



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ QUE
ADAPTE UNA SEÑAL DE EMERGENCIA DE TELEVISIÓN DIGITAL A
LA RED DE TELEFONÍA IP DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS
ARMADAS - ESPE**

AUTORA: SAMBRANO VELASCO, YESLIE NASHALY

DIRECTOR: MSc: ACOSTA BUENAÑO, FREDDY ROBERTO

SANGOLQUÍ

2019



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ QUE ADAPTE UNA SEÑAL DE EMERGENCIA DE TELEVISIÓN DIGITAL A LA RED DE TELEFONÍA IP DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE” fue realizado por la señorita SAMBRANO VELASCO, YESLIE NASHALY el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 23 de octubre de 2019

Ing. Freddy Roberto Acosta Buenaño

C.C. 170943988-7



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **SAMBRANO VELASCO, YESLIE NASHALY**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ QUE ADAPTE UNA SEÑAL DE EMERGENCIA DE TELEVISIÓN DIGITAL A LA RED DE TELEFONÍA IP DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 23 de octubre de 2019



Yeslie Nashaly Sambrano Velasco

C. C. 172694526-2



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **SAMBRANO VELASCO, YESLIE NASHALY**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ QUE ADAPTE UNA SEÑAL DE EMERGENCIA DE TELEVISIÓN DIGITAL A LA RED DE TELEFONÍA IP DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 23 de octubre de 2019

Yeslie Nashaly Sambrano Velasco

C. C. 172694526-2

DEDICATORIA

Todo proceso tiene un resultado y toda siembra tiene una cosecha; la culminación de mi carrera universitaria es el fruto del trabajo y el apoyo de mi familia, es por ello que quiero dedicarles este logro a mis padres y hermanos, ya que siempre me han brindado el aliento y la fuerza para no desistir y lograr esta meta. ¡Quiero expresarles toda mi gratitud y admiración!

¡Con mucho amor, esto es para ustedes!

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Diosito porque este logro es el resultado de su ayuda, por ser mi refugio en los peores momentos, por demostrarme que todo pasa por algo y por enseñarme a creer. Agradezco a mis padres por ser los promotores principales de mis sueños, por ser mi guía, por el apoyo incondicional que recibí durante mi carrera universitaria, por el esfuerzo y el sacrificio que día a día hicieron para ayudarme a cumplir mi meta, y principalmente por enseñarme a perseverar, y a que de a poco, trabajando duro se pueden conseguir grandes cosas. Agradezco a mis hermanos Rory y Johanna, por formar parte de este logro, por hacerme anhelar ser algún día como ellos, por estar conmigo, apoyarme y por el tiempo que siempre destinan para ayudarme ante cualquier dificultad. Agradezco a mis profesores y en especial a mi tutor por toda su ayuda en la etapa final de este proceso, y por brindarme aportes que son invaluableles y que me servirán toda la vida. Finalmente agradezco a todos mis amigos de la universidad, el baile y el trabajo, por formar parte de este proceso, por todas las experiencias vividas y por todas las que aún nos quedan por vivir.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	
GENERALIDADES	
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación e Importancia	4
1.3. Alcance del Proyecto.....	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. General	6
1.4.2. Específicos.....	7
1.5. Trabajos Relacionados	7
1.6. Organización del Trabajo.....	9
1.6.1. Primer Capítulo	9
1.6.2. Segundo Capítulo	9

1.6.3. Tercer Capítulo	10
1.6.4. Cuarto Capítulo	10
1.6.5. Quinto Capítulo	10

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Televisión Digital Terrestre (TDT)	11
2.1.1. Estándares de la Televisión Digital Terrestre.....	11
2.1.2. ISDB-Tb	12
2.1.3. Beneficios de la TDT.....	13
2.2. Sistemas de Alerta Temprana.....	13
2.2.1. Componentes de un Sistema de Alerta Temprana.....	14
2.2.2. Beneficios de los Sistemas de Alerta Temprana	15
2.2.3. Sistema de Alerta de Emergencia en el Estándar ISDB-T	15
2.3. Emergency Warning Broadcasting System (EWBS).....	16
2.3.1. Códigos de Advertencia de Emergencia.....	17
2.3.2. Códigos de Área	20
2.3.3. EWBS para la Radiofusión Digital.....	22
2.3.4. Funcionamientos del EWBS.....	24
2.4. Telefonía IP	26
2.4.1. Antecedentes.....	26
2.4.2. Definición	27
2.4.3. Voz sobre IP (VoIP)	28
2.4.4. Arquitectura.....	28
2.4.5. Componentes de un Sistema de Telefonía IP	32

2.4.6. Protocolos de Señalización.....	33
2.5. Asterisk	43
2.5.1. Arquitectura.....	44
2.5.2. Organización de los Ficheros	45
2.5.3. Configuración	46
2.6. CUCM.....	47
2.7. Informacast.....	48
2.8. Python	49
2.8.1. Archivos de Llamadas	50
2.9. Raspberry Pi.....	52
2.9.1. Componentes	53

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Materiales.....	60
3.2. Instalación y Configuración del Servidor de Telefonía IP (Asterisk).....	60
3.2.1. SIP.conf	61
3.2.2. Extensions.conf	62
3.3. Detección de la Señal EWBS.....	64
3.3.1. Configuración del EBWS en el Decodificador	64
3.3.2. Programación en Python.....	64
3.4. Funcionamiento del Proyecto.....	65

CAPÍTULO IV

OBTENCIÓN DE RESULTADOS

4.1. Escenario N° 1	68
---------------------------	----

4.2. Escenario N° 2.....	69
4.3. Escenario N° 3.....	70
4.4. Escenario N°4.....	72

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. Trabajos Futuros.....	76
5.2. Conclusiones	76
REFERENCIAS	78

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Difusión de los sistemas de televisión digital terrestre en el mundo.	12
<i>Figura 2.</i> Configuración del EWBS.	17
<i>Figura 3.</i> Configuraciones de señal de inicio de las Categoría I y II.	18
<i>Figura 4.</i> Configuraciones de la señal de finalización.	18
<i>Figura 5.</i> Estructuras del TS, PMT y el Descriptor de Información de Emergencia.	23
<i>Figura 6.</i> Actores necesarios para el funcionamiento del EWBS.	25
<i>Figura 7.</i> Llamada IP entre computadoras.	29
<i>Figura 8.</i> Ruta de llamada desde una computadora a un teléfono convencional.	30
<i>Figura 9.</i> Ruta de llamada entre teléfono IP y convencional.	31
<i>Figura 10.</i> Ruta de llamada entre teléfono IP y computador.	32
<i>Figura 11.</i> Pila de protocolos H.323.	33
<i>Figura 12.</i> Pila de protocolos SIP.	37
<i>Figura 13.</i> Ejemplo de funcionamiento de un Servidor Proxy.	38
<i>Figura 14.</i> Ejemplo de comunicación a un Servidor de Redireccionamiento.	39
<i>Figura 15.</i> Proceso de comunicación con un Servidor de Registro.	40
<i>Figura 16.</i> Envío de mensajes IAX entre dos terminales.	41
<i>Figura 17.</i> Raspberry Pi 3 Modelo B.	52
<i>Figura 18.</i> SoC de la Raspberry Pi.	53
<i>Figura 19.</i> RAM de la Raspberry Pi.	54
<i>Figura 20.</i> Módulo de radio de la Raspberry Pi.	54
<i>Figura 21.</i> Circuito integrado de administración de energía de la Raspberry Pi (PMIC).	55

Figura 22. Puertos USB de la Raspberry Pi.	55
Figura 23. Puerto Ethernet de la Raspberry Pi.	56
Figura 24. Conector AV de 3.5 mm de la Raspberry Pi.	56
Figura 25. El conector de la cámara de la Raspberry Pi.	57
Figura 26. Puerto HDMI de la Raspberry Pi.	57
Figura 27. Puerto de alimentación micro USB de la Raspberry Pi.	58
Figura 28. El encabezado de GPIO de la Raspberry Pi.	58
Figura 29. Diagrama de Flujo de la programación realizada en Python.	65
Figura 30. Diagrama de red de telefonía IP de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE...	66
Figura 31. Diagrama de interconexión entre la interfaz y la red IP.	66
Figura 32. Emisión de la Señal de EWBS a través del Informacast.	67
Figura 33. Escenario de Pruebas N° 1.	68
Figura 34. Escenario de Pruebas N° 2 (Fase 1).	69
Figura 35. Escenario de Pruebas N° 2 (Fase 2).	70
Figura 36. Escenario de Pruebas N° 3 (Fase 1).	71
Figura 37. Escenario de Pruebas N° 3 (Fase 2).	72
Figura 38. Escenario de Pruebas N° 4.	73
Figura 39. Código QR para visualizar un video del funcionamiento del proyecto.	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Configuración detallada del código según las señales de inicio y fin del EWBS.</i>	19
Tabla 2 <i>Activación de cada categoría definida para el EWBS según el evento.</i>	20
Tabla 3 <i>Ejemplos de Códigos de País para la Señal EWBS.</i>	21
Tabla 4 <i>Códigos de Área para la Configuración del EWBS en Ecuador – Pichincha.</i>	21
Tabla 5 <i>Estándar EWBS del Descriptor de Información.</i>	22
Tabla 6 <i>Notas para la Figura 5.</i>	24
Tabla 7 <i>Comparación entre los protocolos SIP e IAX.</i>	43
Tabla 8 <i>Archivos donde se guarda la información de Asterisk.</i>	46
Tabla 9 <i>Funcionalidad de Archivos de Asterisk.</i>	47
Tabla 10 <i>Configuración de un Usuario Asterisk.</i>	61
Tabla 11 <i>Configuración de un Usuario CISCO dentro de Asterisk.</i>	62
Tabla 12 <i>Configuración del número de prueba propio de la Central Asterisk.</i>	62
Tabla 13 <i>Configuración del número de prueba propio de la Central IP CISCO.</i>	63
Tabla 14 <i>Configuración del número del Informacast de la Central IP CISCO.</i>	63
Tabla 15 <i>Código de Área de país y cantón para Ecuador y Rumiñahui.</i>	64

RESUMEN

El Ecuador al ser parte de los denominados “Cinturón de Fuego del Pacífico” y “Cinturón de Bajas Presiones”, se encuentra situado en una de las zonas más propensas a sufrir amenazas sísmicas, volcánicas e hidrometeorológicas, lo que hacen que al mismo se lo pueda catalogar como un país con una elevada vulnerabilidad. Es por ello que ante una de estas amenazas es necesario el uso de sistemas de alerta como el EWBS (Emergency Warning Broadcasting System), el cual puede ser implementado en señales de radiodifusión analógicas y digitales como por ejemplo en la Televisión Digital Terrestre (TDT). Ante una emergencia, los receptores compatibles con el EWBS para TDT en la actualidad son los decodificadores o televisores digitales que incluyan este sistema, estos se encienden automáticamente y emiten una señal de alerta visual y sonora lo que da tiempo a la población, para actuar de manera más rápida ante un evento. Este trabajo describe el desarrollo de una interfaz que pueda detectar a la Señal de EWBS en un decodificador de TDT para introducirla en una Red de Telefonía IP mediante un Servidor Asterisk, todo esto debido a que los decodificadores o televisores son comúnmente de uso doméstico y lo que se buscó es que espacios laborales, y académicos como es la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE cuenten con este sistema para que de esta manera se aproveche al máximo la señal de EWBS en televisión y telefonía, evitando así en un porcentaje pérdidas en los ámbitos económico y humano.

PALABRAS CLAVES:

- **CINTURÓN DE FUEGO DEL PACÍFICO**
- **EWBS**
- **TDT**
- **RADIOFUSIÓN**
- **TELEFONÍA IP**

ABSTRACT

Ecuador being part of the so-called "Pacific Ring of Fire" and "Belt of Low Pressure", is located in one of the areas most likely to suffer seismic, volcanic and hydrometeorological threats, which make it can be cataloged as a country with a high vulnerability. For this reason, the use of alert systems such as EWBS (Emergency Warning Broadcasting System) is necessary in the face of one of these threats, which can be implemented in analogue and digital broadcast signals such as Digital Terrestrial Television (DTT). In an emergency, the receivers compatible with the EWBS for DTT are currently the decoders or digital televisions that include this system, they turn on automatically and emit a visual and audible alert signal that gives time to the population, to act more quickly to an event. This work describes the development of an interface that can detect the EWBS signal in a DTT decoder to introduce it into an IP Telephone Network through an Asterisk Server, all this because the decoders or televisions are commonly used at home and what was sought is that workplaces, and academics such as the University of the Armed Forces - ESPE have this system so that in this way the EWBS signal is used to the maximum in television and telephony, thus avoiding a percentage of losses in the economic and human fields.

KEYWORDS:

- **FIRE BELT OF THE PACIFIC**
- **EWBS**
- **TDT**
- **RADIOFUSION**
- **IP TELEPHONY**

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

Sismos, erupciones volcánicas, inundaciones, incendios y corrimientos de tierras son solo algunos ejemplos de las catástrofes naturales para los que se debe preparar el ser humano. Años atrás las personas no podían predecir los peligros antes mencionados, por lo que se sentían vulnerables y desprotegidos, sin embargo, siempre hemos sido conscientes de la importancia que se tiene el alertar a la población lo más rápido posible ante un evento emergente, para de esta manera reducir pérdidas e incrementar oportunidades de sobrevivencia.

A lo largo del tiempo con el crecimiento de la civilización y la evolución que se ha tenido en el campo de la tecnología y la ciencia, el ser humano como tal ha venido desarrollando varios métodos de alerta para su protección, como los sistemas de alerta temprana, los cuales en la actualidad se encuentran en un continuo cambio.

Como antecedentes sobre los sistemas de alerta temprana o SAT, tenemos en 1998 la Conferencia Internacional sobre SAT EWC 98, en la cual definieron a estos sistemas como un elemento de prevención dentro de las estrategias nacionales e internacionales. En el 2003 en la Segunda Conferencia Internacional de SAT EWCII 03, se llegó a la resolución de que los sistemas de alerta temprana debían ser integrados en las políticas públicas de los países. En el 2005 en el

Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015 se propuso conocer los riesgos a los que cada nación es vulnerable y potenciar los SAT para reducir en un porcentaje los desastres que pueden provocar los fenómenos naturales. Así como también se hizo énfasis en que el desarrollo de los SAT debían ser enfocados en la gente. En el 2015 en el Marco de Sendai para la Reducción de Riesgos de Desastres 2015-2030 se propuso incrementar considerablemente el acceso y la disponibilidad a sistemas de alerta temprana de desastres naturales múltiples.

Uno de los SAT más reconocido a nivel mundial es el implementado sobre los receptores de televisión y radio que tengan integrado el EWBS (Emergency Warning Broadcasting System), el cual fue puesto en marcha en Japón desde septiembre de 1985 y usado por primera vez en 1987 por la emergencia vivida en el pueblo japonés por un tsunami. En el año 2000 el EWBS fue implementado en la Televisión Digital Satélite (ISDB-S), y en el año 2003 en el estándar de Televisión Digital Terrestre (ISDB-T). Desde ese entonces el sistema ha dado el aviso de desastres naturales en más de 15 ocasiones logrando así que la población disponga de algo de tiempo para tomar medidas de protección (PROMAX, 2017).

En el Ecuador en los últimos años se han tenido varios desastres naturales, siendo el más grave hasta el momento el sismo ocurrido el 16 de abril de 2016, en Pedernales Manabí, alcanzando una magnitud de 7.8; donde a los 9 días de ocurrido el evento se registraron 655 fallecidos, 48 desaparecidos y 17638 heridos (Costales, 2016).

