



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

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

**TEMA: DISEÑO DEL SISTEMA PARA LA CONVERSIÓN DE  
ANALÓGICO A IP A SER IMPLEMENTADO EN EL SISTEMA  
DE ALERTA TEMPRANA Y SEGURIDAD CIUDADANA DEL  
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL  
MUNICIPIO DE LATACUNGA**

**AUTOR: PERDOMO AGUILAR JULISSA ALEJANDRA**

**SANGOLQUÍ**

**2016**



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“DISEÑO DEL SISTEMA PARA LA CONVERSIÓN DE ANALÓGICO A IP A SER IMPLEMENTADO EN EL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Y SEGURIDAD CIUDADANA DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DE LATACUNGA”***, realizado por la señorita ***JULISSA ALEJANDRA PERDOMO AGUILAR***, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a la señorita ***JULISSA ALEJANDRA PERDOMO AGUILAR***. Para que lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 18 de julio del 2016**

ING. CARLOS PAÚL BERNAL OÑATE

DIRECTOR



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **JULISSA ALEJANDRA PERDOMO AGUILAR**, con cédula de identidad N° 171666491-5, declaro que este trabajo de titulación **“DISEÑO DEL SISTEMA PARA LA CONVERSIÓN DE ANALÓGICO A IP A SER IMPLEMENTADO EN EL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Y SEGURIDAD CIUDADANA DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DE LATACUNGA”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Sangolquí, 18 de julio del 2016**

-----  
JULISSA ALEJANDRA PERDOMO AGUILAR

C.C: 171666491-5



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **JULISSA ALEJANDRA PERDOMO AGUILAR**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la Biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“DISEÑO DEL SISTEMA PARA LA CONVERSIÓN DE ANALÓGICO A IP A SER IMPLEMENTADO EN EL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Y SEGURIDAD CIUDADANA DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DE LATACUNGA”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Sangolquí, 18 de julio del 2016**

-----  
JULISSA ALEJANDRA PERDOMO AGUILAR

C.C: 171666491-5

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico a mis padres Mariana y Armando, mis hermanos, quienes siempre me han apoyado en cada paso que he dado, con su esfuerzo y dedicación diaria en el transcurso de mi vida personal y profesional. Además a mi abuelita Gloria que siempre supo guiarme, apoyarme y enseñarme para ser la persona que ahora soy, aunque ya no esté a mi lado, sé que está muy orgullosa de este logro obtenido, a mi novio Edison quien siempre ha sido mi fortaleza, mi apoyo incondicional para no darme nunca por vencida, gracias a sus esfuerzos hoy puedo culminar una etapa de mi vida profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero agradecer a Dios por haberme dado la vida y sabiduría necesaria durante todo este tiempo, en segundo lugar a mi familia en especial a mis padres por todo el sacrificio y apoyo que me han brindado lo que me ha llevado hasta donde estoy, a mi novio por todo el amor, paciencia, tiempo y consejos que me supo brindar, enseñándome a confiar en mí misma forjándome un mejor futuro y a mi director de proyecto Ing. Paúl Bernal muchas gracias por haber sido más que un tutor un amigo, la persona que dedicó tiempo y esfuerzo para que este proyecto culmine de la mejor manera.

## INDICE

CERTIFICADO DE TUTORÍA.....	I
DECLARACION DE RESPONSABILIDAD.....	II
AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN.....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
INDICE DE FIGURAS .....	X
INDICE DE TABLAS .....	XII
RESUMEN.....	XIII
Palabras Claves.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
Keywords .....	XIV
CAPÍTULO 1.....	1
1.1 Alcance del Proyecto.....	3
CAPÍTULO 2.....	4
2.1 Espacio Físico .....	4
2.1.1 Localización .....	4
2.2 Sistema de Alerta Temprana y Video Vigilancia .....	5
2.3 Sistemas Continuos y Discretos .....	8
2.3.1 Sistemas Continuos o Analógicos. ....	8
2.3.2 Sistemas Discretos o Digitales. ....	9
2.4 Sistemas de Control basados en la Plataforma Arduino .....	9
2.4.1 Características básicas.....	9
2.4.2 Software de programación. ....	11
2.4.3 Dispositivos acoplables.....	11
2.4.4 Servidor. ....	13
2.5 Infraestructura Inalámbrica de Red .....	14
2.6 Redes de Comunicación.....	14
2.6.1 Tipos de Redes de Comunicación. ....	15
2.6.1.1 Redes Inalámbricas.....	15
2.6.1.2 Redes Alámbricas. ....	16

2.7	Sistemas Radioeléctricos.....	<b>18</b>
2.7.1	Tipos de Servicios.....	19
2.7.2	Tipos de Transmisión.....	19
2.7.2.1	Transmisión Punto a Punto.....	19
2.8	Características del Sonido.....	<b>20</b>
2.8.1	Atenuación del sonido con la distancia.....	20
2.8.2	Atenuación del sonido con las condiciones atmosféricas.....	21
2.8.3	Absorción – Reflexión del sonido.....	22
2.8.4	Eco y Reverberación.....	22
2.9	Elementos que componen la instalación.....	<b>22</b>
2.9.1	Micrófonos.....	22
2.9.2	Altavoces.....	23
<b>CAPÍTULO 3.....</b>		<b>24</b>
3.1	Información General para el desarrollo del Sistema de conversión Analógico a IP .....	<b>24</b>
3.1.1	Características técnicas requeridas para el sistema de conversión Analógico a IP. ....	25
3.2	Dispositivos y Sistemas existentes para conversión Analógico a IP. ....	<b>26</b>
3.3	Diseño del Conversor Analógico a IP implementado en el S.A.T y Seguridad Ciudadana.....	<b>29</b>
3.4	Hardware del sistema analógico mediante un sistema IP basado en la plataforma Arduino. ....	<b>31</b>
3.5	Software del sistema analógico mediante un sistema IP en la plataforma Arduino. ....	<b>34</b>
3.6	Arreglo del Hardware para la salida de audio en los puntos terminales. .	36
3.7	Configuración del hardware de las bocinas. ....	36
3.8	Calculo de la distancia de alcance del sonido en cada punto terminal.....	37
3.8.1.	Diagrama de bloques del Sistema de Conversión Analógico a IP. ....	39
3.8.2.	Diagrama de bloques de los componentes instalados del punto final.....	39
3.8.3.	Diagrama de bloques General de Conexión de los elementos del Sistema de Alerta Temprana.....	40
3.9	Diseño del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana.....	<b>41</b>
3.9.1	Esquema del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana.....	41



3.10 Infraestructura de Comunicación física de la Red.....	<b>41</b>
3.10.1 Ubicación de los equipos. ....	42
3.10.2 Diseño de red con infraestructura de comunicación basada en enlaces de Radio. ....	43
3.10.3 Software para el desarrollo del estudio de factibilidad de los enlaces de Radio. ....	43
3.10.4 Esquema de Conectividad para Enlaces de Radio.....	44
3.10.5 Estudio de los enlaces de Radio Esquemáticos. ....	45
3.10.6 Esquema de conexión eléctrica de los puntos finales del proyecto.....	53
3.10.7 Esquema de conexión a la infraestructura de datos de los puntos de finales del proyecto.....	54
3.11 Sistema de Control para el manejo de equipamiento analógico mediante IP ....	<b>55</b>
3.11.1 Esquema de conexión del punto final del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana.....	55
3.11.2 Diseño del sistema para manejo del equipamiento analógico mediante IP .....	56
3.12 Diseño de interconexión del Sistema. ....	56
3.13 Equipamiento requerido. ....	57
3.14 Descripción del funcionamiento del Sistema propuesto.....	58
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>60</b>
4.1 Equipamiento instalado en cada punto final.....	<b>60</b>
4.2 Esquema de la red inalámbrica implementada.....	<b>65</b>
4.3 Central de Monitorización. ....	<b>67</b>
4.4 Protocolos de gestión y activación del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana .....	<b>70</b>
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>72</b>
5.1 Especificaciones Técnicas del proceso de Adquisición Emergente del Sistema de Alerta Temprana.....	<b>72</b>
5.1.1 Especificaciones Técnicas de las cámaras PTZ. ....	72
5.1.2 Especificaciones Técnicas servidor de almacenamiento. ....	74
5.1.3 Especificaciones Técnicas Switch de acceso.....	75
5.1.4 Especificaciones Técnicas Central Telefónica. ....	77
5.1.5 Características técnicas equipo Workstation. ....	77

	ix
5.2 Presupuesto del Sistema propuesto.....	79
CAPÍTULO 6.....	82
6.1 Conclusiones .....	82
6.2 Recomendaciones .....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
Referencias .....	86
ANEXOS .....	88

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de distribución de las Parroquias del Cantón Latacunga.....	5
<b>Figura 2.</b> Video Vigilancia.....	6
<b>Figura 3.</b> Ejemplo del sistema analógico .....	8
<b>Figura 4.</b> Ejemplo de un sistema discreto .....	9
<b>Figura 5.</b> Imagen frontal y posterior de la placa Arduino Uno .....	10
<b>Figura 6.</b> Par Trenzado de cobre. ....	17
<b>Figura 7.</b> Estructura del cable de fibra óptica. ....	18
<b>Figura 8.</b> Topología Estrella de una Red de Enlaces Punto a Punto. ....	20
<b>Figura 9.</b> Propagación de las ondas sonoras .....	21
<b>Figura 10.</b> Esquema general del Sistema de alerta Temprana y Seguridad ciudadana. ....	25
<b>Figura 11.</b> Esquema general del Sistema de Conversión Analógico a IP. ....	25
<b>Figura 12.</b> Amplificador IP .....	26
<b>Figura 13.</b> Esquema de conexión para el sensor de sonido.....	27
<b>Figura 14.</b> Relé IP KMtronic.....	29
<b>Figura 15.</b> Placa Arduino UNO.....	30
<b>Figura 16.</b> Esquema del hardware para control del Sistema de Alerta Temprana ....	32
<b>Figura 17.</b> Esquema de conexión teléfono IP equipo amplificador .....	33
<b>Figura 18.</b> Conexión del arreglo de bocinas a la salida del equipo amplificador .....	33
<b>Figura 19.</b> Hardware para control de equipo amplificador. ....	34
<b>Figura 20.</b> Programa para control del equipo de sonido mediante la red.....	35
<b>Figura 21.</b> Acceso web del dispositivo de activación .....	36
<b>Figura 22.</b> Arreglo de bocinas a instalar .....	37
<b>Figura 23.</b> Esquema del Sistema de alerta Temprana y Seguridad Ciudadana.....	41
<b>Figura 24.</b> Software LINKPlanner .....	44
<b>Figura 25.</b> Esquema de Conectividad de los Radio Enlaces .....	45
<b>Figura 26.</b> Desarrollo de un proyecto en LINKPlanner .....	46
<b>Figura 27.</b> Ingreso de coordenadas de cada punto final.....	47
<b>Figura 28.</b> Detalle en el software LINKPlanner .....	47
<b>Figura 29.</b> enlaces de radio .....	48
<b>Figura 30.</b> Enlaces de radio en Google Earth.....	49

	xi
<b>Figura 31.</b> Detalle del Enlace.....	50
<b>Figura 32.</b> Equipos requeridos .....	50
<b>Figura 33.</b> Descripción del perfil correspondiente Enlace .....	51
<b>Figura 34.</b> Especificaciones por punto del Enlace .....	51
<b>Figura 35.</b> Resultados basados en el modelo ITU-R.....	51
<b>Figura 36.</b> Rendimiento y Modulación .....	52
<b>Figura 37.</b> Listado de equipos asignados de acuerdo al estudio de LINKPlanner ....	53
<b>Figura 38.</b> Esquema de Conexión Eléctrica .....	53
<b>Figura 39.</b> Esquema de Conexión a la red de datos .....	55
<b>Figura 40.</b> Esquema General de Conectividad del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana. ....	56
<b>Figura 41.</b> Diseño del equipamiento del SAT y Seguridad Ciudadana .....	57
<b>Figura 42.</b> Ejemplo Paging Cisco .....	59
<b>Figura 43.</b> Esquema de red implementado.....	66
<b>Figura 44.</b> Diagrama de bloques de la Central de Monitorización. ....	67
<b>Figura 45.</b> Equipamiento para Monitorización. ....	68
<b>Figura 46.</b> Instalaciones Central de Monitorización. ....	69
<b>Figura 47.</b> Equipamiento activo Central de Monitorización.....	69
<b>Figura 48.</b> Protocolo de Gestión de Información antes de un Evento Adverso. ....	71
<b>Figura 49.</b> Protocolo de Activación del Sistema de Alerta Temprana.....	71

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Resumen de los componentes de la Placa Arduino.....	10
<b>Tabla 2.</b> Dispositivos acoplables con la placa Arduino UNO.....	12
<b>Tabla 3.</b> Atenuación por absorción del aire por cada 100 metros. ....	21
<b>Tabla 4.</b> Ubicación de los puntos de Alerta y Seguridad. ....	42
<b>Tabla 5.</b> Cantidad de VA requeridos para el equipo UPS.....	54
<b>Tabla 6.</b> Características de cada punto instalado.....	60
<b>Tabla 7.</b> Características técnicas cámaras PTZ. ....	73
<b>Tabla 8.</b> Características Servidor de Almacenamiento. ....	74
<b>Tabla 9.</b> Características técnicas Switch de acceso.....	75
<b>Tabla 10.</b> Características técnicas equipo Router.....	77
<b>Tabla 11.</b> Características técnicas equipo de Monitoreo.....	78
<b>Tabla 12.</b> Costo del sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana. ....	79

## **RESUMEN**

Debido a la posible amenaza por el inicio del proceso eruptivo del volcán Cotopaxi y con la finalidad de salvaguardar la integridad de la población, bajo la jurisdicción del Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Latacunga se diseñó e instaló el hardware de conversión Analógico a IP como parte del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana con el uso de equipamiento activo existente en el mercado nacional logrando que los dispositivos instalados en este sistema sean de menor valor, con soporte y garantías locales en caso de existir algún fallo, logrando un menor tiempo de respuesta en comparación a sistemas que se deben importar. Las ubicaciones de los puntos finales del sistema se instalaron en ocho zonas de riesgo definidas por el G.A.D. del Municipio de Latacunga, para la comunicación de cada uno estos sitios con la Central de Monitorización se instaló una red inalámbrica compuesta de radio enlaces.

### **Palabras Claves**

- **ALERTA**
- **SEGURIDAD**
- **VIDEOVIGILANCIA**
- **ARDUINO**
- **COTOPAXI**

## **ABSTRACT**

Due to the possible threat by the beginning of the eruptive process of Cotopaxi volcano and in order to safeguard the integrity of the population under the jurisdiction of the Autonomous Government Decentralized the Municipality of Latacunga was designed and installed the hardware Analog conversion to IP as part the Early Warning System and Public Safety with the use of existing active equipment in the national market, obtaining of this form that the devices installed on this system are of lesser value, support and local assurances in the event of any failure, achieving a shorter response time compared to systems to be imported. The locations of the endpoints of the system were installed in eight risk areas defined by the G.A.D. the Municipality of Latacunga, for the communication of each of these sites with the Central Monitoring a wireless network composed of radio links are installed.

### **Keywords**

- **ALERT**
- **SECURITY**
- **VIDEO SURVEILLANCE**
- **ARDUINO**
- **COTOPAXI**

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN**

En la historia de la humanidad han existido varios eventos naturales que causaron grandes daños a miles de personas junto con sus bienes materiales, estos desastres originados por riesgos naturales como las inundaciones, biológicos como enfermedades infecciosas, causaron daño no por la magnitud del evento sino por la falta de preparación que tuvo la población antes de que el evento ocurriese. Estos sistemas se basan en herramientas y procesos integrados ya sea para un peligro particular o en varios.

Para que los servicios de alerta posean un funcionamiento adecuado, deben contar con una sólida base científica para la predicción, previsión y capacidad de trabajar de manera fiable las 24 horas del día durante los 365 días del año, a estos servicios se los considera como un componente fundamental en la preparación contra desastres, involucran una amplia gama de actores, sin embargo esta clase de sistemas no se los encuentra en todas partes del mundo que requieren de los mismos debido a su costo o por el desconocimiento de las autoridades de los peligros a los que la población estaría expuesta.

En la actualidad existen varios sistemas desarrollados como por ejemplo los fabricados por HÖRMANN (Verkaufsgesellschaft, 2011) los mismos que se han instalado en diferentes partes del mundo, a pesar de que los sistemas permiten alertar e informar a la población con muy poco tiempo de anticipación debido a lo impredecibles que resultan los eventos naturales como terremotos, erupciones volcánicas entre otros, el tiempo de aviso en la gran mayoría de los casos resulta suficiente para que los pobladores se dirijan a las zonas seguras y tomen las precauciones debidas.



En el presente proyecto diseñado e instalado se permite el manejo de equipamiento Analógico mediante equipos IP, utilizado en el Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana del Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Latacunga, con el uso de equipos y elementos que se encuentran en el mercado nacional, de esta forma se evitó la importación de equipos especializados fabricados en países con mayor desarrollo tecnológico, de esta forma el producto final obtenido es de presupuesto accesible y con mejor tiempo de entrega. Este proyecto permite alertar e informar a los pobladores del Cantón de Latacunga las acciones que deben tomar en el caso de existir algún evento natural o uno causado por el hombre evitando pérdidas de vidas humanas, el sistema será administrado desde la Central de Monitorización.

Ante la amenaza de una posible erupción del volcán Cotopaxi se requiere instalar una solución de bajo costo con tecnología que se puede encontrar en el país permitiendo la adquisición del mismo durante la duración del decreto de emergencia No 755 (Suramérica, 2012), la implementación del sistema se la deberá realizar en el menor tiempo posible, con el fin de poder alertar a los habitantes de las zonas que resultarían afectadas dentro del cantón de Latacunga por este evento natural, el importar un sistema de esta clase no es factible debido a que el costo del mismo supera el presupuesto que puede destinar el G.A.D. del Municipio de Latacunga para este fin.

El sistema para la conversión de analógico a IP a ser implementado en el sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana consiste en el diseño y prueba del equipo conversor análogo digital requerido para la activación de equipos de amplificación de audio mediante equipamiento basado en tecnología IP permitiendo, por una parte, mantener una vigilancia constante del volcán Cotopaxi y de varios sectores del Cantón Latacunga durante las 24 horas del día y detectar oportunamente por medio de una cámara de video vigilancia la ocurrencia o presencia de eventos que requieran la activación de una alarma y emitir mensajes informativos en los lugares designados para el caso de que el evento sea causado por el volcán Cotopaxi la activación del sistema se la realizará únicamente cuando las autoridades encargadas como lo es la Secretaría de Gestión de Riesgos autorice la evacuación en los sector a ser afectados

poniendo en marcha a todos los entes de emergencia para la guía y seguimiento de la población a ser evacuada según el Decreto 755 firmado por el Presidente de la República.

### **1.1 Alcance del Proyecto**

El presente proyecto tiene como alcance diseñar el hardware para la conversión de un sistema analógico a un sistema IP que luego de ser probado en el laboratorio interno de la empresa será puesto en marcha en un Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana basada en comunicación IP para la activación de las alarmas, emitir mensajes pregrabados o difundir mensajes generales para cada sector, por un operador desde la Central de Monitorización, la infraestructura física a ser implementada consiste en la instalación de todo el equipamiento necesario para el funcionamiento de la red inalámbrica diseñada para la conexión de cada sitio designado para la ubicación del sistema con la Central de Control y Monitorización esto se refiere a equipos de radio frecuencia, conexión a la red eléctrica, equipos de telefonía, cámaras de video vigilancia tipo PTZ y sistema de amplificación.

La infraestructura a ser instalada, consiste en el dimensionamiento del equipamiento activo requerido en la Central de Control y Monitorización para almacenamiento del video, central telefónica y enrutamiento, además del direccionamiento de red para cada elemento que forma parte de la solución y la configuración de cada equipo, en la Central de Monitorización se realizara la instalación del equipamiento activo y de red física como son: cableado de datos, cableado eléctrico y equipamiento de red además del sistema de gestión y almacenamiento de los videos, la adecuación física de las instalaciones de la Central estará a cargo del G.A.D. del Municipio de Latacunga

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Espacio Físico**

El cantón Latacunga se encuentra ubicado en la sierra central, fue creada por decreto expedido por el Gral. Francisco de Paula Santander el 25 de junio de 1824 como cantón de la Provincia de Pichincha hasta el primero de abril de 1851 durante el gobierno de Diego Noboa en donde pasó a formar parte de la Provincia de León actualmente denominada como la Provincia de Cotopaxi como cabecera cantonal (Latacunga.net, 2016).

Está conformado por su Cabecera Cantonal, Latacunga, diez parroquias rurales que son: 11 de Noviembre, Alagues, Belisario Quevedo, Guaitacama, Joseguango Bajo, Mulaló, Poaló, San Juan de Pastocalle, Tanicuchi, Toacaso. Y cinco parroquias urbanas: Eloy Alfaro, Ignacio Flores, Juan Montalvo, La Matriz, San Buenaventura. Los límites cantonales que delimitan al cantón Latacunga son:

**“NORTE:** Provincia de Pichincha”

**“SUR:** Cantón Salcedo”

**“ESTE:** Provincia del Napo”

**“OESTE:** con los cantones Sigchos, Pujilí y Saquisilí”

##### **2.1.1 Localización**

En la Figura 1., se muestra el mapa de ubicación de las parroquias rurales y urbanas que conforman el cantón de Latacunga.



**Figura 1.** Mapa de distribución de las Parroquias del Cantón Latacunga

## **2.2 Sistema de Alerta Temprana y Video Vigilancia**

### **2.2.1 Sistema de Alerta Temprana**

Los Sistemas de Alerta Temprana son uno de los elementos más importantes que contribuyen a reducir la pérdida de vidas humanas y disminuir el impacto económico que puede ser causado por eventos naturales destructivos, la eficacia que esta clase de sistemas alcance depende básicamente del conocimiento de los riesgos existentes, el nivel de compromiso de la población y de las Instituciones Gubernamentales para educar y tomar conciencia de los riesgos a los que se encuentran expuestos, garantizando la preparación constante de los pobladores en la forma de actuar ante cualquier evento.

