



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y**  
**COMUNICACIONES**

TEMA:

---

**SISTEMA DE ACTIVACIÓN DE ALERTAS EN SITUACIONES DE EMERGENCIA  
PARA EL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE RIESGOS EN LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE AMBATO**

---

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

**LINEAS DE INVESTIGACIÓN:** Tecnologías de Comunicación

**AUTOR:** Velasteguí Izurieta Homero Javier

**TUTOR:** Ing. Manzano Villafuerte Víctor Santiago Mg.

Ambato-Ecuador

**Octubre 2017**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: **SISTEMA DE ACTIVACIÓN DE ALERTAS EN SITUACIONES DE EMERGENCIA PARA EL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE RIESGOS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**, del señor **VELASTEGUÍ IZURIETA HOMERO JAVIER**, estudiante de la Carrera de Ingeniería **ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES**, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato Octubre, 2017

EL TUTOR



---

Ing. Mg. Manzano Villafuerte Víctor Santiago

## AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: **SISTEMA DE ACTIVACIÓN DE ALERTAS EN SITUACIONES DE EMERGENCIA PARA EL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE RIESGOS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato Octubre 2017



---

Velasteguí Izurieta Homero Javier

CC: 1804326534

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato Octubre, 2017



**Velasteguí Izurieta Homero Javier**

CC: 1804326534

## APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Marco Jurado e Ing. Patricio Córdova, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “*Sistema de Activación de Alertas en Situaciones de Emergencia para el Departamento de Gestión de Riesgos en la Universidad Técnica de Ambato*” presentado por el señor Velasteguí Izurieta Homero Javier de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la Aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia  
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Mg. Marco Jurado  
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Mg. Patricio Córdova  
DOCENTE CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

*El esfuerzo y la victoria se reflejan al final de la meta y en el camino siempre arderá las cenizas de quienes quemaron la piedra forjando tu destino.*

*A Dios por encaminarme y ser mi fuerza durante los años de profesionalización.*

*A mis amados padres quienes son el motor de mi esfuerzo y quienes sembraron la semilla de la perseverancia y la meta infinita, enseñándome el valor de lo que realmente es importante en la vida.*

*Al ejecutor filosófico y labrador de los mis pensamientos desde los primeros pasos físicos e intelectuales, mi hermano.*

*A mi sobrina, la fuerza y el apoyo incondicional reflejado en una persona que no teme entregar todo de si por quienes están en su corazón.*

*A mis hermanas quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla mis ideales.*

*A la ladrona de mis pensamientos, recuerdos y sentimientos, quien me ha enseñado la forma de sonreír a la vida y destruye las nubes grises de mi camino, siendo siempre bonita simple y complicada.*

*Velasteguí Izurieta Homero Javier*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por la esencia de su fuerza presentada en mi vida en cada paso y segundo.*

*Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, por aceptarme en esta maravillosa institución, abriendo las puertas de su seno científico, que con su gran planta docente me han permitido adquirir el conocimiento necesario para ser útil en la sociedad.*

*Agradezco a mi asesor de tesis el Ing. Santiago Manzano, por brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, guiándome durante el desarrollo de este proyecto de investigación.*

*Mi especial agradecimiento al Rector de la Universidad Técnica de Ambato, Dr. Galo Naranjo, a la Coordinadora de la Unidad de Gestión de Riesgos, Dra. Pamela Martínez y a sus colaboradores por aceptar el desarrollo del proyecto de investigación en su prestigiosa institución.*

*Por último, agradezco a mis padres hermanos sobrina y amigos por el total apoyo durante mi vida universitaria, brindándome consejos y motivación a lo largo de estos años.*

*Velasteguí Izurieta Homero Javier*

## ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
PALABRAS CLAVE:.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 DELIMITACIÓN.....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	5
2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
2.2.1 Conceptos Fundamentales en Gestión de Riesgos.....	8
a) Amenaza.....	8
Amenazas de Origen Natural.....	9
Amenazas Socio-naturales.....	9
Amenazas Antrópicas.....	9



b) Vulnerabilidad.....	10
c) Riesgo.....	10
e) Desastre.....	11
d) Emergencia.....	11
2.2.2 Áreas y Componentes en Gestión De Riesgos.....	11
2.2.3 Panorama Local.....	13
2.2.4 Sistema de Alerta.....	16
2.2.5 Señalización de Seguridad.....	20
a) Uso de la Señalización.....	21
b) Características de la Señalización.....	21
c) Tipos de Señalización.....	21
d) Recomendaciones para Señales Acústicas y Luminosas.....	23
2.2.6 Sonido.....	24
a) Generación y Propagación del Sonido.....	25
b) Nivel de Presión Sonora.....	27
c) Velocidad del Sonido.....	28
d) Longitud de Onda.....	29
e) Atenuación del Sonido.....	29
f) Absorción.....	32
g) Reflexión y Refracción del Sonido.....	34
h) Campo Sonoro Directo y Reverberante.....	36
i) Acústica Geométrica.....	36
2.2.7 Luz.....	38
2.2.8 Sistemas Distribuidos y de Telecontrol.....	39
2.2.9 Sistema de Control y Monitoreo.....	40
a) Unidad Central.....	41
b) Sistema de Comunicaciones.....	42
c) Nodos.....	42
d) Unidades de Monitoreo.....	42
2.2.10 Servidores.....	42

a) Elementos de un Servidor.....	43
b) Sistemas Cluster.....	44
c) Servidores Web.....	45
c) Tecnologías para Servidores.....	46
2.2.11 Medios De Transmisión.....	47
a) Medios no guiados.....	48
b) Medios Guiados.....	48
2.2.12 Modos de transmisión.....	48
2.2.13 Topologías.....	49
2.2.14 Direccionamiento IPV4.....	50
2.2.15 Redes Inalámbricas.....	51
a) WIFI.....	51
b) GSM Y GPRS.....	52
c) Control por RF.....	54
d) Bluetooth.....	55
2.2.16 Sistemas Micro-controlados.....	55
2.2.17 Sirenas.....	57
2.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	59
CAPÍTULO III.....	60
METODOLOGÍA.....	60
3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	61
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	61
3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	61
3.5 DESARROLLO DEL PROYECTO.....	61
CAPÍTULO IV.....	63
PROPUESTA.....	63
4.1 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	63
4.1.1 Factibilidad Técnica.....	63
4.1.2 Factibilidad Económica.....	64

4.1.3 Factibilidad Bibliográfica.....	64
4.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE EMERGENCIAS EN LA UTA.....	64
4.2.1 Análisis de los Protocolos de Emergencia.....	67
4.2.2 Estado Base del Sistema de Emergencia de la UTA.....	68
4.3 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE ALERTAS.....	68
4.4 SISTEMA DE ACTIVACIÓN DE ALERTAS.....	72
4.4.1 Arquitectura Física de la Universidad.....	72
Campus Huachi.....	72
Campus Ingahurco.....	73
Campus Querochaca.....	73
4.4.2 Sistema de Comunicaciones.....	74
La Red de Comunicaciones.....	77
Querochaca.....	86
Ingahurco.....	89
4.4.3 Sistema de Activación de Alertas en la FISEI.....	90
4.4.4 Unidad de Control.....	92
Tarjeta de Control.....	95
Difusión de la Señal Acústica.....	101
4.4.5 Sistema de Monitoreo.....	107
Software del Servidor.....	108
Software de la Tarjeta de Control.....	111
Aplicación Móvil.....	113
Control Remoto.....	115
4.5 DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA DE ACTIVACIÓN DE ALERTAS.....	115
4.6 PRESUPUESTO.....	124
4.7 FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO.....	126
Análisis del Nivel de Presión Sonora.....	128
Estadística de Errores.....	129
Interfaz de Usuario.....	133

CAPÍTULO V.....	136
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
5.1 CONCLUSIONES.....	136
5.2 RECOMENDACIONES.....	137
BIBLIOGRAFÍA.....	138
ANEXOS.....	144
Anexo 1: Planos de los Campus de la Universidad Técnica de Ambato.....	144
Anexo 2: Planos de Radiación de las Sirenas.....	149
A) Nivel de Presión Sonora de las Sirenas de Huachi.....	150
B) Nivel de Presión Sonora de las Sirenas de Ingahurco.....	153
C) Nivel de Presión Sonora de las Sirenas de Querochaca.....	154
Anexo 3: Planos Arquitectónicos y de Distribución de Equipos.....	156
Anexo 4: Código de la Tarjeta Electrónica de Control.....	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2. 1: Componentes y áreas de la gestión de riesgos.....	12
Fig.2. 2: Nivel de amenaza sísmica.....	14
Fig.2. 3: Volcanes potencialmente activos en Ecuador continental.....	15
Fig.2. 4: Propagación de una onda sonora.....	25
Fig.2. 5: Evolución de la presión sonora total en función del tiempo.....	26
Fig.2. 6: Área de cobertura de una sirena direccional.....	26
Fig.2. 7: Atenuación del sonido producido por una fuente puntual esférica.....	31
Fig.2. 8: Reflexión y transmisión de una onda.....	35
Fig.2. 9: Propagación de una onda electromagnética.....	39
Fig.2. 10 Arquitectura de un sistema distribuido.....	40
Fig.2. 11: Estructura general de un sistema de monitoreo y control.....	41
Fig.2. 12: Relación entre administrador, servidor web, usuarios y organización.....	43
Fig.2. 13: Esquema de un servidor de aplicaciones.....	45
Fig.2. 14: Elementos de un servidor web.....	46
Fig.2. 15: Topologías de una red de comunicaciones.....	49
Fig.2. 16: Estructura de una dirección IPv4.....	50
Fig.2. 17 Uso de módulos de transmisión y recepción RF.....	54
Fig.2. 18: Ejemplo de sirena electrónica.....	57
Fig.2. 19: Sirena electro-neumática.....	58
Fig.2. 20: Sirena mecánica.....	58
Fig.2. 21: Estructura de un altavoz.....	59
Fig.4. 1: Organigrama estructural del COE/CGR de la UTA.....	65
Fig.4. 2: Diagrama del Apoyo Técnico en situaciones de emergencia.....	66
Fig.4. 3: División de zonas del campus Huachi de la UTA.....	72
Fig.4. 4: División de zonas del campus Ingahurco de la UTA.....	73
Fig.4. 5: División de zonas del campus Querochaca de la UTA.....	74
Fig.4. 6: Parámetros de ubicación geográfica de las radios Ubiquiti.....	80
Fig.4. 7: Parámetros de ancho de banda y frecuencias de transmisión.....	81

Fig.4. 8: Parámetros técnicos de los puntos de acceso Wifi.....	81
Fig.4. 9: Parámetros técnicos de las unidades móviles con acceso a Wifi.....	82
Fig.4. 10: Parámetros de simulación para graficar la cobertura de la señal Wifi.....	83
Fig.4. 11: Diagrama de conexión de los radios Ubiquiti en el campus Huachi.....	84
Fig.4. 12: Radiación de la señal wifi de los radios Ubiquiti externos de Huachi.....	85
Fig.4. 13: Radiación de la señal wifi de los radios Ubiquiti internos de Huachi.....	85
Fig.4. 14: Radio-enlace de corto alcance entre los edificios de Querochaca.....	86
Fig.4. 15: Simulación del radio enlace 1 de Querochaca.....	87
Fig.4. 16: Simulación del radio enlace 2 de Querochaca.....	87
Fig.4. 17: Configuración de conexiones de la red Wifi en el campus Querochaca....	88
Fig.4. 18: Radiación de la señal Wifi en Querochaca.....	88
Fig.4. 19: Configuración de conexiones de la red Wifi en el campus Ingahurco.....	89
Fig.4. 20: Radiación de la señal Wifi en el campus Ingahurco.....	90
Fig.4. 21: Diagrama de bloques del sistema de activación de alertas.....	91
Fig.4. 22: Diagrama de bloques de la Unidad de Control.....	92
Fig.4. 23: Sensor de sonido KY-38.....	94
Fig.4. 24: Sensor de corriente ASC712.....	95
Fig.4. 25: Circuito regulador de carga de baterías.....	97
Fig.4. 26: Circuito de la etapa de control de dispositivos de la tarjeta electrónica.	
Fig.4. 27: Patrón elemental de radiación de la sirena.....	103
Fig.4. 28: Sonorización zona C bloque 23.....	104
Fig.4. 29: Estructura arquitectónica descompuesta del bloque 24.....	105
Fig.4. 30: Dimensiones para el análisis de propagación de sonido de la sirena.....	105
Fig.4. 31: Sonorización de la zona C bloque 24.....	106
Fig.4. 32: Diagrama del intercambio de información del Sistema.....	107
Fig.4. 33: Estructura del software del Servidor de Alertas.....	109
Fig.4. 34: Diagrama de flujo del programa de la tarjeta de control.....	112
Fig.4. 35: Diagrama de flujo de la aplicación móvil.....	114
Fig.4. 36: Diagrama del sistema de activación de Alertas de la UTA.....	116
Fig.4. 37: Diagrama de ubicación de las Unidades de Control de Huachi.....	118

Fig.4. 38: Diagrama de ubicación de las Unidades de Control de Huachi.....	118
Fig.4. 39: Diagrama de Ubicación de las Unidades de Control de Querochaca.....	119
Fig.4. 40: Diagrama de Ubicación de las Unidades de Control de Ingahurco.....	119
Fig.4. 41: Diagrama de Ubicación de las Unidades UPS de Huachi.....	120
Fig.4. 42: Diagrama de Ubicación de las Unidades UPS de Huachi.....	120
Fig.4. 43: Diagrama de Ubicación de las Unidades UPS de Querochaca.....	121
Fig.4. 44: Diagrama de Ubicación de las Unidades UPS de Ingahurco.....	121
Fig.4. 45: Dimensiones para el análisis de propagación de sonido de la sirena.....	128
Fig.4. 46: Mediciones de nivel de presión sonora realizadas en la FISEI-UTA.....	128
Fig.4. 47: Estadística de los tiempos máximos de las peticiones y paquetes ICMP.	129
Fig.4. 48: Estadística de errores de activación de alertas.....	131
Fig.4. 49: Comparación de los tiempos de evacuación de los simulacros.....	132
Fig.4. 50: Interfaz de usuario para la supervisión de dispositivos instalados.....	133
Fig.4. 51: Página flotante del detalle de las alertas del sistema.....	134
Fig.4. 52: Páginas web de autenticación y control de dispositivos.....	135

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla2. 1: Acciones de los estados de alerta.....	19
Tabla2. 2: Niveles de presión sonora y valoración subjetiva asociada.....	28
Tabla2. 3: Atenuación en diferentes tipos de vegetación.....	31
Tabla2. 4: Atenuación de la energía sonora en distintos materiales.....	32
Tabla2. 5: Atenuación de la onda por absorción del aire.....	33
Tabla2. 6: Coeficiente de absorción de energía sonora en algunos materiales.....	34
Tabla2. 7: Velocidades y frecuencias de los distintos estándares 802.11.....	52
Tabla4. 1: Detalle de equipos de alerta de la Universidad Técnica de Ambato.....	69
Tabla4. 2: Comparación de características de medios cableados e inalámbricos.....	75
Tabla4. 3: Análisis comparativo de las tecnologías inalámbricas.....	77
Tabla4. 4: Características de equipos de comunicación para una red Wifi WDS.....	78
Tabla4. 5: Sirenas para señalización de alertas.....	93
Tabla4. 6: Características de distintos microcontroladores y tarjetas embebidas.....	96
Tabla4. 7: Presupuesto de los elementos de la tarjeta de control.....	125
Tabla4. 8: Presupuesto unitario de las Unidades de Control.....	126
Tabla4. 9: Presupuesto para la implementación del Sistema en la UTA.....	127
Tabla4. 10: Tiempos promedios de activación de las peticiones de activación.....	130
Tabla4. 11: Tiempos de evacuación de los simulacros realizados.....	132



## **RESUMEN**

Las Instituciones de Educación Superior del Ecuador por sus características intrínsecas mantienen tendencias a enfrentar eventos adversos de origen antrópico como incendios y accidentes laborales. También, la ubicación del Estado en el Cinturón de Fuego del Pacífico fundamenta la existencia de amenazas naturales como sismos y erupciones volcánicas. El manejo de eventos adversos se realiza mediante declaraciones de estados de emergencia, convirtiéndose en desastres cuando el manejo de los riesgos detectados es inadecuado.

Los riesgos están influenciados de forma directa por el producto de las amenazas y vulnerabilidades. La amenaza es la posibilidad de ocurrencia de un evento adverso. La vulnerabilidad es un factor sensible de un sistema expuesto a una amenaza, que tiene baja capacidad de recuperación. Las amenazas solo pueden ser detectadas no eliminadas a diferencia de las vulnerabilidades, la detección de amenazas y reducción de vulnerabilidades disminuyen los riesgos con el fin de evitar desastres. Los campus Huachi, Querochaca e Ingahurco de la Universidad Técnica de Ambato no tienen un sistema adecuado para informar a la comunidad universitaria la necesidad de evacuación ante la ocurrencia de los eventos adversos (incendios, erupciones volcánicas), convirtiéndose esto en una vulnerabilidad detectada.

El presente proyecto diseña un sistema electrónico de señalización acústica integrando los tres campus. El propósito es informar de forma inmediata situaciones de alerta para la ejecución de los protocolos de evacuación y simulación. El sistema monitorea el accionamiento de alertas sonoras, que pueden ser activadas de forma local o remota, mediante interfaces web.

## **ABSTRACT**

The Institutions of Higher Education of Ecuador, because of their intrinsic characteristics, maintain a tendency to face adverse events of anthropic origin, such as: fires and accidents at work. Also, the location of the State in the Pacific Ocean Belt supports the existence of natural hazards such as earthquakes and volcanic eruptions. The management of adverse events is done through declarations of emergency states, becoming disasters when the management of the risks detected is inadequate.

Risks are directly influenced by the product of threats and vulnerabilities. The threat is the possibility of occurrence of adverse event. Vulnerability is a sensitive factor in a system that is exposed to a threat, which has a low resilience. Threats can only be detected non-deleted unlike vulnerabilities, the detection of threats and reduction of vulnerabilities reduce the risks in order to avoid disasters. The Campuses of the Technical University of Ambato do not have an adequate system to inform the university community of the need for evacuation in the event of adverse events (fires, volcanic eruptions).

The present project designs an electronic acoustic signaling system integrating the three campuses. The purpose is to inform immediately alert situations for the execution of evacuation and simulation protocols. The system monitors the activation of sound alerts, which can be activated locally or remotely, through web interfaces.

**PALABRAS CLAVE:** Sistema de Alerta, Websockets, Servidor LAMP, Iothing, WDS.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación es un aporte a los Sistemas de Alerta Temprana, creando un esquema de activación de alertas mediante dispositivos móviles. Este sistema es una alternativa de acción ante un evento adverso, permitiendo informar que se activa un protocolo de emergencia a la comunidad interna de una institución con alta concurrencia pública.

En el estudio del proyecto se realiza un análisis de la situación actual del manejo de emergencias en la Universidad Técnica de Ambato, observando como consecuencia la necesidad de diseñar un sistema de señalización acústica. Se realiza una integración de los elementos de un sistema de Alertas mediante un sistema de comunicaciones, posibilitando el monitoreo y control remoto de dispositivos electrónicos de señalización desde cualquier zona interna de la institución.

El primer capítulo detalla el problema que se presenta en la Universidad Técnica de Ambato; al no disponer de un sistema adecuado y de cobertura total dentro de su territorio, para la información de protocolos de evacuaciones y acciones preventivas, en condiciones de emergencia. Se establece la solución al problema presentando los objetivos a cumplirse al terminar el proyecto, así como la duración y el lugar donde se realiza la investigación.

El segundo capítulo expone los antecedentes investigativos sobre el tema a desarrollarse y los fundamentos teóricos referentes al desarrollo del proyecto.

El tercer capítulo presenta la modalidad de investigación, los tipos de investigación utilizados, las herramientas de proceso y análisis de datos y los pasos para el desarrollo del proyecto.

El cuarto capítulo presenta el desarrollo de la propuesta de solución del problema planteado según las necesidades de la Universidad Técnica de Ambato y de los lineamientos establecidos por las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INE-ISO 7731:2014 que determinan los parámetros técnicos del sistema. Se diseña el prototipo seleccionando el hardware y software requerido para implementar el sistema en la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, se realiza pruebas de funcionamiento determinando la validez del diseño y se determina el presupuesto para la implementación del sistema en toda la universidad.

El quinto capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto de investigación.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 TEMA**

*“Sistema de Activación de Alertas en Situaciones de Emergencia para el Departamento de Gestión de Riesgos en la Universidad Técnica de Ambato”*

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Ecuador de acuerdo a su ubicación geográfica se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, región caracterizada por tener una actividad sísmica y volcánica de alta intensidad. Conforme crece la capacidad para cambiar el medio en el que nos desarrollamos, el riesgo de la ocurrencia de desastres se incrementa y sus efectos repercuten seriamente en posibles daños a la estructura funcional de una población o de los ambientes que los rodean. Para proteger a las personas, colectividades y a la naturaleza; en el país se tiene políticas y reglamentos de apoyo para el manejo de eventos adversos (Artículo 389 de la Constitución de la República del Ecuador) que activan mecanismos y procedimientos previstos para situaciones de emergencia determinadas. Sin embargo no cuenta con un Sistema de Alerta Temprana adecuado a todos los eventos adversos de origen natural[1,2,3].

El manual del Comité de Gestión de Riesgos del Ecuador (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos) establece lineamientos para que se identifiquen procesos críticos de construcción de vulnerabilidades, se planifiquen acciones que reduzcan y eliminen malas prácticas y operativicen estrategias para la reducción de riesgos identificados.

El artículo 390 de la Constitución de la República del Ecuador en su sección novena, señala que: los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implica la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico [2]. Debido a lo mencionado en la provincia de Tungurahua se realizan capacitaciones dirigidas a los Presidentes de la Asociación de Gobiernos Parroquiales; con el objetivo de promover capacidades orientadas a identificar, analizar, prevenir y mitigar riesgos; para enfrentar y manejar eventos de desastres. Sin embargo el tiempo en informar una situación de peligro, para que la población tome precauciones, es prolongado y la actitud de las personas en éstas condiciones genera pánico y descontrol en sus actitudes [2,3].

La Universidad Técnica de Ambato es una entidad de educación superior de tres campus ubicados en áreas distantes: Huachi, Querochaca e Ingahurco; su población es aproximadamente 18000 personas entre estudiantes, docentes, personal administrativo y trabajadores. Además dispone de laboratorios especializados donde se realizan prácticas con elementos químicos, equipos térmicos (autoclaves) e instrumentos eléctricos; siendo una amenaza a la generación de incendios. Ante la ocurrencia de emergencias la comunicación entre dependencias de la Unidad de Gestión de Riesgos se realiza de forma verbal, presentándose inconvenientes en: seguridad de información, advertencia oportuna y localización de las autoridades pertinentes. Al momento el mayor número de edificios carece de alarmas o sistemas similares que permitan comunicar la ocurrencia de eventos adversos y dificultan el informar a la población el proceso de una evacuación, además dentro de un mismo campus no existe comunicación entre los diferentes edificios y áreas, dejando sin efecto la coordinación en base a protocolos, conduciendo a la toma de decisiones aisladas. En consecuencia, la comunicación retardada, ralentiza el tiempo de respuesta del protocolo de evacuación, poniendo en peligro la integridad física de la población universitaria.

### **1.3 DELIMITACIÓN**

**Área:** Comunicaciones

**Línea de investigación:** Tecnologías de Comunicación

**Sublíneas de investigación:** Comunicaciones Inalámbricas

**Delimitación Temporal:**

El proyecto de investigación se desarrolló en el periodo Octubre 2016-Agosto 2017 de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

**Delimitación Espacial:**

La investigación se desarrolló en los campus: Ingahurco, Querochaca y Huachi de la Universidad Técnica de Ambato.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

En países como Chile, Colombia, España, Japón, México se han hecho estudios y proyectos que permiten comunicar de forma inmediata a la población con alta probabilidad de afección, eventos de emergencia como: deslizamientos de suelo, tsunamis, terremotos teniendo como resultado menores daños en materia de seguridad personal[3, 4, 5, 6, 7].

El departamento de Gestión de riesgos de la Universidad Técnica de Ambato debe controlar y supervisar la activación de alertas de forma sectorizada. Con la elaboración del presente proyecto, éste departamento tiene el diseño de un sistema de monitoreo de alertas; asegurando que los equipos en el diseño entregan una cobertura total de la señalización de emergencias, en la universidad.

La implementación del proyecto beneficia de forma directa a la Unidad de Gestión de Riesgos, obteniendo el diseño esquemático de un sistema de alertas que entrega las características para su implementación. El sistema tiene como finalidad disminuir las vulnerabilidades (señalización acústica deficiente); informando protocolos de evacuación y monitoreando la activación de alertas. La comunidad universitaria, estará alertada ante la ocurrencia de eventos de emergencia en un tiempo adecuado.

Es importante el diseño de un sistema de alerta temprana, que permita, una comunicación eficiente para la activación de alertas en zonas de riesgo y la identificación de la señal en los departamentos de la universidad. Un sistema adecuado de alerta temprana resguarda la seguridad e integridad física de una comunidad en un mayor grado, un sistema deficiente involucra vidas humanas convirtiéndose en un problema de protección social.

Los recursos materiales y dispositivos requeridos para el proyecto son de fácil acceso, permitiendo el desarrollo del sistema en un tiempo aceptable. El sistema es diseñado bajo Software y Hardware libre, teniendo una amplia apertura para el aumento de aplicaciones y futuras evoluciones. El uso de software y hardware libre permite un rápido acceso a información de diseños existentes que servirán como base para el desarrollo del presente proyecto.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema de activación de alertas en situaciones emergencia para el departamento de gestión de riesgos en la Universidad Técnica de Ambato.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Analizar la situación actual del manejo de alertas en situaciones de emergencias del departamento de Gestión de Riesgos de la Universidad Técnica de Ambato.
- Diseñar el sistema de alertas en situaciones de emergencia en los campus Huachi, Ingahurco, Querochaca de la universidad.
- Implementar un prototipo para el control, adquisición, transmisión de datos y activación de alertas en la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, ScienceDirect publica un artículo técnico, de autores de la Universidad Politécnica de Valencia y de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador con el tema: “*Sistema Distribuido de Detección de Sismos Usando una Red de Sensores Inalámbrica para Alerta Temprana*”. En el artículo se detalla el diseño del sistema, en el que se utiliza una red de smartphones funcionando como detectores de ondas P (ondas precedentes a las ondas superficiales en presencias sísmicas). Cuando se detecta ondas P provenientes de posibles sismos mayores a 5 grados, los smartphones se comunican con un sistema intermedio, enviando los datos adquiridos del acelerómetro y la localización GPS del dispositivo. El sistema intermedio recibe los datos de varios dispositivos por medio de redes GSM, 3G y 4G en donde un algoritmo los compara y determina falsas alertas. Si el sistema determina que la detección del sismo es real, informa a un centro de control (nodo central) que lidera la gestión de emergencias por medio de información actualizada enviada a los usuarios del sistema[3].

En el Instituto Politécnico Nacional de México, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica se presenta una tesis con el tema: “*Diseño de Alerta Sonora para Alarma Sísmica de la Esime Zacatenco*”. En el establecimiento de Zacatenco se tiene un sistema de activación de alertas que funciona mediante una comunicación ethernet enviando de forma inalámbrica una señal de activación a las sirenas, sin

embargo la sonorización de este sistema no es eficiente. En la tesis se hace el diseño de sonorización y el estudio para la distribución de las sirenas acústicas para el plantel Zacatenco con un área de 76.168,0603 metros cuadrados. Con el estudio de propagación del sonido realizado en el plantel, se optimiza equipos y mediante el uso de cuatro sirenas externas de una potencia de 30w a 119 dB se logra sonorizar el área del establecimiento donde el personal se encuentra laborando[4].

El diario sensors, en abril 2008 publica un paper con el tema: “*Systems and Sensors for Debris-flow Monitoring and Warning*”. El artículo explica el diseño de un sistema de alertas de derrumbes, el sistema utiliza una red de sensores ultrasónicos. Las estaciones de los sensores comunican de forma inalámbrica los datos a la unidad de adquisición y procesamiento que descarta falsas alertas. Cuando se detecta una amenaza se difunde la alerta al público por medio de sirenas y luces de tráfico y al personal a cargo de la gestión de desastres por medio de señales en las salas de emergencia y mensajes cortos en los teléfonos móviles[5].

En la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas se presenta una tesis con el tema: “*Estudio de un Sistema de Comunicación Satelital para Alerta y Reacción ante Eventos Sísmicos*”. En el proyecto se analiza con pruebas de campo el funcionamiento de una de las redes satelitales disponibles, simulando las condiciones de trabajo del entorno real del problema, se determina que, para este fin, las redes satelitales son un medio más robusto en comparación a la telefonía fija y celular debido a que no requieren de cableado ni suministro eléctrico permanente. La arquitectura propuesta permite enviar información desde múltiples sismógrafos hacia el servidor y en caso de emergencia alertar a múltiples destinos[6].

El departamento de seguridad del campus Union College, (Schenectady Nueva York) implementa un sistema de alertas de emergencia, el sistema permite seleccionar desde las computadoras mediante un software y de forma remota, un escenario de emergencia pre-grabado para difundirlo por medio de la estación de televisión del campus TVuC y la estación de radio WRUC. En futuras investigaciones se deja la premisa abierta hacia la implementación de un mejor hardware de conexión de las

mismas características físicas, e implementadas en un circuito impreso, que garanticen una mayor estabilidad. En cuanto a software (GUI) se recomienda el desarrollo de nuevas funcionalidades para mensajes personalizados e interfaz de usuario mas amigable. La implementación del sistema permite una comunicación inmediata de eventos emergentes y con mensajes personalizados se establece actitudes de la comunidad de Union College[7].

En la ciudad de Medellín-Colombia se crea un prototipo de una estación celular portátil para atención de emergencias. El prototipo fue diseñado mediante una interfaz de aire GSM Um permitiendo la comunicación entre la MS y BTS en la arquitectura GSM convencional. Mediante la estación celular portátil se contribuye en la atención rápida a emergencias en lugares donde las redes son propensas a colapsos, mitigando los efectos de los desastres. La red de telefonía celular es de rápida restauración en comparación a sistemas de difusión como radio y televisión, permitiendo mantener una comunicación inmediata y sectorizada en situaciones emergentes[8].

En la Universidad Técnica de Ambato se presenta una tesis con el tema: “*Sistema Electrónico de Alerta Temprana para la Detección de Incendios en la Empresa ACETERM de la Ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas*”. En el proyecto se desarrolla el diseño de un sistema electrónico para detectar incendios de forma temprana. El sistema diseñado cuenta con una central de detección de incendios, detectores de humo y calor, estaciones manuales de incendios y luces estroboscópicas, conectados en red con cables antinflama. Con la implementación del diseño establecido se contribuye de forma positiva en la prevención y detección de desastres causados por fuego; reduciendo el riesgo, el impacto económico y material y evitando la pérdida de vidas humanas[9].

En la Escuela Politécnica del Ejército de Sangolquí-Ecuador se presenta una Tesis con el tema: “*Diseño de la red de Telecomunicaciones de la ESPE para el Sistema de Supervisión y Alerta Temprana Frente a una Eventual Erupción del Volcán Cotopaxi*”. En el proyecto se diseña y simula la Red de Telecomunicaciones para el

sistema de alerta temprana frente a una eventual erupción del volcán Cotopaxi. El diseño analiza las características topográficas determinando los puntos estratégicos para la ubicación de los equipos de enlace de datos; también establece parámetros de diseño de la red de sensores. La Red de Telecomunicaciones es probada mediante simulaciones en los softwares, Sirenet, Radio Moobile y Network Simulator, determinado que el presupuesto del enlace, la disponibilidad y capacidad del enlace presentan valores adecuados para el funcionamiento del sistema[10].

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.2.1 Conceptos Fundamentales en Gestión de Riesgos**

Orlando Chuquisengo y Luis Gamarra definen gestión de riesgo como: *“el proceso planificado, concertado, participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastres de una comunidad, de una región o de un país, íntimamente ligado a la búsqueda de su desarrollo sostenible”*. Un sistema de Gestión de Riesgos analiza los procesos que generan peligros, identifican a los actores responsables y realizan procesos de tomas de decisiones, monitoreando de forma permanente el entorno y comportamiento de los factores de riesgo[11].

Las situaciones o estados de emergencia se establecen en condiciones que amenazan desastres, para entender de forma diferenciada los conceptos que intervienen en el análisis de riesgos, a continuación se realiza un estudio básico de los conceptos fundamentales que se manejan en Gestión de Riesgos.

#### **a) Amenaza**

La amenaza es un factor al que se encuentra expuesto una comunidad, considerada como la probabilidad de que un fenómeno de origen natural o inducido por el hombre ocurra, representando un peligro para la vida, los bienes o incluso para el funcionamiento del propio sistema [11,12].

Las amenazas, de acuerdo a su origen se pueden clasificar en tres categorías: naturales, socio-naturales y antrópicas, las que se describen a continuación.

## **Amenazas de Origen Natural**

Las amenazas de origen natural son fenómenos se originan como consecuencia de los movimientos de las capas internas de la Tierra. Los seres humanos no se encuentran en la capacidad de evitarlos y tampoco intervienen en su ocurrencia, en sí son propios de la naturaleza, por ejemplo:

- Los sismos, actividad de la corteza terrestre que se originan en el interior de la Tierra, provocando sensaciones de movimiento y desplazamiento generando posibles daños físicos a construcciones y seres humanos.
- Los tsunamis o maremotos son una serie de olas marinas gigantes que arremeten contra las costas, producidas por erupciones volcánicas, terremotos o deslizamientos en el fondo del mar.
- Las erupciones volcánicas consisten en explosiones y emisiones de lava, ceniza y gases tóxicos que salen del interior de la Tierra por medio de volcanes [11,12].

## **Amenazas Socio-naturales**

Las amenazas socio-naturales son fenómenos donde su ocurrencia y la intensidad de sus efectos, está relacionada con la interacción e interrelación entre las prácticas de los seres humanos con el medio ambiente. Ejemplos de éstos fenómenos pueden ser: inundaciones, sequías, deslizamientos.

- Las inundaciones son producidas por fuertes lluvias o desbordamiento de ríos, presenciando grandes cantidades de agua que el suelo no puede absorber.
- Las sequías consisten en periodos prolongados, durante los cuales, una zona de la tierra no recibe agua de lluvia, produciendo daños graves a personas, cultivos o animales[12].

## **Amenazas Antrópicas**

Una amenaza antrópica es un peligro latente atribuido directamente a la actividad del ser humano sobre elementos de la naturaleza, como por ejemplo: derrames de

materias tóxicas, explosiones, contaminación de agua, tierra y aire, incendios, accidentes en sistemas de transporte, etc [13].

### **b) Vulnerabilidad**

*“Es el factor de un sistema expuesto a una amenaza, cuando es sensible a ella y tiene baja capacidad de adaptación o recuperación”*. En Gestión de Riesgos, la vulnerabilidad es un factor interno de riesgo que predispone a una comunidad a ser dañada, cuando ésta se encuentra expuesta a una amenaza. Un conjunto de circunstancias sociales, ambientales, económicas, políticas y educativas con la existencia de condiciones inseguras, incrementa la existencia de vulnerabilidades[11,12].

La existencia de vulnerabilidades implica en la dificultad para la reconstrucción y recuperación autónoma de los elementos afectados, carencia de resistencia y una baja capacidad del ecosistema para absorber un impacto negativo asociado al fenómeno físico dañino[13].

El grado de vulnerabilidad se reduce si se diseñan acciones de preparación o reducen las condiciones de riesgo, en sí, una menor vulnerabilidad implica un menor desastre[11].

### **c) Riesgo**

Riesgo es la probabilidad de que la combinación de las amenazas con las condiciones de vulnerabilidad den como resultado sucesos que produzcan daño o destrucción a los entes de una comunidad o al ambiente que lo rodea[11].

A través de la historia, el análisis de riesgos ha sido realizado de manera formal en innumerables situaciones humanas. El daño físico esperado, víctimas, pérdidas económicas equivalentes así como factores sociales, organizacionales, e institucionales son elementos de alta importancia en el análisis de riesgos, permitiendo obtener un dimensionamiento que sirve para efectos de gestión[13].

$$\text{Riesgo} = (\text{Peligro o Amenaza}) \times (\text{Vulnerabilidad})$$

El dimensionamiento y zonificación del riesgo se realiza mediante evaluaciones hechas por la comunidad o por estudios con diversos grados de complejidad. Una evaluación cuantitativa del riesgo se conceptualiza en una ecuación matemática, en donde el riesgo es una función directamente proporcional al peligro o amenaza y a la vulnerabilidad[11].

#### **e) Desastre**

Un desastre se genera cuando un fenómeno destructivo actúa sobre condiciones de vulnerabilidad, produciendo daños de alta intensidad contra la vida o los bienes de las personas o reprimiendo el normal funcionamiento de una comunidad. Las alteraciones intensas provocadas en personas, economía, sistemas sociales y medio ambiente superan las capacidades de respuesta de la sociedad afectada[11,12].

#### **d) Emergencia**

Emergencia es la alteración o la grave interrupción de las condiciones normales de funcionamiento y operatividad de una comunidad, provocadas por la ocurrencia inminente de un evento destructivo o desastre en formación que necesita de atención inmediata. La ocurrencia de una emergencia no implica en la ocurrencia de un desastre, esto debido a que las características de los fenómenos que los provocan son impredecibles, considerando que en la ecuación de riesgo se habla de probabilidades, las amenazas pueden o no ocurrir y sus consecuencias son de diferentes magnitudes[11].

### **2.2.2 Áreas y Componentes en Gestión De Riesgos**

En Gestión de Riesgos existen 4 áreas: Análisis de Riesgos, Reducción de Riesgos, Manejo de Emergencias y Desastres y el área de Recuperación; cada una de ellas está

relacionada a tareas específicas que son sus componentes como se muestra en la Fig.2. 1.

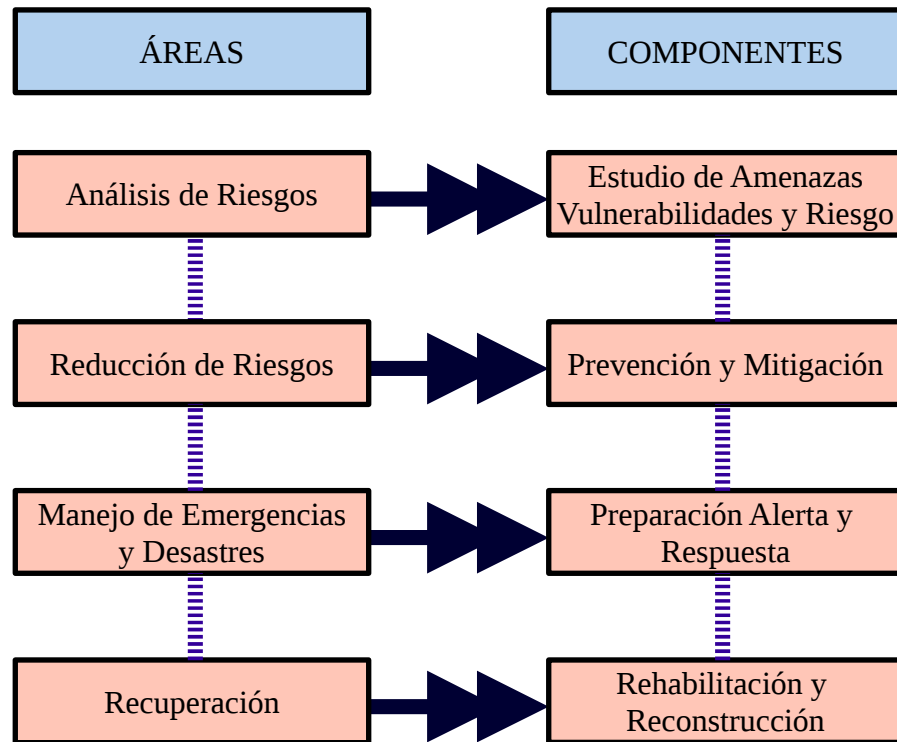


Fig.2. 1: Componentes y áreas de la gestión de riesgos. Editado de [12]

El análisis de riesgos es una herramienta de alta relevancia en donde la información disponible es utilizada de manera sistemática; se establece la probabilidad de ocurrencia de eventos adversos (incendios, terremotos, erupciones volcánicas), así como el alcance de sus posibles efectos. La componente de ésta área es el estudio de amenazas vulnerabilidades y riesgos; en el cual, mediante el conocimiento científico-técnico de los eventos adversos, se fundamenta la toma de acciones como protocolos de evacuación y asistencia médica o de socorro; que permiten evitar o reducir los efectos de un desastre en un lugar específico[12].

El área de reducción de riesgos está relacionada a un conjunto de medidas y actividades, que consiste en la componete de prevención y mitigación. La finalidad de ésta componente es intervenir en los factores de vulnerabilidad, tomando medidas



y acciones (señalización de emergencia, capacitaciones, simulaciones, acciones correctivas de obra civil) para implementarlas con anticipación. Al ser imposible evitar o impedir las consecuencias y daños causados por los eventos adversos, se toman éstas medidas para disminuir los daños y el impacto potencial de un probable evento adverso[12].

El manejo de emergencias consiste en un conjunto de reacciones inmediatas y oportunas ejecutadas con recursos propios, ésta área está formada por la componente de preparación, alerta y respuesta. La preparación es un conjunto de acciones y medidas implementadas con el fin de organizar y facilitar operativos en las situaciones de emergencia y desastres. La alerta es un estado declarado de forma previa a la presentación de un evento adverso, su finalidad es que las organizaciones de emergencia activen procedimientos establecidos y que la población tome precauciones. La respuesta es un conjunto de procedimientos ejecutados durante una emergencia o desastre para reducir los efectos dañinos en las personas bienes y servicios[12].

El área de recuperación coordina los procesos de restablecimiento para tener condiciones de vida aceptables y sostenibles después del incidente de emergencia. Las actividades relacionadas a ésta área son la rehabilitación y reconstrucción, que tiene por objetivo restaurar las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad; mediante la reparación de servicios sociales básicos y la reconstrucción de las infraestructuras, bienes y funciones de la zona afectada[12].

### **2.2.3 Panorama Local**

El Ecuador está marcado a través de la historia por eventos catastróficos, produciéndose en las últimas décadas una serie de fenómenos naturales de gran magnitud y extensión por su carácter destructivo, (erupciones volcánicas, terremotos, inundaciones, sequías, derrumbes y tsunamis) generando consecuencias a largo plazo con desequilibrios socio-económicos y ambientales[14].

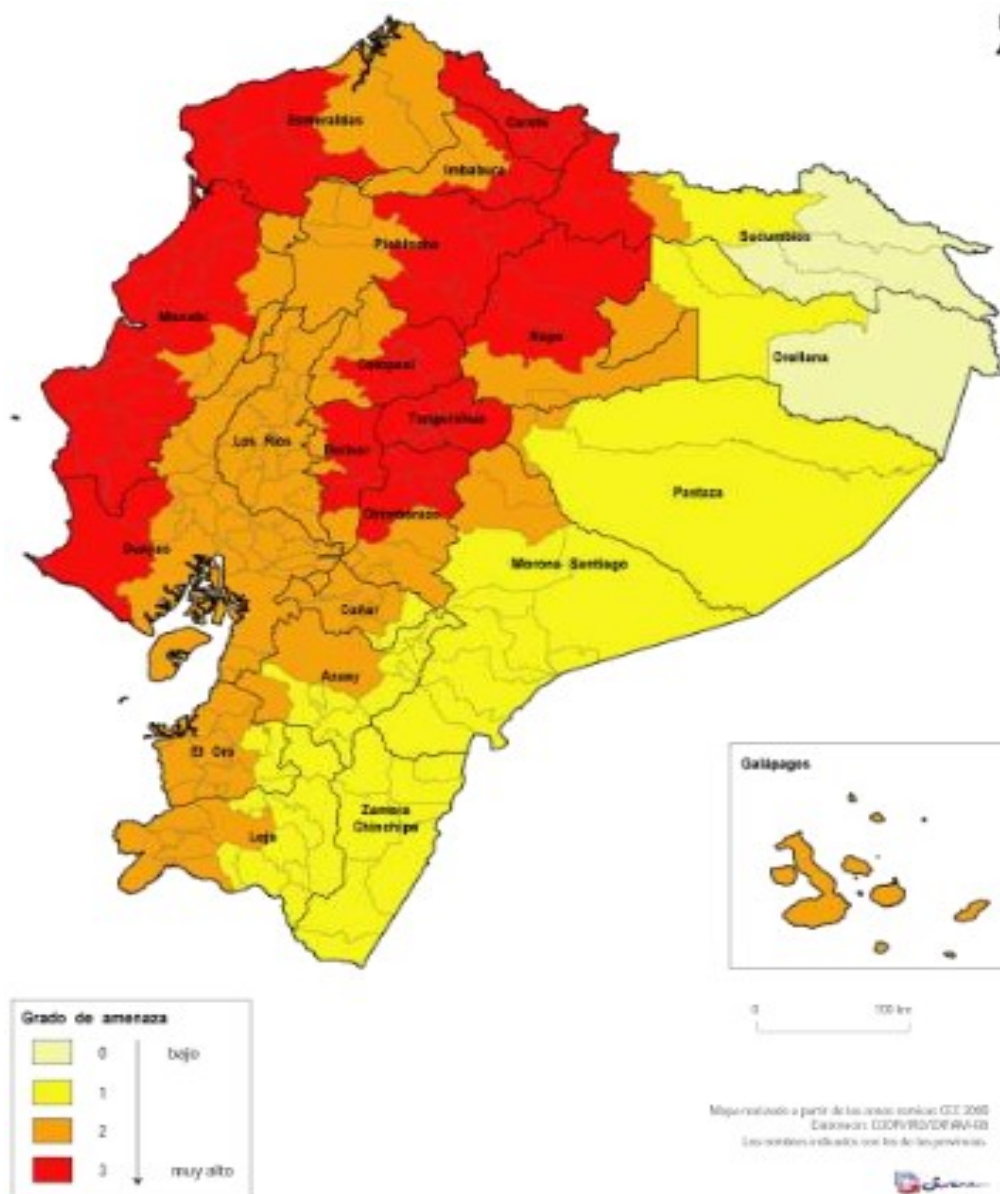


Fig.2. 2: Nivel de amenaza sísmica.

Tomado de [12]

Los niveles de riesgo en el Ecuador por amenaza de sismos ilustrados en la Fig.2. 2 y de erupciones volcánicas representados en la Fig.2. 3, demuestra que aproximadamente una tercera parte del territorio nacional enfrenta la probabilidad de ocurrencia de éstos fenómenos. Los cantones en riesgo son los ubicados en la sierra central y centro-norte y algunos situados en las estribaciones de las cordilleras hacia la costa; los cantones en mayor riesgo están ubicados en las provincias de

Chimborazo, Cotopaxi, Tungurahua y Bolívar[14, 15].

