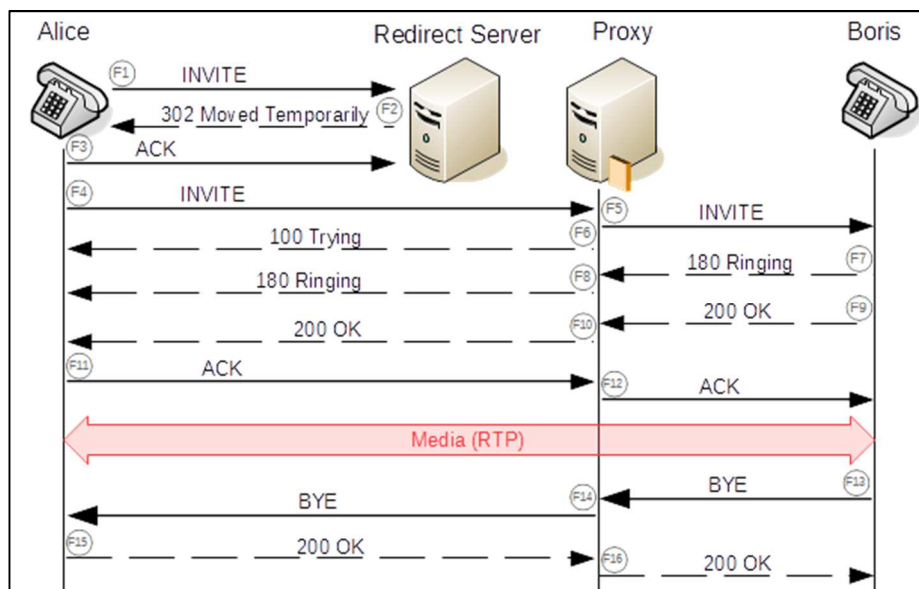


Figura 2.6. Esquema de señalización de comunicación SIP con Proxy y servidor de re direccionamiento.

Fuente: (Diaz Galache, 2013)

### **2.4.5. Beneficios de RoIP**

Los sistemas RoIP son mucho más útiles que sistemas de comunicación convencional, como llamadas telefónicas o enlaces de RF. A continuación, se detallarán las características más representativas de RoIP y porque es considerado por varios estándares internaciones como un sistema fiable en comunicaciones en situaciones de riesgo.

#### **Costos**

Los sistemas de radio sobre IP permiten tener costos mucho más bajos con respecto a implementaciones en otro tipo de tecnologías o sistemas de comunicación, ya que al trabajar en base a una infraestructura IP ya constituida (internet), la mayoría de las empresas u organizaciones de seguridad pública no tienen que construir o contratar un medio adicional, porque internamente ya tienen su propia IP, ya sea LAN o WAN. Es importante destacar el hecho que RoIP permite a sus usuarios prescindir de contratar costosas líneas arrendadas y enlaces microondas, lo que abarata los costos de implementación considerablemente (ICOM, 2002).

#### **Fiabilidad**

Los sistemas RoIP ofrecen mayor fiabilidad frente a otros sistemas, ya que al hacer uso de una red IP, la infraestructura será considerablemente más resistente a fallas, ya que las interconexiones entre las radios y las consolas no estarán sujetos a un único posible punto de falla o error (ICOM, 2002).



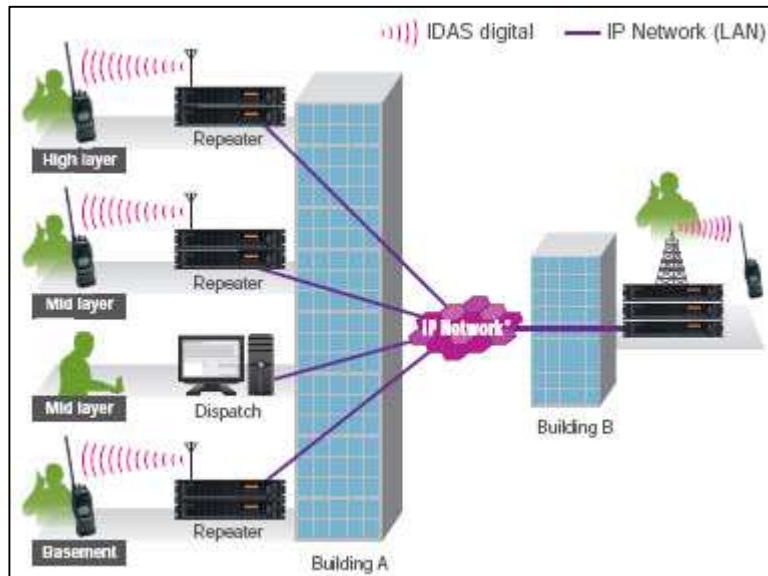


Figura 2.7. Esquema de conectividad en sistemas RoIP.  
Fuente: (ICOM, 2002)

En la figura 2.7 Se muestra el esquema del funcionamiento de un sistema ROIP. Se tiene la central de radio, en donde a través de una red LAN se intercomunican diferentes usuarios y estos a su vez pueden conectarse con otro usuario de otra LAN, saliendo a través de la WAN a la que pertenecen.

### **Interoperabilidad**

Una vez que el sistema RoIP está constituido dentro de un dominio IP, la información que se trabaja a través de señales de radio puede dirigirse a cualquier otro sistema de radio en general, ya sea HF, UHF o VHF, podrán ser fácilmente conectados. Junto con esto se tiene mayor interoperabilidad ya que con RoIP no solo se tiene conexiones a otros sistemas de radio, sino que también permite conectividad con teléfonos, computadores, teléfonos móviles y PBX (Riofrío, 2015).

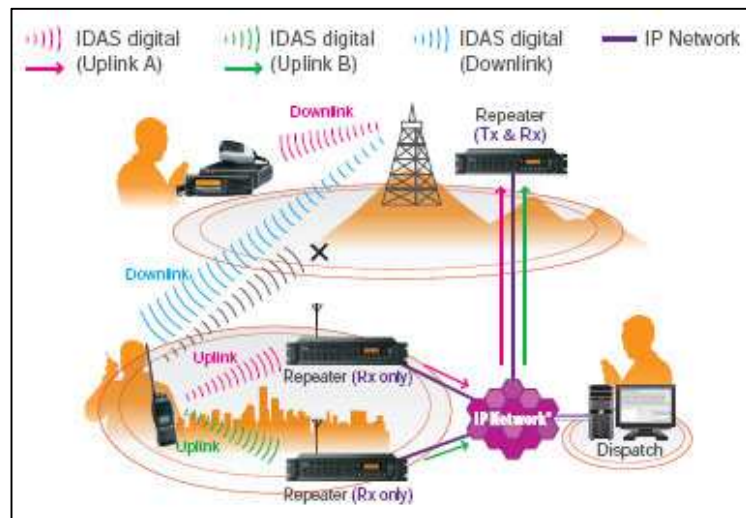


Figura 2.8. Ejemplo de interoperabilidad en sistemas RoIP.  
Fuente: (Riofrío, 2015)

En la Figura 2.8 se muestra claramente la interconexión de sistemas de radio sobre IP con otros sistemas de comunicación sobre IP como teléfonos, computadoras y PBX.

## **CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA Y GENERALIDADES DEL SISTEMA ROIP**

En este capítulo se detallará la metodología empleada para poder diseñar el sistema RoIP, así como también, se describirán las generalidades del sistema empleado, es decir, la plataforma y los parámetros técnicos requeridos para que la red RoIP funcione de acuerdo con lo que se establece para el cuerpo de bomberos de la provincia de Manabí.

Lo primero que se realizará es diseñar el sistema RoIP lo que consistirá básicamente en describir la topología de la red y los componentes para poder esclarecer el funcionamiento del sistema. Posterior a esto se detallarán los requerimientos de hardware y software para el diseño a realizar con lo que finalmente se tendrá el esquema general del sistema RoIP a implementar para el benemérito cuerpo de bomberos de la provincia de Manabí.

### **3.1. Topología del sistema RoIP.**

El sistema RoIP tendrá un rango de frecuencias de 144 a 148 MHz aproximadamente según lo demande la comunicación VHF o UHF con una frecuencia de repetidora de  $147.03 \text{ [MHz]} + 600 \text{ [KHz]}$ .

Dentro de la red troncalizada la comunicación será hacia los puntos terminales de radio o alguna estación de radio de los vehículos de la entidad bomberil.