Los Sistemas de Alerta Temprana denominados como SAT son básicamente el conjunto de procedimientos e instrumentos, mediante los cuales se realiza el monitoreo de una amenaza o evento adverso ya sea este natural o antrópico que pueda ser previsible, vigilar el estado y evolución de la amenaza. La importancia de un SAT se basa en conocer de forma anticipada y con cierto nivel de certeza el tiempo que tendrían los pobladores para actuar de forma ordenada ante el desarrollo del evento de desastre, ya que de no alertar e informar adecuadamente de las acciones a ser tomadas se puede ocasionar mayor pérdidas de vidas que las que puede ocasionar el evento.

### 2.2.2 Video Vigilancia

Los Sistemas de Video Vigilancia que han sido implementados para todo tipo de empresas han mostrado grandes avances tecnológicos, esto se puede ver con el incremento de esta clase de sistemas, a finales del siglo XX se evidencio el aumento en instalaciones de cámaras en espacios públicos, (MÜLLER-HEIDELBERG, 2000), muchos países han decidido instalar tecnología de video vigilancia no únicamente como una medida de control social, también como una herramienta encargada de monitorear y administrar los sistemas de transporte público, prevenir incendios y para el manejo de espacios públicos. El Sistema de Video Vigilancia basado en el empleo de tecnología IP permite la supervisión de forma local o remota de imágenes de video y audio, así como el tratamiento de las mismas para aplicaciones de analítica de video como el reconocimiento de matrículas, reconocimiento facial entre otras.

El avance que se ha obtenido con el desarrollo de la tecnología es la resolución de imagen que se puede obtener con las cámaras de video vigilancia actuales, esta avance en la resolución va acompañada de las elevadas tasas de compresión de video que permiten evitar el consumo de ancho de banda y espacio de almacenamiento con estándares como H.264, Motion JPEG, MPEG-4 entre otros.



**Figura 2.** Video Vigilancia.

El Sistema de Video Vigilancia garantiza la seguridad requerida en: locales comerciales, casas, personas entre otros, los Sistemas de Video Vigilancia IP ofrecen mejores prestaciones en herramientas y posibilidades por lo que se mejora la prevención de pérdidas ya que permite capturar video como información digital y poder acceder a esta información desde una red IP y con la finalidad de gestionar las grabaciones. El uso de dispositivos de alerta integrados a estos sistemas también permite a las cámaras detectar automáticamente posibles comportamientos sospechosos y alertar al personal encargado de monitorear un Sistema de Video Vigilancia.

### **2.2.3 Componentes de un Sistema de Video Vigilancia**

Los Sistemas de Video Vigilancia constan de los siguientes elementos:

- Cámaras digitales
- Sistemas de Gestión de Video

### **2.2.4 Cámaras IP**

Estos dispositivos son capaces de emitir imágenes por una red de datos sin utilizar una estación de trabajo, poseen un mini ordenador que comprime el video que capta antes de enviarlo por la red, las mismas que poseen funciones incorporadas como: envío de correos electrónicos con imágenes, activación mediante sensores, movimiento para una zona específica.

Las cámaras IP se clasifican por su uso, es decir para interiores o exteriores este tipo de cámaras poseen características para regular la cantidad de luz a la que se expondrá el sensor de imagen, también posee una carcasa de protección para entornos adversos como polvo y humedad. Las cámaras de red dependiendo de las características de se pueden clasificar en cámaras de red fijas, domos fijos o Domo PTZ.

### 2.2.5 Sistema de Gestión de Video

Permiten administrar las áreas donde se encuentran ubicadas las cámaras de forma remota, están formados por los dispositivos que capturan imágenes, los dispositivos de control, de grabación, procesamiento, almacenamiento y el software de gestión el cual permite observar en tiempo real los acontecimientos captados por las cámaras mientras que se almacenas los videos, de esta forma se puede realizar posteriormente el procesamiento y análisis de los mismos.

## 2.3 Sistemas Continuos y Discretos

Un sistema es un conjunto de procesos que intervienen para modificar la señal de entrada obteniendo una señal de salida con características diferentes, por ejemplo en un sistema de amplificación de audio, este al ingresar al sistema sufre modificaciones para obtener una señal de audio con mayor volumen que la de ingreso.

### 2.3.1 Sistemas Continuos o Analógicos.

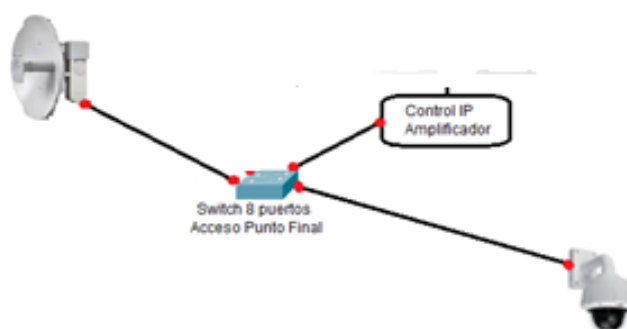
A un sistema continuo se lo puede definir como aquel en que la señal de entrada será del tipo continua y la señal que se va a obtener a la salida también será continua, en la Figura 3., se puede observar el esquema que posee el sistema analógico instalado, para el cual la señal de entrada será el audio a ser enviado desde la Central de Monitorización mediante el teléfono y la salida será el audio que se reproducirá en cada punto definido para el Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana.



**Figura 3.** Ejemplo del sistema analógico

### 2.3.2 Sistemas Discretos o Digitales.

Un sistema discreto es aquel que transformará la entrada de tiempo discreto en salidas de tiempo discreto, se puede observar este esquema en la Figura 4, donde la señal de entrada será el audio que se reproducirá en el computador de la Central de Monitorización y será reproducido en cada punto final del sistema.



**Figura 4.** Ejemplo de un sistema discreto

## 2.4 Sistemas de Control basados en la Plataforma Arduino

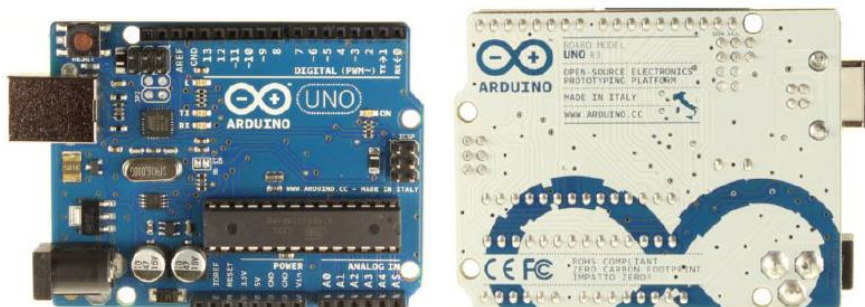
Arduino es una plataforma de hardware y software libre tanto en lo referente a su diseño como en su distribución, esta plataforma puede utilizarse para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto sin la necesidad de adquirir licenciamiento debido a esto se pueden encontrar varios tipos de placas las oficiales que son las creadas y fabricadas por la comunidad Arduino y las no oficiales que son las creadas de forma similar por cualquier persona, la placa Arduino es aquella en donde se conectan los sensores, actuadores y demás elementos necesarios para comunicarnos con el sistema que se va a desarrollar.

### 2.4.1 Características básicas.

El modelo de la placa distribuida por la Comunidad de Arduino se muestra en la Figura 5., posee un tamaño de 75 mm x 53 mm, la unidad de procesamiento se basa en un microcontrolador ATmega328 puede ser alimentada mediante USB o por medio de



una fuente externa, posee tanto pines digitales como analógicos, en la Tabla. 1., se muestra un resumen de sus componentes la descripción detallada de los elementos que forman esta placa la encontramos en el ANEXO A.



**Figura 5.** Imagen frontal y posterior de la placa Arduino Uno

**Tabla 1.**

**Resumen de los componentes de la Placa Arduino.**

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje operativo	5 V
Voltaje de entrada	7 – 12 V
Voltaje de entrada (límites)	6 – 20 V
Pines de entrada e/s	14 pines de los cuales 6 proporcionan salida PWM
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua para pines e/s	40 Ma
Corriente continua para pines de 3.3 V	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB se utilizan para el bootloader.
SRAM	2 KB /ATmega328)
EEPROM	1 KB /ATmega328)
Velocidad de reloj	16 MHz

### 2.4.2 Software de programación.

La plataforma de Arduino posee un lenguaje propio de programación el cual se basa en el lenguaje C/C++ por ello soporta funciones de estos lenguajes, sin embargo es posible el utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones en Arduino como Java, Processing, Python, Mathematica, Matlab®, Perl, Visual Basic® entre otros, esta característica es posible ya que la placa de Arduino posee comunicación serial que es algo que la mayoría de los lenguajes mencionados soportan.

El entorno de desarrollo de Arduino es sencillo e intuitivo, el programa se lo puede descargar de forma gratuita desde la página oficial de la comunidad Arduino para diversos Sistemas Operativos, este software ha sido desarrollado con *processing* un lenguaje similar a Java (Arduino, 2016), su última versión es la 1.6.7, este software posee una serie de menús, una barra de herramientas con botones para las funciones comunes, un editor de texto donde se escribe el código de programación, un área de mensajes y una consola de texto, la descripción de los componentes que forman este software se muestra en el ANEXO A.

### 2.4.3 Dispositivos acoplables.

Para conseguir un sistema de control basado en esta plataforma es necesario acoplar al órgano central formado por la placa Arduino Uno dispositivos sensores o actuadores que permitan el desarrollo del sistema a instalar, además de elementos con los que el usuario pueda interactuar para comunicarse con el sistema, para realizar cambios o controlar el mismo.

Los dispositivos se conectarán a la placa mediante cables acoplados a la misma algunos de ellos disponen de librerías que se deberán adjuntar en el programa para poder utilizar el dispositivo de forma correcta empleado todas sus características y funciones, estas librerías se las escribe dentro del entorno de programación de Arduino con la línea `#include <nombreLibreria.h>`, para utilizar los sensores y actuadores digitales se debe tener en cuenta que solo es factible tener dos valores HIGH que representa el nivel alto y LOW que representa el nivel bajo, para el caso en que se

utilicen las entradas analógicas se debe tener en consideración que se tienen valores de voltajes de entre 0 y 5 voltios para lo cual se emplearán en 10 bits para lectura y en 8 bits para escritura por lo que se tienen 1024 valores de lectura y 256 valores de escritura.

**Tabla 2.**

**Dispositivos acoplables con la placa Arduino UNO.**

<b>MÓDULO</b>	<b>CARACTERISTICA</b>
<b>SENSORES</b>	
<b>Módulo de gas</b>	Esta clase de dispositivo permite detectar un nivel alto de gas mediante la lectura del valor HIGH por medio de la placa Arduino. Ver ANEXO A.
<b>Módulo PIR</b>	Es un elemento utilizado para detectar movimiento con el fin de encender algún otro dispositivo como una luz. Ver ANEXO A.
<b>Módulo de luz</b>	Este dispositivo permite detectar el nivel de intensidad de luz que existe en una habitación, el sistema leerá niveles de voltaje. Ver ANEXO A.
<b>Módulo de temperatura</b>	Es un termistor analógico, es decir un sensor resistivo de temperatura su funcionamiento se basa en determinar la variación de temperatura ante la variación de la resistencia que presenta el semiconductor ante los cambios de temperatura. Ver ANEXO A.
<b>ACTUADORES</b>	
<b>Módulo Relé</b>	Este dispositivo funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el cual por medio de una bobina y un electroimán para accionar un contacto que permite abrir o cerrar otros circuitos por ejemplo un interruptor de un foco. Ver ANEXO A.
<b>COMUNICADORES</b>	

continua

<b>Módulo Ethernet</b>	Esta placa permite establecer conexiones a internet mediante el empleo del estándar Ethernet mediante el protocolo TCP/IP, a este módulo se lo conoce como Ethernet Shield cuya función principal es la de leer peticiones a través del puerto 80. Ver ANEXO A.
<b>Módulo Wi-Fi</b>	Este módulo utiliza el protocolo TCP/IP con el objetivo de utilizar como medio transmisión el aire para comunicarse con el servidor. Ver ANEXO A.
<b>Módulo Xbee</b>	Este dispositivo permite la comunicación inalámbrica mediante el empleo del protocolo Zigbee, utiliza frecuencias comprendidas entre los 865 MHz y 2.4 GHz. Ver ANEXO A.
<b>Módulo Bluetooth</b>	Este dispositivo utiliza el protocolo Bluetooth se lo utiliza con dispositivos de bajo consumo y de corto alcance de emisión opera en la banda ISM de 2.4 GHz, posee la ventaja de simplificar el descubrimiento configuración de los dispositivos, el WiFi utiliza el mismo espectro de frecuencias que Bluetooth. Ver ANEXO A.
<b>Módulo Infrarrojo</b>	Este dispositivo es otro medio de comunicación que no utiliza medio físico para realizar el envío de información para ello utiliza rayos infrarrojos, este tipo de comunicación tiene menos interferencia debido a la banda de frecuencia en la que trabajan. Ver ANEXO A.

#### 2.4.4 Servidor.

El servidor conforma la parte principal del sistema debido a que es el encargado de proporcionar la interfaz entre el usuario y el sistema desarrollado, se puede utilizar varias alternativas como servidor: un computador personal u otra opción también es utilizar la placa Arduino Uno.

## 2.5 Infraestructura Inalámbrica de Red

La infraestructura de red es un elemento esencial para la instalación del sistema para soportar las necesidades de la red permitiendo el intercambio de información entre los puntos finales y la Central de Monitorización de forma adecuada, cumpliendo con parámetros muy importantes como confiabilidad, seguridad, privacidad y regulaciones existentes capaz de soportar condiciones diversas del medio ambiente, con capacidad de adaptarse a las nuevas tecnologías. En caso de existir una falla en alguno de los componentes que forman parte de la red de comunicación es suficiente para dejar sin funcionamiento al sistema propuesto, debido a esto las instalaciones se deben diseñar tomando en cuenta todos los posibles riesgos existentes de la infraestructura.

## 2.6 Redes de Comunicación

La red de comunicaciones instalada está formada por el conjunto de medios técnicos los cuales permitirán realizar el intercambio de información a distancia entre los equipos terminales y la Central de Monitorización, la información requerida a transmitirse es datos, audio y video, esta información utilizará varios medios físicos como lo son el aire, cables de cobre y fibra óptica, esta información utiliza conversiones de forma analógica o digital para ser transmitida, cualquiera método de transmisión que se utilizará es transparente al usuario. La red de comunicación presenta las siguientes características:

- **Compartición de archivos.-** se denomina compartición cuando varios usuarios que pertenecen a una red tengan acceso a documentos como archivos videos, entre otros que se encuentran almacenados en equipos servidores, esta característica la encontramos dentro de nuestro proyecto debido a que diferentes usuarios tendrán acceso a las grabaciones de las cámaras que forman parte del Sistema de Seguridad Ciudadana cuando las autoridades respectivas soliciten alguna grabación.
- **Servicios de Aplicación.-** además de compartir archivos o carpetas en una red se puede manejar aplicaciones que funcionan en la infraestructura de red y a la

cual acceden varios usuarios como por ejemplo, Sistemas de Video Vigilancia, correo electrónico, acceso remoto, búsquedas por internet entre otros, esta característica se la aplica con el software de gestión donde se visualiza todas las cámaras del Sistema de Seguridad Ciudadana en la Central de Monitorización.

### **2.6.1 Tipos de Redes de Comunicación.**

A una red de comunicación se la puede dividir dependiendo del medio que utilice en su implementación estos tipos de redes pueden ser inalámbricas y alámbricas.

#### **2.6.1.1 Redes Inalámbricas.**

La infraestructura instalada se basa en enlaces de radio empleando tecnología inalámbrica que utiliza ondas electromagnéticas para el envío de información entre sus principales aplicaciones tenemos la emisión de señales de televisión, en telefonía para seguridad, sensores, domótica, entre otras, las mismas que presentan las siguientes características:

- Rápida instalación, ya que no se requiere instalación de cableado para cada usuario.
- Al utilizar como medio de transmisión el aire, permite que los usuarios puedan moverse dentro del rango de recepción de la señal.
- Bajo costo de mantenimiento, debido a no manejar una infraestructura conectada a cada usuario por lo que se reduce significativamente los costos por mantenimiento.
- Accesibilidad, en la actualidad la mayor parte de dispositivos móviles, computadoras portátiles entre otros, soportan varios tipos de tecnología inalámbrica.
- Es una alternativa para proveer servicios de internet, correo entre otros para lugares en donde es muy difícil acceder con medios guiados.

Al igual que cualquier tipo de tecnología las redes inalámbricas presentan desventajas tales como:

- Sensibilidad ante cambios atmosféricos, puede dejar de funcionar la red por causas naturales como: vientos fuertes, tornados, lluvia, entre otros.
- Problemas ante interferencias externas producidas por otros equipos emisores que se encuentren a su alrededor.
- La velocidad es limitada ya que depende de la distancia y la frecuencia a la que funcione.

### **2.6.1.2 Redes Alámbricas.**

Las redes alámbricas también forman parte del sistema instalado, son las redes donde su medio de transmisión es el cable como medio físico utilizado para realizar la interconexión de los usuarios que forman parte de la red, entre los medios alámbricos más comercializados y utilizados tenemos par trenzado, cable coaxial y fibra óptica. La elección del medio alámbrico y el sistema de cableado a utilizar dependen de varios factores, entre los cuales se tiene:

- Ambiente de instalación.
- Equipos a conectar.
- Aplicaciones y requerimientos.

#### **2.4.1.2.1 Par Trenzado**

El par trenzado es el medio alámbrico que se utilizó para la instalación de la infraestructura de red en la Central de Monitorización, está compuesto por conductores de cobre forrados con plástico y protegidos por una cubierta aislante como se muestra en la Figura. 6., la torsión en los pares tiene como objetivo reducir la interferencia eléctrica que se origina en las líneas cercanas evitando la inducción de los campos electromagnéticos.



**Figura 6.** Par Trenzado de cobre.

El cable utilizado en la instalación del cableado estructurado consta de 4 pares del tipo sin blindaje, cumpliendo con los siguientes estándares y normas:

- ANSI/EIA/TIA-568-C3
- ISO/IEC11801
- IEEE 802.3
- IEEE 802,3af PoE plus
- IEC61156
- TIA/EIA-568-C2

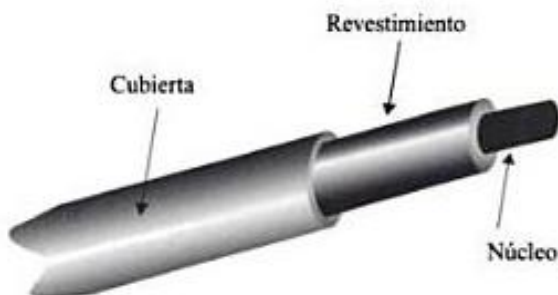
El cableado de datos utilizado pertenece a la categoría de red definida como 6 A la misma que indican su uso y la velocidad a la que pueden transmitir información la categoría 6ª se la utiliza en redes de alta velocidad hasta 10 Gbit/s, las especificaciones técnicas del cable de marca SIGMA Plus se las encuentra en el ANEXO B.

#### **2.4.1.2.2 Fibra Óptica.**

La fibra óptica es un medio de transmisión que se encuentra compuesto por, el núcleo central que es de contextura muy delgado de vidrio el cual posee características físicas de alto índice de refracción de luz, con revestimiento también hecho de vidrio pero este posee un índice de refracción más bajo por lo que se utiliza como protección del núcleo, los dos se encuentran cubiertos por varias capas las cuales tienen varias



funciones como por ejemplo aislamiento contra humedad, amortiguamiento, esfuerzo a tensión, protección aislante entre otras (Figura. 7).



**Figura 7.** Estructura del cable de fibra óptica.

Las principales razones por las que la fibra óptica se utiliza como medio de transmisión en lugar del par trenzado o el cable coaxial tenemos:

- Se puede utilizar en distancias largas para conectar a varios usuarios.
- Cuando se requiere que la conexión sea de alta capacidad con un buen ancho de banda y la mínima pérdida de señal.
- Cuando el ambiente a emplearse es sensible al ruido e interferencia electromagnética.

## **2.7 Sistemas Radioeléctricos**

Estos sistemas son basados en la transmisión de señales que utilizan como medio el espacio mediante el uso de ondas electromagnéticas se lo conoce como radio, el mismo no necesita que exista una conexión física entre el transmisor y el receptor. En este tipo de transmisión se utiliza el término radiofrecuencia (RF), que hace referencia a una determinada frecuencia de radiación de energía electromagnética que permite la comunicación.

### **2.7.1 Tipos de Servicios.**

La Unión Internacional de Telecomunicaciones define a los tipos de servicios de radiocomunicación de acuerdo a la banda de frecuencia en la que operan en (UIT, Reglamento de Radiocomunicaciones, 2016), el sistema instalado se lo define como:

**“Servicios Fijos.-** son los servicios de radiocomunicación entre dos puntos fijos específicos como por ejemplo lo son los circuitos de alta frecuencia punto a punto y radioenlaces de microondas.”