En cuanto a la actividad volcánica se tiene como referente al estratovolcán activo “Cotopaxi”, el cual se ha tenido en monitoreo desde el año 1976 debido a que es uno de los volcanes más

peligrosos a nivel mundial por la frecuencia de sus erupciones, presentándose la última en el año 2015, y por la cantidad de poblaciones que se encuentran expuestas a sus amenazas (Instituto Geofísico EPN, s.f.), entre ellas la comunidad de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Por eventos como los anteriores se busca integrar al EWBS en nuevos dispositivos que alerten a la población como es el caso de Perú que en Octubre de 2015 con el JICA (Japan Internacional Cooperation Agency) y el INICTEL-UNI (Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones – Universidad Nacional de Ingeniería), se hizo el uso de un módulo y un chip EWBS para el desarrollo de receptores incorporados en bocinas, las cuales fueron usadas en un simulacro de un terremoto de magnitud de 8.5 grados seguido de un tsunami, que contó con la participación de aproximadamente 10 millones de personas. La finalidad de este sistema es que las bocinas sean usadas como alarmas comunitarias ante los eventos futuros que pueda presenciar Perú.

Por todo lo mencionado anteriormente es claro ver que el incremento de la disponibilidad de los SATs que se busca en el Marco Sendai no solo depende de la generación de nuevos sistemas, sino también de todas las utilidades que se puedan derivar de los mismos, es por ello que la propuesta del presente trabajo es la adaptación de una señal de EWBS tomada de un receptor (decodificador) a un Servidor de Telefonía IP, para de esta manera darle a la señal EWBS una mayor utilidad y un mejor aprovechamiento.

1.2. Justificación e Importancia

El aumento de los desastres naturales en los últimos años a nivel mundial ha generado grandes pérdidas en los ámbitos económico, ambiental, social y humano. Es por ello que se han desarrollado varios sistemas de alerta temprana como una herramienta para de alguna manera u otra disminuir el impacto de estos eventos, de los cuales hoy en día se tiene una amplia información que puede ser usada de diferente forma para la creación y el mejoramiento de estos sistemas.

Los Sistemas de alerta pueden ser aplicables a dos tipos de eventos: los que se producen por sí solos como: inundaciones, tsunamis, sismos, erupciones volcánicas, fenómeno del niño, entre otros, y los que son producidos por la actividad humana como: los incendios forestales intencionales o los deslizamientos de tierra por la tala de árboles; para todos estos eventos sus características permiten que puedan estar bajo vigilancia y por ende puedan ser monitoreados.

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE se encuentra en una zona de alto riesgo volcánico debido a su gran proximidad del estratovolcán activo Cotopaxi, por lo que se ha visto la necesidad de implementar un sistema de alerta temprana utilizando los medios tecnológicos disponibles dentro del Campus.

Uno de los sistemas que ha tenido gran éxito y acogida a nivel mundial es el sistema de alerta temprana EWBS (Emergency Warning Broadcasting System), con el cual en Ecuador se han realizado varias pruebas y demostraciones por parte de Entidades como Ministerios y Universidades.

En la actualidad este sistema funciona en la televisión digital terrestre que para Ecuador es el ISDB-Tb, el cual en su mayoría puede ser visto en hogares, pero no en oficinas debido a que una televisión no es de uso común en las mismas. Es por ello que se ha visto la necesidad de poder insertar esta señal en otro dispositivo para que no tenga un uso limitado, pueda ser aprovechada de mejor manera y se lo pueda encontrar en varios ambientes de la vida cotidiana como el doméstico y el laboral.

Una de las opciones de dispositivos para la detección y emisión de la señal de EWBS es el teléfono IP, el cual tiene una utilización en la mayoría de empresas y espacios laborales debido a que la implementación de una red de telefonía IP tiene varias ventajas como: la simplificación de infraestructura, funciones avanzadas que pueden ser desarrolladas mediante software y servicios adicionales, los cuales solo puede ofrecer este tipo de telefonía.

1.3. Alcance del Proyecto

El proyecto se basa en realizar un prototipo de interfaz que adapte a la señal de EWBS tomada de un decodificador que detecte EWBS, con un sistema de telefonía IP. La interfaz va a realizar la detección de la activación del EWBS cuando ocurra algún evento y seguido de esto, transmitirá esa señal por medio de una dirección IP contemplada en la red al sistema de telefonía para que sea difundida mediante un Servidor de Telefonía IP, accionando los altavoces de los terminales de VoIP.

Inicialmente se desarrollará la parte de detección insertando el “1” o “0” lógico de la bandera de activación del EWBS de un decodificador a una placa computadora de bajo coste (Raspberry),

para esto se tendrá que realizar una programación por eventos y en caso de que el 1 lógico supere los 3 Voltios se tendrá que hacer un circuito de adaptación para que tenga un funcionamiento sin problemas dentro de la Raspberry.

Seguido de esto se tendrá que realizar una investigación y análisis sobre el funcionamiento de un teléfono IP, además de cómo implementarlo en una Raspberry. La idea de esto es que al momento de detectar el EWBS, se marque un número el cual deberá estar configurado previamente en el Servidor para que este sepa que el número corresponde a un “llamado de emergencia” y lo difunda en toda la red de telefonía IP (ToIP).

Finalmente, luego de realizar pruebas se tendrán que hacer validaciones en lo que refiere a la comunicación y el funcionamiento de la interfaz.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Diseñar e implementar una interfaz, la cual al momento de recibir la Señal de alerta EWBS de un Decodificador de Televisión Digital Terrestre, emita una alerta de emergencia a la Red de Telefonía IP de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

1.4.2. Específicos

- Encontrar la manera más óptima para poder obtener la Señal de EWBS de un decodificador.
- Implementar una interfaz, la cual al momento de recibir una Señal de EWBS simule la marcación de un teléfono IP.
- Comunicar a la interfaz con el Servidor de Telefonía IP de la Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Emitir un mensaje de alerta de emergencia a través de los altavoces de la central de ToIP.

1.5. Trabajos Relacionados

En la actualidad existen una gran cantidad de trabajos que buscan ampliar la aplicación de alerta temprana, entre ellos tenemos un trabajo realizado por el Ingeniero Darwin Navarrete, en la cual presentó el diseño e implementación de un sistema de alerta (EWBS) bajo la plataforma VillageFlow para activar las aplicaciones TDT de alertas tempranas (Navarrete, 2016).

En el año 2015, se desarrolló el artículo denominado “Designing a system for monitoring and broadcasting early warning signs of natural disasters for Digital Terrestrial Television”, el cual presentó el diseño de un sistema de monitoreo, difusión de señales de alerta para la televisión digital terrestre bajo el software Netbeans. (Olmedo, Segura, & Acosta, 2015).

Se tiene el artículo de la revista Springer denominado “Prueba de transmisión del sistema de alerta de emergencia para televisión digital terrestre EWBS en Ecuador” (Olmedo, Acosta, & Haro Raúl, Broadcasting Testing of Emergency Alert System for Digital Terrestrial Television EWBS in Ecuador, 2018).

Otro de los trabajos es el “Desarrollo de un prototipo de alerta temprana usando EWBS y contenidos interactivos de TV Digital para minimizar el riesgo de afectación a la población en caso de fenómenos naturales. Proyecto de CEPRA – CEDIA”, el cual al momento lo está realizando la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en conjunto con la Universidad Técnica de Machala y la Universidad de Cuenca.

Adicional a ello el Grupo de investigación WICOM perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ha realizado y se están realizando trabajos de investigación relacionados con alerta temprana, entre ellos tenemos el Detector de microsismos en tiempo real basado en la detección de actividad de voz y detección de punto final: un enfoque para el volcán Cotopaxi (Rodríguez, 2018), y la implementación de un Sistema de Reconocimiento Automático de Señales Sísmicas del Volcán Cotopaxi (Lara, 2015), la cual se está realizando en conjunto con el Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

En el año 2017 el laboratorio de Televisión Digital Terrestre y Sistemas de Alerta de Emergencia de la Dirección de Investigación y Desarrollo Tecnológico (DIDT) del Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería (INICTEL-UNI) de Perú, presentó su desarrollo tecnológico denominado prototipo EWBS, cuya

finalidad era difundir masivamente mensajes de alerta ante la presencia de tsunamis o desborde fluvial en las zonas costeras o ribereñas mediante una campana. El proyecto contó con dispositivos y apoyo en infraestructura por parte de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y en base al Acuerdo de Cooperación con el Gobierno del Brasil (INICTEL-UNI, 2018).

1.6. Organización del Trabajo

1.6.1. Primer Capítulo

En este capítulo se presentará una breve introducción sobre los antecedentes contemplados, los trabajos previamente elaborados y la importancia del desarrollo del presente trabajo. Adicional a ello se especifican las metas a las que se desea llegar por medio de los objetivos previamente definidos.

1.6.2. Segundo Capítulo

Muestra una recopilación de teoría e información sobre todo lo relacionado a la televisión digital terrestre, el estándar que se utiliza actualmente en el Ecuador, señales de alerta temprana, sistemas de telefonía IP con sus respectivos protocolos de comunicación haciendo énfasis en una Central basada en Asterisk y en algunas configuraciones de una Central CISCO; se habla también del lenguaje de programación Python orientado a la telefonía IP y finalmente se realiza una descripción de los que es una Raspberry Pi y los elementos que la componen.

1.6.3. Tercer Capítulo

En este capítulo se realizará una descripción sobre el desarrollo y funcionamiento del proyecto, iniciando con la definición de especificaciones y requerimientos necesarios para la elaboración del mismo, seguido de esto se menciona la configuración que necesita la Central Asterisk para la realización de pruebas y comunicación con la Central CISCO para la activación de su Informacast, se detalla cómo se detectó la activación de la Señal EWBS y como a través de la Raspberry Pi se introdujo ésta en la Red de Telefonía IP de la Universidad.

1.6.4. Cuarto Capítulo

Abarca la descripción de cada uno de los escenarios de prueba utilizados para validar el funcionamiento del proyecto por partes; especificando los resultados obtenidos.

1.6.5. Quinto Capítulo

Se hace una breve discusión sobre los resultados obtenidos, adicional a ello, se definen las conclusiones a partir de los objetivos planteados y se proponen trabajos que pueden mejorar o dar continuidad al presente proyecto.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Televisión Digital Terrestre (TDT)

La Televisión Digital Terrestre (TDT) es una forma de transmitir las señales de Televisión Abierta con una mayor calidad en lo que respecta al sonido, al video y a la imagen. Esto se debe a que el sistema de TDT es similar al actual, el cual realiza su transmisión utilizando ondas hercianas, pero en lugar de transportar señales analógicas, transportan señales digitales por la atmósfera sin necesidad de usar satélites o cables; y para la parte de la recepción de las mismas, se puede hacer el uso de antenas UHF convencionales.

2.1.1. Estándares de la Televisión Digital Terrestre

Los principales estándares para la emisión terrestre de programas digitales son los siguientes:

- Estándar norteamericano (ATSC).
- Estándar europeo (DVB).
- Estándar japonés (ISDB).
- Estándar (ISDB-Tb) – basado en el ISDB.
- Estándar de la República popular de China (DTMB).

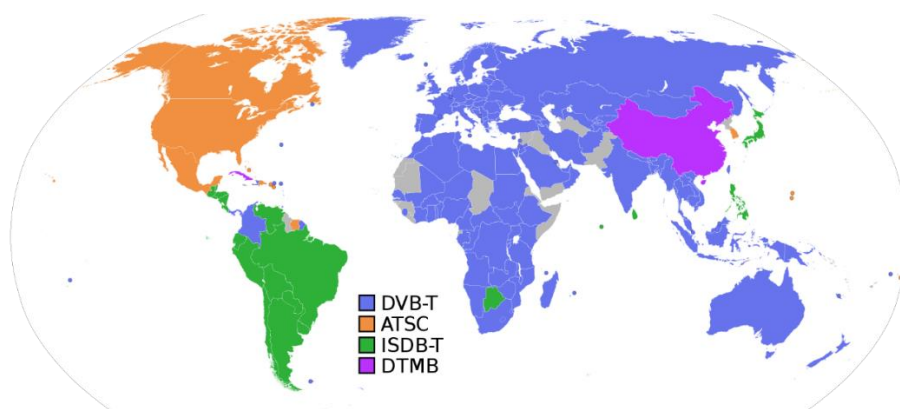


Figura 1. Difusión de los sistemas de televisión digital terrestre en el mundo.

Fuente: (CyberCollege, 2017)

En el caso de Ecuador y la mayor parte de países Sudamericanos el estándar que se usa es el ISDB-Tb (Integrated Service Digital Broadcasting - Terrestrial) (MINTEL, 2017).

2.1.2. ISDB-Tb

Es el estándar de transmisión para radiodifusión digital terrestre (ISDB-T) modificado por Brasil. Con respecto a otros estándares, el ISDB-Tb cubre servicios independientes como los de datos, radio y televisión lo que facilita la inclusión de texto, audio, SDTV y HDTV.

La modulación utilizada dentro de este estándar es el COFDM (Multiplexación Codificada por División de Frecuencias Ortogonales), en modo 2, 4 y 8k. El canal de 6 Mhz está dividido en 13 segmentos del espectro OFDM, los cuales pueden combinarse para formas capas o grupos de segmentos (Rohde&Schwarz, 2019).

2.1.3. Beneficios de la TDT

Entre los beneficios más importantes se tienen:

- Acceso a múltiples programas dentro de la señal de una misma estación.
- Recepción de alertas de emergencia (EWBS).
- Mejor aprovechamiento del ancho de banda.
- Acceso a la sociedad de la información y a contenido interactivo.
- Señal de alta calidad en equipos portátiles y móviles (MINTEL, 2017).

2.2. Sistemas de Alerta Temprana

Un sistema de Alerta Temprana (SAT), es un conjunto de procesos, mecanismos y acciones que se orientan al aviso oportuno a una población ante eventos peligrosos causados por desastres inminentes o en desarrollo; para que de esta manera la comunidad amenazada disponga de algo de tiempo para prepararse y efectuar de manera organizada los procedimientos previamente definidos, reduciendo así las posibilidades de pérdidas humanas y materiales.

Estos procesos deben funcionar todo el tiempo, ya que de ellos depende la capacidad de informar instantáneamente la inminencia de un peligro, y deben estar siempre en proceso de mejora continua.

2.2.1. Componentes de un Sistema de Alerta Temprana

Existen 4 componentes de un SAT, los cuales son:

- **Conocimiento y Vigilancia Permanente del Peligro en Tiempo Real:** Se considera como un proceso sistemático estandarizado, con la característica de ser continuo, ya que es capaz de recolectar información de los daños que son producidos por emergencias. Para su funcionamiento es necesario de sensores como parte de la instrumentación debido a que de esta manera se transmitirá la información al centro de vigilancia y monitoreo.
- **Servicio de Seguimiento y Alerta:** Este servicio se debe realizar con una base sólida en cuanto a lo que respecta con la tecnología y la ciencia, para de esta manera monitorear óptimamente amenazas y peligros inminentes, y poder así, realizar la emisión de alertas para una respuesta rápida por parte de la población.
- **Difusión y Comunicación:** Para advertir a las personas sobre los peligros a los que están pueden llegar a estar expuestos, se deben elaborar sistemas de comunicación y difusión con la finalidad de facilitar el intercambio de información en los ámbitos local, regional y nacional.
- **Capacidad de Respuesta:** Este componente es de suma importancia debido a que permite fortalecer la capacidad de respuesta de la población ante algún evento inminente. Mejorando de esta manera la preparación, organización y educación de la población.