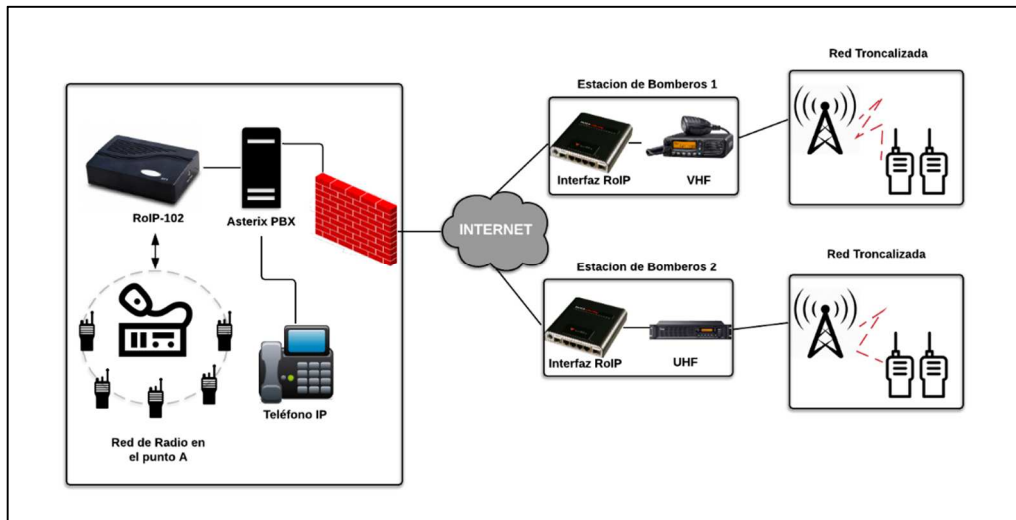


Figura 3.1. Esquema del sistema RoIP a diseñar.  
Fuente: Autor

En la Figura 3.1 se detalla el esquema general del sistema RoIP que se diseñará, en este se tienen 3 segmentos claramente identificados. El primero es el sistema del ECU911 en donde se tiene el RoIP-102 los dispositivos terminales de radio y el servidor de la conexión IP (basado en Asterisk), este se conectará a internet para poder llegar a los diferentes destacamentos o estaciones de bomberos en la provincia y estos a través de modulaciones VHF o UHF se comunicarán a la radio base que finalmente tendrá conectividad radio con las diferentes unidades que estén moviéndose por la provincia.

### 3.2. Componentes del sistema RoIP.

Dentro de los componentes del sistema a diseñar se destacan los siguientes:

#### 3.2.1. RoIP-102

El RoIP 102 consta de 4 puertos, de estos 2 son de red (conectores RJ45) y dos son RJ11 donde uno está destinado específicamente para la conexión al conversor RoIP a la radio de base.

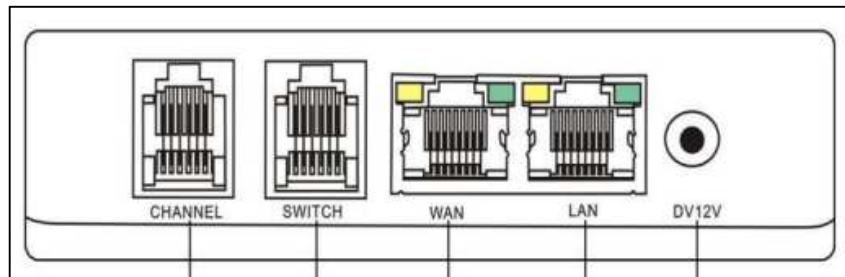


Figura 3.2. Diagrama del panel frontal del ROIP-102.  
Fuente: (Chinaskyline, 2011)

En la figura 3.2 se detalla la disposición de los puertos mencionados en el párrafo anterior. El puerto CHANNEL (RJ11) está destinado para la conexión del adaptador del cable PTT (Push To Talk). El puerto SWITCH (RJ11) destinado para un relé con switch de 220 VAC de entrada y una corriente de carga de 500 mA. Por otra parte, el puerto WAN es la conexión hacia internet vía ethernet de 10/100Base-T. El puerto LAN de igual forma es 10/100 Base-T destinado para la conexión interna dentro del sistema y el puerto DV12V para la alimentación DC de 12V a 1A.

### 3.2.2. Antena Hustler G7-150.

De acuerdo con lo descrito al inicio de este capítulo se contará con un ancho de banda de 148 a 154 MHz por lo cual se requiere de una antena que permita trabajar en esta frecuencia. La antena base VHF omnidireccional Hustler permite trabajar en esta frecuencia con 7dB de ganancia.

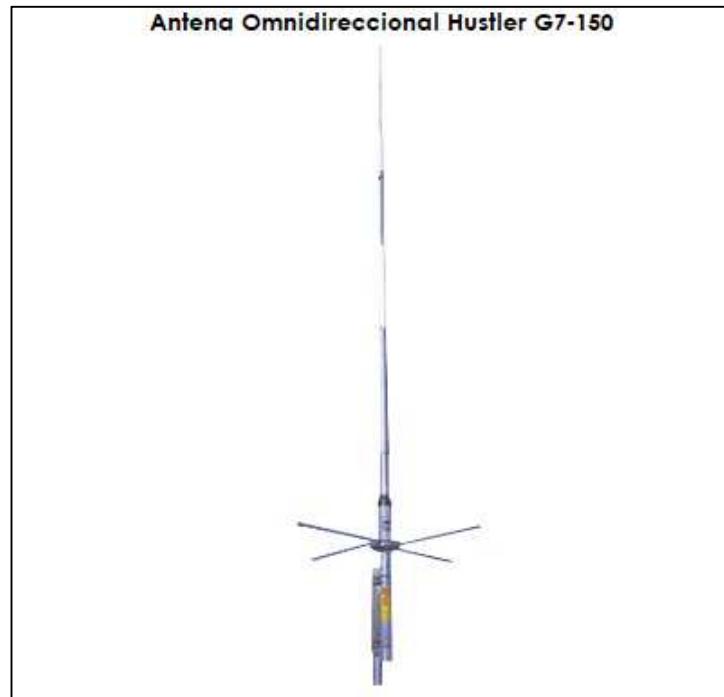


Figura 3.3. Antena base VHF Hustler G7-150.  
Fuente: (Syscom, 2011)

En la Figura 3.3 se muestra la forma de la antena a utilizar en el diseño del sistema RoIP, donde se utilizará una antena omnidireccional para la comunicación VHF entre las estaciones de bomberos en la provincia de Manabí.

#### **Características generales**

- Rango de frecuencia: 148 [MHz] – 154 [MHz]
- Ganancia: 7 [dB]
- Ancho de banda: 4 [MHz]
- Potencia: 1 [KW]
- Conector: N-hembra
- Longitud máxima: 4.7 [m]
- Resistencia al viento: 161 [Km/h]
- VSWR: 6 [MHz]
- Impedancia: 3[MHz] arriba de 1.5:1
- Peso: 5 [Kg]

### 3.2.3. Radio Yaesu FTM 3200DR.

La estación de radio Yaesu 3200DR permite trabajar en las frecuencias de 144 [MHz] a 148 [MHz] en transmisión y de 136 [MHz] a 174 [MHz] en la recepción, lo que se ajusta perfectamente a la frecuencia de repetidora selecciona que es 147.03 [MHz]+600 [KHz]. Dentro de las principales características de esta estación de radio se tiene la disponibilidad de poder trabajar en estaciones fijas y estaciones móviles de acuerdo con lo que requiera el cuerpo de bomberos.



Figura 3.4. Transceiver Yaesu FTM-3200DR.  
Fuente: (YAESU, 2011)

En la Figura 3.4 se muestra el modelo de estación de radio a utilizar para el diseño del sistema RoIP, tanto para estaciones fijas como móviles del cuerpo de bomberos de la provincia de Manabí.

#### Características

- Potencia de 65 [W] de salida RF (2m) que permite tener una muy buena comunicación a largar distancia incluso en condiciones no favorables.
- Modulación de reactancia variable: 4FSK (Frequency Shift-Keying) – C4FM (Continuous 4 level FM).
- Peso: 1.3 [Kg]
- Cuenta con 220 canales de memoria alfanuméricos.

- Codificación y decodificación CTCSS (Continuous Tone-Coded Squelch System) y DCS (Digital-Coded Squelch).
- Alerta de clima severo.

#### **3.2.4. Software Asterisk.**

La plataforma Asterisk es un programa de software libre con licencia GPL (General Public License) que tiene como principal aditamento el proveer funcionalidades de central telefónica PBX (Central Privada Automática). La plataforma Asterisk como cualquier PBX permite la comunicación de una cantidad determinada de teléfonos dentro de una organización o también conectarse a la red pública PSTN (Public Switched Telephone Network). Esta plataforma cuenta con los siguientes módulos (Digium, 2007).

- Asterisk: Ficheros base del proyecto
- DAHDI: Comprenden los drivers de tarjetas y el soporte para el software.
- Addons: Comprenden los complementos y paquetes adicionales de Asterisk (son opcionales).
- Libpri: Complemento adicional que comprende el soporte para realizar conexiones digitales.
- Sounds: Comprenden todos los sonidos y frases en varios idiomas, los cuales ya vienen incluidos en el paquete Asterisk).

Por otra parte, es importante destacar el hecho de que Asterisk es el sistema de centralita IP de código abierto más utilizado a nivel mundial, ya sea por medianas o grandes empresas que requieren convertir un computador de uso general en un sofisticado servidor de comunicaciones de voz sobre IP.

Dentro de las principales ventajas se tiene la funcionalidad de Asterisk ya que comprende todas las características de las grandes centralitas



como lo son Cisco, Avaya, Alcatel, etc., incluyendo desvío de llamadas y transferencias hasta buzones de voz, IVRs (Respuesta de Voz Interactiva), CTIs (Computer Telephony Integration), entre otros.

La escalabilidad de Asterisk es una de las características por la que ha destacado en 10 años de creación, ya que, permite dar servicio desde 10 usuarios en una pequeña empresa hasta 10000 usuarios en una empresa grande como una multinacional que tiene sedes en diferentes países.

Otra de las principales ventajas de Asterisk es la competitividad en coste ya que al ser un sistema de código abierto (Open Source), permite tener una arquitectura de hardware, su servidor de propósito no específico y tarjetas PCI (Interconexión de Componentes Periféricos) los cuales en conjunto permiten tener interfaces de telefonía, haciendo que exista competencia y por ende se abaraten los costos constantemente.