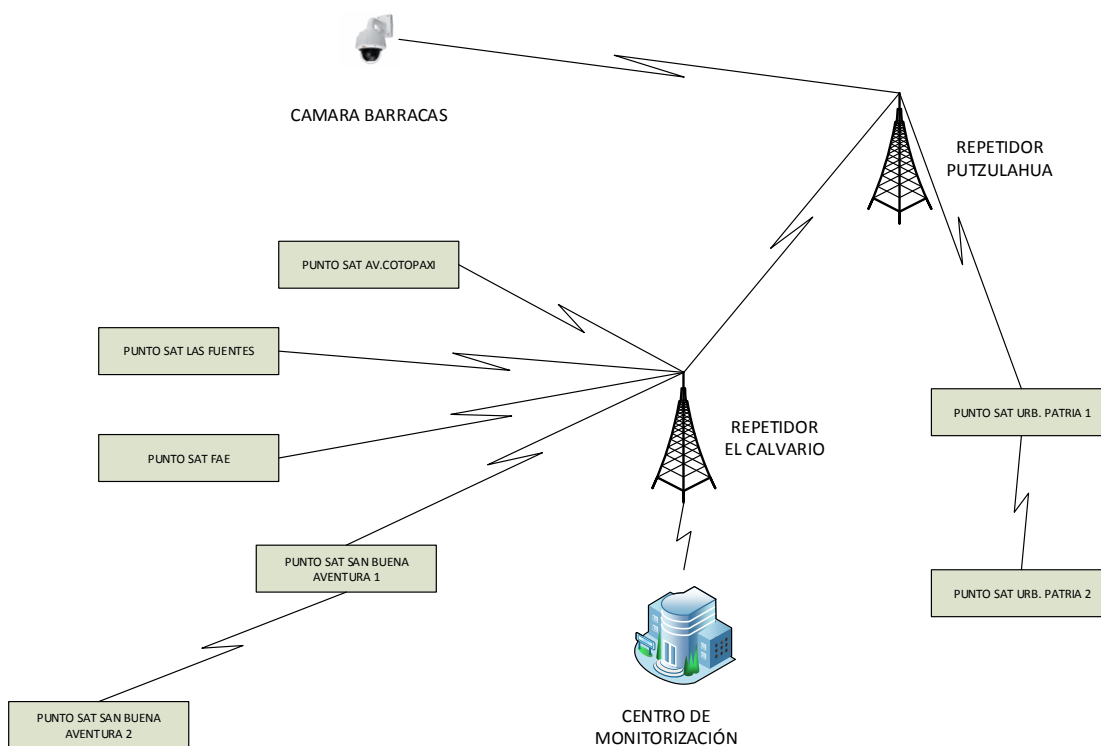
### **2.7.2 Tipos de Transmisión.**

La comunicación nace por dos tipos de necesidades el intercambio de información entre dos o varios puntos y el de distribución de una misma señal desde un punto hacia múltiples puntos terminales, con la finalidad de satisfacer estas necesidades se utilizan enlaces radioeléctricos en configuración de punto a punto o punto multipunto cada una de estas formas de conectividad posee su característica dependiendo del servicio que se requiere instalar, el sistema instalado posee el tipo de transmisión Punto a Punto.

#### **2.7.2.1 Transmisión Punto a Punto.**

Esta clase de transmisión permite comunicarse entre dos estaciones, las mismas que pueden realizar el intercambio de información en modo full dúplex para el envío de información desde la estación principal hacia la estación remota.

La forma más factible de que se comuniquen entre estaciones cercanas es realizar circuitos punto a punto como se muestra en la Figura. 8., esta forma de conectividad realizada por medio de enlaces independientes proporcionan una alta capacidad entre pocos sitios pero presenta la desventaja de que la información atraviesa varias estaciones de repetición., para el caso en que se desea evitar interferencias de la comunicación entre las estaciones terminales se emplean diferentes canales de frecuencia, este tipo de comunicación utiliza topología de estrella.



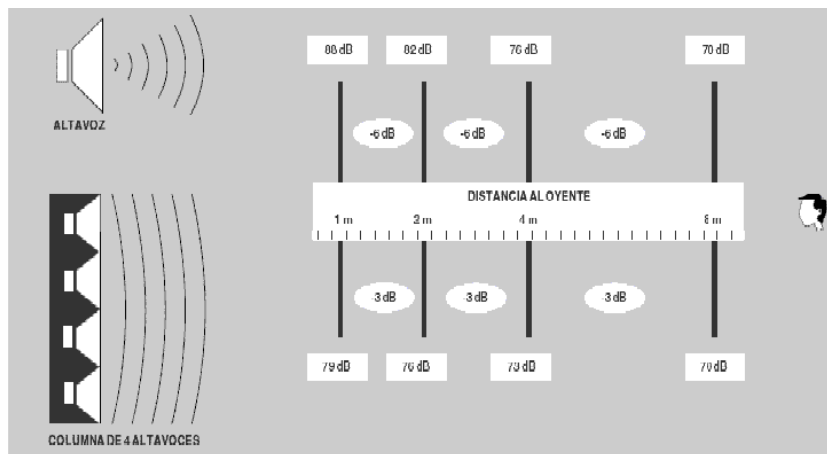
**Figura 8.** Topología Estrella de una Red de Enlaces Punto a Punto.

## 2.8 Características del Sonido

Entre algunas de las características a tomar en cuenta para la instalación del Sistema de Alerta Temprana se describen a continuación:

### 2.8.1 Atenuación del sonido con la distancia.

El sonido se atenúa gradualmente conforme la persona se aleja de la fuente sonora a razón de 6 dB cada vez que la distancia se duplica, esto es válido únicamente cuando la fuente sonora produce ondas esféricas es decir la fuente es puntual, para el caso en las ondas sonoras se propagan con ondas cilíndricas, la atenuación es de tan solo 3 dB cada que se duplica la distancia, este fenómeno se lo muestra en la Figura.9.



**Figura 9.** Propagación de las ondas sonoras

### 2.8.2 Atenuación del sonido con las condiciones atmosféricas.

Cuando una onda sonora recorre distancias considerables en el aire, a la atenuación que existe por la distancia se debe añadir la atenuación producida por la absorción acústica del aire, la misma que depende de la frecuencia del sonido, esto se debe tomar en cuenta cuando se requiere hacer llegar el sonido de un altavoz o de bocinas a grandes distancias debido a que se observa una mayor pérdida en las frecuencias más altas (agudos). Para el caso en el que la humedad relativa del aire sea baja se producirá mayor absorción del sonido, en la Tabla. 3., se indica la atenuación por absorción del aire para diferentes frecuencias de una onda por cada 100 metros de recorrido.

**Tabla 3.**

**Atenuación por absorción del aire por cada 100 metros.**

Frecuencia (Hz)	Atenuación (dB/100 m)
100	0,02
500	0,2
1000	0,6
5000	3
10000	10

### **2.8.3 Absorción – Reflexión del sonido.**

Cualquier elemento que se encuentra en el camino de una onda sonora producirá siempre dos efectos opuestos, absorberá parte de la energía de la onda sonora y reflejará el resto, de lo que se deriva una propiedad de los materiales muy útil que es el coeficiente de absorción que básicamente constituye la relación entre el sonido que llega y el absorbido.

Este coeficiente generalmente está comprendido entre 0 y 1 lo que significa que si un material posee un valor de cero es reflectante mientras que si posee un valor de uno es un excelente absorbente.

### **2.8.4 Eco y Reverberación.**

Estos fenómenos son consecuencia de la reflexión del sonido contra diversos objetos como los son paredes, suelo entre otros, la reverberación puede ser beneficiosa o perjudicial para la audición según su intensidad y la naturaleza del sonido, el eco causa muchos problemas de sonorización al exterior cuando no se toma precaución y se dirigen los altavoces hacia superficies reflectantes.

## **2.9 Elementos que componen la instalación.**

Los elementos de sonido que componen la solución instalada se detallan a continuación.

### **2.9.1 Micrófonos.**

El micrófono es un elemento transductor que convierte las ondas sonoras en señales eléctricas, este elemento se encuentra dentro del teléfono IP Cisco 7940 utilizado.

### **2.9.2 Altavoces.**

Este elemento se encarga de realizar la función inversa de un micrófono es decir transformar las señales eléctricas en señales acústicas, este elemento recibe las señales eléctricas desde el equipo amplificador y las emite, además se debe tomar en cuenta la impedancia del mismo para conseguir una buena adaptación con el equipo amplificador, la potencia máxima de un altavoz es aquella que puede soportar de forma continua en prolongados periodos de tiempo, está determinada por la capacidad de disipar el calor.

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO DEL SISTEMA DE CONVERSIÓN ANALÓGICO A IP**

#### **3.1 Información General para el desarrollo del Sistema de conversión Analógico a IP**

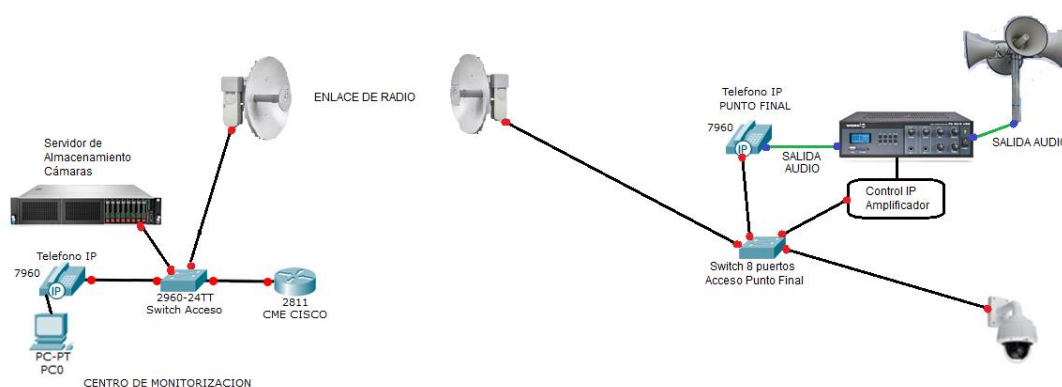
El sistema de Conversión implementado que forma parte del Sistema de Alerta Temprana instalado para el G.A.D del Municipio de Latacunga, fue el resultado de analizar varias soluciones existentes en el mercado, el dispositivo desarrollado se acopló a los requerimientos técnicos, tiempo y presupuesto asignado para el mismo. El tiempo para diseño y pruebas del dispositivo de conversión fue de cinco días, el tiempo para instalación y configuración de los primeros sitios fue de 15 días y el costo total de Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana con su Centro de Monitorización fue de 142.857,08 USD, con estas limitaciones el dispositivo desarrollado utiliza equipos existentes de forma local y de costo razonable.

Debido a estos requerimientos emergentes se utilizó equipos de renombre y disponibilidad en el mercado Nacional con la finalidad de garantizar su funcionamiento y tiempo de vida. Adicional jugo un papel muy importante los años de experiencia como empresa integradora de las marcas utilizadas en soluciones similares.

El Sistema de Alerta Temprana instalado posee las mismas características y prestaciones que Sistemas ya existentes como Hormann (Verkaufsgesellschaft, 2011), las ventajas son el costo y el tiempo de instalación, así como el aportar a la Seguridad Ciudadana mediante el uso de cámaras de vigilancia.

### 3.1.1 Características técnicas requeridas para el sistema de conversión Analógico a IP.

El Sistema de conversión se utiliza para el control de un equipo analógico mediante una dirección IP a través de la red, desde la Central de Monitorización. En la Figura 10. Se muestra el esquema general del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana en el cual se instaló el sistema de conversión de Analógico a IP, en la Figura 11. Se muestra el esquema del sistema de conversión desarrollado e instalado.



**Figura 10.** Esquema general del Sistema de alerta Temprana y Seguridad ciudadana.



**Figura 11.** Esquema general del Sistema de Conversión Analógico a IP.



El dispositivo de Conversión de analógico a IP debe cumplir con las siguientes características de funcionamiento mínimas:

- Debe funcionar 24 horas al día, 7 días a la semana por 365 días del año, sin sufrir daños o alteraciones.
- Debe poseer salidas digitales, para poder encender o apagar el amplificador analógico por medio de un actuador.
- Debe manejar un puerto Ethernet.
- Poseer capacidad de control por medio de programación.
- Permitir el acceso para el usuario por *browser*.

### 3.2 Dispositivos y Sistemas existentes para conversión Analógico a IP.

#### 3.2.1 Sistema de Perifoneo con Amplificador IP

Esta clase de sistemas lo podemos encontrar en las diferentes marcas de telefonía IP como son: Cisco, Avaya, Asterisk, Grandstream, entre otros con sus respectivos dispositivos amplificadores para el perifoneo. Como se muestra en la Figura 12 un amplificador IP que utiliza una central Asterisk.



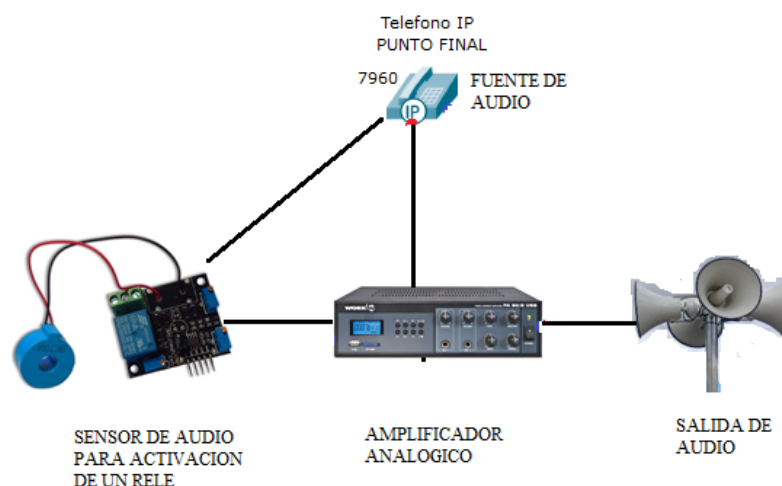
**Figura 12.** Amplificador IP

Para nuestro requerimiento el Sistema de Perifoneo IP presenta las siguientes desventajas que impiden sea una solución viable a ser utilizada:

- La potencia de este amplificador es de 25 watts, lo cual no cubre el alcance requerido de 1km ya que se requiere un amplificador de 250 watts rms.
- Estos equipos se utilizan para perifoneo interno en ambientes pequeños por ejemplo oficinas, hospitales entre otros.
- Existen empresas locales que los distribuyen pero con tiempos de entrega que van de los 30 a 45 días.
- El costo de cada amplificador esta alrededor de los \$800.00 precio entregado en Ecuador.

### 3.2.2 Sensor de Sonido

El único dispositivo de toda la clase de sensores que existen para utilizar en el sistema de Conversión Analógico a IP es el sensor de sonido, el esquema de conexión planteado de acuerdo a los equipos que se disponen se muestra en la Figura 13.



**Figura 13.** Esquema de conexión para el sensor de sonido

Este dispositivo sensor de sonido detecta la intensidad del sonido de un ambiente (basado en vibraciones) NO discrimina voz o frecuencias específicas. Usado en aplicaciones para detectar aplausos o sonidos estridentes.

Para activar el sensor desde la Central de Monitorización de acuerdo al esquema planeado en la Figura 13, se utilizaría un sonido emitido desde el *speaker* del teléfono. De esta forma se activaría el relé por medio del sensor que activaría el amplificador.

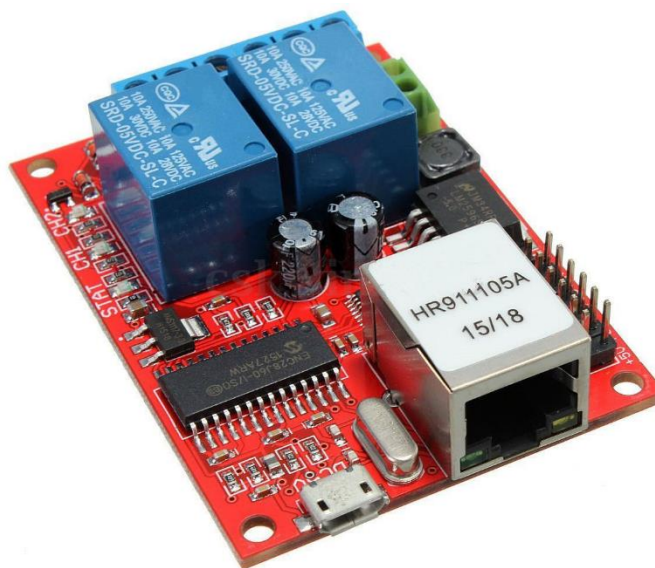
Al utilizar este dispositivo como parte del Sistema de Conversión Analógico a IP se tiene los siguientes inconvenientes por los que no es factible utilizar el mismo:

- Detecta la intensidad del sonido de un ambiente (basado en vibraciones) NO discrimina voz o frecuencias específicas, por lo que se activaría por cualquier sonido emitido en el lugar. En el caso de utilizar filtros puedo limitar frecuencias necesarias o a su vez permitir frecuencias indeseables.
- La ubicación física de cada uno de los puntos está en lugares expuestos a ruido ambiental (carros, personas, aire, animales, entre otros), que ocasionarían la activación no deseada del Sistema de Alerta Temprana, no cumpliendo con los requerimientos y protocolos de seguridad que exige la Secretaria de Gestión de Riesgos.
- Para evitar el problema de ruidos exteriores se podría utilizar una caja insonora, que debido a sus características podría ocasionar que la temperatura aumente dentro de la misma ya que los equipos que se encuentran en ella generan energía térmica de la misma manera generan ruido interno.

### **3.2.3 Relé IP**

Otra opción para realizar la función requerida en nuestro sistema es el empleo de un relé IP industrial, esta clase de dispositivo no se encuentra disponible a nivel local, como se muestra en la Figura 14, el mismo que si cumple con las características requeridas por el sistema sin embargo presenta una desventaja importante como es el tiempo de importación y su software no es editable razón por la cual se podría

ocasionar inconvenientes al activar uno de sus relés porque todas las tarjetas vienen mínimo con dos módulos de relés en adelante.

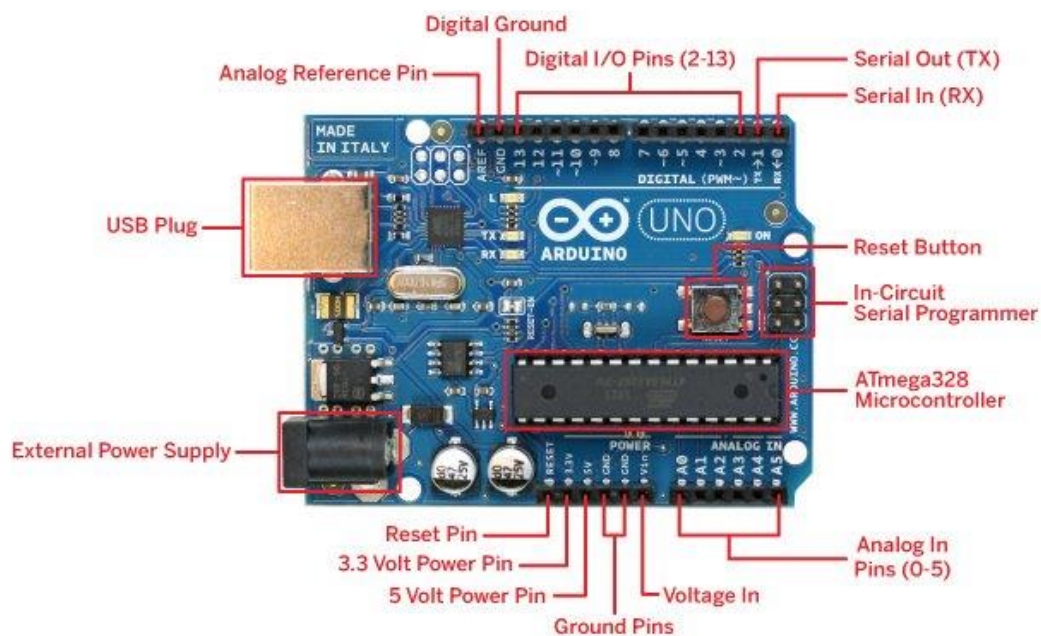


**Figura 14.** Relé IP KMtronic

Debido a que las personas encargadas de la activación del sistema no son técnicas pueden activar el relé equivocado provocando que la alarma en el caso de producirse algún suceso no se active.

### **3.3 Diseño del Conversor Analógico a IP implementado en el S.A.T y Seguridad Ciudadana.**

Después de analizar el funcionamiento y disponibilidad en el mercado local de dispositivos que se puedan acoplar al sistema se decidió utilizar la placa proporcionada por la comunidad Arduino UNO, por su disponibilidad local y prestaciones. En la Figura 15, se detallan los elementos que dispone la placa donde se encuentran las características requeridas en el punto 3.1.1 para el correcto funcionamiento del sistema.



**Figura 15.** Placa Arduino UNO

Esta placa original se la puede encontrar a nivel local y con un costo razonable por lo que es factible su adquisición para pruebas de laboratorio y cumplir con los tiempos establecidos de puesta en marcha del sistema.

Esta placa es utilizada en sistemas de seguridad con los diferentes elementos empleados para casas, locales, entre otros que funcionan 24 horas al día, 7 días a la semana por 365 días al año. Por lo que cumple con alta disponibilidad del Sistema de Alerta Temprana. Como se muestra en el ANEXO A.

Esta placa permite la comunicación Ethernet con la ayuda de un módulo de la misma comunidad que se la conoce como Ethernet Shield, la misma que por medio de la programación realizada en la placa Arduino UNO nos ayuda a controlar el amplificador analógico mediante cualquier navegador, adicional dispone de salidas digitales que nos permite activar o desactivar el relé, para el encendido o apagado del equipo amplificador que debido a sus características no es diseñado para mantenerse encendido constantemente.

El manejo por medio de navegador nos facilita la activación sectorial del sistema de Alerta Temprana por el Volcán Cotopaxi, que adicional funciona como Seguridad Ciudadana por lo que se maneja cámaras de Video Vigilancia conectadas con los organismos de seguridad como la Policía Nacional, ECU 911, Bomberos entre otros.

Hoy en día se está trabajando junto a la Secretaría de Gestión de Riesgos y el ECU911 para que los Sistemas de Alerta Temprana se puedan activar a nivel Nacional por medio de dos opciones:

1. Basado en protocolos con la Secretaria de Gestión de Riesgos autorizando que la Central de Monitorización active el Sistema de Alerta Temprana.
2. Activación directa por medio del ECU911, hacia todos los Sistemas a Nivel Nacional.