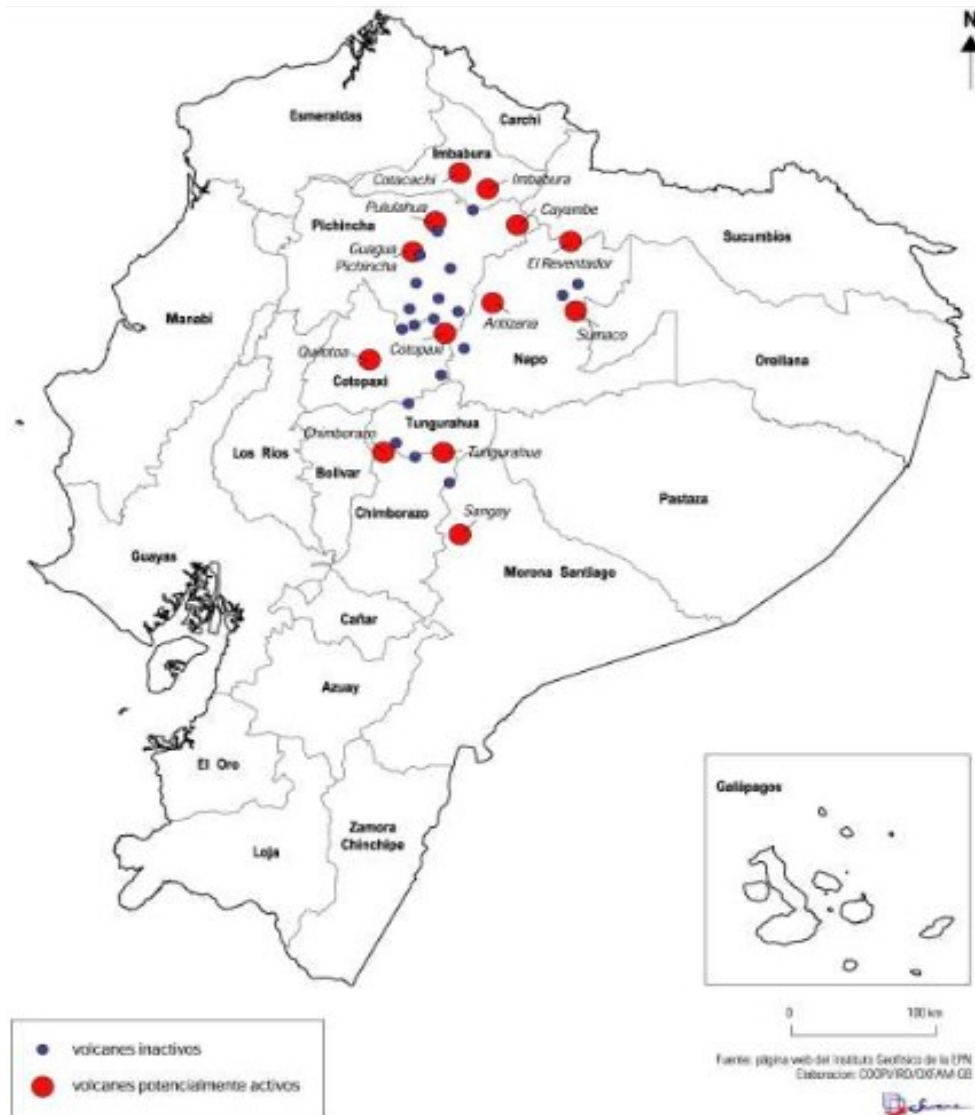


Fig.2. 3: Volcanes potencialmente activos en Ecuador continental.

Tomado de [14]

La provincia de Tungurahua se encuentra alertada por antecedentes históricos y su ubicación geográfica está en una zona de alto riesgo. En 1949, las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo fueron afectadas por un sismo de magnitud X en la escala de Mercalli (escala de 12 puntos escrita en números romanos, que evalúa la intensidad de los terremotos en base a los efectos y daños causados). La ciudad de Pelileo fué totalmente destruida y Ambato destruida en un 75%, quedó en escombros.

Se destruyeron alrededor de 400 kilómetros de carretera, registrándose 6000 muertos y 1000 personas se quedaron sin vivienda. Con los antecedentes mencionados se reconoce que Tungurahua es una provincia propensa a la ocurrencia de desastres naturales [14, 15].

#### **2.2.4 Sistema de Alerta**

Un Sistema de Alerta es un conjunto de procedimientos e instrumentos a través de los cuales se monitorea una amenaza o evento adverso de origen natural o antrópico y de carácter previsible. Mediante la recolección y procesamiento de la información se ofrece pronósticos o predicciones temporales sobre la acción y posibles efectos de dichos eventos [16].

El estado de alerta es notificado a la población mediante un mecanismo o señal de alarma, para que se activen las entidades operativas de apoyo y socorro y para que la población tome medidas preventivas de acuerdo al caso. La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) es la organización que debe anunciar los estados de alerta y establecer los mecanismos de alarma[2].

El estado y la evolución de los eventos adversos son evaluados y comunicados al público mediante cuatro estados de alerta que son: Blanca, Amarilla, Naranja y Roja, a cada uno de los cuales conciernen distintos atributos y actividades de desarrollo para garantizar una rápida respuesta en casos de emergencia, como se observa en la Tabla2. 1.

En el estado de alerta blanca la amenaza ha sido identificada por fenómenos de origen natural o antrópico que han provocado daños y pérdidas en el pasado, teniendo la probabilidad de que el fenómeno vuelva a ocurrir. En este estado de alerta se ejecutan acciones institucionales referentes a al monitoreo, recolección de información, simulacros y preparación de planes de información, no siendo necesaria la comunicación del estado de alerta de forma pública[2].

Estado de Alerta	Monitoreo	Pautas para Activar la Respuesta	Acciones a Desarrollar	Manejo de la Información	Código de las Alertas
Blanca	La amenaza está identificada y en monitoreo	El fenómeno de origen natural o antrópico ha provocado daños y pérdidas en el pasado, y es probable que un fenómeno similar vuelva a producir daños.	<p>INSTITUCIONAL: el CGR (Cantonal, Provincial, Nacional) conoce de la presencia del fenómeno. La institución técnico científica proporciona información periódica y datos históricos.</p> <p>MONITOREO: La información generada por las instancias de ciencia y monitoreo fluye dentro del sistema según los protocolos.</p> <p>PLANES: preparación del plan de contingencia que contiene escenarios de intervención y las acciones a ejecutar de manera coordinada con las instituciones que tienen participación en la respuesta.</p> <p>ACTUALIZACIÓN de línea base, mapas de capacidades, cadenas de llamadas.</p> <p>AVISO: se prepara un plan de información al público. Se verifica que los sistemas de aviso funcionen (sirenas, radios, etc.) y se hacen pruebas periódicas.</p> <p>SEÑALIZACIÓN: se actualiza la zonificación de riesgo y la señalización desde las zonas de riesgo hasta los puntos de encuentro, refugios y albergues temporales.</p> <p>SIMULACIONES/SIMULACROS: se ejecuta simulaciones para preparar la coordinación de la respuesta, y se realiza simulacros con la población de las zonas expuestas.</p>	No se informa al público de la ocurrencia del evento.	DELTA
Amarilla	El monitoreo	Se alistan los preparativos de	INSTITUCIONAL: se activa las mesas y grupos especiales de trabajo que correspondan.	La SNGR comunica al	BETA

	muestra que la amenaza se intensifica	respuesta	<p>MONITOREO: La información generada por las instancias de ciencia y monitoreo fluye dentro del sistema según los protocolos.</p> <p>PLANES: se revisan y actualizan los planes de contingencia y los escenarios en función de la evolución del evento. Se actualiza el plan de evacuación.</p> <p>AVISO: se anuncia a la población sobre la evolución del fenómeno, sobre cómo operarán los anuncios a la población y quienes serán los voceros oficiales, sobre cómo se operará en eventuales evacuaciones, y sobre las medidas básicas de seguridad personal y familiar;</p> <p>AUTOPROTECCIÓN: se dispone la restricción de acceso a sitios de mayor peligro, uso de equipamiento específico como cascos, mascarillas, medios de comunicación especiales, etc.</p> <p>ALISTAMINETO DE ALBERGUES: se completan los preparativos de transporte y recepción a la población que requiere albergue;</p>	público la alerta amarilla	
Naranja	El evento se acelera.  La ocurrencia del evento es inminente.	Se declara la situación de emergencia y se activan los preparativos de respuesta.	<p>INSTITUCIONAL: Los CGR (Cantonal, Provincial, Nacional) entran en sesión permanente. Las instituciones de socorro se activan en modo de respuesta.</p> <p>MONITOREO: Las instancias de ciencia y monitoreo proporcionan información regular, indicando la evolución del fenómeno según los protocolos.</p> <p>PLANES: Se ponen en marcha todos los planes de gestión de riesgos (Contingencia, Evacuación, Rehabilitación y Reconstrucción emergente.</p> <p>AVISO: Los presidentes de los CGR asumen su condición de como voceros oficiales. El sistema de Sala de Situación emite boletines periódicos en la WEB de la SNGR;</p> <p>SEÑALIZACIÓN: Se actualizan y comunican las nuevas restricciones de acceso y movilización para zonas de mayor peligro potencial;</p>	La SNGR comunica al público la alerta naranja  Los Presidentes de los CGR asumen la condición de voceros oficiales	GAMMA

			MOVILIZACIÓN DE LA POBLACION: Se realiza la evacuación de la zona de mayor peligro, el sistema de Protección Civil de la SNGR, las entidades de ayuda humanitaria y los cuerpos de socorro realizan las acciones de atención.	en su jurisdicción	
Roja	El impacto del evento es inminente en la zona	Se implementan los planes que correspondan	<p>INSTITUCIONAL: Los CGR (Cantonal, Provincial, Nacional) se mantienen en sesión permanente. Las instituciones de socorro y de rehabilitación tienen prioridad operativa máxima durante el evento en curso.</p> <p>MONITOREO: Las instancias de ciencia y monitoreo proporcionan información regular, indicando la evolución del fenómeno según los protocolos.</p> <p>AVISO: Los presidentes de los CGR siguen como voceros oficiales. El sistema de Sala de Situación emite boletines periódicos en la WEB de la SNGR.</p> <p>SEÑALIZACIÓN: Se actualizan y comunican las nuevas restricciones de acceso y movilización para zonas de mayor peligro potencial.</p> <p>PLANES: Se implementan los planes que correspondan en función de los sucesos. Operan los equipos EDAN.</p> <p>MANEJO DE INCIDENTES: Las entidades de seguridad operan de acuerdo al sistema de comando de incidentes (SCI).</p> <p>AYUDA HUMANITARIA: El sistema de Protección Civil de la SNGR y las entidades de ayuda humanitaria atienden a la población en los albergues.</p>	La SNGR comunica al público la alerta roja. Los Presidentes de los CGR mantienen la condición de voceros oficiales en su jurisdicción.	ALPHA
<p>1. La SNGR anuncia al público los cambios en el tipo de alerta, incluyendo el retorno a la normalidad.</p> <p>2. La Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos es la vocera oficial del ente rector de riesgos durante el desarrollo de eventos adversos en general.</p> <p>3. El Subsecretario de Respuesta y los Directores Provinciales de la SNGR son voceros adicionales en eventos adversos locales o provinciales.</p>					

Tabla2. 1: Acciones de los estados de alerta. Tomado de [2]

En alerta amarilla el monitoreo muestra que las amenazas se han intensificado, siendo necesario alistar los preparativos de respuesta. En esta situación se anuncia a la población la evolución del fenómeno, identificando a los voceros oficiales y entregando información de las medidas básicas de seguridad personal y familiar[2].

En alerta naranja el evento identificado se acelera determinando que su ocurrencia es inminente. En esta condición la SNGR comunica al público el estado de la alerta y los presidentes de los Comités de Gestión de Riesgo (CGR) asumen la función de voceros oficiales dentro de su jurisdicción. Al declararse la situación de emergencia se activan los preparativos de respuesta informando a las instituciones de socorro la necesidad de ejecutar los protocolos de protección y evacuación[2].

La alerta roja es declarada cuando el impacto del evento es inmediato en la zona de peligro. En éste estado de alerta las instancias de ciencia y monitoreo informan el avance del fenómeno, mientras el sistema de Protección civil y las entidades de ayuda humanitaria atienden a la población en los albergues[2].

### **2.2.5 Señalización de Seguridad**

Hernández Paterna define a una señalización de seguridad y salud como: *“Señalización que, relacionada con un objeto, actividad o situación determinada, suministra una indicación, una obligación relativa a la seguridad o salud en el trabajo mediante un plafón, un color, una señal luminosa, una señal acústica, una comunicación verbal o señal gestual”* [17].

La correcta señalización de seguridad resulta eficaz como técnica de seguridad solo si es asumida y respetada por la ciudadanía, por sí misma no constituye la supresión del peligro el mismo que es eliminado con el uso de otras técnicas[18].

La señalización es una técnica de prevención, que permite identificar los peligros y disminuir los riesgos para la seguridad y salud de la comunidad, que resultan peligrosos por la simple circunstancia de ser desconocidos. Frente a las



eventualidades que se pretenden señalar, se utilizan medios de actuación sobre la capacidad perceptiva del ser humano, basado en un conjunto de estímulos relacionados generalmente con la luz, el color y el sonido; condicionando la actuación del individuo que lo percibe[18].

### **a) Uso de la Señalización**

La señalización de seguridad y salud debe ser utilizada cuando el análisis de riesgos existentes, las situaciones de emergencia y las medidas de prevención adoptadas evidencien las siguientes necesidades:

- Llamar la atención de la población sobre la existencia de riesgos, prohibiciones y obligaciones.
- Alertar a la población cuando se producen situaciones de emergencia.
- Facilitar a la población la localización e identificación de determinados medios de protección, evacuación, emergencia y primeros auxilios.
- Orientar a trabajadores que realizan operaciones peligrosas[17].

### **b) Características de la Señalización**

La señalización no constituye un medio de protección, únicamente permite evitar daños actuando sobre la conducta humana. Para asegurar la eficacia de la señalización, ésta debe cumplir algunas características de alta importancia como:

- Atraer la atención de quien la recibe, provocando su reacción de forma inmediata.
- Informar del peligro de forma clara, con la suficiente antelación y una interpretación única.
- Dar a conocer la forma de actuar en casos concretos.
- La posibilidad de su cumplimiento debe ser real[18].

### **c) Tipos de Señalización**

En centros conglomerados se utiliza diferentes tipos de señalización relacionados a la seguridad y salud, existen diferentes formas de estimular la conducta humana, así,

dependiendo del sentido a ser estimulado, la señalización clasifica en: óptica, acústica, olfativa, táctil[18].

### **Señal Óptica**

La señal óptica es una señalización basada en la percepción del sentido de la vista, basada en la apreciación y utilización de las formas y colores, se destaca por su utilización mayoritaria debido a su efectividad[17].

### **Señal Luminosa**

La señal luminosa es una señal emitida por un dispositivo realizado de materiales transparentes o translúcidos que se iluminan desde el interior con el objetivo de que aparezca por si misma como una superficie luminosa. En función de las condiciones de uso las señales luminosas deben provocar un contraste luminoso apropiado, su intensidad debe asegurar la percepción y no provocar deslumbramientos[18].

### **Señal Acústica**

La señal acústica es una señal sonora emitida y difundida por dispositivos elaborados de forma específica para ese fin, el sonido emitido se encuentra codificado y en él no interviene la voz humana o voces artificiales. Este tipo de señalización se utiliza cuando se requiere de una gran rapidez y facilidad de la difusión de información, este medio informa la presencia de fuego, evacuación de urgencia, presencia de gases tóxicos en el ambiente entre otros[18].

### **Señal Olfativa**

La señal olfativa es la señalización basada en la percepción del sentido del olfato mediante la difusión de olores predeterminados, la detección de una señal olorífica indica situaciones de riesgo o peligro. Por ejemplo, se añaden aditivos a gases tóxicos para determinar su presencia[17, 18].

### **Señal Táctil**

La señal táctil es la señalización basada en las sensaciones percibidas por el tacto, se utilizan rugosidades en elementos o recipientes para advertir la presencia de peligro

cuando se tiene contacto con dichos elementos[17, 18].

#### **d) Recomendaciones para Señales Acústicas y Luminosas**

En los entornos que requieren de una comunicación inmediata de la ocurrencia de eventos adversos, las señalizaciones acústicas y luminosas son las más adecuadas. Los dispositivos utilizados para este fin necesitan de un control, por tanto, se establecen monitoreos y activaciones remotas de los mecanismos. El uso de señales acústicas, por recomendación, debe utilizarse para situaciones de emergencia, evacuaciones o anomalías de proceso, evitando que su uso genere inconvenientes, confusiones y alteraciones en el ambiente[19].

Con la finalidad de mantener una eficacia, eficiencia, y confiabilidad en la aplicación de señales acústicas, como también de alcanzar los objetivos de un sistema de alerta temprana, se sugieren los siguientes lineamientos de características, recomendaciones de diseño y disposiciones de uso basadas en la norma ISO 7731:2003.

- La señal acústica debe tener un nivel sonoro superior al nivel de ruido ambiental, de forma que sea claramente audible y sin llegar a ser excesivamente molesto, cuando el ruido ambiental es demasiado intenso, se debe omitir el uso de esta señal. Se puede afirmar que una señal acústica es claramente audible si sobrepasa en 15dB al nivel de ruido ambiental.
- El nivel de presión sonora de una señal acústica de alertas en cualquier lugar de la zona de recepción debe ser de al menos 65 dB y no sobrepasar los 118 dB. Si el nivel de presión sonora del ruido ambiental excede los 100dB, se recomienda el uso de señales luminosas de forma adicional a la señalización acústica.
- El tono, duración, intervalo, y agrupación de impulsos debe permitir la correcta identificación y clara distinción entre señales acústicas y ruidos ambientales. No se debe usar dos señales acústicas en un mismo tiempo.
- Los tonos continuos se utilizan para indicar, en contraste con tonos intermitentes, un mayor grado de peligro o una mayor urgencia de la acción

requerida.

- La señal acústica o luminosa al ponerse en marcha, indica la necesidad de realizar una determinada acción, y debe mantenerse mientras persiste tal necesidad. Al finalizar la emisión se debe garantizar la factibilidad de volver a utilizarlas.
- Es conveniente reducir el uso general de las señales acústicas, utilizándolas de ser posible, solo para situaciones de emergencia, evacuación o anomalías de proceso.
- Las señales acústicas y luminosas intermitentes previstas para su utilización alterna o complementaria deben emplear un código idéntico.
- La frecuencia de las señales audibles de peligro se deben situar en el rango de 500 a 2500 Hz, se utiliza señales de frecuencia de mayor nivel para diferirlas del ruido ambiente.
- Son preferibles las señales de peligro pulsantes a las continuas en el tiempo, la frecuencia de repetición debe estar comprendida en 0,2 y 4 Hz.
- La señal audible de evacuación es una señal de peligro especial que tiene preferencia sobre cualquier otra señal acústica, de manera que las otras señales de peligro deben diferir en su patrón temporal respecto de ella[19,20].

Conociendo las características básicas de los diferentes tipos de señalización y realizando un análisis de cada uno de ellos, se establece que las señalizaciones acústicas y luminosas se convierten en las más apropiadas para la implementación de un sistema de información de alertas[17,18,19, 20].

### **2.2.6 Sonido**

Tippens define al sonido como: “*una onda mecánica longitudinal que se propaga por un medio elástico*”. Constituye una sensación auditiva producida por vibraciones de características mecánicas que se propagan a través de un material elástico y denso, en consecuencia a diferencia de la luz, el sonido no se propaga a través del vacío y se asocia al concepto de estímulo físico[21,22].

El dimensionamiento de equipos y el análisis requerido para crear una cobertura efectiva en sistemas de alerta acústica, demanda de un estudio de las características de la propagación de sonido en el área de interés. Para esta finalidad se realiza a continuación una exploración de los conceptos y elementos importantes sobre el sonido y su comportamiento.

### a) Generación y Propagación del Sonido

La producción de una onda sonora depende de dos factores: una fuente de vibración mecánica y un medio elástico por el que se propague la perturbación, la propagación sonora se refiere a la manera en que las perturbaciones se trasladan de un lugar a otro. La generación del sonido se da cuando una fuente entra en vibración, la misma que es transmitida a las partículas de aire adyacentes y éstas a su vez a las partículas contiguas, provocando que las moléculas oscilen alrededor de su posición de equilibrio[21,22].

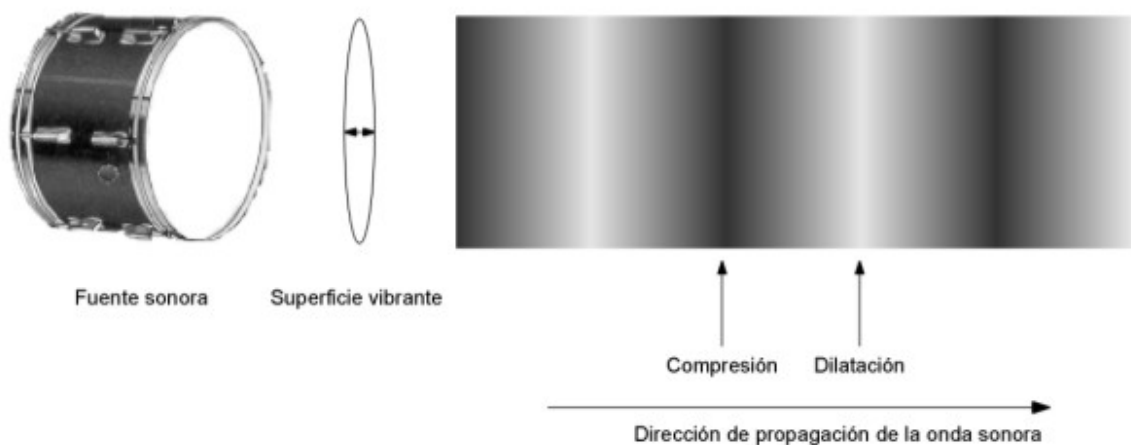


Fig.2. 4: Propagación de una onda sonora.. Tomado de [21]

La oscilación de las partículas tiene lugar en la misma dirección que la de propagación de la onda, hablando así de ondas longitudinales, a diferencia de las ondas electromagnéticas en donde las direcciones son perpendiculares (ondas transversales).

La expresión cuantitativa de la magnitud de un campo sonoro se da por medio de la presión sonora (P) o fuerza que ejercen las partículas de aire por unidad de área. En

la Fig.2. 5 se visualizan incrementos y reducciones de presión sonora que se dan de forma periódica alrededor de su valor de equilibrio ( $P_0$ ). El número de oscilaciones por segundo de la presión sonora, se mide en hertzios o ciclos por segundo, y se conoce como frecuencia del sonido, que coincide con la frecuencia de la vibración mecánica que lo genera. El valor máximo de la oscilación respecto de  $P_0$  es la amplitud de la presión asociada a la onda sonora y se simboliza con la letra  $P$ , medida en Newtons/metro-cuadrado (Pascuales)[22].

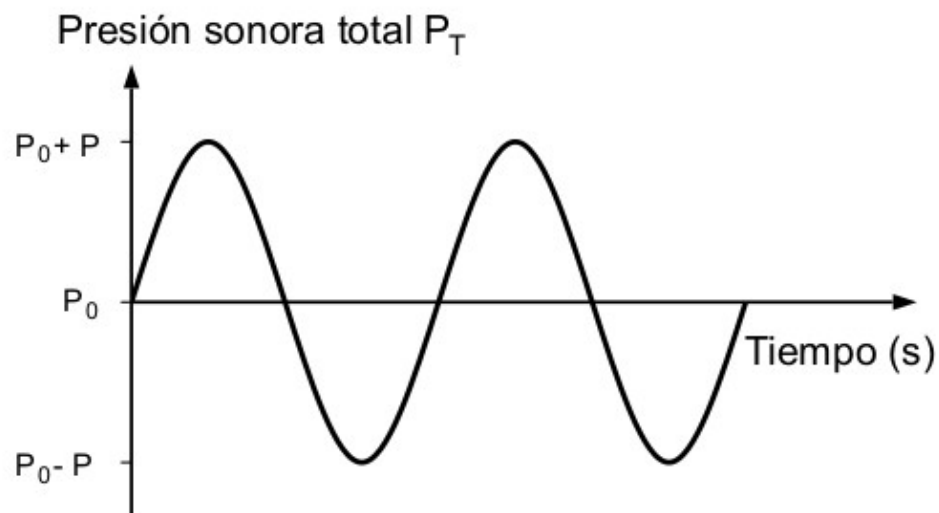


Fig.2. 5: Evolución de la presión sonora total en función del tiempo.

Tomado de [22]

En una fuente omnidireccional la propagación del sonido en el plano horizontal y vertical es circular, sin embargo para fuentes direccionales, el área cubierta en el plano por la señal sonora ( $A$ ) a una distancia determinada ( $r$ ), está dada por la ecuación 2.1, donde  $\alpha$  es el ángulo de cobertura de la sirena. La forma geométrica de

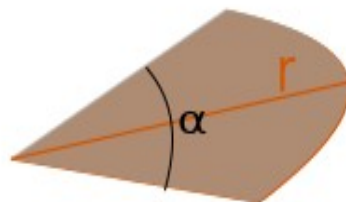


Fig.2. 6: Área de cobertura de una sirena direccional. Basado en [4]

la propagación de sonido producida por esta fuente se representa en la Fig.2. 6[4].

$$A = \frac{\Pi r^2 \alpha}{360} \quad 2.1$$

Donde:

A: Es el área de cobertura de una sirena direccional.

r: Es la distancia o radio.

$\alpha$ : Es el ángulo de cobertura de la sirena.

### **b) Nivel de Presión Sonora**

El nivel de presión sonora (SLP) es un indicador que determina la intensidad del sonido, utilizando como referencia la potencia sonora de una fuente expresada en vatios y transformándola a una escala logarítmica representada en decibelios.[21,22].

La magnitud de la presión sonora varía en función del tiempo, por lo tanto se toma un promedio temporal como valor representativo, que recibe el nombre de valor eficaz (RMS). La reacción o comportamiento del oído humano, con respecto al uso de ese valor eficaz presenta una serie de inconvenientes detallados a continuación.

- La presión eficaz sonora mas débil que es detectada por una persona a una frecuencia de 1kHz, conocido como umbral de audición, es de  $2 \times 10^{-5}$  Pa, mientras que el umbral de dolor, da lugar a una presión eficaz del orden de los 100 Pa. El efecto resultante es que se tiene una gamma de valores extraordinariamente amplia (aproximadamente de 1 a 5.000.000) y la aplicación directa de una escala lineal conduce al uso de números inmanejables.
- El sistema auditivo no responde de forma lineal a los estímulos percibidos, la reacción mas bien responde a una escala logarítmica, Por ejemplo, si la presión de un tono puro de 1kHz se dobla, la sensación percibida no llega ser el doble[22].

El uso de la escala logarítmica para representar la presión sonora, expresa valores relativos a un valor de referencia, dado por la magnitud de la presión eficaz del

umbral de audición. En éste caso se habla de nivel de presión sonora SLP, donde la unidad utilizada es el decibelio dB. El uso de decibelios reduce la dinámica de presiones sonoras de 1:5.000.000 a niveles de presión sonora de 0 a 135, donde 0 representa el umbral de audición y 135 el umbral de dolor[22].

*Tabla2. 2: Niveles de presión sonora y valoración subjetiva asociada. Tomado de [22]*

<b>FUENTE SONORA</b>	<b>NIVEL DE PRESIÓN SONORA SLP (dB)</b>	<b>VALORACIÓN SUBJETIVA DEL NIVEL</b>
Despegue avión (a 60 m)	120	Muy elevado
Edificio en construcción	110	
Martillo neumático	110	
Camión pesado (a 15 m)	90	Elevado
Calle (ciudad)	80	
Interior Automóvil	70	
Conversación normal	60	Moderado
Oficina, Aula	50	
Sala de Estar	40	
Dormitorio (noche)	30	Bajo
Estudio de Radiodifusión	20	

En la Tabla2. 2 se muestran los niveles de presión sonora correspondientes a una serie de sonidos y ruidos con su valoración subjetiva asociada. Se tiene como referencia un nivel muy elevado con 120 dB equivalente al ruido producido por el despegue de un avión; un nivel moderado con 60 dB equivalente a una conversación normal y un nivel subjetivo bajo con 20 dB equivalente al ruido ambiental de un estudio de radiodifusión.

### **c) Velocidad del Sonido**

La velocidad del sonido es la velocidad de propagación de las ondas sonoras en un medio determinado, ésta es dependiente de la elasticidad y densidad del medio. Los materiales más elásticos permiten mayores rapidezces de onda, mientras que los mas



densos retardan el movimiento ondulatorio; en el aire, considerando que la densidad y elasticidad dependen de la presión atmosférica y temperatura, a 1 atmósfera de presión y a 22 °C, la velocidad del sonido es 345 m/s[21].

#### **d) Longitud de Onda**

La longitud de onda es “ *la distancia entre dos puntos consecutivos del campo sonoro que se hallan en el mismo estado de vibración en cualquier instante de tiempo*”. La magnitud de la longitud de onda está relacionada de manera directa con la velocidad de propagación de la onda, y de forma inversa con la frecuencia de la señal sonora, como se muestra en la ecuación 2.2[22].

$$\lambda = \frac{c}{f} \qquad 2.2$$

Donde:

$\lambda$ : Es la longitud de onda del sonido.

c: Es la velocidad de propagación del sonido.

f: Es la frecuencia de sonido.

Es conocido que la velocidad de propagación depende únicamente de las características del medio, en consecuencia para cada frecuencia dada, la longitud de onda variará respecto del medio de propagación.

#### **e) Atenuación del Sonido**

La atenuación del sonido es la pérdida de potencia del nivel de presión sonora que sufre una onda al transitar por un medio cualquiera, producido por la acción individual o conjunta de varios factores como: el alejamiento de la fuente de sonido, presencia de barreras acústicas, condiciones ambientales, entre otras.

En la propagación del sonido que se da de forma esférica, donde el nivel de presión sonora es siempre el mismo de forma independiente a la dirección de propagación, el área de incidencia crece de forma exponencial respecto de su origen, es decir, el área que atraviesa la señal sonora crece según el cuadrado de la distancia de una fuente

puntual y la superficie de análisis.

En nivel de presión sonora producida por una fuente a una distancia determinada ( $SLP_f$ ), se calcula en función del nivel de presión sonora obtenida a una distancia de referencia ( $SLP_0$ ) mediante la ecuación 2,3; donde se puede realizar un análisis de la atenuación del sonido en función de la distancia. [4,21].

$$SLP_f = SLP_0 - \Delta SLP \quad 2.3$$

Donde:

$SLP_f$  : Es el nivel de presión sonora que se calcula a una distancia determinada de la fuente ( $r_2$ ).

$SLP_0$  : Es el nivel de presión sonora conocida a una distancia de referencia medida desde la fuente ( $r_1$ ).

$\Delta SLP$  : Es la atenuación que sufre el sonido en función de la distancia.

La atenuación que sufre el nivel de presión sonora en función de la distancia, se calcula mediante la ecuación 2.4.

$$\Delta SLP = 20 \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \quad 2.4$$

Donde:

$r_2$ : Es la distancia que existe desde la fuente al punto de análisis.

$r_1$ : Es la distancia de medición del nivel de presión sonora conocido (generalmente 1m).

En consecuencia el nivel de presión sonora que se tiene a una distancia  $r_2$  en función de la presión sonora conocida a una distancia  $r_1$  está dada por la ecuación 2.5:

$$SLP_f = SLP_0 - 20 \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \quad 2.5$$

En la propagación del sonido producido por una fuente omnidireccional, aplicando la

ecuación 2.5, el nivel de campo sonoro disminuye 6dB cada vez que se duplica la distancia, como se observa en la Fig.2. 7[4, 22].

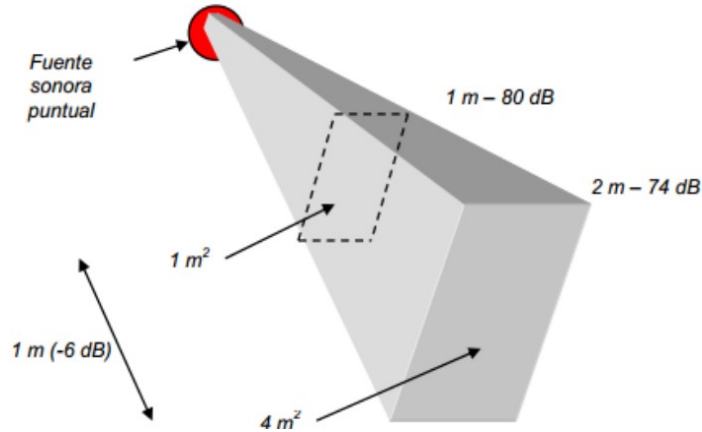


Fig.2. 7: Atenuación del sonido producido por una fuente puntual esférica, en el espacio libre. Tomado de [4]

La radiación omnidireccional de una fuente sonora depende básicamente de dos condiciones: las dimensiones del generador de la señal deben ser pequeñas en comparación a la longitud de onda del sonido emitido y el receptor debe encontrarse en una ubicación alejada[4].

Tabla2. 3: Atenuación en diferentes tipos de vegetación. Tomado de [4].

TIPO DE RECUBRIMIENTO	ATENUACIÓN dB/100m a 1000 Hz
Ninguno	2 - 5
Hierba escasa	3 - 6
Arbustos	12 - 15
Césped tupido	15 - 20

Los obstáculos naturales como terrenos y todo tipo de vegetación interfieren en la propagación del sonido, en terrenos compactos la atenuación es prácticamente nula para distancias de emisor a receptor inferiores a 100 m, sin embargo en terrenos porosos o cubiertos por algún tipo de vegetación como césped llega a ser apreciable, en especial para frecuencias altas. En la Tabla2. 3 se aprecian los valores de

atenuación producidos cada 100 metros de distancia de una fuente sonora a una frecuencia de 1000 Hz en los distintos medios[4].

La energía sonora que se transmite a través de un medio también sufre atenuación, la pérdida de transmisión expresado en dB, depende de la frecuencia e indica cuanto se atenúa la energía sonora incidente al atravesar el medio. En la Tabla2. 4 se dan algunos valores de pérdidas de transmisión para distintos materiales a distintas frecuencias.

Tabla2. 4: Atenuación de la energía sonora en distintos materiales. Tomado de [4]

MATERIAL O ESTRUCTURA	ATENUACIÓN(dB) A FRECUENCIAS (Hz)		
	500	1000	2000
Hormigón (90mm)	37	35	38
Hormigón (140mm)	41	48	56
Hormigón (190mm)	46	54	59
Vidrio laminado (6mm)	32	35	35
Vidrio (6 mm)	31	34	30

#### f) Absorción

La absorción del sonido es “la pérdida de energía sonora debido a la transmisión parcial hacia otro medio o a la transformación irreversible de parte de esa energía en calor”. La absorción de energía sonora se da por el medio o por el contorno[4].

En la absorción por el contorno, las ondas ceden energía cuando inciden sobre el contorno del medio, ya sea por transmisión a otro medio y /o por disipación viscosa. En superficies de incidencia lisas y rígidas, la energía sonora incidente es absorbida en bajas proporciones y se refleja casi en su totalidad. En los materiales blandos y flexibles se produce una transmisión de energía sonora del fluido a energía mecánica del material convirtiéndose en superficies muy absorbentes[4].

La influencia atmosférica incide también en la absorción acústica, la misma que es producida por el aire y es más sensible a frecuencias mas altas, como se muestra en la Tabla2. 5, además si la humedad relativa del aire es mas baja, la absorción es mayor[4].

Tabla2. 5: Atenuación de la onda por absorción del aire. Tomado de [4]

FRECUENCIA (Hz)	ATENUACIÓN (dB/100m)
1000	0,35
2000	1
4000	2,5
8000	7

Dependiendo del tipo de material o recubrimiento el sonido es absorbido o reflejado en distintas proporciones, lo cual lleva a definir el coeficiente de absorción sonora  $\alpha_s$  como el cociente entre la energía absorbida y la energía incidente dada en la ecuación 2.6 [23].

$$\alpha_s = \frac{E \text{ absorbida}}{E \text{ incidente}} \quad 2.6$$

Donde:

$\alpha_s$  : Es el coeficiente de absorción.

$E \text{ absorbida}$  : Es la energía absorbida por el medio.

$E \text{ incidente}$  : Es la energía que incide sobre el material.

El coeficiente de absorción es de alta importancia en el comportamiento acústico de un ambiente, por este motivo se presenta en la tabla 2.5 los coeficientes de distintos materiales y objetos. La absorción aumenta con la frecuencia debido a que para frecuencias altas la longitud de onda es pequeña y entonces las dimensiones de las irregularidades de la superficie o del mismo objeto son comparables a la longitud de onda del sonido.

Tabla2. 6: Coeficiente de absorción de energía sonora en algunos materiales. Tomado de [4].

MATERIAL O ESTRUCTURA	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN A FRECUENCIAS (Hz)		
	500	1000	2000
Hormigón sin pintar	0,02	0,02	0,02
Hormigón pintado	0,01	0,02	0,02
Ladrillo visto sin pintar	0,03	0,04	0,05
Ladrillo visto pintado	0,02	0,02	0,02
Parquet	0,07	0,06	0,06
Alfombra de Goma	0,08	0,12	0,03
Alfombra de lana	0,11	0,30	0,50
Ventana Abierta	1,00	1,00	1,00
Vidrio	0,02	0,01	0,07
Mármol o Azulejo	0,01	0,01	0,02

### g) Reflexión y Refracción del Sonido

La reflexión del sonido es el rebote de una onda sonora en una superficie dura. La onda acústica que encuentra en su propagación una superficie de separación entre dos medios distintos genera dos nuevas ondas, una reflejada que se propaga en el primer medio, y otra transmitida (onda refractada) que se propaga en el segundo medio como se muestra en la Fig.2. 8[4].

La refracción es el la desviación de la dirección de propagación del sonido que se produce cuando el sonido pasa de un medio a otro distinto, teniendo como consecuencia el cambio de su velocidad [4].

El ángulo de incidencia y reflexión son iguales y el ángulo de incidencia con el de refracción están relacionados por la ecuación 2.7[4]

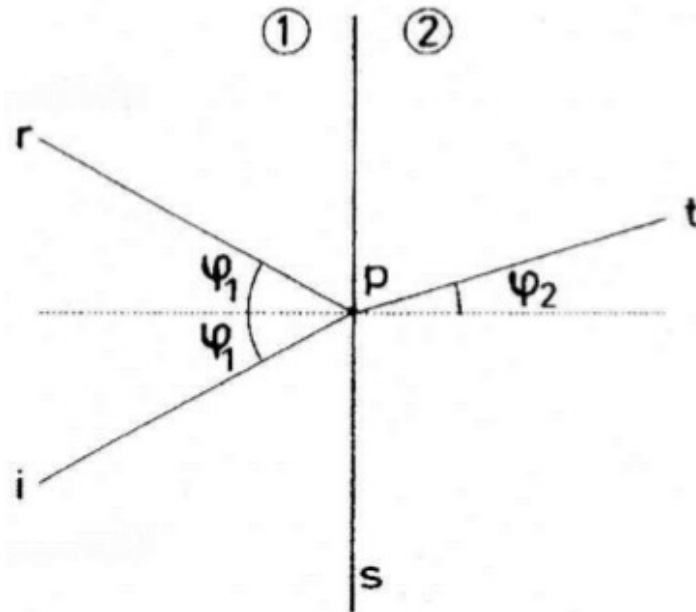


Fig.2. 8: Reflexión y transmisión de una onda. Tomado de [4]

$$\frac{\text{sen}(i)}{c_1} = \frac{\text{sen}(\tau)}{c_2} \quad 2.7$$

Donde:

- $i$  : Es el ángulo de incidencia de la onda sonora.
- $\tau$  : Es el ángulo de refracción de la onda sonora.
- $c_1$  : Es la velocidad de propagación del sonido en el medio 1.
- $c_2$  : Es la velocidad de propagación en el medio 2.

En el caso de la Fig.2. 8 la superficie de separación de los dos medios distintos es S,  $i$  es la onda incidente,  $r$  la onda reflejada,  $t$  la onda transmitida al segundo medio,  $\theta_1$  es el ángulo de incidencia y  $\theta_2$  es el ángulo de refracción.

Expresando la continuidad de las presiones, la presión total ejercida por el medio 1 sobre P tiene que ser igual a la presión ejercida por el medio dos, en consecuencia la suma vectorial de las presiones sonoras daría como resultado la ecuación 2.8, en donde la presión sonora incidente es igual a la sumatoria de la presión sonora

reflejada y transmitida [4].

$$P_i = P_r + P_t$$

2.8

Donde:

$P_i$  : Es la presión sonora de la onda incidente.

$P_r$  : Es la presión sonora de la onda reflejada.

$P_t$  : Es la presión sonora transmitida al segundo medio.

En la propagación de sonido, la presión sonora en un punto determinado se debe a la radiación directa de la fuente y al campo sonoro producido por las reflexiones de la onda sobre las superficies que rodean al medio. En recintos cerrados se producen continuas reflexiones dando origen a un campo sonoro difuso[4].

#### **h) Campo Sonoro Directo y Reverberante**

Entendiendo como campo sonoro al valor que adquiere la presión sonora en cada punto del espacio, para fines de análisis se divide este campo en las componentes de campo directo y campo reverberante. El campo directo está compuesto por la parte del sonido es producido por la onda incidente de la fuente mientras que el campo reverberante incluye el sonido que llega después de la primera reflexión[23].

El campo reverberante conocido también como campo lejano, es constante en los ambientes cerrados debido a que el sonido sufre multitud de reflexiones que se superponen entre sí, resultando una distribución prácticamente uniforme del sonido. El campo directo o cercano, en cambio se atenúa con la distancia, como se analizó anteriormente[23].

#### **i) Acústica Geométrica**

La acústica geométrica es un método que utiliza las leyes geométricas para analizar la distribución sonora del campo acústico directo y de las primeras reflexiones en un recinto cerrado. En la acústica geométrica de salas, el concepto de onda no es de alta importancia y es reemplazado por el concepto de rayo sonoro, que se fundamenta en



el frente de onda[4,24].

Un frente de onda es la superficie donde la presión sonora está en fase en todas partes y el rayo sonoro es la línea que describe la dirección de propagación del sonido, descrita en el espacio por un punto de la superficie del frente de onda. En la propagación del sonido de fuentes direccionales, se debe considerar que a partir de cierta distancia, la propagación sonora es semejante a ondas esféricas[24,25]

El método de acústica geométrica se construye en base a las siguientes hipótesis teóricas:

- La propagación del sonido se fundamenta en el trazado de rayos sonoros de acuerdo al principio de Fermat que dice: *“En un medio libre de obstáculos toda onda se propaga por el camino más rápido, para una velocidad constante de propagación, es la línea recta entre dos puntos”*. El concepto de rayo sonoro se aplica para medios homogéneos e isotrópicos, donde una parte significativa de la energía sonora se propaga en la proximidad de una estrecha línea recta.
- Las ondas esféricas se pueden aproximar a ondas planas tomando el concepto de frente de onda.
- Si en el recorrido del rayo se encuentra un obstáculo de superficie lisa con un alto coeficiente de reflexión, se determina que la onda retorna de acuerdo a las leyes de Snell, si su superficie es rugosa, se considera una reflexión difusa de acuerdo a la ley de Lambert.
- Se supone incoherencia entre las diferentes ondas, es decir que no se consideran los fenómenos de interferencia; si varios frentes de onda inciden en un punto al mismo tiempo, no se tiene en cuenta las relaciones de sus fases[26].

Si las condiciones anteriores son válidas se puede introducir la idea de rayos sonoros que son líneas tales que la tangente a las mismas en un punto cualquiera coincide con la dirección de propagación, entonces se dice que el sonido se propaga por medio de

rayos, ignorando su naturaleza ondulatoria. El trazado de rayos sonoros considera que se producen reflexiones especulares, donde en el punto simétrico al plano de reflexión en relación a la fuente sonora existe una fuente imagen que produce el rayo reflejado[24,26].

### 2.2.7 Luz

Paúl Tippens define la luz como “*Radiación electromagnética capaz de afectar el sentido de la vista*”. La luz es una forma de energía que ilumina las cosas, las hace visibles y se propaga mediante partículas llamadas fotones.

A fines del siglo XVII se intentaba explicar tres importantes características de la luz: propagación rectilínea, refracción y reflexión. Isaac Newton propuso la teoría corpuscular, de acuerdo a esta teoría las partículas muy pequeñas, de masa insignificante eran emitidas por varias fuentes y viajaban en línea recta con enorme rapidez. Christian Huygens, basándose en las sombras, explicó que la flexión de las ondas acuáticas y sonoras alrededor de sus obstáculos se apreciaban fácilmente debido a sus grandes longitudes de onda, si la luz era una serie de ondas, con una longitud de onda corta, daría lugar a una sombra bien definida debido a que el grado de flexión sería pequeño[21].

En 1865 James Clerk Maxwell, investigaba las propiedades de un medio que puede transportar la luz, (también investigaba sobre la transmisión de calor y energía eléctrica) demostrando que “*una carga acelerada puede radiar ondas electromagnéticas en el espacio*”. Maxwell explicó la existencia de campos eléctricos y magnéticos que oscilan en forma perpendicular a la dirección de propagación de la onda, otra característica importante es que los dos campos son perpendiculares entre si, de la forma ilustrada en Fig.2. 9. El descubrimiento de la interferencia y la difracción inclinó el debate a favor de la teoría ondulatoria, sin embargo se creía que los fenómenos ondulatorios requerían de la existencia de un medio de transmisión. [21].

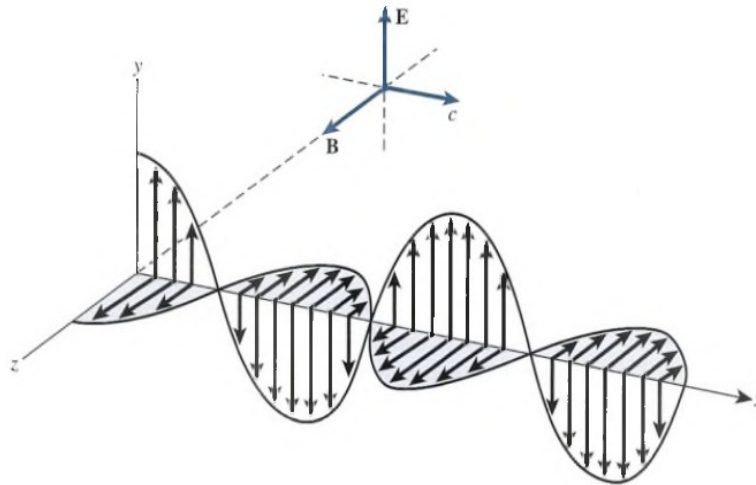


Fig.2. 9: Propagación de una onda electromagnética. Tomado de [15]

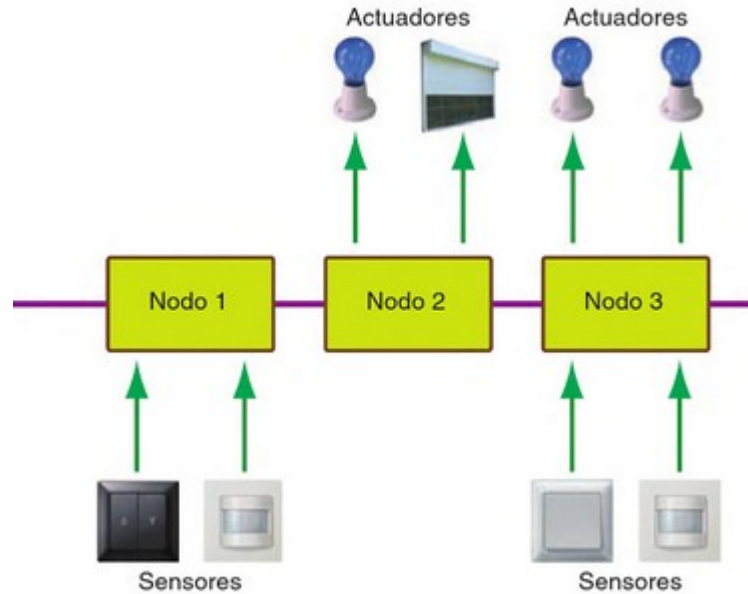
Por otro lado Michelson, un Físico estadounidense, demostró que la velocidad de la luz es constante, independientemente del movimiento de la fuente, luego Maxwell logró demostrar que la rapidez de cualquier onda electromagnética depende únicamente de la permeabilidad y permitividad del medio en el que viaja. Como las ondas electromagnéticas viajan a la misma rapidez que la correspondiente a la luz, el tratamiento de la luz como onda electromagnética es bien fundamentado [21].

### 2.2.8 Sistemas Distribuidos y de Telecontrol

Un sistema distribuido consiste en una red de nodos de cómputo que intercambian información mediante una red de comunicaciones, también se habla de sistema distribuido, en aquellas aplicaciones en las que diferentes procesos interactúan entre sí mediante el paso de mensajes, en donde, los procesos se realizan en el mismo nodo o en nodos remotos [27].

En Domótica, definiendo nodo como, “dispositivo que recibe, procesa y envía las señales domóticas procedentes de los sensores hacia los actuadores”, un sistema distribuido es aquel que tiene distintos nodos interconectados entre sí, por medio de un bus de datos común. En la Fig.2. 10 se observa nodos (equipos de control) que

gobiernan el sistema, intercambiando información con los sensores y actuadores y con los demás equipos de control del sistema asociados por medio de un bus de datos [28,29].



*Fig.2. 10 Arquitectura de un sistema distribuido. Tomado de [28]*

El telecontrol es una integración de funcionalidades entre la telegestión y el control remoto mediante un Sistema de Telecomunicaciones, en sí, relaciona el control remoto de los actuadores con la información adquirida y transmitida desde los diferentes sensores. El control remoto factibiliza el manejo y activación a distancia de los actuadores, en un momento determinado o mediante la programación de eventos que se darán en un futuro. La tele-gestión permite la adquisición de conocimiento y la gestión de parámetros y señales medibles en una instalación, esto mediante sensores ubicados en sitios remotos [30].