### **3.2.5. Software Elastix**

La plataforma Elastix es un software de servidor de comunicaciones unificadas, ya que, une al PBX IP, el correo electrónico, mensajería instantánea, fax y las funciones de colaboración, todo esto mediante una interfaz web que incluye un software de central telefónica con marcación predictiva. Este software libre se basa en otros proyectos Open Source como Asteris, HylaFAX, Openfire, Postfix y FreePBX. Es importante destacar que Elastix corre sobre CentOS como sistema operativo y en base a esta distribución de Linux permite incorporar e interrelacionar las características antes mencionadas (Elastix, 2006).

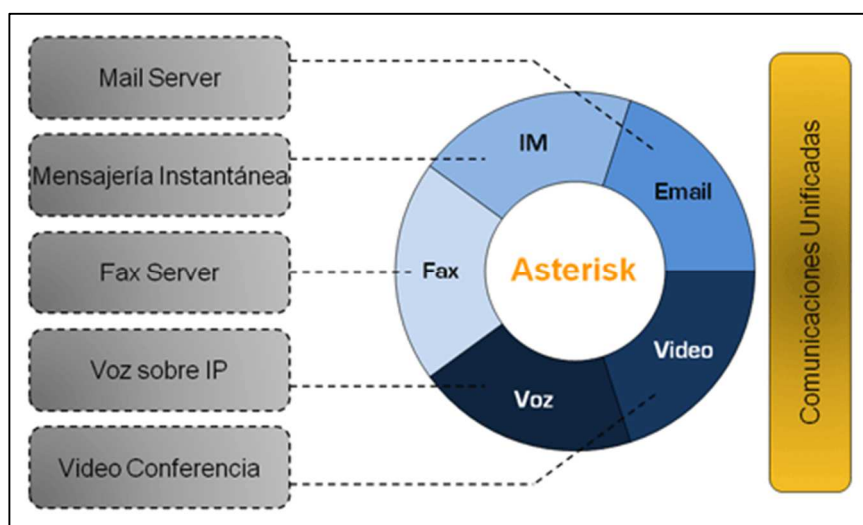


Figura 3.5. Esquema de la estructura de Elastix.  
Fuente: (Elastix, 2006)

En la Figura 3.5 se detalla en funcionamiento de Elastix como distribución de servidor de comunicaciones unificadas, tomando como núcleo a Asterisk y agregándole las funcionalidades descritas.

Es entonces que Elastix se convierte en una fuerte herramienta de integración de soluciones colaborativas para pequeñas y grandes empresas, destacando las siguientes características:

- Correo de voz
- FAX a email
- Soporte para Softphones
- Cuenta con una interfaz de configuración WEB
- Cuenta con salas de conferencias virtuales
- Permite la grabación de llamadas
- Cuenta con enrutamiento de bajo costo o Least-cost Routing (LCR).
- Cuenta con roaming para las extensiones de la central.
- Permite la interconexión entre PBXs
- Cuenta con identificación de llamadas

- CRM (Customer Relationship Management) o Sistema de gestión de clientes.
- Sistema de reportes avanzado.

### **3.3. Descripción del funcionamiento del sistema RoIP.**

En este apartado se realizará una descripción más detallada del funcionamiento del sistema a diseñar, teniendo como base el esquema de la Figura 3.1.

La estación de radio Yaesu 3200DR sintonizará la frecuencia de 147.03 [MHz]+600 [KHz] en VHF (banda de 2 m), por lo que cualquier radio móvil o estación radio móvil que se encuentre en esta frecuencia y en la cobertura del repetidor, lo activará. El sistema trabajará en modo dúplex, es decir tendrá dos canales, uno para la transmisión y otro para la recepción, es decir, las frecuencias 147.03 [MHz] y 147.63 [MHz] para transmisión y recepción respectivamente.

Una vez definida la comunicación de la estación de radio, se debe detallar el funcionamiento del sistema RoIP-102 en el cual, la señal PTT será enviada por la radio para ajustar el transceiver en modo de transmisión.

Continuando con el proceso la señal COR (Clase de Restricciones) permitirá conocer a los dispositivos de radio del sistema, que señales de audio dependen o provienen de la radio, por ende, en ausencia de esta señal (la mayoría de las radios no posee esta señal) se utilizará la señal VOX (Interruptor operado por voz) para permitirá detectar señales de voz entrantes en niveles, haciendo uso de retardos.

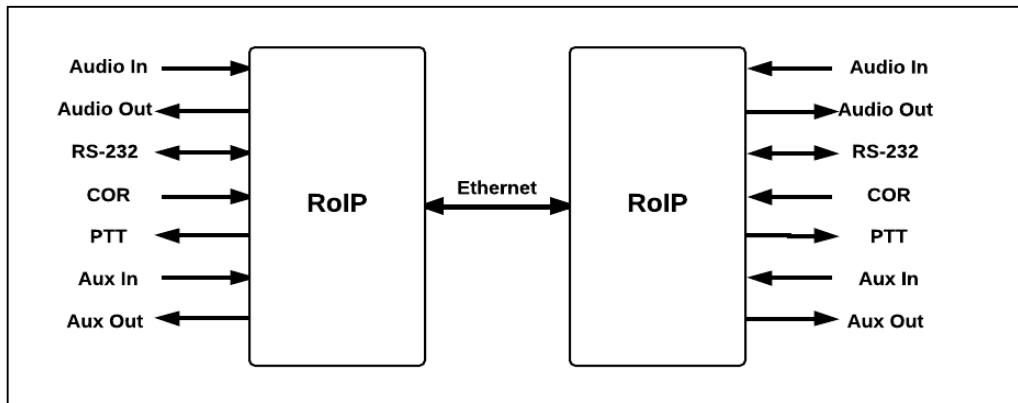


Figura 3.6. Señalización de comunicación del sistema RoIP.  
Fuente: Autor

En la Figura 3.6 se muestra el detalle de las señales utilizadas durante la comunicación vía RoIP en donde se empieza con la señal de audio de la estación de radio y esta a su vez es trabajada para identificar la frecuencia de repetidora, para luego en base a el COR y la señal PTT permitir la comunicación a doble vía entre dos puntos.

## **CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En este capítulo se analizarán las especificaciones técnicas de hardware y software en base a las cuales se realizará el diseño del sistema de radio sobre IP, en donde, adicionalmente se detallarán las configuraciones y los requerimientos mínimos para que el sistema pueda tener un desempeño óptimo.

### **4.1. Configuración de radio bases.**

Como primera fase se tiene como misión instalar y configurar un equipo radio base que sea capaz de integrarse al sistema alternativo de comunicaciones RoIP. Las radio-bases se ubicarán en las estaciones vinculadas al sistema de emergencia ECU911 en la provincia de Manabí para el cuerpo de bomberos. Se utilizará el siguiente diagrama de flujo:

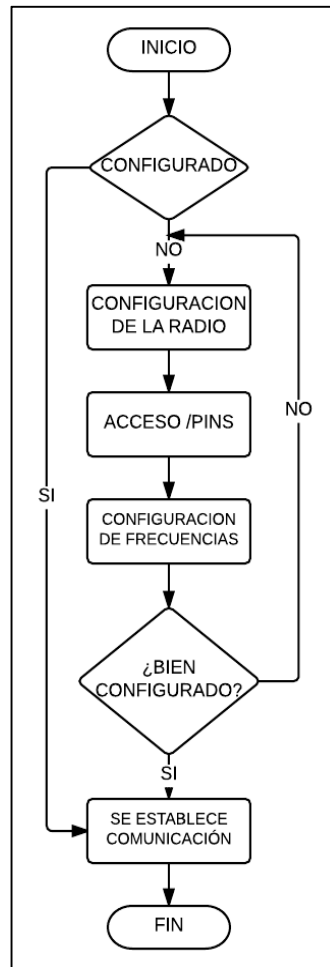


Figura 4.1. Diagrama del flujo de tareas para la configuración de la radio base.  
Fuente: Autor

En la Figura 4.1 se detalla el proceso a seguir en donde sí se valida la radio base configurada, se establece la comunicación directamente, mientras que si no está configurada se lo hace y se valida la frecuencia de trabajo de la radio para luego volver a validar que si este configurada y establecer la comunicación.