#### **3.4 Hardware del sistema analógico mediante un sistema IP basado en la plataforma Arduino.**

El hardware desarrollado utiliza los elementos descritos en la Figura. 16, para poder realizar el encendido y apagado del equipo de amplificación, utilizado para la implementación del Sistema de Alerta Temprana.



**Figura 16.** Esquema del hardware para control del Sistema de Alerta Temprana

#### **Equipo Requerido:**

- Placa Arduino UNO
- Módulo Ethernet Shield Arduino UNO
- Módulo Actuador Arduino UNO (relé)
- Cables de Conexión
- Toma doble polarizado
- Caja sobrepuesta
- Caja plástica de proyectos
- Teléfono Cisco 7940
- Switch no administrable de 8 puertos

El dispositivo que nos permitirá el reproducir el audio enviado desde la Central de Monitorización es el teléfono IP del cual se tomara la salida de audio del parlante interno del mismo para conectarlo a la entrada del equipo amplificador de sonido, como se muestra en la Figura. 17., adicional para obtener el audio en el exterior la salida del amplificador se conecta a un arreglo de 4 bocinas como se muestra en la Figura. 18.



**Figura 17.** Esquema de conexión teléfono IP equipo amplificador



**Figura 18.** Conexión del arreglo de bocinas a la salida del equipo amplificador

Debido a que el equipo amplificador de sonido es analógico es decir no posee conexión a la red mediante puerto Ethernet para poder encenderlo o apagarlo desde la Central de Monitorización se desarrolla un dispositivo basado en la placa Arduino para poder obtener este control, el dispositivo desarrollado se lo muestra en la Figura. 19 (a) y (b).





(a) Vista Frontal



(b) Componentes Internos

**Figura 19.** Hardware para control de equipo amplificador.

### **3.5 Software del sistema analógico mediante un sistema IP en la plataforma Arduino.**

Para que el dispositivo de control sea activado desde la Central de Monitorización se requiere realizar la programación del dispositivo en el entorno de programación desarrollado por la comunidad Arduino UNO, como primer paso creamos en el software y un nuevo proyecto en el entorno de programación de Arduino.

Luego se ingresó las siguientes líneas de comando para poder acceder al dispositivo mediante la red de datos con el uso de un navegador como se muestra en la Figura 20.

```

Archivo  Editar  Programa  Herramientas  Ayuda
sketch_jun03a $
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
IPAddress ip(192,168,1,177);
EthernetServer server(80);

String HTTP_req;          // Para guardar la peticion del cliente
boolean CONTROLEQUIPO_status = 0;

void setup()
{
  Ethernet.begin(mac, ip);
  server.begin();
  Serial.begin(9600);
  pinMode(2, OUTPUT);
}

void loop()
{
  EthernetClient client = server.available(); // Comprobamos si hay peticiones
  if (client) { // En caso afirmativo
    boolean currentLineIsBlank = true;
    while (client.connected()) {
      if (client.available()) { // Hay algo pendiente de leer
        char c = client.read(); // Leemos los caracteres de uno en uno
        HTTP_req += c;         // Los añadimos al String
        if (c == '\n' && currentLineIsBlank)
          {
            client.println("HTTP/1.1 200 OK");
            client.println("Content-Type: text/html");
            client.println("Connection: close");
            client.println();
            // send web page
            client.println("<!DOCTYPE html>");
            client.println("<html>");
            client.println("<head>");
            client.println("<title>Control de LEDs en Arduino</title>");
            client.println("</head>");
            client.println("<body>");
            client.println("<h1>LED</h1>");
            client.println("<p>Haz click para conmutar el LED.</p>");
            client.println("<form method='get'>");
            ProcessCheckbox(client);
            client.println("</form>");
            client.println("</body>");
            client.println("</html>");
            Serial.print(HTTP_req);
            HTTP_req = ""; // Una vez procesador, limpiar el string
            break;
          }
        if (c == '\n')
          currentLineIsBlank = true;
        else if (c != '\r')
          currentLineIsBlank = false;
      }
    }
    delay(10); // dar tiempo
    client.stop(); // Cierra la conexión
  }
}

void ProcessCheckbox(EthernetClient cl)
{
  if (HTTP_req.indexOf("CONTROLEQUIPO=2") > -1) //EQUIPO APAGADO
    CONTROLEQUIPO_status = !CONTROLEQUIPO_status ;
  // Si se encuentra apagado invertimos el valor

  digitalWrite(2, CONTROLEQUIPO_status);
  if (CONTROLEQUIPO_status)
    cl.println("<input type='checkbox' name='EQUIPO' value='2' \ \ onclick='submit();' checked>EQUIPO");
  else
    cl.println("<input type='checkbox' name='LED2' value='2' \ \ onclick='submit();'>LED2");
}

```

**Figura 20.** Programa para control del equipo de sonido mediante la red

Este programa presenta una interfaz gráfica con dos botones de encendido y apagado de los equipos amplificadores, junto con el nombre de cada uno de los sitios finales. El acceso al dispositivo de activación mediante browser se lo observa en la Figura. 21.



**Figura 21.** Acceso web del dispositivo de activación

### **3.6 Arreglo del Hardware para la salida de audio en los puntos terminales.**

Para conseguir la difusión del audio en cada sitio terminal por requerimientos del cliente se requiere alcanzar una distancia de aproximadamente 800 metros de radio páralo cual se diseñó el hardware en base a los siguientes parámetros.

### **3.7 Configuración del hardware de las bocinas.**

El arreglo de las bocinas instaladas son tipo cruz con el fin de que el sonido a ser emitido en cada punto final cubra los 360°, las bocinas se conectan en paralelo con el fin de acoplar la impedancia de salida del amplificador y el arreglo de las bocinas,

según las características técnicas del equipo amplificador mostradas en el ANEXO G, indican que posee una resistencia de 8 ohms, mientras que las bocinas instaladas presentan una resistencia de 16 ohms, el modo de conexión se definió en base al cálculo de la impedancia utilizando la ley de Ohm como se muestra a continuación:

$$Z_b = \frac{1}{\frac{1}{Z_{b_1}} + \frac{1}{Z_{b_2}} + \dots + \frac{1}{Z_{b_n}}} \quad (1)$$

Donde  $Z_b$  es la impedancia del arreglo de bocinas

$$Z_b = \frac{1}{\frac{1}{16} + \frac{1}{16} + \frac{1}{16} + \frac{1}{16}} \quad (2)$$

$$Z_b = 8 \text{ ohms}$$

De esta forma se logró acoplar la impedancia de salida del amplificador con el arreglo de bocinas, este arreglo se lo muestra en la Figura. 22.



**Figura 22.** Arreglo de bocinas a instalar

### 3.8 Calculo de la distancia de alcance del sonido en cada punto terminal.

Se determinó que el alcance del sonido a reproducir sea el adecuado tomando en consideración el umbral de audición y el umbral de frecuencia el primero indica la intensidad mínima de presión necesaria para que un sonido pueda ser percibido, en el

segundo se hace referencia a los valores de frecuencia que puede percibir el oído humano por lo general se toman los valores de 20 Hz a 20 kHz, la exposición continua a sonidos dañinos contribuye a acelerar la pérdida de percepción de frecuencias agudas.

En base a los valores se requiere que en el punto más lejano de la fuente sonora se encuentre entre los 90 dB y 140 dB para que el sonido de la alarma sea audible.

La atenuación que se tendría en el punto más lejano que es alrededor de 800 metros sería:

$$a = 20 * \log \frac{d2}{d1} \quad (3)$$

Donde  $a$  es la atenuación y  $d1$  y  $d2$  la distancia

$$a = 20 * \log \left( \frac{800}{1} \right)$$

$$a = 58 \text{ dB}$$

La atenuación que se tendría en el punto más cercano corresponde a 2 metros sería:

$$a = 20 * \log \frac{d2}{d1} \quad (4)$$

$$a = 20 * \log \frac{2}{1}$$

$$a = 6,02 \text{ dB}$$

Para determinar el nivel de presión sonora (SPL) de nuestra fuente sonora y alcanzar un valor de entre 80 dB y 120 dB en el punto más lejano lo calculamos de la siguiente forma:

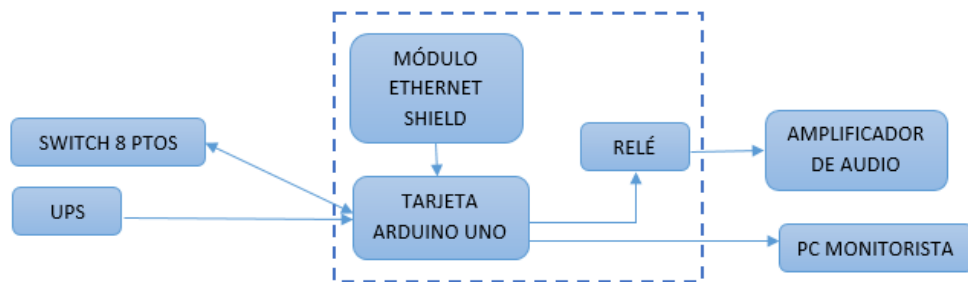
$$SPL_f = SPL_i + a$$

$$SPL_f = 80dB + 58dB$$

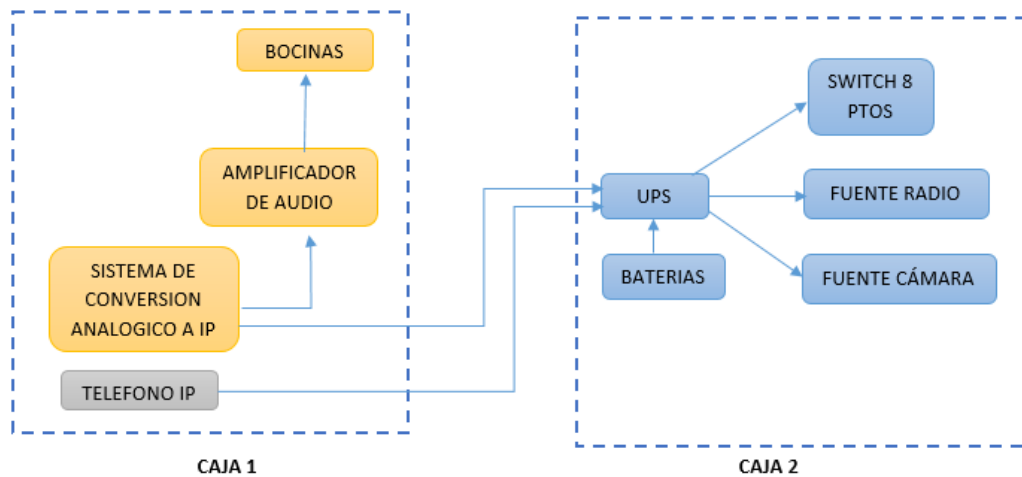
$$SPL_f = 138 dB$$

La fuente sonora debe emitir un sonido con un SPL entre 138 dB y 158 dB en base a este valor se determinó la característica del amplificador a ser utilizado.

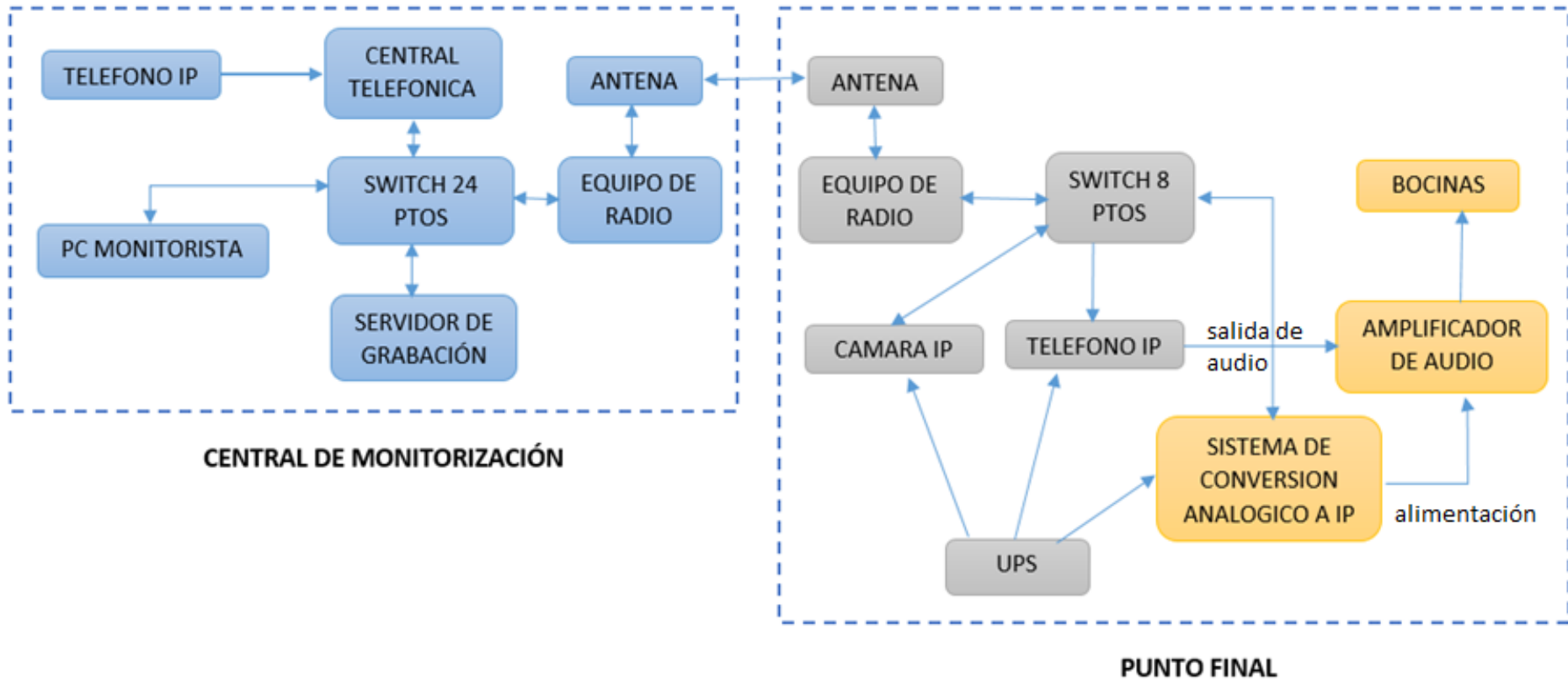
### 3.8.1. Diagrama de bloques del Sistema de Conversión Analógico a IP.



### 3.8.2. Diagrama de bloques de los componentes instalados del punto final.



### 3.8.3. Diagrama de bloques General de Conexión de los elementos del Sistema de Alerta Temprana.



### 3.9 Diseño del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana

#### 3.9.1 Esquema del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana

El sistema a ser implementado se lo muestra en la Figura. 23., donde se puede observar los tres componentes principales requeridos para el funcionamiento adecuado de este sistema como son: en primer lugar la Central de Monitorización donde se realizaran las tareas de vigilancia y activación del Sistema de Alerta Temprana de los diferentes puntos designados por las autoridades del G.A.D. del Municipio de Latacunga en el cual se encuentra personal las 24 horas del día los 365 días del año, en segundo lugar la infraestructura de red la cual permitirá la comunicación de cada punto final con la Central de Monitorización para este proyecto se utilizó una red inalámbrica debido a que una característica de este tipo de infraestructura es el tiempo de implementación el mismo que es menor que el de una infraestructura de red cableada, por último se observa el punto de video vigilancia y alarma donde se ubica el hardware de control del Sistema de Alerta Temprana mediante el uso del protocolo de red IP.



**Figura 23.** Esquema del Sistema de alerta Temprana y Seguridad Ciudadana

#### 3.10 Infraestructura de Comunicación física de la Red

La infraestructura física requerida para la implementación del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana en el Cantón de Latacunga, está compuesta con



enlaces de radio para poder realizar la conexión de las cámaras de video vigilancia y el sistema de alarmas con la Central de Monitorización.

### 3.10.1 Ubicación de los equipos.

De acuerdo a la información proporcionada por las autoridades del Municipio de Latacunga quienes definieron las ubicaciones descritas en la Tabla. 4., para la implementación del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana. Estas coordenadas fueron avaladas con el estudio de factibilidad que se muestra en el ANEXO F.

**Tabla 4.**

#### **Ubicación de los puntos de Alerta y Seguridad.**

No.	Ubicación	Coordenadas geográficas	
		Latitud	Longitud
1	Av. Cotopaxi	00:55:42.1 S	078:37:35.4 W
2	Barrancas	00:46:50.0 S	078:30:16.0 W
3	Repetidor El Calvario	00:55:42.1 S	078:36:42.6 W
4	Central de Monitorización	00:55:47.6 S	078:36:40.2 W
5	FAE	00:55:05.4 S	078:37:14.0 W
6	Las Fuentes	00:56:06.6 S	078:37:16.7 W
7	Repetidor Putzulahua	00:57:53.9 S	078:33:41.0 W
8	San Buena Aventura 1	00:53:21.9 S	078:37:00.8 W
9	San Buena Aventura 2	00:53:50.4 S	078:37:08.6 W
10	Urb. Patria 1	00:57:58.1 S	078:36:43.1 W
11	Urb. Patria 2	00:58:09.8 S	078:36:45.6 W

### **3.10.2 Diseño de red con infraestructura de comunicación basada en enlaces de Radio.**

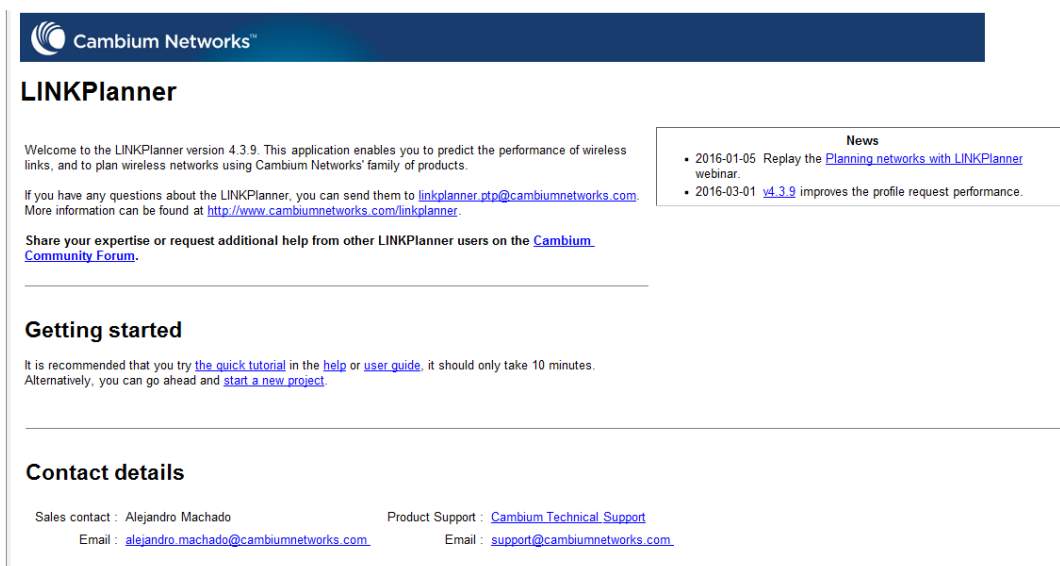
Para obtener la conectividad de los sitios designados con la Central de Monitorización se ha considerado la instalación de radioenlaces en banda libre, en el rango de 5 GHz, el estudio de factibilidad de estos enlaces se lo realiza con el uso del software nativo de Cambium Networks llamado LINKPlanner, las características técnicas de este software se la muestra en el ANEXO C debido a que los equipos utilizados son de esta marca.

### **3.10.3 Software para el desarrollo del estudio de factibilidad de los enlaces de Radio.**

El software utilizado para el estudio de factibilidad de los sitios instalados se muestra en la Figura. 24, es una herramienta de software de cálculo de enlaces gratuita y fácil de utilizar, permite el diseño de redes inalámbricas de forma rápida, este software presenta las siguientes características (Networks, 2016):

- “Analiza torres multisectoriales y redes con varias torres asignando las unidades suscriptoras al mejor punto de acceso.”
- “Realiza cálculos radioeléctricos tanto de productos licenciados como de frecuencia libre.”
- “Carga de forma automática los perfiles de terreno y factores ambientales tales como desvanecimiento por lluvia.”
- “Genera informes que validan las prestaciones del enlace de radio.”
- “Crea una lista de materiales para las redes punto - multipunto (PMP) y punto a punto (PTP) incluyendo accesorios.”

- “Permite la exportación de la lista de suscriptores y sus modos de modulación asociados a la herramienta de planificación de capacidad de Cambium.”



**Cambium Networks™**

## LINKPlanner

Welcome to the LINKPlanner version 4.3.9. This application enables you to predict the performance of wireless links, and to plan wireless networks using Cambium Networks' family of products.

If you have any questions about the LINKPlanner, you can send them to [linkplanner.rtp@cambiumnetworks.com](mailto:linkplanner.rtp@cambiumnetworks.com). More information can be found at <http://www.cambiumnetworks.com/linkplanner>.

Share your expertise or request additional help from other LINKPlanner users on the [Cambium Community Forum](#).

---

### Getting started

It is recommended that you try [the quick tutorial](#) in the [help](#) or [user guide](#), it should only take 10 minutes. Alternatively, you can go ahead and [start a new project](#).