### **2.2.9 Sistema de Control y Monitoreo**

Un sistema de control es un conjunto de componentes que actúan de conjunta para lograr un objetivo de control. El sistema de monitoreo consiste en la combinación de componentes que permite la supervisión o el control de un escenario por medio de una interfaz visual[28].

Un sistema de telecontrol distribuido permite controlar y monitorear distintos nodos remotos de forma integrada. Los nodos se distribuyen en una red de comunicaciones mediante una conexión realizada de forma alámbrica o inalámbrica, utilizando determinadas topologías. En estructuras de alta escala, el monitoreo de señales se realiza mediante sistemas centralizados; en donde, los datos de distintos nodos son enviados a una unidad central para visualizarlos y monitorearlos desde un equipo local o remoto[31].

La activación y monitoreo de dispositivos ubicados en sitios remotos demanda de un sistema adecuado para la detección de señales, el procesamiento de datos y la activación de mecanismos. La arquitectura de un sistema de monitoreo y control se describe en la Fig.2. 11, explicando la relación existente entre los elementos requeridos, que son: Unidad Central de Control, Sistema de Comunicaciones, Nodos y Unidades de Monitoreo.

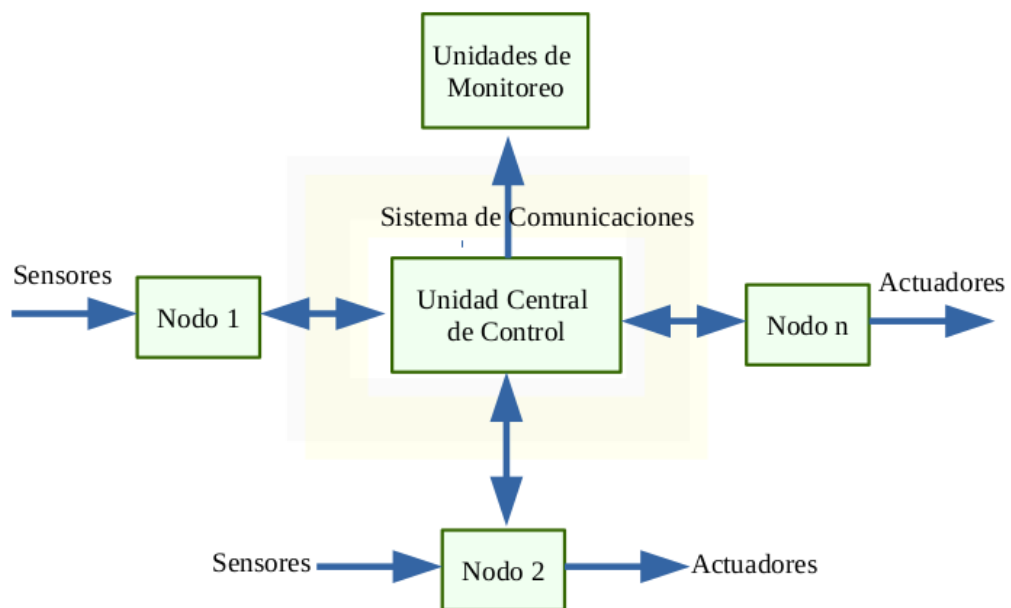


Fig.2. 11: Estructura general de un sistema de monitoreo y control. Basado en [28]

### a) Unidad Central

La unidad central es la encargada de gestionar, procesar y supervisar las funciones y

comunicaciones de todo el sistema. El equipo de control interpreta y conmuta la información procedente de los sensores y unidades de monitoreo. Un centro de control se obtiene programando dispositivos como PLC'S, computadores, servidores, centrales de monitoreo dedicadas (centrales de alarma) entre otros. En aplicaciones informáticas el centro de control es un servidor encargado del tratamiento y alojamiento de los datos e información [31,32].

#### **b) Sistema de Comunicaciones**

Un sistema de comunicaciones es el conjunto de elementos organizados que permiten la difusión de información desde una fuente (transmisor) por un medio de transmisión hacia un destino receptor.[33].

#### **c) Nodos**

Los nodos son dispositivos considerados como sistemas electrónicos, simples ordenadores, estaciones de trabajo o multi-procesadores, que reciben procesan y envían señales procedentes de los sensores hacia los actuadores [31, 29].

#### **d) Unidades de Monitoreo.**

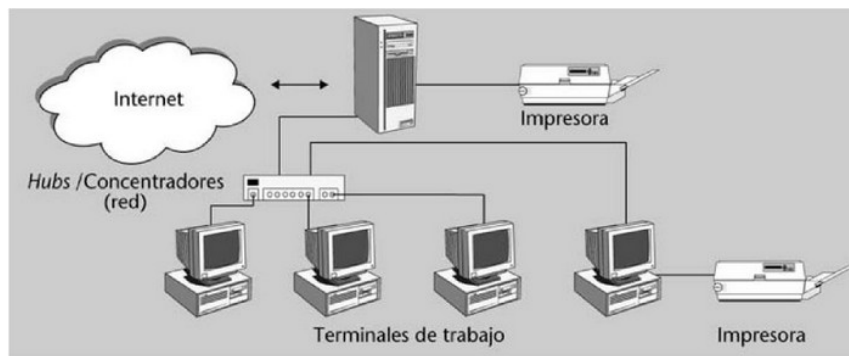
Las unidades de monitoreo son los dispositivos de carácter terminal, en los que de forma remota se visualiza y controla el estado de distintos dispositivos conectados a una red. Pueden ser tableros de control, monitores, pantallas o dispositivos terminales de comunicaciones como computadores y celulares [29].

### **2.2.10 Servidores**

Colobran y Arqués definen a un servidor como: *“Aplicación que da (sirve) información a un programa (cliente) que le pide mediante una conexión (normalmente la red) a partir de un protocolo”*. Un servidor es una máquina que tiene un hardware y software que permite el acceso y distribución de información, funciones y dispositivos, tiene que estar preparado para trabajar 7 días a la semana, 24 horas al día y soportar reparaciones y sustitución de discos sin apagar el

ordenador[34].

Un servidor permite al usuario el acceso a información selectiva, gestionar colas de impresión, registrar la totalidad de la actividad realizada, acceso a paginas web, gestionar correo, y otras tareas a través de una red de comunicaciones, ilustrada en la Fig.2. 12. Dependiendo de la tarea a ejecutarse los servidores pueden ser de: ficheros, impresiones, noticias, correo, servidores web, servidores DNS [34].



*Fig.2. 12: Relación entre administrador, servidor web, usuarios y organización. Tomado de [34]*

### **a) Elementos de un Servidor**

Los componentes de un servidor, al tratarse básicamente de un computador para prestaciones de altas características, son los mismos que los de un ordenador de escritorio. El dimensionamiento de un servidor considera las funciones que se requiere realizar y en función de ello, determina las propiedades de algunos de sus elementos. Los periféricos como ratón, teclado, monitor y tarjeta gráfica pueden ser genéricos, sin embargo para la memoria RAM, CPU, placa base y tarjeta de red se deben tomar ciertas recomendaciones [34].

- La importancia de una buena cantidad de memoria RAM se fundamenta en el tiempo de respuesta que se requiere del servidor, tomando en cuenta la cantidad de peticiones de los usuarios a este ordenador. Mientras mayor sea la cantidad de peticiones, se requiere de un espacio de almacenamiento temporal mas elevado (memoria RAM).

- El procesador de un servidor no es de carácter crítico. La CPU es necesaria en procesos que piden grandes cantidades de cálculo, exceptuando entonces los casos genéricos de servidores de ficheros, servidores de impresión o servidores web.
- La placa base es determinada por la velocidad de transmisión de los componentes del servidor. El bus del sistema forma parte de la placa base y es el que permite la comunicación entre los elementos internos del computador. Una placa de buena calidad implica una diferencia apreciable del rendimiento, en conclusión ésta es vital para el servidor.
- La tarjeta de red es el punto de comunicación entre el servidor y los clientes, en consecuencia su calidad y velocidad determinan el comportamiento del sistema hacia la red. Mientras más rápida sea la conexión del servidor con la red, más rápido se atenderán las peticiones de las estaciones de trabajo[34].

## **b) Sistemas Cluster**

Un Sistema Cluster es un grupo de controladores o procesadores interconectadas que trabajan conjuntamente en la solución de un problema. La creación de un cluster tiene como objetivo la integración de sistemas informáticos para obtener mayor rendimiento y capacidad de procesamiento[34].

En un cluster un grupo de equipos independientes ejecutan una serie de aplicaciones de forma conjunta, apareciendo delante de los clientes como un solo sistema. Algunas características y ventajas importantes del diseño de sistemas clusters son:

- El sistema cluster consta de dos o mas nodos conectados entre si por medio de un canal de comunicaciones.
- Los nodos solo requieren de un elemento de proceso, memoria y una interfaz de comunicaciones con la red del sistema.
- Los clusters requieren de software especializado ya sea a nivel de aplicación o a nivel de núcleo.
- La implementación de sistemas cluster reduce costos de planificación instalación y mantenimiento en comparación a un computador de



prestaciones equivalentes.

- Incremento de la disponibilidad de servicio debido a que se divide el número de puntos críticos entre el número de nodos del cluster.
- Es un sistema escalable que permite incrementar el nivel de rendimiento y disponibilidad; mejorando los elementos de los nodos[34].

### c) Servidores Web

Los servidores web son programas ejecutados en un ordenador con la finalidad de mostrar los resultados en nodos remotos mediante un navegador web[34].

Debido a la evolución de los sistemas, no se puede afirmar que todos los recursos necesarios para un servicio web son proporcionados por un solo servidor. A pesar de que el punto de entrada y el primer tratamiento de las peticiones se realiza en el servidor web, los sistemas complejos de generación de páginas, necesitan de los recursos ofrecidos por los servidores de aplicaciones[34].

### Servidor Web y de Aplicaciones

Un servidor de aplicaciones es un software que permite gestionar aplicaciones y los recursos requeridos y asociados de las mismas, como por ejemplo: el acceso a base de datos, seguridad, mantenimiento, etc. Cuando un servidor web se utiliza como parte de una aplicación se convierte en un elemento más del sistema, cumpliendo una función de interfaz como se observa en la Fig.2. 13.

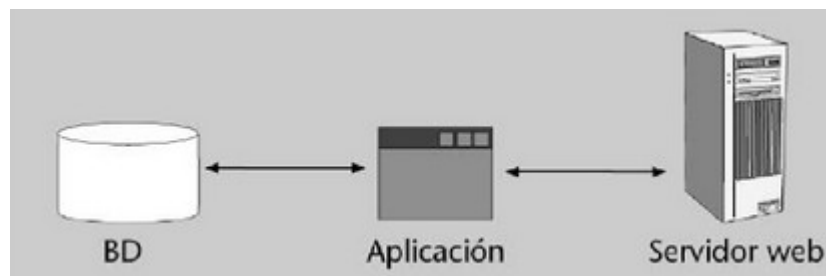


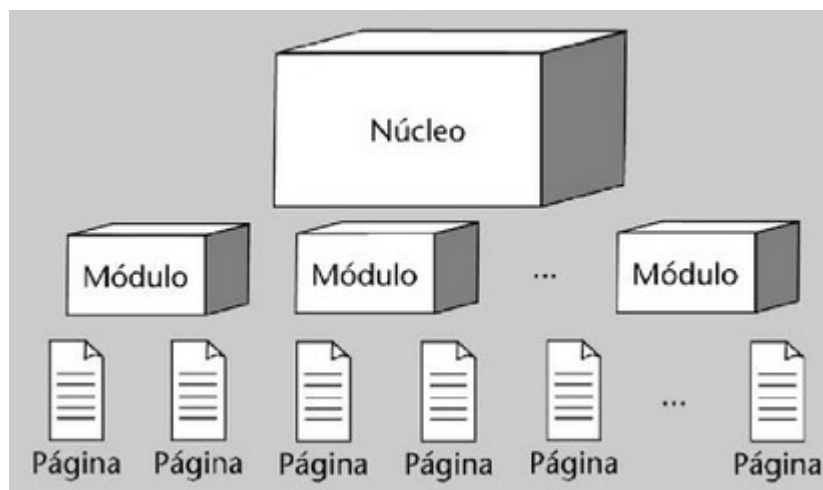
Fig.2. 13: Esquema de un servidor de aplicaciones. Tomado de [34]

El servidor web es el medio que permite ejecutar de forma flexible una aplicación, que es el centro principal del procesamiento de datos. La aplicación utiliza un

navegador como enlace para presentar las pantallas y como mecanismo que permite al usuario ingresar información que se guarda en una base de datos[34].

### **Estructura de un servidor web**

La estructura de un servidor web se compone de forma básica de núcleo, módulos y páginas como se muestra en la Fig.2. 14.



*Fig.2. 14: Elementos de un servidor web. Tomado de [34]*

*Nota: “Un servidor web puede realizar muchas más funciones que dedicarse exclusivamente a entregar páginas HTML que estén guardadas en el disco duro”[34]*

El núcleo es el servidor como tal, está cargado y funcionando cuando el servidor está encendido y es el centro del servidor web. Los módulos son extensiones del servidor que se instalan cuando los servidores web llegar a ser bastante complejos, con la finalidad de aumentar la funcionalidad del servidor. Las páginas, estructuradas en forma de árbol de directorios, son el lugar donde está guardada la información que presenta el servidor a los clientes[34].

### **c) Tecnologías para Servidores**

La tecnología utilizada para la instalación de servidores difiere en hardware y software, teniendo la factibilidad de utilizar diferentes recursos para cada uno de

ellos.

En referencia a Hardware el concepto de servidor ya no se enmarca únicamente al uso de ordenadores para crear estos sistemas, la instalación de software para aplicaciones web puede realizarse en distintos tipos de procesadores, optando desde servidores dedicados, ordenadores personales, micro-computadores e incluso microcontroladores[28,34].

En el mercado existen micro-computadoras (Raspberry Pi, Orange Pi, PcDuino) que son plataformas ideales para enseñar a niños y adultos la forma en que trabajan las computadoras. Éstos dispositivos reúnen los requerimientos necesarios para que funcione un sistema operativo, teniendo la facilidad de instalar servidores en ellos. El avance del Internet de las cosas ha permitido también tener microcontroladores que, con un programa específico manejan servidores de transferencia de texto (HTTP) [35, 36].

En cuanto a software se refiere, también se tienen variantes, pasando desde software de propietario a software libre. En la actualidad uno de los servidores web más utilizados basados en el protocolo HTTP(*HyperText Transfer Protocol*), para crear aplicaciones web basadas en la arquitectura cliente-servidor, aplicaciones de procesos con base de datos, entre otras, es el servidor web Apache, utilizado de forma conjunta con MySQL y PHP[37].

El conjunto de herramientas de Apache, PHP y MySQL se instalan en distintos sistemas operativos basados en Unix, Windows o macOS, denominando al conjunto LAMP, WAMP o XAMP dependiendo del sistema operativo utilizado[37].

### **2.2.11 Medios De Transmisión**

El medio de transmisión es la interfaz que permite realizar un enlace o establecer una conexión entre los nodos de un sistema (transmisor y receptor). Los medios de transmisión son estructuras físicas que soportan la propagación de señales asociadas

a la información que se requiere enviar de un punto geográfico a otro, se divide en dos grandes grupos: medios guiados y no guiados[38, 39].

#### **a) Medios no guiados**

Los medios no guiados son medios inalámbricos en donde la transmisión de datos se realiza por medio de ondas electromagnéticas, transportadas por el espacio aéreo o el vacío sin la existencia de un conductor físico entre el emisor y receptor[38,39].

#### **b) Medios Guiados**

Los medios guiados son aquellos en los que entre los extremos del enlace existe un conducto físico, que transporta señales eléctricas o electromagnéticas (luz), éstos pueden ser: pares paralelos, trenzados, cable coaxial, guías de onda y fibra óptica[38, 39].

### **2.2.12 Modos de transmisión**

El modo de transmisión es el sentido en que viaja la señal entre dos dispositivos conectados, de forma resumida se tienen tres modos de transmisión: simplex, half-duplex y full-duplex[38].

En la comunicación simplex, cada uno de los dispositivos es dedicado, es decir, solo se permite transmitir o recibir, en consecuencia la transmisión entre dispositivos es unidireccional. El mando de televisión es un ejemplo de este modo de comunicación[38,39].

En half-duplex, los dispositivos permiten emitir o recibir señales a través del mismo canal, sin embargo la transmisión de dos dispositivos no se realiza al mismo tiempo. Los walkie-talkies son un ejemplo de este tipo de transmisión, en donde todo el ancho de banda del canal es utilizado por la transmisión de uno de los dispositivos[38].

En full-duplex, los dos dispositivos interconectados transmiten y reciben al mismo tiempo, el ancho de banda se reparte para las señales de ambos artefactos, o éstos disponen de dos enlaces físicos diferentes para que la señal se transmita en cada dirección[38,39].

### 2.2.13 Topologías

La topología de la red se refiere a la geometría formada por los dispositivos conectados a través de enlaces físicos en una red de comunicaciones[38]. En la Fig.2. 15 se observan redes de comunicaciones conectadas por distintas topologías, a continuación se detalla de que trata cada una de ellas.

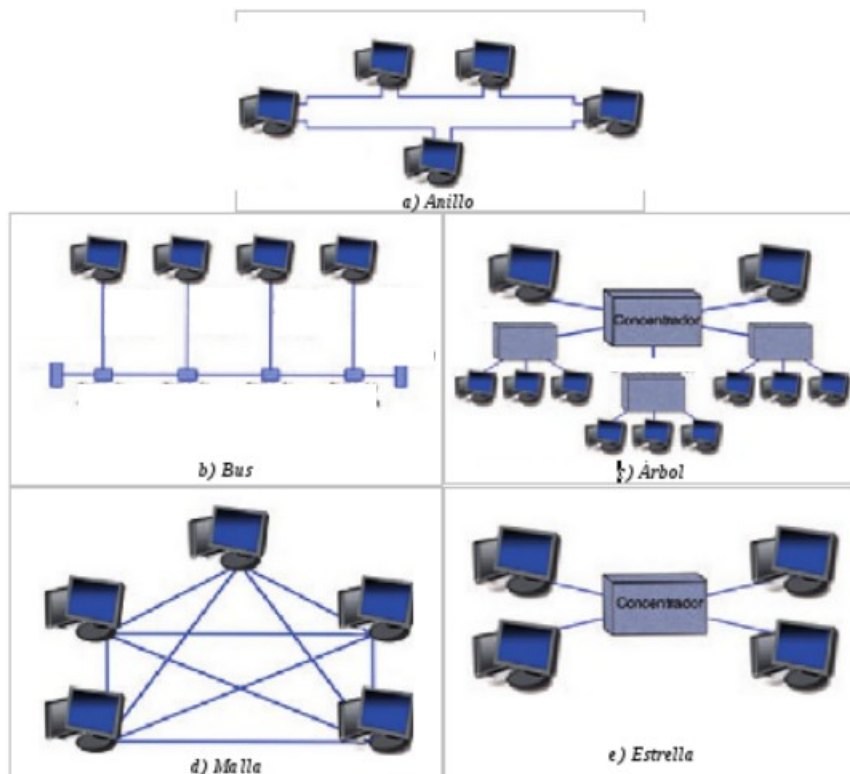


Fig.2. 15: Topologías de una red de comunicaciones. Tomado de [38]

- En la topología anillo, los dispositivos forman una estructura cerrada, en donde cada equipo tiene un enlace con el equipo siguiente y el anterior. La información viaja de dispositivo en dispositivo en una dirección determinada del anillo hasta llegar a su destino, si la señal no está destinada

a un dispositivo, éste simplemente actúa como repetidor.

- En la topología bus, los dispositivos utilizan un cable de corta longitud para conectarse a una línea troncal o backbone. La línea por lo general tiene terminadores al final de la misma para evitar que los datos sean reflejados y obstruyan el envío de nuevos datos.
- En la topología malla, cada nodo se conecta a todos los demás, permitiendo que los datos viajen del dispositivo emisor al dispositivo destino siguiendo diversas rutas. Es posible crear mallas parciales en donde, existen varias rutas en los dispositivos pero no están conectados todos con todos.
- En la topología estrella, un punto o dispositivo central crea una conexión entre todos los dispositivos permitiendo la transmisión de datos entre ellos.
- En la topología árbol, los nodos son organizados de forma jerárquica por medio de acopladores primarios y secundarios[38].

#### 2.2.14 Direccionamiento IPV4

El direccionamiento IPv4 es actualmente el método más utilizado en direccionamiento de redes de Internet al rededor del mundo. Éste direccionamiento consiste en la asignación de una dirección lógica única para cada dispositivo dentro de una red de comunicaciones (en Internet, cada host consta de una dirección única a nivel mundial) para poder identificarse[40].

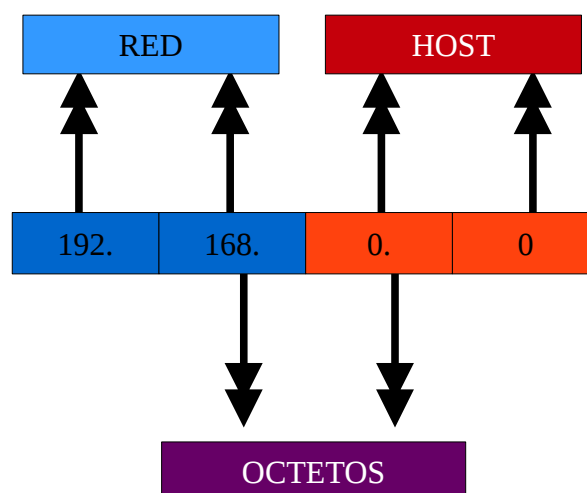


Fig.2. 16: Estructura de una dirección IPv4.

Basado en [40]

Una dirección IP está compuesta por cuatro segmentos de ocho bits denominados octetos, separados por puntos, que en forma decimal toman valores entre 0 y 255 cada uno, los segmentos pertenecen a una de dos partes jerárquicas en donde la primera identifica a la red y la segunda al host dentro de esa red, como se muestra en la Fig.2. 16 [41].

### **2.2.15 Redes Inalámbricas**

Red inalámbrica es un término utilizado en informática para designar la conexión de dispositivos que se dan por medio de ondas electromagnéticas, sin la necesidad de una red cableada [42].

La principal ventaja de las tecnologías inalámbricas es que se obtiene movilidad, ya que los dispositivos se desplazan por un área determinada, sin necesidad de mantener una conexión física mediante un cable. Sin embargo se considera que las tecnologías cableadas manejan un mayor ancho de banda, mayor seguridad de información y las interferencias en comparación a los medios inalámbricos son menores, esto debido a que el medio físico es de carácter dedicado a cada dispositivo [42].

La tecnología de una conexión inalámbrica varía dependiendo del área en que se desea dar cobertura, teniendo así distintos parámetros que marcan las características bajo distintos estándares, a continuación se detalla algunas de las tecnologías más utilizadas para la comunicación inalámbrica.

#### **a) WIFI**

Wifi (Wireless fidelity) es una tecnología que permite la comunicación de dispositivos de forma inalámbrica a distancias de hasta decenas de metros. Los objetivos principales de cualquier tecnología es que sean diferenciables y comprensibles para el manejo de los usuarios y dado que en la actualidad, el principal uso de Wifi es permitir que varios equipos terminales compartan el acceso a Internet, se ha creado un estándar que permita a los fabricantes implementar los

dispositivos de tal manera que éstos sean compatibles de forma independiente al fabricante. Así la interoperatividad de equipos se certifican bajo la norma IEEE 802.11[43, 44].

Los terminales (equipo que forma parte de una red inalámbrica) de una red Wifi se conectan por medio de un adaptador de red y un punto de acceso. El adaptador es un equipo de radio que permite generar la conexión, consta de transmisor, receptor y antena y puede estar integrado en el equipo o ser de fabricación independiente. El punto de Acceso o Acces Point en inglés, es una estación base utilizada para gestionar las comunicaciones entre los distintos terminales de la red, estos dispositivos son autónomos, es decir no requieren mantener una conexión a un ordenador[42].

El estándar IEEE 802.11 describe los detalles técnicos que utilizan los equipos terminales y los puntos de acceso para establecer una conexión Wifi. En el estándar se detalla la utilización de frecuencias libres de licencia (2.4 y 5 Ghzz) y de distintas velocidades de transmisión divididos en subíndices[42]. En la Tabla2. 7 se detalla las frecuencias y velocidades de los estándares más utilizados.

*Tabla2. 7: Velocidades y frecuencias de los distintos estándares 802.11. Basado en [42].*

<b>ESTÁNDAR</b>	<b>FRECUENCIA (GHz)</b>	<b>VELOCIDAD (Mbps)</b>
802.11 b	2.4	11
802.11 a	5	54
802.11 g	2.4	54
802.11 n	2.4 - 5	300
802.11 ac	5	1300

## **b) GSM Y GPRS**

El sistema global para las comunicaciones móviles (GSM) es un sistema estándar para telefonía móvil, libre de regalías y el servicio general de paquetes vía radio es un sistema que permite el desarrollo de varias aplicaciones inalámbricas como:



servicio de mensajes cortos (SMS), servicios de mensajes multimedia, Internet.[45, 46]

En un inicio el sistema global de comunicaciones móviles, fue diseñado como una red de conmutación de circuitos como es el caso de la telefonía fija. La red establecía una conexión directa entre los dos dispositivos destinados exclusivamente a la transmisión de una conversación[39]. Las limitaciones dadas por GSM al estar orientado a circuitos propulsó el desarrollo de GPRS, que resulta una tecnología más adecuada a la transmisión de datos ya que es una tecnología orientada a paquetes[46].

Una red GPRS se basa principalmente en las siguientes características:

- Los recursos del enlace de subida y bajada se encuentran separados debido a las características asimétricas de los paquetes de datos, teniendo como resultado una mayor eficiencia espectral.
- Velocidades de transmisión de 21.4 kbps por slot que de manera ideal, permitiendo tener 8 ranuras temporales se alcanzaría una velocidad de 170 kbps[46,8].

Los servicios convencionales de circuitos proporcionados por GSM se combinan en paralelo con los servicios de datos de GPRS, teniendo así tres clases de posibles terminales:

- La clase A que soporta GSM y GPRS de forma simultánea.
- La clase B que registra simultáneamente GPRS y GSM con la restricción de que en un momento dado solo se utilizan los servicios de una u otra tecnología (de forma automática).
- La clase C que registra a GSM y GPRS de forma manual y no puede ser simultánea[46].

La evolución de las tecnologías permiten alcanzar mayores velocidades de transmisión y éstas se desarrollan ya en nuevas tecnologías como el sistema móvil de

tercera generación (3G) y cuarta generación 4G, con velocidades entre 20 y 100 Mbps. La creación de una red celular con estas tecnologías es de bajo costo considerando fines comerciales, sin embargo para fines privados el costo es alto[46]. En Ecuador las compañías que ofrecen el servicio de conexión mediante esta tecnología son: Movistar, CNT, Claro y Twenty. La distancia máxima que tienen dos dispositivos para comunicarse mediante esta red entonces de la cobertura que la empresa de servicios mantenga sobre él área de estudio.

### c) Control por RF

El control por radio frecuencia es un sistema que utiliza la porción menos energética del espectro electromagnético (frecuencias entre 3 khz y 300Ghz) para enviar señales de control entre periféricos. Cuando se habla de telecontrol, el uso de tecnologías RF resulta una opción bastante económica, además la existencia de módulos pre-armados facilita de forma notable su aplicación.

Los módulos de RF hacen de interfaz con microcontroladores para que por medio de un puerto de comunicación como: serial SPI, I2C se entregue a un proyecto la capacidad de controlar o ser controlado de forma remota, como se ilustra en la Fig.2. 17[47].

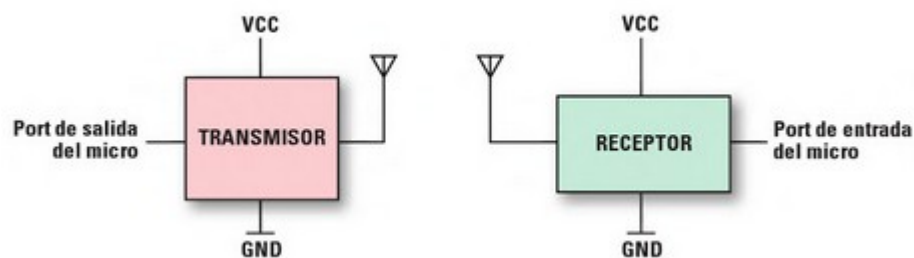


Fig.2. 17 Uso de módulos de transmisión y recepción RF. Tomado de [47]

Los circuitos integrados que permiten una comunicación RF, como en todas las comunicaciones inalámbricas, están compuestos de transmisor y receptor, pueden estar integrados en el mismo dispositivo, en donde un módulo transmite y recibe, o ser independientes (uno transmite y otro recibe) [41]. La distancia que se alcanza en

una comunicación Rf depende básicamente del tipo de módulo que se utilice como de la antena que estos tengan, teniendo así la capacidad de cubrir desde decenas de metros hasta unas cuantas centenas.

#### **d) Bluetooth**

Bluetooth es un estándar abierto que permite la conexión de diversos dispositivos en una distancia de corto alcance evitando el uso de cables, es ideal par conexiones de redes PAN (red de área personal) llegando a establecer enlaces desde algunos metros hasta 100 metros en el caso de dispositivos más avanzados. [48].

La comunicaciones bluetooth, a diferencia de Wifi, no están diseñadas para soportar redes de ordenadores, esta tecnología fue desarrollada en 1994 por la empresa Ericsson con la finalidad de tener conectividad entre los dispositivos móviles y sus periféricos. Bluetooth utiliza el modelo Maestr/Esclavo con la capacidad de que un maestro se comunique hasta con 256 esclavos con la restricción de que solo 7 son simultáneas[44].

#### **2.2.16 Sistemas Micro-controlados**

Un sistema micro-controlado es un conjunto de elementos que incluye un circuito integrado programable, capaz de ejecutar órdenes grabadas en una memoria[49].

A través de la historia, los sistemas de control se han administrado desde un controlador, entendiendo como controlador al dispositivo que tiene la capacidad de administrar determinados procesos. Hace tres décadas los sistemas controlados se realizaban mediante lógica discreta, de forma posterior se crean los microprocesadores que, rodeados de memorias e interfaces de entrada y salida permiten realizar procesos generales[49, 50].

El desarrollo de las escalas de integración de circuitos electrónicos entregaron como resultado dispositivos que albergan en sí mismos memorias, puertos de entrada y salida y microprocesadores en un solo circuito integrado conocido como micro-

controlador. Barra zapata define a un micro-controlador como *“Un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de elementos que configuran un controlador”*[51].

Existen diferentes fabricantes de éstos elementos, teniendo distintas tecnologías y micro-controladores de varias arquitecturas y características. De forma resumida se menciona algunos tipos de micro-controladores como PIC de Microchip, Freescale, Athmel, entre otros.

Los microcontroladores PIC se dividen en tres gamas: La gama baja incluyen los microcontroladores con un repertorio de 33 instrucciones de 12 bits, con una memoria de programa de hasta 2048 palabras de 12 bits. Los microcontroladores de gama media tienen un repertorio de 35 instrucciones de 14 bits cada una, la memoria de programa llega hasta los 8192 palabras de 14 bits. Finalmente los microcontroladores de gama alta, que se distinguen por sus instrucciones de 16 bits, una mayor profundidad en la pila y un sistema de interrupciones más elaborado, tienen una arquitectura abierta que permiten la ampliación de las memorias de programa y de datos[49].

El estudio de los microcontroladores, en la actualidad, debido al impulso que genera una arquitectura de código abierto, tiene una puerta de gran desarrollo en aplicaciones mediante una tarjetas electrónicas como: Arduino basado en el microcontrolador Atmega328P, Pingüino basado en microcontroladores PIC, Nodemcu que tiene como núcleo un microcontrolador Tensilica l-106. Las tarjetas de control incluyen circuitos de soporte como un convertidor USB-Serial para la programación directa desde un computador, un regulador de voltaje y la adaptación de puertos de conexión rápida para periféricos digitales con tecnología TTL a 3.3 o 5 V[52, 53].

El avance tecnológico impulsa el desarrollo de nuevos dispositivos electrónicos, en la actualidad se busca la integración de las cosas hacia Internet, siendo factible conectar y controlar dispositivos electrónicos de forma remota desde cualquier parte

del mundo. Algunas empresas han desarrollado módulos de comunicación que permiten integrar a un microcontrolador en internet como: la shield Ethernet de Arduino el ESP82-66, el ESP-32, entre otros[53].

### 2.2.17 Sirenas

*“La sirena es un instrumento acústico que genera sonidos mediante las interrupciones periódicas de corrientes de aire, vapor o eléctricas”.* En señalización de seguridad se utilizan sirenas que emiten un sonido a una frecuencia alta para informar alertas a los entes que perciben la señal[4].

Las sirenas son instrumentos de señalización sonoros, éstas se clasifican de acuerdo a las características de funcionamiento teniendo como por ejemplo sirenas electrónicas, mecánicas, electro-neumáticas y altavoces.

En la Fig. 2. 18 se observa una sirena electrónica, ésta es conformada por una unidad de control que mantiene en una memoria las secuencias de tonos, con uno o varios altavoces conectados a esta unidad. El funcionamiento de estas sirenas de forma genérica es con tensiones de 12 o 24 V de corriente continua, teniendo en su mayoría un tono continuo que puede modularse de forma externa por otro controlador.



*Fig.2. 18: Ejemplo de sirena electrónica. Tomado de [4].*

El uso de estas sirenas en la actualidad es muy extendido, entre sus ventajas se menciona que no requieren de mantenimiento y tienen un bajo consumo eléctrico[4].

La sirena electro-neumática, mostrada en la Fig.2. 19, tiene dos o mas trompetas de membrana, alimentadas por un compresor equipado con un dispositivo rotativo encargado de gestionar la secuencia de tonos. El compresor de esta sirena requiere ser lubricado con aceite, el cual debe estar a un nivel adecuado para evitar un sobrecalentamiento[4].



*Fig.2. 19: Sirena electro-neumática. Tomado de [4]*

La sirena mecánica, mostrado en la Fig.2. 20 consta de un único cuerpo que incluye en su interior un motor conectado a un ventilador, con la capacidad de generar un sonido largo u agudo. Este tipo de sirenas generalmente funcionan con motores de 120 Vac, aunque existen dispositivos con motores de 12Vdc[4].



*Fig.2. 20: Sirena mecánica. Tomado de <http://alarmasacusticas.blogspot.com/2016/01/>*

La modulación del tono único de este dispositivo se realiza mediante dispositivos de estado sólido, sin embargo debido a la inercia de los motores la modulación es de baja percepción para intervalos de tiempo que se encuentran cercanas a un segundo.

Un altavoz, ilustrado en la Fig.2. 21, convierte la corriente alterna en sonido mediante la interacción de la corriente que circula por una bobina, con el campo magnético de un imán permanente. Al circular corriente a través de la bobina ésta es desviada por la fuerza magnética y provoca oscilaciones en la membrana. Los altavoces pueden acondicionarse para un distinto rango de frecuencias, sin embargo éstos requieren de un controlador para generar la señal de corriente adecuada.[4].

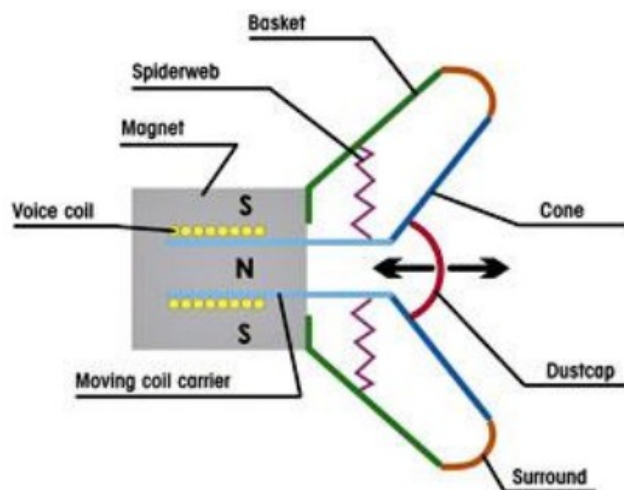


Fig.2. 21: Estructura de un altavoz. Tomado de [4]

### 2.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

El diseño de un sistema de activación de señales de peligro y alarma para el Departamento de Gestión de Riesgos de la Universidad Técnica de Ambato, permite optimizar el tiempo de respuesta a las acciones de prevención ante la detección de emergencias en los diversos campus de la Universidad Técnica de Ambato.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de investigación se realizó bajo los conceptos de investigación aplicada, utilizando los conocimientos adquiridos para la solución de un problema, empleando:

La investigación bibliográfica documentada, para la adquisición de información sobre bases teóricas que facilitó el diseño del sistema. La explicación científica de las bases del proyecto se tomaron de libros, artículos técnicos papers y proyectos desarrollados ya en otros países y en el Ecuador donde se presentan: enlaces inalámbricos y redes de datos para sistemas de control, Servidores, programación y aplicaciones de dispositivos electrónicos.

La investigación de campo, realizando un estudio sistemático de los hechos en el lugar en que se producen los acontecimientos. La recolección de información y adquisición de datos se tomaron directamente de los edificios de la Universidad Técnica de Ambato en sus tres campus.

La investigación experimental para el diseño de los elementos de control del prototipo realizado para el sistema de activación de alertas.



### **3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

La información para el estudio y dimensionamiento de equipos y materiales se obtuvo de la unidad de Gestión de Riesgos de la Universidad Técnica de Ambato, de las facultades, y de bibliotecas afines a la documentación teórica requerida.

La recolección de información se inició de forma previa a la presentación y reconocimiento del proyecto de investigación utilizando como recursos: tablas comparativas, entrevistas, fichas observación y fichas mnemotécnicas.

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

Por las características de la presente investigación se determinó que no se requería de un estudio de población y muestra.

### **3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

El procesamiento y análisis de datos se realizó mediante una clasificación de la documentación obtenida, presentando una descripción ordenada de los entornos a estudiarse en el proyecto. Se realizó un análisis crítico de los datos obtenidos durante la recolección de información, considerando los siguientes lineamientos:

- Eliminar información de baja relevancia.
- Obtener parámetros técnicos, específicos y concretos que determinen las características del sistema a ser diseñado.
- Interpretar la información que permite plantear estrategias de solución al problema.

### **3.5 DESARROLLO DEL PROYECTO**

A continuación se presenta un bosquejo de las actividades realizadas para el desarrollo del presente proyecto:

1. Análisis de las características del sistema de alerta de la Universidad Técnica de Ambato.
2. Diagnóstico del estado base del sistema de alerta temprana de la Universidad.

3. Reconocimiento de las infraestructuras por medio de planos y de forma física.
4. Cálculos para dimensionar dispositivos de alerta y de comunicaciones.
5. Determinación de los sitios de interés para la ubicación de dispositivos de alerta y comunicaciones.
6. Determinación de los requerimientos de aplicaciones.
7. Diseño de la red de comunicaciones.
8. Diseño del sistema de control.
9. Diseño de un sistema de respaldo de alimentación.
10. Presupuesto de los costos de implementación
11. Implementación de un prototipos de las características diseñadas en la FISEI.
12. Instalación de dispositivos del prototipo en los edificios de la FISEI.
13. Programación y configuración de los dispositivos del prototipo.
14. Pruebas de funcionamiento y corrección de errores del prototipo.
15. Elaboración del informe final.

## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTA**

El presente proyecto diseña una propuesta de un sistema de alertas para la Unidad de Gestión de Riesgos de la Universidad Técnica de Ambato (UGR-UTA). Creando un sistema de activación de alertas para comunicar de forma inmediata la ocurrencia de situaciones de peligro. El sistema informa la ubicación y estado (activado-desactivado) de la alerta a la Unidad de Gestión de Riesgos para que su personal ejecute actividades predestinadas al manejo de emergencias.

El diseño del sistema de activación de alertas es la base que permite a la UGR-UTA implementar el proyecto en la institución, beneficiando a la comunidad universitaria con una señalización adecuada para la ejecución de protocolos de simulacro, evacuación e incendios; incrementando así la seguridad de la integridad física de la población universitaria en situaciones de emergencia.

#### **4.1 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.**

El desarrollo del proyecto tuvo una factibilidad técnica, económica y bibliográfica de forma detallada a continuación:

##### **4.1.1 Factibilidad Técnica**

La realización del presente proyecto tiene factibilidad técnica dado que los equipos y elementos electrónicos necesarios para el desarrollo del prototipo del sistema de activación de alertas, se encuentran en el país.

#### **4.1.2 Factibilidad Económica**

El presente proyecto es económicamente factible debido a que el financiamiento de la investigación es solventada con los recursos económicos del investigador.

#### **4.1.3 Factibilidad Bibliográfica**

La presente investigación tiene factibilidad bibliográfica debido a que la información requerida se encuentra en libros, documentos científicos, tesis, revistas, y documentos web.

### **4.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE EMERGENCIAS EN LA UTA**

La gestión de actividades relacionadas con emergencias, riesgos y amenazas en la Universidad Técnica de Ambato está orientada a las recomendaciones del Manual del Comité de Gestión de Riesgos del Ecuador. Los roles de responsabilidad son el Comité de Gestión de Riesgos y el Comité de Operaciones de Emergencia CGR/COE unidos en una sola organización, de forma institucional el COE-I. El CGR se enfoca en la reducción de riesgos como función permanente y global, y el COE en la atención y respuestas durante las situaciones de emergencia o de desastres.

La Unidad de Gestión de Riesgos está modificando la documentación de pertinencia para el establecimiento del Comité de Gestión de Riesgos (CGR) y del Comité de Operaciones de Emergencia (COE) y su organización.

El COE-I de la UTA decide las prioridades y las acciones a desarrollarse en caso de emergencia y desastre en la universidad, su organigrama estructural para la gestión de riesgos el mostrado en la Fig.4. 1. Es competencia de las autoridades y de las comisiones permanentes de apoyo (LOOPS), dar prioridad a las funciones requeridas para el manejo de situaciones adversas que pueden producir desastres o emergencias. La máxima autoridad del COE-I de la UTA es el rector, siendo su función subrogada a los vicerrectorados en caso de su ausencia.

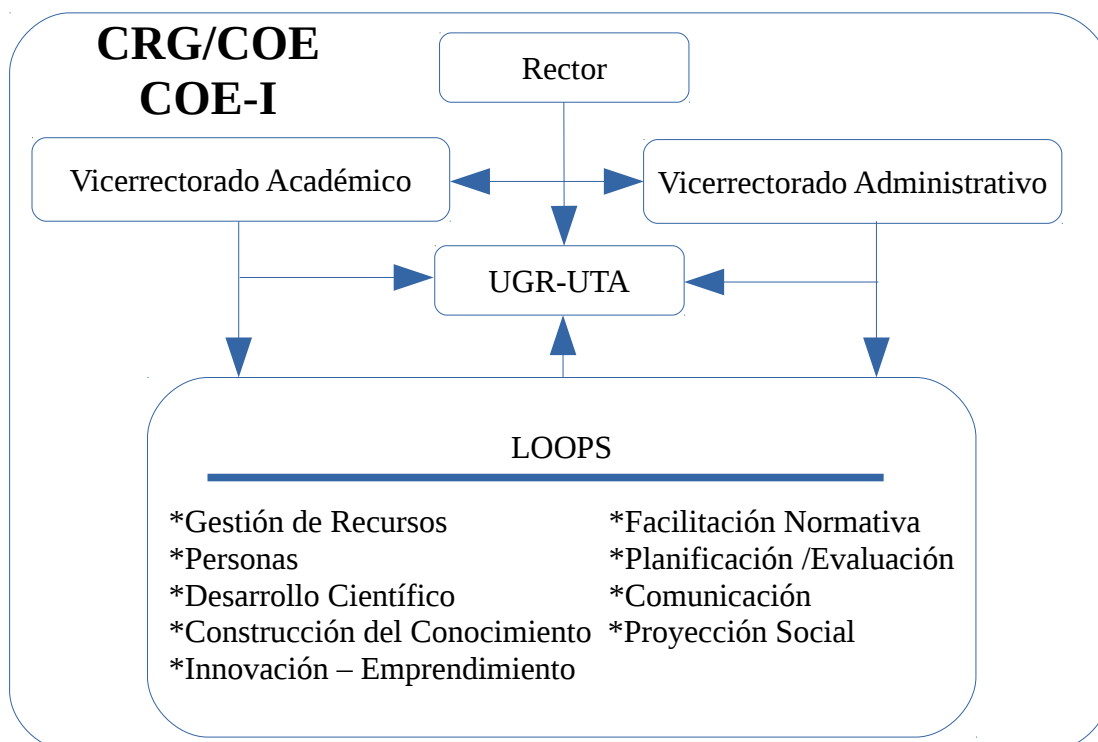


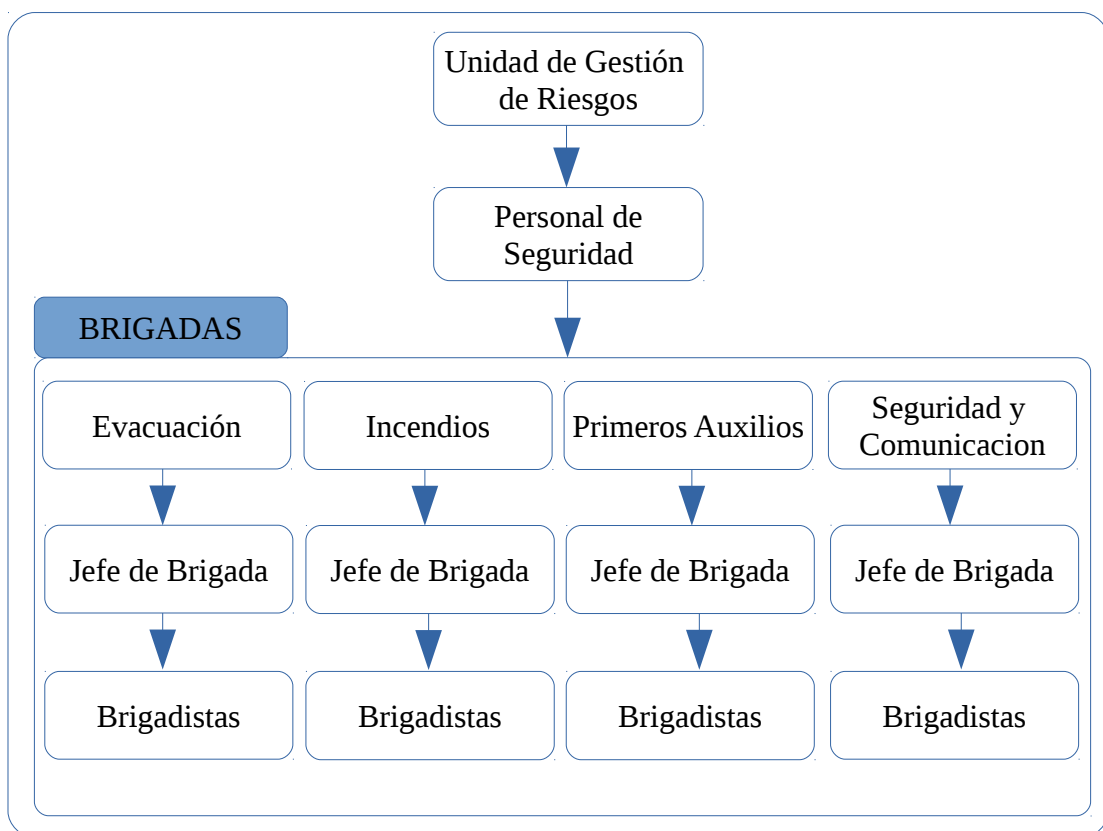
Fig.4. 1: Organigrama estructural del COE/CGR de la UTA. Facilitado por UGR-UTA.

La Resolución 1590-CU-P-2015 es un documento que oficializa la existencia de la Unidad de Gestión de Riesgos, el mismo que establece que esta Unidad es la encargada de los micro riesgos en el Área Técnica de Salud y Seguridad en el Trabajo y de los macro riesgos el Área Técnica de Gestión de Riesgos Externos. La estructura del Comité de Operaciones de Emergencia Institucional de la Universidad Técnica de Ambato (COE-I-UTA) está comprendida por:

- Rector y Vicerrectores que son las máximas autoridades y con la asesoría directa de la Unidad de Gestión de Riesgos de la UTA (UGR-UTA), se realiza la coordinación y toma de decisiones para la gestión de riesgos de la universidad.
- El Comité de Operaciones de Emergencia es la entidad que regula las decisiones, prioridades y acciones a desarrollarse en caso de emergencia y desastre en la UTA.
- Los LOOPS son comisiones permanentes, que brindarán apoyo a la gestión de riesgos.
- Las Unidades Institucionales de Gestión de Riesgos tiene responsables

técnicos delegados por edificios en cada campus Universitario.