Posterior a esto se debe comprobar que la radio tenga ciertos parámetros de configuración de accesorio de pins, tal como se muestra a continuación:

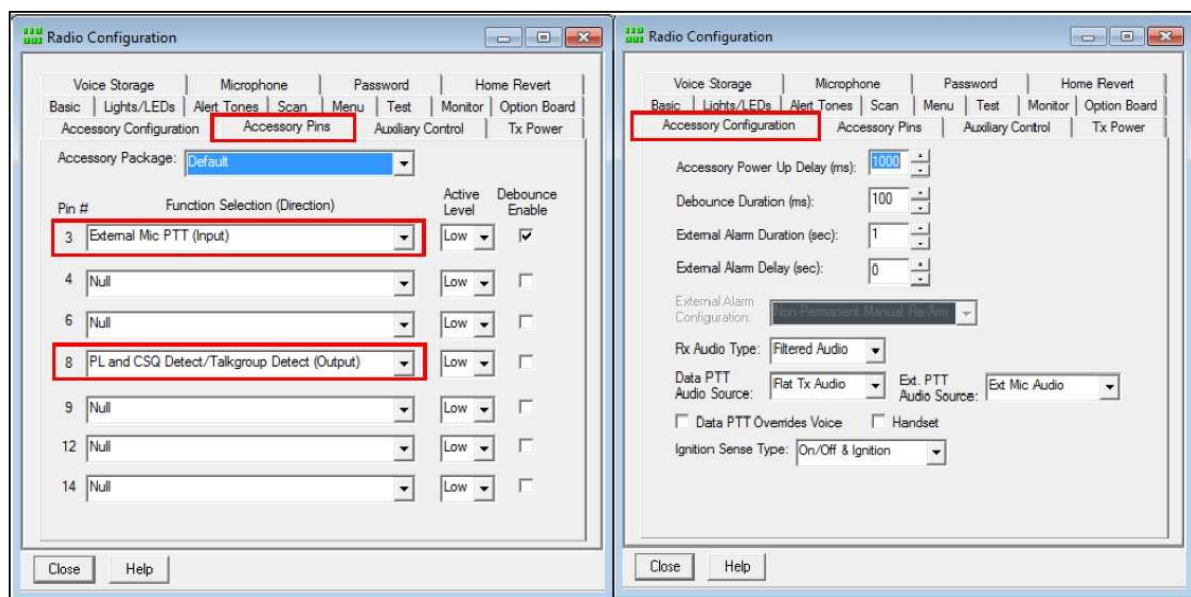


Figura 4. 2. Parámetros de configuración de accesorio y pins en radio base.  
Fuente: Autor

En la Figura 4.2 se detalla en el lado izquierdo la configuración de PINS en la radio base, es decir, paquetes de elementos o periféricos de la radio como micrófonos, auriculares y demás. Por otra parte, en el lado derecho se configuran los accesorios en la comunicación, es decir, parámetros de la transmisión de audio, como el tipo de transmisión, fuentes de datos de PTT, tiempos de alarmas, duración de rebotes, entre otros.

Posterior a esto se deben configurar las frecuencias de trabajo de la repetidora en donde la radio YAESU trabajará, es decir, se debe colocar la frecuencia de transmisión y recepción para que en función del doble canal (dúplex) se permita la interconexión de las diferentes estaciones base y dispositivos terminales de radio para el sistema integrado de RoIP del cuerpo de bomberos de la provincia de Manabí.

## 4.2. Configuración del sistema RoIP-102.

En esta fase del proceso se tiene como objetivo configurar el sistema RoIP para que permita fortalecer el despacho de recurso de primera respuesta de manera coordinada entre los diferentes destacamentos del cuerpo de bomberos y el EC9U11.

Como primer paso para la configuración del RoIP-102 se debe colocar de forma dinámica (DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol) el adaptador IPv4, para luego en un navegador acceder a la IP 192.168.8.1 (considerando configuración de fábrica) con la palabra **admin** de usuario y contraseña.



The screenshot shows the 'EasyPhone RoIP' web interface. On the left is a navigation menu with 'Status', 'Configurations', and 'Tools'. The main content area is titled 'Status' and contains two columns of information: 'Phone Information' and 'Network Information'. The 'Phone Information' column lists Serial Number (ROIP102T13041190), Firmware Version (ROIPT-1.01-8), Hardware Version (RoIP-1), and Group 1 Status (LOGIN). The 'Network Information' column lists Lan Port (10.160.254.132), Lan MAC (38:3F:10:00:E9:52), PC Port (192.168.8.1), PPPoE (Disabled), Default Route (10.160.254.253), and DNS Server (10.160.254.253). The interface is in Chinese, with '简体中文' in the top right corner.

Phone Information		Network Information	
Serial Number	ROIP102T13041190	Lan Port	10.160.254.132
Firmware Version	ROIPT-1.01-8	Lan MAC	38:3F:10:00:E9:52
Hardware Version	RoIP-1	PC Port	192.168.8.1
Group 1 Status	LOGIN	PPPoE	Disabled
		Default Route	10.160.254.253
		DNS Server	10.160.254.253

Figura 4.3. Ejemplo de vista previa del estado del RoIP-102.  
Fuente: Autor

En la Figura 4.3 se puede observar el menú de configuraciones del RoIP, en donde el 'Status' indica 'login' ya que la conexión está establecida (puede estar en 'logout' si no existe conexión al sistema), el LANPort indica la IP asignada al dispositivo y características generales como firmware, MAC, número de serie y servidores DNS.



<b>Status</b>  <b>Configurations</b> Preferences Network Call Settings PTT Settings Recorder Settings Broadcasting Settings Group Codec Settings Save Changes Discard Changes  <b>Tools</b>	<b>Preference</b> Language(语言) <input type="text" value="English"/> <input type="button" value="v"/> Time Zone <input type="text" value="GMT+8"/> Time Server <input type="text" value="pool.ntp.org"/>		<input checked="" type="checkbox"/> Auto Reboot Reboot Time <input type="text" value="04:00"/> <input type="checkbox"/> DDNS RoIP Registration Mode <input type="text" value="Proxy"/> <input type="button" value="v"/> <a href="#">Remote Control&gt;&gt;</a>
	<b>Network Configuration</b> LAN Port <input type="text" value="Static IP"/> <input type="button" value="v"/> PC Port <input type="text" value="Static IP"/> <input type="button" value="v"/> IP Address <input type="text" value="10.160.254.132"/> IP Address <input type="text" value="192.168.8.1"/> Subnet Mask(optional) <input type="text" value="255.255.255.128"/> Subnet Mask <input type="text" value="255.255.255.0"/> Default Route <input type="text" value="10.160.254.253"/> DHCP Server <input checked="" type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable Primary DNS <input type="text" value="10.160.254.253"/> Starting Address <input type="text" value="192.168.8.100"/> Secondary DNS(optional) <input type="text" value="10.160.254.253"/> Ending Address <input type="text" value="192.168.8.120"/> Static DNS(optional) <input type="text"/>		
	<b>Call Settings</b> <input checked="" type="radio"/> Group 1 <input type="button" value="Advanced&gt;&gt;"/> Group SIP Number <input type="text" value="2301"/> <input type="button" value="Media Settings&gt;&gt;"/> SIP Proxy <input type="text" value="10.160.254.131"/> Register Expiry(s) <input type="text" value="300"/> Authentication ID <input type="text" value="2301"/> Password <input type="text" value="*****"/> Auto Dial Number <input type="text"/> Hot Line Number <input type="text" value="2310"/>		

Figura 4.4. Ejemplo de configuración de red en el RoIP-102.  
Fuente: Autor

En la Figura 4.4 se detalla la ventana de configuraciones de red del RoIP, pudiendo establecer preferencias de lenguaje, huso horario, hora de reinicio y modo de registro RoIP. Por otra parte, se detalla la forma de asignación de la dirección IP en el puerto WAN y como se asigna al ordenador de control. Finalmente se detallan las configuraciones de llamada, como el número de grupo SIP (valor que idéntica cada RoIP, se recomienda usar el mismo valor de la extensión asignada al equipo), el proxy, el registro de vencimiento (por defecto 300), número de identificación (extensión creada en Elastix), contraseña, Hot Line que permite básicamente direccionar las comunicaciones hacia un teléfono IP en algún despacho (número al cual el RoIP realiza la llamada, en este caso número para comunicación con el ECU911 remotamente).

Luego de la configuración lógica del RoIP se debe configurar de forma física, es decir, se deben establecer las conexiones entre los

elementos del sistema RoIP para que permitan engancharse a las otras estaciones y permitir conexión directa hacia el sistema de seguridad ECU911.



Figura 4.5. RoIP-102 real sin conexiones.  
Fuente: (DAVANTEL, 2018)

En la Figura 4.5 se confirman los puertos que tiene el RoIP-102. Como ya se mencionó el puerto WAN lleva la conexión hacia internet, el puerto CHANNEL es dedicado para el conversor de RoIP (RJ11) y los puertos SWITCH y LAN libres. Es importante resaltar que cuando el LED de PTT al estar en rojo con parpadeo rápido, el sistema no tiene conexión alguna, por otra parte, si parpadea pausado, se tiene autenticación al sistema VoIP Elastix y cuando ya se encuentre en color verde indica que ya se encuentra establecida la conexión entre la radio base y el RoIP.

### **4.3. Cableado para conexión RoIP.**

Como siguiente paso se tiene que realizar el cableado del sistema RoIP, es decir, se tiene como objetivo cablear la conexión del RoIP

hacia la radio base, la cual permitirá a su vez la comunicación entre los otros dispositivos del sistema.

El primer aditamento que se requiere dentro de los componentes para el cableado de RoIP es el balanceador de ganancia el cual viene incluido dentro del paquete de RoIP-102 junto con 50 cm de cable UTP categoría 5e.