2.2.2. Beneficios de los Sistemas de Alerta Temprana

- El monitoreo y vigilancia de las amenazas genera información, la cual puede ser almacenada en bases de datos permitiendo así la simulación de escenarios futuros para que el SAT sirva como una herramienta de alta importancia ante el anticipo de emergencias reales.
- Los SATs brindan la posibilidad de generar una respuesta inmediata frente a un determinado evento, lo cual reduce la probabilidad de perder vidas humanas.
- Son sistemas que cuentan con un gran potencial ya que permiten generar patrones y modelos a largo plazo sobre el comportamiento de eventos específicos.

2.2.3. Sistema de Alerta de Emergencia en el Estándar ISDB-T

El estándar de televisión digital terrestre (ISDB-T), actualmente está adoptado en 3 países asiáticos (Japón, Filipinas y Sri Lanka), 2 países africanos (Botsuana y Maldivas) y 15 países a nivel de centro y sur américa (Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela). Una de las funcionalidades que posee este estándar es el Sistema de Difusión de Aviso de Emergencia (EWBS), el cual es un sistema de información y alerta que está implementado en las señales de radiodifusión de tipo digital. El mismo usa una señal de alerta ante una emergencia, la cual es transmitida por una estación emisora, de tal modo que al ser emitida los receptores que se

encuentran en modo de espera se encienden automáticamente, transmitiendo así el mensaje de alerta.

2.3. Emergency Warning Broadcasting System (EWBS)

El EWBS es un sistema de activación remota para Radio y Televisión, el cual transmite información de alerta o advertencia a los espectadores y oyentes sobre un desastre inminente. Las señales de EWBS incluyen códigos de: área (obligatorio), tiempo (opcional) y fijos especiales (sirven para iniciar y finalizar la operación de los sistemas). El código de área es obligatorio debido a que de esta manera se asegura que las radios y televisiones se activen solo en la localidad donde exista un evento inminente.

El Sistema analógico EWBS (Figura 2), ha estado en funcionamiento desde el año 1985 en Japón, y ha enviado señales de alerta en más de 10 ocasiones. El mismo fue diseñado especialmente para señales de audio, las cuales encenderán automáticamente a la radio y a la TV, cuando se transmita desde una estación emisora.

Los sonidos de estas señales son FSK (Frequency Shift - Keying) o cambio de frecuencia, el cual modula frecuencias audibles asignando al tono de 640 [Hz] el código '0' y para el tono de 1024 [Hz] el código '1'. Dentro de los sistemas analógicos estos tonos son fácilmente audibles y la gente puede asociarlos al ruido de una alarma.

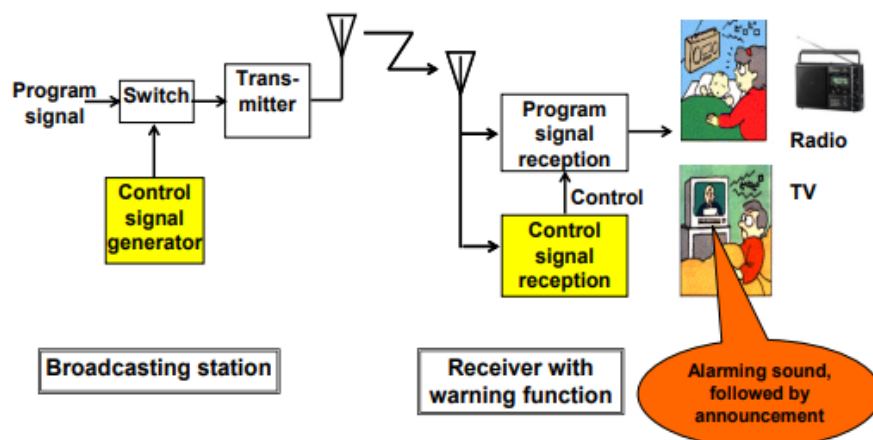


Figura 2. Configuración del EWBS.

Fuente: (Shogen, 2009)

Estos sistemas poseen una tasa de información baja igual a 64 [bps], la cual es garante de una recepción aceptable en cuanto a la señal; lo que proporciona una capacidad basta para tomar en cuenta los códigos de tiempo y de área en cuanto lo que respecta a la seguridad (Segura, 2015). El Sistema digital EWBS fue desarrollado por la empresa de radiofusión pública de Japón NHK (Nippon Hōsō Kyōkai), en base al Sistema EWBS analógico. Este sistema en Japón ofrece canales de televisión satelital y terrestre, adicionando los servicios de radio FM y AM.

2.3.1. Códigos de Advertencia de Emergencia

La configuración y especificación se la Señal EWBS se encuentran en la recomendación UIT-R BT/BO.1774 (International Telecommunications Union (ITU), 2015). Como se mencionó anteriormente, la modulación usada en la señal de EWBS es la FSK, esta modulación tiene una frecuencia de marca igual a 1024 Hz, y una frecuencia espacial de 640 Hz.

Las configuraciones de la Señal de inicio de las Categoría I y II se muestran en la Figura 3:

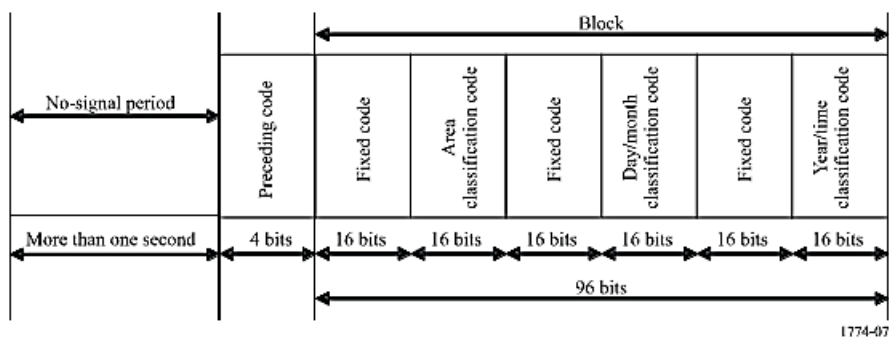


Figura 3. Configuraciones de señal de inicio de las Categoría I y II.
Fuente: (Shogen, 2009)

La configuración de la señal de finalización se muestra en la Figura 4:

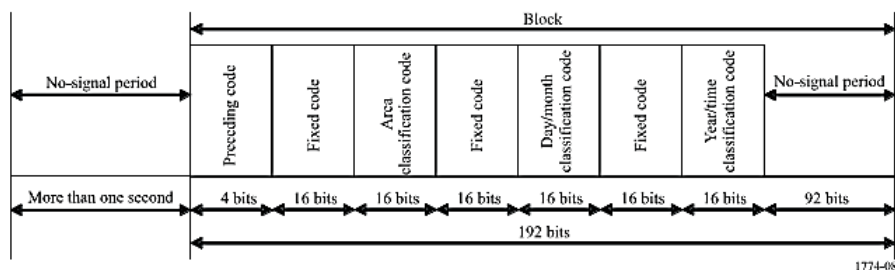


Figura 4. Configuraciones de la señal de finalización.
Fuente: (Shogen, 2009)

Notas para las figuras 3 y 4:

- Fixed Code (Código Fijo): Este código consta de 16 bits, los cuales se encuentran inherentes a la señal EWBS. Este código es utilizado para extraer las señales de sonido

de las señales EWBS y para realizar la distinción entre las señales de inicio de las Categorías I y II.

- Country Code (Código de país): Este código sirve para evitar la activación de receptores que no sean los receptores propios de una localidad.
- Arbitrary Code (Código arbitrario): Este código es opcional y puede usarse para transmitir información en tiempo real o para códigos de área en un país.

La configuración de los códigos: fijo, de país y arbitrario se detallan en la Tabla 1:

Tabla 1

Configuración detallada del código según las señales de inicio y fin del EWBS.

Tipo de Código	Tipo de EWBS	Configuración de la Señal
Código Anterior	Señal de inicio de las Categorías I y II.	1100
	Señal de finalización.	11
Código Fijo	Señal de inicio de la Categoría I y Señal de finalización.	0010001111100101 (23E5)
	Señal de inicio de la Categoría II.	1101110000011010 (DC1A)
Código de País	Señal de inicio de las Categorías I y II.	10 código de país (12 bits) 00
	Señal de finalización.	01 código de país (12 bits) 11
Código Arbitrario	Señal de inicio.	01 código arbitrario (12 bits) 00
	Señal de finalización.	10 código arbitrario (12 bits) 11

Fuente: (Shogen, 2009)

La Categoría I activa todos los receptores EWBS en el área de servicio.

La Categoría II activa los receptores EWBS solo activados por esta señal en el área restringida, que pueden sufrir un Tsunami.

Tabla 2

Activación de cada categoría definida para el EWBS según el evento.

Caso	Contenido	Categoría
1	Declaración de advertencia de terremoto a gran escala	I
2	Transmisión de orden de evacuación.	II
3	Alerta de tsunami	III

Fuente: (Shogen, 2009)

En los casos (1) y (2), los emisores transmiten la señal de inicio de la Categoría I.

En el caso (3), como los usuarios del interior no necesitan evacuar, las emisoras transmiten la señal de inicio de Categoría II. Después del mensaje de advertencia de emergencia, las emisoras transmiten la señal de finalización para de esta manera apagar los receptores de EWBS.

2.3.2. Códigos de Área

Para el correcto funcionamiento del EWBS, los receptores deben tener almacenado en sus registros el código de área específico que corresponda a la ubicación deseada, esto a su vez, incluye una tabla de códigos los cuales son producidos y publicados por una entidad del gobierno para que la población pueda almacenar los mismos en sus receptores.

En el caso de Ecuador esta entidad es la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias.

En la Tabla 3, se muestra algunos códigos de país, a nivel de Sur América.

Tabla 3

Ejemplos de Códigos de País para la Señal EWBS.

País	Código de País (24 bits)
Argentina	0100 0001 0101 0010 0100 0111
Bolivia	0100 0010 0100 1111 0100 1100
Brasil	0100 0010 0101 0010 0100 0001
Chile	0100 0011 0100 1000 0100 1100
Ecuador	0100 0101 0100 0011 0101 0101
Perú	0101 0000 0100 0101 0101 0010
Venezuela	0101 0110 0100 0101 0100 1110

Fuente: (ISDB-T, 2015)

Cada región de cada país tiene un identificador de 5 dígitos contemplados dentro 12 bits que son específicos para definir el código de área. En la Tabla 4, se puede visualizar un ejemplo de los códigos de área de Ecuador por Provincia y por Cantón.

Tabla 4

Códigos de Área para la Configuración del EWBS en Ecuador – Pichincha.

Provincia	Cantón	Código de Área
Pichincha	Cayambe	0000 00011110
	Mejía	0000 01101100
	Pedro Moncayo	0000 10010001
	Pedro Vicente Maldonado	0000 10010010
	Puerto Quito	0000 10011110
	Quito	0000 10101000
	Rumiñahui	0000 10101100
	San Miguel de los Bancos	0000 10110111

Fuente: (ISDB-T, 2015)

La configuración de los receptores se puede realizar de 2 maneras: configuración automática (se puede hacer uso del GPS), el cual es el método recomendado debido a que es la manera más rápida

de configurar el receptor; y la configuración manual la cual se puede realizar a través de la interfaz de usuario usando por ejemplo el código postal.

2.3.3. EWBS para la Radiofusión Digital

El sistema digital EWBS fue lanzado en el año 2000 en Japón para la radiofusión satelital, y en el año 2003, para la radiofusión terrestre. El descriptor que lleva la información de emergencia solo puede usarse para los estándares presentados en la Tabla 5:

Tabla 5
Estándar EWBS del Descriptor de Información.

Estándar	Recomendación
ISDB - TSB	UIT-R BS.1114 (Sistema F)
ISDB - T	UIT-R BT.1306 (Sistema C)
El servicio de radiofusión por satélite (sonido), que utiliza la banda de 2,6 [GHz].	UIT-R BO.1130 (Sistema E)
ISDB - TS	UIT-R BO.1408

Fuente: (Shogen, 2009)

El descriptor que lleva la información de emergencia es colocado en el campo “Descriptor 1” de la PMT (Tabla de Mapa de Programas), el cual es colocado periódicamente en el flujo del transport stream (TS).

En la Figura 5, se detalla la información de emergencia del descriptor, las estructuras del transport stream y la tabla de mapa de programas (Segura, 2015).

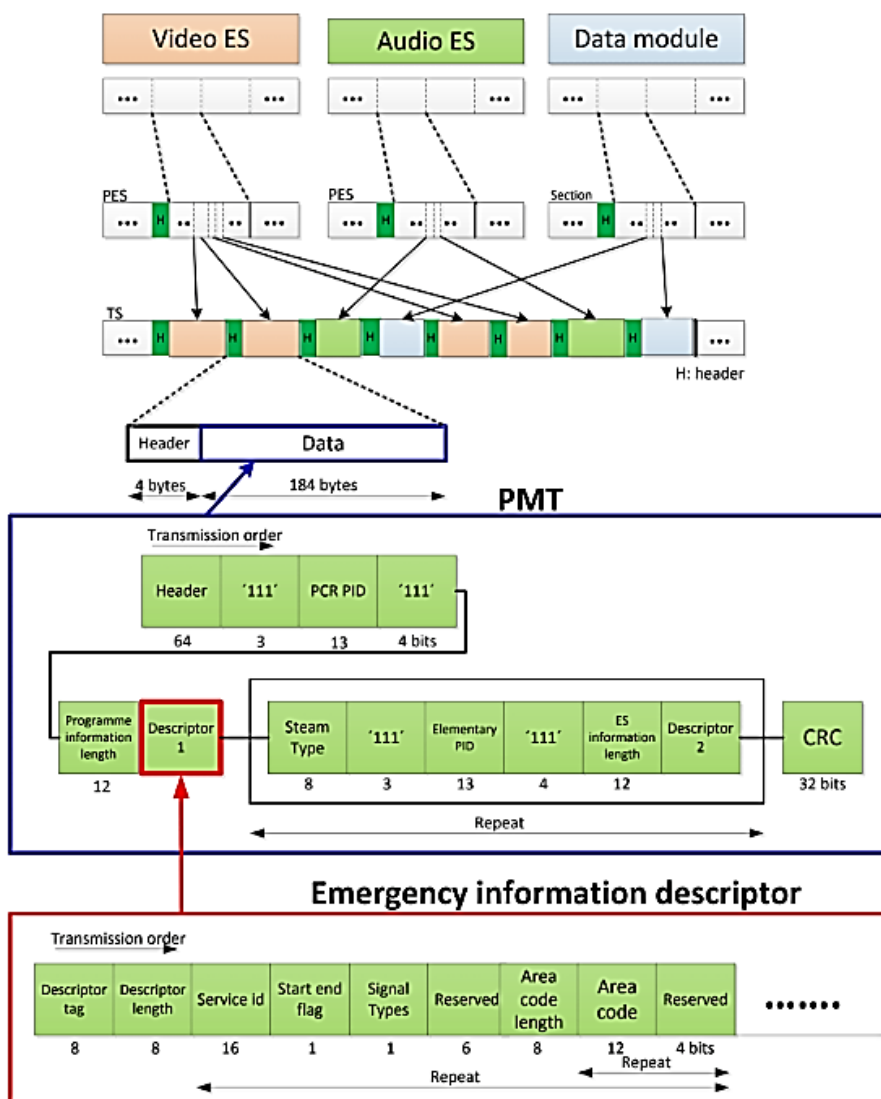


Figura 5. Estructuras del TS, PMT y el Descriptor de Información de Emergencia.
Fuente: (Shogen, 2009)

En la Tabla 6, se describen notas de la Figura 5:

Tabla 6*Notas para la Figura 5.*

Campos	Descripción
1 ES (Elementary Stream)	Está codificada en lo que respecta al video y al audio, etc.
2 PES (Packetized Elementary Stream)	Está empaquetado en ES, en cada unidad que sea significativa.
3 TS (Transport Stream)	Está dividido en PES con un tamaño de 188 bytes, incluyendo los 32 bytes del encabezado.
4 PID (Packet Identifier)	Muestra lo que es el paquete que está siendo transmitido.
5 CRC (Cyclic Redundancy Check)	Función utilizada para producir la comprobación de un bloque de datos, con la finalidad de detectar errores.
6 Descriptor Tag	Tiene un valor 0xFC, el cual representa el descriptor de información de emergencia.
7 Descriptor Length	Es un campo que describe el número de bytes de datos que están contemplados en el descriptor.
8 Service Id	Sirve para identificar el número de programas de difusión.
9 Start/End flag	Tendrá un valor de '1' cuando se inicie la transmisión o '0' cuando esta finalice.
10 Signal Types	Los valores deberán ser '0' y '1' para las señales de inicio de las Categorías I y II.
11 Area Code Length	Es un campo que escribe el número de bytes de datos contemplados para el código de área.
12 Area Code	Campo que transmite el código de área.