En la actualidad la Unidad de Gestión de Riesgos maneja las emergencias de forma organizada en el carácter administrativo. En cada facultad existe un punto focal que es el primer responsable en la toma de decisiones, quien debe informar la situación de emergencia a sus superiores. Siguiendo recomendaciones documentadas por la compañía de seguros Axa/COPALTRIA, la UGR-UTA está cambiando la estructura de apoyo técnico a un esquema organizado por brigadas de la forma mostrada en la Fig.4. 2.



*Fig.4. 2: Diagrama del Apoyo Técnico en situaciones de emergencia. Diagrama facilitado por UGR-UTA.*

En cada edificio de las facultades y departamentos se implementan 4 brigadas de apoyo (Evacuación, Incendios, Primeros Auxilios y Seguridad y Comunicación), ubicados en un lugar específico del bloque de construcción, asignado por la Coordinación de la UGR-UTA. No se ha considerado la implementación de brigadas por facultades ya que se considera la formación organismos de apoyo técnico para

que entreguen una asistencia inmediata en las condiciones de emergencia.

#### **4.2.1 Análisis de los Protocolos de Emergencia**

La UGR-UTA coordina las operaciones durante las emergencias y desastres, orienta las fases de recuperación y asesora el manejo de la comunicación en una situación de emergencia. La comunicación se realiza en un trabajo conjunto con la dirección de comunicación y la Unidad de Riesgos, siendo el único vocero, el presidente del COE o un delegado para la emisión de los boletines de información al público.

Actualmente la información se lleva mediante una comunicación oral, para mejorar el sistema actual y reducir el tiempo de respuesta a la implementación de protocolos de seguridad, la UGR-UTA está implementando una estación de monitoreo para informar al personal de la Unidad de Gestión de Riesgos datos fundamentales como: ubicación y tipo ante la activación de alertas o la detección de situaciones de peligro.

El Manual de Normas de Seguridad, Salud y Reducción de Riesgos en los Laboratorios y Áreas de Simulación de la UGR-UTA, documenta la información de los protocolos a implementarse en caso de eventos emergentes. En el manual se establecen tres niveles de acción de acuerdo a las siguientes definiciones:

- *NIVEL DE ACCIÓN I:* Primeros Respondientes. Son las personas que tomen acción de manera inmediata y directa en un evento emergente, se consideran como primeros respondientes: Estudiantes que se encuentren utilizando los Laboratorios, Responsables de Laboratorios, Asistentes de Laboratorio, Docentes.
- *NIVEL DE ACCIÓN II:* Responsables de Laboratorios, Puntos Focales y Brigadistas. Personal capacitado en el manejo de protocolos, responsables de toma de decisiones en la emergencia
- *NIVEL DE ACCIÓN III:* Organismos de Socorro Externo, Unidad de Gestión de Riesgos en Coordinación Interinstitucional.

El manual incluye flujogramas de acción ante accidentes o incidentes, conatos de

incendio, evacuación y el protocolo a seguir en caso de derrame de sustancias contaminadas. En situaciones de incendio no controlado, derrame de sustancias tóxicas o para prevención de daños por réplicas sísmicas se declaran evacuaciones.

El método utilizado para informar una evacuación es la comunicación a viva voz, éste protocolo se lleva a cabo de forma parcial, específica o total, evaluando las zonas en peligro. El responsable de activar el protocolo de evacuación es el jefe de brigada.

#### **4.2.2 Estado Base del Sistema de Emergencia de la UTA**

En la Universidad Técnica de Ambato no existe un control ni señalización genérica para la información de evacuaciones; para los simulacros, algunas Facultades han utilizado silbatos o el método de información a viva voz, otras han implementado sistemas independientes. En la Tabla 4.1 se describe los elementos de alerta disponibles por Dependencias en los tres campus de la UTA.

El 59% de los departamentos y unidades académicas no tiene implementado un sistema de señalización de alertas, el 18,2% tiene un sistema de señalización híbrido e independiente (acústico luminoso). El restante 22,8% tiene un sistema de altavoces y solo la Facultad de Ingeniería en Alimentos ha implementado protocolos que implican el uso de los altavoces en casos de alerta.

#### **4.3 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE ALERTAS**

La Universidad Técnica de Ambato en sus campus Huachi, Ingahurco y Querochaca precisan la implementación inmediata de un sistema de señalización estimulante a los sentidos, con la finalidad de informar a la comunidad interna la ocurrencia de eventos adversos para la aplicación de los distintos protocolos de emergencia.

El sistema requiere un diseño global, para manejar funciones que permitan a la población de la universidad activar alertas de forma identificada, notificando a la Unidad de Gestión de Riesgos la ubicación y situación inicial del estado de alerta



Tabla 4. 1: Detalle de equipos de alerta de la Universidad Técnica de Ambato.

<b>Facultad /Dependencia</b>	<b>Equipos de Alerta</b>	<b>Condición</b>	<b>Observación</b>
<b>Huachi</b>			
Departamento de Cultura Física	Ninguno	-	-
DIBESAU	Ninguno	-	-
Piscina	Sirenas y Luces Estroboscópicas	En servicio	Activación manual y local.
Departamento de FEUE	Ninguno	-	-
Centro de Cultura y Deportes	Ninguno	-	-
Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos	Sistema de Altavoces	En servicio	Sistema de activación local implementado con Arduino.
Facultad de Contabilidad y Auditoría	Sistema de Altavoces	En servicio	Sin tonos de emergencia.
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica	Ninguno	-	-
Bar Universitario	Ninguno	-	-
Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales	Sistema de Altavoces	En servicio	Sin tonos de emergencia.
Facultad de Ciencias Administrativas	Sirenas y Luces Estroboscópicas	En servicio	Un edificio carece de equipos
Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación	Sistema de altavoces	En servicio	Sin tonos de emergencia
Facultad de Diseño Arquitectura y Artes	Ninguno	-	-
Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial	Sirena 110dB	Fuera de servicio	Un edificio carece de equipos de alerta.
Colegio Universitario	Ninguno	-	-
Departamento de Idiomas	Sistema de Altavoces	En servicio	Sin tonos de emergencia
Edificio de Rectorado	Sistema Acústico Luminoso	En servicio	Activación manual y local
<b>Querochaca</b>			
Facultad de Ciencias Agropecuarias	Ninguno	-	-
Facultad de Ciencias de la Salud	Sirenas y Luces Estroboscópicas	En servicio	Activación manual y local
Hospital Docente Veterinario	Ninguno	-	-
<b>Ingahurco</b>			
Edificios Administrativos	Ninguno	-	-
Facultad de Ciencias de la Salud	Ninguno	-	-
Dirección Financiera	Ninguno	-	-

*Elaborado por: Investigador.*

levantado. Las necesidades principales que debe satisfacer el sistema a ser diseñado

son:

- Establecer un medio de comunicación que permita enviar señales de alerta desde el personal de la Unidad de Gestión de Riesgos a la población general de la Universidad.
- La población general requiere de una interfaz de comunicación inmediata para notificar la ocurrencia de eventos identificados como peligrosos.
- La Unidad de Gestión de riesgos requiere de una sala de monitoreo del estado de alertas para activar y revisar situaciones de alerta locales, sectorizadas o generales.
- El sistema de señalización debe identificar el estado y origen de la alerta mediante diferentes tipos de señales para los protocolos de incendios, evacuaciones y simulaciones.

Entre las necesidades establecidas por la unidad de gestión de riesgos se determina que es necesario implementar un sistema de señalización para estados de alerta. Las Normas Técnicas de Protección NTP 889 establecen que para sitios de concurrencia pública se debe implementar un sistema de alarma acústico y luminoso de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN- ISO:7731:2014 y UL 1638 respectivamente.

En la norma NTE INEN-ISO 7731:2014 se establece que el uso de las señales luminosas es obligatorio en ambientes donde la señal de ruido ambiental supera los 100 dB. La bibliografía investigada determina que en ambientes de aulas y oficinas el nivel de presión sonora está alrededor de 50 dB. En adición, la implementación del sistema mediante sirenas, resulta más económico y sencillo en comparación a un sistema con señalización luminosa. La señalización con luces estroboscópicas implica la instalación de por lo menos un dispositivo por aula, oficina o laboratorio; no sucede así con señalización acústica. Los antecedentes mencionados determinan que la mejor tecnología para el sistema de señalización de alertas, es la acústica.

La Norma Técnica NTE INEN-ISO 7731:2014, "*Ergonomía. Señales de Peligro en*

*Lugares Públicos y Lugares de Trabajo. Señales Acústicas de Peligro*”, es una adaptación que establece los parámetros técnicos de la norma ISO 7731:2003 para las condiciones de señalización acústica. El sistema de señalización de la UTA se fundamenta en los parámetros técnicos de ésta norma, detallados a continuación:

- El nivel de presión sonora de una señal acústica de alertas en cualquier lugar de la zona de recepción debe ser de al menos 65 dB y no sobrepasar los 118 dB.
- La señal acústica de emergencia debe superar el ruido ambiental en por lo menos 15 dB. El ruido ambiental producido en la universidad está entre los parámetros del ruido ponderado a aulas y conversaciones (de acuerdo a la bibliografía 50-60dB) por lo que se toma como referencia 55dB, teniendo que el nivel de presión sonora mínimo debe ser 70dB.
- La señal acústica debe mantenerse mientras persiste el evento peligroso y al finalizar la emisión se debe garantizar la factibilidad de volver a utilizarlas.
- La frecuencia de la señal acústica de peligro se deben situar en el rango de 500 a 2500 Hz.
- Son preferibles las señales de peligro pulsantes a las continuas en el tiempo, la frecuencia de repetición de los pulsos debe estar comprendida en 0,2 y 4 Hz.
- Las conexiones e instalaciones de los dispositivos que se requieren en el sistema de activación de alertas deben estar dentro de los parámetros de protección recomendados por NEMA o su equivalente IP.

Todos los campus universitarios (Huachi, Querochaca e Ingahurco) deben tener las mismas características de diseño, homologando las señales en los distintos casos de alertas y simulaciones; creando un diseño que garantice la cobertura del sistema para la seguridad de la comunidad universitaria; y diseñando un sistema escalable con la posibilidad de integrar nuevas funciones.

## 4.4 SISTEMA DE ACTIVACIÓN DE ALERTAS.

### 4.4.1 Arquitectura Física de la Universidad.

La Universidad Técnica de Ambato está conformada por tres campus ubicados en distintos puntos geográficos. El Anexo 1, presenta el diagrama sectorizado de la arquitectura física de la universidad, donde se describe la ubicación de las distintas unidades académicas y departamentos.

#### Campus Huachi

El campus Huachi es el que alberga la mayor cantidad de edificios de la universidad, la distribución arquitectónica se observa en la Fig.4. 3. La extensión territorial e infraestructuras del campus Huachi se ha dividido en 4 zonas (ZA, ZB, ZC, ZD) por tratarse de una distribución heterogénea. La división fue realizada por la URG-UTA, considerando las agrupaciones de edificios y las divisiones viales; sectorizando en zonas el análisis de los riesgos existentes.

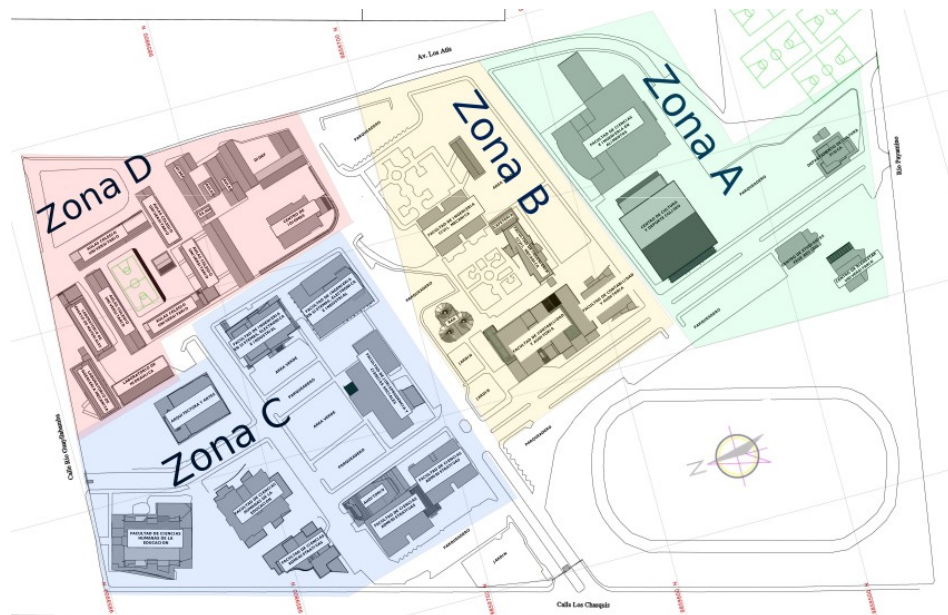


Fig.4. 3: División de zonas del campus Huachi de la UTA.

Facilitado por: UGR-UTA

Los edificios de cada zona en el campus Huachi están separados a una distancia espejular de ~30m, considerándose un espacio holgado.

## Campus Ingahurco

En la Fig. 4. 4 se observa los sectores del campus Ingahurco. La zona IA tiene una distribución arquitectónica heterogénea con un espacio entre construcciones de bajas dimensiones (~10m), considerado como reducido. La zona IB está compuesta de forma única por el edificio de la Dirección Financiera.



Fig.4. 4: División de zonas del campus Ingahurco de la UTA.

Facilitado por: UGR-UTA

## Campus Querochaca

El campus Querochaca tiene una extensión territorial de 451.771.4 metros cuadrados; destinando la mayor parte del territorio a fines prácticos de ingeniería Agronómica, solo el 15% de su extensión tiene construcciones. En la Fig.4. 5 se representa la distribución geográfica de los edificios, éstos están ubicados (de forma distante) en las zonas sombreadas de color azul y verde.

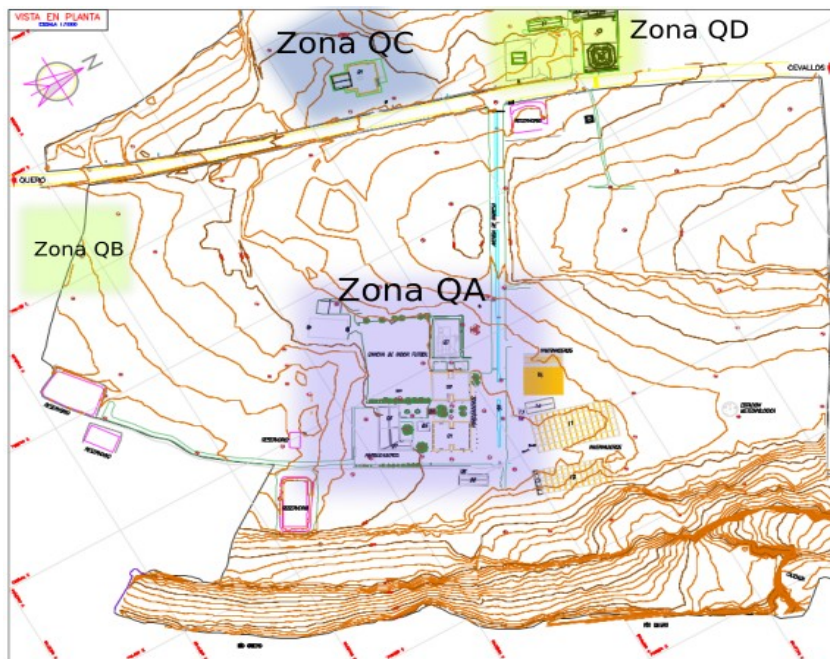


Fig.4. 5: División de zonas del campus Querochaca de la UTA.

Facilitado por: UGR-UTA

#### 4.4.2 Sistema de Comunicaciones

La sala de monitoreo del Sistema de Activación de Alertas, cuya ubicación teórica es en el bloque 07 de la zona B del campus Huachi<sup>1</sup> (Anexo 1), donde se encuentra la Facultad de Ciencias Administrativas, requiere intercambiar información con las unidades académicas y departamentos de la universidad, distribuidas en los diferentes edificios de los tres campus. El sistema de comunicaciones integra los campus y facultades en un punto fijo (Central de Monitoreo), permitiendo el acceso al sistema de activación de alertas a los usuarios genéricos y al personal de la unidad de gestión de riesgos.

Un sistema de comunicaciones se implementa por medio de tecnologías cableadas o inalámbricas, en la Tabla 4. 2 se detallan los recursos disponibles, ventajas,

1.- La sala de monitoreo es una sala situacional donde se vigila y controla las alertas físicas y de seguridad. La sala de monitoreo de la unidad de Gestión de Riesgos en el momento del diseño del presente proyecto está en etapa de implementación, por lo que aun no existe documento que oficializa su ubicación específica.

desventajas y situaciones actuales que se tiene al seleccionar uno de es éstos tipos de medio de transmisión, para la instalación del sistema de comunicaciones a utilizarse.

*Tabla 4. 2: Comparación de características de medios cableados e inalámbricos para la UTA.*

<b>CABLEADA</b>	<b>INALÁMBRICA</b>
<p>La UTA tiene un sistema de comunicaciones implementado, con enlaces de fibra óptica entre campus y cable ethernet entre unidades académicas.</p> <p>La instalación física de los nuevos dispositivos del sistema es de mayor complejidad en comparación al uso de tecnologías inalámbricas.</p> <p>Mayor confiabilidad al establecer la conexión.</p> <p>Las nuevas instalaciones requieren de protecciones dependientes del entorno. (tendido, soterrado protección de cables).</p>	<p>La UTA tiene está modificando su sistema de comunicaciones inalámbrico, implementado una nueva red (UTA-WIFI) y eliminando todas las redes inalámbricas existentes [DITIC-UTA 2017].</p> <p>La confiabilidad de la conexión es dependiente del nivel de señal emitido y recibido.</p> <p>Permite la movilidad de los dispositivos del sistema.</p> <p>La instalación de nuevos dispositivos es sencilla y no está limitada a una ubicación específica.</p>
<p>No todos los equipos existentes tienen sistemas de respaldo de alimentación eléctrica.</p> <p>La mayoría de sistemas backup de alimentación eléctrica en la UTA permite el funcionamiento de la red local por pocos minutos (~10).</p> <p>Las redes existentes están destinadas principalmente a entregar servicio de Internet a la comunidad universitaria (18000 personas aproximadamente), generando un tráfico de datos elevado.</p>	

*Elaborado por Investigador.*

La universidad tiene un sistema de comunicaciones híbrido (cableado–inalámbrico), que permite el enlace de datos entre unidades académicas de un mismo campus mediante el estándar Ethernet. La comunicación entre campus se realiza por medio enlaces de fibra óptica tendida entre Huachi, Querochaca e Ingahurco. La Dirección de Tecnología de Información y Comunicación (DITIC) de la UTA, ha implementado un cambio en las redes inalámbricas de la universidad, creando una sola red integrada “UTA-WIFI”. La nueva red utiliza equipos Xirrus X-R 630 y Xirrus R-X 2000, antenas Wifi de banda ancha con velocidades de hasta 2.6 Gbps, en el estándar 802.11 ac.

El sistema de comunicaciones implementado en la UTA es poco estable para el envío de información del sistema de activación de alertas, esto debido a las características heterogéneas del respaldo de alimentación eléctrica y al tráfico de datos producido por la alta cantidad de dispositivos conectados a la red. Sin embargo, la red local de la universidad es de altas prestaciones, por lo que se utiliza como red de respaldo del sistema de activación de alertas; y para el envío de datos del sistema de comunicaciones entre los tres campus ( del sistema principal), se realizan VLAN'S en los enlaces de fibra óptica existentes<sup>2</sup>.

La tecnología inalámbrica permite que los dispositivos del sistema puedan desplazarse dentro del área de cobertura y facilita la adición de nuevos dispositivos a la red. La instalación de un sistema mediante tecnología inalámbrica es más sencillo en comparación a tecnologías cableadas. Debido a éstos fundamentos, el sistema de comunicaciones principal, utiliza una comunicación basada en tecnología inalámbrica, adaptándose de mejor manera a las necesidades de la Unidad de gestión de riesgos, donde los dispositivos terminales del sistema se movilizan sin dificultad; dando la oportunidad a la comunidad universitaria de manipular los mecanismos de alerta de forma remota.

En la Tabla4. 3 se realiza un análisis comparativo de las características que se tiene en el uso de distintas tecnologías de comunicaciones inalámbricas.

El uso de una red GSM-GPRS es de baja confiabilidad en situaciones de emergencia; cuando se producen desastre naturales, éste tipo de redes tienden a colapsar. Bluetooth permite el acceso al sistema desde dispositivos móviles pero es limitado por el alcance de la señal y número de nodos. En la especificación Zigbee se alcanza distancias de transmisión de algunos kilómetros, pero con línea de vista y a una velocidad de transmisión baja; con obstáculos la distancia se reduce de forma considerable.

---

2.- El sistema de comunicaciones que permite el enlace de datos por medio de fibra óptica entre los tres campus tiene como sistema backup de alimentación eléctrica, generadores eléctricos.



Tabla 4. 3: Análisis comparativo de las tecnologías inalámbricas. Basado en[42-48]

<b>PARÁMETRO/ TECNOLOGÍA</b>	<b>GSM-GPRS</b>	<b>WIFI</b>	<b>Bluetooth</b>	<b>Zigbee</b>
Distancia de comunicación sin obstáculos	Depende de la operadora (~km)	50-100 m (~Hm)	30m	1.6km con línea de vista
Distancia de comunicación con obstáculos	Depende de la operadora (~km)	15m (~Dm)	10m	~15m
Frecuencia de la señal	300 – 1200 Mhz (Banda privada)	2.4-5 Ghz (Libre)	2.4 GHz	2.4 GHz
Velocidades de Transmisión.	20 – 100 Mbps	11-1300 Mbps	721 kbps - 24 Mbps	250 kbps
Número de posibles nodos.	Depende de la operadora	255- 2 <sup>24</sup>	255 ms	65535
Tecnología de acceso para dispositivos móviles	Si	Si	Si	No

Wifi admite un enlace para los dispositivos móviles (laptops, smartphones, tablets) y permite el acceso a la red a distancias adecuadas para la aplicación del sistema de activación de alertas, además mediante configuraciones de repetidores se puede dar cobertura total a una zona determinada. Esta tecnología permite el manejo de protocolos de comunicación en la capa de red (IP) transporte (TCP) y aplicación (HTTP). Al utilizar éstos protocolos se tiene una transmisión orientada a conexión, garantizando el envío de información, así, Wifi es la tecnología que presenta mayores beneficios para el diseño del Sistema de Activación de Alertas.

### **La Red de Comunicaciones**

La señal de acceso a una red wifi es expandida mediante repetidores utilizando configuraciones de sistemas inalámbricos distribuidos (WDS). La red diseñada es de uso exclusivo para la implementación de sistemas de alertas y futuros sistemas de seguridad de la Unidad de Gestión de Riesgos<sup>3</sup>, limitando el conocimiento del acceso

3.- La unidad de Gestión de Riesgos de la Universidad Técnica de Ambato está implementando un sistema de radio-comunicación con salida a dispositivos digitales mediante IP. Tiene en estudio la implementación de un sistema de sensorización y la integración de vídeo vigilancia a la sala

a esta red a personas genéricas. En la Tabla 4. 4 se detalla las características de algunos equipos que permiten crear un sistema distribuido inalámbrico con tecnología wifi, la mayoría de ellos son dispositivos para enlaces de largo alcance.

Tabla 4. 4: Características de equipos de comunicación para una red Wifi WDS.

<b>Equipo</b>	<b>Potencia Tx Umbral Rx (11Mbps)</b>	<b>Ganancia de la Antena</b>	<b>Estándares- Otras</b>	<b>Modos de Operación</b>
Ubiquiti Nanostation Loco M2	23 dBm -83 dBm	8.5dBi Direccional (30°-60°)	802.11 b/g POE (mimo 2x2)	Router/Bridge AP/Estación/Re petidor
Ubiquiti Nanostation Loco M5	23 dBm -83 dBm	13 dBi Direccional (30°-60°)	802.11 a (mimo 2x2)	Router/Bridge AP/Estación/Re petidor
Ubiquiti Picostation M2-HP	28dBm -97dBm	5dBi Omnidireccion al	802.11 b/g/n POE (mimo 2x2)	Router/Bridge AP/Estación/Re petidor
Mikrotik Groove 52HPn	27 dBm -93 dBm	Antena no incluida	802.11 b/g/n POE (mimo 2x2)	Router/Bridge AP/Estación/Re petidor
Mikrotik RB2011UiAS- 2HnD-IN	28 dBm -80 dBm	4 dBi Omnidireccion al	802.11 b/g/n POE (mimo 2x2)	Router/Bridge AP/Estación/Re petidor
TP-Link TL- WR841HP	30 dBm - 91 dBm	9dBi Omnidireccion al	802.11 b/g/n	Router/Bridge AP/Estación/Re petidor
TP-Link TL- WA5210G	27 dBm - 90 dBm	12 dBi Direccional (30°-60°)	802.11 b/g POE	Router/Bridge AP/Estación

El sistema de comunicaciones se diseña con la radio Ubiquiti Picostation M2HP de la empresa Ubiquiti Networks. Se selecciona éste equipo por las ventajas que presenta su antena omnidireccional con ganancia de 5dBi, potencia de transmisión de 28dBm y un umbral de recepción de -97 dBm, considerablemente superior a los otros dispositivos (los equipos con antenas de ganancias superior fueron descartados por tener un menor umbral de recepción muy inferior).

---

situacional.

El equipo se configura mediante el firmware airOS, un sistema de código abierto que permite enlazar hasta 6 radios de forma inalámbrica en topología estrella. El diseño de una red WDS con los equipos seleccionados deben cumplir ciertos parámetros de configuración, para que los dispositivos reconozcan la red inalámbrica, se conecten a ella y repitan la señal.

Los parámetros de configuración de una red WDS con equipos Ubiquiti Networks son:

- Emparejar las direcciones MAC de los dispositivos que requieren establecer una conexión inalámbrica.
- El nombre y contraseña de la red inalámbrica deben ser los mismos para todos los equipos que intervienen en la configuración WDS.
- Establecer un ancho de canal de 20 Mhz, compatible con el estándar 802.11 b/g/n, para la conexión de dispositivos móviles.
- Todos los dispositivos que integran la red WDS deben radiar la señal wireless en el mismo canal de radiofrecuencia.
- La velocidad de transmisión de todos los dispositivos repetidores debe ser la misma, para que los repetidores reconozcan la red.

El diseño de la red de comunicaciones es realizado con ayuda del software Radio Mobile. Para determinar la cantidad de dispositivos requeridos en cada campus, se considera que la red inalámbrica AlarmasUTAH debe tener cobertura en más del 90% de las zonas cercanas a las unidades académicas y departamentos de la Universidad, con la finalidad de garantizar que la comunidad universitaria tenga acceso (identificado) al sistema desde cualquier lugar, dentro de los campus.

La ubicación y cantidad de dispositivos requeridos es estimado mediante simulaciones de la radiación de la señal wifi, tomando en cuenta el siguiente procedimiento:

**A)** En el software de simulación se ingresa, en propiedades de las unidades, la

ubicación geográfica de por lo menos una radio Ubiquiti por edificio, en las zonas externas de los mismos, como se muestra en la Fig.4. 6 El fundamento utilizado para este método es que la distancia especular entre edificios es de 30m y el alcance teórico de Wifi está entre 15 y 50 m teóricos.

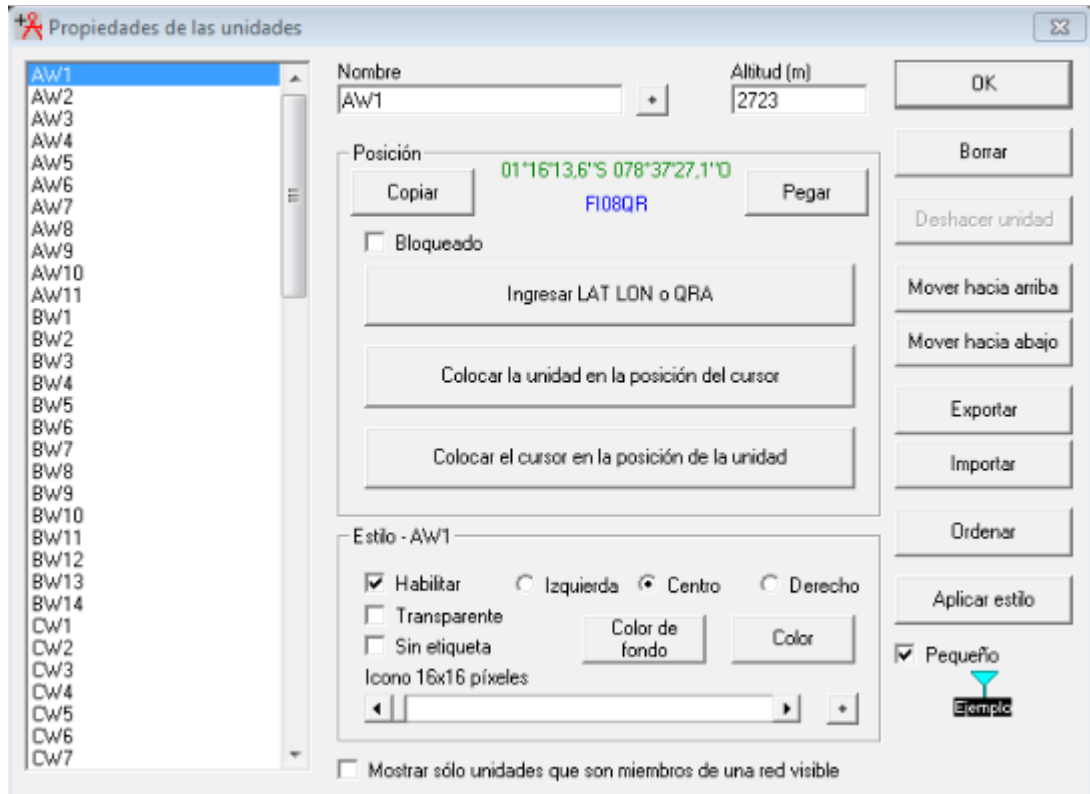


Fig.4. 6: Parámetros de ubicación geográfica de las radios Ubiquiti. [Radio Mobile]

**B)** En las propiedades de las redes se edita los parámetros del canal de radio-frecuencia utilizado en comunicaciones Wifi. La simulación se realiza utilizando el canal central 7 para la red AlarmasUTAH, el mismo que tiene un ancho de banda de 20 Mhz entre las frecuencias de 2432 y 2452 Mhz, como se observa en la Fig.4. 7.

**C)** La simulación de la radiación de la red inalámbrica se realiza considerando un sistema de comunicaciones móviles. Para determinar el patrón de radiación de las antenas wifi utilizadas, se crea dos especificaciones de los dispositivos; una para las estaciones que son las radios Ubiquiti y la otra considera los parámetros técnicos de un dispositivo Ithing (Internet de las cosas) para las unidades móviles.

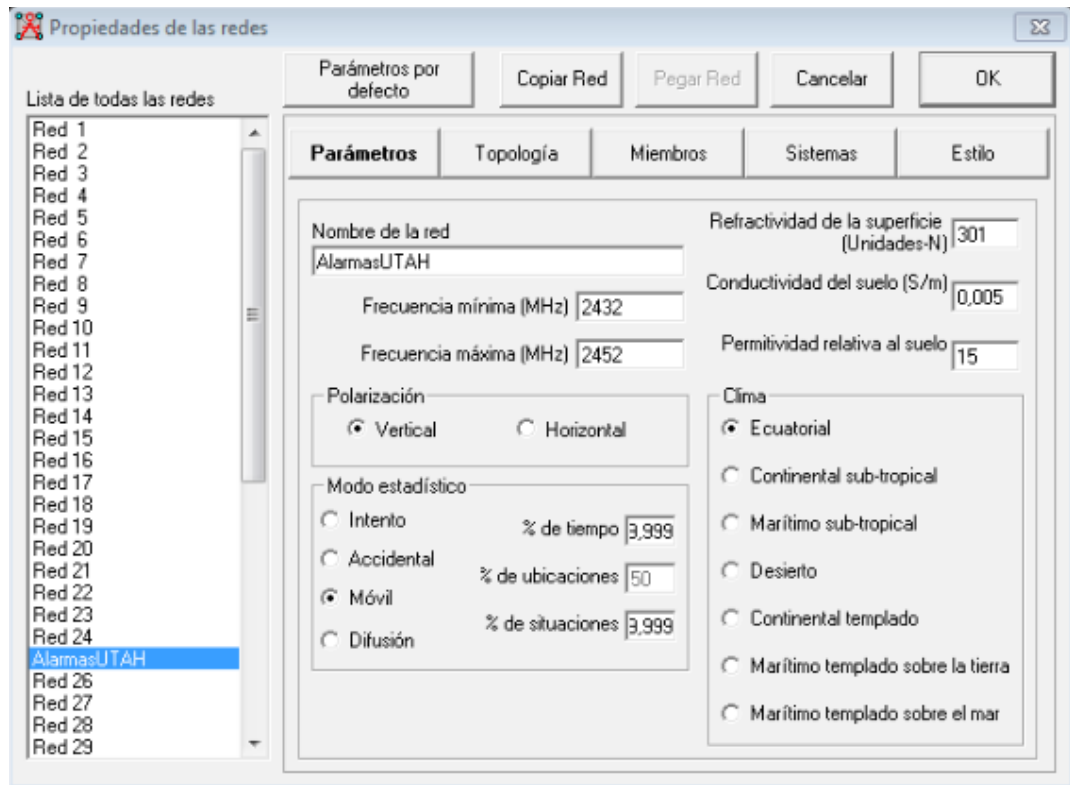


Fig.4. 7: *Parámetros de ancho de banda y frecuencias de transmisión de las radios Ubiquiti. [Radio Mobile]*

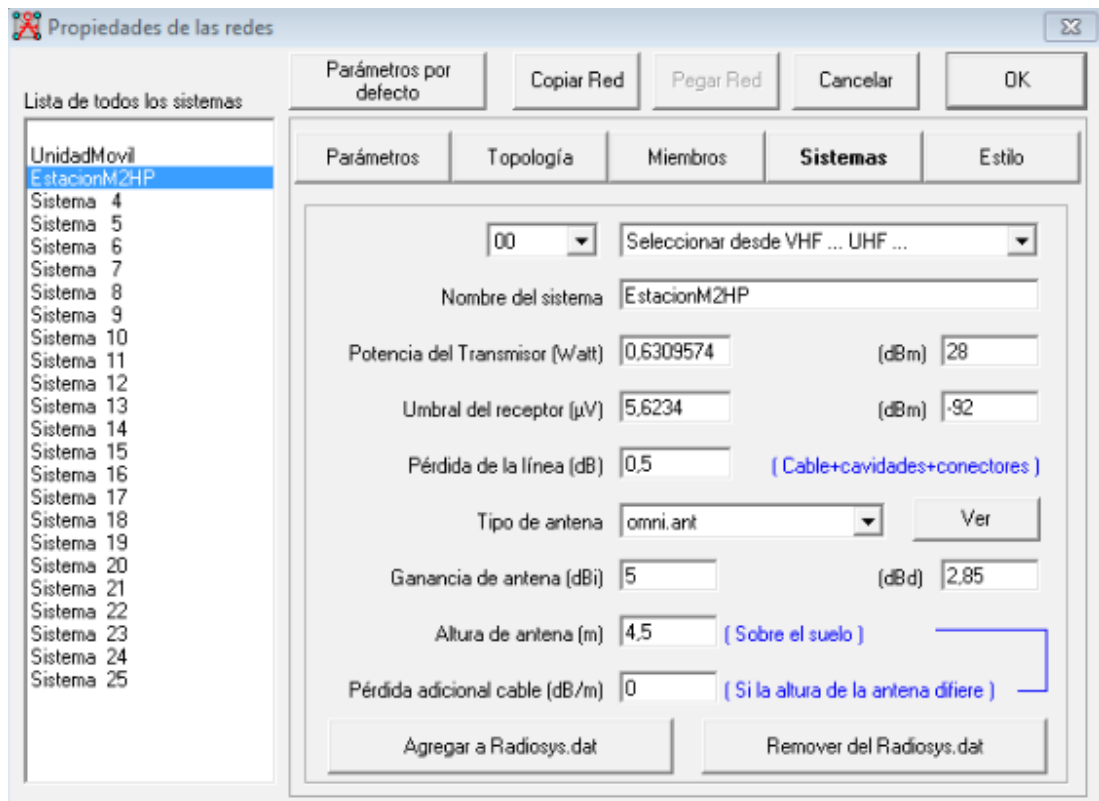


Fig.4. 8: *Parámetros técnicos de los puntos de acceso Wifi. [Radio Mobile]*

Las estaciones son los puntos de acceso de la red Wifi, los parámetros técnicos de éstas unidades se contemplan en la Fig.4. 8. Los valores son tomados del datasheet de la Ubiquiti Picostation m2HP para un estándar de comunicación 802.11 n, que es el estándar de comunicaciones más utilizado por los dispositivos móviles. Los criterios más importantes son: la potencia de transmisión de 28dBm, el umbral de recepción de -92 dBm y una antena omnidireccional de 5 dBi.

Las unidades móviles fueron configuradas con las características de transmisión y recepción para el mismo estándar (802.11 n) de un equipo del Internet de las cosas, éstas características son muy cercanas a las de los dispositivos móviles. La potencia de transmisión es de 14 dBm, el umbral de recepción es de -72 dBm y la antena integrada tiene una ganancia entre 0.5 y 1 dB, (se toma el valor inferior para condiciones de diseño), éstos parámetros se observan en la Fig.4. 9.

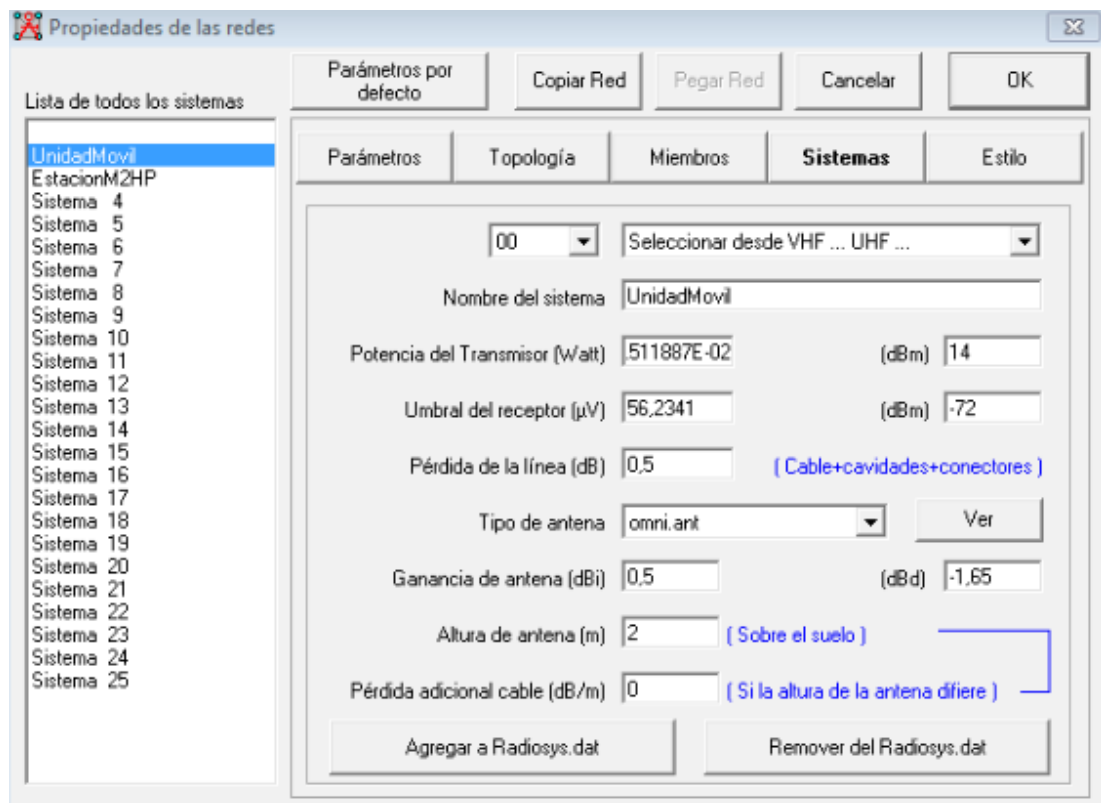


Fig.4. 9: Parámetros técnicos de las unidades móviles con acceso a Wifi.[Radio Mobile]

D) La interpretación de la cobertura de la señal de la red inalámbrica es simulada en base a un patrón de colores, donde se determina distintos fondos para los niveles de

señal presente en el área de análisis. La simulación toma a cada unidad creada en el paso A con las características de la estación y a una unidad móvil. En la Fig.4. 10 se configura el software para simular la radiación de la antena Ubiquiti M2HP con denominación BW1.

El patrón de radiación determinado por los colores desde el rojo al blanco, indican el nivel de señal presente en el área. El área donde se tiene un nivel de señal máximo (-30 dBm) se pinta de color rojo, y el área de menor señal (-75 dBm) de color azul. El umbral de recepción del dispositivo móvil es de -72dBm, en consecuencia las zonas simuladas que presenten un color verde tienen una señal superior (-70.5dBm) al valor umbral, considerándose zonas de cobertura. Las zonas azules o sin color tienen un nivel de señal inferior al umbral de recepción, en éstas zonas los dispositivos móviles no alcanzan a conectarse a la red.

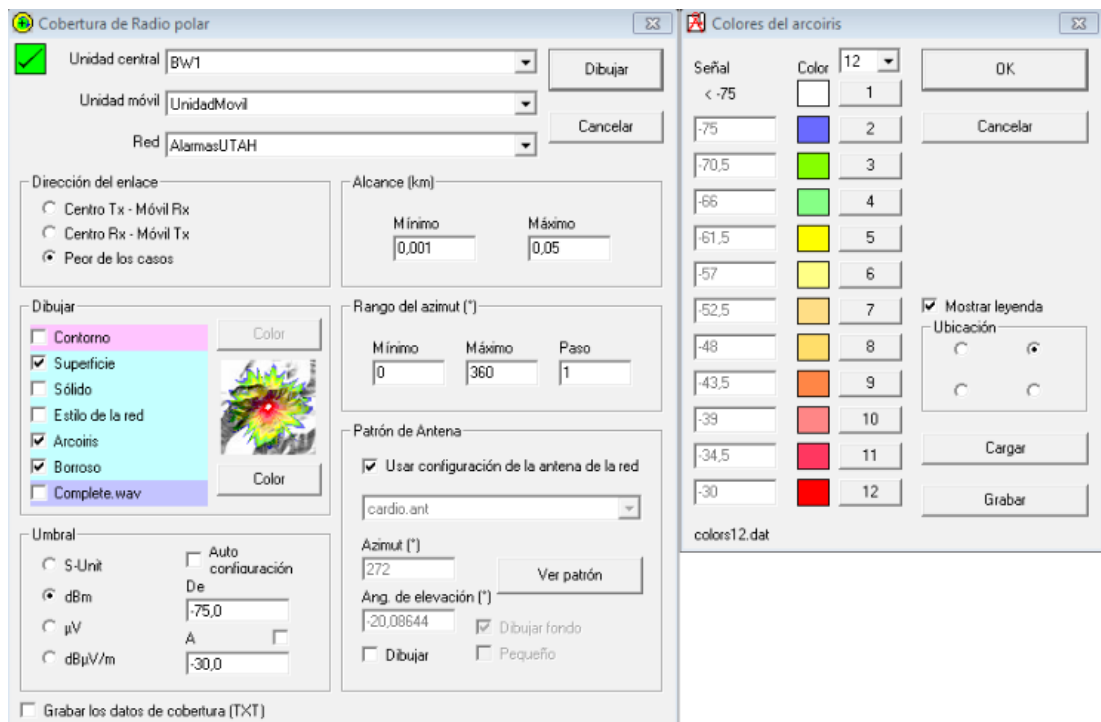


Fig.4. 10: Parámetros de simulación para graficar la cobertura de la señal Wifi.. [Radio Mobile]

E) Se realiza la simulación para todas las unidades en el área de análisis. Determinado el área de cobertura, se analiza la interferencia de las señales que se grafican de color negro, para ubicar los dispositivos en conflicto en una nueva

posición. En las áreas sin señal de cobertura se ubican nuevas estaciones repetidoras, reforzando la señal en los interiores de los edificios. Finalmente se repite el proceso de simulación hasta tener una cobertura ideal.

Mediante el proceso señalado se estableció la ubicación y cantidad de dispositivos requeridos para los tres campus: Huachi, Querochaca e Ingahurco teniendo para cada uno los siguientes resultados.

### Huachi

El diseño de la red inalámbrica del campus Huachi está basado en el diagrama presentado en la Fig.4. 11. Las líneas rojas representan enlaces de repetidores inalámbricos configurando redes WDS. Las líneas verdes son conexiones cableadas que establecen enlaces a la red mediante configuraciones de los radios Ubiquiti en modo bridge.



Fig.4. 11: Diagrama de conexión de los radios Ubiquiti en el campus Huachi. [Google Earth]

La irradiación de la señal, analizada mediante las simulaciones del software Radio Mobile en el campus Huachi es la mostrada en la Fig.4. 12 para ambientes externos y Fig.4. 13 para ambientes internos. El color amarillo indica los sectores de mayor señal, el verde los sectores que tienen una señal aceptable y los sombreados de color



azul son sectores críticos, donde la señal es inferior al umbral de recepción. La gráfica muestra que con 22 equipos ubicados en los interiores de los edificios y 32 en sus exteriores el campus Huachi tiene un área de cobertura cercano a la totalidad de su territorio. En la zona A se han ubicado 11 dispositivos, en la zona B 14, en la zona C 20 y en la zona complementaria 11, teniendo la totalidad de 54 equipos de comunicación.