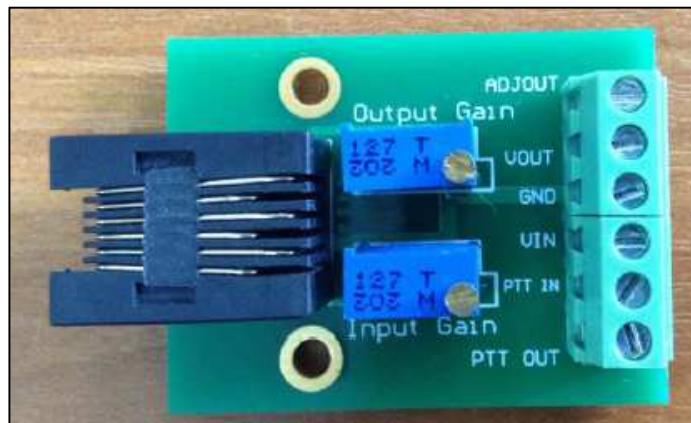


Figura 4.6. Balanceador de ganancia del RoIP-102.  
Fuente: (DAVANTEL, 2018)

En la Figura 4.6 se adjunta el balanceador de ganancia con el que se trabajará en el sistema RoIP, el cual tiene como función primordial redirigir el tráfico de tal forma que el camino dúplex no se sature y siempre mantenga una conexión estable para la trasmisión y recepción de comunicaciones de radio. Por otra parte, del balanceador de ganancia se tendrá una conexión hacia la salida de la radio base con un conector de 16 o 26 pines (de acuerdo con la salida de la radio base), estos se interconectarán como se describe en la figura a continuación:

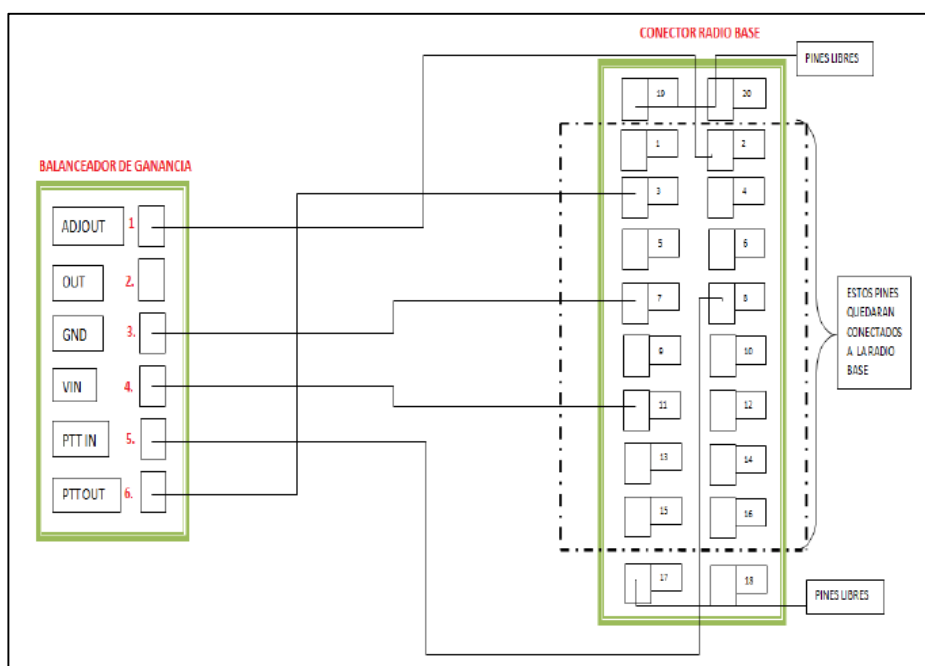


Figura 4.7. Configuración de pines de salida entre el conversor RoIP a la radio base.  
Fuente: Autor

En la Figura 4.7 se detalla la conexión entre el balanceador de carga hacia el conector de la radio base, en donde los pines de ADJUST, PTT IN y PTT OUT son los que controlarán la sensibilidad, señal para conversión de la radio a modo de transmisión tanto para la entrada como la salida respectivamente.

#### 4.4. Configuración de ASTERISKNOW en el sistema RoIP.

La plataforma ASTERISKNOW es un paquete de ASTERISK para la creación de una central telefónica PBX en un computador, la cual, entre otras cosas, cuenta con su propia interfaz de usuario, componentes de depuración y paquetes de creación de centrales telefónicas, todo basado en Linux. En el computador donde se

establecerá la central, se debe subir el ISO de ASTERISKNOW al servidor, una vez realizado esto se tendrán las siguientes opciones:

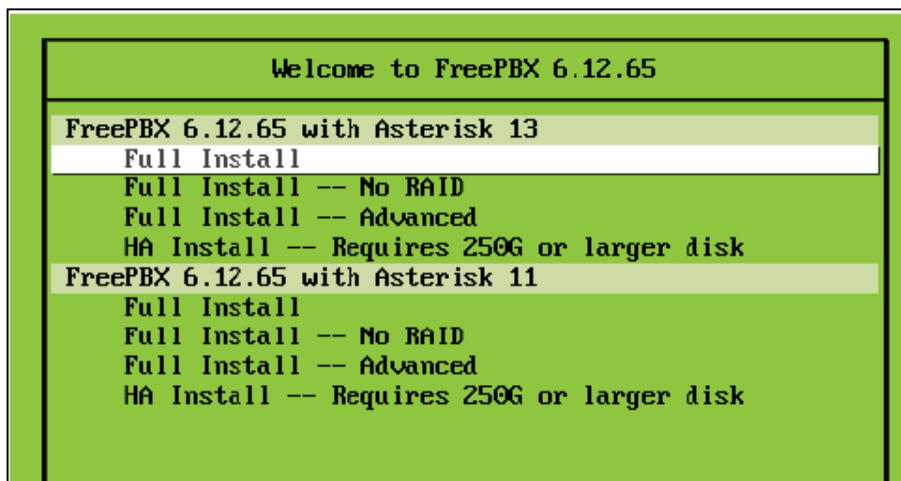


Figura 4.8. Ventana de inicio para instalación de ASTERISKNOW.  
Fuente: Autor

En la Figura 4.8 se muestra la ventana principal de instalación del paquete de PBX de Asterisk. Se debe escoger la opción de FULL INSTALL para que se instalen todos los paquetes y complementos de ASTERISKNOW.

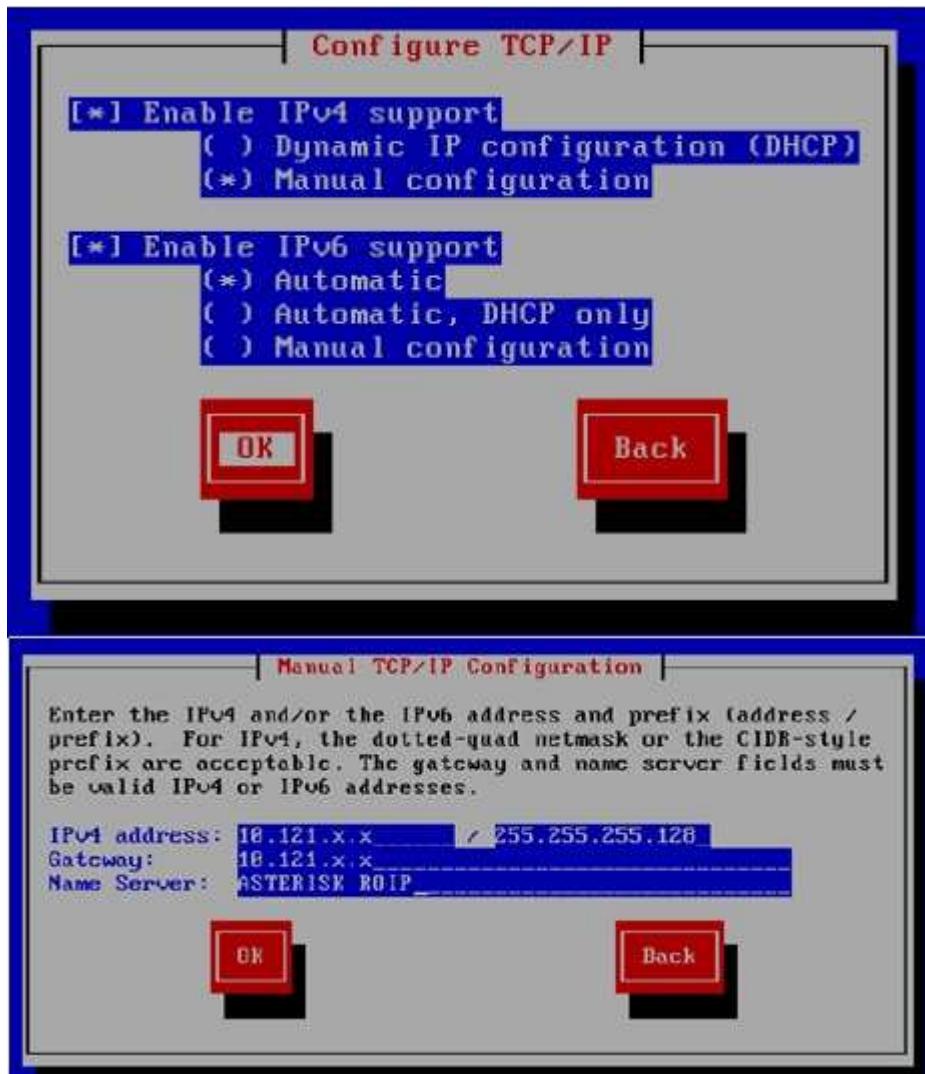


Figura 4.9. Ventana de configuración del protocolo TCP/IP v4.  
Fuente: Autor

En la Figura 4.9 se muestra que la configuración de IPv4 debe estar seleccionada como manual y posterior a esto, se debe ingresar la IP del servidor, junto con la máscara de subred y la puerta de enlace predeterminada (Gateway).