---

### Contact details

Sales contact : Alejandro Machado      Product Support : [Cambium Technical Support](#)  
 Email : [alejandromachado@cambiumnetworks.com](mailto:alejandromachado@cambiumnetworks.com)      Email : [support@cambiumnetworks.com](mailto:support@cambiumnetworks.com)

**Figura 24.** Software LINKPlanner

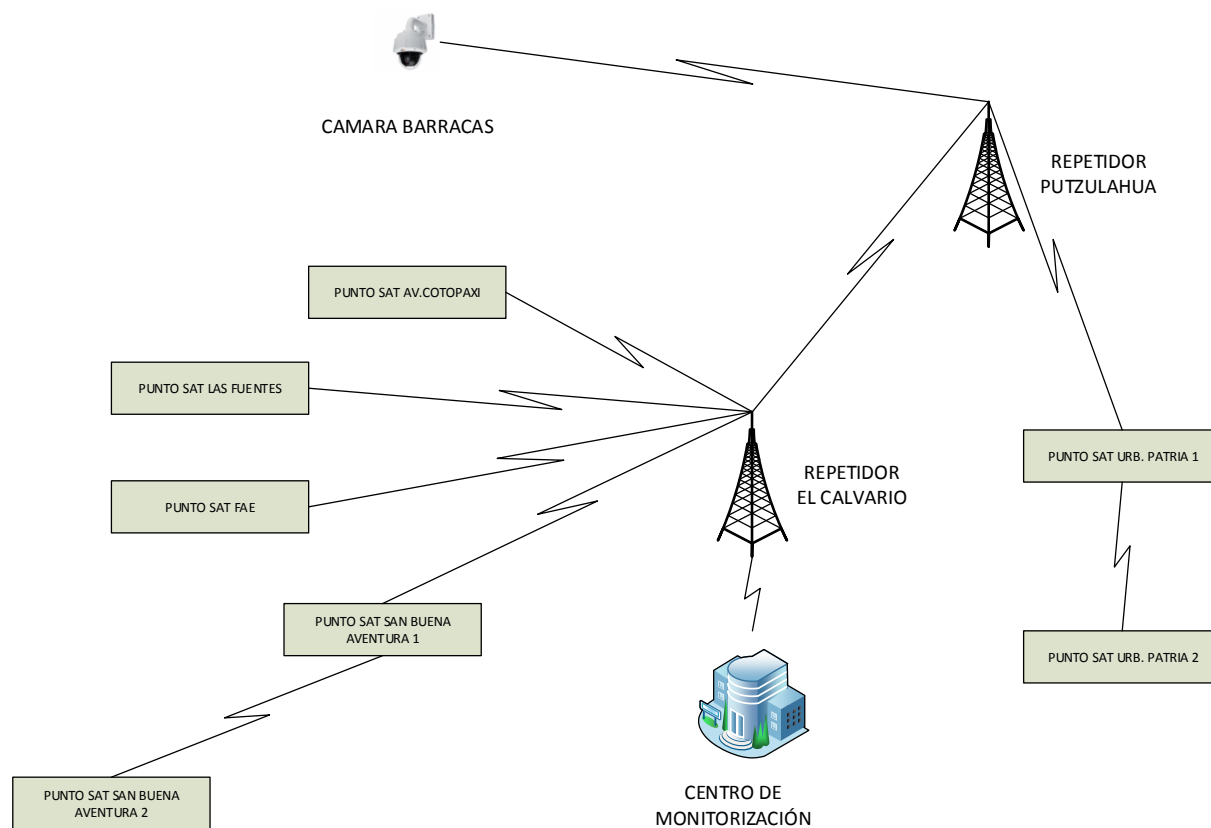
Se eligió este software ya que se encuentra orientado a realizar estudios de radio enlaces en base a las características técnicas de los equipos Cambium utilizados en la instalación de este proyecto, la descripción de este software se la muestra en el ANEXO D.

### 3.10.4 Esquema de Conectividad para Enlaces de Radio.

Para lograr la conectividad de todos los puntos finales de las ubicaciones designadas, el Cerro Putzulahua y el Calvario se utilizan como repetidores debido a que son las zonas más altas del Cantón Latacunga permitiendo la conectividad de todos los sitios. El esquema de conectividad se lo muestra en la Figura 25.

Las coordenadas geo referenciadas entregadas por el G.A.D del Municipio de Latacunga fueron asignadas teniendo en cuenta las zonas de riesgo entregadas por el Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional como se muestra en el ANEXO E, con la finalidad de alertar a las personas en peligro y salvaguardar la vida de los habitantes

dentro del perímetro establecido en cada punto del Sistema de Video Vigilancia y Seguridad Ciudadana.

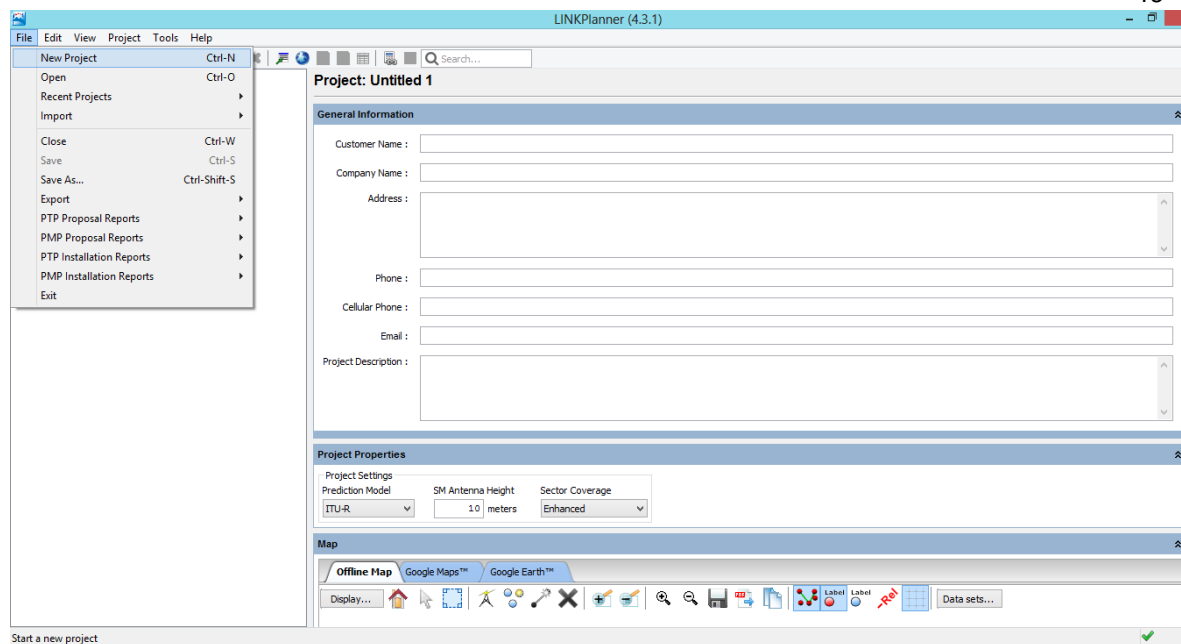


**Figura 25.** Esquema de Conectividad de los Radio Enlaces

### 3.10.5 Estudio de los enlaces de Radio Esquematizados.

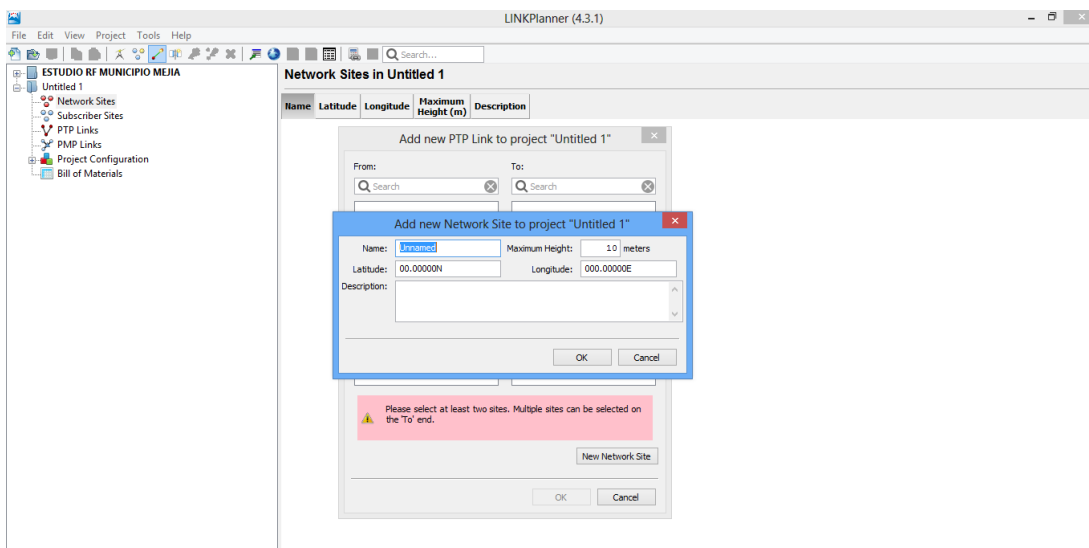
La factibilidad de los enlaces de radio para los puntos designados e instalados que forman parte de la infraestructura de red del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana, en base a las coordenadas geo referenciadas entregadas por el GAD del Municipio de Latacunga se los verificó con el software nativo de los equipos utilizados, Cambium LINKPlanner, se detalla el procedimiento realizado para uno de los enlaces el detalle completo se lo muestra en el ANEXO F.

Primer paso; crear un nuevo proyecto con los datos relacionados como se muestra en la Figura. 26.



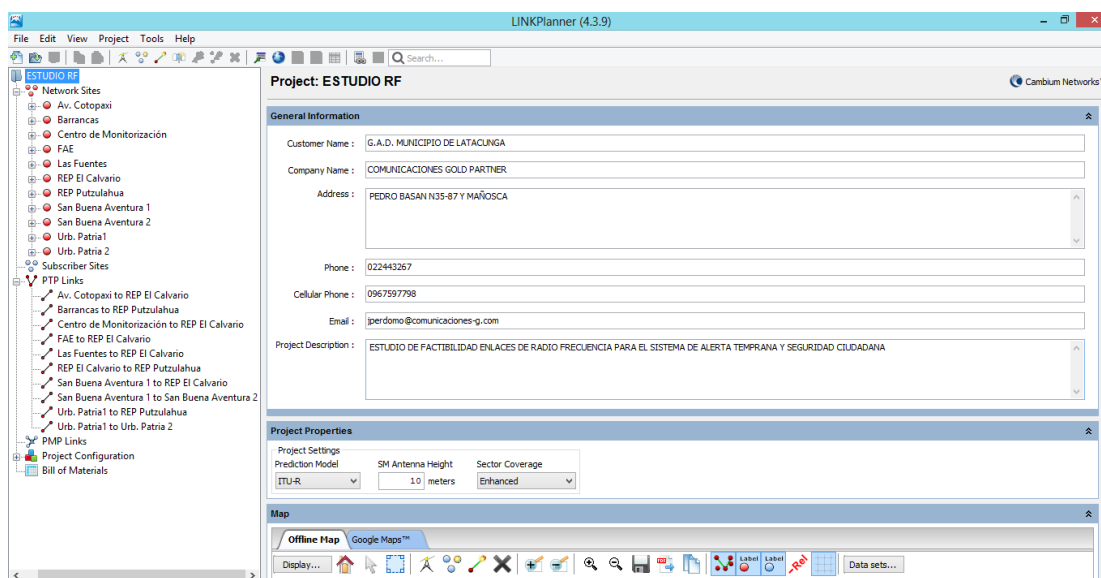
**Figura 26.** Desarrollo de un proyecto en LINKPlanner

Luego ingresamos la ubicación de cada uno de los sitios referentes a la ubicación de los puntos finales del sistema en base al diseño de los Radio Enlaces propuesto, en esta parte se detalla con nombres cada una de las ubicaciones de los puntos finales y sus coordenadas geo referenciadas respectivas, estos datos se ingresan al pulsar el icono denominado como “New PTP Link” y en la ventana de “New Network Site” como se muestra en la Figura. 27.



**Figura 27.** Ingreso de coordenadas de cada punto final.

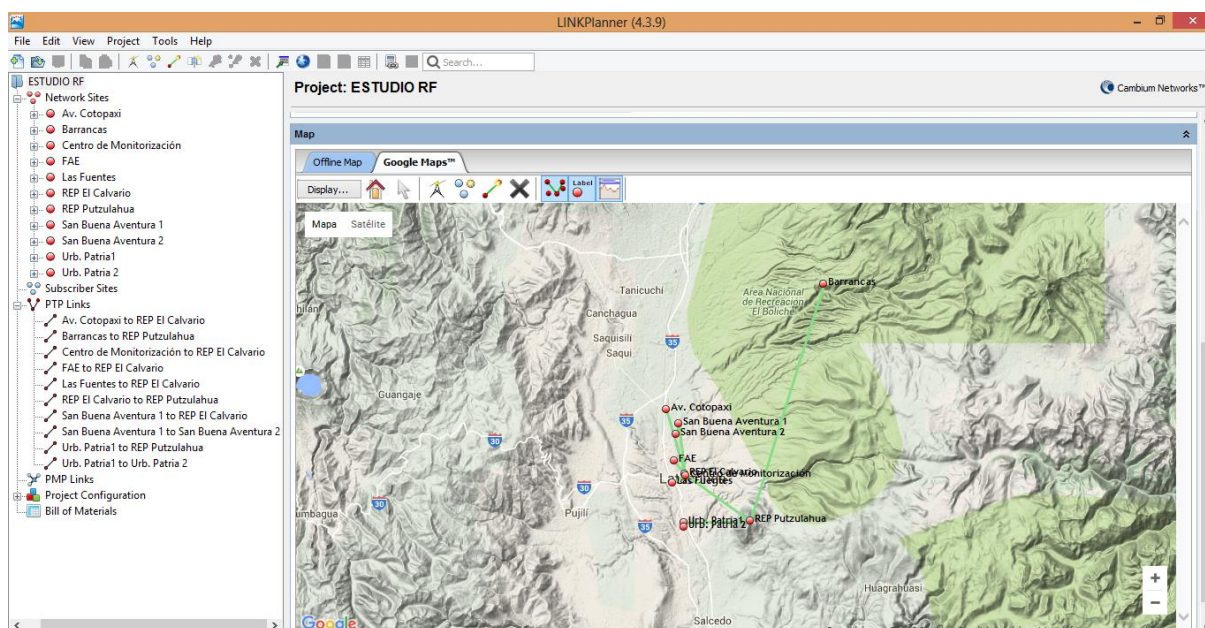
Una vez ingresados los datos del proyecto como se muestra en la Figura. 28., se selecciona el modelo de predicción utilizado, esta herramienta maneja dos modelos como son: el definido por la ITU-R (UIT, RFC, 2016) y el de Vigants- Barnett (Basile, Morin, & Bergeron, 2010).



**Figura 28.** Detalle en el software LINKPlanner

Estos métodos predictivos utilizados por el software de simulación se basan en el cálculo teórico de las Radiaciones No Ionizantes (RNI), lo que hace referencia a las radiaciones pertenecientes al espectro electromagnético que no poseen la energía suficiente para poder ionizar la materia, el método predictivo utilizado para este estudio con el software está definido por la ITU-R (UIT, RFC, 2016).

Una vez definidos todos los sitios pertenecientes a este proyecto en el software se obtiene un esquema como se muestra en la Figura. 29., estas ubicaciones se recomienda exportar al Google Earth y Google Maps donde se puede corroborar las mismas como se muestra en la Figura. 30.



**Figura 29.** Enlaces de radio



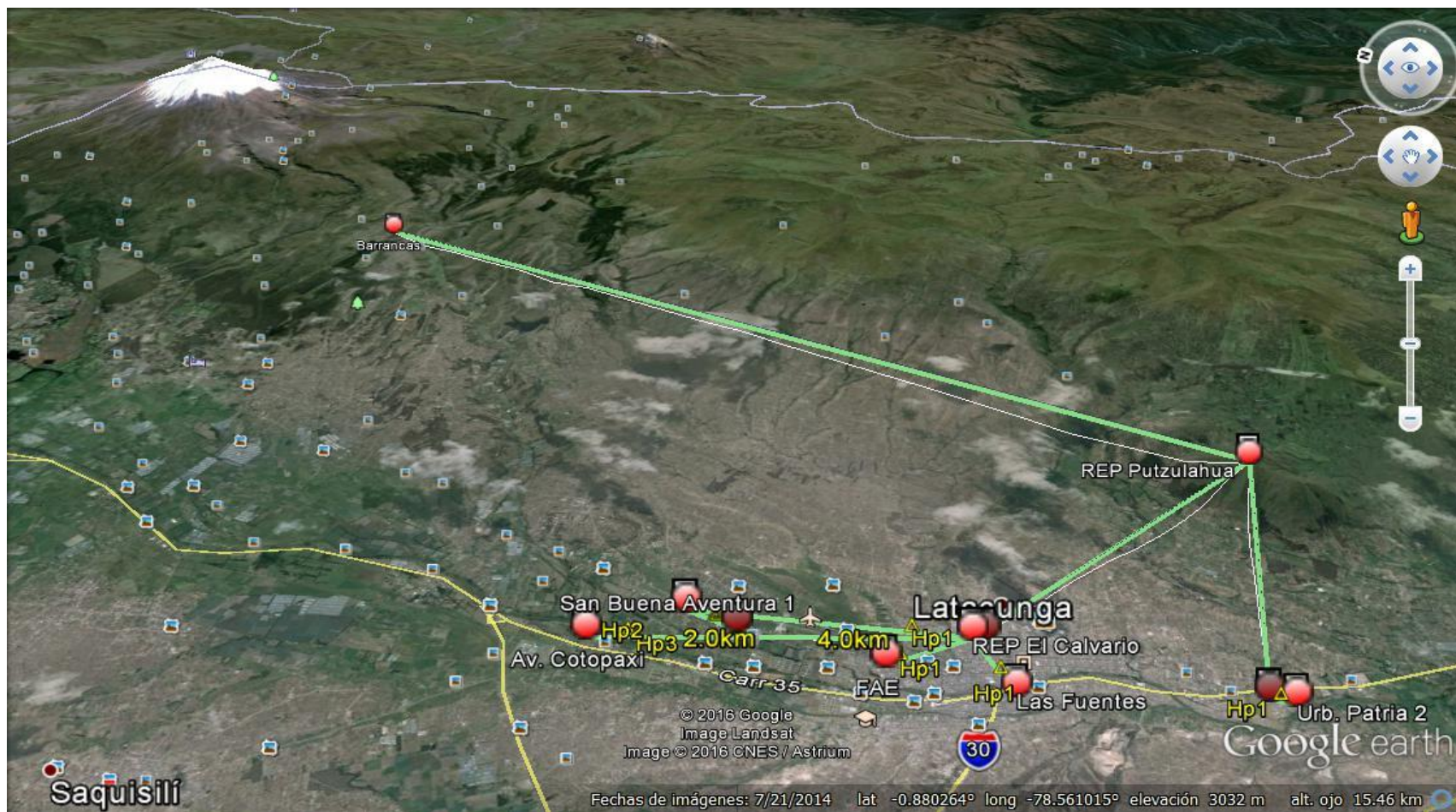
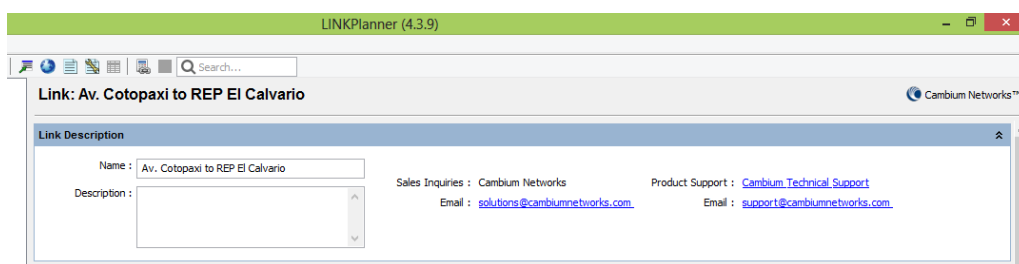


Figura 30. Enlaces de radio en Google Earth



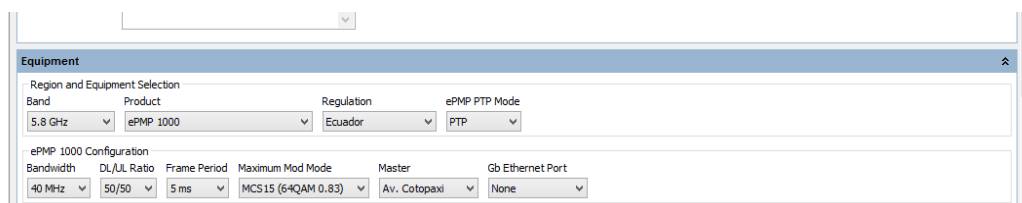
Una vez ingresados los datos para cada enlace el software corrobora esta información a través de una conexión a internet, para que se pueda validar los datos ingresados se necesita registrarse en la página web de CAMBIUM NETWORKS para que este actualice el enlace con los datos de los mapas, los resultados obtenidos se describen a continuación:

### Descripción del Enlace:



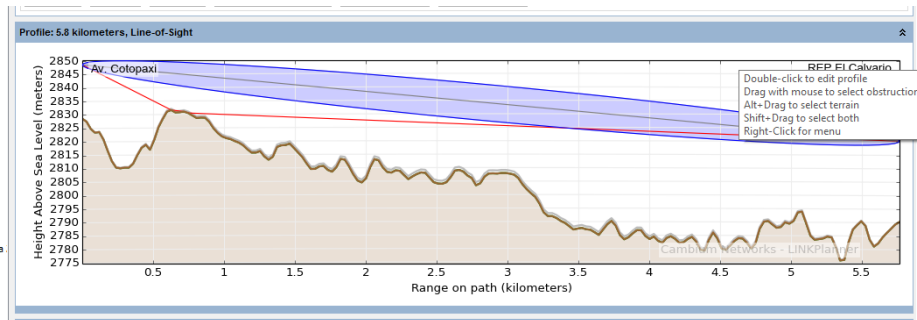
**Figura 31.** Detalle del Enlace

### Equipamiento:



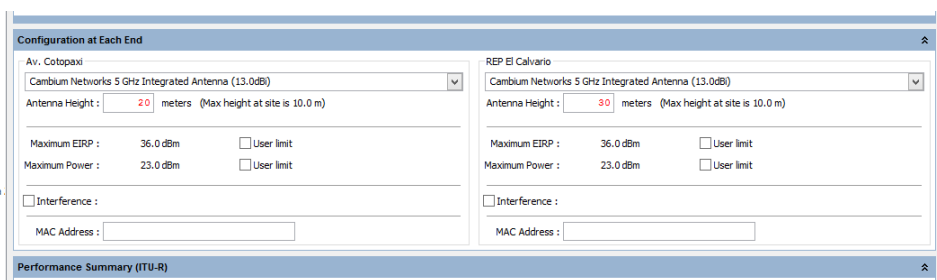
**Figura 32.** Equipos requeridos

### Características del Enlace y distancia:



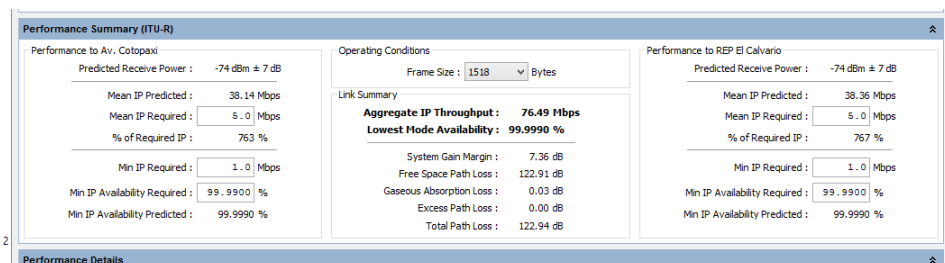
**Figura 33.** Descripción del perfil correspondiente Enlace

**Características de cada punto altura de las antenas y ganancia**



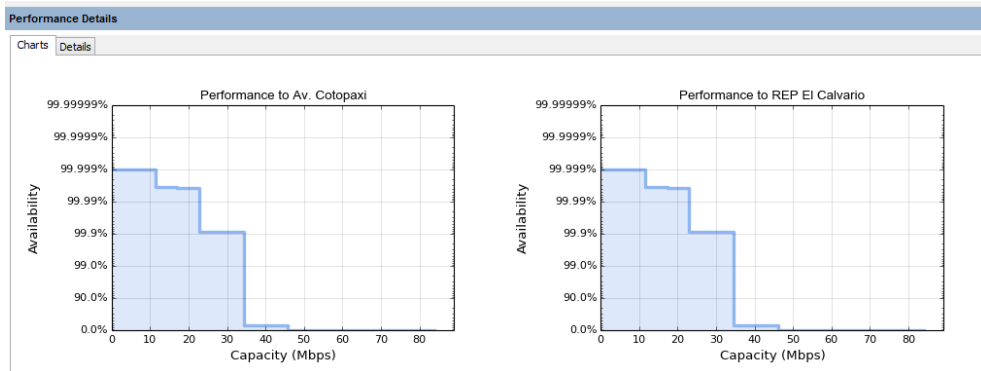
**Figura 34.** Especificaciones por punto del Enlace

**Resultados del enlace en base a la ITU-R**



**Figura 35.** Resultados basados en el modelo ITU-R

**Detalle de rendimiento y características de modulación de los equipos a ser implementados**



(a) Características de Rendimiento

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Code Rate:	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5	0.75	0.5	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5	0.75	0.5
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	168.00	168.00	168.00	137.47	91.88	68.98	45.82	114.78	103.32	91.88	68.98	45.82	34.38	22.92
Performance to Av. Cotopaxi														
Max IP Throughput (Mbps):	84.00	84.00	84.00	68.51	45.82	34.37	22.91	57.28	51.44	45.82	34.37	22.91	17.07	11.46
Fade Margin (dB):	-11.54	-9.54	-8.54	-3.94	-0.44	4.66	8.08	-11.54	-9.54	-8.54	-3.94	-0.44	4.66	7.38
Mode Availability (%):	0.0000	0.0000	0.0001	0.0075	32.9639	99.9122	99.9990	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0005	99.9990
Receive Time in Mode (%):	0.0000	0.0000	0.0000	0.0075	32.9584	68.9483	0.0837	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0026
Performance to REP El Calvario														
Max IP Throughput (Mbps):	84.00	84.00	84.00	68.98	46.04	34.59	22.91	57.50	51.88	46.04	34.59	22.91	17.29	11.46
Fade Margin (dB):	-11.54	-9.54	-8.54	-3.94	-0.44	4.66	8.08	-11.54	-9.54	-8.54	-3.94	-0.44	4.66	7.38
Mode Availability (%):	0.0000	0.0000	0.0001	0.0075	32.9639	99.9122	99.9990	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0005	99.9990
Receive Time in Mode (%):	0.0000	0.0000	0.0000	0.0075	32.9584	68.9483	0.0837	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0026

(b) Características de Modulación

Figura 36. Rendimiento y Modulación

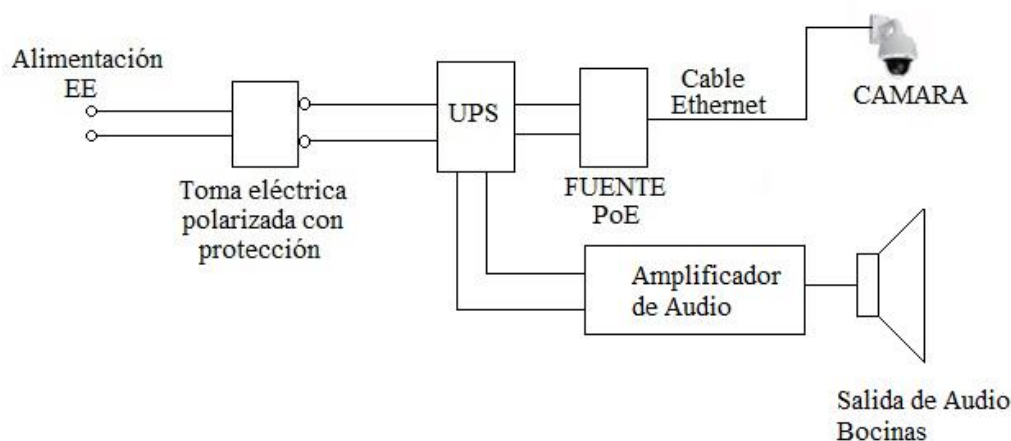
Equipos Cambium Networks asignados de acuerdo al estudio realizado en LINKPlanner

Bill of Materials for Link			
P/N	Description	Qty	Notes
600SS	SURGE SUPPRESSOR	2	
C050900C031	ePMP 1000: 5 GHz Integrated Radio (ROW) (no cord)	2	

**Figura 37.** Listado de equipos asignados de acuerdo al estudio de LINKPlanner

### 3.10.6 Esquema de conexión eléctrica de los puntos finales del proyecto.

Para el funcionamiento de los puntos finales del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana, no es posible utilizar las características PoE+ de los equipos requeridos, ya que la infraestructura de red es inalámbrica, el esquema de conexión se muestra en la Figura. 38.



**Figura 38.** Esquema de Conexión Eléctrica

En la instalación se tomó en cuenta un equipo de respaldo de energía de una hora, debido a que el presupuesto del G.A.D del Municipio de Latacunga no cubría económicamente un sistema de respaldo de 24 horas que es lo recomendable para esta clase de Sistema de Alerta Temprana, el consumo de los equipos instalados en caso de que exista una falla de alimentación, se determinó de la siguiente forma:

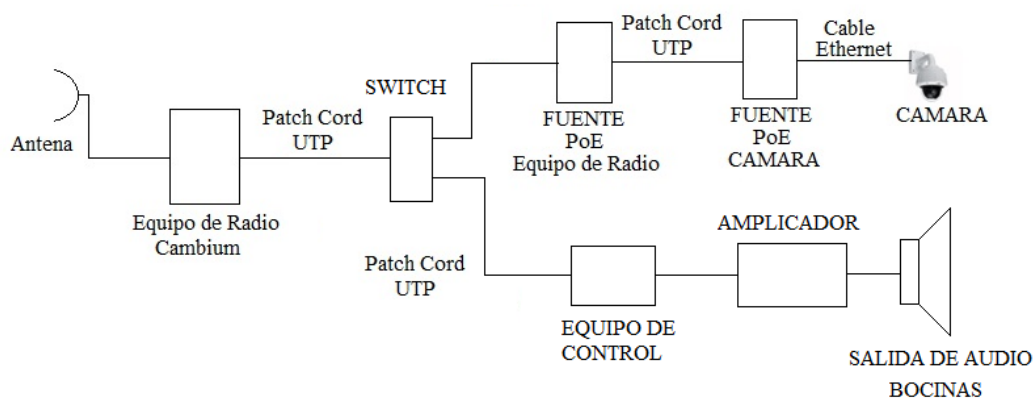
**Tabla 5.****Cantidad de VA requeridos para el equipo UPS.**

EQUIPO	CALCULO	VA REQUERIDOS
<b>Switch de 8 puertos</b>	120 V x 1.5 A	180 VA
<b>Equipo de radio Cambium</b>	120 V x 0.5 A	60 VA
<b>Teléfono IP</b>	120 x 0.5 A	60 VA
<b>Equipo de control del Amplificador</b>	120 x 0.5 A	60 VA
<b>Amplificador de Audio</b>	120 x 4 A	480 VA

En base a los datos obtenidos en la Tabla. 5., el equipo total requerido posee una capacidad de 840 VA debido a que no existe un equipo en el mercado de esta capacidad se instalará un equipo de 1 KVA de capacidad con su respectivo banco de baterías para brindar el respaldo de energía por una hora.

### **3.10.7 Esquema de conexión a la infraestructura de datos de los puntos de finales del proyecto.**

El esquema de conexión del equipamiento de cada punto terminal con la central de monitorización a través de la infraestructura de red inalámbrica diseñada se muestra en la Figura. 39.

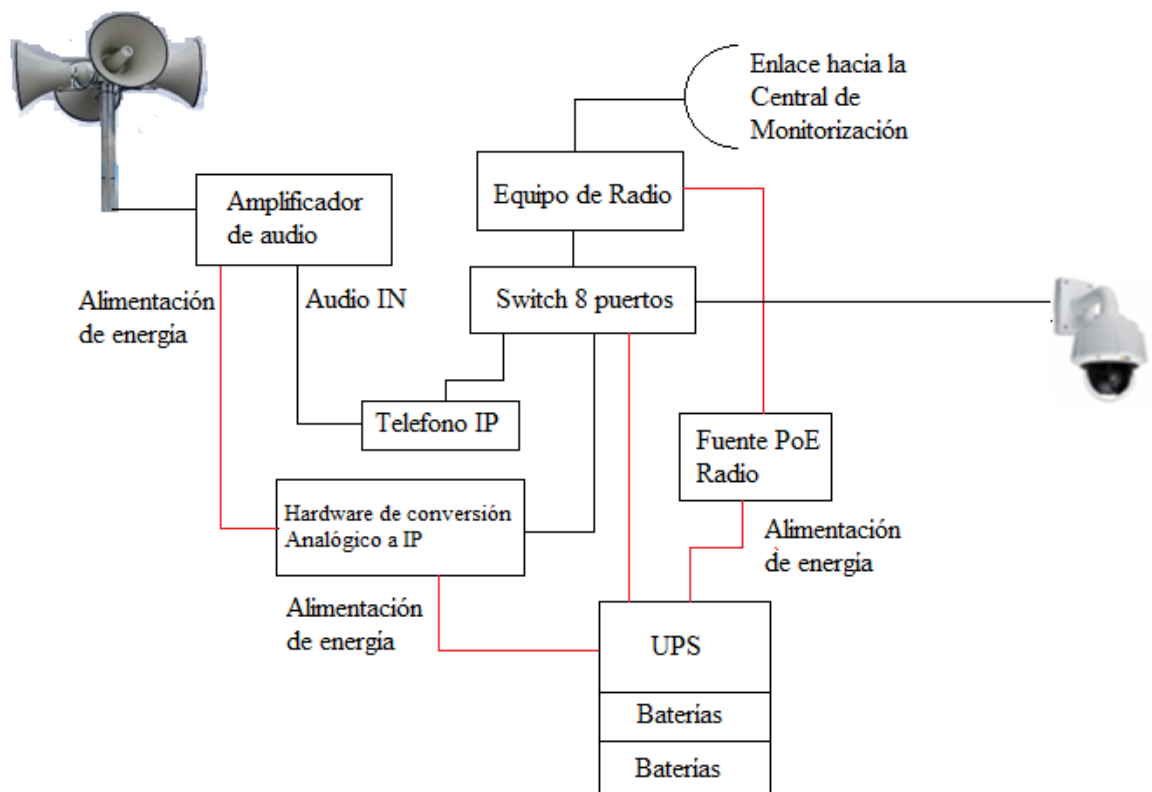


**Figura 39.** Esquema de Conexión a la red de datos

### 3.11 Sistema de Control para el manejo de equipamiento analógico mediante IP

#### 3.11.1 Esquema de conexión del punto final del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana

El diseño del equipamiento requerido para realizar la implementación del hardware en cada punto final del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana se muestra en la Figura. 40., donde se puede observar la forma de conexión tanto en su parte eléctrica como la conexión a la infraestructura de red para el Sistema de video vigilancia y del audio para el Sistema de Alerta Temprana, haciendo que la solución sea manejada de forma centralizada desde la Central de Monitorización.



**Figura 40.** Esquema General de Conectividad del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana.

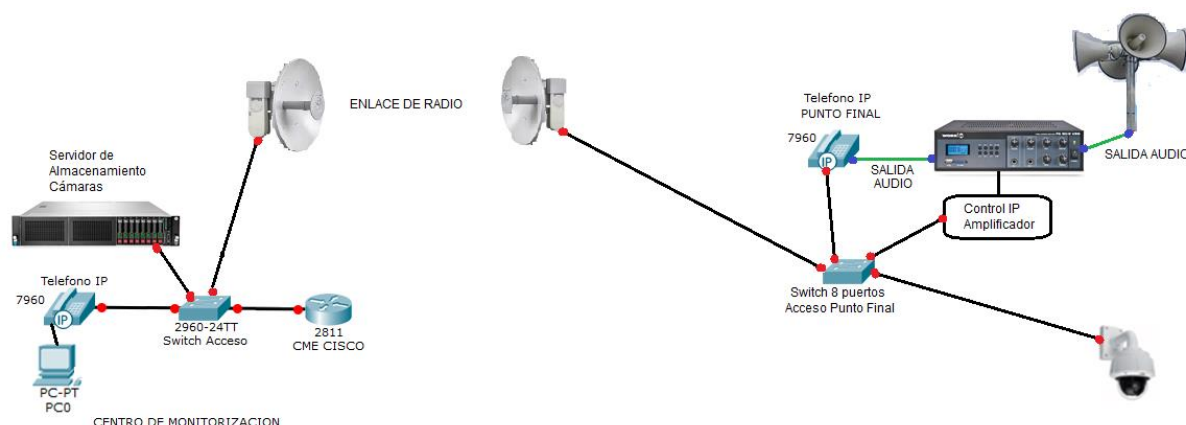
### 3.11.2 Diseño del sistema para manejo del equipamiento analógico mediante IP.

En este apartado se describirá el diseño de todos los componentes y el funcionamiento del sistema propuesto en este proyecto.

### 3.12 Diseño de interconexión del Sistema.

El diseño del equipamiento y forma de conexión instalado para el Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana se lo muestra en la Figura. 41., donde se puede observar el equipamiento requerido tanto para el Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana basado en telefonía IP y cámaras de video vigilancia para cada punto final y el equipamiento a ser utilizado en la Central de Monitorización donde se

ubicarán el equipo de almacenamiento, telefonía Computadora para el Monitoreo y activación del Sistema de Alerta Temprana mediante el uso del Teléfono IP.



**Figura 41.** Diseño del equipamiento del SAT y Seguridad Ciudadana

### 3.13 Equipamiento requerido.

El equipamiento requerido para el Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana funcione de acuerdo al diseño planteado es:

- Call Manager Express Cisco 2811
- Teléfono Cisco Serie 7900
- Amplificador de audio
- Juego de bocinas de 16"
- Drivers de audio de 120 W
- Hardware de conversión analógico a IP
- Switch de 24 puertos Cisco serie 2960
- Servidor para almacenamiento de los videos de las cámaras equipo HP Proliant dl380 G9 con memoria máxima de 3,0 TB Con DDR4 de 128 GB.
- Cámaras tipo PTZ

Las características técnicas del equipamiento a ser utilizado se la muestran en el ANEXO G.



### 3.14 Descripción del funcionamiento del Sistema propuesto.

El funcionamiento del sistema instalado se basa en utilizar la característica denominada *paging* de Cisco para reproducir archivos de audio desde un computador ubicado en la Central de Monitorización en cada punto final definido para este sistema, la característica de *paging* se configura en el *Call Manager Express* (CME) que en este caso es el equipo *Router Cisco 2811*, para que esta característica sea aplicable se debe tomar en cuenta las restricciones propuestas por Cisco para aplicar esta característica:

- *Paging* no es aplicable para teléfonos que no disponen de altavoz
- *Paging* no es compatible con teléfonos Cisco *Unified 3905 SIP*
- *Paging* únicamente funciona al utilizar el *códec G711 µlaw*.

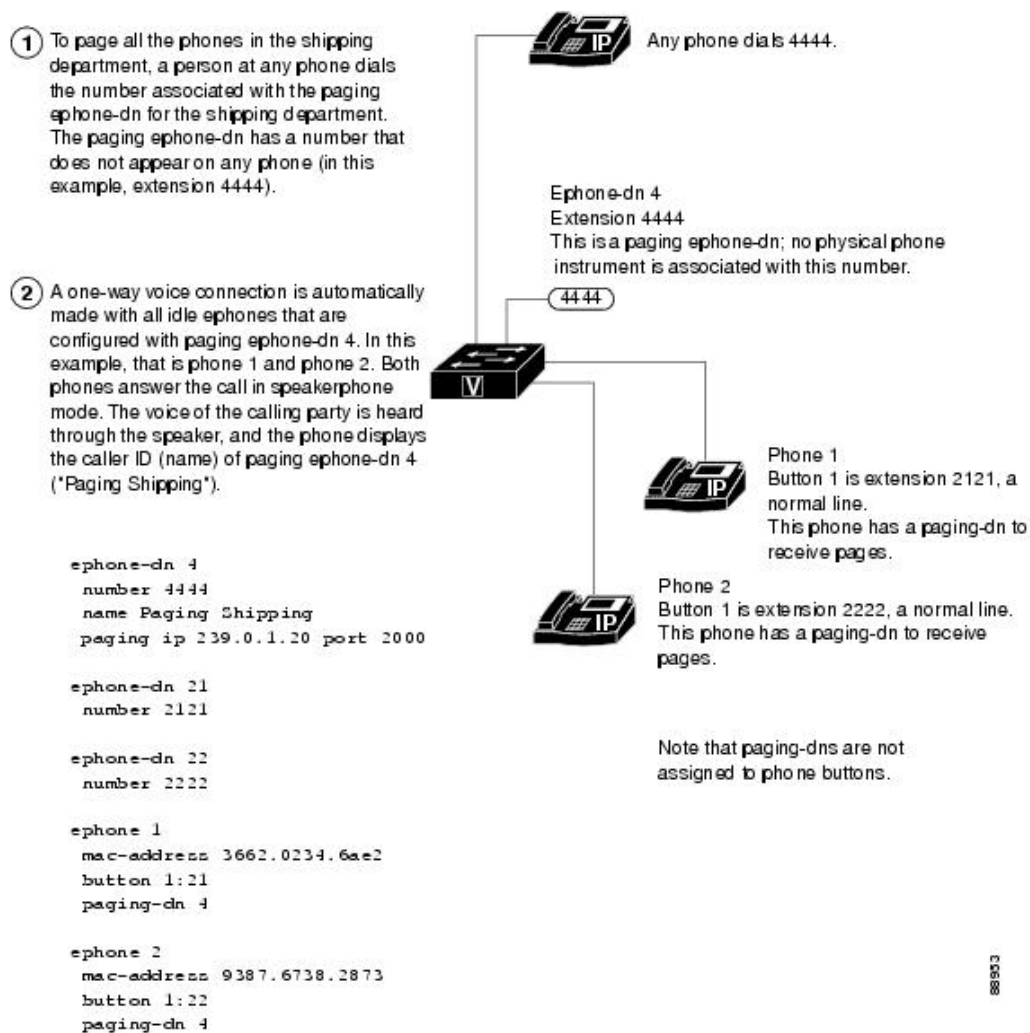
Para poder aplicar esta característica existen dos conceptos que se deben tomar en consideración el de *Audio Paging* y el *Paging Group*.

**Audio Paging.-** el número de *paging* se lo utiliza para realizar el intercambio de audio a un grupo de teléfonos, al momento en que una persona marca el número configurado para el *paging*, cada teléfono IP que se encuentre en inactividad y que se encuentre configurado con este número automáticamente responde utilizando el modo de altavoz y el modo de silencio del micrófono activado (MUTE), las pantallas de los teléfonos pertenecientes al grupo de *paging* mostrarán el identificador de llamada configurado, una vez que culmine la llamada los teléfonos vuelven a su estado de inactividad.

El *Audio Paging* proporciona una ruta de voz de una sola vía de comunicación entre el teléfono designado como *master* y los teléfonos que se encuentran configurados en el grupo para recibir el *paging*, estos teléfonos al activarse esta opción no tienen opción de no responder a la llamada, esta característica esencial se la utilizara para la aplicación en el Sistema de Alerta, el mecanismo de *paging* soporta la distribución de audio mediante el uso de la multidifusión IP conocida como *multicast*.