Fuente: (Shogen, 2009)

2.3.4. Funcionamientos del EWBS

El Sistema EWBS se activa en los siguientes casos:

- Aviso / Previsión de terremoto inminente de escala superior a 3.
- Aviso / Previsión de Tsunami.

- Aviso / Previsión de otros desastres naturales como (inundaciones, erupciones volcánicas, incendios forestales, entre otros).
- Petición de un órgano gubernamental para emitir un mensaje ante una emergencia nacional inminente.

La señal de alarma y el descriptor de la información de emergencia (hora, localidad en donde se produce la afectación, etc.), se encuentra en un campo de la tabla PMT del TS.

Para su implementación se requieren de 2 actores en la parte de transmisión, y 1 actor en la recepción como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Actores necesarios para el funcionamiento del EWBS.
Fuente: (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2016)

La entidad del gobierno cumple con las funciones de activar la alerta de emergencia según el código de área de las zonas afectadas, adicional a eso define el mensaje que va a ser transmitido. Las estaciones de televisión transmiten el mensaje a las zonas afectadas y finalmente el receptor presenta por audio o texto el mensaje de emergencia.

2.4. Telefonía IP

2.4.1. Antecedentes

La tecnología de la voz sobre IP o VoIP, fue el resultado del trabajo de un grupo de jóvenes israelíes en 1995, quienes realizaron el primer softphone llamado “Internet Phone Software”, el cual estaba hecho para ser usado en una computadora, la cual debía tener un modem, parlantes un micrófono y una tarjeta de sonido. Este software comprimía la señal de voz y la convertía en paquetes de voz, los cuales eran enviados por Internet, proceso que sigue funcionando hasta el día de hoy. Una de las características principales de este software, es que solo funcionaba si las 2 computadoras que querían comunicarse tenían el mismo software y el mismo hardware (Caldera & Suazo).

En 1988 un grupo de fabricantes estadounidenses comenzaron a elaborar los primeros ATA/gateways, para permitir la comunicación entre una computadora y un teléfono convencional. El uso de este servicio no tenía costo alguno debido a que los fabricantes querían que los clientes prueben la calidad del servicio, pero al iniciar o finalizar una llamada esta contenía publicidad. La representación del tráfico de voz era el 1%.

En el año de 1999 la empresa Cisco empezó a vender las primeras plataformas corporativas para Voz sobre IP, utilizando principalmente el protocolo H. 323.

En el año 2000, el tráfico de VoIP tenía una representación del 3%. En ese mismo año un estudiante de la Universidad de Auburn Mark Spencer creó la primera central telefónica basada en Linux llamada Asterisk, la cual ofrece hoy en día una solución de software libre para pequeñas empresas y hogares.

En el año 2002, el protocolo H323 comenzó a ser desplazado por el protocolo SIP, y en los años siguientes se crearon varias plataformas como Skype (2003), la cual en el 2005 llegó a tener más de 50 millones de usuarios, en ese mismo año la versión 7.0 de MSN Messenger de Windows integró la posibilidad de realizar llamadas de voz y videoconferencia entre ordenadores.

2.4.2. Definición

La telefonía IP es la transmisión de llamadas telefónicas sobre el Internet. Cuando se realiza la implementación de equipos de telefonía convencional y computadoras, las cuales funcionan como terminales de la red, se habla de telefonía IP.

La telefonía IP es un desarrollo de la tecnología, el cual tiene un grado de aceptación muy elevado por parte de los usuarios, una de las razones de tal aceptación es debido a que su integración es muy fácil con respecto a otros sistemas de comunicación, su infraestructura permite a los usuarios estar en contacto desde cualquier parte y en tiempo real; esto se da gracias a las facilidades que brinda el internet.

Por medio de la infraestructura de la red local de datos IP de cualquier empresa se puede realizar la integración de la Telefonía IP, haciendo de esta manera que la red a parte de transportar paquetes de datos, transporte paquetes de voz, lo cual implica un menor coste de capital y la simplificación de procedimientos en cuanto a configuración y soporte (Caldera & Suazo).

2.4.3. Voz sobre IP (VoIP)

Es un grupo de recursos tecnológicos, los cuales permiten que cualquier señal de voz viaje a través del Internet haciendo uso del protocolo IP. El tráfico de VoIP puede circular por cualquier red IP, para ello a cualquier infraestructura de red de datos, se agregan dispositivos que desempeñan el papel de intermediario para mantener un registro de servicios, control de llamadas, planes, entre otros.

Con esta tecnología la señal de voz llega a su destino en pequeños fragmentos, tomando en cuenta que este proceso se cumple bajo las normativas de la red y los protocolos de enrutamiento.

2.4.4. Arquitectura

La arquitectura puede clasificarse por el escenario del uso de la telefonía IP, en lo que respecta al dispositivo que realiza y recibe la llamada. Por lo que las posibilidades se presentan a continuación.

a. PC a PC

En este escenario (Figura 7) los usuarios tienen acceso a una PC y al Internet. En este caso para iniciar una conversación se hace el uso de un softphone, el cual debe estar instalado previamente en ambas PCs. Una de las ventajas más importantes de este escenario es que los usuarios pueden realizar la utilización de la integración de otros servicios como el de mensajería instantánea y el correo electrónico.

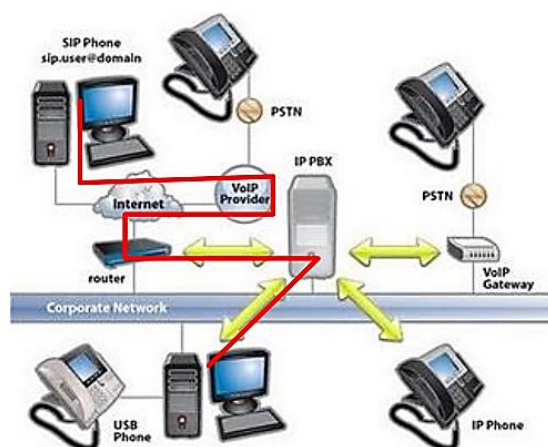


Figura 7. Llamada IP entre computadoras.
Fuente: (Caldera & Suazo)

b. PC a Teléfono

El conmutador de este escenario (Figura 8) puede llamar a usuarios que usen teléfonos tradicionales (PSTN). Esto se da gracias a la elaboración de una pasarela de VoIP, la cual convierte una llamada de Internet en una llamada PSTN.

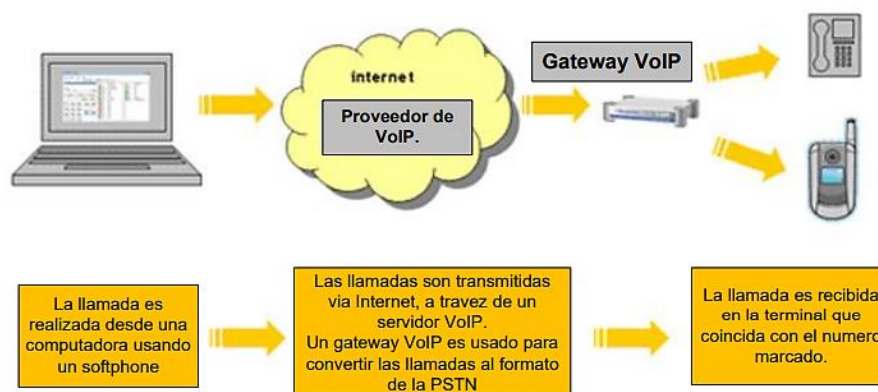


Figura 8. Ruta de llamada desde una computadora a un teléfono convencional.

Fuente: (Caldera & Suazo)

c. Teléfono a Teléfono

Este escenario (Figura 9) es aplicado a los usuarios de telefonía tradicional (PSTN) que no tienen acceso a una PC, o usuarios de teléfonos móviles.

En este caso si se realiza una llamada telefónica, la misma debe pasar por 2 pasarelas: Internet / PSTN y PSTN / Internet.

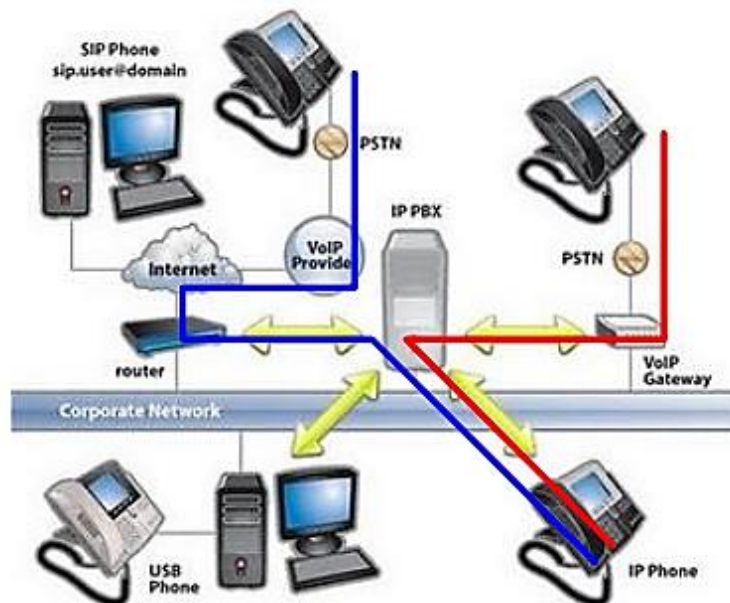


Figura 9. Ruta de llamada entre teléfono IP y convencional.

Fuente: (Caldera & Suazo)

d. Telefonía a PC

En este escenario los usuarios de teléfonos convencionales pueden contactar a usuarios que cuenten con teléfonos VoIP, por una pasarela.

En la Figura 10 se puede ver la ruta de llamada entre un teléfono IP y un computador que tenga instalado un Softphone.

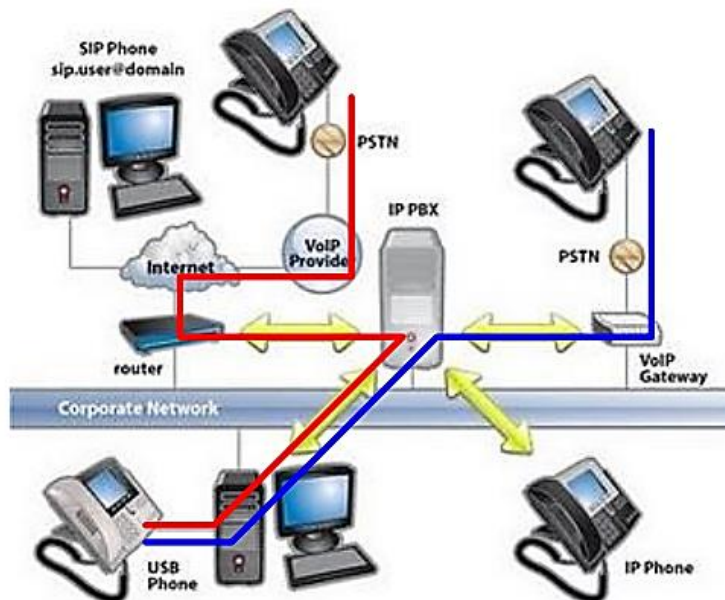


Figura 10. Ruta de llamada entre teléfono IP y computador.

Fuente: (Caldera & Suazo)

2.4.5. Componentes de un Sistema de Telefonía IP

Los componentes de un sistema de telefonía IP son:

- Dispositivos / Equipos: Pueden ser teléfonos (GSM o Analógicos), computadores (portátiles o PC), los cuales deben estar equipados necesariamente con una tarjeta de sonido.
- Pasarelas VoIP: Solo son necesarios si se hace el uso de teléfonos convencionales.
- Proxy VoIP/SIP: Este servidor es necesario para poder proveer funciones de administración de llamadas centralizadas.

- Terminales: Sustitutos de los teléfonos actuales, estos se pueden implementar en hardware como en software (Ordenador Multimedia, Teléfono IP, entre otros).
- Gateways: Este elemento es el encargado de hacer un bridge entre la red IP y la red de telefonía convencional, lo cual es transparente para el usuario.

2.4.6. Protocolos de Señalización

a. H.323

Es una recomendación ITU-T desarrollado en 1996, el cual describe el uso de varias especificaciones para el transporte de paquetes de servicios multimedia. La pila de protocolos para la recomendación H.323 se muestra en la Figura 11:

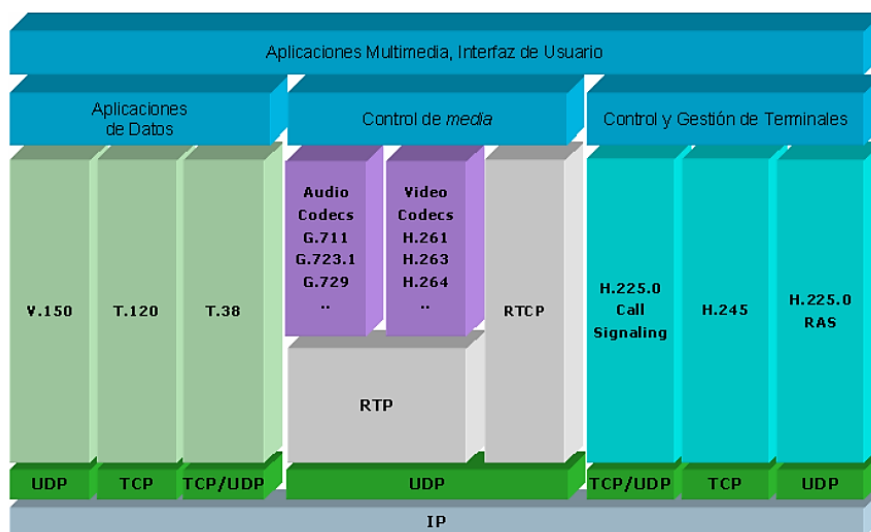


Figura 11. Pila de protocolos H.323.