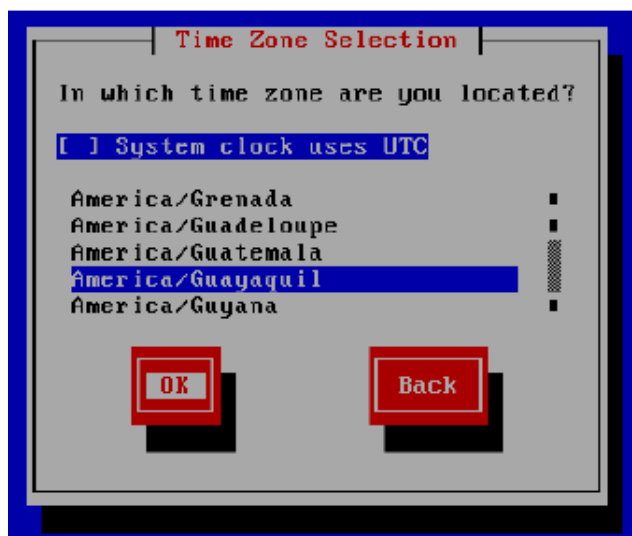


Figura 4.10. Ventana de configuración del huso horario.  
Fuente: Autor

En la Figura 4.10 se observa la ventana de configuración para la zona o huso horario, en la cual se escogerá (de acuerdo con el modelo de RoIP) la opción de América/Guayaquil.

Con esto solo se deberá configurar una contraseña raíz o root password para poder acceder al servidor. Luego se terminará de instalar y el equipo se reiniciará solo. Seguido se deberá configurar el administrador PBX, el cual se lo realizará en la opción FreePBX Administration, tal como se muestra en la Figura 4.11.



Figura 4.11. Ventana de selección de configuraciones luego de instalación.  
Fuente: Autor

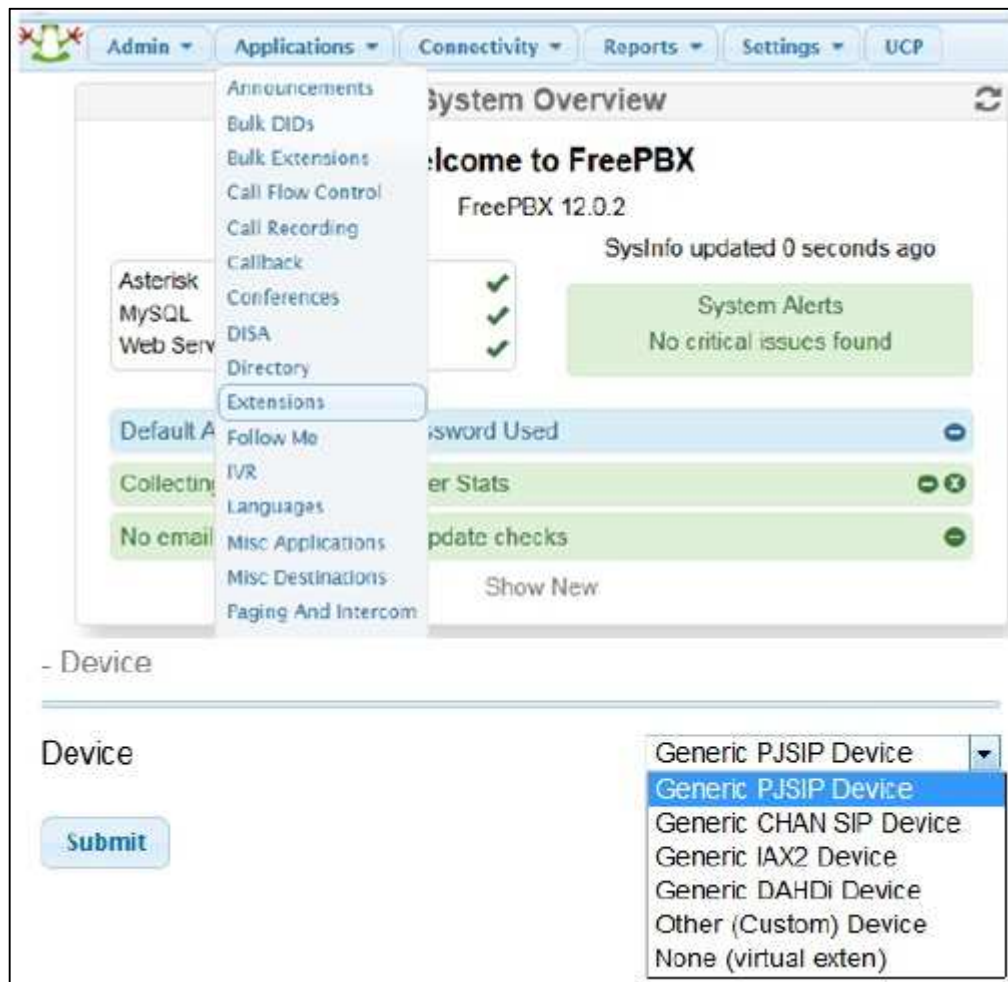


Figura 4.12. Ventana de configuración de la central telefónica en ASTERISKNOW.  
Fuente: Autor

En la Figura 4.12 se muestra la ventana de configuración del PBX, en donde, como primera parte en la pestaña de aplicaciones de configura en la opción de EXTENSIONS, todas las extensiones a utilizar en la central. Por otra parte, se debe seleccionar el dispositivo genérico PJSIP (PJSIP es un archivo de texto compuesto de la mayoría de los archivos de configuración de Asterisk).



```
[root@localhost ~]# cd /etc/asterisk/
[root@localhost asterisk]# nano sip_nat.conf

nat=yes
externhost=190.x.x.x
localnet=10.121.0.0./255.255.0.0
qualify=yes
externrefresh=120
```

Figura 4.13. Configuración del servidor vía SSH.  
Fuente: Autor

En la Figura 4.13 se muestran los comandos de configuración vía SSH en el servidor. Se debe ingresar al directorio de configuración de servicios de Asterisk (usando **cd/etc/Asterisk/**) para luego usar el comando **nano sip\_nat.conf** con el cual se configurará la NAT y se conectará a la central telefónica. Luego, se debe configurar la IP publica en **externhost**, y la IP de red donde se encuentra el servidor en **localnet**.

Finalmente se deberá configurar lo mismo en ASTERISK SIP CONFIGURATION, en la ventana del navegador tal como se muestra en la Figura 4.14 y luego se usará el comando **reboot** en el terminal SSH para que se apliquen las configuraciones realizadas.

NAT Settings

These settings apply to both chan\_sip and chan\_pjsip.

External Address ?

Local Networks ?  /

Figura 4.14. Ventana de configuración de NAT en ASTERISKNOW.  
Fuente: Autor

## 4.5. Configuración del servidor VoIP ELASTIX.

En esta parte del diseño del sistema se tiene como objetivo describir los lineamientos y procesos tecnológicos a seguir dentro del plan para la implementación de una solución VoIP a través del servidor ELASTIX.

Como primer paso se debe descargar la distribución de ELASTIX, posterior a esto al ser basado en Linux se puede optar por instalarlo de modo grafico o modo texto (mismos pasos). Se debe particionar el disco, ya que, al ser una instalación desde cero se debe escoger la opción que elimine todos los datos previos tal como se muestra en la Figura 4.15.

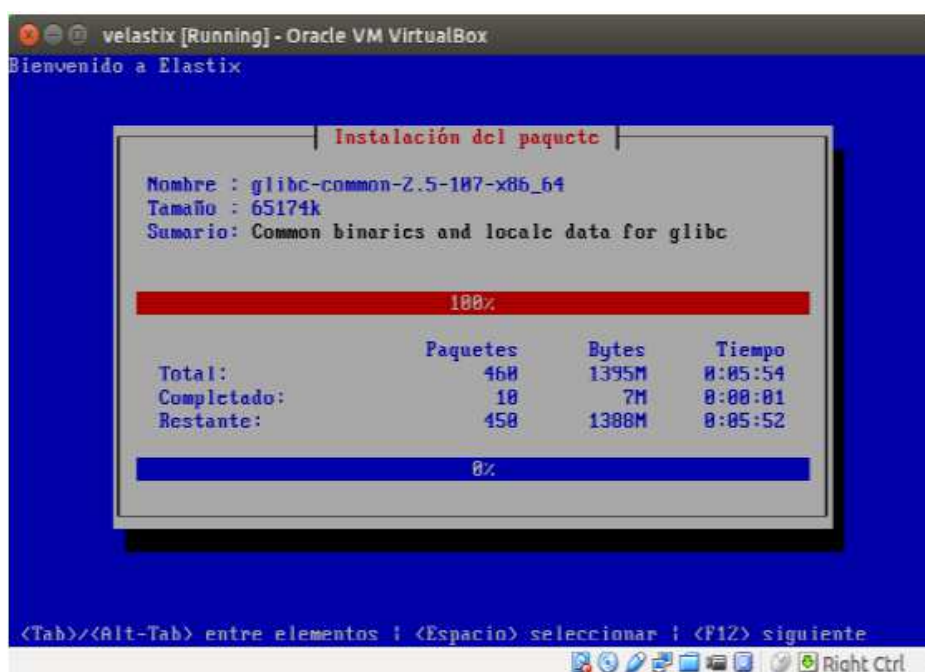


Figura 4.15. Ventana de instalación para el particionamiento del disco.  
Fuente: Autor

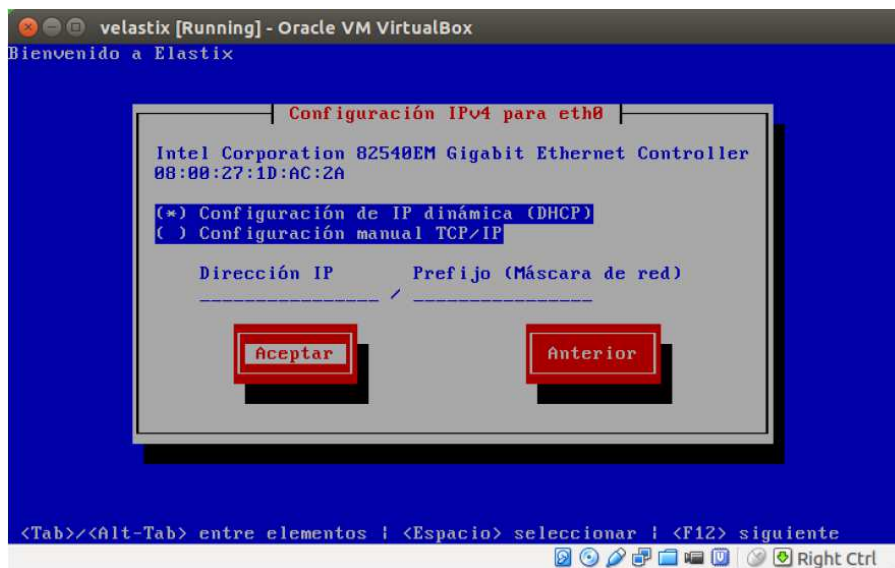


Figura 4.16. Ventana de configuración de la tarjeta de red.