**Paging Group.-** consisten en el grupo de teléfonos que responderán al momento de marcar el número configurado para el *paging*, este grupo de teléfonos al

momento de recibir el código de *paging* posee la característica de responder si este se encuentra inactivo o incluso ocupado, un ejemplo de la configuración y funcionamiento de esta característica se muestra en la Figura. 42. (CISCO, 2016). La configuración realizada en el CME Cisco 2811 se la muestra en el ANEXO H.



**Figura 42.** Ejemplo *Paging* Cisco

Mediante el uso del programa desarrollado para el dispositivo de control se realiza el encendido y apagado de los equipos de amplificación en cada sitio para una vez encendidos con el uso del código de *paging* configurado en los teléfonos Cisco se puede realizar el envío de mensajes pregrabados desde el computador o simplemente un mensaje del operador a través del teléfono, una vez concluido el uso del sistema se apagan los equipos y se cuelga la llamada.

## **CAPÍTULO 4**

### **INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Y SEGURIDAD CIUDADANA**

#### **4.1 Equipamiento instalado en cada punto final**

La descripción de los elementos instalados en cada uno de los lugares designados, y las características de cada uno de los puntos finales se la muestra a continuación en la Tabla. 6., la memoria fotográfica de la instalación del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana se la muestra en el ANEXO I.

#### **Tabla 6.**

#### **Características de cada punto instalado**

LUGAR	DESCRIPCIÓN	EQUIPOS UTILIZADOS
REPETIDOR EL CALVARIO	El sitio denominado como el Calvario al ser uno de los puntos más altos es utilizado como repetidor para concentrar los enlaces de radio de los diferentes lugares que forman parte de la infraestructura de red inalámbrica instalada, además en este punto, se realiza la activación del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana en caso de emergencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos de radio frecuencia.</li> <li>- Juego de altavoces.</li> <li>- Equipo de respaldo de energía UPS.</li> <li>- Switch de 8 puertos <i>Small Bussiness</i> Cisco.</li> <li>- Hardware de Conversión Analógico a IP.</li> <li>- Cámara IP PTZ para exteriores.</li> </ul>
AVENIDA COTOPAXI		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos de radio frecuencia.</li> <li>- Juego de altavoces.</li> <li>- Equipo de respaldo de energía UPS.</li> <li>- Switch de 8 puertos <i>Small Bussiness</i> Cisco.</li> <li>- Hardware de Conversión Analógico a IP.</li> <li>- Cámara IP PTZ para exteriores.</li> </ul>

continua

<p>URBANIZACIÓN PATRIA 1</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos de radio frecuencia enlace hacia el Repetidor Putzulahua.</li> <li>- Equipo de respaldo de energía UPS.</li> <li>- Switch de 8 puertos <i>Small Bussiness</i> Cisco.</li> <li>- Hardware de Conversión Analógico a IP.</li> </ul>
<p>URBANIZACIÓN PATRIA 2</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos de radio frecuencia enlace hacia Patria 1.</li> <li>- Equipo de respaldo de energía UPS.</li> <li>- Switch de 8 puertos <i>Small Bussiness</i> Cisco.</li> <li>- Hardware de Conversión Analógico a IP.</li> </ul>
<p>LAS FUENTES TERMINAL TERRESTRE</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos de radio frecuencia enlace hacia el Repetidor El Calvario.</li> <li>- Juego de altavoces.</li> <li>- Equipo de respaldo de energía UPS.</li> <li>- Switch de 8 puertos <i>Small Bussiness</i> Cisco.</li> <li>- Hardware de Conversión Analógico a IP.</li> <li>- Cámara IP PTZ para exteriores.</li> </ul>

LA FAE		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos de radio frecuencia enlace hacia el Repetidor El Calvario.</li> <li>- Juego de altavoces.</li> <li>- Equipo de respaldo de energía UPS.</li> <li>- Switch de 8 puertos <i>Small Bussiness</i> Cisco.</li> <li>- Hardware de Conversión Analógico a IP.</li> <li>- Cámara IP PTZ para exteriores.</li> </ul>
BARRACAS	Se instaló el equipamiento para Video Vigilancia con el objetivo de realizar el monitoreo constante del volcán Cotopaxi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos de radio frecuencia enlace hacia el Repetidor Putzulahua.</li> <li>- Equipo de respaldo de energía UPS.</li> <li>- Switch de 8 puertos <i>Small Bussiness</i> Cisco.</li> <li>- Cámara IP PTZ para exteriores.</li> </ul>

Continua

<p>SAN BUENAVENTURA 1</p>	<p>Para este punto se instaló la cámara a una distancia de aproximadamente 100 metros del equipamiento por lo que fue necesario la instalación de un enlace de Fibra Óptica de 6 hilos, OM3 multimodo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos de radio frecuencia enlace hacia el Repetidor El Calvario.</li> <li>- Juego de altavoces.</li> <li>- Equipo de respaldo de energía UPS.</li> <li>- Switch de 8 puertos <i>Small Bussiness</i> Cisco.</li> <li>- Hardware de Conversión Analógico a IP.</li> <li>- Cámara IP PTZ para exteriores.</li> <li>- 100 metros de Fibra Óptica.</li> </ul>
<p>SAN BUENAVENTURA 2</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos de radio frecuencia enlace hacia San Buenaventura 1.</li> <li>- Juego de altavoces.</li> <li>- Equipo de respaldo de energía UPS.</li> <li>- Switch de 8 puertos <i>Small Bussiness</i> Cisco.</li> <li>- Hardware de Conversión Analógico a IP.</li> </ul>

Continua

<p>REPETIDOR PUTZULAHUA</p>	<p>Esta ubicación se la utiliza para poder tener conectividad entre el punto de Barracas donde se ubica la cámara para monitoreo constante del volcán Cotopaxi y la Central de Monitorización al igual que el sector de la urbanización Patria con la Central.</p> <p>Putzulahua – Urb. Patria. Putzulahua – El Calvario Putzulahua - Barracas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos de radio frecuencia.</li> <li>- Equipo de respaldo de energía UPS.</li> <li>- Switch de 8 puertos <i>Small Bussiness</i> Cisco</li> </ul>
---------------------------------	--	--

#### **4.2 Esquema de la red inalámbrica implementada.**

El direccionamiento IP implementado para los equipos de radio que forman parte del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana se lo muestra en la Figura. 43, al igual que el esquema de conexión de la infraestructura de red Inalámbrica donde se puede observar los modelos de los equipos empleados y las distancias de cada enlace de radio instalado.



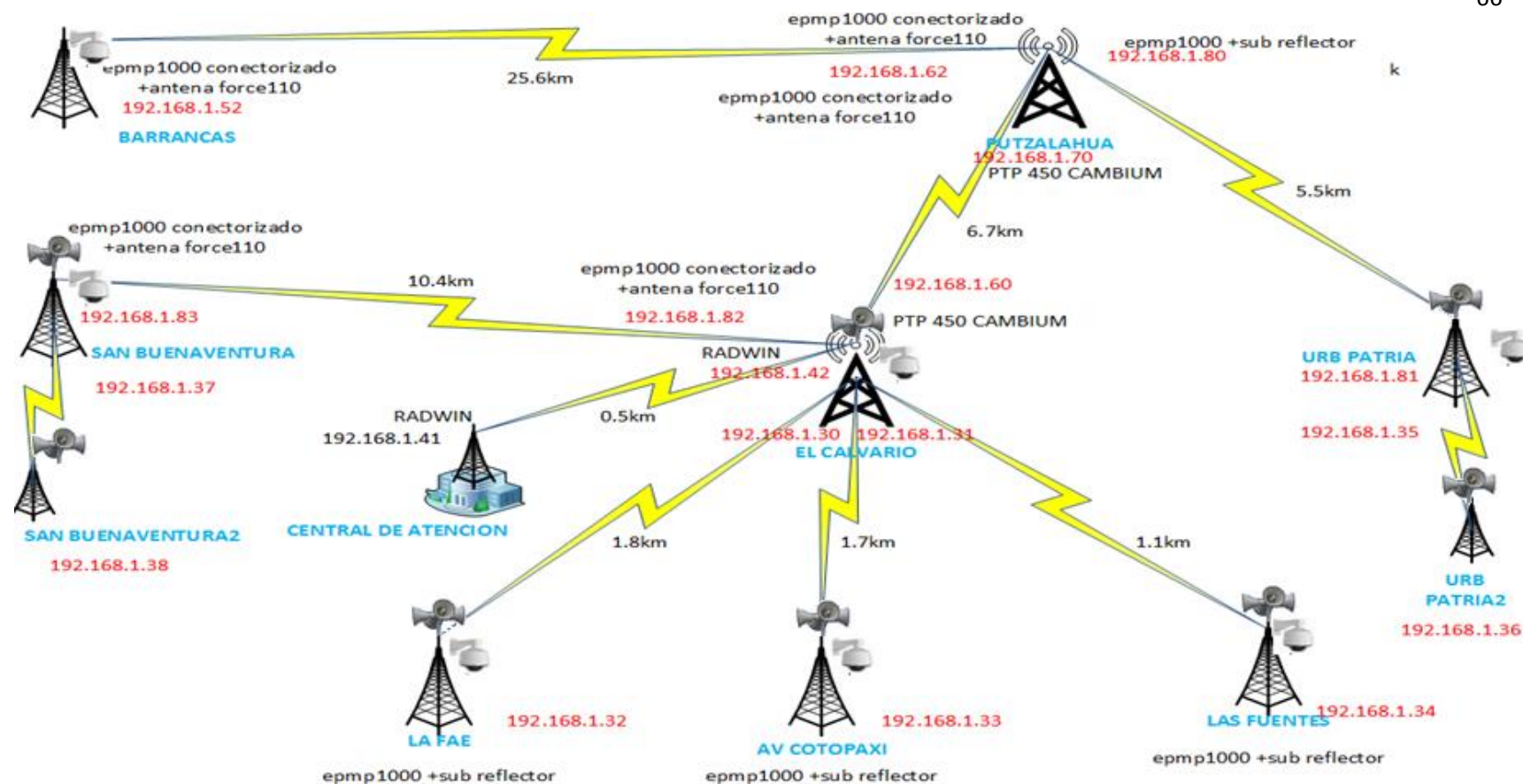
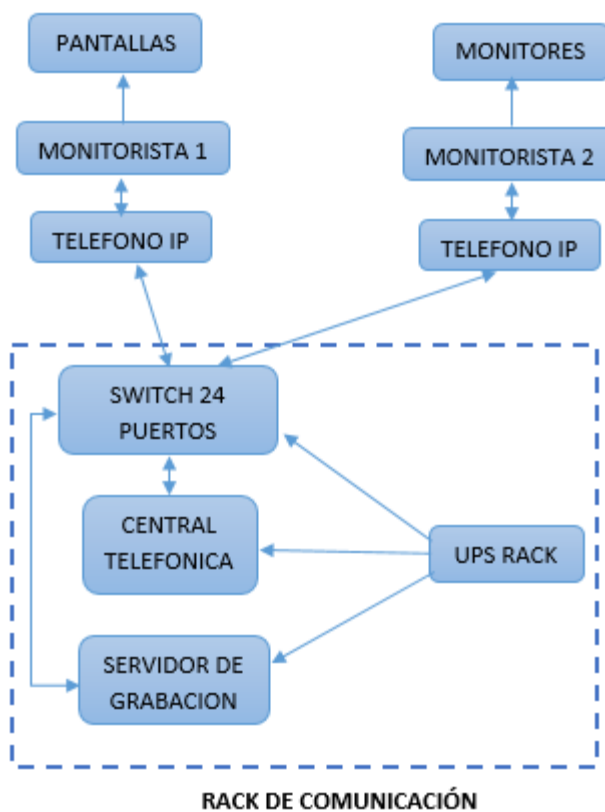


Figura 43. Esquema de red implementado.

### 4.3 Central de Monitorización.

El diagrama de bloques de la Central de Monitorización donde se realizan las tareas de monitoreo y activación del Sistema de Alerta para del personal designado por el Municipio de Latacunga se la muestra en la Figura. 44,

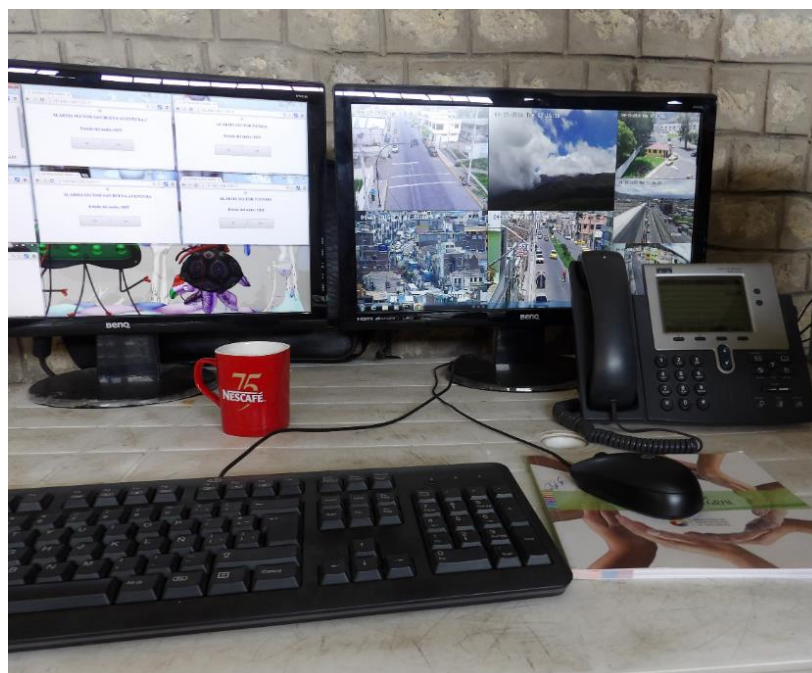


**Figura 44.** Diagrama de bloques de la Central de Monitorización.

En la Figura. 45. (a) y (b), se muestra el equipamiento instalado en base al esquema de distribución mostrado en la Figura. 43.



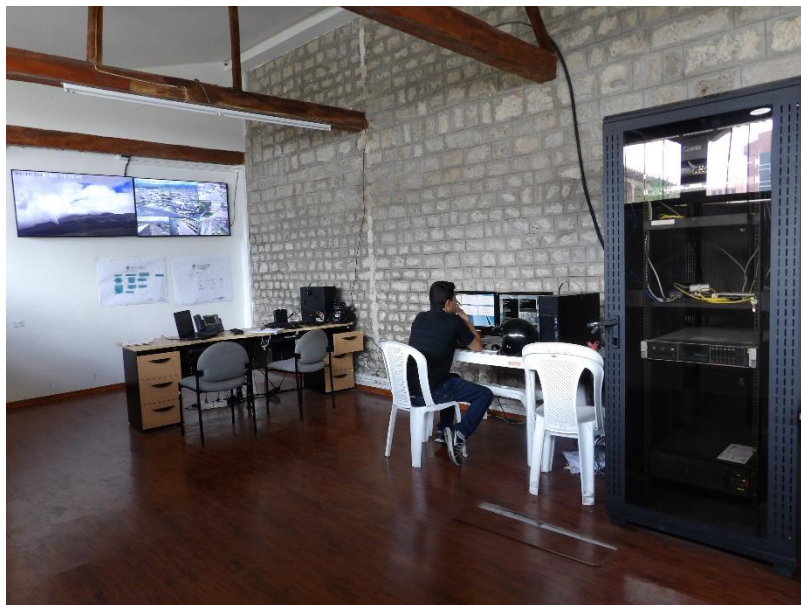
(a)



(b)

**Figura 45.** Equipamiento para Monitorización.

En la Figura. 46., se muestra el equipamiento instalado en la Central de Monitorización en base al esquema de distribución mostrado en la Figura. 43.



**Figura 46.** Instalaciones Central de Monitorización.

En la Figura. 47, se muestra el equipamiento activo instalado en el rack para servidores dentro de la Central.



**Figura 47.** Equipamiento activo Central de Monitorización.

#### **4.4 Protocolos de gestión y activación del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana**

Para poder realizar la activación del Sistema de Alerta Temprana este debe seguir procedimientos y tener personas responsables para que el sistema no sea activado de forma inadecuada pudiendo ocasionar que la población se alarme sin que exista algún evento que lo amerite. Para esto se desarrollaron dos procedimientos el de gestión de la información para el manejo de un evento fortuito y el de activación del Sistema de Alerta Temprana, con personas responsables para cada proceso.

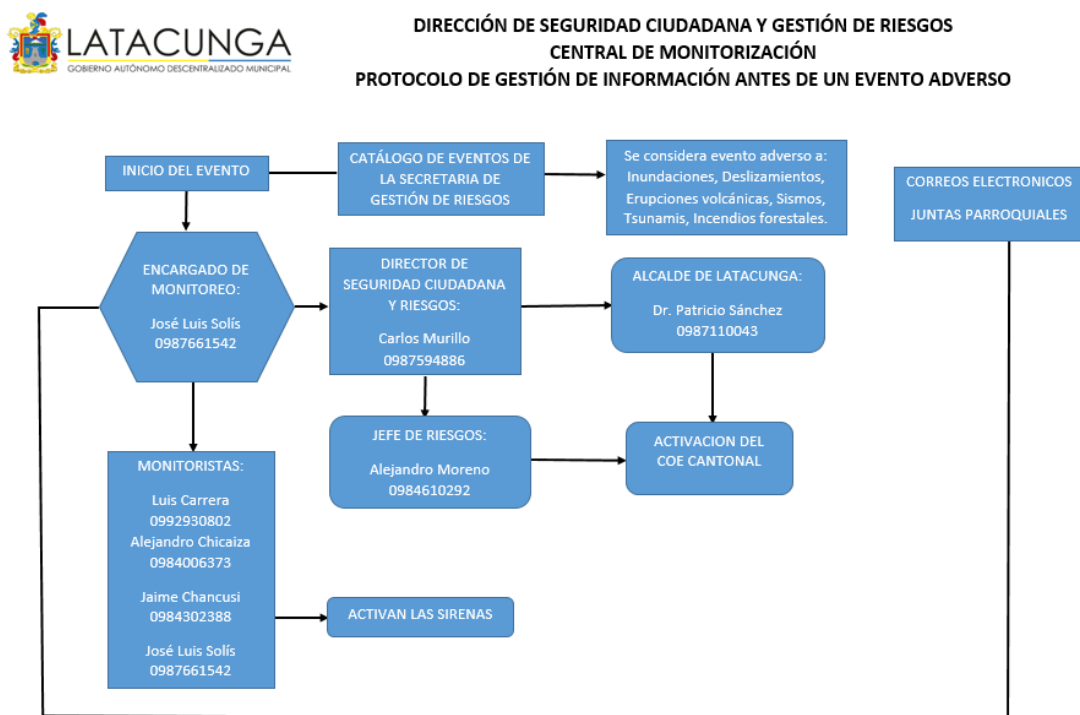
##### **4.4.1. Protocolo de Gestión de Información antes de un evento adverso**

Todos los eventos naturales, antrópicos, emergencias y declaratorias de alertas que se registran en el país se los realiza mediante la emisión de boletines oficiales desde la Secretaría de Gestión de Riesgos la misma que realizará la actualización de información pertinente.

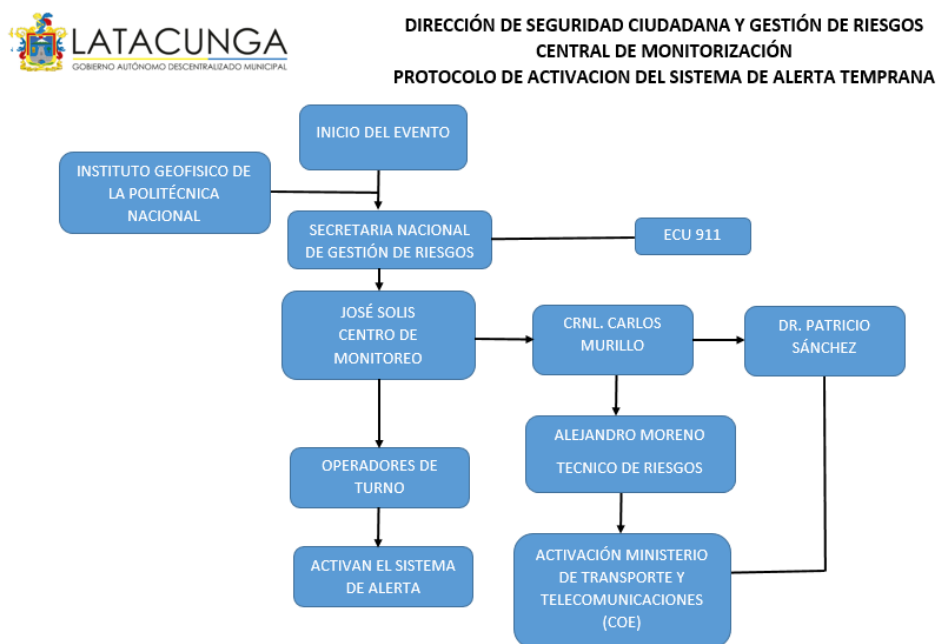
En caso de darse un evento adverso el personal de Monitoreo comunicará a las autoridades nacionales siguiendo un protocolo de prioridades, en nuestro caso en el GAD del Municipio de Latacunga se procede bajo el esquema de la Figura. 48.

##### **4.4.2. Protocolo de Activación del Sistema de Alerta Temprana**

El Sistema de Alerta Temprana para que pueda tener los resultados planteados como son: protección de la población y reducir pérdidas o daños frente amenazas específicas como es la posible erupción del Volcán Cotopaxi son manejados por protocolos específicos desarrollados por la Secretaría de Gestión de Riesgos como se muestra en la Figura. 49.