Fuente: (Montoya)

La documentación base que se usa para definir el protocolo H.323, son los estándares H.225.0, el H.245 y la especificación H.323 (Montoya).

- H.225.0: Este estándar realiza la descripción del uso de 3 protocolos de señalización, los cuales son: señalización de llamada Q.931, RAS (Registro, Admisión y Estado), y el protocolo conocido como Anexo G/H.225.0 o Anexo G.
- H.245: Este estándar realiza la descripción de un protocolo que realiza el control multimedia.

Para manejar los flujos de datos de video y audio se hace la utilización del protocolo RTP (Real Time Transport Protocol), así como el apartado de control desarrollado por la IETF denominado RTCP.

El transporte del protocolo H.323 se basa en el protocolo TCP para el tema de las comunicaciones fiables, y para las no fiables usa el resto de comunicaciones (flujos de video y audio, RTP/RTCP) los cuales se realizan bajo el protocolo UDP. Adicional a esto H.323 no requiere de un protocolo de red específico.

H.323 también incluye documentación adicional bajo los estándares:

- H.235: Se realiza la descripción de varios mecanismos de seguridad de redes que basan su control en el estándar H.245.

- H.450.x: Describe servicios suplementarios.
- H.460.x: Posee extensiones del protocolo H.323.
- H.501: Estándar utilizado para dar la gestión de comunicaciones intra/inter dominio y movilidad.
- H.510: Describe al usuario, la terminal que usa y el servicio de movilidad.
- H.530: Realiza la descripción de mecanismos de seguridad para el estándar H.510.

Entre las características más importantes que tiene este estándar en cuanto a la comunicación multimedia se encuentran:

- Independencia se la Red: Se toman en cuenta redes de paquetes que no den calidad de servicio, por lo que no se especifica ningún protocolo de red.
- Soporta Multiconferencias: Debido a que el estándar hace el uso de MCUs (Multipoint Control Units), la arquitectura de H.323 es robusta y flexible al momento de realizar multiconferencias.
- Seguridad: H.323 tiene procedimientos de autenticación y privacidad (haciendo uso de mecanismos de encriptación).
- Redundancia de Red: La red tiene la capacidad de soportar la caída de servidores de direccionamiento alternativos sin tener una pérdida en lo que respecta a la comunicación.
- Servicio Suplementarios: H.323 posee varios servicios adicionales como: transferencia de llamadas, establecimiento de prioridades, llamada en espera, llamada on hold, desvío de llamadas, entre otros.

- Monitoreo del QoS: Los gatekeepers pueden hacer un monitoreo e informar en tiempo real la calidad de servicio (Montoya).

Dentro de la arquitectura del protocolo H.323 se definen 4 elementos: Terminales, gateways, gatekeepers y border elements, y MCUs.

b. SIP

Este protocolo fue elaborado para la telefonía distribuida y aplicaciones de mensajería que usan la red IP como una forma de señalización multiusuario.

A comparación de H.323, protocolo SIP es mucho más flexible ya que en vez de usar mensajes compactos, usa cabeceras grandes y codificadas en texto plano, como lo hacen los protocolos SMTP o HTTP, lo que permite una mayor aceptación y una forma más cómoda de solventar problemas de ser el caso.

El objetivo principal de SIP es el de facilitar y coordinar la monitorización de sesiones multimedia en la red, ya que este protocolo es capaz de soportar una extensa variedad de esquemas de direccionamiento debido a que su diseño para funcionar en topologías distribuidas y centralizadas (Calo, La VoIP).

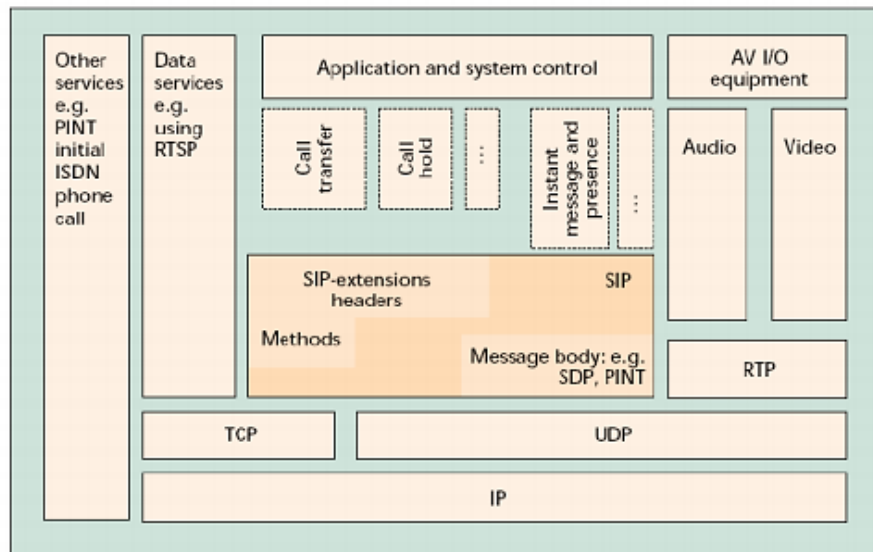


Figura 12. Pila de protocolos SIP.

Fuente: (Calo, La VoIP)

Tiene una arquitectura la cual sigue el modelo de cliente/servidor, donde los puntos finales y los servidores se denominan nodos.

Los elementos que conforman la arquitectura SIP son:

- Agentes de Usuario: Son aplicaciones que se encuentran en los nodos terminales, deben ser implementados en la capa de transporte sobre UDP y TCP.

Cuentan con Agentes de Usuario como clientes (UAC) y como servidores (UAS).

- UAC: Son los entes que originan las peticiones.
- UAS: Son los entes que responden dichas peticiones.

- Servidores de Red: Potencian la utilización de SIP y se clasifican desde el ámbito lógico en:

- Servidores Proxy: Ejecutan un programa que actúa como cliente y servidor (Figura 13), viéndolo desde la perspectiva del usuario que emite la llamada (servidor).

Este tipo de servidores puede reenviar solicitudes sin realizar cambios en ningún parámetro. Adicional a ello este tipo de servidor puede elaborar el rutaje de los mensajes (solicitudes o respuestas).

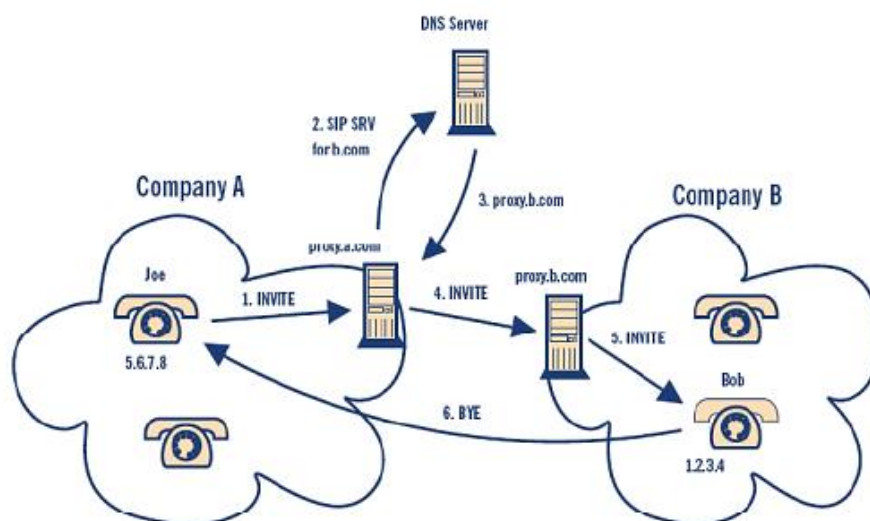


Figura 13. Ejemplo de funcionamiento de un Servidor Proxy.
Fuente: (Caldera & Suazo)

- Servidores de Redirección: Procesan mensajes INVITE, los cuales son solicitudes que SIP emite por la parte que genera la llamada, retornando el URL o dirección de la parte de la llamada (Calo, La VoIP).

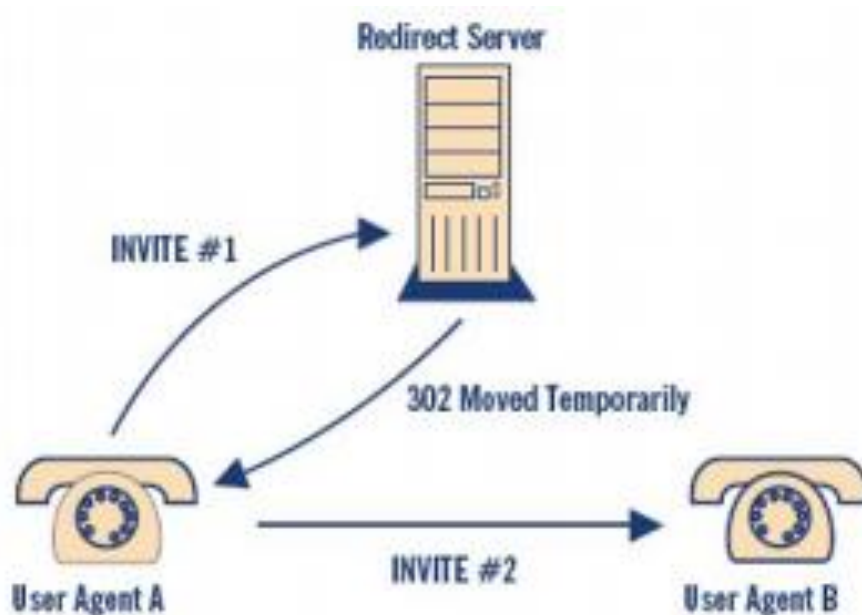


Figura 14. Ejemplo de comunicación a un Servidor de Redireccionamiento.

Fuente: (Caldera & Suazo)

- Servidores de Registro: Este tipo de servidores registran las direcciones SIP, direcciones IP y URL que se encuentren asociadas, es decir que mapean las direcciones SIP en IP. Casi siempre se implementan en conjunto con servidores de redirección y proxy.

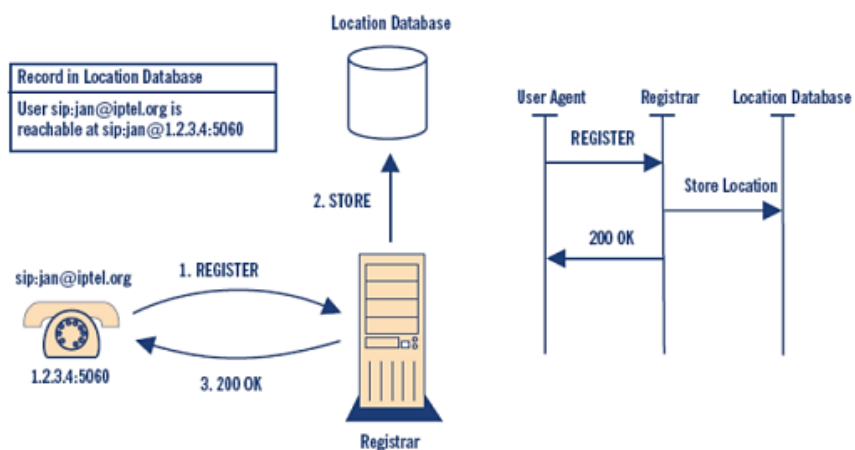


Figura 15. Proceso de comunicación con un Servidor de Registro.

Fuente: (Caldera & Suazo)

c. IAX2

IAX (Inter-Asterisk eXchange), es un protocolo creado por Mark Spencer para manejar las conexiones de VoIP entre servidores Asterisk o clientes y servidores que utilicen IAX (Nefta, s.f.).

IAX2 (segunda versión de IAX), es robusto, permitiendo manejar una gran variedad de codificadores y streams para transportar cualquier tipo de dato virtualmente. Adicional a esto, utiliza un único puerto UDP (User Datagram Protocol, 4569), para lo que respecta la comunicación entre puntos terminales de VoIP, datos y señalización.

Otra de las características más importantes de este protocolo es que es eficaz al momento de trabajar en redes internas ya que al tener la capacidad de transportar el tráfico de voz en “in-band”, hace que IAX2 sea casi transparente a los Firewalls. Esta es una de las diferencias más grandes que

se tiene entre SIP e IAX2, ya que SIP utiliza una cadena RTP (Real-time Transport Protocol), “out-of-band” (Nefta, s.f.).

El objetivo principal que tiene este protocolo es el de minimizar el ancho de banda a utilizarse en lo que respecta a la transmisión de video y voz en una red IP, dándole una alta prioridad al control y a la provisión de soportes para ser transparente al NAT (Network Address Translation), el cual es un mecanismo que utilizan los routers IP, para traducir direcciones privadas, en la red de direcciones legales, antes de que estos paquetes sean enviados a otra red (CISCO, 2014). A continuación

En la Figura 16, se muestra un ejemplo del flujo de datos de una comunicación bajo el protocolo IAX2.

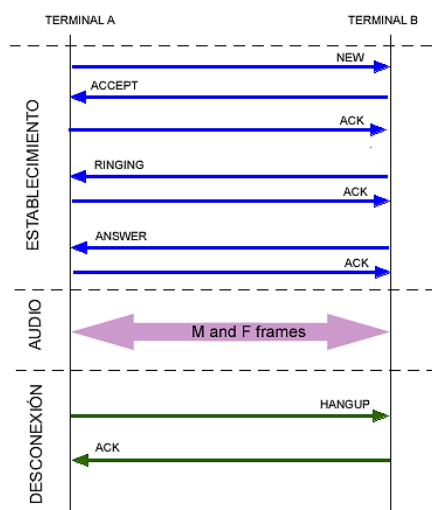


Figura 16. Envío de mensajes IAX entre dos terminales.
Fuente: (Caldera & Suazo)

Para realizar una llamada dentro del protocolo IAX o IAX2 se tienen 3 fases:

- **Establecimiento de Llamada:** El terminal A (llamante) manda un mensaje “new”, inicializando la conexión, el terminal B (llamado), responde con un “accept”, y seguido de esto el terminal A manda un “ack o acuse de recibo”. Una vez que se completó el envío de estos 3 mensajes, el terminal B produce la señal de “ringing”, a lo cual el terminal A responde con un “ack”, como confirmación de que está recestando el mensaje. Finalmente, el terminal B responde con un “answer” como aceptación de la llamada y el terminal A confirma dicho mensaje.
- **Flujo de Datos (Audio):** Se envían tramas M (mini-tramas) las cuales contienen una cabecera de solo 4 bytes para realizar la reducción del ancho de banda, y tramas F (tramas completas) para transportar la información de sincronización; en sentido bidireccional con la información que en este caso es la voz.
- **Desconexión:** Se lo realiza con un mensaje de “hangup” por parte del terminal A, y con la confirmación del mismo desde el terminal B.

d. Comparación entre SIP e IAX

Las principales diferencias que se tiene entre los protocolos SIP e IAX se muestran en la Tabla

7:

Tabla 7
Comparación entre los protocolos SIP e IAX.

	IAX	SIP
Ancho de Banda	Menor utilización ya que los mensajes son codificados de forma binaria.	Mensajes de texto sin codificación.
NAT	Evita problemas con el NAT ya que la señalización y los datos viajan en conjunto.	La señalización y los datos viajan por separado por lo que requiere de servidores STUN para evitar problemas.
Estandarización	Se encuentran en proceso de estandarización.	Se encuentra estandarizado por la IETF.
Puertos	Utiliza solo el puerto 4569.	Utiliza como mínimo 3 puertos.