Fuente: Autor

En la Figura 4.16 se muestra la ventana de configuración de la tarjeta de red del servidor, en donde se debe activar y configurar IPv4 de acuerdo con los parámetros que indique el administrador de red. Se debe establecer la dirección IP, máscara de subred, puerta de enlace, servidor DNS y el dominio a utilizar que en este caso es Elastix.com.

Luego de esto se realizan configuraciones básicas como la zona horaria, contraseña raíz, etc., finalmente se deberá esperar que finalice el proceso de instalación para poder reiniciar ELASTIX PBX.

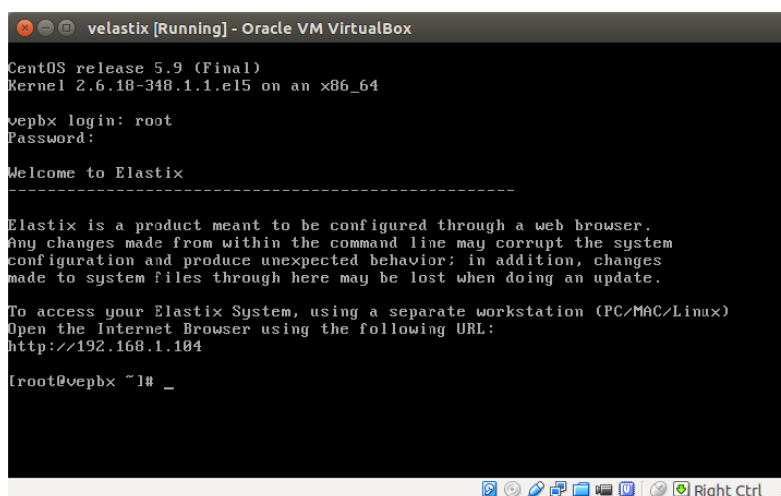


Figura 4.17. Ventana de acceso a root ELASTIX.

Fuente: Autor

En la Figura 4.17 se muestra la ventana de acceso al root de ELASTIX en donde se debe habilitar la cuenta ROOT de MySQL e ingresar con la contraseña de raíz previamente configurada durante la instalación. Una vez que se ingrese al root, el sistema mostrará la dirección IPv4 con la cual se accederá a la interfaz web de ELASTIX.



Figura 4.18. Ventana de acceso a interfaz web de ELASTIX.  
Fuente: Autor

En la Figura 4.18 se observa la ventana de acceso a la interfaz web de configuración de ELASTIX con la dirección IP provista mediante el acceso root del paso anterior.

En la interfaz web se realiza la configuración completa de la central IP que permite crear ELASTIX, ofreciendo varios servicios según los requerimientos del sistema que se esté diseñando o en su defecto implementando. De forma particular para el caso de estudio, proveer de un sistema de comunicación a las diferentes estaciones de bomberos en la provincia de Manabí y que estas no solo se interconecten entre sí, sino que también permitan tener comunicación directa con el ECU911 como organismo de auxilio inmediato tanto de alerta como de gestión de la situación de riesgo que se presente.

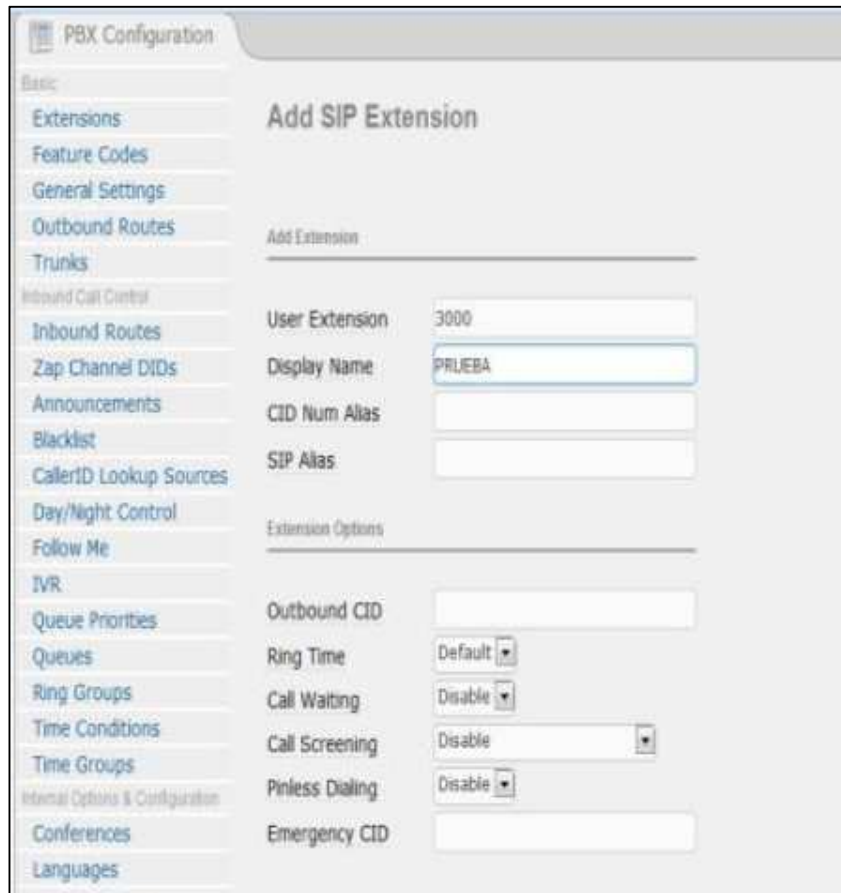


Figura 4.19. Ventana de configuración de extensiones para la central.  
Fuente: Autor

En la Figura 4.19 se detalla la ventana de ELASTIX para la configuración de las extensiones que tendrá la central telefónica. En la opción PBX del menú principal se escoge la sub-opción Ad dan extensión y se deja por defecto la opción **Device: Generic SIP Device**.

Luego de configurar todas las extensiones se debe dar clic en el botón Submit para guardar y crear las extensiones. Lo siguiente es colocar los valores propios de cada extensión como **user Extension** (número de extensión del usuario), **Display Name** (nombre de la extensión), **Secret** (contraseña asignada para la extensión la cual debe coincidir con el teléfono IP, RoIP, softphone, etc.) y por último en la opción de **DTMF** (Dual-Tone Multi-Frequency) o marcación por tonos en donde

por defecto se ubicará RFC2833 (Request for Comments de las características y funcionamiento de DTMF) y en caso de los equipos RoIP se colocará info, tal como se muestra en la Figura 4.20.

Assigned DID/CID	
DID Description	<input type="text"/>
Add Inbound DID	<input type="text"/>
Add Inbound CID	<input type="text"/>
Device Options	
This device uses sip technology.	
secret	<input type="text" value="[REDACTED]"/>
dtmfmode	rfc2833 <small>Se puede usar: info o rfc2833</small>
canreinvite	no
context	from-internal
host	dynamic
type	friend
nat	yes
port	5060
qualify	yes
callgroup	<input type="text"/>
pickupgroup	<input type="text"/>

Figura 4. 20. Ventana de configuración de los parámetros de las extensiones de la central en ELASTIX.

Fuente: Autor

## CONCLUSIONES

Luego de realizada la descripción, diseño y explicación de la configuración de los elementos del sistema RoIP se pudo concluir que:

Solucionar problemáticas básicas como la comunicación en una sociedad implica en la actualidad el uso de la tecnología, es así como se pudo integrar tecnologías de radio y de voz sobre internet para consensuar en un sistema autónomo y eficiente para la oportuna comunicación entre los diferentes puntos donde se lo pueda implementar.

Utilizar frecuencias en las bandas de VHF y UHF permite tener un mayor índice de comunicación entre los puntos del sistema debido a la distancia con la que se puede trabajar en base a la longitud de onda de dichas frecuencias, permitiendo así un correcto enlace entre las radio-bases y los dispositivos terminales de radio y de voz en la provincia de Manabí.

Se pudo comprobar que haciendo uso de herramientas de software libre se pueden obtener sistemas de alta gama con un bajo costo y manteniendo la calidad y la robustez de los sistemas de comunicación de VoIP y de RoIP, sin importar la cantidad de nodos que se tenga en el sistema diseñado.

Es importante tomar en cuenta que el sistema RoIP para el cuerpo de bomberos de la provincia de Manabí, puede ser integrado sin mayores esfuerzos hacia cualquier sistema de respuesta inmediata a desastres naturales como lo son el ECU911, quien a nivel nacional permite monitorear las actividades de emergencia que se susciten a nivel nacional, siendo de manera particular en la ciudad de Manabí una gran herramienta para la detección y solución oportuna de las situaciones que se presenten.