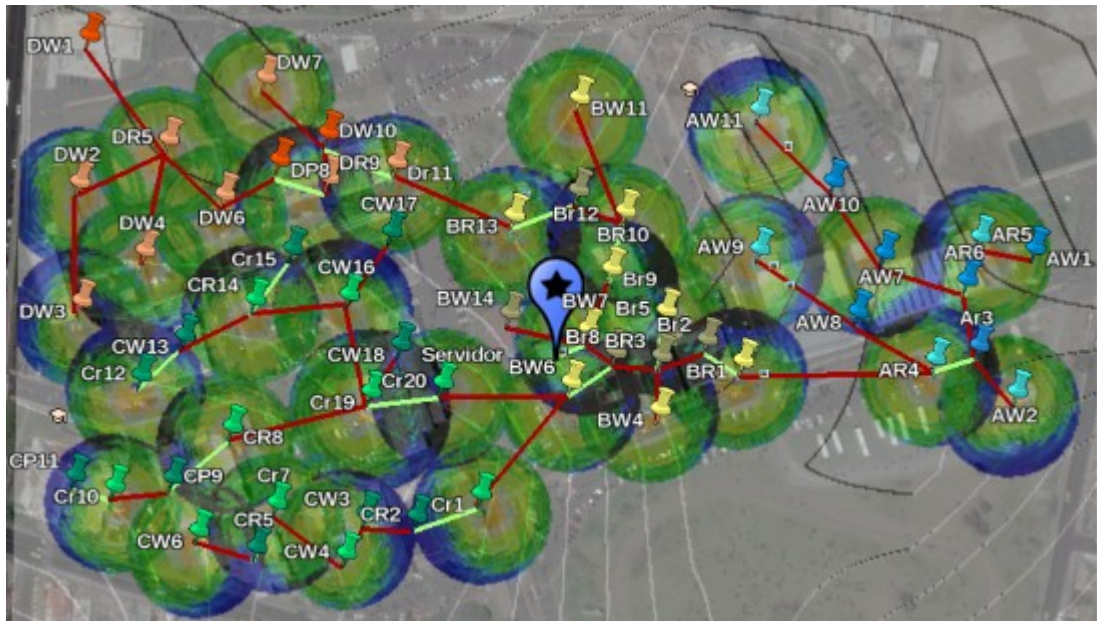


Fig.4. 12: Radiación de la señal wifi de los radios Ubiquiti externos del campus Huachi. [Radio Mobile – Google Earth]

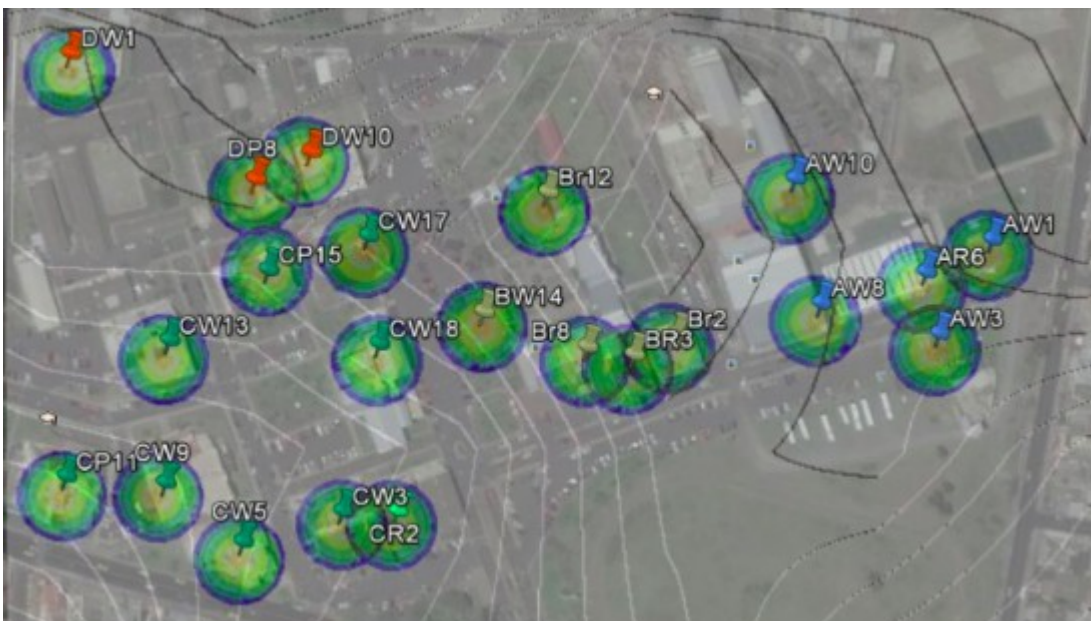


Fig.4. 13: Radiación de la señal wifi de los radios Ubiquiti internos ubicados de campus Huachi.

[Radio Mobile – Google Earth]

## Querochaca

En el campus Querochaca, al tener grupos de edificios separados por distancias mayores a 300m, se requiere implementar un radio-enlace a corta distancia. Los radios utilizados en el diseño del presente proyecto permiten conexiones mimo y mediante tecnología Airmax es posible establecer conexiones de hasta 500m. La conexión entre los grupos de edificios de este campus se realiza utilizando tres de estos dispositivos de acuerdo al diagrama de la Fig.4. 14, en donde QW7 es un punto de acceso y QW1, QW16 son estaciones.



*Fig.4. 14: Radio-enlace de corto alcance entre los bloques de edificios del campus Querochaca. .  
[Google Earth]*

El resultado de la simulación de los radio enlaces realizados se observan en las figuras Fig.4. 15 y Fig.4. 16, demostrando la conectividad a un nivel de señal adecuado. La primera entre la Facultad de Ciencias Agropecuarias (QW7) y los edificios de Ciencias de la salud (QW1) y la segunda entre QW7 y el Hospital Docente Veterinario (QW16).

La configuración de las conexiones de la red WDS del campus Querochaca, determinada después de las simulaciones es el mostrado en la imagen de la Fig.4. 17, los enlaces rojos son conexiones inalámbricas establecidos por direcciones MAC y los verdes son conexiones cableadas estableciendo puentes entre las interfaces LAN y WLAN de los radios Ubiquiti.

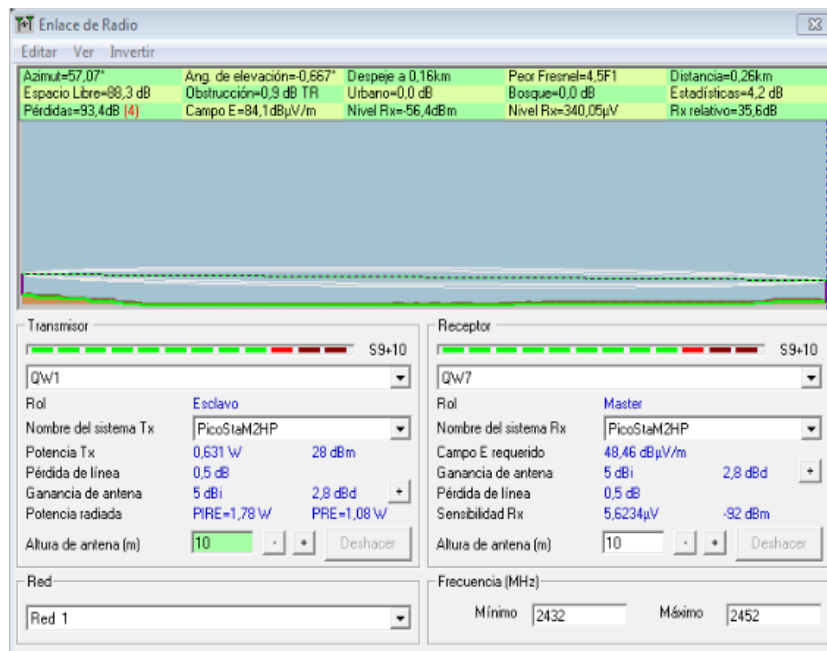


Fig.4. 15: Simulación del radio enlace 1 de Querochaca. [Radio Mobile]

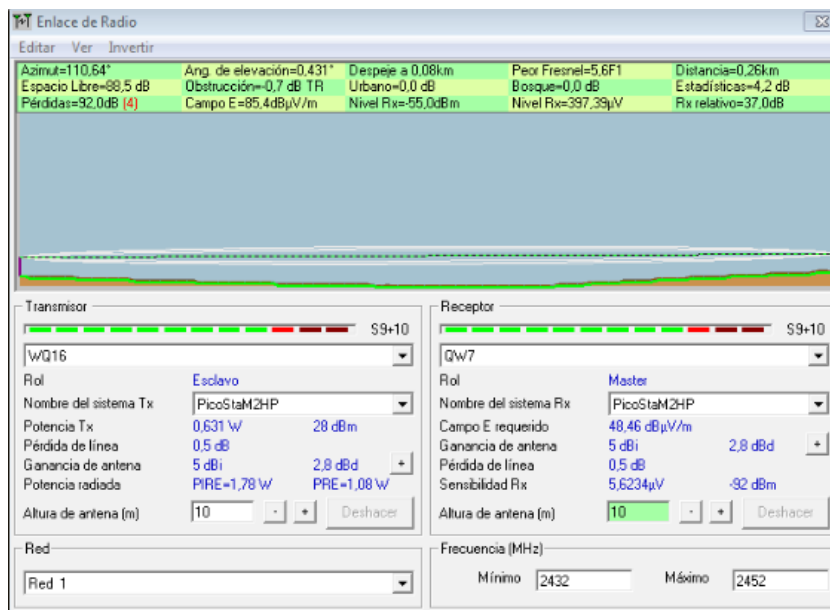


Fig.4. 16: Simulación del radio enlace 2 de Querochaca. [Radio Mobile]





Fig.4. 17: Configuración de conexiones de la red Wifi en el campus Querochaca..[Google Earth]

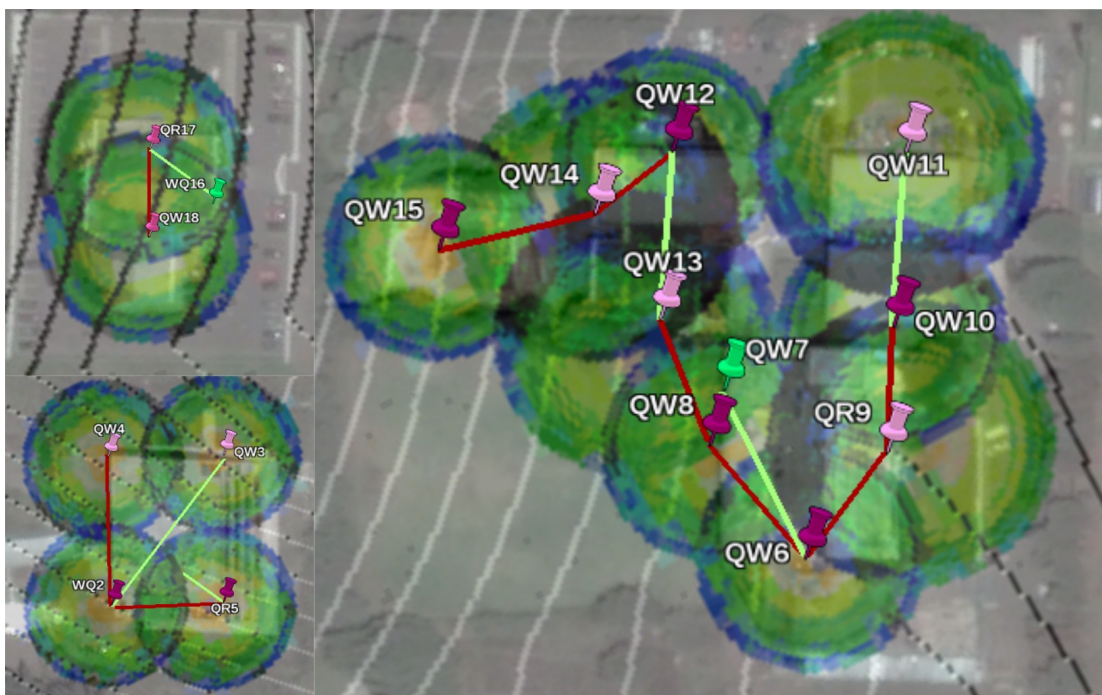


Fig.4. 18: Radiación de la señal Wifi en Querochaca. [Radio Mobile – Google ].

El mapa de radiación de la señal Wifi en el campus Querochaca es el mostrado en la Fig.4. 18, en color verde se representa los sectores con un nivel de señal sobre el umbral de recepción de los equipos móviles (-72 dBm). De acuerdo a los parámetros de simulación, en el 90% de los sectores externos adyacentes a los grupos de

edificios se garantiza el acceso a la red para los dispositivos móviles. Se utiliza un total de 16 radios de comunicación.

### Ingahurco

Finalmente, en el campus Ingahurco, utilizando el mismo método de simulación y cuantificación de equipos, se recomienda la instalación de 15 radios de comunicación inalámbrica de acuerdo al diagrama de la Fig.4. 19. La distribución de edificios de éste campus es heterogénea, dificultando las conexiones cableadas entre los radios de comunicación de los diferentes bloques, teniendo así tres conexiones cableadas (líneas verdes) y 10 inalámbricas para formar la red WDS.



Fig.4. 19: Configuración de conexiones de la red Wifi en el campus Ingahurco.[Google Earth]

El diagrama de radiación de la red Wifi en el campus Ingahurco es el mostrado en la Fig.4. 20, en donde se observa que de forma ideal, la cobertura de la señal con nivel de recepción umbral de  $-72\text{dBm}$  (color verde y amarillo) es adecuado en todo el campus universitario.



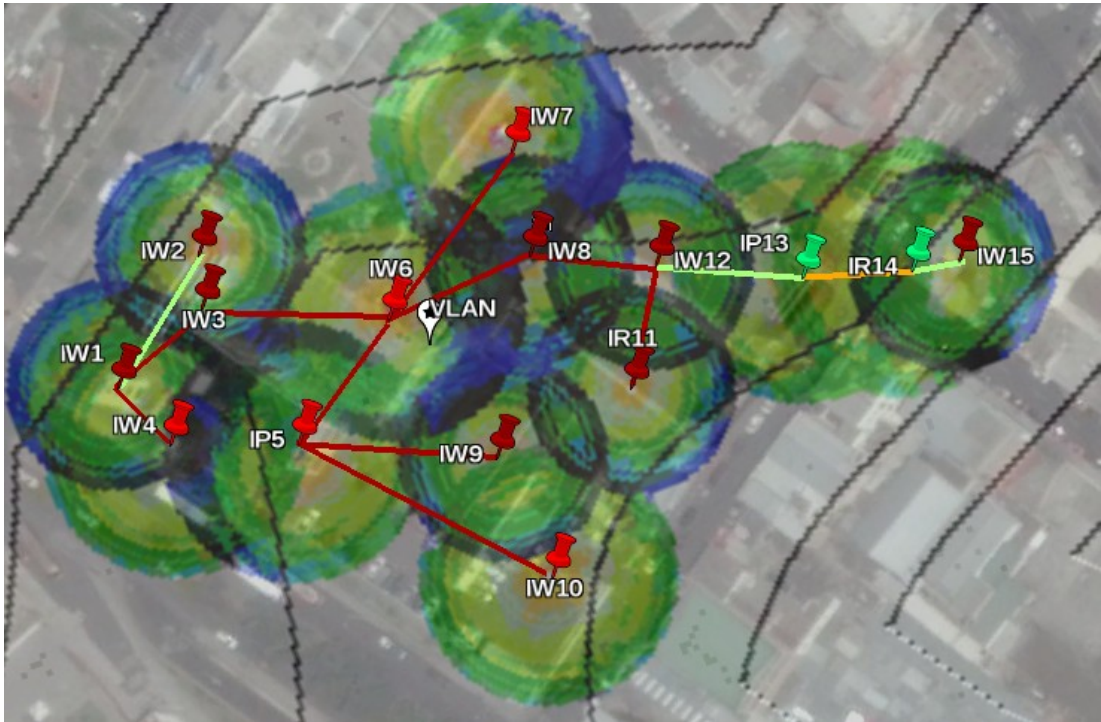


Fig.4. 20: Radiación de la señal Wifi en el campus Ingahurco.[Radio Mobile- Google Earth].

#### 4.4.3 Sistema de Activación de Alertas en la FISEI.

En la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial (FISEI) se diseña un modelo del Sistema de Activación de Alertas, que sirve como base para el diseño del sistema general (en toda la universidad). El sistema propuesto está constituido por cuatro bloques: Unidad de Control, Sistema de Monitoreo, Sistema de Comunicaciones y Servidor de Web de Aplicaciones de la forma ilustrada en la Fig.4. 21.

La Unidad de Control es un grupo de elementos y dispositivos electrónicos, encargados de la activación de las señales de alerta que se realizan de forma remota. La unidad es diseñada de de forma tal que su instalación pueda realizarse en cualquier lugar accesible de los edificios de la universidad, considerando las normas de protección NEMA 4.

La Unidad de Monitoreo es un equipo terminal que mediante clientes web permite al

usuario gestionar el acceso para ejecutar acciones de encendido, apagado y supervisión de los dispositivos electrónicos de señalización de las Unidades de Control, utilizando como intermediario el sistema de comunicaciones.

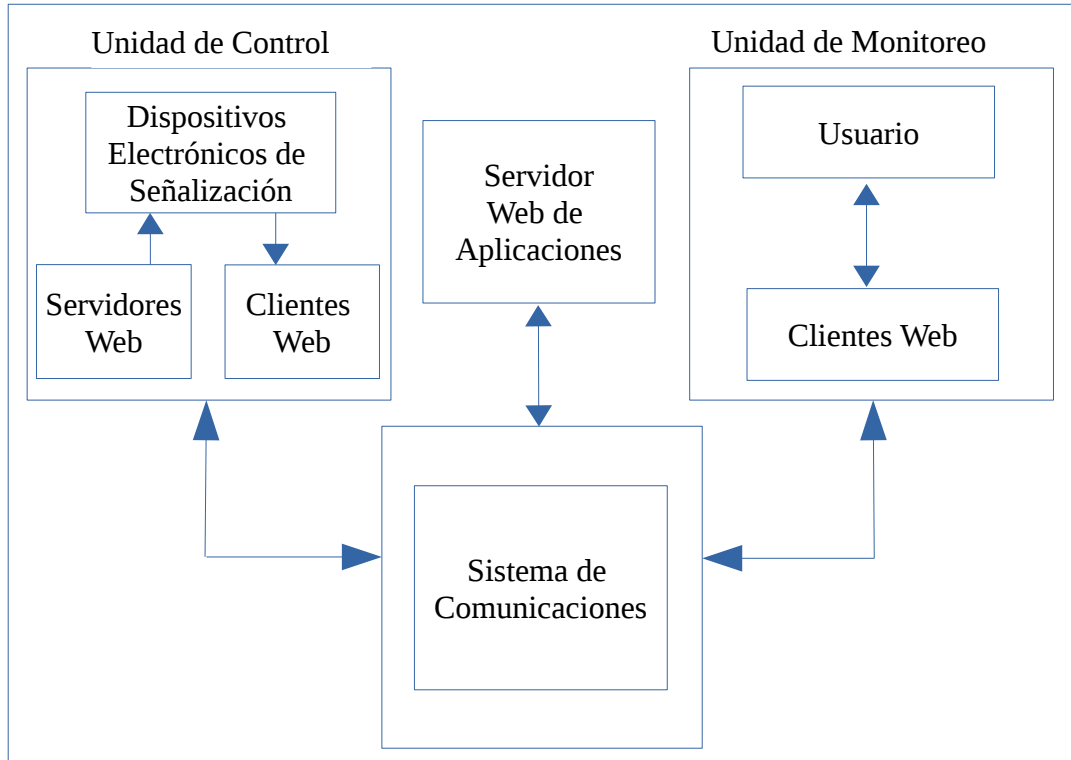


Fig.4. 21: Diagrama de bloques del sistema de activación de alertas. Elaborado por Investigador

El servidor web de aplicaciones es un software que controla el acceso y almacena la información del Sistema de Activación de Alertas.

El intercambio de información entre los dispositivos de las Unidades de Control con el Sistema de Monitoreo requiere de un Sistema de Comunicaciones (Diseñado con tecnología Wifi en el apartado anterior).

Las peticiones originadas por los usuarios mediante los clientes web son identificadas por el servidor de aplicaciones. Si la solicitud realizada es correcta y está autenticada, se devuelve la información necesaria para que éstos clientes soliciten a los servidores Web el cambio de estado de los dispositivos de

señalización.

La Unidad de Control supervisa de forma permanente el estado de los dispositivos de señalización, cuando surge un cambio, el cliente de ésta unidad actualiza la información en el Servidor Web de Aplicaciones, el mismo que informa a la Unidad de Monitoreo.

#### 4.4.4 Unidad de Control.

La finalidad de la Unidad de Control es activar los dispositivos electrónicos de señalización e informar al servidor el estado de los mismos. El diagrama de bloques de la Fig.4. 22 muestra la estructura básica de ésta unidad. Se tiene un regulador de tensión para los sensores, controladores y dispositivos electrónicos de señalización. El controlador gestiona la comunicación, envía las señales de los sensores al Servidor de Aplicaciones e interpreta las peticiones de los usuarios, activando y desactivando los actuadores.

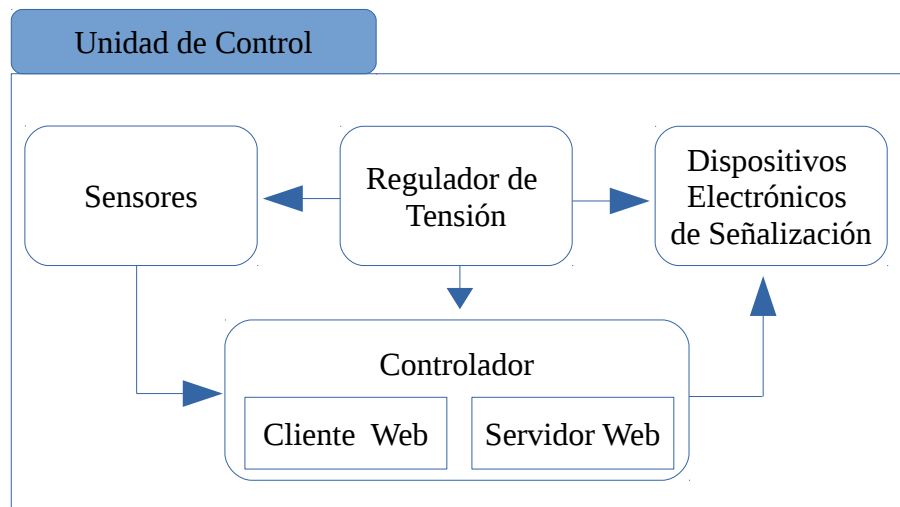


Fig.4. 22: Diagrama de bloques de la Unidad de Control.

*Elaborado por Investigador*

La identificación de las Unidades se realiza mediante direccionamiento IP, requiriendo tarjetas de control que soporten esta característica o que permitan transformar una comunicación Ethernet o Wifi a otro protocolo como Rs232, SPI, o RS485. El mercado local del Ecuador no dispone tarjetas electrónicas de tales características, los sistemas inalámbricos disponibles funcionan con GSM y RF. Al



no disponer en el mercado de una tarjeta controladora con las características requeridas, se diseña una tarjeta electrónica para las Unidades de Control.

En el análisis de requerimientos del sistema de alertas, se determina que la tecnología que más se adapta al diseño del presente proyecto es la señalización acústica. En la Tabla 4. 5 se detalla las características de sirenas utilizadas para señales de alerta y seguridad.

La Unidad de Control utiliza la sirena DSC TS-333S, de características similares a la DSC SD30W. La sirena tiene un tono continuo de fácil modulación que permite identificar las diferentes alertas del sistema. La presión sonora máxima es de 120dB y a un metro de distancia la presión es de 112 dB. El consumo de potencia de la sirena es menor en comparación a los dispositivos de igual o mayor potencia sonora (1.1A a 12VDC).

*Tabla 4. 5: Sirenas para señalización de alertas. [Basado en Datasheets de las Empresas]*

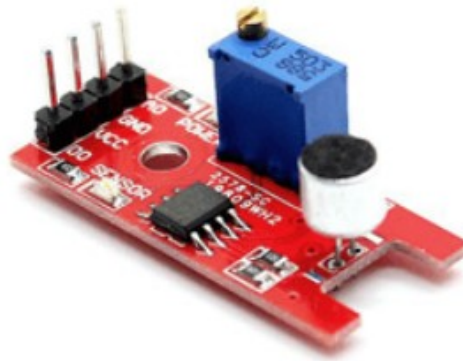
Sirena	Voltaje de Alimentación	Consumo de Corriente	SLP	Tipo de Tono
DSC SD 20W Electrónica	6-12 Vdc	500mA	110dB	Continuo Seguridad
DSC SD 30W Electrónica	6-12Vdc	1100mA	120dB	Continuo Seguridad
DSC SD 15W Electrónica	6-12Vdc	350mA	105dB	Continuo Seguridad
Motor Siren FPE. MS-390	12DC, 24DC, 220AC	3A-DC 0.5-1 A- AC	130dB	Continuo
Sirena 110Vac 30-59 W T003	120 VAC	1300mA	125dB	Continuo

Los sensores de la Unidad de Control deben determinar si las peticiones fueron ejecutadas de forma correcta, verificando el estado de las sirenas (encendidas o apagadas). La detección del encendido de las sirenas puede realizarse por medio de

sensores de corriente o sensores de sonido. A continuación se realiza un análisis general de los sensores que más se adaptan para el propósito mencionado:

### **Sensor de Sonido KY-038**

El módulo KY-038 mostrado en la Fig.4. 23 es una placa electrónica que integra un micrófono junto a un comparador LM 393, permitiendo obtener una lectura mediante una señal analógica o digital[54].



*Fig.4. 23: Sensor de sonido KY-38. Tomado de [54]*

La conexión requerida para el funcionamiento del sistema es simple, el módulo KY-038 tiene 4 pines, dos de alimentación (VCC y GND), una interfaz analógica y el último pin es una salida digital. Existe un potenciómetro instalado en el módulo que permite calibrar el umbral de disparo de la salida digital, esto de acuerdo al nivel de sonido deseado[54].

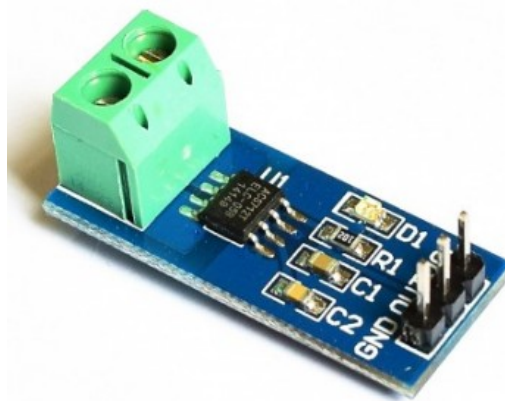
### **Sensores de Corriente.**

La serie de módulos ACS712 son un dispositivos electrónicos que permite medir la corriente en un circuito eléctrico, internamente trabaja con un sensor de efecto Hall que detecta el campo magnético que se produce por inducción de la corriente eléctrica que circula por la línea a ser medida. El sensor entrega una salida de voltaje proporcional a la corriente [55].

En la Fig.4. 24 se muestra el sensor de corriente ACS712 en un módulo que facilita

la conexión, tiene una bornera en la que se conecta en serie la línea que se quiere medir y tres pines, dos para la alimentación (VCC Y GND) y un pin para la salida analógica[55].

El rango de corrientes que se puede medir y la sensibilidad depende del modelo del circuito integrado teniendo así: ACS712ELCTR-05B-T en un rango de -5 a 5 A y una sensibilidad de 185mV/A, ACS712ELCTR-20A-T en un rango de -20 a 20 A con una sensibilidad de 100mV/A y el modelo ACS712ELCTR-30A-T que trabaja en un rango de -30 a 30A y una sensibilidad de 60mV/A[55].



*Fig.4. 24: Sensor de corriente ASC712. Tomado de [55]*

Los sensores de corriente disponibles en el mercado tienen muy baja sensibilidad en referencia al consumo de corriente que tiene la sirena ( $\sim$ mV/A). El sensor de sonido KY-038 tiene una interfaz digital directa que permite detectar niveles de presión sonora de acuerdo a un umbral configurable, resultando mejor para los propósitos de la Unidad De Control.

### **Tarjeta de Control.**

La Tarjeta de Control es la placa electrónica a la que se conectan los sensores y sirenas. El núcleo de la tarjeta requiere de un microcontrolador, en la Tabla4. 6 se tiene una comparación entre distintas tecnologías que permiten realizar sistemas micro-controlados. La tarjeta de control diseñada utiliza el módulo de

comunicaciones ESP8266 12-E versión 1.0, Nodemcu, seleccionado porque tiene una frecuencia de operación superior que permite la ejecución más rápida de los procesos y además, un módulo integrado para comunicaciones Wifi.

Tabla4. 6: Características de distintos microcontroladores y tarjetas embebidas. [Basado en Datasheet de los dispositivos]

<b>Circuito Integrado</b>	<b>Frecuencia de Operación</b>	<b>de Interfaces de Comunicación</b>	<b>de Interfaces GPIO - Analógicas</b>
PIC18F2550	0-48MHz	MSSP, EUSART, USB	I/O Digitales: 30 I Analógicas: 10
PIC18F4550	0-48MHz	SPI, I2C, MSSP, EUSART, USB	I/O Digitales: 30 I Analógicas: 13
PIC16F887	0-20 MHz	USB, EUSART, SPI, I2C, MSSP	I/O Digitales: 30 I Analógicas: 13
Arduino Uno	16 Mhz	USB, SPI, I2C, USART	I/O Digitales: 14 I Analógicas: 6
AtMega 328P	16 Mhx	SPI, I2C, USART	I/O Digitales: 23 I Analógicas: 7
Nodemcu	80 Mhz/160Mhz	USB-RS232, SPI, I2C, I2S, Wifi	I/O Digitales: 13 I Analógicas: 1
Atmega 32	16 Mhz	SPI,I2C, USART	I/O Digitales: 32 I Analógicas: 8

La tarjeta requiere de un circuito de alimentación y respaldo. La fuente de voltaje debe entregar 12 Vdc para las sirenas, 5Vdc para el sensor de sonido y 3.3Vdc para las salidas y entradas del módulo ESP8266.

El circuito de la Fig.4. 25 es un regulador de carga de baterías editado de Boylestad. Utilizando la batería VRLA a 12Vdc, 4A y 20AH, la correcta carga de la batería se realiza generando una onda de corriente pulsante entre el 10% y 25% de la corriente nominal y limitando el voltaje máximo de la fuente al nominal de la batería[50].

Los elementos que consumen más corriente en la tarjeta electrónica a diseñarse son la sirena (1.1A), el módulo ESP 8266 12-E (200 mA) y con una corriente de carga

de la batería de 800 mA, se considera un consumo de corriente aproximado de la tarjeta de 2.1A. El circuito de la Fig.4. 25 es el utilizado como fuente de alimentación de la tarjeta de control, para superar los 2.1 A se utiliza el transformador de alarma ViperTex de 16.5Vac y 2,42A y un puente de diodos KBP-310 a 3A, un margen ligeramente superior.

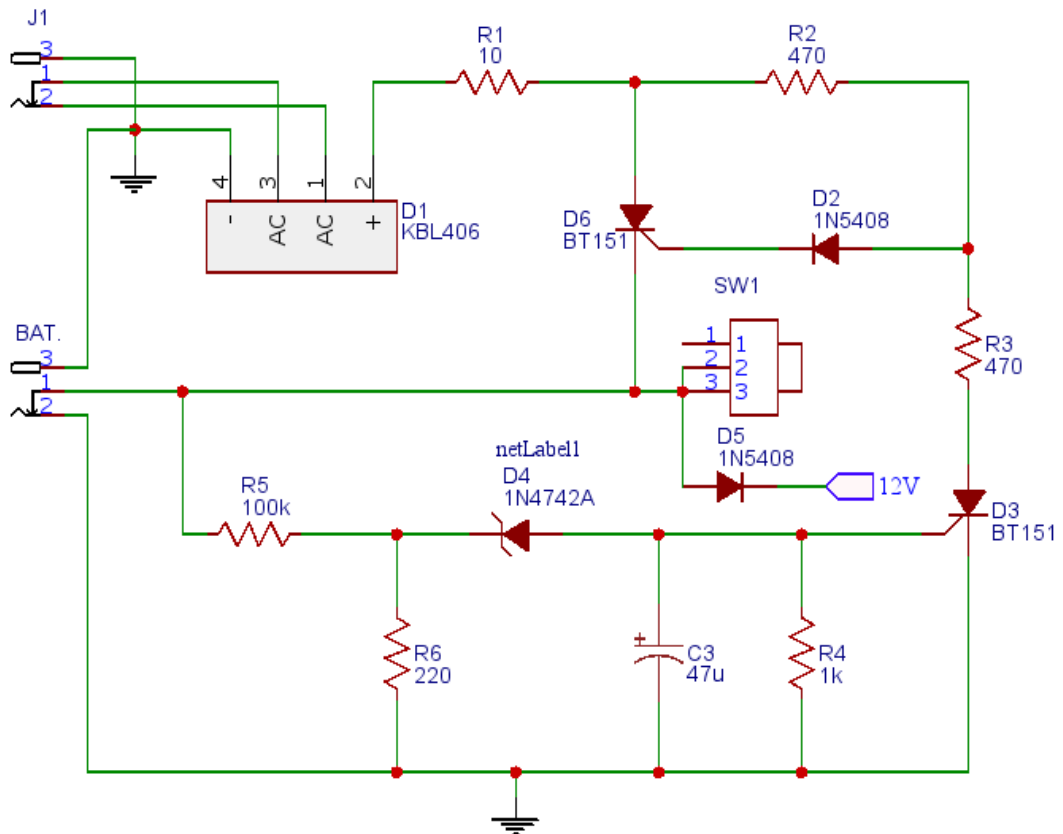


Fig.4. 25: Circuito regulador de carga de baterías. Editado de [56]

El circuito de la tarjeta de control es el mostrado en la Fig.4. 26. Se tienen interfaces de conexión para sensores de 5Vdc, comunicación serial y una etapa de acondicionamiento para la conexión de dos sirenas.

El Nodemcu soporta voltajes alimentación desde 5Vdc hasta 9Vdc, para regular la tensión de entrada se utiliza el circuito integrado LM-7805A, alimentado desde la batería con un diodo de protección para evitar daños en polarización inversa.

La tensión normal en el circuito electrónico es de 14Vdc, dado por el estado de carga

máxima de la batería, la misma que funciona de forma adecuada a tensiones superiores a 11 Vdc (a tensiones inferiores disminuye la corriente nominal). Para monitorear el estado de carga de la batería se utiliza la entrada analógica del módulo ESP 8266, creando un sensor por medio de un divisor de voltaje de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- El voltaje del sensor debe estar entre 1 y 3.3 Vdc para tener una resolución adecuada del convertidor análogo digital y no dañar el microcontrolador utilizado.
- Establecer un valor fijo de voltaje que determina el estado de carga máximo de la batería.
- Establecer un valor fijo de voltaje que determina el estado de carga mínimo permitido en la batería.
- Establecer un nivel de corriente que no supere los 200mA para evitar daños al dispositivo.

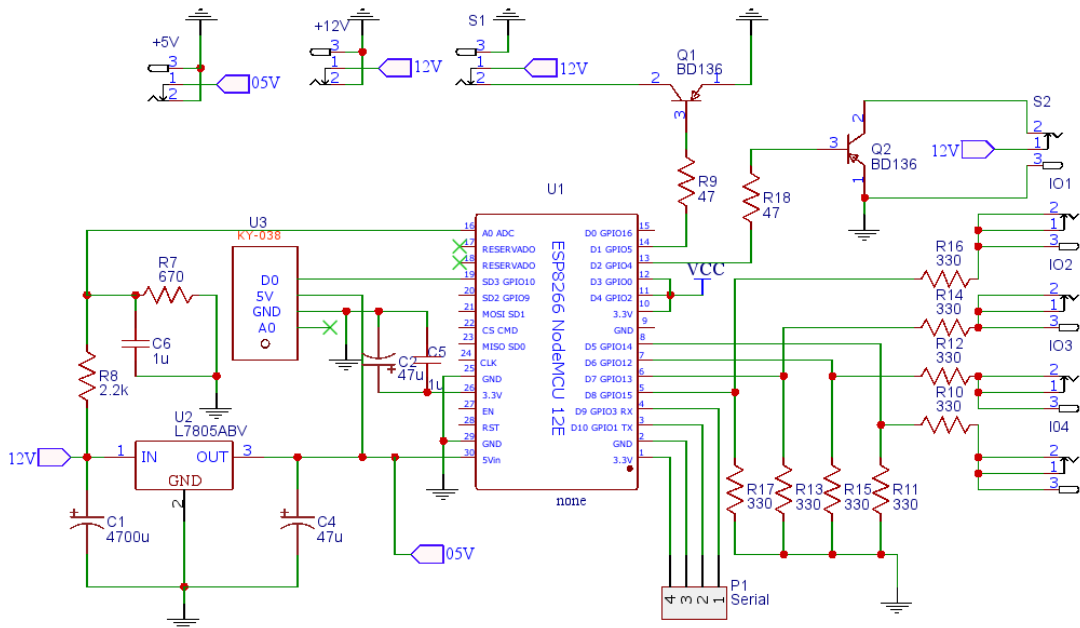


Fig.4. 26: Circuito de la etapa de control de dispositivos de la tarjeta electrónica. Elaborado por Investigador.

El sensor diseñado es el divisor de tensión creado por R7 y R8. El diodo de protección de silicio genera una caída de tensión de 0.7Vdc, entregando al sensor

13.3 Vdc, con este valor se determina el rango de valores que deben tener las resistencias de acuerdo a las ecuaciones 4.1 y 4.2 para limitar el voltaje del sensor a valores entre 1 y 3.3 Vdc.

$$1\text{ v} \leq \frac{13.3\text{ v} * R_7}{R_7 + R_8} \quad 4.1$$

$$3.3\text{ v} \geq \frac{13.3\text{ v} * R_7}{R_7 + R_8} \quad 4.2$$

$$R_8 \leq 12.3 R_7$$

$$R_8 \geq 3.03 R_7$$

$$3.03 R_7 \leq R_8 \leq 12.3 R_7 \quad 4.3$$

Uniendo las inecuaciones 4.1 y 4.2 se tiene la relación 4.3 con dos incógnitas, por lo tanto para condiciones de diseño se determina el valor de R7 en  $680\Omega$ , valor que limita la corriente máxima del sensor a 5mA (calculado para un voltaje de 3.3 V), siendo menor a 200mA, es adecuado. El valor de R8 se calcula reemplazando R8 en la relación 4.3, así se tiene:

$$2060.4 \leq R_8 \leq 8364$$

El valor de R8 utilizado es de  $2.2\text{k}\Omega$  que es un valor de resistencia comercial, con el cual se calcula los niveles de voltaje que entrega el sensor (voltaje en R7) de la batería para las tensiones de 11 y 14Vdc respectivamente.

$$V_{S(14\text{ v})} = (14 - 0.7)\text{ v} \frac{R_7}{R_7 + R_8}$$

$$V_{S(11\text{ v})} = (11 - 0.7)\text{ v} \frac{R_7}{R_7 + R_8}$$

$$V_{S(14\text{ v})} = 3.1\text{ v}$$

$$V_{S(11\text{ v})} = 2.4\text{ v}$$

Los valores de voltaje del sensor comprendidos entre 2.4 y 3.1 voltios indican un normal funcionamiento del sistema, si el sensor entrega valores fuera de este rango, el micro-controlador informa al Servidor Web de Aplicaciones una posible avería de la Unidad de Control.

Los pines digitales del Nodemcu soportan hasta 3.3 Vdc, para limitar el voltaje de las entradas de los sensores digitales de 5Vdc, también se utiliza divisores de tensión. Los niveles lógicos de TTL que determinan un 1 lógico para el micro-controlador utilizado son de 2 a 3.3 Vdc, estos valores delimitan la magnitud de las resistencias R10 y R11, así se tiene:

$$2v \leq \frac{5v * R_{11}}{R_{10} + R_{11}} \quad 4.4$$

$$3.3v \geq \frac{5v * R_{11}}{R_{10} + R_{11}} \quad 4.5$$

$$0.52R_{11} \leq R_{10} \leq 1.5R_{11} \quad 4.6$$

El valor de las resistencias R10 y R11 es determinado con un procedimiento similar al aplicado para R7 y R8. La resistencia R11 para condiciones de diseño asume un valor de 330Ω, que es un valor utilizado de forma general como resistencia de protección para las entradas digitales (limita la corriente a valores que rodean los mA). Resolviendo la inecuación 4.6 se tiene que R10 tiene que estar entre 172 y 495Ω, tomando para el diseño un valor de 220Ω.

$$171.6 \leq R_{10} \leq 495$$

Los divisores de tensión de R12-R13, R14-R15 y R16-R17 tienen la misma finalidad que el divisor formado por R10-R11, por lo que sus valores son similares.

El accionamiento de las sirenas se realiza enviando las señales del controlador a un transistor que trabaja en el área de saturación. La sirena consume una corriente de 1.1A a 12Vdc. El transistor a utilizarse es el BD136, con una corriente colector-emisor de 1.5A, una ganancia mínima de β=25, y una corriente de base que no debe superar los 0.5A.

La resistencia de base del transistor se calcula en base la ecuación 4.7, la corriente de base tiene que superar los 44mA para garantizar la saturación y ser menor a 500mA para evitar daños al transistor[56].

$$I_B \geq \frac{I_{Csat}}{\beta_{cd}} \quad 4.7$$

$$I_B \geq \frac{I_{Csat}}{\beta_{cd}} \geq 1.1A / 25 = 40mA$$

El voltaje base-emisor (Vbe) del transistor en condición de funcionamiento es de 1



Vdc y los pines digitales del Nodemcu entregan un voltaje de 3.3Vdc, con estos datos se dimensiona el valor de la resistencia de base para el transistor[50].

$$R_b \leq \frac{3.3V - V_{be}}{40mA} = \frac{3.3 - 1}{40mA} = 57,5\Omega \qquad R_b \geq \frac{3.3V - V_{be}}{500mA} = \frac{3.3 - 1}{500mA} = 4,6\Omega$$

Las ecuaciones anteriores demuestran que para un correcto funcionamiento de las sirenas, la resistencia de base debe estar entre 5 y 57 $\Omega$ , para la tarjeta electrónica diseñada se ha tomado una resistencia comercial de 47 $\Omega$ .

### **Difusión de la Señal Acústica.**

La cobertura de la señal de alerta en la Universidad Técnica de Ambato depende de la propagación de la señal acústica de emergencia. La ubicación ideal de las sirenas en cada edificio son los puntos isótropos de los mismos, determinados por los centros de gravedad de sus superficies. El centro de gravedad de los edificios puede ser un lugar en el espacio donde no exista un elemento físico que permita instalar las sirenas, en el caso dado la ubicación de las fuentes sonoras se desplaza hacia la superficie más cercana y con menos obstáculos.

El análisis de la cobertura de la señal acústica en la universidad se realiza mediante un estudio del nivel de presión sonora especular de la señal emitida por la sirena en los edificios, determinando la cantidad requerida para cumplir con las normas NTE INEN-ISO 7731:2014. En el análisis de requerimientos se determina que el nivel de presión sonora mínimo de la señal de alerta en los edificios, para fines de dimensionamiento de equipos, es de 70dB; estableciendo un margen ligeramente superior al recomendado y tomando como ideal los valores que sobrepasen este umbral.

La distancia máxima de cobertura que alcanza una la sirena utilizada se calcula mediante la ecuación 2.5; en donde el nivel de presión sonora de referencia, a un metro de la fuente  $SLP_0$  es de 112 dB y el nivel mínimo requerido es 70 dB.

Despejando  $r_2$  de la ecuación se determina que la sirena entrega un nivel de presión sonora adecuado a distancias menores de 125 m.

$$SLP_f = SLP_0 - 20 \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

$$70 = 112 - 20 \log\left(\frac{r_2}{1}\right)$$

$$r_2 = 10^{2.1} = 125.89 \text{ m}$$

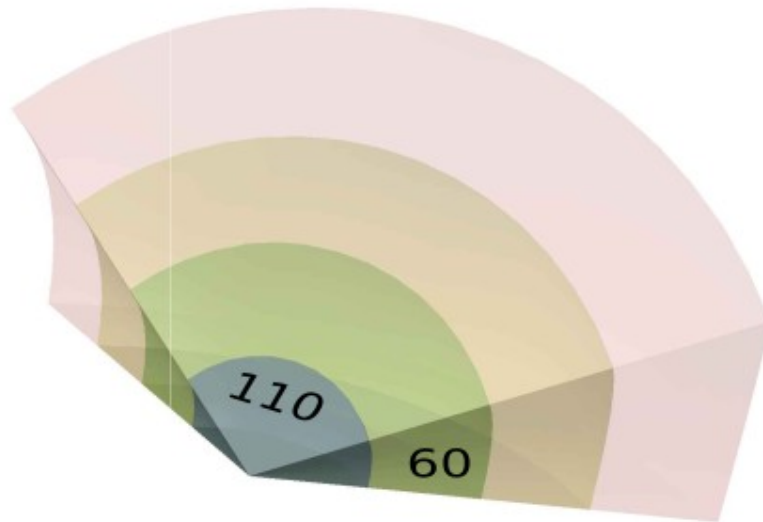
El análisis de la presión acústica emitida por las sirenas en los edificios se realiza utilizando el método de trazado de rayos de la acústica geométrica, de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Se determina el punto isótropo para la ubicación de la sirena en el edificio calculando el centro de gravedad aproximado de sus superficies, y desplazando la ubicación a la pared más cercana con menos obstáculos.
- Se ubica en los planos un patrón de radiación elemental para visualizar la cobertura parcial de la sirena.
- El método de trazado de rayos supone que la energía es transportada por una serie de partículas que siguen una línea recta a partir de la fuente. Las superficies duras y lisas reflejan la señal casi en su totalidad.
- Se ubica una fuente imagen en el punto simétrico del plano a la fuente sonora para determinar la cobertura de la señal reflejada.
- El valor especular de la presión sonora de las ondas reflejadas se determina mediante la ecuación 2.5, asumiendo la distancia  $r_2$  como la suma de la distancia onda incidente en el punto de reflexión con la distancia del punto de reflexión al punto de análisis (lugar dentro del edificio más lejano a la sirena).
- Por el método de acústica geométrica, se asume una propagación omnidireccional de la sirena y la de fuente imagen, determinando si la propagación de la señal acústica da cobertura al edificio o si se requiere de una sirena adicional.

El patrón de radiación elemental analiza la propagación horizontal y vertical,

considerando las características de direccionalidad de la sirena. El modelo de sirena seleccionado tiene un ángulo de cobertura de 110 grados en el eje horizontal y 60 grados en el eje vertical. El patrón de radiación es el mostrado en la Fig.4. 27, en donde mediante la ecuación 2.5, se establece los límites de presión sonora que se tiene para los extremos de cada color.

$$SLP_f = SLP_0 - 20 \log\left(\frac{r^2}{1m}\right)$$



$$\begin{aligned} SLP_A &\geq 112 - 20 \log(40) \geq 80 \text{ dB} & SLP_V &\geq 112 - 20 \log(80) \geq 74 \text{ dB} \\ SLP_N &\geq 112 - 20 \log(120) \geq 70 \text{ dB} & SLP_R &\geq 112 - 20 \log(170) \geq 67 \text{ dB} \end{aligned}$$

Fig.4. 27: Patrón elemental de radiación de la sirena. (Azul 40m, verde 80m, naranja-marrón 120m, rosa-oscuro 170m)

*Elaborado por Investigador.*

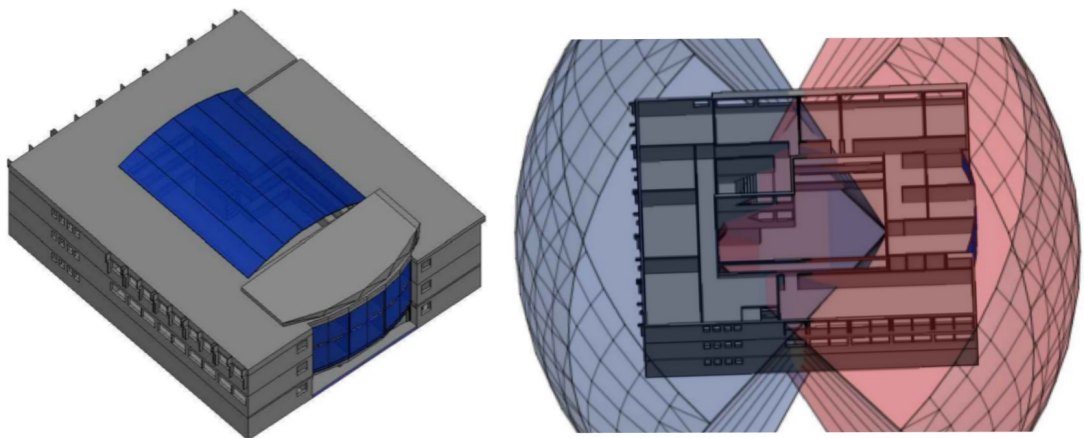
En el software Autocad se realiza el esquema visual utilizando el patrón de radiación elemental para tener una idea general de la propagación y nivel de presión sonora en los edificios de la FISEI. A continuación se explica el esquema de la de la ubicación propuesta para las sirenas, considerando como sonorización ideal el área dentro de las zonas azul y verde y sus proyecciones esféricas.

La Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial está formada por los bloques 23 y 24 del campus Huachi mostrados en el Anexo 1. La cobertura de la

señal sonora debe ser independiente para los edificios, así para cada uno de ellos se analiza el nivel de presión sonora en función de la distancia.

Las aulas, oficinas y laboratorios del bloque 23 están distribuidos en cuatro edificios de tres pisos formando una cavidad rectangular entre ellos de 22x17.5m, el centro de gravedad de la superficie horizontal de la cavidad es a 11 y 8,75 m respectivamente. Sobre este punto no es posible instalar ningún dispositivo, por consiguiente se desplaza la ubicación de la sirena a la arista sur de la cavidad del edificio, donde se tiene menos obstáculos; sobre esta arista la sirena debe ubicarse a 8.75m de las paredes laterales.

El centro de gravedad de la altura del edificio es a 6.5m del suelo, sin embargo a esta altura en la pared existen ventanas. El punto ideal para la ubicación de la sirena se desplaza y es a 3.5m del suelo en la pared sur del edificio, dentro de la cavidad.