2.5. Asterisk

Es una implementación de una central telefónica que se basa en código abierto, la cual permite realizar llamadas y conectarse a otros servicios telefónicos. Asterisk está editada bajo una doble licencia, siendo la primera de ellas una licencia de software libre denominada GNU Public License, y la segunda una licencia comercial la cual es usada para poder ejecutar cualquier tipo de código que esté patentado o sea cerrado (Calo, Asterisk).

Las principales características que presenta Asterisk son:

- Manipulación avanzada de video y voz como la transcodificación, grabación de video llamadas y llamadas, entre otros.
- Aplicaciones administrativas como el registro de llamadas y herramientas de administración web.

- Manejo básico de llamadas ya que se pueden configurar extensiones, identificador de llamadas, transferencia de llamadas, entre otros.
- Aplicaciones de mensajería como mensajes de voz que llegan al correo electrónico como notificaciones.
- Plan de marcado potente y flexible ya que se puede realizar el control de llamadas que entran y salen de la PBX. Se pueden aplicar restricciones en cuanto a horarios, orígenes, destinos, duración y otros parámetros según se desee (Ríos, 2014).

2.5.1. Arquitectura

Para realizar sus funciones esenciales desde cualquier hardware y tecnología, Asterisk fue desarrollado bajo un sistema central, la definición de varias API's y el núcleo de la PBX

Internamente el núcleo de Asterisk maneja las siguientes herramientas:

- Conmutación de la PBX: Automatiza tareas y conecta de forma transparente llamadas entre varios usuarios que usen diferentes hardware e interfaces de software.
- Administrador I/O: Para que Asterisk funcione óptimamente el núcleo administra el sistema y maneja tareas de bajo nivel.
- Traductores de Codecs: Se puede hacer el uso de varios códecs para poder adaptar las diversas necesidades que se tengan optimizando la calidad del audio y el ancho de banda a utilizarse.

Una API (Application Programming Interface) es un conjunto de varios procedimientos y funciones que cumplen con varias funcionalidades para ser usadas por otro software.

Estas permiten implementar procedimientos de cualquier proyecto sin que haya la necesidad de volverlas a programar de nuevo (Rea, 2014). En el caso de Asterisk los API's usados son:

- API de canal: Realiza el manejo del tipo de conexión por la que se puede recibir una llamada (RDSI, RTC o VoIP).
- API de aplicación: Permite que se ejecuten varias aplicaciones para poder tener distintas funciones o tareas.
- API de traducción de códecs: Contiene los distintos módulos de códecs para poder codificar y decodificar los formatos de audio como: uLaw, aLaw, MP3, GSM entre otros.
- API de formato de ficheros: Maneja la lectura y escritura de los formatos de los distintos archivos que se utilizan para almacenar los datos.

2.5.2. Organización de los Ficheros

La Tabla 8 muestra todos los archivos donde se guarda la información relacionada con la configuración de Asterisk a excepción de los archivos que guardan la configuración de las interfaces de hardware.

Tabla 8*Archivos donde se guarda la información de Asterisk.*

Archivo	Contenido
/etc/asterisk	Configuración de Asterisk a excepción de la configuración de las interfaces hardware.
/usr/lib/asterisk	Objetos binarios de la arquitectura de Asterisk.
/usr/sbin	Programas ejecutables y scripts.
/usr/lib/asterisk/modules	Módulos para aplicación, drivers de canal y formato de archivos, entre otros.
/usr/include/asterisk	Archivos de cabecera para construir aplicaciones.
/var/lib/asterisk/agi-bin	Scripts AGI.
/var/lib/asterisk/astdb	La base de datos de Asterisk.
/var/lib/asterisk/keys	Claves privadas y públicas usadas para la autenticación RSA.
/var/lib/asterisk/mohmp3	Archivos MP3.
/var/lib/asterisk/sounds	Archivos de audio, mensajes de bienvenida, etc.
/var/run/asterisk.pid	Identificador del proceso primario (PID) de la ejecución de Asterisk.
/var/spool/asterisk	Archivos donde se guardan el registro de llamadas entrantes, los buzones de voz de cada usuario, etc.

Fuente: (Calo, La VoIP)

Las carpetas usadas dentro del presente proyecto fueron: /etc/asterisk, en este se encuentran los archivos de configuración sip.conf y extensions.conf; y /var/lib/asterisk/sounds, ya que en esta carpeta se almacenó el mensaje de emergencia que se reproduce cuando los speakers se activan automáticamente.

2.5.3. Configuración

El funcionamiento de Asterisk se maneja bajo la configuración de archivos en texto plano. En la Tabla 9 se muestra la utilidad de los archivos más importantes:

Tabla 9
Funcionalidad de Archivos de Asterisk.

Archivo	Funcionalidad
asterisk.conf	Contiene la ubicación de los archivos de sonidos, y scripts que son usados por Asterisk.
extensions.conf	Contiene la configuración de los teléfonos, buzones de voz, plan de marcado, entre otros.
features.conf	Controla las llamadas en espera o la transferencia de llamadas.
iax.conf	Manejo del protocolo IAX para interactuar con otros clientes.
modules.conf	Contiene los módulos, o aplicaciones de telefonía, que se deben cargar.
sip.conf	Instrucciones de interacción con dispositivos VoIP que operan bajo SIP.

Fuente: (Calo, La VoIP)

2.6. CUCM

Es un software basado en un sistema de tratamiento de llamadas para telefonía IP, desarrollado por Cisco Systems (Internet y Tecnologías de la Información, s.f.). Este software permite ampliar las funciones y características de telefonía para paquetes de dispositivos de red de telefonía, los cuales pueden ser teléfonos IP de CISCO, gateways VoIP, dispositivos de procesamiento de medios, entre otros.

Adicional a ello un CUCM cuenta con servicios adicionales de video, voz y datos como: la mensajería convergente, los centros de contacto colaborativos, conferencias multimedia, entre otros, los cuales actúan como una solución de telefonía IP a través de la interfaz de programación de aplicaciones (API) CUCM (Hartmann, 2008).

CUCM proporciona estas funciones:

- Procesamiento de llamadas.
- Señalización y control de dispositivos.
- Administración del plan de marcado
- Administración de funciones del teléfono.
- Servicios de directorio.
- Interfaz de programación para aplicaciones externas.
- Herramientas de copia de seguridad y restauración (Hartmann, 2008).

2.7. Informacast

Es un sistema de notificación masiva de emergencia que envía mensajes críticos a dispositivos locales y usuarios móviles, pertenecientes a una red de telefonía IP.

Este software permite cargar usuarios y dispositivos a los que desea enviar mensajes. Los usuarios y dispositivos pueden clasificarse en grupos dependiendo de qué tipo de situación y quién necesita ver el mensaje. Los mensajes pueden ser preconstruidos con audio e imágenes de texto, o construidos cuando sea necesario. Luego, con solo presionar un botón, los mensajes se envían a grupos de usuarios a través de mensajes de texto, correo electrónico, llamadas telefónicas y dispositivos locales como teléfonos de escritorio, parlantes IP, computadoras de escritorio y más para obtener el máximo alcance (Singlewire Software, s.f.).

2.8. Python

Es un lenguaje que fue desarrollado por Guido Van Rossum a principios de los años 90. Python es un lenguaje de programación de alto nivel, el cual está orientado a objetos y utiliza una semántica dinámica. Es muy atractivo al momento de realizar aplicaciones, ya que se las puede desarrollar rápidamente gracias a sus estructuras de datos de alto nivel, los cuales vienen combinados con una tipificación dinámica.

Python admite paquetes y módulos, lo cual hacen que sea un programa que fomenta el modularidad y de esta manera es posible realizar la reutilización de código. El intérprete y la extensa biblioteca estándar de Python están disponibles en formato binario o fuente para todas las plataformas principales, y son de libre distribución.

Las características más importantes de Python se listan a continuación:

- Propósito General: Se puede crear todo tipo de programas.
- Multiplataforma: Existen versiones de Python para múltiples sistemas informáticos.
- Interpretado: No es necesaria la compilación del código antes de que este sea ejecutado, pero hay que tomar en cuenta que en realidad si se realiza una compilación la cual es transparente para el programador.

- Interactivo: Este lenguaje posee un intérprete por línea de comandos en el que se pueden introducir varias sentencias que se ejecutan una por una produciendo un resultado visible lo que ayuda al desarrollador entender de una mejor manera el lenguaje.
- Orientado a objetos: Hace que en Python sea sencillo crear programas con elementos que puedan reutilizarse.
- Funciones y librerías: Para el tratamiento de archivos, números, strings, etc, dispone de muchas funciones propias del lenguaje; adicional a ello es posible importar librerías externas (Álvarez, 2013).

Para el presente trabajo se eligió desarrollar la interfaz con Python debido a la extensa documentación y proyectos en producción que este lenguaje posee. Adicional a esto Python actualmente está teniendo un crecimiento exponencial en lo que respecta al uso, en comparación con otros lenguajes de programación debido a las nuevas tecnologías de Data Science y Machine Learning (Zaforas, 2017).

2.8.1. Archivos de Llamadas

Son archivos que utiliza Asterisk para inicializar las llamadas salientes de forma automática, ya que cuentan con un formato especial.

Estos archivos permiten lanzar programas a través de Asterisk, sin la necesidad de utilizar ningún tipo de API de red compleja (Degges, 2017). Uno de estos archivos es la biblioteca “pycall” de Python, la cual crea y usa archivos de llamadas de Asterisk.

a. Pycall

Pycall es totalmente compatible con todos los atributos de archivos de llamadas de Asterisk. Proporciona una capa flexible entre la aplicación y el servidor Asterisk, lo que le permite concentrarse en la lógica central de la aplicación.

Pycall se usa todos los días en numerosos servidores de producción tanto para proyectos de hobby como para grandes empresas (Pycall.org, s.f.). Adicional a eso se puede instalar como cualquier otro programa de Python, a través de pypi.

Las razones por las que se usa Pycall en la mayoría de los proyectos de telefonía es debido a que:

- Facilita la creación de aplicaciones de telefonía.
- Da mucha flexibilidad así el entorno de Asterisk no esté configurado de forma estándar.
- Presenta una gran cantidad de documentación y desarrollo activo (Pycall.org, s.f.).

2.9. Raspberry Pi

Es una computadora completamente funcional de una sola placa, la cual viene en un dispositivo pequeño y de bajo costo.

A diferencia de una PC convencional, la cual oculta su funcionamiento en un estuche interno, la Raspberry Pi tiene todos sus puertos, componentes y características a plena vista. La Figura muestra una Raspberry Pi 3 “Model B”. La cual está compuesta por varios componentes que desempeñan un papel para el funcionamiento de la placa.



Figura 17. Raspberry Pi 3
Modelo B.

Fuente: (Halfacree, 2018)

2.9.1. Componentes

- SoC (System on Chip): Contiene la mayor parte del sistema de Raspberry Pi, incluyendo la unidad de procesamiento central (CPU), y la unidad de procesamiento gráfico (GPU).



Figura 18. SoC de la Raspberry Pi.

Fuente: (Halfacree, 2018)

- RAM (Random Access Memory): Contiene el trabajo que se está realizando cuando la Raspberry Pi está encendida, solo al momento de guardar cualquier trabajo, este se guardará en la tarjeta microSD.



Figura 19. RAM de la Raspberry Pi.

Fuente: (Halfacree, 2018)

- Radio: Componente que le da la capacidad a la Raspberry Pi para comunicarse con otros dispositivos de forma inalámbrica.

La Raspberry Pi cuenta con 2 radios: radio WiFi para conectarse a redes de computadoras y radio Bluetooth para conectarse con periféricos de entrada y salida.

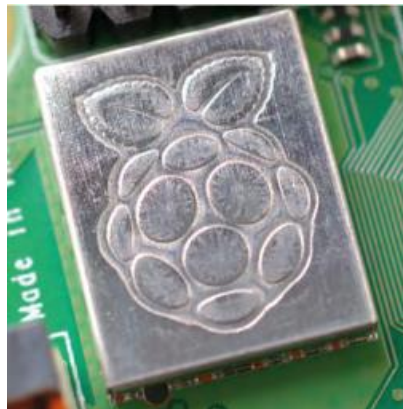


Figura 20. Módulo de radio de la Raspberry Pi.

Fuente: (Halfacree, 2018)

- Circuito Integrado de Administración de Energía (PMIC): Maneja la energía que la que viene desde el micro puerto USB que necesita la Raspberry Pi para funcionar.



Figura 21. Circuito integrado de administración de energía de la Raspberry Pi (PMIC).

Fuente: (Halfacree, 2018)

- Puertos USB: Estos puertos permiten conectar cualquier periférico compatible con USB 2.0.



Figura 22. Puertos USB de la Raspberry Pi.

Fuente: (Halfacree, 2018)

- Puerto Ethernet: Puerto utilizado para conectar a la Raspberry con una red de computadoras usando un cable con conectores RJ45.

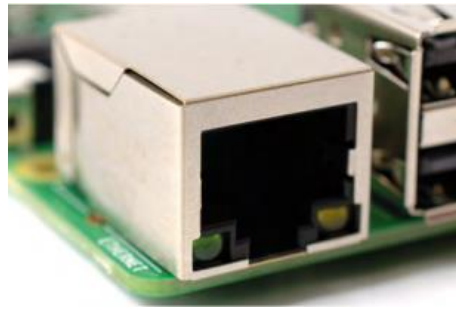


Figura 23. Puerto Ethernet de la Raspberry Pi.

Fuente: (Halfacree, 2018)

- Conector (AV): Puede ser usado para conectar auriculares, adicional esto el conector también transmite una señal de video que se puede conectar a televisiones o proyectores, usando un cable especial conocido como adaptador de punta de anillo (TRRS).



Figura 24. Conector AV de 3.5 mm de la Raspberry Pi.

Fuente: (Halfacree, 2018)

- Interfaz de serie de la Cámara (CSI): Permite usar un módulo de cámara.

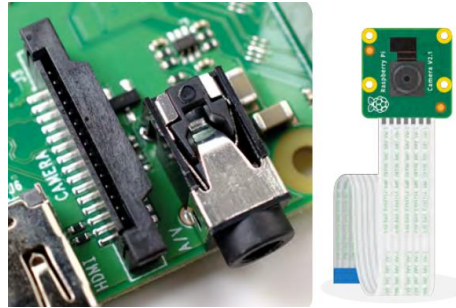


Figura 25. El conector de la cámara de la Raspberry Pi.
Fuente: (Halfacree, 2018)

- Puerto HDMI: Transporta señales de audio y video.



Figura 26. Puerto HDMI de la Raspberry Pi.
Fuente: (Halfacree, 2018)

- Puerto micro USB: Este puerto es usado para alimentar a la Raspberry Pi.



Figura 27. Puerto de alimentación micro USB de la Raspberry Pi.

Fuente: (Halfacree, 2018)

- GPIO (entrada / salida): Son puertos que se utilizan para que la Raspberry Pi se comunique con hardware adicional, como: sensores, leds, entre otros.



Figura 28. El encabezado de GPIO de la Raspberry Pi.