## RECOMENDACIONES

En base a lo ya descrito en el desarrollo del proyecto y lo concluido en la sección anterior, se plantean las siguientes recomendaciones:

Para el correcto uso de los elementos de hardware y software se recomienda revisar adecuadamente los manuales y guías explicativas, tanto de instalación como de uso para mejorar la experiencia de manejo durante la implementación del sistema RoIP.

Tener conocimiento de las bandas de frecuencias disponibles para una correcta apreciación y uso del espectro en las zonas en donde se desarrollaría el proyecto descrito.

Como recomendación primordial, se debe conocer profundamente el sistema de monitoreo del ECU911 para que el sistema RoIP que se desea implementar pueda acoplarse de forma adecuada a lo que ya se tiene actualmente como sistema integrado de vigilancia y monitoreo, no solo de situaciones de desastre, si no también, de la seguridad ciudadana.

A medida que se vaya implementando el sistema RoIP se recomienda ir realizando la migración de tecnología, en lo que respecta a las radio bases en la provincia de Manabí, para de esta forma, a medida que se utilizan nuevas tecnologías, se pueda ir disminuyendo la brecha digital.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahson, S. A., & Ilyas, M. (2008). *SIP Handbook: Services, Technologies, and Security of Session Initiation Protocol* (1st ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Ahson, S., & Mohammad, I. (2009). *VoIP Handbook: Applications, Technologies, Reliability, and Security* (1st ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Androulidakis, I., Gan, W., Kuo, C., Zheng, T., & Barni, M. (2016). *SpringerBriefs in Electrical and Computer Engineering*. Suiza: Springer.
- Bern, D., & Keith, E. (2012). High-Speed Wireless Networking in the UHF and Microwave Bands. *Montgomery Amateur Radio Club*, 4-12. Obtenido de <https://www.tapr.org/pdf/DCC2014-High-Speed-Wireless-Networking-UHF-Microwave-Bands-W2LNX.pdf>
- Bhargava, B. (2000). *Digital Libraries and Multimedia*. Boston: Springer.
- Bhatia, B. (2015). Workshop on the preparations for WRC-15. *ITU Inter-regional Workshops on WRC-15 Preparation*. India: ITU.
- Blaschka, J. (2008). Radio over IP: A Technician's guide to the technology. *2008 APCO Summer* (págs. 2-26). Wenatchee: ADCOMM Engineering.
- Camarillo, G. (2001). *SIP Demystified*. New York: McGraw-Hill.
- Chinaskyline. (2011). Cross-Network Gateway (Radio,VoIP,Public Announce) - User Manual. Shenzhen: China Skyline Telecom. Obtenido de <http://www.chinaskyline.net/uploadfile/2017/0505/20170505112320696.pdf>

- Diaz Galache, A. (2013). *Voipelia Phone Reloaded*. Obtenido de VoIP: Breve Analisis de los Servidores SIP IV: <https://www.voipelia.com/servidores-sip-iv/>
- Digium. (2007). *Get Started. Asterisk.org*. Obtenido de <https://www.asterisk.org/get-started>
- Du, K.-L., & Swamy, M. (2010). *Wireless Communication Systems: From RF Subsystems to 4G Enabling Technologies* (2nd ed.). Leiden: Cambridge.
- Elastix. (2006). *El PBX IP que elimina los costos de viaje y llamadas en un 70%*. Obtenido de Elastix Freedom to Communicate: [www.elastix.org/es/pbx-ip/](http://www.elastix.org/es/pbx-ip/)
- Ghasemi, A., Abedi, A. G., & Farshid. (2012). *Propagation Engineering in Radio Links Design* (2012 ed.). Luxemburgo: Springer. doi:10.1007/978-1-4614-5314-7\_4
- Gustrau, F. (2013). *RF and Microwave Engineering: Fundamentals of Wireless Communications*. Hoboken (Nueva Jersey): Wiley.
- ICOM. (2002). *Equipos Para Organismos de Emergencia*. Obtenido de R.O.I.P: <http://www.equipos.cl/icom/emergencia/roip.html>
- Palacios Meléndez, E., & Cordova Rivadeniera, L. (2015). Sistema de adquisición de señales digitales. *Redalyc*, 11-17.
- Pratesi, M. (2001). *ITU Regions Map*. Obtenido de EI8IC's Ham Radio: <http://www.mapability.com/ei8ic/maps/regions.php>
- Rajani, V. (2015). Obtenido de Bandas armonizadas a nivel regional: <https://www.itu.int/net/ITU-R/index.asp?category=information&rlink=emergency-bands&lang=es>
- Riofrío, A. (2015). *Solución basada en RoIP (Radio over IP) como sistema alternativo o complementario para servicios troncalizados de misión*

*crítica (Maestría)*. Quito: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.

Sabando C., J. (2011). *Fundamentos de Comunicaciones Inalámbricas*. México: Pearson Educación.

Sanjoy, P. (2013). *Multicasting on the Internet and its Applications* (1st ed.). Dordrecht: Springer US. doi:10.1007/978-1-4615-5713-5

Schulzrinne, H., & Rosenberg, J. (2001). *Instytut Telekomunikacji*. Obtenido de ADVANCED SIGNALING AND CONTROL IN NEXT GENERATION NETWORKS: <http://www.tele.pw.edu.pl/~mareks/auims/The%20Session%20Initiation%20Protocol.pdf>

Segura Briones, D. (2010). Análisis De Factibilidad Para La Utilización De Cognitive Radio (Radio Cognoscitiva) En Las Radiocomunicaciones Necesarias Para Casos De Emergencia En El Ecuador. Quito, Pichincha: Escuela Politécnica Nacional.

Shishkin, A. V. (2012). Identification of radiotelephony transmissions in VHF band of maritime radio communications. *Radioelectronics and Communications Systems*, 482-489. doi:10.3103/s0735272712110027

Stephens, A., & P., C. (2001). SIP and H.323 — Interworking VoIP Networks. *BT Technology Journal*, 119-127. doi:doi:10.1023/a:1011328128376

Straw, D. (2009). *The ARRL antenna book*. Newington: The American Radio Relay League.

Syscom. (2011). *SYSCOM - Todo en Sistemas de Emergencia, Seguridad y Comunicación*. Obtenido de <https://www.syscom.mx/producto/G7-150-1-HUSTLER-17201.html>

Weik, M. (2001). *Computer Science and Communications Dictionary* (6th ed.). Dordrecht: Springer US.

YAESU. (2011). *YAESU The Radio*. Obtenido de <https://www.yaesu.com/indexVS.cfm?cmd=DisplayProducts&ProdCatID=249&encProdID=1C299659CDFD4B56DDBBA4BA23026510&DivisionID=65&isArchived=0>



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Vélez Casanova Jimmy Patricio**, con C.C: # **1308913365** autor/a del trabajo de titulación: **Análisis de un sistema de radio sobre IP (ROIP RADIO OVER IP) para fortalecer la comunicación entre los Cuerpos Bomberos de la Provincia de Manabí**, previo a la obtención del título de **Magíster en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 20 de noviembre de 2018

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Vélez Casanova Jimmy Patricio**

C.C: **1308913365**



<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis de un sistema de radio sobre IP (ROIP RADIO OVER IP) para fortalecer la comunicación entre los Cuerpos Bomberos de la Provincia de Manabí		
<b>AUTOR(ES)</b>	Vélez Casanova Jimmy Patricio		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR</b>	MSc. Orlando Philco Asqui; MSc. Celso Bohórquez Escobar / MSc. Luis Córdova Rivadeneira		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Sistema de Posgrado		
<b>PROGRAMA:</b>	Maestría en Telecomunicaciones		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Magister en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	Guayaquil, 20 de noviembre de 2018	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	<b>75</b>
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Sistema VoIP, Sistemas RoIP, Protocolos, Topologías, Antena Hustler, Radio Yaesu, Asterisk, ELASTIX		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	VoIP, RoIP, Radiofrecuencia, protocolo SIP, Sistema de comunicación, ECU911		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>El presente trabajo de titulación consiste en el diseño y simulación de una alternativa de implementación de un sistema de telecomunicaciones de radio, que tiene integrado la tecnología de voz sobre IP (VoIP), con el fin de proveer al Cuerpo de Bomberos de la provincia de Manabí de un sistema de comunicación con muy buena cobertura y tecnología, capaz de desarrollar grandes beneficios en la interacción de los diferentes destacamentos de esta institución, todo a través de una central telefónica IP y estaciones de radio frecuencia, integrados en una sola red mediante el protocolo SIP. Es importante destacar el hecho de que el mantener una central telefónica de software libre permite a su vez, llevar a cabo funcionalidades que con otro tipo de plataformas serían privativas y no permitirían un sistema escalable, ya que, durante una implementación de prueba puede que se tenga que adicionar ciertas funcionalidades o equipos. Posteriormente el sistema a desarrollar (RoIP) tendrá como principal característica la capacidad de gestionar acciones directamente con el sistema ECU911, el cual, al ser un sistema de primera respuesta, permitirá un mejor manejo de situaciones de riesgo emergentes, si así fuera el caso.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 0982517438	<b>E-mail:</b> dinivelez@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Romero Paz Manuel de Jesús		
	<b>Teléfono:</b> +593-994606932		
	<b>E-mail:</b> manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			

<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>	
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>	