**Figura 48.** Protocolo de Gestión de Información antes de un Evento Adverso.



**Figura 49.** Protocolo de Activación del Sistema de Alerta Temprana.

## **CAPÍTULO 5**

### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y COSTOS REFERENCIALES DE INSTALACIÓN**

#### **5.1 Especificaciones Técnicas del proceso de Adquisición Emergente del Sistema de Alerta Temprana**

El proceso de contratación del proyecto instalado tuvo como lineamiento legal la Compra Directa no por Subasta Inversa, que son las maneras de adquirir bienes o servicios para las entidades públicas, debido a la emergencia presentada de posible erupción del Volcán Cotopaxi por esta razón para el contrato de “Adquisición urgente del Sistema de Alerta Temprana para la evacuación inmediata de los habitantes por posible erupción del volcán Cotopaxi”, solo se solicitó que se cumpla con las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos detallados a continuación.

##### **5.1.1 Especificaciones Técnicas de las cámaras PTZ.**

Las especificaciones técnicas que se describen en la Tabla. 7., corresponden a cámaras de video vigilancia IP los equipos que se ofertaron son de marca Hikvisión modelo DS-2DE7184.



**Tabla 7.****Características técnicas cámaras PTZ.**

<b>ESPECIFICACIONES GENERALES CAMARAS</b>	
<i>Image sensor</i>	<i>1/ 2.8" Progressive Scan CMOS</i>
<i>Effective pixel</i>	<i>2230K pixels</i>
<i>Min. Illumination</i>	<i>Color: 0.05lux (F1.6, AGC ON), 0 lux with IR ; B/W: 0.01lux (F1.6, AGC ON), 0 lux with IR</i>
<i>White balance</i>	<i>Auto / Manual /ATW/Indoor/Outdoor/Daylight lamp/Sodium lamp</i>
<i>AGC</i>	<i>Auto / Manual</i>
<i>S/N ratio</i>	<i>&gt;= 50 Db</i>
<i>Digital noise Reduction</i>	<i>3D DNR</i>
<i>Backlight compensation</i>	<i>HLC/BLC</i>
<i>WDR</i>	<i>Digital WDR</i>
<i>Shutter speed</i>	<i>1 - 1/10,000 s</i>
<i>Day &amp; Night</i>	<i>IR Cut Filter</i>
<i>Digital zoom</i>	<i>16x</i>
<i>Privacy masking</i>	<i>2 privacy masks programable</i>
<i>Focus mode</i>	<i>Auto / Semiautomatic / Manual</i>
<i>IR distance</i>	<i>Up to 100 m</i>
<i>IR intensity</i>	<i>Automatically adjusted, depending on the zoom ratio</i>
<i>Ethernet</i>	<i>10Base-T /100Base-TX, RJ45 connector</i>
<i>Max. Image resolution</i>	<i>1920x1080</i>
<i>Protocols</i>	<i>IPv4/IPv6, HTTP, HTTPS, 802.1x, Qos, FTP, SMTP, UPnP, SNMP, DNS, DDNS, NTP, RTSP, RTP, TCP, UDP, IGMP, ICMP, DHCP, PPPoE</i>
<i>Power</i>	<i>-A: 24 VAC, max. 30W -AE: HighPoeE &amp; 24 VAC, max. 30W</i>
<i>Protection level</i>	<i>IP66, TVS 4,000V lightning protection, surge protection and voltaje transient protection</i>
<i>Dimensions</i>	<i>Φ220×353.4mm (Φ8.66"×13.91")(Outdoor)</i>
<i>Weight</i>	<i>Approx. 5.5kg(12.13lbs)</i>
<i>Mount option</i>	<i>Long-arm wall mount: DS-1601ZJ; Corner mount: DS-1601ZJ-corner; Pole Mount: DS-1601ZJ-pole; Power box mount:DS-1634ZJ</i>



### 5.1.2 Especificaciones Técnicas servidor de almacenamiento.

Las especificaciones técnicas del equipo servidor de almacenamiento se describen en la Tabla. 8., corresponde a un equipo de marca HP modelo DL380 G9.

**Tabla 8.**

#### Características Servidor de Almacenamiento.

<b>ESPECIFICACIONES GENERALES SERVIDOR</b>	
Características del sistema	Familia de procesador: Familia de productos Intel® Xeon® E5-2600 v3; Familia de productos Intel® Xeon® E5-2600 v4
	Número de procesadores: 1 o 2
	Núcleo de procesador disponible: 22 o 20 o 18 o 16 o 14 o 12 o 10 u 8 o 6 o 4
	Form factor (totalmente configurado): 2U
	Tipo de fuente de alimentación: Ranura Flexible
	Ranuras de expansión: (6) Máximo
Memoria	Memoria, máxima: 3,0 TB Con DDR4 de 128 GB que estará disponible el H1 de 2016
	Ranuras de memoria: 24 ranuras DIMM
	Tipo de memoria: DDR4 SmartMemory
Almacenamiento	Descripción de unidad: ((4) o (12)) SAS/SATA/SSD LFF ((8), (10), (16), (18) o (24)) SAS/SATA/SSD SFF (2) unidades posteriores de formato reducido opcionales o (3) unidades posteriores de formato grande opcionales y (6) NVMe SFF (opcionales) el soporte NVMe a través de Bahía Express limitará la capacidad máxima de la unidad.

continua

Tarjetas Controladoras	Controlador de red: Adaptador Ethernet 331i de 1 Gb 4 puertos por controlador y/o FlexibleLOM opcional
	Controlador de almacenamiento: (1) Dynamic Smart Array B140i y/o (1) Smart Array P440ar (1) Smart Array P840
Administrador de Servidores	Administración de infraestructura: iLO Management (estándar), Intelligent Provisioning (estándar), iLO Advanced (opcional), HP Insight Control (opcional)

### 5.1.3 Especificaciones Técnicas Switch de acceso.

Las especificaciones técnicas del switch de acceso se describen en la Tabla. 9., las cuales corresponden a un equipo de marca Cisco modelo WS-C2960S-24TS-L.

**Tabla 9.**

#### Características técnicas Switch de acceso

<b>SWITCH DE ACCESO</b>	
<i>General Information</i>	
<i>ID del Producto:</i>	<i>WS-C2960S-24TS-L</i>
<i>Tipo de Producto:</i>	<i>Ethernet Switch</i>
<i>Puertos</i>	
<i>Numero de Puertos:</i>	<i>24</i>
<i>Gigabit Ethernet Port:</i>	<i>SI</i>
<i>Interfaces/Ports:</i>	<i>24 x RJ-45 10/100/1000Base-T Network LAN</i>
<i>Media &amp; Performance</i>	
<i>Forwarding/Filtering Rate:</i>	<i>41.7 Mpps</i>
<i>Switching Throughput:</i>	<i>176 Gbps</i>
<i>I/O Expansions</i>	
<i>Number of Expansion Slots:</i>	<i>5</i>

Continua

<i>Expansion Slots:</i>	<i>(4 Total) SFP (mini-GBIC) Uplink</i>
	<i>(1 Total) Stacking Module</i>
<i>Network &amp; Communication</i>	
<i>Layer Support:</i>	<i>2</i>
<i>Management &amp; Protocols</i>	
<i>Manageable:</i>	<i>Yes</i>
<i>Management:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>DHCP</i></li> <li>• <i>QoS</i></li> <li>• <i>VLAN</i></li> <li>• <i>SNMP v1, v2, v3</i></li> <li>• <i>Syslog</i></li> <li>• <i>CLI</i></li> <li>• <i>RMON</i></li> <li>• <i>CiscoWorks LAN Management Solution</i></li> </ul>
<i>Memory</i>	
<i>Standard Memory:</i>	<i>128MB</i>
<i>Memory Technology:</i>	<i>DRAM</i>
<i>Flash Memory:</i>	<i>64MB</i>
<i>Software</i>	
<i>Operating System:</i>	<i>Cisco IOS</i>
<i>Power Description</i>	
<i>Input Voltage:</i>	<i>110 V AC</i>
	<i>220 V AC</i>
<i>Input Voltage Range:</i>	<i>100 V AC to 240 V AC</i>
<i>Power Source:</i>	<i>Power Supply</i>
<i>Redundant Power Supply:</i>	<i>Yes</i>
<i>Physical Characteristics</i>	
<i>Compatible Rack Unit:</i>	<i>1U</i>
<i>Form Factor:</i>	<i>Rack-mountable</i>
	<i>Stackable</i>
<i>Dimensions:</i>	<i>1.75" Height x 17.50" Width x 11.80" Depth</i>
<i>Weight (Approximate):</i>	<i>10 lb</i>

### 5.1.4 Especificaciones Técnicas Central Telefónica.

Las especificaciones técnicas de la Central Telefónica se describen en la Tabla.10, corresponde a un equipo de marca Cisco modelo 2801-V/K9.

**Tabla 10.**

**Características técnicas equipo Router.**

<b>CENTRAL TELEFÓNICA</b>	
<i>Manufacturer Part Number</i>	<i>CISCO2801-V/K9</i>
<i>Product Type</i>	<i>Router</i>
<i>Form Factor</i>	<i>External - modular - 1U</i>
<i>Dimensions (WxDxH)</i>	<i>44.5 cm x 41.9 cm x 4.4 cm</i>
<i>Weight</i>	<i>6.2 kg</i>
<i>DRAM Memory</i>	<i>384 MB (installed) / 384 MB (max)</i>
<i>Flash Memory</i>	<i>128 MB (installed) / 128 MB (max)</i>
<i>Data Link Protocol</i>	<i>Ethernet, Fast Ethernet</i>
<i>Network / Transport Protocol</i>	<i>IPSec</i>
<i>Remote Management Protocol</i>	<i>SNMP 3</i>
<i>Digital Ports Qty</i>	<i>8</i>
<i>Features</i>	<i>Cisco IOS SP services , firewall protection, hardware encryption, VPN support, MPLS support, URL filtering</i>

### 5.1.5 Características técnicas equipo Workstation.

Las especificaciones técnicas del equipo para el monitoreo del Sistema de Seguridad Ciudadana se describen en la Tabla. 11., las cuales corresponden a un equipo de marca HP.

**Tabla 11.****Características técnicas equipo de Monitoreo.**

<b>EQUIPO PARA EL MONITOREO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD CIUDADANA</b>	
<i>Processor</i>	
<i>Processor type</i>	<i>Intel Xeon E3-1245 v3</i>
<i>Processor speed</i>	<i>3400.00 MHz</i>
<i>Number of Cores</i>	<i>4.0</i>
<i>Graphics</i>	
<i>Graphics Type</i>	<i>Discrete</i>
<i>Primary Graphics Chipset</i>	<i>Nvidia Quadro K2000</i>
<i>Graphics Memory</i>	<i>2.0 GB</i>
<i>Storage</i>	
<i>Drive 1 size</i>	<i>1000.0 GB</i>
<i>Drive 1 type</i>	<i>Hard Disk Drive</i>
<i>General Information</i>	
<i>UPC Code</i>	<i>887758645482</i>
<i>Ports and Connections</i>	
<i>Available Interfaces</i>	<i>Audio - Microphone In (1/8)</i> <i>DVI (dual link)</i> <i>DisplayPort</i> <i>USB 2.0</i> <i>USB 3.0</i>
<i>Ethernet Type</i>	<i>10/100/1000 Mbps</i>
<i>Memory</i>	
<i>Memory size</i>	<i>16.0 MB</i>
<i>Memory type</i>	<i>DDR3</i>
<i>Memory speed</i>	<i>1600.0 MHz</i>

continua

<i>Optical Drive</i>	
<i>Included Drives</i>	<i>DVD Drive</i>
<i>Included Software</i>	
<i>Operating System</i>	<i>Microsoft Windows 7 Professional</i>
<i>Other Features</i>	
<i>Devices</i>	<i>Keyboard</i> <i>Mouse</i>
<i>Case</i>	
<i>Chassis style</i>	<i>Tower (Midsize)</i>

## 5.2 Presupuesto del Sistema propuesto

El presupuesto requerido para la instalación del proyecto en base a las características descritas en los capítulos anteriores se muestra en la Tabla. 12.

**Tabla 12.**

### Costo del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana.

<b>SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT</b>	<b>C/U</b>	<b>C/T</b>
	<i>Sistema de Central de Control y Monitoreo incluye:</i>	6	\$13.000,00	\$ 78.000,00
1	Pantallas LED HD			
2	WorkStation			
3	Monitor 21 pulgadas HD			
4	Cables HDMI			
5	Switch			
6	Router			

continua

7	Servidor			
8	Teléfonos IP			
9	Joystick			
10	Rack de 42 UR			
11	Mástil de 12 mts. Con escalerilla con base.			
	<b><i>Sistema de Alarma incluye:</i></b>	1	\$61.857,08	\$ 61.857,08
12	Mástil de 3 mts.			
13	Poste de 12 mts. De Hormigón			
14	Cámara tipo domo PTZ			
15	Protector de transientes Nivel Hospitalario			
16	Radios			
17	Antena Tipo Plato			
18	Antena Sectorizada			
19	Universal Ethernet Surge Supresor			
20	Amplificador 2 vías			
21	Bocinas BK			
22	Corneta			
23	Cableado estructurado			
24	UPS + Respaldo de energía			
25	Switch de 8 puertos			
26	<b><i>Mantenimiento 2 veces al año por 1 año</i></b>	5	\$600,00	\$ 3.000,00
<b>TOTAL SIN IVA</b>				<b>\$ 142.857,08</b>
<b>IVA 12 %</b>				<b>\$ 17.142,85</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 159.999,93</b>

El costo del sistema desarrollado e instalado en el proyecto basado en el presupuesto y requerimientos del G.A.D. del Municipio de Latacunga el mismo que se muestra en el ANEXO J donde se encuentra el contrato del mismo, cumpliendo los tiempos definidos para su ejecución y entrega, el sistema desarrollado en comparación con otros sistemas resulta más económico, por ejemplo el sistema adquirido por el Municipio de Rumiñahui tuvo un valor de 480.000,00 USD (Rumiñahui, 2015) y el tiempo de ejecución fue de 56 días. En base a esta breve comparación el sistema propuesto aparte de ser más económico y con menor tiempo de ejecución posee la característica de cumplir con las garantías ofertadas ya que en caso de requerir cambio de algún elemento este se puede encontrar de forma local y con precios razonables con por lo que se mejora el tiempo de respuesta.



## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

- El diseño del sistema instalado para el manejo de equipos analógicos mediante un sistema IP que forman parte del Sistema de Alerta Temprana y Seguridad Ciudadana se acoplaron al presupuesto y tiempos estipulados por el G.A.D. del Municipio de Latacunga.
  
- El diseño de la infraestructura de red instalado en este proyecto basado en enlaces de radio frecuencia y del equipamiento de la Central de Monitorización, poseen capacidades de procesamiento elevadas con la finalidad de permitir escalabilidad a futuro para la integración de más cámaras, servicios y aplicaciones como analítica de video para identificar personas y placas.
  
- Al instalar este tipo de infraestructura de red para la jurisdicción del GAD del Municipio de Latacunga permite que sobre ella se manejen diversas aplicaciones y en un futuro crecer en las prestaciones que se pueda brindar obteniendo mejores beneficios del mismo, sin que se deba invertir en otros. Algunas de las aplicaciones que se manejan son los Sistemas de Perifoneo, Sistemas de Alerta Temprana y Sistemas de Video.
  
- Las características de las cámaras IP implementadas permiten que las imágenes de video capturadas sean de alta definición, que además de proporcionar videos de monitoreo, permiten disuadir e identificar a personas en el momento de

cometer algún ilícito, de esta forma estos dispositivos son de gran beneficio para la población.

- Los enlaces de Radio Frecuencia debido a su correcta ubicación y estudio, permitieron que la instalación de cada cámara y punto del Sistema de Alerta Temprana tengan un mejor tiempo de instalación y costo.
- El Sistema de Alerta Temprana al utilizar la característica de la telefonía conocida como *paging* requiere que los equipos utilizados permitan el paso de *multicast* caso contrario no se tendría la salida de voz en cada punto.

## **6.2 Recomendaciones**

- El mantenimiento preventivo de la solución instalada, se debe realizar cada 6 meses para mantener todos los puntos activos y con la correcta operatividad de los equipos.
- El mantenimiento correctivo se debe realizar con el resultado del mantenimiento preventivo con la finalidad de que el sistema se encuentre en activo y en correcto funcionamiento para el servicio de la población.
- Debido a que la infraestructura de red permite el crecimiento para el Sistema de Video Vigilancia, se debe tomar en cuenta que al aumentar cámaras ya no mantendrá el mismo tiempo de grabación, por lo que en un futuro cuando se requiera poner en marcha esta ampliación es necesario aumentar la capacidad de almacenamiento del servidor.
- Los Sistemas de Alerta Temprana requieren respaldo de energía que les permita tener funcionamiento de forma autónoma por al menos 24 horas para mantenerse activos en el caso de existir un evento que requiera su activación. El respaldo de energía no es conveniente realizarlo con paneles solares ya que

si iniciará un proceso eruptivo la ceniza provocaría fallos en este tipo de respaldo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CABALLERO, Rafael, *Infraestructura en Red y liberalización de servicios públicos*, 1ra Edición Instituto Nacional de Administración Pública, Madrid 2003.
2. HERRERA, Enrique, *TECNOLOGÍAS Y REDES DE TRANSMISIÓN DE DATOS*, 1ra Edición Editorial Limusa S.A., Balderas México D.F., 2003.
3. HERRERA, Enrique, *INTRODUCCIÓN A LAS TELECOMUNICACIONES MODERNAS*, 1ra Edición Editorial Limusa S.A., Balderas México D.F., 1998.
4. ANDREU, Joaquín, *REDES INALÁMBRICAS (Servicios en Red)*, 1ra Edición, Editex, España 2011.
5. BLACK, Uyles D., *REDES DE TRANSMISIÓN DE DATOS Y PROCESO DISTRIBUIDO*, 1ra Edición Ediciones Díaz de Santos S.A., 1987.
6. VAZQUEZ, Pablo G. y otros, *REDES Y TRANSMISIÓN DE DATOS*, 1ra Edición Universidad de Allicante, España 2010.
7. BARBANCHO, Julio, y otros, *REDES LOCALES*, 2da Edición Paraninfo, S.A., España 2014.
8. GHE, Jorge, *REDES DE COMUNICACIONES. Administración y Gestión*, 1ra Edición Lulu.com, España 2012.
9. RAMIREZ, Ramón, *SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES*, 1ra Edición, Ediciones Paraninfo S.A., España 2015.
10. HUIDOBRO, José M., *RADIOCOMUNICACIONES: Viajando a través de las ondas*, 1ra Edición, Creaciones Copyright SL, 2011.
11. GARCÍA, Javier, y otros, *INSTALACIONES DE RADIOCOMUNICACIONES*, 1ra Edición, Ediciones Paraninfo S.A., España 2012.
12. PÉREZ, Constantino, y otros, *SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN*, 1ra Edición, Edición Universidad de Cantabria, España 2007.

13. RODRÍGUEZ, Julian, *CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN Y SEGURIDAD ELECTRÓNICA*, 1ra Edición, Ediciones Paraninfo S.A., España 2013.
14. MARTÍN, Juan, *INFRAESTRUCTURAS COMUNES DE TELECOMUNICACIONES EN VIVIENDAS Y EDIFICIOS*, 1ra Edición Editex, España 2010.
15. <http://www.panduit.com>, Conectores y adaptadores para fibra.
16. [http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/oth/0A/0E/R0A0E0000140001HTMS.htm](http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/0A/0E/R0A0E0000140001HTMS.htm), Lista de Recomendaciones del UIT-R para los sistemas inalámbricos fijos analógicos.
17. <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/01/Manual-del-Proceso-de-Registro-de-Eventos-Adversos.pdf>, Proceso de Registro de Eventos Adversos.

#### Referencias

- Arduino, C. (2016). Arduino. Obtenido de Arduino:  
<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>
- Basile , A., Morin, R., & Bergeron, G. (26 de 03 de 2010). Comparison of Microwave Links Prediction Methods:. Obtenido de PIERS Proceedings, Xi'an, China:  
<https://piers.org/piersproceedings/download.php?file=cGllcnMyMDEwWGlhbnwzQTRfMDc4OC5wZGZ8MDkwOTA0MjI0MDQ5>.
- CISCO. (14 de 01 de 2016). Cisco Unified Communications Manager Express System Administrator Guide . Obtenido de Cisco Unified Communications Manager Express System Administrator Guide :  
[http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/voice\\_ip\\_comm/cucme/admin/configuration/guide/cm adm/cmepage.html](http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/voice_ip_comm/cucme/admin/configuration/guide/cm adm/cmepage.html)
- Jordan, E. C. (1966). Reference Data for Radio Engineers: Radio, Electronics, Computer and Communications. Indianapolis: Chief Howars W Sams & Co. tth Edition.
- Latacunga.net. (2016). Obtenido de <http://www.latacunga.net/ciudad/la-ciudad.html>
- MÜLLER-HEIDELBERG. (2000). Sistema de video vigilancia. En MÜLLER-HEIDELBERG, Sistema de video vigilancia (pág. 45). España.

- Networks, C. (2016). Link Planner. Obtenido de Cambium Networks:  
<http://www.cambiumnetworks.com/products/planning-tools/link-planner>
- Rumiñahui, M. d. (2015). Municipio de Rumiñahui. Obtenido de  
[http://www.ruminahui.gob.ec/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&download=657:i-procesos-de-contratacion-publica&id=107:diciembre&Itemid=230&lang=es](http://www.ruminahui.gob.ec/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=657:i-procesos-de-contratacion-publica&id=107:diciembre&Itemid=230&lang=es).
- Suramérica, A. P. (2012). ANDES. Obtenido de  
<http://www.andes.info.ec/es/noticias/decretan-estado-excepcion-todo-territorio-ecuatoriano-proceso-eruptivo-volcan-cotopaxi.html>
- UIT. (2016). Reglamento de Radiocomunicaciones. Artículo 8, 391 - 412.
- UIT. (2016). RFC. Obtenido de [http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/oth/0A/0E/R0A0E0000120001HTMS.htm](http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/0A/0E/R0A0E0000120001HTMS.htm)
- Verkaufsgesellschaft, H. K. (2011). HORMANN International. Obtenido de  
<http://www.hormann.com>

**ANEXOS**