Fuente: (Halfacree, 2018)

Debido a que en el presente proyecto se requiere implementar una interfaz que pueda obtener un pulso eléctrico, para que a partir de este se ejecute una señal dentro de una red de telefonía IP, se escogió a la Raspberry Pi porque:

- Se pudo instalar una distribución de Linux como Raspbian, en la cual se pudo levantar un servidor de telefonía bajo la plataforma Asterisk, adicional a ello este sistema operativo permitió instalar las librerías necesarias para poder introducir funciones externas desde Python al servidor.
- Se pudo tomar una señal externa (Señal EWBS), mediante los puertos de entrada de la Raspberry, la cual bajo la programación en Python pudo ejecutar una función para introducir dicha señal en los Servidores de Telefonía IP.
- Debido a que la Raspberry cuenta con una tarjeta de red, esto permitió que la misma se pueda conectar a la Red de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Materiales

Para el desarrollo del presente trabajo se hizo la utilización de:

- Raspberry Pi 3 Model b+.
- Raspbian Buster with desktop and recommended software.
- Python versión 3.7.3.
- Asterisk versión 15.7.3.
- Decodificador PIX-BT108-LA1 de Pixela Corporation.

3.2. Instalación y Configuración del Servidor de Telefonía IP (Asterisk)

Para la instalación del servidor inicialmente se actualizó el Sistema Operativo Raspbian y se instalaron todas las librerías necesarias para la VPS (Virtual Private Server) de Asterisk. Seguido de eso se procedió a descargar e instalar Asterisk en su versión 15.7.3.

Una vez que se instaló el servidor se procedió a modificar 2 archivos de configuración, los cuales fueron: sip.conf y extensions.conf.

3.2.1. SIP.conf

En el archivo sip.conf inicialmente se procedió a agregar la configuración del usuario denominado [8640], esto se lo realizó con la finalidad de ejecutar pruebas de comunicación entre la central Asterisk con la Central CISCO. En la Tabla 10, se muestra la configuración de usuario Asterisk.

Tabla 10
Configuración de un Usuario Asterisk.

[8640]		
type	friend	El usuario puede realizar y recibir llamadas.
secret	8640pass	Contraseña de autenticación.
qualify	yes	Tiempo de latencia no superior a 2000 ms.
nat	no	Indica si el dispositivo está detrás de un NAT con "yes".
host	dynamic	El usuario se puede conectar desde cualquier dirección IP de la red.
canreinvite	no	No se permite que los puntos finales intercambien mensajes RTP directamente.
disallow	all	Permite deshabilitar un codec. Puede tomar los mismos valores que allow.
allow	ulaw, alaw	Permite habilitar un codec. Pueden ponerse varios en un mismo usuario.
context	public	Contexto que controla toda la configuración.

Seguido de esto se agregó la configuración de la central CISCO como proveedor, denominado [TRUNK-CISCO], en donde se definió la IP de la central CISCO y el puerto por donde va a escuchar, el cual es el 5060, debido a que todos los servidores SIP escuchan por este puerto. En la Tabla 11 se muestra la configuración realizada para un Usuario CISCO.

Tabla 11
Configuración de un Usuario CISCO dentro de Asterisk.

[TRUNK-CISCO]		
type	peer	Autentica llamadas salientes.
host	IP Central ESPE	El usuario solo se puede conectar desde esta IP.
port	5060	Puerto UDP en el que responderá el Asterisk
insecure	port, invite	Define como manejar las conexiones con peers.
nat	no	Indica si el dispositivo está detrás de un NAT con "yes".
disallow	all	Permite deshabilitar un codec. Puede tomar los mismos valores que allow.
allow	ulaw, alaw	Permite habilitar un codec. Pueden ponerse varios en un mismo usuario.
qualify	yes	Tiempo de latencia no superior a 2000 ms.
context	public	Contexto que controla toda la configuración.

3.2.2. Extensions.conf

En el archivo extensions.conf, se procedió a declarar la configuración para 3 números, siendo el primero uno propio de la Central en Asterisk, el cual fue generado con la finalidad de realizar pruebas, en la Tabla 12 se muestra la configuración del número de prueba propio de la Central Asterisk:

Tabla 12
Configuración del número de prueba propio de la Central Asterisk.

8640 en contexto [general]		
exten =>	8640,1,Dial(SIP/8640,30,Ttm)	Se conecta a la extensión
exten =>	8640,2,Hangup	Termina la llamada

El segundo número es propio de la central IP CISCO de la Universidad, este al igual que el primer número también fue generado con la finalidad de realizar pruebas.

En la Tabla 13 se muestra la configuración del número de prueba propio de la Central IP CISCO:

Tabla 13

Configuración del número de prueba propio de la Central IP CISCO.

1874 en contexto [general]		
exten =>	1874,1,NoOp()	Eco para la interfaz de línea
exten =>	1874,n,Dial(SIP/TRUNK-CISCO/\${EXTEN})	Se conecta a la extensión
exten =>	1874,n,Hangup	Termina la llamada

El tercer número es el código de acceso al Informacast de la Central IP CISCO de la Universidad, este número contiene a su vez todas las extensiones de la Universidad, en las cuales al momento en el que se detecte la señal de EWBS, se activará automáticamente el altavoz de dichas extensiones.

En la Tabla 14 se muestra la configuración del número del Informacast de la Central IP CISCO:

Tabla 14

Configuración del número del Informacast de la Central IP CISCO.

7400 en contexto [general]		
exten =>	7400,1,NoOp()	Eco para la interfaz de línea
exten =>	7400,n,Dial(SIP/TRUNK-CISCO/\${EXTEN})	Se conecta a la extensión
exten =>	7400,n,Hangup	Termina la llamada

3.3. Detección de la Señal EWBS

3.3.1. Configuración del EBWS en el Decodificador

Como se había mencionado en la sección anterior, para que un decodificador de EWBS funcione se debe realizar una configuración en su código de área, para el caso del presente trabajo se procedió a poner el código de país para Ecuador “454355” y para el cantón Rumiñahui “AE”, ya que la configuración debe ser realizada en hexadecimal.

Tabla 15

Código de Área de país y cantón para Ecuador y Rumiñahui.

		Código de Área					
País	Ecuador	0100	0101	0100	0011	0101	0101
Cantón	Rumiñahui			00	01100		

3.3.2. Programación en Python

Para la programación en Python inicialmente se procedió a realizar la detección del evento y seguido de esto por medio de la importación de la librería pycall se declaró que al momento en el que el programa detecte un 1 lógico automáticamente se conecte con el servidor Asterisk y llame al número designado para el Informacast.

En la Figura 29 se presenta el diagrama de flujos del programa, en el cual se puede ver que la programación para el funcionamiento es muy sencilla.

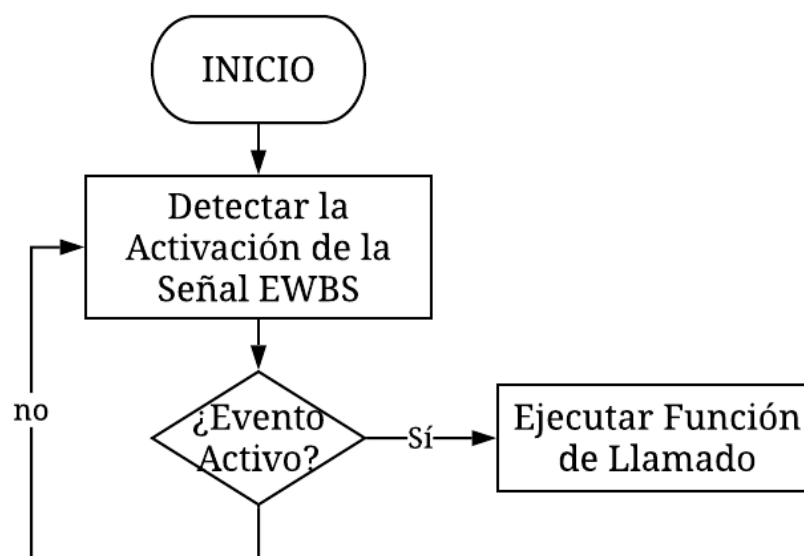


Figura 29. Diagrama de Flujo de la programación realizada en Python.

3.4. Funcionamiento del Proyecto

En la Figura 30, se puede ver el diagrama de red de telefonía IP de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, donde tenemos 2 servidores CISCO UCS C220 M3, en los cuales, el primero cuenta con un módulo Unity donde se configura la mensajería y un módulo CUCM Publisher, el cual permite la lectura y escritura de la base de datos de la plataforma, aquí se hacen todos los cambios, es decir declaraciones de usuarios, extensiones, entre otros. Y el segundo cuenta con un módulo Contact Center donde se almacenan los datos de llamadas, un módulo CUCM Subscriber, el cual solo permite la lectura y el guardado de la información que el Publisher replica a los demás subscriber de la solución y un módulo Informacast.

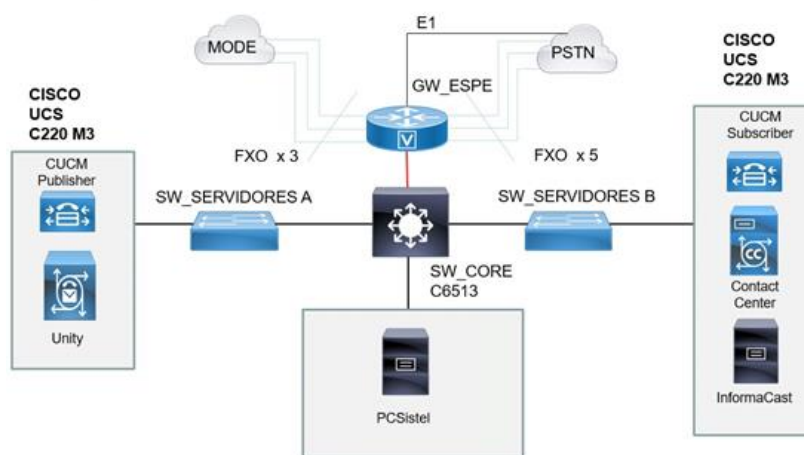


Figura 30. Diagrama de red de telefonía IP de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

En la Figura 33, se puede ver el diagrama de interconexión entre la interfaz y la red de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. El sistema funciona de la siguiente manera: Al momento en el que la consola de EWBS emite un mensaje, este acciona un pulso eléctrico en el decodificador, el cual es detectado por la Raspberry mediante la programación realizada en Python.



Figura 31. Diagrama de interconexión entre la interfaz y la red IP.

Una vez que se realiza el proceso de detección, el programa en Python denominado `detectar.py`, llama al número 7400, el cuál es el código asignado en el Informacast. para activar automáticamente los Speakers de los teléfonos de la Universidad. En la Figura 34 se muestra el proceso descrito anteriormente.

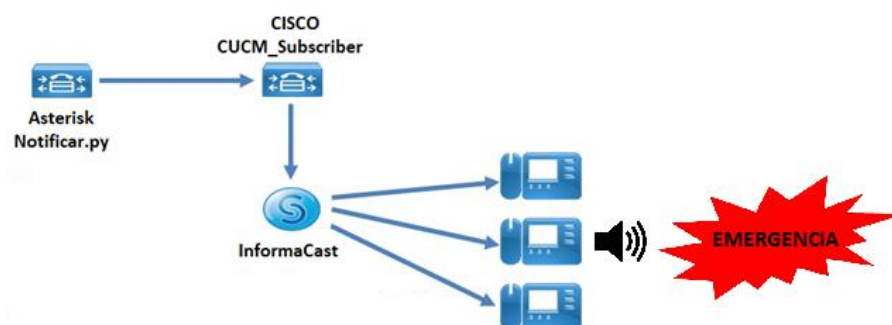


Figura 32. Emisión de la Señal de EWBS a través del Informacast.

CAPÍTULO IV

4. OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Para la obtención de resultados se procedió a realizar 4 escenarios de prueba.

4.1. Escenario N° 1

Este escenario fue exclusivamente utilizado para validar la detección del pulso eléctrico del decodificador, bajo la programación en Python sobre la Raspberry (Detector), una vez que recibía la Señal EWBS proveniente de la Consola. En la Figura 33 se muestra la implementación del escenario 1, en el cual una vez que el detector identifica un pulso eléctrico igual a 1.6 V, se presenta en la interfaz mediante una ventana de comandos la hora y el día en el que se detectó el pulso eléctrico.



Figura 33. Escenario de Pruebas N° 1.

Bajo este escenario se obtuvo un 100% de detección del pulso eléctrico activado, una vez que el decodificador recibía la Señal de EWBS.

4.2. Escenario N° 2

Este escenario se realizó para efectuar pruebas del funcionamiento de la Central Asterisk implementada sobre la Raspberry luego de su instalación.

Las pruebas consistieron inicialmente en comunicar 2 teléfonos previamente registrados dentro de la central, para determinar que no existan errores en cuanto a la comunicación (Fase 1).



Figura 34. Escenario de Pruebas N° 2 (Fase 1).

Seguido de esto se incorporó el sistema de detección, para que, en vez de visualizar la detección por medio de una ventana de comandos, se visualice la detección por medio de una llamada telefónica a la Terminal IP. En la Figura 35 se muestra dicho escenario en su Fase 2.

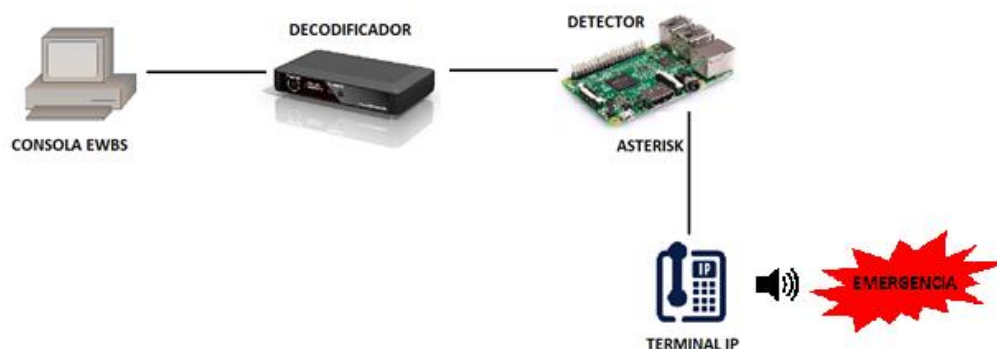


Figura 35. Escenario de Pruebas N° 2 (Fase 2).

En este escenario se logró llamar automáticamente a la Terminal IP, cuando el detector obtenía el pulso eléctrico activo, una vez que se emitía la señal de EWBS. Al mismo tiempo el escenario nos permitió descubrir que como en la programación el tiempo de muestreo del detector era de 1 segundo, esto hacía que mientras el pulso eléctrico estaba en alto, se realizaran llamadas cada 1 segundo, por lo que esto permitió definir un tiempo de muestreo de 30 segundos.

4.3. Escenario N° 3

Este escenario fue realizado en 2 fases, la primera, con la finalidad de ejecutar pruebas de comunicación entre la Central IP Asterisk y la Central IP CISCO. Al momento de llamar desde la extensión 8640 (perteneciente a la Central Asterisk), a la extensión 1874 (perteneciente a la Central CISCO), se logró una comunicación exitosa debido a la configuración de usuario Asterisk como

tipo friend, dentro de la Central Asterisk en la que se determinó que la misma puede realizar llamadas.

Al momento de llamar desde la extensión 1874 a la extensión 8640 no se obtuvo comunicación debido a que la configuración de usuario CISCO dentro de la Central Asterisk se definió como peer, lo que solo da la posibilidad de que la Central CISCO reciba llamadas.

En la Figura 36, se puede visualizar el escenario de pruebas N° 3 en su Fase 1.