*Fig.4. 28: Sonorización zona C bloque 23.*

*Elaborado por Investigador*

En la Fig.4. 28 se observa el patrón de radiación de la sirena y de una fuente imagen colocada al frente de la misma, la imagen muestra que de forma ideal la cobertura de la señal de alerta del bloque tiene un nivel de presión sonora superior a los 80dB<sup>4</sup>.

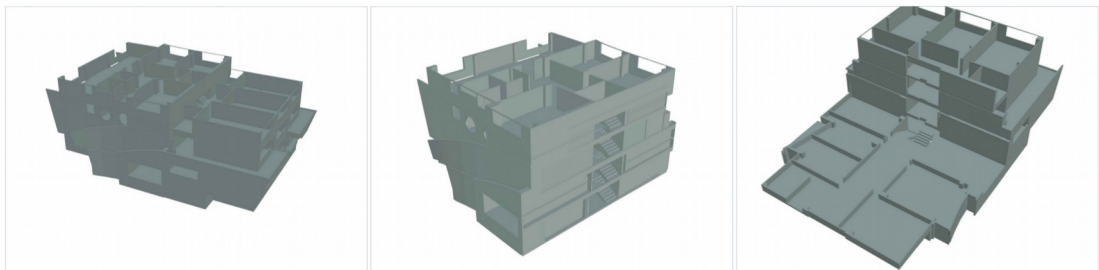
La estructura geométrica del bloque 24 es de alta complejidad para el análisis de

---

4.- La distancia máxima de la fuente al punto más lejano del edificio es menor a 40m. Se considera la propagación esférica de la señal acústica, proyectando la zona azul que tiene un SLP mayor a 80dB.

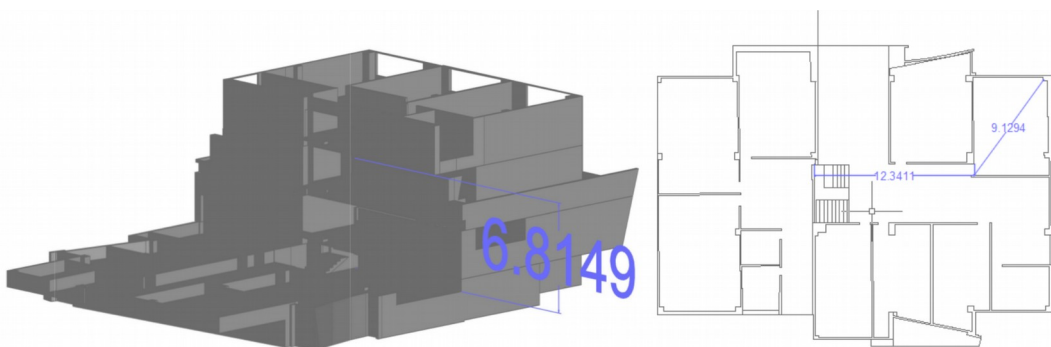
propagación del sonido. El edificio está compuesto por 8 plantas intercaladas, con pasillos considerablemente amplios, la única ventaja es que las gradas se encuentran en el centro de la superficie horizontal del edificio y presentan una cavidad que da conexión a los pasillos de cada piso.

En la Fig.4. 29 se observa el bloque 24 descompuesto en base a las plantas intercaladas, del costado derecho se puede observar el edificio completo, en el centro se muestran las plantas 2, 4, 6, y 8 mientras que a la izquierda las plantas 1, 3, 5 y 7.



*Fig.4. 29: Estructura arquitectónica descompuesta del bloque 24. Facilitado por UGR-UTA*

La ubicación propuesta para la sirena es en el centro del edificio, que es el punto isótropo para la propagación de la señal acústica. El edificio tiene una altura de 12,6m siendo su centro a 6,3m del suelo, debido a que en este punto no es posible instalar el dispositivo su ubicación se desplaza 50 cm hacia arriba, al techo de la



*Fig.4. 30: Dimensiones para el análisis de propagación de sonido de la sirena de la FISEI.*

*Elaborado por Investigador*

planta #5 a 6.8m del nivel de tierra, en el centro de las gradas de acuerdo a la Fig.4. 30. Desde el punto recomendado la señal sonora se propagaría a las aulas y

laboratorios por medio de reflexiones en las paredes de los pasillos.

La radiación de la fuente sonora y de la fuente imagen del bloque 24 se muestra en la Fig.4. 31, en donde se observa una cobertura lateral del edificio. Las zonas sin cobertura mostradas a la derecha de la imagen serían sonorizadas por la propagación de las ondas reflejadas por medio de los pasillos.

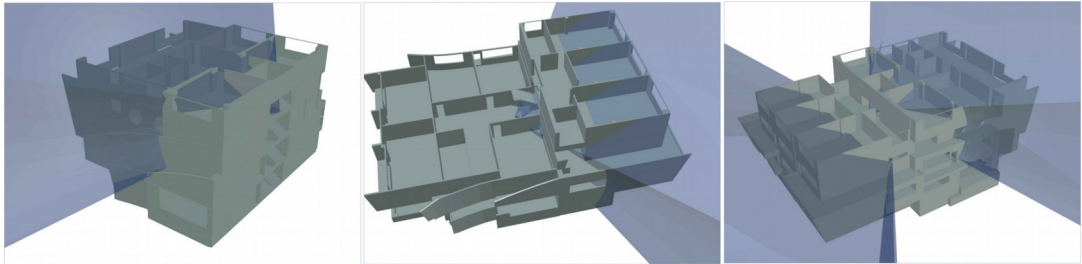


Fig.4. 31: Sonorización de la zona C bloque 24.

*Elaborado por Investigador*

Al no establecer un análisis claro de la cobertura de la señal acústica en el edificio, se estima el nivel de presión sonora en el punto más lejano a la fuente, utilizando el método de acústica geométrica de trazado de rayos. En el método de trazado de rayos se toma la distancia lineal desde la fuente al punto de análisis, sumando las distancias entre los puntos de reflexión.

$$r_t = r_1 + r_2 + r_3$$

$$r_T = 6,81 \text{ m} + 12,34 \text{ m} + 9,13 \text{ m} = 28,28 \text{ m}$$

El nivel de presión sonora en el punto de análisis viene dado por la ecuación 2.5. Conociendo que la sirena utilizada tiene un SLP de 112dB a 1m de la fuente y con la distancia máxima de 28.28m, el nivel de presión sonora en el punto de análisis es de 82,97dB, adecuado y suficiente para los valores umbrales establecidos.

$$SLP_f = SLP_0 - 20 \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

$$SLP_f = 112 - 20 \log\left(\frac{28,28}{1}\right) = 82,97 \text{ dB.}$$

#### 4.4.5 Sistema de Monitoreo.

Los dispositivos de activación de los usuarios y las Unidades de Control intercambian información de acuerdo al procedimientos ilustrado en la Fig.4. 32 por medio de peticiones y servicios. Los procesos se dividen en dos conjuntos: los realizados por el servidor y los ejecutados en la Unidad de Control.

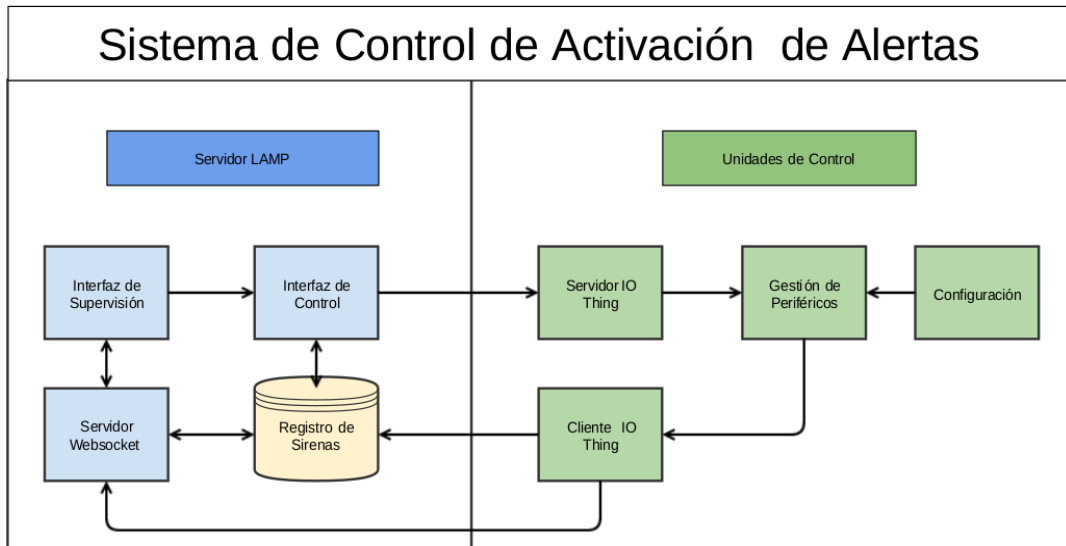


Fig.4. 32: Diagrama del intercambio de información entre los elementos del Sistema de Activación de Alertas. Elaborado por Investigador.

El Servidor de Aplicaciones ilustrado en la Fig.4. 21 utiliza el conjunto de software LAMP (Linux, Apache, MySql y PHP) instalado en Centos 7. Los usuarios supervisan el estado de las sirenas a través de una página web enlazada a un servidor de Websockets.

El servidor de Websockets establece un enlace con los clientes mientras la página web se mantiene abierta. El enlace establecido permite al servidor enviar información a los clientes, cuando se detectan eventos programados a escucharse en el puerto 9000. La comunicación entre las Unidades de Control y el servidor LAMP-Websocket se realiza mediante la arquitectura cliente servidor con peticiones POST del protocolo HTTP(puerto 80).

Las alertas se activan desde la página web de control, el sistema solicita al usuario identificarse y mediante consultas en la base de datos se autoriza el envío de

peticiones a las Unidades de Control. Las Unidades de Control funcionan como clientes y servidores. En modo cliente, se actualiza la información del estado de las unidades en la base de datos, cuando se detecta un cambio en los sensores. De forma posterior se crea un evento en el servidor para enviar la información a las páginas web de los clientes conectados.

El modo servidor de las Unidades de Control atiende de forma permanente a las peticiones externas, analizando la información genera las señales de alerta o apaga los dispositivos.

### **Software del Servidor**

El lenguaje de programación Javascript es utilizado del lado del cliente para intercambiar información entre los clientes de los dispositivos móviles y los servidores de la Unidad de Control; además éste lenguaje permite crear animaciones para mostrar en pantalla las alertas activadas. La interfaz de usuario se desarrolla con el lenguaje HTML en conjunto a CSS. El lenguaje PHP se utiliza del lado del servidor de Websockets, creando funciones y controles para los clientes mediante información almacenada en la base de datos MySQL.

En la imagen de la Fig.4. 33 se observa el grupo de páginas web (programas) creados en el servidor para manejar las funciones de permisos de usuarios, activación de alertas y respaldos del sistema. El sistema funciona desde una carpeta principal que contiene siete grupos de archivos de datos y funciones: estilos, imágenes, indicadores, servidor, validación, login y procesos.

La carpeta Estilos tiene los archivos \*.css del diseño gráfico de todas las páginas web del sistema. En la carpeta Indicadores se almacena la librería Javascript que permite manejar páginas flotantes y crear animaciones para pulsadores que aparecen cuando se activa una alerta. Los función de los pulsadores es mostrar en la Página Modal la ubicación y tipo de alerta activada en el sistema.



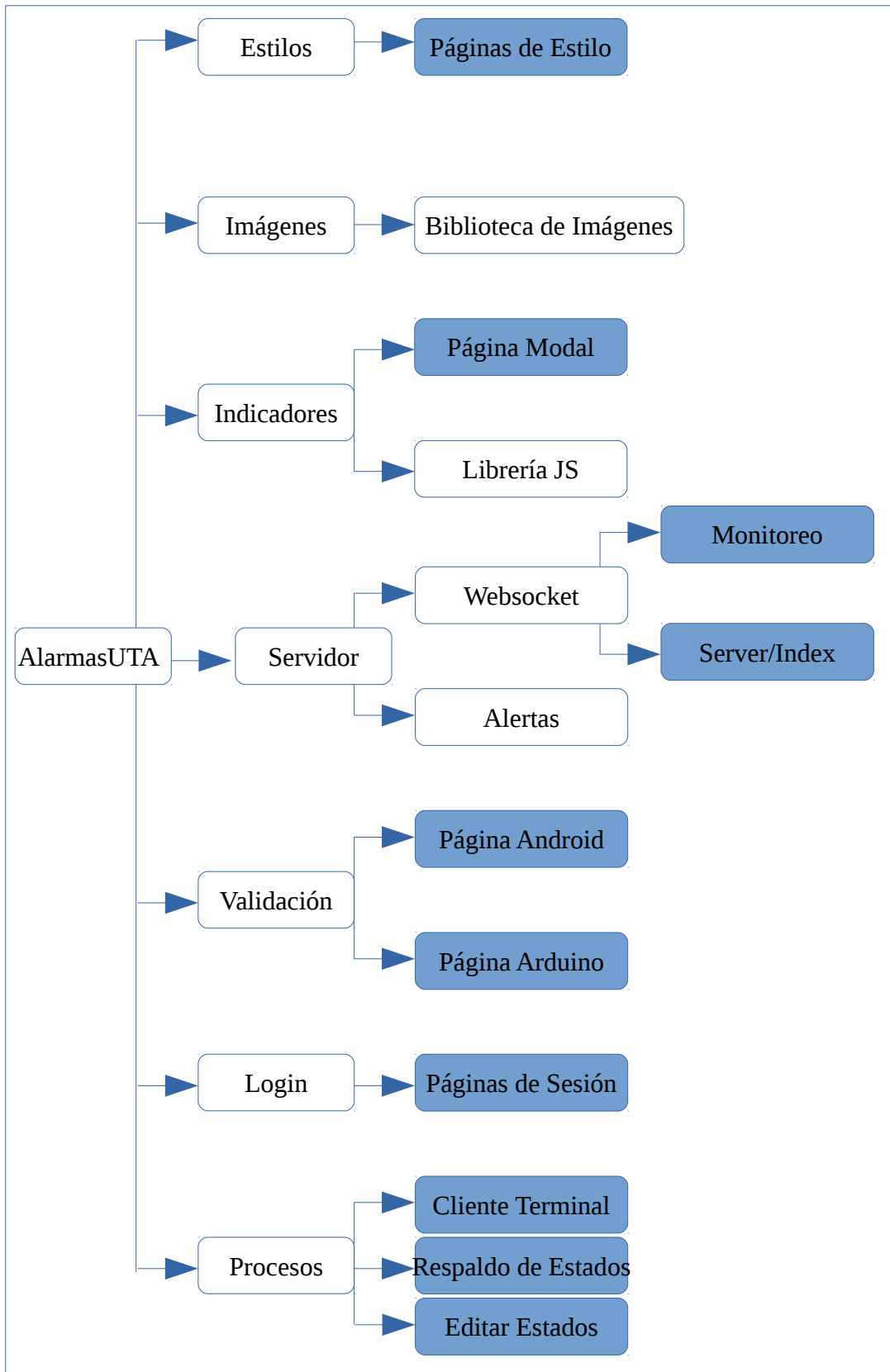


Fig.4. 33: Estructura del software del Servidor de Alertas.

Elaborado por Investigador

La carpeta Servidor tiene las páginas web de acceso y control de usuarios y dispositivos, dividida en dos grupos de programas: Websocket y Alertas. Websockets contiene dos archivos de extensión \*.php: index.php es la página web de supervisión de estado de las Unidades de Control y server.php es un script de ejecución permanente que escucha en el puerto 9000 eventos relacionados a la activación de las sirenas. Index.php está indexado a server.php, de esta forma cuando un cliente accede al directorio [http://Dirección\\_IP\\_del\\_Servidor/AlarmasUTA/Servidor/Websocket/](http://Dirección_IP_del_Servidor/AlarmasUTA/Servidor/Websocket/) se crea el socket de comunicación.

Validación contiene dos archivos de extensión \*.php, éstos archivos son páginas web intermediarias para adquirir información. Las páginas Android.php y Arduino.php reciben por método POST el ID de las Unidades de control, realiza una consulta en la tabla Sirenas de la base de datos AlarmasUTA y devuelve por POST la dirección IP del dispositivo solicitado. Éste programa permite tener acceso a las Unidades de Control cuando la unidad cambia de red entre AlarmasUTA. Y UTA-WIFI.

Login es un grupo de archivos de extensión \*.js y \*.php que establecen el inicio de sesión para los Usuarios de la Unidad de Gestión de Riesgos. Todos los usuarios pueden monitorear el sistema pero cuando el cliente intenta ingresar a la página de control, si éste no está identificado se le re-direcciona a ésta página para autenticarse.

La carpeta procesos tiene tres archivos de extensión \*.php: Cliente Terminal, Respaldo de Estados y Editar Estados. Cliente terminal es un código php-javascript en la que el servidor recibe peticiones del cliente con la información del tono y sirena a encenderse y devuelve la dirección IP del servidor de la Unidad de Control (método similar a Arduino.php y Android.php).

La diferencia del código de validación con el código de ClienteTerminal.php es que para el segundo caso el mismo cliente abre una nueva página web en el navegador, enviando una petición POST al servidor de la Unidad de Control. En el código de validación, la aplicación o el software reciben la dirección IP y de forma independiente envían la solicitud a la Unidad de Control.

El archivo RespaldoDeEstados.php es un programa que recibe una petición POST con el ID de la Unidad de Control, consulta el estado de la unidad en la tabla RespaldoEstados de la base de datos AlarmasUTA y devuelve la información. Las Unidades de Control utilizan ésta página web como respaldo cuando se pierde la conexión, así la petición del cliente será ejecutada cuando la unidad regrese a la red.

El archivo EditarEstados.php es un programa que recibe peticiones de las Unidades de Control y actualiza la tabla Sirenas. El programa también actualizar la tabla RespaldoEstados cuando se solicita la activación de una sirena mediante un enlace del código de clienteTerminal.

### **Software de la Tarjeta de Control.**

En la Fig.4. 34 se tiene el diagrama de flujo del programa realizado para la tarjeta de control. El algoritmo de programación se realiza en el entorno Arduino IDE, el software tiene tres bloques: gestión de dispositivos, servidor Iotthing y cliente Iotthing.

El programa de Arduino arranca configurando los puertos de entrada y salida del dispositivo, habilita el puerto serial y gestiona la conexión Wifi. El servidor Iotthing recibe las peticiones desde los clientes web mediante la gestión del servidor LAMP. El cliente web de la tarjeta gestiona el envío de información hacia el servidor Websocket-LAMP.

El control de las conexiones, lectura de sensores y activación de peticiones se realiza mediante cuatro preguntas cíclicas. De forma inicial se pregunta el estado de la conexión, gestionando la comunicación entre dos diferentes redes:UTA-WIFI y AlarmasUTA.

En cada ciclo el algoritmo consulta el estado de conexión, generando un ciclo infinito si no se tiene acceso a la red, el ciclo se rompe cuando el dispositivo establece la conexión.

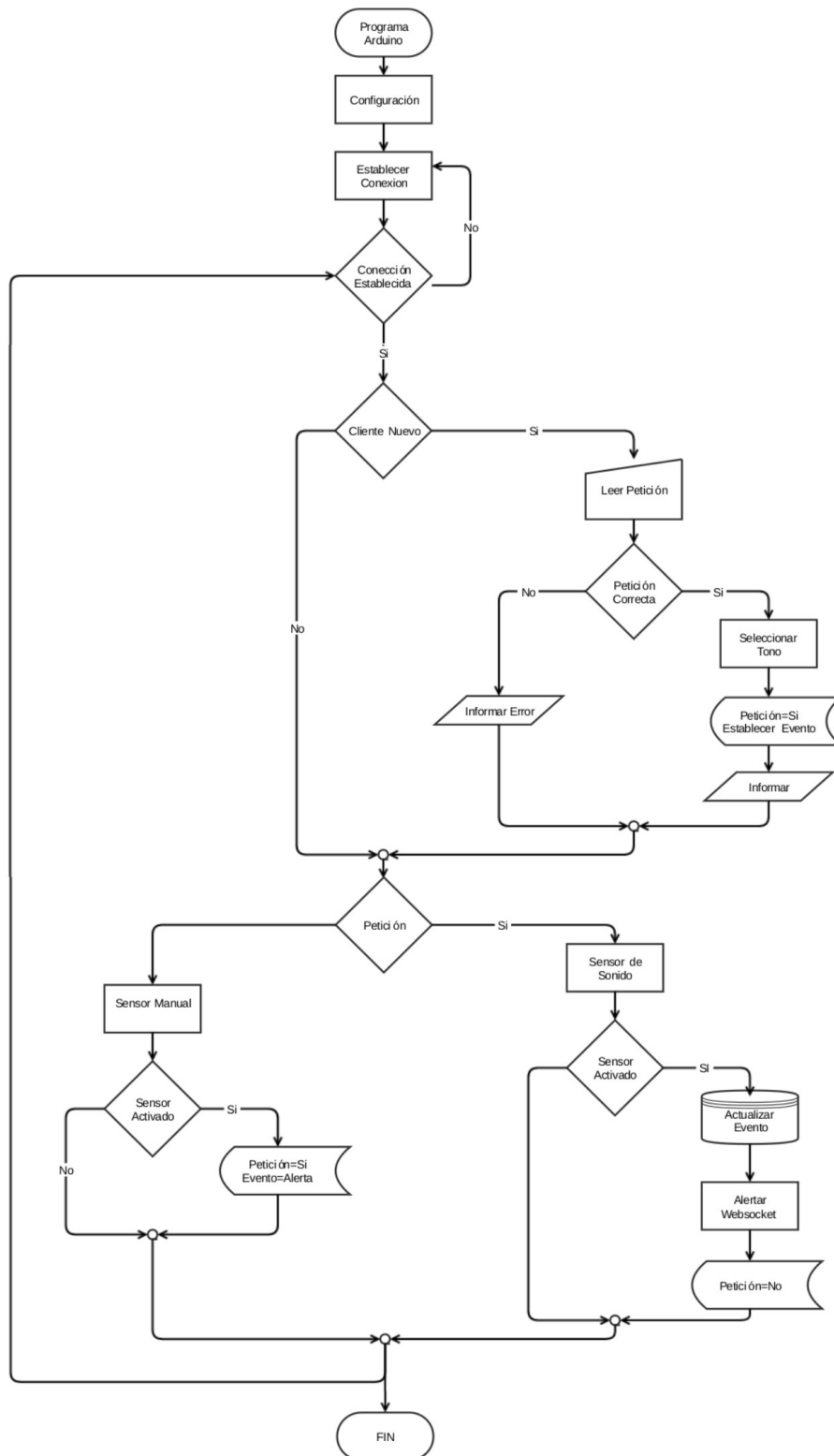


Fig.4. 34: Diagrama de flujo del programa de la tarjeta de control. Elaborado por Investigador.

Al establecer conexión se consulta la existencia de clientes web, en caso de existir se analiza la petición y de ser correcta se almacena en una memoria temporal y actualiza el estado de la sirena. La bandera “Petición” cambia a estado verdadero cuando la petición es correcta. Al detectar peticiones se consulta el estado del sensor de sonido. Si se determina un encendido o apagado, se actualiza la base de datos y genera un evento en servidor Websocket-LAMP mediante el cliente Web programado en la tarjeta; después “Petición” regresa su estado original.

Si no se detecta clientes o al terminar el proceso anterior, se lee el estado de los sensores que permiten activar el dispositivo de forma manual (Pulsadores a 5Vdc). Al recibir una señal de activación de éstos sensores, se trata de forma similar a una petición, cambiando de estado la bandera “Petición” para que al próximo ciclo de programa se actualice la base de datos y envíe un evento al servidor Websocket-LAMP.

### **Aplicación Móvil.**

El personal de la Unidad de Gestión de Riesgos tiene acceso directo a la activación de los dispositivos mediante la creación de cuentas en la tabla Usuarios de la base de datos AlarmasUTA, sin embargo, se debe garantizar que la mayor parte de la comunidad universitaria tenga un acceso a la activación de alertas.

Ante la evidente situación, se propone crear una aplicación móvil que mediante acceso web, envíe solicitudes de activación de alerta general de forma personalizada. El programa de la aplicación móvil se detalla en el diagrama de flujo de la Fig.4. 35.

Al iniciar la aplicación se verifica que ésta se encuentre activada. El proceso de activación de la aplicación envía un código de verificación al correo institucional de la Universidad Técnica de Ambato<sup>5</sup>. Cuando se ingresa el código en la aplicación, se guarda en la memoria del teléfono una clave encriptada del correo electrónico, que es

---

5.- Por condiciones de seguridad informática el prototipo funciona solo con cuentas gmail con fines demostrativos.

la identificación del dispositivo.

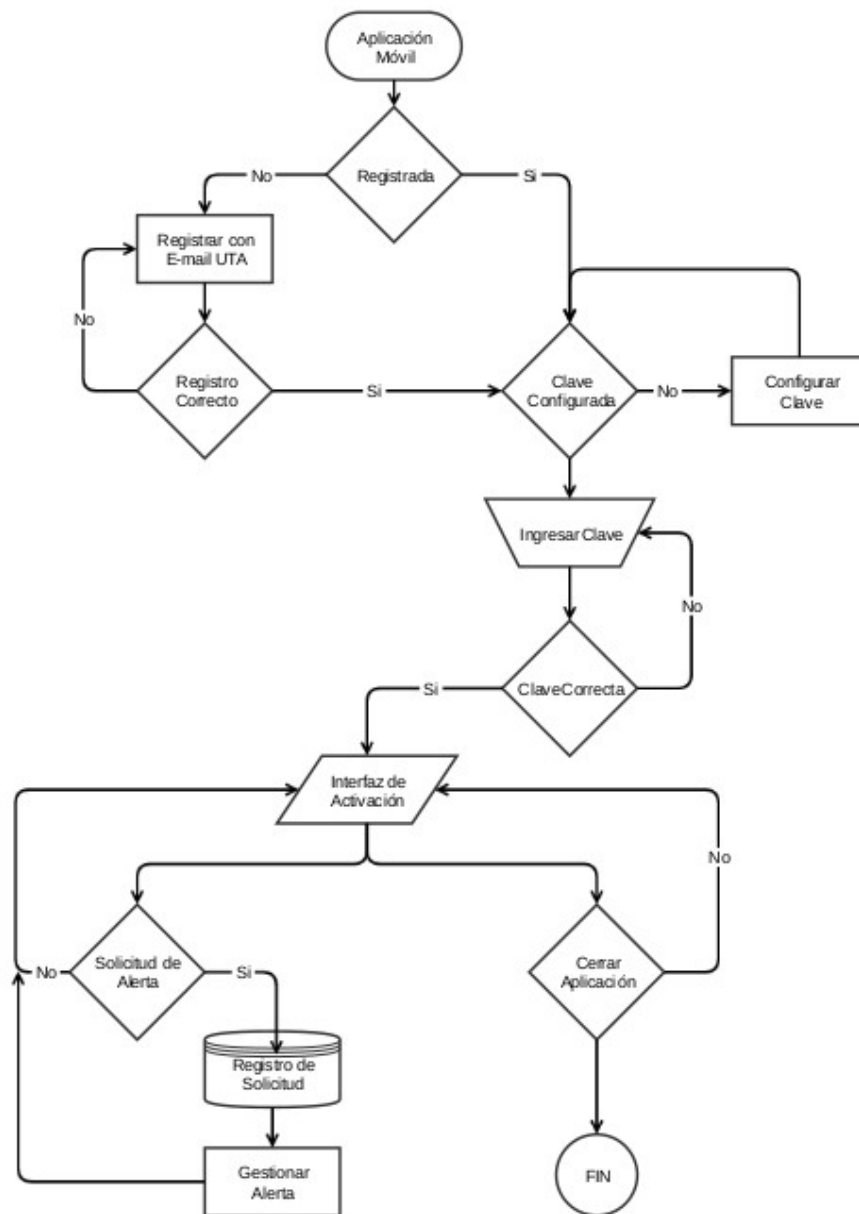


Fig.4. 35: Diagrama de flujo de la aplicación móvil. Elaborado por Investigador

La activación de una alerta desde la aplicación móvil requiere del acceso a la página web de validación, enviando una petición POST con el código encriptado. La página web ubicada en el directorio <http://Dirección-IP-Del-Servidor/AlarmasUTA/Validacion/Android.php> desencripta la información recibida, verifica que se trate de un

correo electrónico institucional con la extensión @uta.edu.ec<sup>6</sup>, crea un registro en la tabla RegistroAlertas de la base de datos AlarmasUTA y realiza una consulta en la tabla sirenas devolviendo a la aplicación móvil la dirección IP del dispositivo al que se quiere acceder.

La aplicación móvil, por motivos de seguridad gestiona la creación de una contraseña de acceso la primera vez que se abre, después solicita la contraseña antes de iniciar la aplicación.

### **Control Remoto.**

El Control Remoto es un instrumento auxiliar, para cada nodo de activación de alertas, se tiene un control RF vinculado a una Unidad de Control específica. Los responsables de los puntos focales de la Unidad de Gestión de Riesgos (brigadistas) activan un estado de alerta mediante estos dispositivos.

El control remoto utilizado es el KR1204 (433MHz) que tiene cuatro canales de relés, una alimentación de 12Vdc y un alcance aproximado de 50m teóricos en el espacio libre. El alcance real del dispositivo en ambientes con obstáculos se reduce considerablemente situándose alrededor de los ~5m. El control remoto RF es un elemento de respaldo de funcionamiento cuando no se tiene acceso a la red Wifi, considerando éste como un método de activación local. El receptor se conecta a los voltajes de alimentación y pines digitales de la tarjeta de control.

## **4.5 DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA DE ACTIVACIÓN DE ALERTAS**

El diseño general del Sistema de Activación de Alertas de la UTA se realiza haciendo una ampliación del sistema diseñado para la FISEI. Las unidades de Control y Monitoreo de los tres campus se conectan por medio del Sistema de Comunicaciones esbozado anteriormente, donde los campus Ingahurco Querochaca y Huachi se conectan al Servidor de Aplicaciones mediante los enlaces de fibra óptica tendida existentes y los dispositivos de las Unidades de Control y Monitoreo por medio de la

---

6.- La extensión del prototipo diseñado es @gmail.com

red inalámbrica WDS AlarmasUTAH y la red UTA-WIFI.

El esquema del diseño general del Sistema de Activación de Alertas de la UTA es el mostrado en la Fig.4. 36. En el campus Huachi, en la Facultad de Contabilidad y Auditoría está el Servidor Principal de la universidad, donde se crea un subdominio para instalar el Servidor Web de Aplicaciones. En cada zona del campus Huachi (ZA a ZD) y el los campus Ingahurco y Querochaca se tiene un Servidor de Respaldo, que entra en funcionamiento para controlar los dispositivos de su zona, cuando se pierde comunicación con el Servidor principal.

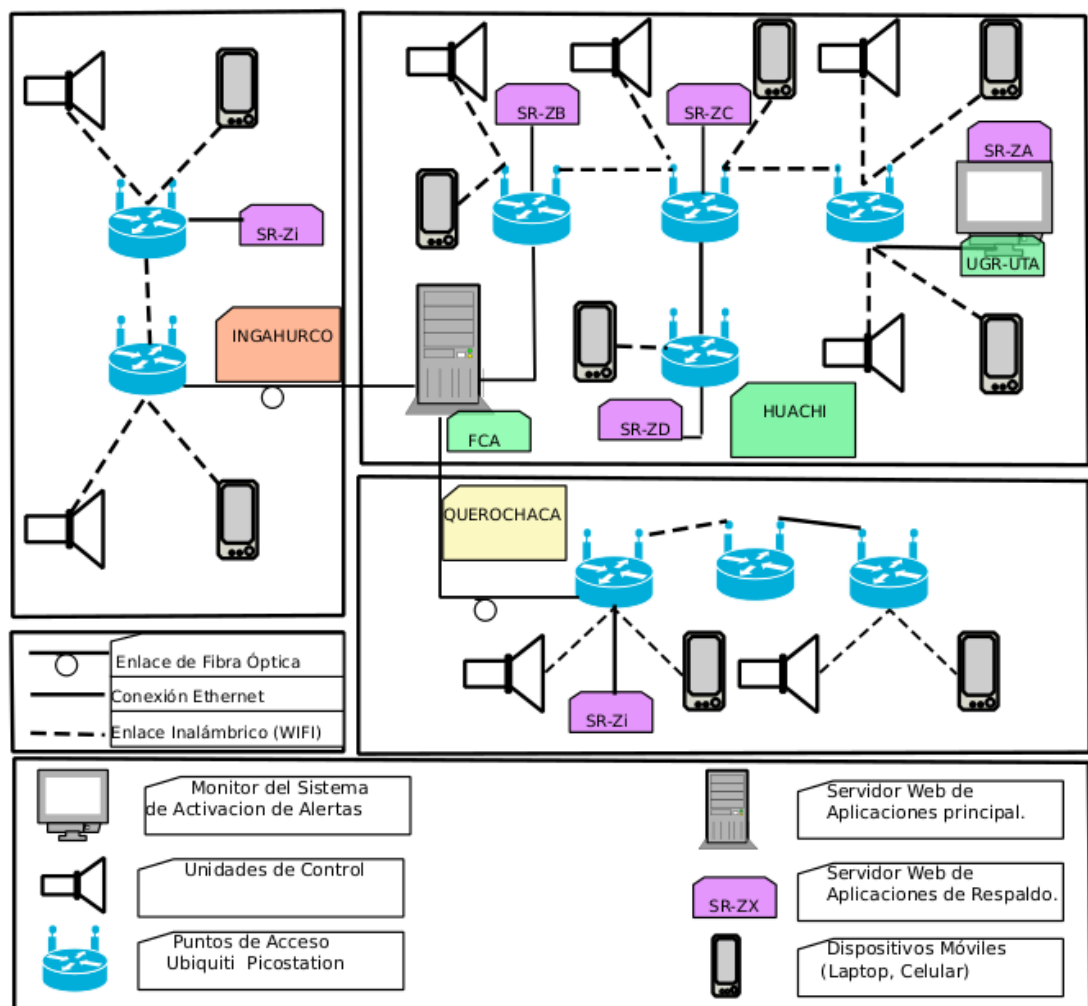


Fig.4. 36: Diagrama del sistema de activación de Alertas de la UTA. Elaborado en Calligra Flow.

Los servidores de respaldo, SR-ZX, se instalan en 6 computadores de escritorio, 4 en Huachi (uno por zona), uno en Ingahurco y uno en Querochaca. El servidor SR-ZA



se ubica en la Unidad de Gestión de Riesgos; el SR-ZB en la Facultad de Contabilidad y Auditoría; el SR-ZC en la Facultad de Ciencias Administrativas; donde se ubica la Sala de Monitoreo General, por lo que se recomienda la instalación de un televisor smart de 65 pulgadas para el control y supervisión de las Unidades de Control; y el SR-ZD en el Departamento de Idiomas. En el campus Ingahurco el servidor SR-ZI se ubica en el bloque 03 y en Querochaca el SR-ZQ se localiza en el edificio 01 de Ciencias Agropecuarias.

Los computadores de los servidores de respaldo se instalan en las oficinas de los puntos focales. Los brigadistas pueden monitorear y activar o desactivar los dispositivos de señalización acústica de las Unidades de Control de toda la Universidad desde estos computadores.

La comunidad genérica universitaria se conecta de forma inalámbrica al sistema de activación de alertas mediante laptops y celulares, teniendo la factibilidad de activar o desactivar las alertas.

En cada edificio de los campus universitarios se debe instalar Unidades de Control de características similares a las diseñadas para la FISEI. El número de dispositivos depende de la cantidad de sirenas requeridas para sonorizar de forma sectorizada los edificios de la universidad, garantizando una cobertura total de la señal en las unidades académicas.

En el campus Huachi, con el mismo procedimiento de dimensionamiento utilizado para los edificios de la FISEI, se determina que es necesario implementar 28 Unidades de Control con sirenas y 3 unidades adicionales sin sirena (para los edificios que ya cuentan con una sonorización adecuada<sup>7</sup>). En las Fig.4. 37 y Fig.4. 38 se muestra el diagrama de ubicación de las Unidades de Control, en el Anexo 2 se muestra los planos de radiación de las sirenas de estos edificios, que justifican su cantidad y ubicación.

---

7.- La piscina y el edificio de Rectorado son edificios nuevos que fueron diseñado con un sistema de señalización acústico que cumple con las normas INEN ISO 7731:2014

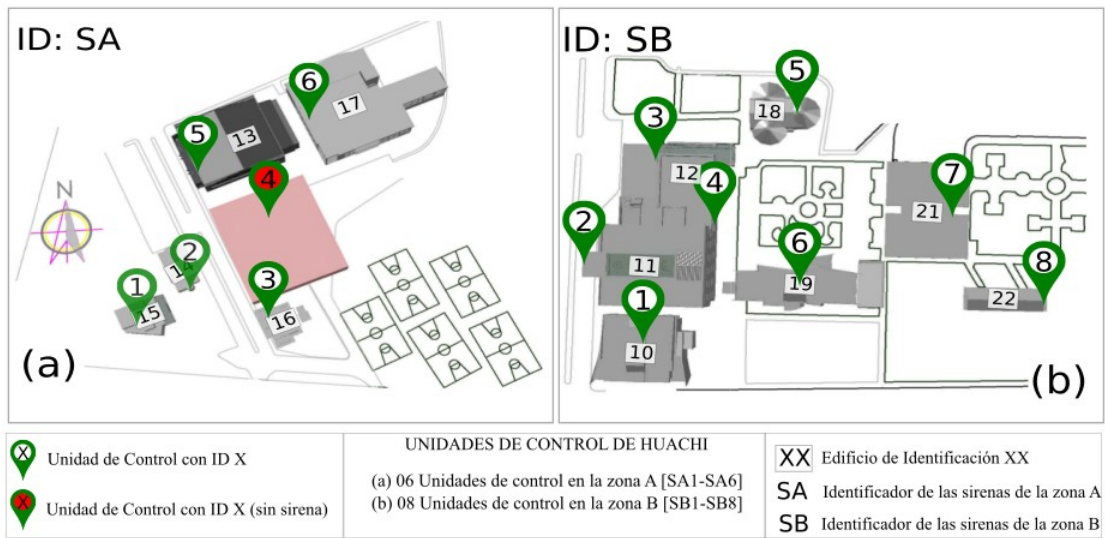


Fig.4. 37: Diagrama de ubicación de las Unidades de Control de Huachi. Elaborado en Inkscape

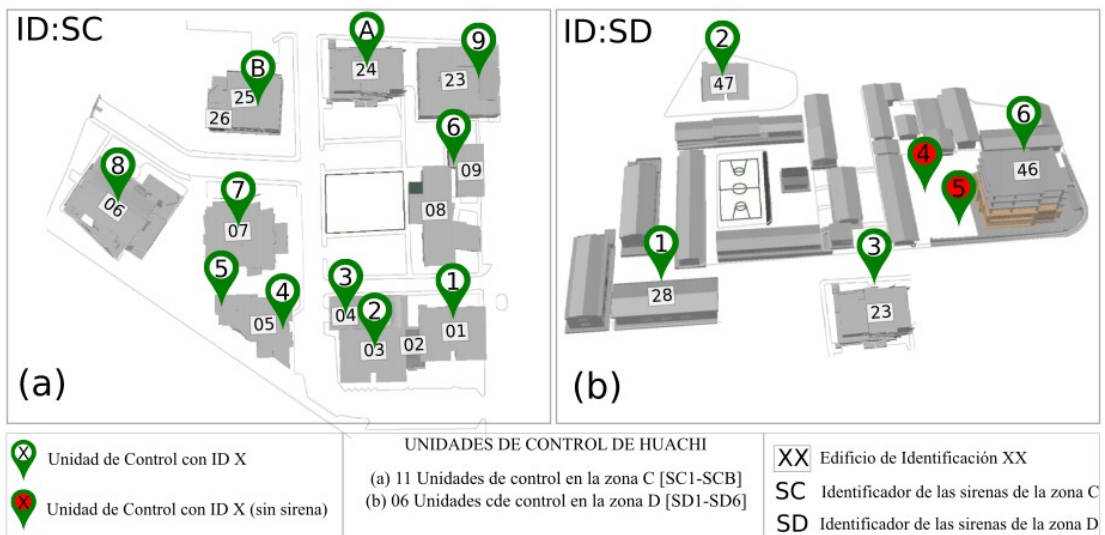


Fig.4. 38: Diagrama de ubicación de las Unidades de Control de Huachi. Elaborado en Inkscape

El los campus Ingahurco y Querochaca, utilizando el mismo método de acústica geométrica en Autocad, se determina la cantidad de Unidades de control requeridas. En Querochaca son necesarias 4 Unidades de Control con sirenas y 5 unidades sin sirena<sup>8</sup>. En Ingahurco se debe instalar 9 Unidades de Control, todas con sirenas. En las Fig.4. 39 y Fig.4. 40 se observa de forma resumida los puntos de ubicación de

8.- Los 2 edificios de Ciencias de la Salud no se encuentran en funcionamiento pero tienen un sistema acústico dentro de los parámetros de las normas INEN ISO 7731:2014. Se requieren 5 Unidades de Control para incluir los dispositivos existentes a la red.

cada Unidad de Control. El Anexo 2 muestra los planos de radiación de las sirenas que justifican la cantidad y ubicación de los dispositivos.

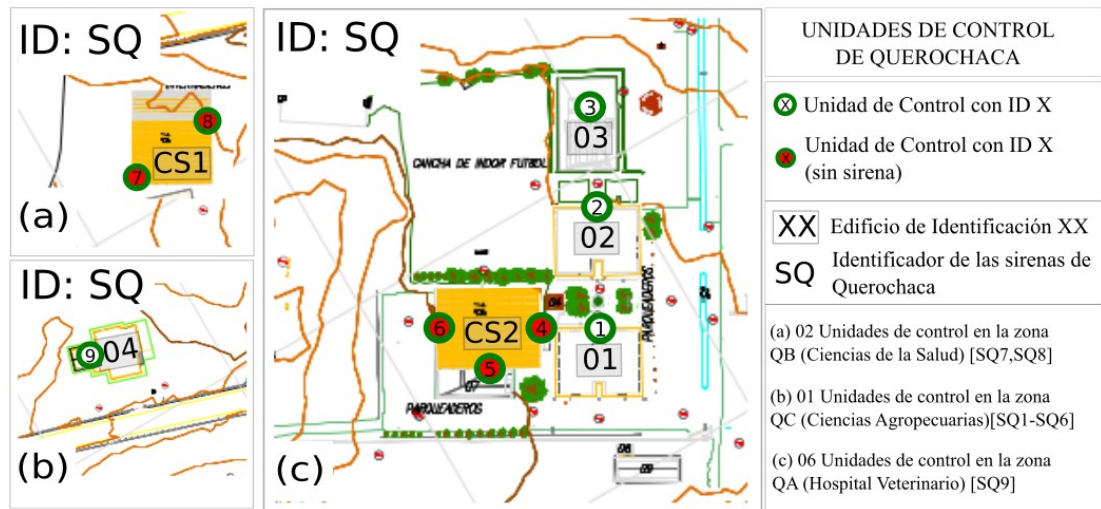


Fig.4. 39: Diagrama de Ubicación de las Unidades de Control de Querochaca. Elaborado en Inkscape

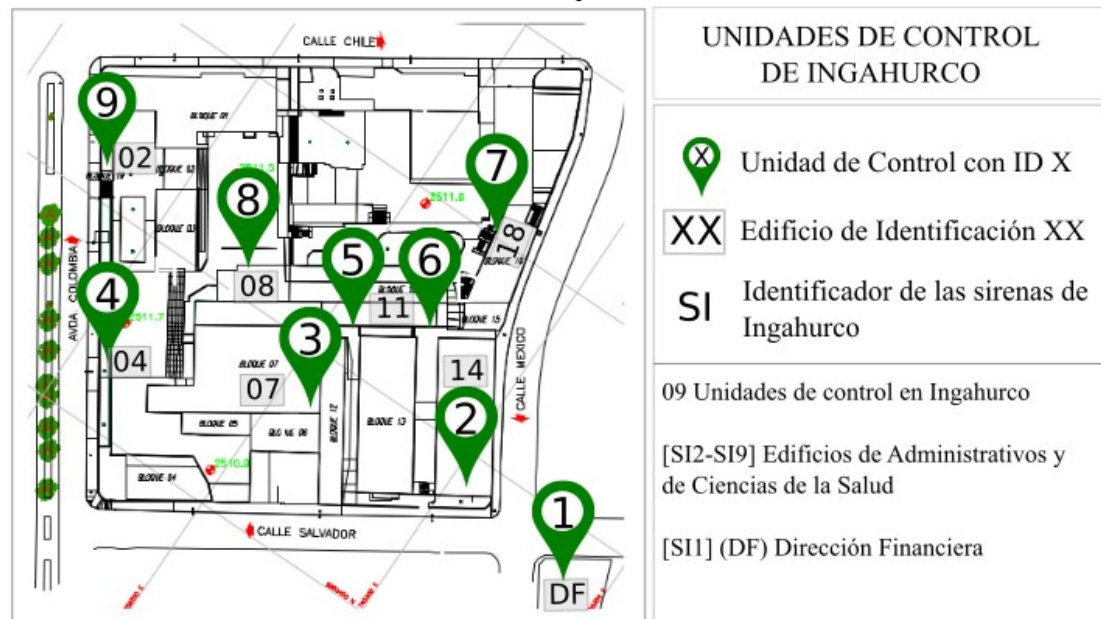


Fig.4. 40: Diagrama de Ubicación de las Unidades de Control de Ingahurco. Elaborado en Inkscape.

Las radios Ubiquiti del Sistema de Comunicaciones diseñado y las Unidades de Control deben estar conectadas a reguladores de tensión para protegerse de sobrevoltajes producidos en la red eléctrica, además el sistema de Activación de Alertas debe garantizar su funcionamiento en casos de cortes de energía eléctrica

(que son muy comunes en situaciones de emergencia); por lo que se recomienda el diseño de un sistema que permita el respaldo de alimentación eléctrica para los dispositivos del Sistema de Activación de Alertas.

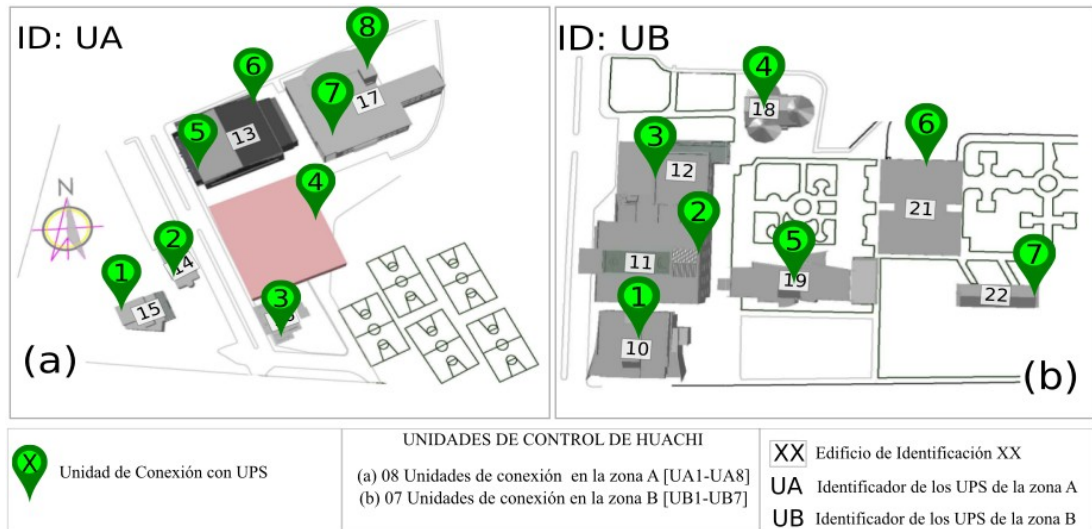


Fig.4. 41: Diagrama de Ubicación de las Unidades UPS de Huachi. Elaborado en Inkscape.

Las conexiones de los equipos del Sistema de Comunicaciones y de las Unidades de Control de un mismo edificio se concentran en un solo lugar, donde se ubican UPS's, en el Anexo 3 se tiene los planos que detallan la ubicación de las Unidades de Control, Radios Wifi, UPS's y de los cableados eléctricos y de datos, requeridos para la conexión de éstos dispositivos. La ubicación de las Unidades UPS's se muestran en

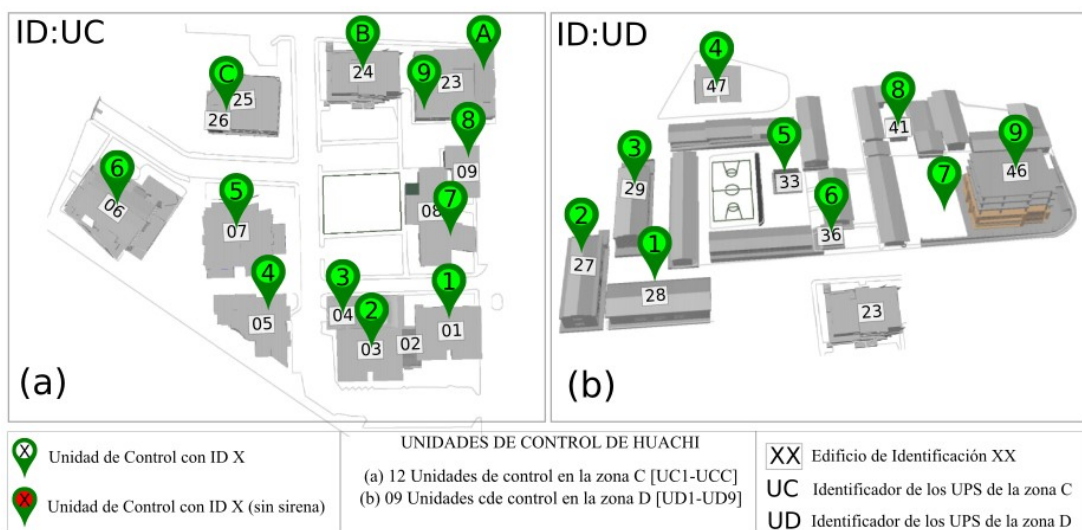


Fig.4. 42: Diagrama de Ubicación de las Unidades UPS de Huachi. Elaborado en Inkscape



las Fig.4. 41 y Fig.4. 42 para el campus Huachi, Fig.4. 43 para Querochaca y Fig.4. 44 para el campus Ingahurco.

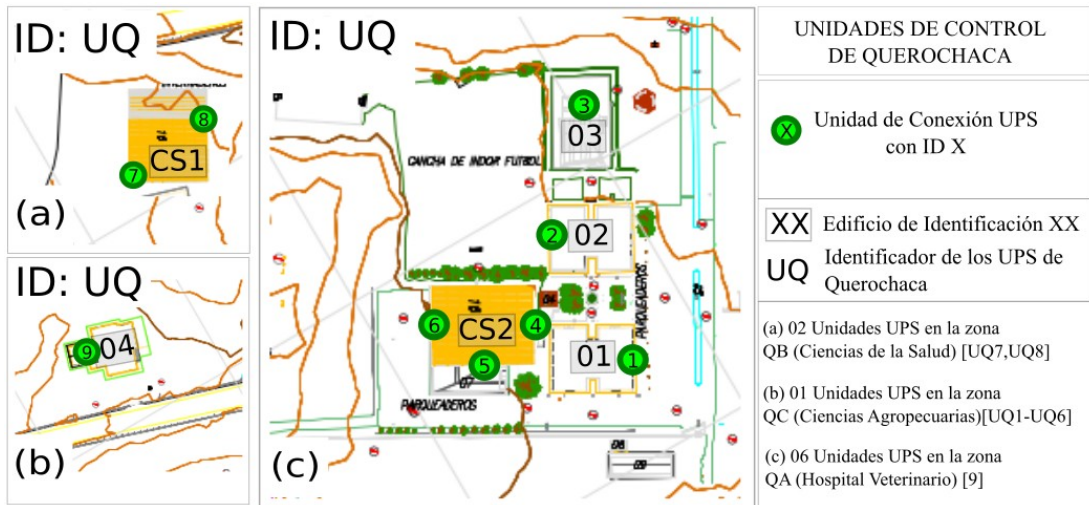


Fig.4. 43: Diagrama de Ubicación de las Unidades UPS de Querochaca. Elaborado en Inkscape

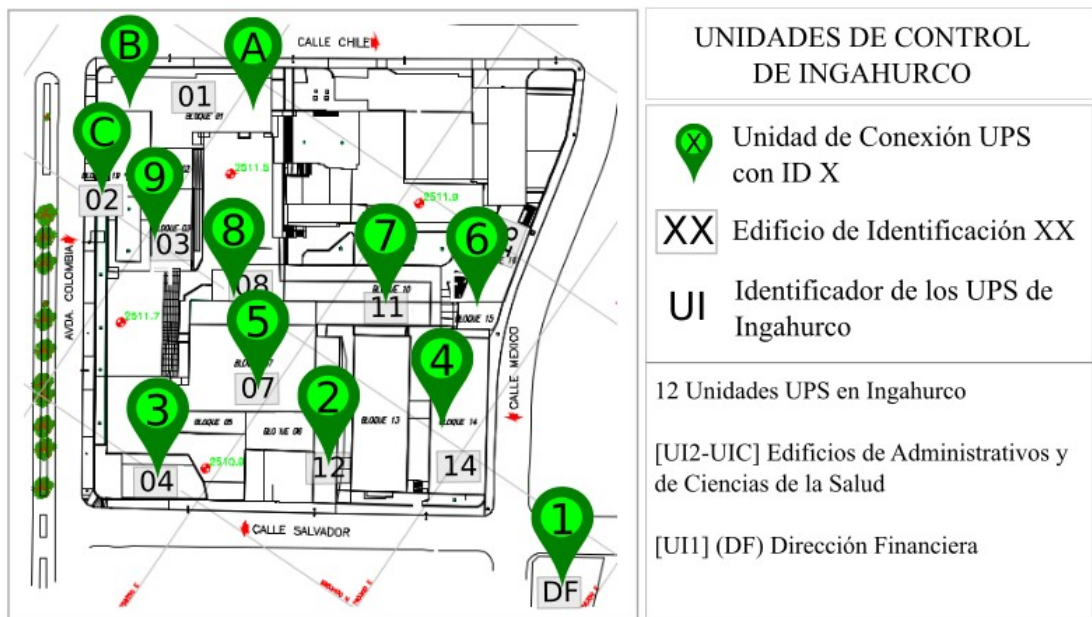


Fig.4. 44: Diagrama de Ubicación de las Unidades UPS de Ingahurco. Elaborado en Inkscape

Las características del UPS se seleccionan en función de las condiciones más críticas de consumo de potencia, la Unidad UPS que tiene más dispositivos conectados es la UB2 mostrada en la Fig.4. 41, en el Anexo 3 página 10 se comprueba que a ésta unidad se conectan tres radios Ubiquiti y dos Unidades de Control.

El tiempo de funcionamiento dado en minutos de un regulador UPS a su máxima capacidad de consumo, en modo batería está dado por la ecuación 4.8[57].

$$t_{ups} = 60 \frac{N * A * V * Eff}{S} \quad 4.8$$

Donde:

$t_{ups}$  Es el tiempo en minutos que funciona un UPS en modo batería (sin alimentación eléctrica).

$N$  Es el número de baterías del regulador UPS.

$A$  Es el valor en amperios de la corriente nominal de la batería.

$V$  Es el valor en voltios de la tensión nominal de la batería.

$Eff$  Es la eficiencia del regulador UPS, por normativa toma valores entre 90 y 98%, dependiendo del fabricante.

$S$  Es el valor en de la potencia del regulador UPS dado en VA.

El Sistema de Activación de Alertas debe garantizar un funcionamiento de por los menos una hora en casos de corte de energía eléctrica<sup>9</sup>, tiempo suficiente para que el personal de Gestión de Riesgos determine acciones preventivas de seguridad.

Las características generales de un regulador UPS de media potencia son: 2 baterías de 7AH a 12Vdc, una potencia de 1000VA, y un consumo máximo de 600w. Tomando el caso más crítico de eficiencia (90%), se determina el tiempo máximo que permanece encendida la Unidad UPS SB2 a su máxima capacidad (con una carga que consume 600w conectado al UPS)[57].

$$t_{ups} = 60 \frac{2 * 7 * 12 * 0,9}{1000} = 9,072 \text{ minutos}$$

El tiempo máximo que permanecen encendidos los equipos conectados a la Unidad SB2<sup>10</sup> en ausencia de energía eléctrica de la red, se determina mediante una regla de

---

9.- Tiempo sugerido por la Unidad de Gestión de Riesgos de la Universidad Técnica de Ambato

10.- El tiempo máximo de funcionamiento del Sistema de Activación de alertas es el mismo, debido a

tres inversa con los datos de consumo de potencia de las Unidades de Control y Radios Ubiquiti.

Las Radios Ubiquiti Picostation M2HP tienen un consumo máximo de potencia de 8w. En el diseño de las Unidades de Control se determinó que se máximo consumo de corriente es de 2.1 A, con estos datos, el consumo de potencia máximo de la unidad SB2 está dado por la ecuación 4.9

$$P_{max(SB2)} = 3(P_{UB}) + 2(P_{UC}) = 3(P_{UB}) + 2(A_{UC} * V_{UC})$$

4.9

Donde

$P_{max(SB2)}$  Es la potencia de máxima que consume la Unidad UPS SB2.

$P_{UB}$  Es el consumo de potencia de las radios Ubiquiti Picostation M2HP.

$P_{UC}$  Es el consumo de potencia de las Unidades de Control.

$A_{UC}$  Es el consumo de corriente de las Unidades de Control.

$V_{UC}$  Es el Voltaje de Operación de las Unidades de Control.

Reemplazando los valores se tiene que la máxima potencia de consumo de la Unidad UPS SB2 es 74,4w y aplicando la regla de tres inversa, se determina que los dispositivos conectados a una UPS de las características analizadas, permanecen encendidos un tiempo máximo de 73,16 minutos cuando no existe energía eléctrica de la red. Las características del UPS de media potencia es adecuado para el diseño del sistema de respaldo de alimentación eléctrica, por lo que se recomienda la instalación de reguladores UPS's de características similares para todas las Unidades UPS mostradas en las Fig.4. 41, Fig.4. 42, Fig.4. 43 y Fig.4. 44.

$$P_{max(SB2)} = 3(8) + 2(2.1 * 12) = 74,4 w$$

$$\frac{600}{74,4} \frac{9,072}{tiempo} \rightarrow tiempo = \frac{9,072 * 600}{74,4} = 73,16 minutos$$

---

que esta unidad tiene las condiciones más críticas de consumo eléctrico.

Finalmente para cumplir con las normas NEMA 4 exigidas por la norma NTE INEN ISO 7731:2014 en las instalaciones de sistemas de alerta con señalización acústica, que establecen que el cableado y los equipos del sistema de alerta deben estar protegidos contra agua y polvo se recomienda la instalación de gabinetes metálicos de protección para las Unidades UPS y Unidades de Control y de canaletas para el cableado.

#### **4.6 PRESUPUESTO**

El estudio económico para implementar el sistema propuesto en la Universidad Técnica de Ambato, se divide en dos partes fundamentales. La primera parte estima el costo requerido para desarrollar la tarjeta electrónica de la Unidad de Control de forma unitaria. La segunda parte, con el costo las Unidades de Control, y la cantidad de equipos requeridos, estima el monto económico para la implementación del Sistema de Activación de Alertas.

Los materiales requeridos, incluyendo el costo de fabricación, para el diseño de la tarjeta electrónica de la Unidad de Control se detalla en la Tabla 4. 7, donde se estima un costo unitario de \$100,19.

Las Unidades de Control, están integradas por los elementos descritos en la Tabla 4. 8. En la tabla se detalla el costo de todos los elementos, teniendo un valor unitario de la Unidad de Control sin sirena de 208,51 y con sirena incluida de \$259,81.

Los recursos materiales, humanos y dispositivos requeridos para la implementación del sistema de activación de alertas en la Universidad Técnica de Ambato se encuentra detallado por campus en la Tabla 4. 9. En los suministros, las cantidades de cable UTP categoría 6, cable gemelo y canaletas fueron medidas en base a los planos del Anexo 3. Se estima el uso de tres tornillos y tacos fisher por canaleta, cuatro por Unidad de Control y cuatro por Unidad UPS. Los capuchones y conectores RJ45 se cuantifican especificando el uso de cuatro por Radio Ubiquiti, dos para el cable de la red LAN y dos para el de alimentación por POE.



Tabla 4. 7: Presupuesto de los elementos de la tarjeta de control.

Elementos de la Tarjeta Electrónica de Control	Cantidad	Costo Unitario	Total
Impresión de tarjeta electrónica de 95mmx75mm (Incluye baquelita)	1	22,80	22,80
Módulo de comunicaciones ESP8266 12-E	1	14,82	14,82
Sensor de sonido KY-038	1	5,7	5,7
Resistencia de 470Ω 0.5w	2	0,05	0,1
Resistencia de 220Ω 2w	1	0,05	0,05
Resistencia de 1kΩ 0.5w	1	0,05	0,05
Resistencia de 47Ω 0.5w	2	0,05	0,1
Resistencia de 100kΩ 0.5w	1	0,05	0,05
Resistencia de 670Ω 0.25w	1	0,05	0,05
Resistencia de 2.2kΩ 0.25w	1	0,05	0,05
Resistencia de 220Ω 0.25w	4	0,05	0,2
Resistencia de 330Ω 0.25w	4	0,05	0,2
Resistencia de 10Ω 15w	1	0,9	0,9
Capacitor electrolítico de 4700 uf a 25v	1	0,8	0,8
Capacitor electrolítico de 47 uf a 25v	4	0,1	0,4
Capacitor cerámico 104	2	0,1	0,2
Diodo rectificador 3A	2	0,9	1,8
Puente de diodos KBP 310	1	1,03	1,03
Diodo zener 12v	1	1,03	1,03
SCR BT151	2	2,28	4,56
Transistor BD 136	2	2,28	4,56
Regulador LM7805A	1	2,28	2,28
Mini interruptor de plástico 2 pines	1	0,57	0,57
Bornera de 2 pines	11	0,25	2,75
Fusible 1,5A	1	0,1	0,1
Portafusible	1	0,27	0,27
Espadines cuadrados tipo hembra 30 pines	1	0,57	0,57
Soldadura de tarjeta electrónica 150 pines	1	34,20	34,20
<b>Total</b>			<b>100,19</b>

Elaborado por Investigador

Tabla 4. 8: Presupuesto unitario de las Unidades de Control.

Elementos de la Unidad de Control	Cantidad	Costo Unitario	Total
Transformador 120 VAC- 16 VAC con fusible incluido	1	17,1	17,1
Batería seca 12Vdc 4AH/20H	1	22,8	22,8
Dispositivo de activación remoto (Control RF)	1	68,42	68,42
Tarjeta electrónica de control	1	100,19	100,19
<b>Unidad de Control sin Sirena</b>			208,51
Sirena 30W 120dB de dos tonos. Incluye caja metálica de protección.	1	51,3	51,3
<b>Total</b>	1		259,81

*Elaborado por Investigador.*

El salario mensual de los honorarios del ingeniero electrónico, se determinó aproximando el promedio entre el salario mínimo de un ingeniero de acuerdo a la tabla de salarios mínimos sectoriales del Ecuador del año 2017 (402,54), y el sueldo máximo modal ofertado en la página de contrataciones públicas del Ecuador ([www.socioempleo.gob.ec](http://www.socioempleo.gob.ec)) para posibles cargos de ingenieros electrónicos y en software (1676). El promedio de los salarios es de 1039.27, el valor establecido para los honorarios del ingeniero electrónico a cargo del proyecto es de 1100 USD, estimando un tiempo de implementación de 6 meses.

El precio de los dispositivos, elementos electrónicos y suministros de instalación es fluctuante, como cualquier objeto del mercado, por lo que se estima 3492.53 USD para imprevistos, equivalente al 5% del valor total del presupuesto. El costo final estimado para la implementación del sistema de activación y monitoreo de alertas de forma remota es de en la Universidad Técnica de Ambato es de 73,343.02 USD.

#### 4.7 FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO.

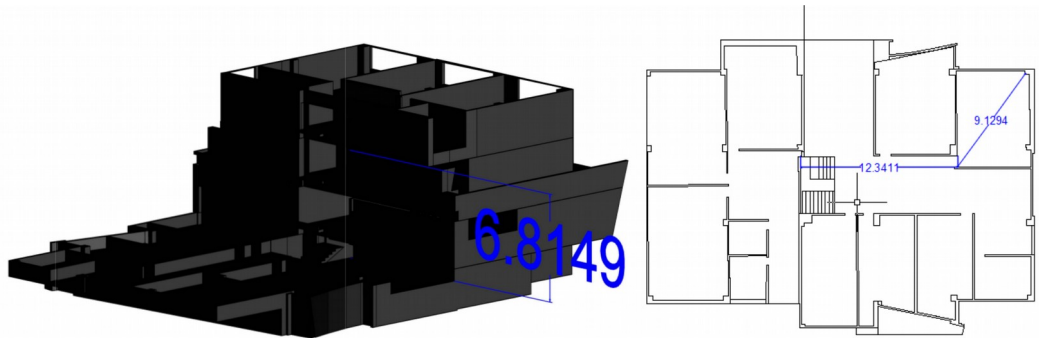
El prototipo se ha instalado en el edificio 24 del campus Huachi de acuerdo al diseño general del sistema, aquí se encuentra la Facultad de ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, la sirena está ubicada a una altura aproximada de 7m en la

Tabla 4. 9: Presupuesto para la implementación del Sistema de Activación de Alertas en la UTA

Artículos del Sistema de Alertas	Unidad	Cantidad Huachi	Cantidad Ingahurco	Cantidad Querochaca	Cantidad Total	Costo Unitario	Costo Total
<b>Dispositivos Electrónicos</b>							
Radio Ubiquiti Picostation M2hp, incluye ángulo metálico de instalación	c/u	56	15	18	89	188,10	16740,90
Unidades de Control con sirena incluida	c/u	28	9	4	41	259,81	10652,21
Unidades de Control adicionales (sin sirena)	c/u	3	0	5	8	208,51	1668,08
Gabinete metálico de protección 20x30x40.	c/u	37	12	09	58	44,46	2578,68
UPS-Regulador (600w) 1000VA SL-10011FO	c/u	37	12	09	58	188,56	10936,48
Televisor smart LCD 65 pulgadas	c/u	1	0	0	1	2052,00	2052,00
Computador de escritorio. Procesador I7/7, RAM 8Gb, 1T	c/u	4	1	1	6	1190,00	7140,00
<b>Suministros de Instalación</b>							
Cable UTP categoría 6	metro	1350	250	510	2110	0,48	1012,80
Cable gemelo #2x12	metro	710	170	230	1110	1,09	1209,90
Canaleta lisa 20x12 Dexon C/Adesiva	c/u	470	170	180	820	2,48	2033,6
Taco fisher #6	c/u	1682	594	620	2888	0,02	57,76
Tornillos para madera f6	c/u	1682	594	620	2888	0,03	86,64
Conectores RJ45	c/u	224	60	72	356	0,24	85,44
Capuchones RJ45	c/u	224	60	72	356	0,15	53,40
<b>Costos Laborales</b>							
Costo de mano de obra por punto de instalación, incluye toma corrientes	c/u	129	38	37	203	34,20	6942,60
Honorarios Ingeniero Electrónico	mes	4	1	1	6	1100,00	6600,00
<b>Subtotal</b>							69850,49
Imprevistos					5%		3492,53
<b>TOTAL</b>							73343,02

Elaborado por: Investigador

planta 4 del edificio, entre las gradas y dirigida hacia los pisos inferiores como se muestra en la Fig.4. 45.



*Fig.4. 45: Dimensiones para el análisis de propagación de sonido de la sirena de la FISEI.  
Facilitado por UGR-UTA*

El análisis del funcionamiento del prototipo se basa en dos parámetros fundamentales: El nivel de presión sonora de la señalización acústica y un estudio de pruebas de activación para determinar la confiabilidad del sistema de forma estadística.



*Fig.4. 46: Mediciones de nivel de presión sonora realizadas en la FISEI-UTA. Elaborado por Investigador*

### **Análisis del Nivel de Presión Sonora**

La validación de los datos se realizó mediante las mediciones realizadas en diferentes

condiciones dentro del laboratorio de PLC's, que el el lugar más alejado de la fuente sonora, utilizando un sonómetro Cesva modelo SC102. Las medidas obtenidas se ilustran en la Fig.4. 46, con la puerta abierta se tiene un nivel de presión sonora promedio de 83dB, un máximo de 85dB y un mínimo de 81dB de la señal de alerta. Los niveles de presión sonora se atenúan aproximadamente 12dB al cerrar la puerta del laboratorio, sin embargo, la señal acústica supera en más de 15dB al nivel de ruido ambiental promedio (55dB), considerándose como adecuado a las condiciones de diseño.

### Estadística de Errores

Las pruebas de funcionamiento de activación de los dispositivos se realizaron durante 20 días consecutivos con 200 pruebas diarias aleatorias en el tiempo y envíos de paquetes mediante el protocolo ICMP (ping). En la Tabla4. 10 se registra los promedios de los tiempos de activación y retorno, el tiempo máximo de ping y la estadística de paquetes perdidos de las peticiones realizadas.

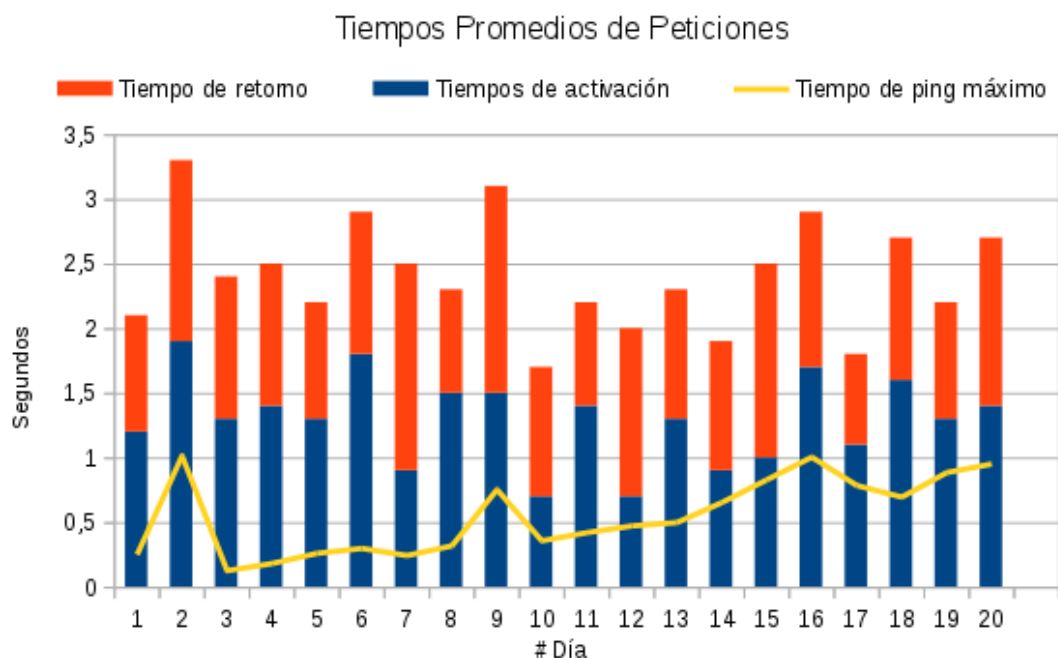


Fig.4. 47: Estadística de los tiempos máximos de las peticiones y paquetes ICMP.

Elaborado por Investigador

En la Fig.4. 47 se muestra un gráfico que representa los tiempos promedios de las 200 peticiones diarias. El tiempo medio de activación de una señal de alerta es de 1,3 segundos y el de retorno de 2,4 segundos.

*Tabla4. 10: Tiempos promedios de activación de las peticiones de activación.*

Día	Peticiones de Servicio		Tiempos Máximos (s)		
	Erróneos	Correctos	Encendido	Informe en Monitor	Ping
1	0	200	1,2	2,1	0,255(0%)
2	1	199	1,9	3,3	1,019(2%)
3	0	200	1,3	2,4	0,131(3%)
4	0	200	1,4	2,5	0,186(1%)
5	0	200	1,3	2,2	0,265(0%)
6	0	200	1,8	2,9	0,303(0%)
7	0	200	0,9	2,5	0,248(1%)
8	0	200	1,5	2,3	0,323(1%)
9	0	200	1,5	3,1	0,758(0%)
10	0	200	0,7	1,7	0,362(6%)
11	0	200	1,4	2,2	0,425(1%)
12	0	200	0,7	2	0,477(1%)
13	0	200	1,3	2,3	0,503(0%)
14	0	200	0,9	1,9	0,658(1%)
15	0	200	1	2,5	0,834(0%)
16	0	200	1,7	2,9	1,009(0%)
17	0	200	1,1	1,8	0,790(0%)
18	1	199	1,6	2,7	0,700(0%)
19	0	200	1,3	2,2	0,890(1%)
20	0	200	1,4	2,7	0,956(0%)

*Elaborado por Investigador*

La probabilidad de fallo de una petición se muestra en la Fig.4. 48, de las 4000 peticiones realizadas el 0,05% no responde a la primera solicitud, pero se tiene respuesta inmediata a la petición consecuente, sin necesidad de modificar parámetros del sistema.

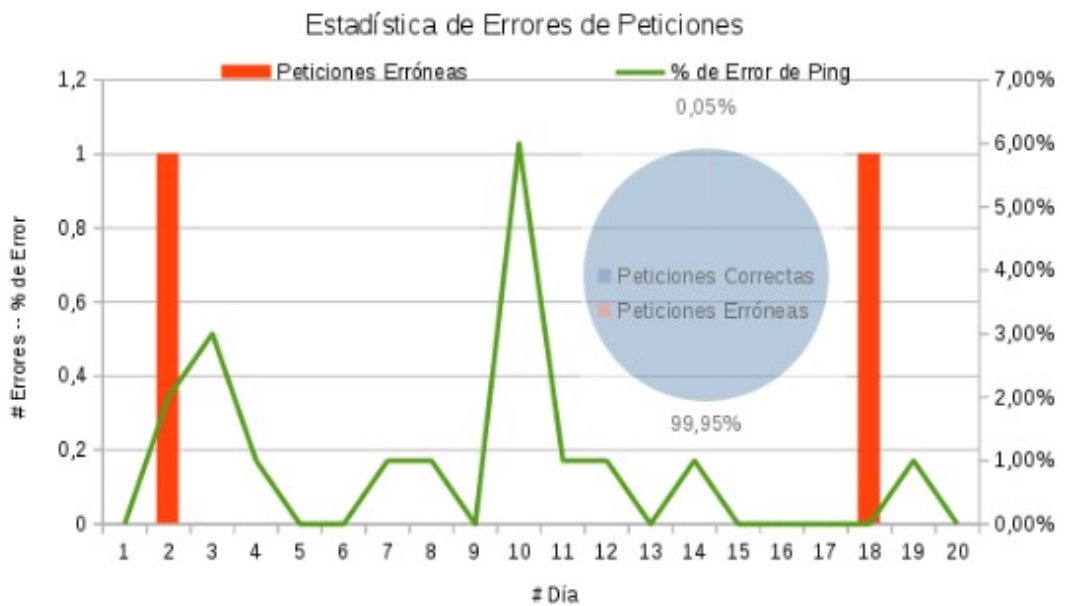


Fig.4. 48: Estadística de errores de activación de alertas.

Elaborado por Investigador

El porcentaje de pérdidas de paquetes ICMP máximo, solicitando ping desde dispositivos móviles que tienen un nivel de señal de la radiación WiFi de la red AlarmasUTAH superior a -75dBm, no es superior al 7% como se muestra en laFig.4. 48. El utilizar protocolos orientados a conexión produce que el porcentaje de errores en las peticiones sea menor 0,1%, aún en condiciones de pérdidas considerables de paquetes ICMP.

El tiempo de evacuación del Sistema de Activación de Alertas se evalúa mediante simulacros de evacuación. El informe de código UGR-GRE-D-004 es un documento de la Unidad de Gestión de Riesgos que registra los tiempos de evacuación del simulacro realizado en la FISEI en el año 2016, utilizando el método de informar a viva voz.

Para comparar los tiempos de evacuación del sistema diseñado con el antiguo, se realizó un simulacro utilizando la misma guía de procesos de evacuación del informe UGR-GRE-D-004, teniendo como resultado los tiempos mostrados en la Tabla4. 11.

Tabla4. 11: Tiempos de evacuación de los simulacros realizados.[UGR-UTA]

Tiempos	Lugares de Medición	Simulacro FISEI	Simulacro FISEI
		2016 Sistema Antiguo	2017 Sistema Nuevo
Tiempo desde el inicio del ejercicio práctico de evacuación hasta la salida de los primeros evacuados	Planta Baja	1	0,75
	Último Piso	5	3
	Punto de Encuentro	2	1,75
Tiempo desde el inicio del ejercicio práctico de evacuación hasta la evacuación total del piso, o área asignada.	Planta Baja	8	6
	Último Piso	7	4
	Punto de Encuentro	10	8

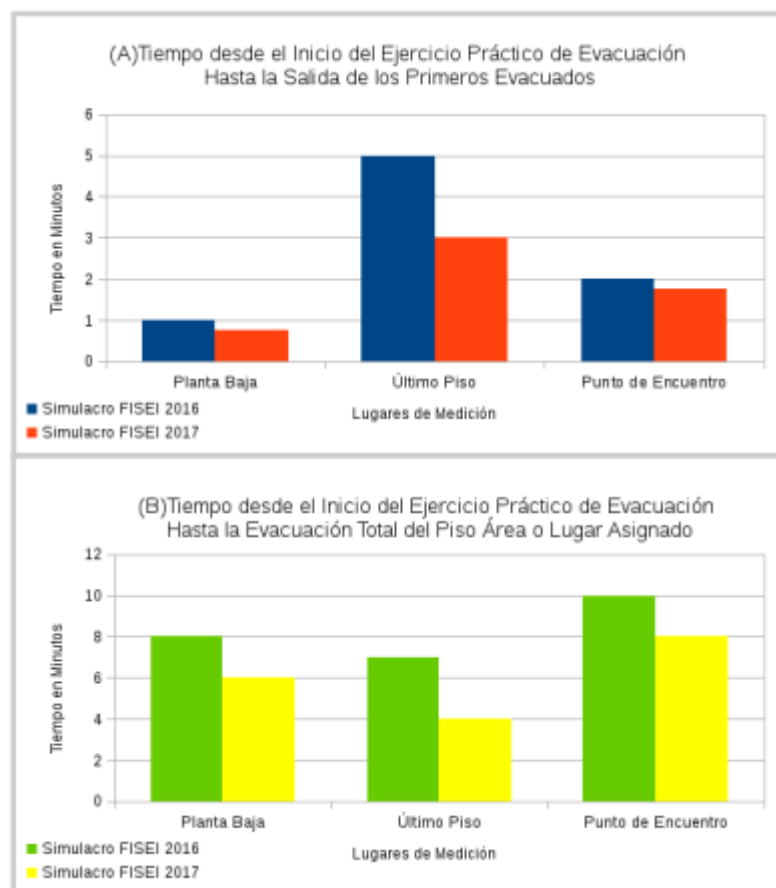


Fig.4. 49: Comparación de los tiempos de evacuación de los simulacros realizados. (A) Tiempo de los primeros evacuados (B)Tiempo de los últimos evacuados [UGR-UTA]



En la Fig.4. 49 se ilustra la comparación de los tiempos de evacuación del simulacro de 2016 y del simulacro del nuevo sistema. Los tiempos fueron medidos tomando como referencia el inicio del ejercicio de evacuación y observando en la planta baja, último piso y punto de encuentro la llegada de los primeros evacuados. Como resultado final se determina que para todos los casos, el tiempo de evacuación del nuevo sistema es menor; de forma notable el tiempo se optimiza en mayor magnitud para los casos de los últimos evacuados de cada área y para las personas que se encuentran en la última planta del edificio, teniendo aproximadamente 2 minutos de diferencia con el sistema anterior.

### Interfaz de Usuario

El monitoreo de la alertas activadas se realiza desde la la página web de acceso global ubicado en el directorio, [http://Dirección\\_IP\\_delServidor/AlarmasUTA/Servidor/Websocket/](http://Dirección_IP_delServidor/AlarmasUTA/Servidor/Websocket/). Ésta pagina web es la interfaz de usuario vinculada al servidor de Websockets para determinar la existencia de alertas.



Fig.4. 50: Interfaz de usuario para la supervisión de dispositivos instalados.

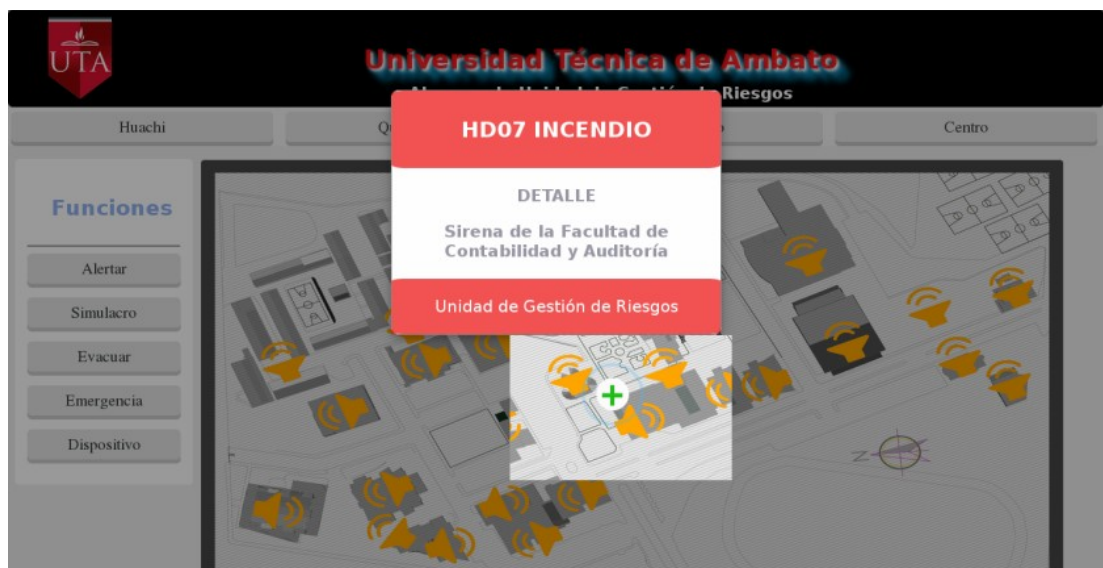
*Elaborado por Investigador*

La interfaz gráfica tiene botones para acceder a la página web de control de las

sirenas como se observa en la Fig.4. 50, permitiendo generar eventos de: alerta de incendio, simulacros, y evacuaciones.

En la interfaz de supervisión un pulsador flotante identifica la posición de alarma, permitiendo al usuario obtener el detalle mediante la página modal, al presionar el pulsador, como se observa en la Fig.4. 51. Los detalles que se visualiza es información guardada en la base de datos y contiene detalles de: el tipo de alerta generado, el identificador del dispositivo y el edificio en donde se encuentra instalado el aparato que genera el mensaje.

La activación de un estado, sea del tono de simulacro, evacuación o incendio se realiza desde la interfaz de control ubicada en el directorio [http://Dirección\\_IP\\_del\\_Servidor/AlarmasUTA/Servidor/alertas/AlertaPersonalizada.php](http://Dirección_IP_del_Servidor/AlarmasUTA/Servidor/alertas/AlertaPersonalizada.php). La interfaz permite activar alertas de forma individual , personalizada y general mediante tres páginas web de control.



*Fig.4. 51: Página flotante del detalle de las alertas del sistema.*

*Elaborado por Investigador*

La activación de alertas se realiza bajo autenticación y la Unidad de Gestión de Riesgos implementará medidas y sanciones ante la activación de un falso estado de alerta. Antes de acceder a la interfaz de control se requiere de un inicio de sesión

identificando a los usuarios como se ilustra en la Fig.4. 52. Si el usuario se encuentra registrado e inicia sesión se permite el acceso a la interfaz, caso contrario se redirige a la página web login.php.



Fig.4. 52: Páginas web de autenticación y control de dispositivos.

*Elaborado por Investigador*

La activación de una alerta se genera desde la interfaz de supervisión. Seleccionando el tipo de tono, se redirecciona a la página web de control, con los niveles de seguridad mencionados, y mediante los botones se activa o desactiva un tono de forma remota de con el ID del dispositivo.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Los métodos de acústica geométrica de trazado de rayos e imágenes, determinan la cobertura de la señal acústica en los edificios de la universidad. El método de trazado de rayos precisa que la sirena utilizada (112dB a 1 metro) debe entregar un nivel de señal adecuado a los espacios sin obstáculos inferiores a 125m de distancia, considerando la suma de longitudes de todos los puntos de reflexión.
- La arquitectura cliente servidor con tecnología de software Websockets entrega al sistema de activación de alertas la capacidad de reducir el tiempo de respuesta; la activación y supervisión de señales de alerta desde dispositivos móviles reduce con ésta tecnología reduce el tráfico de paquetes de control en la red.
- Las pruebas de funcionamiento determinaron que la diferencia de presión sonora de la señal entre los valores calculados (82,9dB) y medidos (81 a 85 dB) se encuentran en rangos de variación de  $\pm 2$  dB, manteniendo la señal dentro del umbral aceptable en señalización acústica.
- El tiempo promedio de activación de una alerta enviada desde un dispositivo móvil a la sirena es de 1,3 segundos y el de retorno de la unidad de control a

la interfaz de monitoreo de 2,4 segundos con un margen de error en la petición del cliente menor a 0,1%.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- En el análisis de la propagación de la señal acústica realizado mediante el método de trazado de rayos de la acústica geométrica en los recintos cerrados, se debe considerar una atenuación aproximada de 15dB para las aulas y oficinas que mantienen sus puertas cerradas, garantizando de esta manera la cobertura de la señalización a un nivel de presión sonora adecuado.
- Entregar a la comunidad universitaria el acceso al sistema mediante las aplicaciones móviles en una red de área local, exclusiva para el Sistema de Activación de Alertas y sin acceso a Internet para reducir el tráfico de paquetes de datos en el sistema de comunicaciones.
- Realizar comparaciones entre valores calculados y mediciones para las zonas donde se determina que el nivel de presión sonora especular es afectado por obstáculos o en los sectores más alejados de la fuente sonora, considerados como los puntos críticos para señalización acústica en un edificio.
- Reducir el tiempo de procesado de datos en el servidor web de aplicaciones utilizando métodos de programación que permitan implementar el soporte de clientes Websockets en las Unidades de Control y dispositivos móviles.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] ECURED (2016 Ago. 10)“Cinturón de Fuego del Pacífico” [online] Disponible: [https://www.ecured.cu/Cintur%C3%B3n\\_de\\_fuego\\_del\\_Pac%C3%ADfico](https://www.ecured.cu/Cintur%C3%B3n_de_fuego_del_Pac%C3%ADfico). Último Acceso: 26 Ago. 2016
- [2] SECRETARÍA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS, “*Manual de Comité de Gestión de Riesgos*”, [online]. Pag. 1, 3, 4, 6 Disponible: [http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Informe\\_completo\\_20.pdf](http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Informe_completo_20.pdf). Último Acceso. 19 de octubre de 2016.
- [3] A. ZAMBRANO VIZUETE, I. PÉREZ LLOPIS, C. PALAU SALVADOR M. ESTEVE DOMINGO (2015, Diciembre), “*Sistema Distribuido de Detección de Sismos Usando una Red de Sensores Inalámbrica para Alerta Temprana*”, ScienceDirect [online]. pp. 260-269. Disponible: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1697791215000278>, <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17235/1/2016AJIEE-35.pdf> Último Acceso: 03 Oct. 2016.
- [4] J. MARTÍNEZ FRANCO, V. D. RAMÍREZ GÓMEZ, I. RABADÁN MALDA, M. SÁNCHEZ SÁNCHEZ, “*Diseño de Alerta Sonora para Alarma Sísmica de la Esime Zacatenco*”, Tesis de Ingeniería, Instituto Politécnico Nacional, Esc. Sup. de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México D.F. marzo 2015. Disponible: <http://tesis.bnct.ipn.mx/handle/123456789/14076>. Último Acceso: 30 Ago. 2016.
- [5] M. ARATTANO, L. MARCHI, (2008, Abril), “*Systems and Sensors for Debris-flow Monitoring and Warning*”, Sensors 2008, No. 8, [oline] pp. 2436-2452. <http://www.mdpi.com/1424-8220/8/4/2436>. Último Acceso: 03 Oct. 2016.
- [6] E. SOTOMAYOR VERDUGO (2012, Octubre),“*Estudio de un Sistema de Comunicación Satelital para Alerta y Reacción ante Eventos Sísmicos*”, Tesis de Ingeniería, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Dep. de Ciencias de la Comunicación. [oline] Disponible: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112126> Último Acceso: 26 Ago. 2016.
- [7] J. HEDRIK, (2008, abril), “*Emergency Alert System for Union College Television and Radio*”, Senior Capstone Project, ECE-499. [oline] Disponible: <http://antipasto.union.edu/engineering/Archives/SeniorProjects/2008/CN.2008/webpages/swiftd/final%20paper.pdf>. Último Acceso: 26 Ago. 2016.

- [8] JULIÁN DAVID VÁSQUEZ GUTIÉRREZ, IVÁN FERNADO SANTA RAMÍREZ, JOSÉ VALENTÍN RESTREPO LAVERDE, “*Prototipo de una Estación Celular Portátil para Atención de Emergencias*”, Medellín Colombia, Noviembre 2012.
- [9] BRITO MONCAYO GEOVANNI, CHÁVEZ ROBALINO LISSETTE, “*Sistema Electrónico de Alerta Temprana para la Detección de Incendios en la Empresa ACETERM de la Ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas*”, Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, Ambato-Ecuador, 2017, [online]. Disponible: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26220>. Último Acceso: 03 de Oct. 2017.
- [10] APOLO CÁRDENAS DIANA, “*Diseño de la red de Telecomunicaciones de la ESPE para el Sistema de Supervisión y Alerta Temprana Frente a una Eventual Erupción del Volcán Cotopaxi*”, Tesis de Ingeniería, Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Eléctrica y Electrónica, Sangolquí-Ecuador, 2011. [online]. Disponible: <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2792>. Último Acceso: 03 de Oct. 2017.
- [11] J. DÍAZ PALACIOS, “*Gestión de Riesgos en los Gobiernos Locales*”, 1ª Ed, Editorial Forma e Imagen, Perú 2005, pag. 11, 16,17.
- [12] SECRETARÍA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS, MINISTERIO DE EDUCACIÓN, “*Plan Institucional de Emergencias para Centros Educativos*”, [Online]. pp. 12-24, Disponible: [http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Plan\\_Emergencias\\_CE-FINAL.pdf](http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Plan_Emergencias_CE-FINAL.pdf). Último Acceso: 22 de octubre de 2016.
- [13] D. R. BRAVO NIETO, A. S. VELÁSQUEZ, (2011) “*Aplicación de la Gestión de Riesgos Naturales como Instrumento para el Establecimiento de Políticas de Desarrollo Sostenible en el Cantón Cevallos Provincia de Tungurahua*”, Tesis de Ingeniería, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería en Ciencias Económicas y Financieras, Quito Ecuador, [Online] pp. 20-33, Disponible: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2683>. Último Acceso: 22 de octubre de 2016
- [14] BANCO DEL ESTADO “*Perfil de Financiamiento para Gestión de Riesgos*”, Marzo 2010 [online] pp. 5-8, 11 Disponible: <http://www.bde.fin.ec/sites/default/>

files/u1/Planes/Documento%20conceptual%20GESTI%C3%A0N%20DE  
%20RIESGOS.pdf. Último Acceso: 19 de octubre de 2016

[15] R. D'ERCOLE, M. TRUJILLO, “*Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgos en el Ecuador*”, COOPI, IRD, OXFAM, Quito 2003, [online] pag. 11,12,19,20 Disponible: [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers11-03/010032419.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-03/010032419.pdf). Último Acceso: 19 de octubre de 2016.

[16] UNESCO SAN JOSÉ, AYUDA HUMANITARIA COMISIÓN EUROPEA, “*Manual Sobre Sistema de Alerta Temprana*”, Ministerio de Educación de Panamá, pag. 10. [online] Disponible: <http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Panama%20MANUAL%20INFORMATIVO.pdf> Último Acceso: 05 de Oct. 2017.

[17] JOSÉ HERNÁNDEZ PATERNA, “*Manual de Seguridad y Salud en la Edificación, Obra Industrial y Civil*”, Editorial JHP, Barcelona - España 2005, Capítulo VI, pag. 3.

[18] JOSÉ MARÍA CORTÉZ DÍAZ, “*Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales*”, 9ª Edición, Editorial Tébar, Madrid 2007, pp. 170-182.

[19] MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN, INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO, “*Guía Técnica Sobre Seguridad y Salud en el Trabajo*”, Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, BOE n.º 97, de 23 de abril. [online] pag. 28,29 Disponible: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/senal.pdf>. Último Acceso: 06 de Oct. 2016

[20] MALAYSIAN STANDARD MS ISO 7731:2007 “*Ergonomics-Danger Signals for Public and Work Areas-Auditory Danger Signals*” ISO 7731:2003 IDT. pp. 4-7.

[21] PAUL E. TIPPENS, “*Física Conceptos y Aplicaciones*”, 7ª Edición, Mc Graw Hill, Perú, pag. 643,644,645

[22] ANTONY CARRIÓN ISBERT, “*Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*”, 1ª Edición, Ediciones UPC, Barcelona 1998.

[23] F. MIYARA “*Acústica y Sistemas de Sonido*”, Editorial de la Universidad Nacional de Rosario, Rosario 1999, Capítulo 4, pp. 44-56.

[24] HIGINI ARAU-PUCHADES “*La Arquitectura del Sonido en la Geometría de los Espacios*”, Conferencia Cersaie en Bologna 2014, [online] pag. 7 Disponible: [https://www.arauacustica.com/files/publicaciones/pdf\\_esp\\_52.pdf](https://www.arauacustica.com/files/publicaciones/pdf_esp_52.pdf). Último Acceso:



07 de Oct. 2017.

[25] J. PARRONDO GAYO, S. VELARDE SUÁREZ, R. BALLESTEROS TAJADURA, J. GONZALES PÉREZ, C. SANTOLARIA MORROS, “*Acústica Ambiental*”, 1ª Ed, Universidad de Oviedo, 2006, pag.49.

[26] G. PELLIS, G. VARGAS, E. ZAMBRONI, “*Acondicionamiento Acústico de Recintos, Análisis y Diseño*”, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Córdoba, Argentina, 2011. [online] pp. 2,3 Disponible: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/fundamentosdeacusticayelectroacustica/pub/file/FAyE0511E1-Pellis-Vargas-Zambroni.pdf>. Último Acceso: 07 de Oct. 2017

[27] J. L. BERENGUEL GÓMEZ, “*Desarrollo de Aplicaciones Web Distribuidas*”, Ediciones Paraninfo S.A. Madrid 2016, pag 3.

[28] J. C. MARTÍN CASTILLO, “*Instalaciones Domóticas*”, Editex, 2009. pag.12

[29] J. RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, “*Instalaciones Domóticas*”, 1ª Ed. Editorial Paraninfo S.A. Madrid 2012, pp. 59-67

[30] A. RUÍZ CANALES, J. M. MOLINA MARTÍNEZ, “*Automatización y Telecontrol de Sistemas de Riego*”, 1ª Ed. Editorial Marcombo, Barcelona 2010, pp. 379-381

[31] M. MORO VALLINA, “*Instalaciones Domóticas, Electricidad-Electrónica*”, 1ª Ed. Editorial Paraninfo S.A. Madrid 2011, pp. 11-14.

[32] C. DE PABLOS, J. J. LÓPEZ HERMOSO, S. MARTÍN ROMO, S. MEDINA, “*Informática y Comunicaciones en la Empresa*”, Editorial Esic, Madrid 2004, pag. 174.

[33] WAYNE TOMASSI, “*Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*”, 4ª edición, Pearson Education, México 2003 pag. 1,2,10.

[34] M. COLOBRAN HUGUET, M. J. ARQUÉS SOLDEVILA, E. M. GALINDO, “*Administración de Sistemas Operativos en Red*”, Editorial UOC, Barcelona 2008, pag. 23, 32, 34, 35, 36 168, 175.

[35] THIMOTLY L. WARNNER, “*Hacking Raspberry Pi*”, Editorial Assistant, USA 2007, pag 7.