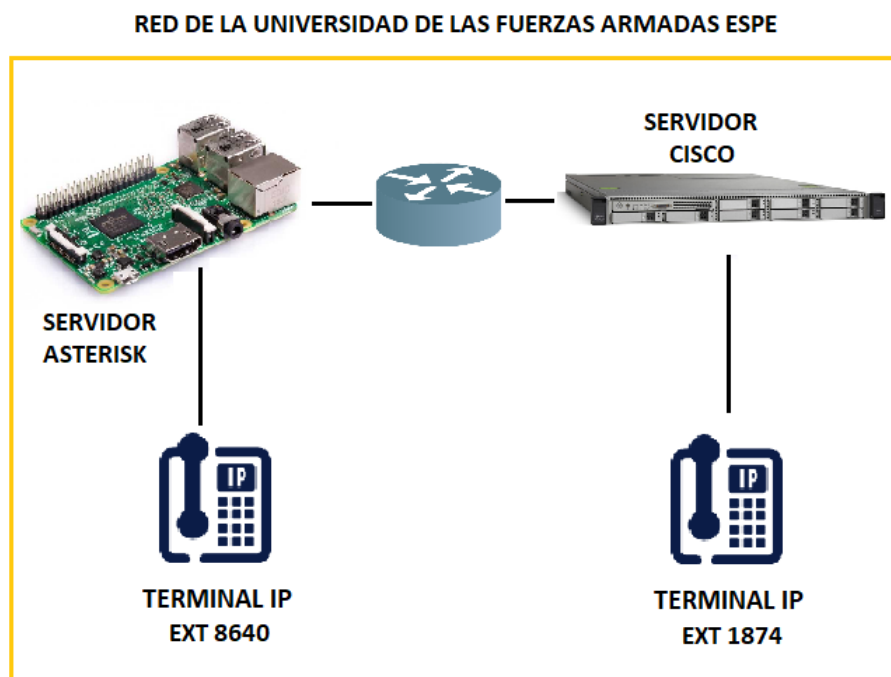


Figura 36. Escenario de Pruebas N° 3 (Fase 1).

En la segunda fase se procedió a realizar el llamado directamente de la Central Asterisk a la extensión 1874, una vez que la Raspberry detectaba el pulso en alto cuando el decodificador obtenía la señal de EWBS proveniente de la Consola.

En la Figura 37, se puede visualizar el escenario de pruebas N° 3 en su Fase 2.

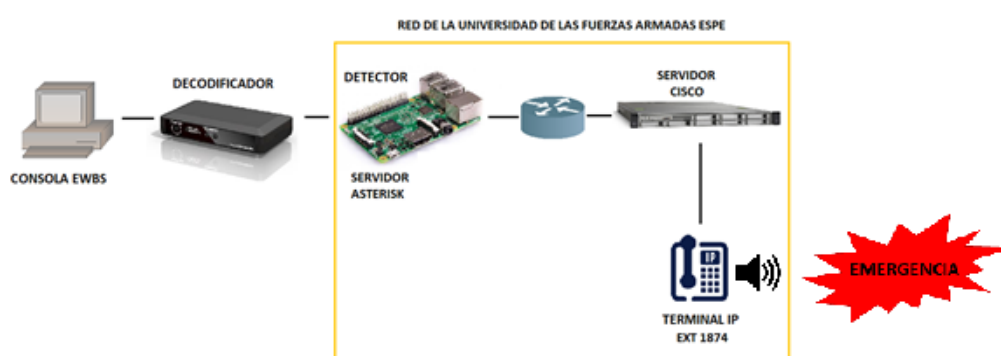


Figura 37. Escenario de Pruebas N° 3 (Fase 2).

Con este escenario se logró realizar el llamado a la terminal IP CISCO cuando se detectaba la señal de EWBS, lo que dio paso a la ejecución de un último escenario de prueba.

4.4. Escenario N°4

En este escenario finalmente lo que se procedió a ejecutar fue que, al momento de detectar el pin de activación del decodificador, realizar el llamado a un número previamente configurado dentro del Informacast de la Central CISCO, para que los speakers de los terminales IP de la Central se activen automáticamente emitiendo la señal de Emergencia mediante un audio.

En la Figura 38, se puede visualizar el escenario de pruebas N° 4.



Figura 38. Escenario de Pruebas N° 4.

De esta manera se validó el funcionamiento del proyecto, ya que los speakers se activaron exitosamente sin ningún inconveniente.

En la Figura 39 se puede acceder mediante el código QR a la visualización de un video del funcionamiento del proyecto.



Figura 39. Código QR para visualizar un video del funcionamiento del proyecto.

En el mismo se puede observar el levantamiento de la Central Asterisk, la pantalla de comandos para la ejecución del programa realizado en Python, la emisión de un canal de televisión

digital terrestre desde una Consola EWBS, la visualización de un mensaje de advertencia en un televisor cuando se activa la señal EWBS, la recepción de una llamada en un teléfono de prueba y la activación de un altavoz cuando el programa llama al Informacast de la Central CISCO.

CAPÍTULO V

5. DISCUSIÓN

En este trabajo se ha dado énfasis en la programación con redes de telefonía IP utilizando Python ya que, al ser un lenguaje actualizado y pensado a mejorar, nos permitió enfocarnos en la lógica del programa gracias a la facilidad de importar librerías y módulos que se adapten a los parámetros requeridos, los cuales en este caso fueron el detectar una señal y comunicarnos con un Servidor de Telefonía IP.

La elaboración de este trabajo representa un gran aporte en cuanto al desarrollo de sistemas de alerta temprana debido a que, adicional a su implementación en bocinas como el caso del proyecto realizado en Perú y, en dispositivos de Televisión Digital Terrestre, se está generando una nueva aplicación con respecto a las Redes de Telefonía IP (dándoles un mejor aprovechamiento), con lo que se está reduciendo las limitaciones del uso de sistemas de alerta; lo que a su vez genera un mayor alcance en el tiempo de respuesta de la población ante un evento.

Con los resultados obtenidos se pudo validar que no existen retardos en cuanto a la recepción de la alerta de emergencia en la red de Telefonía IP, ya que ni bien se activa la Señal de EWBS automáticamente se activan los speakers de los terminales IP emitiendo el mensaje de alerta pre grabado, con lo que se apertura un nuevo proyecto en el que se decodifique el mensaje propio de la Señal de EWBS y se lo emita mediante audio en los terminales IP.

5.1. Trabajos Futuros

Para la continuación del presente trabajo se propone dar un tipo de solución para ambas centrales en la nube ya que de esta manera no se limitaría a que solo los usuarios de teléfonos IP de la Universidad reciban la alerta ante un evento causado por un fenómeno natural, sino que cualquier usuario que disponga de un softphone instalado en su teléfono móvil pueda recibir dicha alerta en cualquier parte del mundo, lo que haría a su vez que la señal de EWBS se aproveche al máximo ya que como se mencionó en el trabajo, esta solo se activa en la localidad donde ocurre un evento.

Se podría tratar de involucrar más eventos a las alertas de cada país, ya que al momento solo se han desarrollado en una gran mayoría detectores de movimientos y erupciones volcánicas, pero se requieren sistemas que detecten posibles incendios y notifiquen inmediatamente de estos eventos, para de esta manera evitar pérdidas como las que estamos sufriendo con el incendio forestal de la Amazonía.

5.2. Conclusiones

Se logró diseñar e implementar una interfaz, la cual recibe una señal de alerta EWBS por medio de la activación de un buzzer de un decodificador de Televisión Digital Terrestre, emitiendo de esta manera una alerta a la Red de Telefonía IP de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE mediante la activación de los speakers de los terminales de telefonía IP.

Se encontró que la manera más óptima de obtener una Señal de EWBS de un decodificador fue tomando la misma desde los buzzers del decodificador debido a: la facilidad de encontrar este punto, y porque es la manera más conveniente para adaptar el decodificador con la Raspberry sin dañar la placa electrónica.

Se implementó una interfaz bajo la programación en Python, la cual fue capaz de detectar una señal de EWBS (proveniente del buzzer de un decodificador), y conectarse a un Servidor de Telefonía Asterisk para llamar.

Se consiguió comunicar a la interfaz de detección con el Servidor de Telefonía IP CISCO de la Universidad, mediante el levantamiento de un Servidor de Telefonía IP bajo la plataforma Asterisk, el cual se configuró en conjunto con el servidor CISCO para que se comuniquen mediante un SIP Trunk.

Se logró emitir un mensaje de alerta previamente configurado (en la Central Asterisk), en los altavoces de los terminales de Telefonía IP de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, sin ningún retardo en cuanto a la detección de la Señal de EWBS.

REFERENCIAS

- Alcantara, M. (4 de Julio de 2018). *SIP Una breve guía práctica*. Obtenido de <https://www.3cx.es/blog/guia-protocolo-sip/>
- Álvarez, M. (19 de Noviembre de 2013). *Qué es Python*. Obtenido de <https://desarrolloweb.com/articulos/1325.php>
- Caldera, J., & Suazo, W. (s.f.). *Telefonía IP*. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Calo, A. (s.f.). *Asterisk*. Obtenido de Universidad de Sevilla: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11379/fichero/memoria%252F4.pdf>
- Calo, A. (s.f.). *La VoIP*. Obtenido de Universidad de Sevilla - Biblioteca de Ingeniería: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11379/fichero/memoria%252F3.pdf>
- CISCO. (10 de Noviembre de 2014). *Network Address Translation (NAT) FAQ*. Obtenido de <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/network-address-translation-nat/26704-nat-faq-00.html>
- CISCO. (s.f.). *Cisco Unified CallManager*. Obtenido de https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/small-business/Unified_CallManager_Version_5_Espa.pdf
- Costales, V. (25 de Abril de 2016). A 9 días de ocurrido el terremoto, 655 personas fallecieron y 48 están desaparecidas. *Diario EL COMERCIO*.
- CyberCollege. (2 de Octubre de 2017). *Digital Broadcasting*. Obtenido de <https://www.cybercollege.com/tvp009-2.htm>
- Degges, R. (28 de Septiembre de 2017). *Pycall Documentation Release 2.3.2*. Obtenido de <https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/pycall/stable/pycall.pdf>

- Domínguez, E., & Lozano, S. (2014). Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia. *Scielo*, 321-328.
- Gómez, R. (2010). *Estudio de la Televisión Digital para Comparación de sus Estándares*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Halfacree, G. (2018). *The Official Raspberry Pi Beginner's Guide* . Obtenido de https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/Beginners_Guide_v1.pdf
- Hartmann, D. (25 de Julio de 2008). *Cisco Unified Communications Manager Architecture*. Obtenido de <https://www.networkworld.com/article/2274082/chapter-1--cisco-unified-communications-manager-architecture.html>
- INICTEL-UNI. (6 de Abril de 2018). *El INICTEL-UNI cuenta con sistema de alerta de emergencia para tsunamis*. Obtenido de <http://www.inictel-uni.edu.pe/noticias/el-inictel-uni-cuenta-con-sistema-de-alerta-de-emergencia-para-tsunamis>
- Instituto Geofísico EPN. (s.f.). *Cotopaxi*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/cotopaxi>
- International Telecommunications Union (ITU). (Octubre de 2015). *Recomendación UIT-R BT.1774-2 (10 / 2015)*. Obtenido de https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.1774-2-201510-I!!PDF-S.pdf
- Internet y Tecnologías de la Información. (s.f.). *Cisco Call Manager* . Obtenido de <https://www.paraisodigital.org/internet/ll-cisco-call-manager-que-es-definicion-y-significado-descargar-videos-y-fotos.html>
- ISDB-T. (30 de Noviembre de 2015). *Digital Broadcasting Expert Group*. Obtenido de https://www.dibeg.org/techp/aribstd/international_harmonization/151130_ISDB-T_Harmonization_Document_EWBS_en.pdf
- Lara, R. (2015). *Departamento de Eléctrica y Electrónica ESPE*.

- Matango, F. (15 de Septiembre de 2016). *Server VoIP*. Obtenido de <http://www.servervoip.com/blog/tag/protocolo-sip-funcionamiento/>
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (Septiembre de 2016). *Televisión Digital Terrestre - Sistema de Emergencia de Alerta Temprana*. Obtenido de <https://www.itu.int/en/ITU-D/Emergency-Telecommunications/SiteAssets/Pages/Events/2016/Ecuador-2017/EWBS%20.pdf>
- MINTEL. (2017). *¿Qué es la TDT?* Obtenido de <https://tdtecuador.mintel.gob.ec/que-es-la-tdt/>
- MINTEL. (2017). *TDT Ecuador*. Obtenido de <https://tdtecuador.mintel.gob.ec/beneficios/>
- Montoya, R. (s.f.). *El Estándar H.323*. Obtenido de Universidad de Sevilla: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11252/fichero/2-H.323.pdf>
- Navarrete, D. (2016). *Implementar el Sistema de Transmisión de Alerta de Emergencia (EWBS) en la Plataforma Villageflow para Activar las Aplicaciones TDT de Alerta Temprana*. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/2969/1/UNACH-ING-ELC-TEL-2016-0023.pdf>
- Nefta, A. (s.f.). *Protocolo IAX*. Obtenido de <http://elastixtech.com/protocolo-iax/>
- Olmedo, G., Acosta, F., & Haro Raúl, B. N. (2018). Broadcasting Testing of Emergency Alert System for Digital Terrestrial Television EWBS in Ecuador. *Springer*, 176-187.
- Olmedo, G., Segura, A., & Acosta, F. (2015). Designing a system for monitoring and broadcasting early warnin signs of natural disasters for Digital Terrestrial Television.
- PROMAX. (5 de Diciembre de 2017). *EWBS: Detección de alarmas por terremoto*. Obtenido de <http://www.promax.es/esp/noticias/511/ewbs-deteccion-de-alarmas-por-terremoto>
- Pycall.org. (s.f.). *Pycall*. Obtenido de <https://www.pycall.org/>

- Pycall.org. (s.f.). *Pycall Documentation*. Obtenido de <http://docs.pycall.org/en/latest/foreword.html#what-are-call-files>
- Rea, A. (15 de Mayo de 2014). *¿Qué es una API?* Obtenido de <https://hipertextual.com/archivo/2014/05/que-es-api/>
- Ríos, A. (2014). *Guía Asterisk*. Obtenido de <http://alorios.org/wp-content/uploads/2014/09/GuiaAsterisk-v-0.1-20121210.pdf>
- Rodríguez, M. (3 de Diciembre de 2018). *A Real-Time Microseims-Detector Based on Voice Activity Detection and Endpoint Detection: An Approach To Cotopaxi Volcano*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15565/AA-%20ESPE-040598-R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rohde&Schwarz. (2019). *Tecnología ISDB-TB*. Obtenido de https://www.rohde-schwarz.com/es/tecnologias/difusion-terrestre/isdb-tb/tecnologia-isdb-tb/isdb-tb_55800.html
- Secretaría Nacional de Riesgos y Emergencias. (2019). *Informes de Situación Actual por Eventos Peligrosos – Ecuador*. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-actual-por-eventos-adversos-ecuador/>
- Segura, J. (2015). *Diseño de un Sistema de Monitorización y Emisión de Señales de Alerta Temprana de Desastres Naturales para TDT*. Sangolquí: ESPE.
- Shogen, K. (Junio de 2009). *Handbook on Emergency Warning Broadcasting Systems*. Obtenido de http://www.abu.org.my/upload/EWBS_Handbook.pdf
- Singlewire Software. (s.f.). *What is Informacast?* Obtenido de <https://www.singlewire.com/what-informacast>

Zaforas, M. (13 de Noviembre de 2017). *¿Es Python el Lenguaje del Futuro?* Obtenido de <https://www.paradigmadigital.com/dev/es-python-el-lenguaje-del-futuro/>