[36] F. MOCQ, “*Raspberry Pi 2, Utilice Todo el Potencial de su Nano-ordenador*”, Ediciones ENI, Barcelona España 2016. pag. 19,20

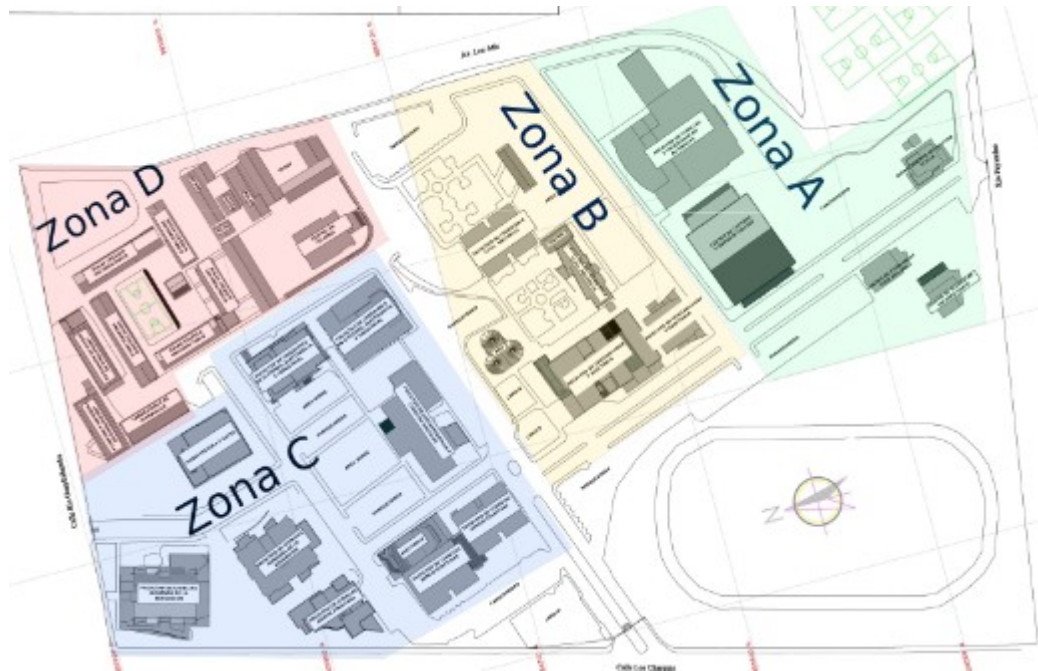
- [37] F. MACIÁ, F. J. MORA, J. A. GIL, “*Administración de Servicios de Internet, de la Teoría a la Práctica*”, [online], Universidad de Alicante, Murcia España 2008 pag. 40.
- [38] M. MORO VALLINA, “*Instalaciones de Telecomunicaciones, Infraestructuras de Redes de Datos y Sistemas de Telefonía*”, 1ª Ed. Editorial Paraninfo, Madrid España 2013, pp . 3-6.
- [39] XAVIER HESSELBACH SERRA, JORDI ALTÉS BOSCH, “*Análisis de Redes y Sistemas de Comunicaciones*”, Ediciones UPC, Barcelona 2002, pag. 16.
- [40] E. BELLIDO QUINTERO “*U2879: Equipos de Interconexión y Servicios de Red*” 1ª Ed. Editorial IC, Málaga 2014, Capítulo 12.
- [41] F. VALENCIA ARRIBAS, “*Manual Básico de Configuración de Redes Cisco*”, Ed. 2011, pag. 95, 96.
- [42]R. MORROW “*Bluetooth Operation And Use*”, Editorial McGraw-Hill, New York 2002 pp. 2-6
- [43] HARODL DAVIS, “*Wifi Wireless Networking*”, 1ª Ed. Editorial QUE, Estados Unidos 2004, pag. 5, 6.
- [44] J. A. CABALLAR, J. A. CABALLAR FALCÓN, “*Wifi: lo que se Necesita Saber*”, Editorial RC Libros, España 2010, pp. 3-9.
- [45] M. SAUTER, “*From GSM to LTE*”, 1ª Ed. Editorial Willey, Chennai India 2011, pag. 2, 3.
- [46] O. SALLENTO ROIG, J. L. VALENZUELA GONZÁLES, R. AGUSTÍ COMES, “*Principios de Comunicaciones Móviles*”, Ediciones UPC, Catalunya 2003, pp. 25-27
- [47] D. BENCHIMOL, “*Microcontroladores ,Funcionamiento, Programación y usos Prácticos*”, 1ª Ed. Redusers, Buenos Aires Argentina 2011, pag 184.
- [48] C. S. R. PRABHU, A. PRATHAP REDDI, “*Bluetooth Technology and itis Applications with Java and J2ME*”, Editorial Prentice-Hall, India 2004, Cap. 2 pag. 20.
- [49] F. VALDÉZ PÉREZ, R. PALLÁS ARENY, “*Microcontroladores Fundamento y Aplicaciones con PIC*”, Editorial Marcombo, Barcelona España 2007, pp. 45,47,51.
- [50] O. E. BARRA ZAPATA, F. BARRA ZAPATA, “*Microcontroladores PIC con Programación PBP*”, Editorial Alfaomega, México 2011, pag. 19.

- [51] J. VESGA FERREIRA, “*Microcontroladores Motorola-Freescale, Programación Familias y sus Distintas Aplicaciones en la Industria*”, Colombia 2007, pag. 3.
- [52] ARDUINO, “*Arduino Genuino Uno*”, [online] Disponible: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>.
- [53] ESP8266 DATASHEET, [Online], Espressif Systems IOT Team, Version 4.3, Disponible: <http://download.arduino.org/products/UNOWIFI/0A-ESP8266-Datasheet-EN-v4.3.pdf>. Último Acceso: 17 Abril 2017.
- [54] NAYLAMP MECHATRONICS, “*Tutorial de Sensor KY-038*”, [Online]. Disponible: [http://www.naylampmechatronics.com/blog/48\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/48_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html). Último Acceso: 15 de Mayo de 2017.
- [55] F. P. NÚÑEZ NÚÑEZ, J. P. PALLO NOROÑA, “*Sistema de Monitoreo y Control de Alumbrado Público Mediante una Red de Sensores RF*”, Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, Ambato-Ecuador, Mayo 2017. [online] pp. 47-48 Disponible: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25693> Último Acceso: Oct. 11 2016
- [56] ROBERT L. BOYLESTAD, LOUIS NASHELSKY, “*Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos*”, Décima Edición, Pearson Education, Mexico 2009, pp. 206-208, 837,838.
- [57] QLOUDEA DATA SOLUTION (2016, Dic. 29) “*Cómo Calcular el Tiempo de un SAI en Modo Baterías*”, [online] Disponible: <https://qloudea.com/blog/calcular-tiempo-de-un-sai-modo-baterias/> Último Acceso: Oct. 11 2016

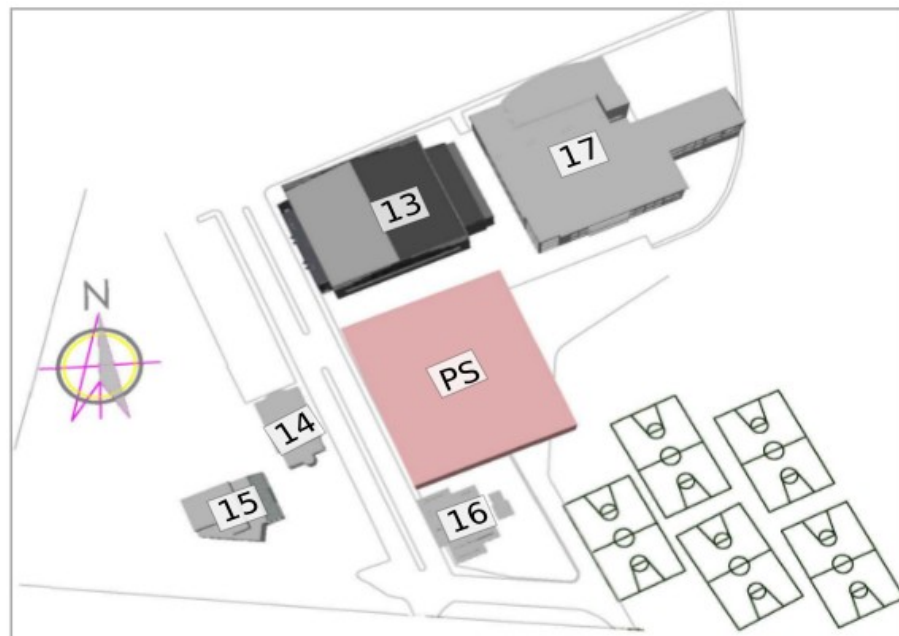
## ANEXOS

### Anexo 1: Planos de los Campus de la Universidad Técnica de Ambato.

#### *Campus Huachi*



*Ilustración 1: Plano del grupo de Edificios del campus Huachi de la Universidad Técnica de Ambato. El campus está dividido en cuatro zonas: zona A, zona B, zona C y zona D, delimitadas por las vías de acceso a las unidades académicas.[UGR-UTA]*



*Ilustración 2. Edificios de la zona A de Huachi.[UGR-UTA]*

La Ilustración 2 muestra la ubicación de los edificios de la zona A del campus Huachi donde se tiene la distribución de Unidades Académicas y Departamentos de acuerdo a la siguiente descripción: El bloque 13 es el Centro de Cultura y Deportes, el bloque 14 es el edificio de FEUE, el bloque 15 es el edificio de Bienestar Estudiantil, en el edificio 16 está el Departamento de Educación Física, el bloque 17 es el grupo de edificios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y el bloque PS es la piscina de la universidad.

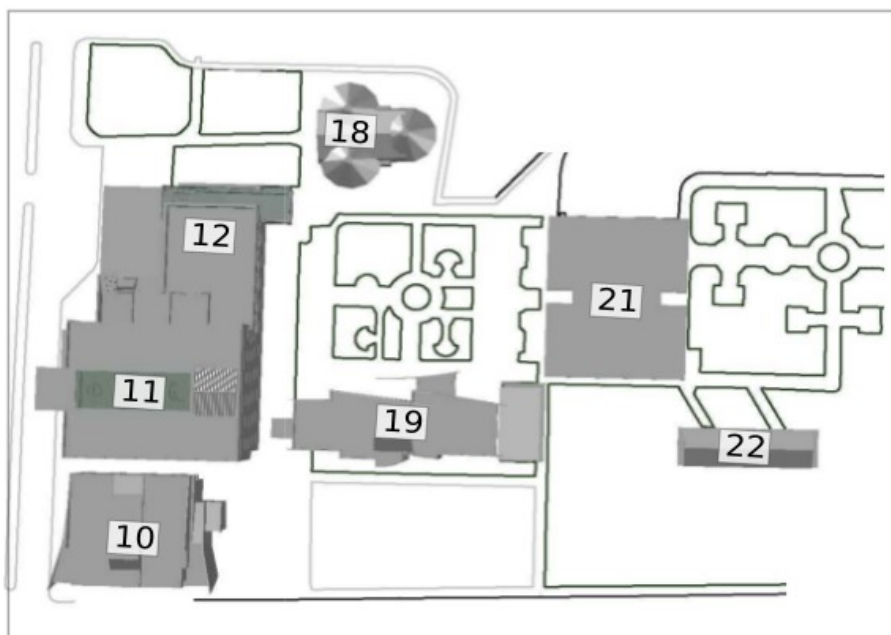


Ilustración 3: Edificios de la zona B de Huachi[UGR-UTA]

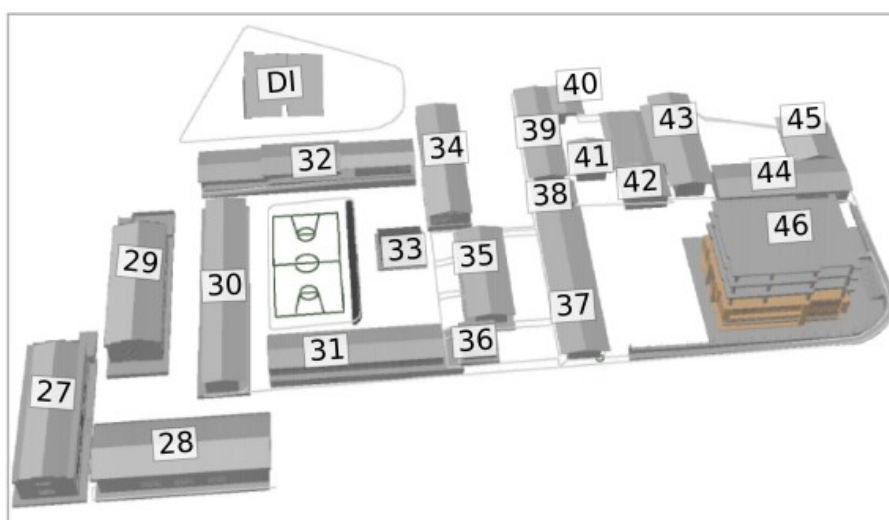
La Ilustración 3 muestra la ubicación de los edificios de la zona B del campus Huachi donde se tiene la distribución de Unidades Académicas y Departamentos de acuerdo a la siguiente descripción: El grupo de bloques 10, 11 y 12 pertenecen a la Facultad de Contabilidad y Auditoría, el bloque 18 es el Bar Universitario y el grupo de edificios 19, 21 y 22 son de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

La Ilustración 4 muestra la ubicación de los edificios de la zona C del campus Huachi donde se tiene la distribución de Unidades Académicas y Departamentos de acuerdo a la siguiente descripción: El grupo de bloques 01, 02, 03, 04 y 05 son los edificios de la Facultad de Ciencias Administrativas (el bloque 04 es el Auditorio). En los edificios 06 y 07 está la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación, los edificios 08 y 09 son la Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, los edificios 23 y 24 son de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial y el grupo de bloques 25 y 26 son la Facultad de Diseño Arquitectura y Artes.



*Ilustración 4: Edificios de la zona C de Huachi. [UGR-UTA]*

*La Ilustración 5 muestra la ubicación de los edificios de la zona D del campus Huachi donde se tiene la distribución de Unidades Académicas y Departamentos de acuerdo a la siguiente descripción: El grupo de bloques 27, 28 y 29 son los laboratorios especializados de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, el grupo de bloques desde el 30 al 39 son las aulas de antiguo Colegio Universitario, el Grupo de bloques del 40 al 45 son instalaciones del DIRIN y el edificio 46 es el Departamento de Idiomas..*



*Ilustración 5: Edificios de la zona de D de Huachi [UGR-UTA]*

### **Campus Ingahurco.**

La Ilustración 6 muestra la ubicación de los edificios del campus Ingahurco de la UTA donde se tiene la distribución de Unidades Académicas y Departamentos de acuerdo a la siguiente descripción: El grupo de bloques 01, 02 y 03 son las oficinas administrativas de Talento Humano, Rectorado y Vicerrectorado. El bloque 04 es la Dirección de Investigación, el grupo de bloques desde 05 a 07 son laboratorios especializados de la Facultad de Ciencias de la Salud. El edificio 08 es la biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Salud y el grupo de edificios desde el 10 al 17 son las aulas de la misma facultad.

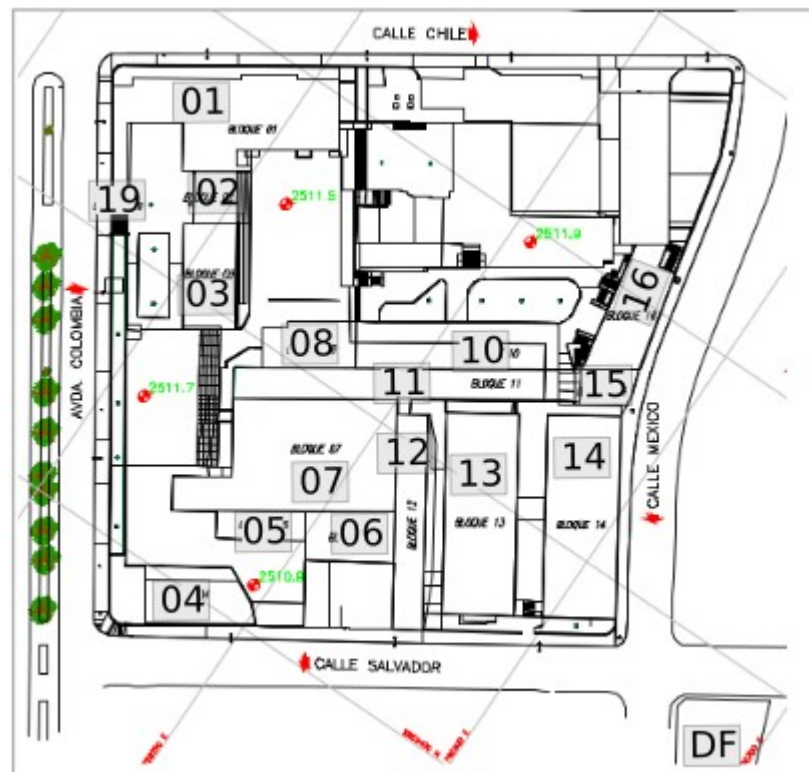


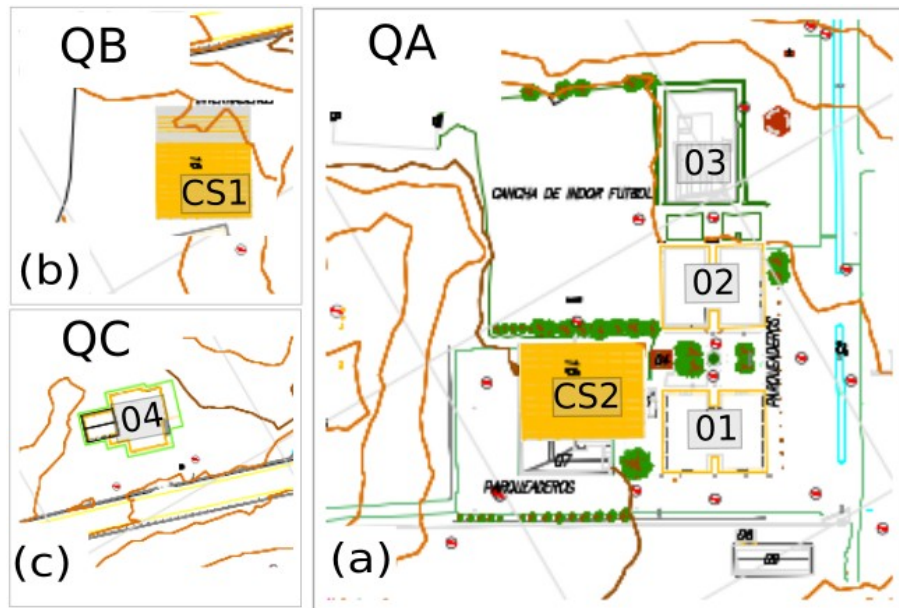
Ilustración 6: Plano de los edificios del campus Ingahurco de la UTA. [UGR-UTA]

### **Campus Querochaca.**

La Ilustración 7 muestra la ubicación de los edificios del campus Querochaca de la UTA donde se tiene la distribución de Unidades Académicas y Departamentos de acuerdo a la siguiente descripción: En el campus se tienen tres zonas QA, QB, QC que se encuentran separadas a más de 200m entre ellas. En la zona QA el grupo de bloques 01, 02 y son los edificios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería Agropecuaria, el bloque 03 el Bar Universitario del campus. El bloque 04 se encuentra en la zona QC y aquí está el Hospital



*Docente Veterinario. El edificio SC1 de la zona QA, y SC2 de la zona QD son construcciones destinadas a la Facultad de Ciencias de la Salud.*



*Ilustración 7: Edificios del campus Querochaca de la UTA. a) Zona QA, b) Zona QB, c) Zona QC [UGR-UTA]*



## Anexo 2: Planos de Radiación de las Sirenas

La cantidad de sirenas requeridas para cada campus se cuantifica estableciendo que para cada edificio se requiere mínimo de una sirena, con fines de establecer alarmas sectorizadas. A continuación se busca la ubicación ideal de cada sirena dentro de los edificios, determinando los puntos isótropos para la propagación de la señal acústica, mediante el cálculo de los centros de gravedad.

Con la ubicación establecida de las sirenas, se analiza si la cobertura de la señal es adecuada (superior a 70 dB en cualquier zona del edificio) o si se requiere de la ubicación de una nueva fuente sonora. Si se requiere de otras sirenas, éstas se ubica de forma tal que propaguen su señal acústica alimentando los puntos críticos (zonas con señales inferiores a 70dB).

El método utilizado para determinar el valor especular de presión sonora que se tienen en las diferentes zonas de los edificios, es la acústica geométrica, siguiendo el mismo procedimiento utilizado para ubicar las sirenas del Sistema de Activación de Alertas de la FISEI.

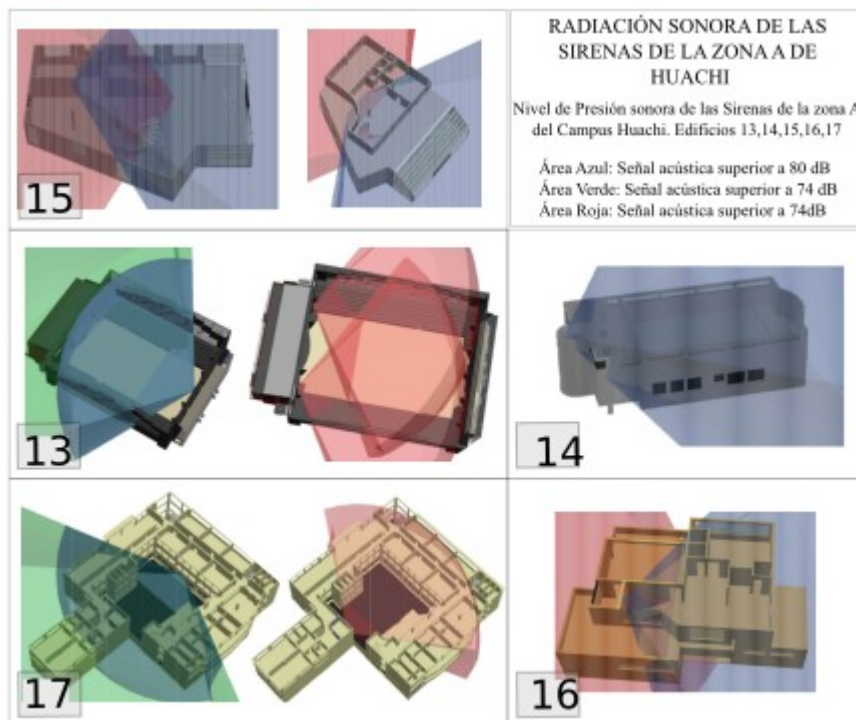


Ilustración 8: Radiación sonora de las sirenas de la zona A.

Elaborado por Investigador

Después de realizar el análisis de la ubicación ideal de cada sirena en los diferentes

campus, se llega a los siguientes resultados:

**A) Nivel de Presión Sonora de las Sirenas de Huachi.**

La Ilustración 8 muestra los planos de radiación sonora obtenidos en Autocad de las sirenas ubicadas en la zona A del campus Huachi. Las regiones azules de los edificios indican la propagación de la señal acústica a distancias menores de 40 metros, donde por la ecuación 2.5 se determinó que el nivel de presión sonora (SLP) es mayor a 80dB. Utilizando el método de acústica geométrica, si se proyecta el campo azul de forma esférica y analizando las fuentes imagen (regiones rojas con SLP mayores a 74dB) se demuestra que todos los edificios de la zona A tienen una cobertura adecuada utilizando solo una sirena por edificio.

La Ilustración 9 muestra los planos de radiación sonora obtenidos en Autocad de las sirenas ubicadas en la zona B del campus Huachi. Las regiones azules de los edificios indican la propagación de la señal acústica a distancias menores de 40 metros de la sirena, donde el nivel de presión sonora (SLP) es mayor a 80dB; las regiones verdes corresponden a distancias menores a 80m con un SLP mayor a 74dB. Utilizando el método de acústica geométrica, como se observa en la imagen, todos los edificios tienen cobertura de la señal acústica a un nivel de presión sonora mayor a 74dB, valor sobre el umbral establecido (70dB), por lo que se considera un diseño adecuado.

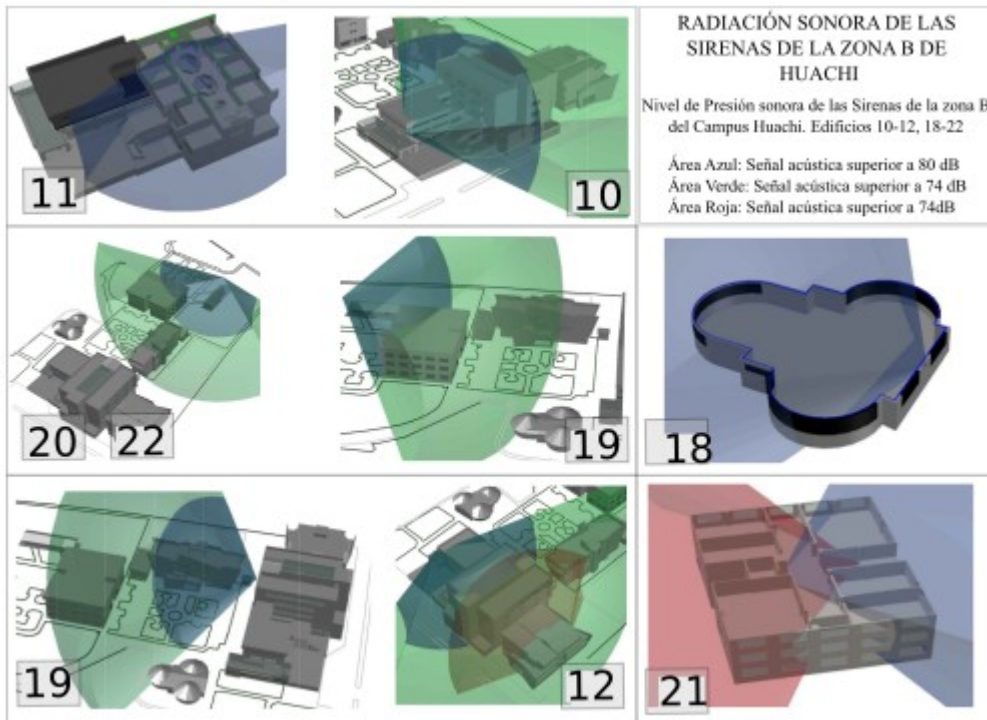


Ilustración 9: Radiación sonora de las sirenas de la zona B.

Elaborado por Investigador

La Ilustración 10 muestra los planos de radiación sonora obtenidos en Autocad de las sirenas ubicadas en la una parte de la zona B del campus Huachi. Las regiones azules de los edificios indican la propagación de la señal acústica a distancias menores de 40 metros de la sirena, donde el nivel de presión sonora (SLP) es mayor a 80dB; las regiones verdes corresponden a distancias menores a 80m con un SLP mayor a 74dB.

En esta región los edificios son de arquitectura compleja, teniendo altas reflexiones que evitan la propagación esférica, como la situación del bloque 05 donde, es necesaria la instalación de una sirena adicional que está ubicada en el exterior para sonorizar los sectores críticos de los edificios 06, 07 y por reflexión el edificio 05.

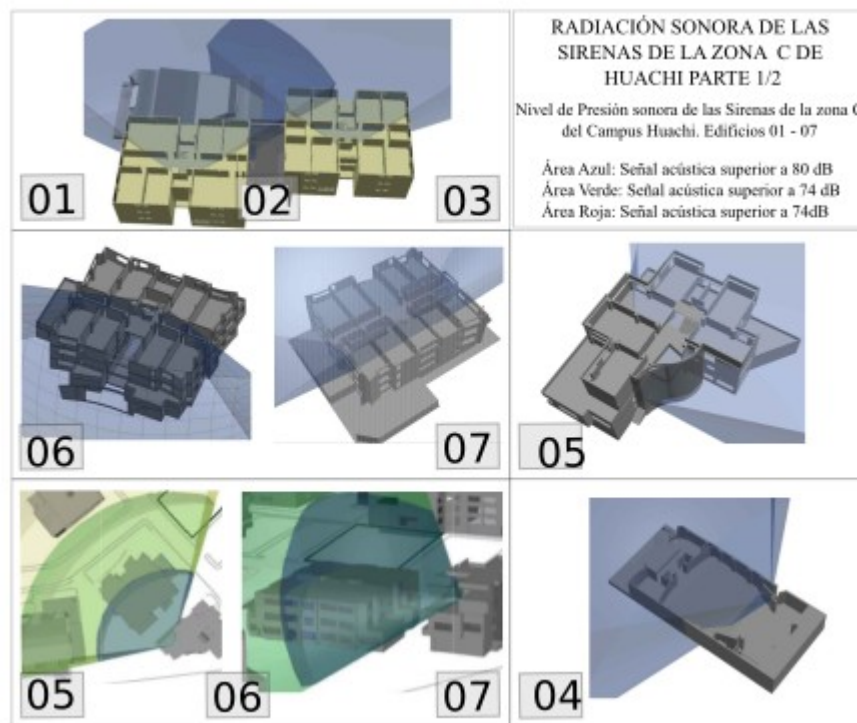


Ilustración 10: Radiación sonora de las sirenas de la zona C, parte 1/2.

Elaborado por Investigador

La ilustración Ilustración 11 es el complemento de los edificios de la zona C, en este sector se tienen los bloques 23, 24, 25, 26, 08 y 09. Los dos primeros fueron analizados a profundidad en el diseño de Sistema de Activación de Alertas para la FISEI. Los bloques 25 y 26 se encuentran unidos y como se observa en la imagen, la radiación sonora de la sirena y de la fuente imagen, demuestran que el edificio tiene una cobertura total de la señal acústica con un SLP mayor a 74dB. Los edificios 08 y 09 son sonorizados instalando una sirena en un extremo de los bloques, el espacio entre las dos construcciones está alrededor de los 7m (estrecho) y tiene una cavidad adecuada para la difusión acústica, por lo que se

considera una sola sirena para los dos edificios, la difusión de la señal acústica entre los dos edificios está a un nivel de presión sonora mayor a 74 dB (color verde).

En la zona C todos los edificios tienen cobertura de la señal a un SLP mayor del valor umbral establecido (70dB), por lo que se considera que no se requiere más unidades de las indicadas en la Ilustración 10 e Ilustración 11.

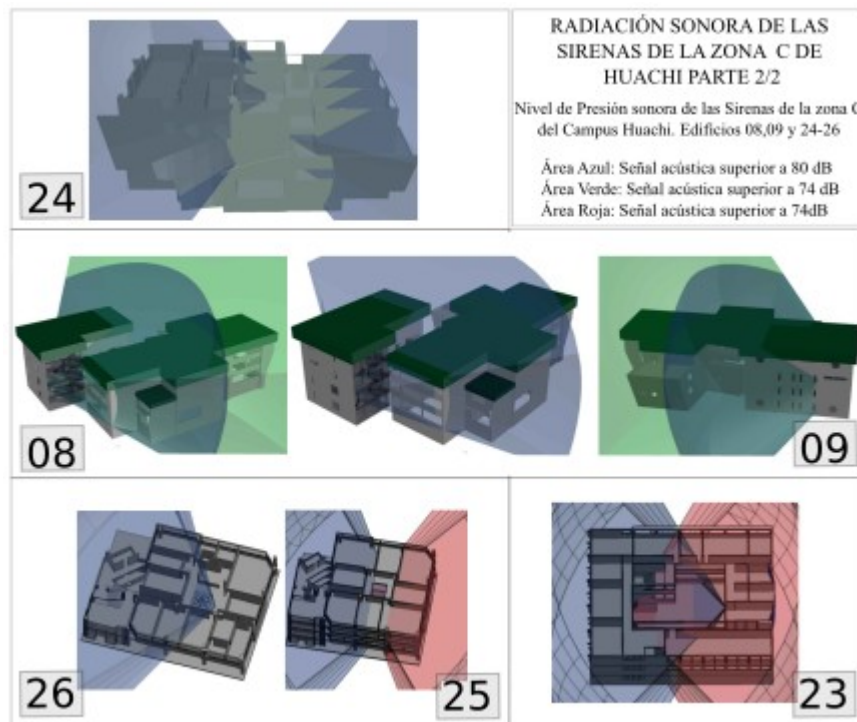
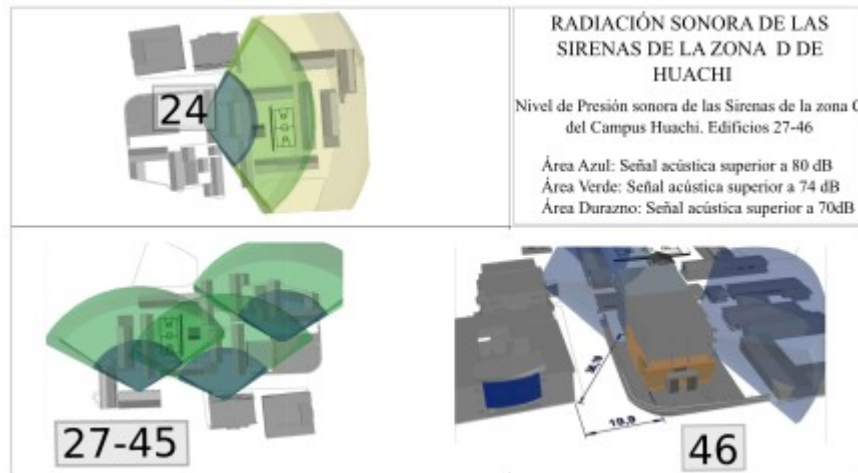


Ilustración 11: Radiación sonora de las sirenas de la zona C, parte 2/2.

Elaborado por Investigador

La Ilustración 12 muestra la ubicación de las sirenas requeridas para sonorizar la zona del del campus Huachi. A diferencia de las otras zonas, en este lugar la mayor cantidad de construcciones son aulas de un solo piso y sin paredes intermedias, además tienen un amplio lugar de seguridad (cancha).

Las características mencionadas sobre la zona D, determinan que la instalación de sirenas externas, sonoriza con más facilidad varias construcciones a la vez y debido a que se trata de una zona de bajos riesgos, con poca afluencia poblacional se opta por el diseño mostrado en la Ilustración 12. La imagen muestra que toda la zona queda en cobertura de la señal acústica a un SLP mayor a 74 dB, identificado por las regiones verdes y su proyección esférica.



*Ilustración 12: Radiación sonora de las sirenas de la zona D.*

*Elaborado por Investigador*

*En la zona D se encuentra el edificio de Rectorado, ésta construcción cuenta con dispositivos de señalización acústica acordes a la norma NTE INEN ISO 7731:2014, por lo que se recomienda la instalación de dos unidades de control para tener incluir los dispositivos del edificio al Sistema de Activación de Alertas de la UTA.*

### ***B) Nivel de Presión Sonora de las Sirenas de Ingahurco.***

*En Ingahurco se instalan sirenas en el exterior e interior de los edificios. La estructura arquitectónica de las construcciones de este campus es de alta complejidad, teniendo pasillos que generan aislamiento acústico entre los bloques lejanos, debido al alto coeficiente de reflexión de las paredes, sin embargo para los bloques contiguos se produce una propagación difusa de la señal acústica.*

*Para ubicar las sirenas se realizó un análisis reuniendo en grupos los edificios y determinando los puntos isotropos de dichos grupos (establecidos por centros de gravedad y condiciones de reflexiones de la señal acústica) que deben encontrarse en lugares externos, para sonorizar varios edificios. Después del análisis genérico por grupos de edificios se realizó un análisis de los sectores críticos, determinando que para los bloques 07 y 14 la señal acústica sería muy baja en ciertas aulas y laboratorios debido a la presencia de múltiples paredes que aíslan la señal sonora, por lo tanto se recomienda la instalación de unidades independientes dentro de estos edificios.*

*La ubicación de las sirenas también toma en consideración la posibilidad de crear alertas sectorizadas así, se determina la ubicación de 9 unidades para alertar a los edificios contiguos de acuerdo a la ubicación propuesta en la Ilustración 13, donde se muestra que*



las sirenas instaladas entregan una cobertura total del campus a un nivel de presión sonora mayor a 74dB (Color verde, máximo 80m de distancia de la fuente).

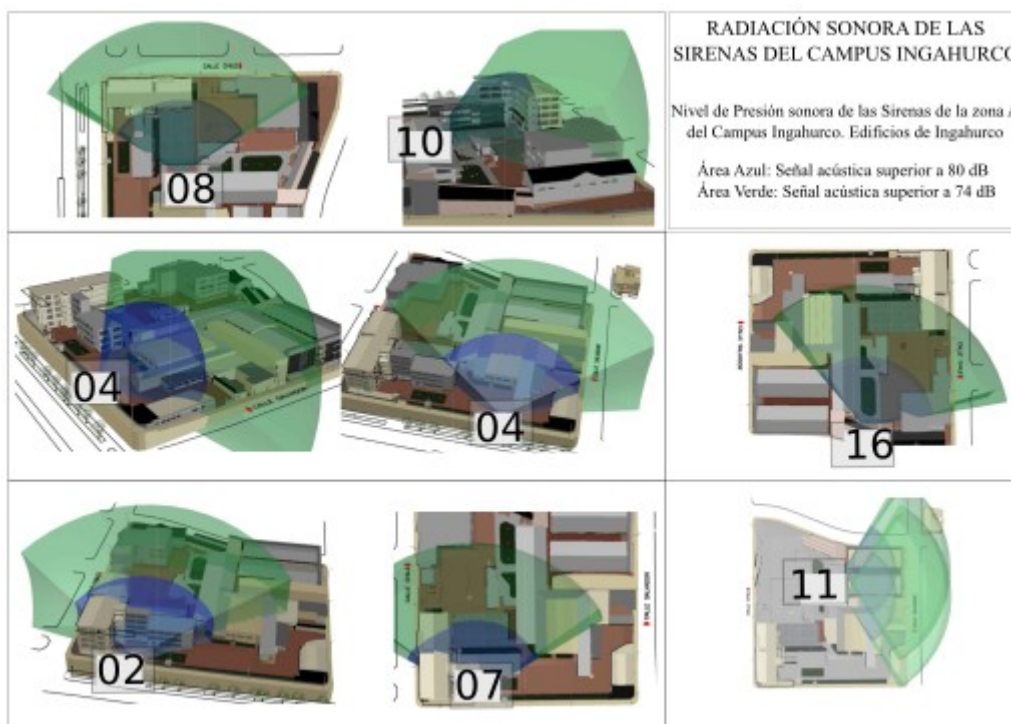


Ilustración 13: Radiación sonora de las sirenas del campus Ingahurco.

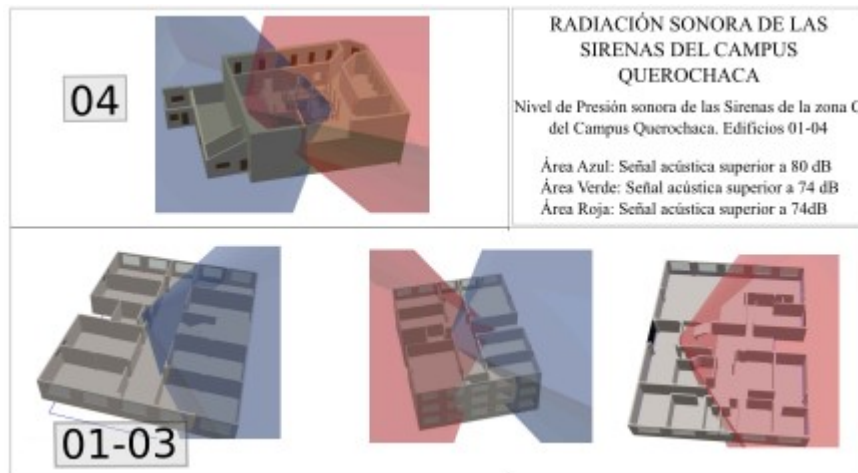
Elaborado por Investigador

### **C) Nivel de Presión Sonora de las Sirenas de Querochaca.**

En el campus Querochaca la mayor parte de edificios se encuentran separados, por lo que se recomienda la instalación de sirenas independientes por cada edificio para tener alertas sectorizadas. La ubicación de las sirenas fueron determinadas por los centros de gravedad desplazados a la superficie con menos obstáculos dentro de los edificios, para la propagación sonora.

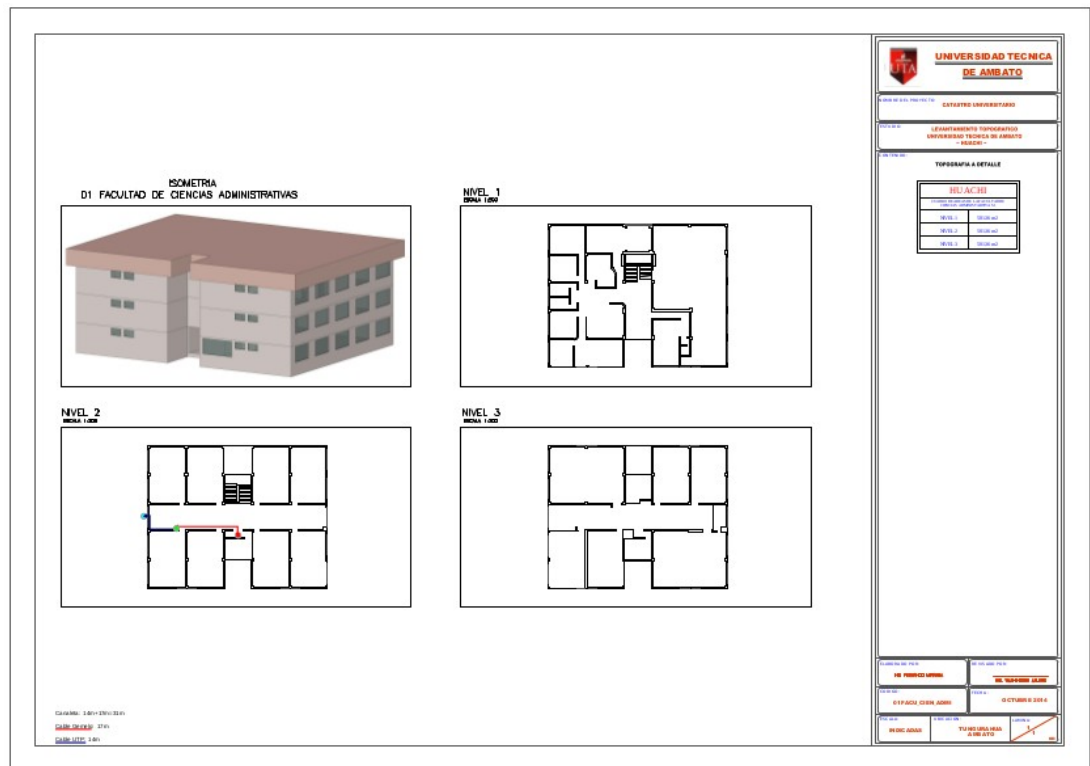
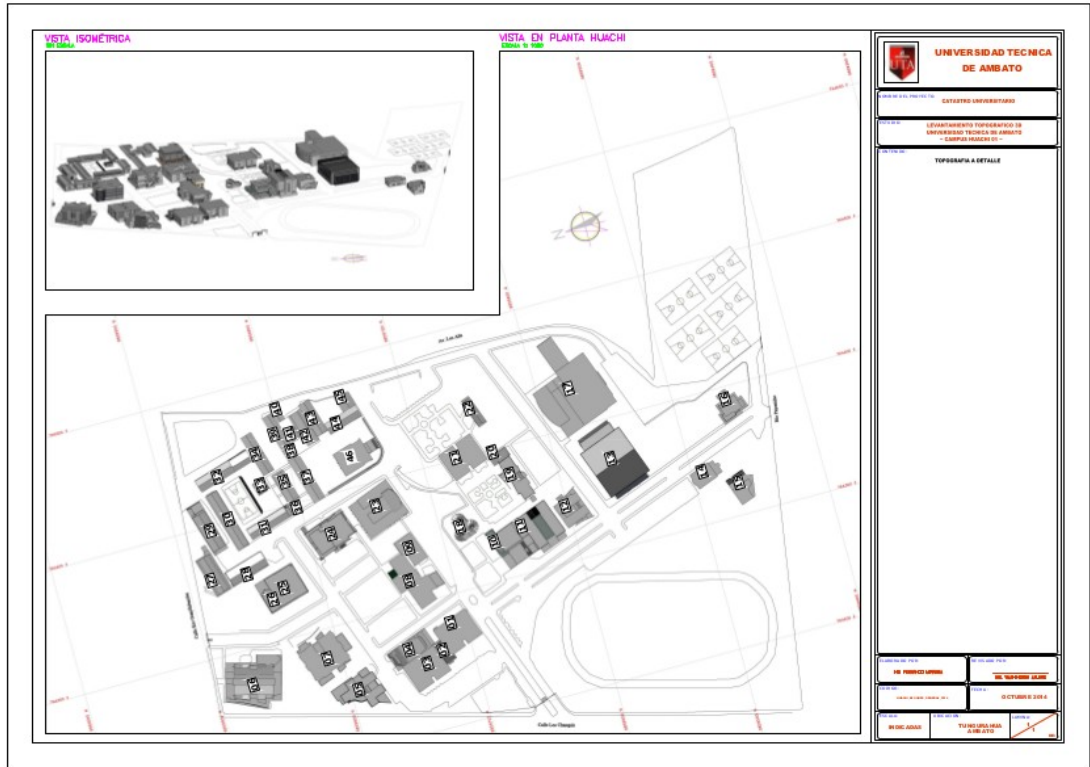
En resumen, la Ilustración 14 demuestra que con una sirena por edificio, el grupo de bloques de 01 a 04 tiene una cobertura total de la señal acústica con un SLP mayor a 80dB, adecuado a las condiciones de diseño establecidas.

Los edificios de Ciencias de la salud SC1, SC2 ya tienen un sistema de activación de alertas, por lo que se recomienda la instalación de tres Unidades de Control para SC2, uno por piso; y dos Unidades de Control para SC1, posibilitando así que los dispositivos de señalización eléctricos ya instalados se integren al Sistema de Activación de Alertas de la UTA.

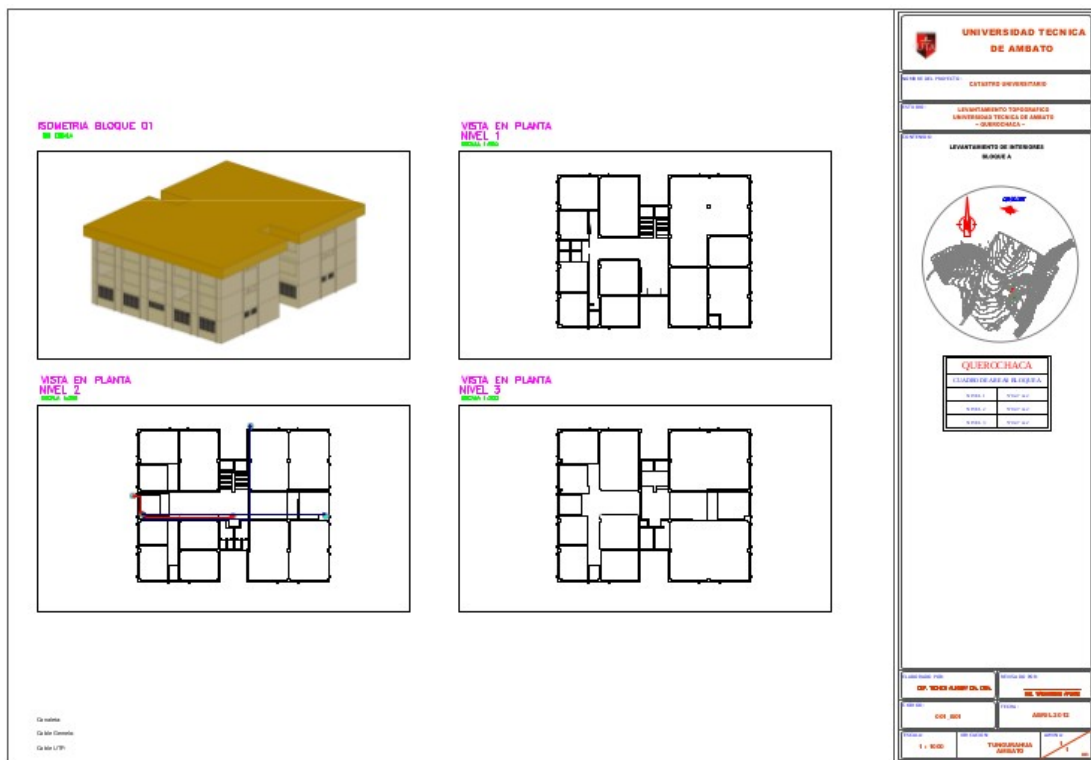
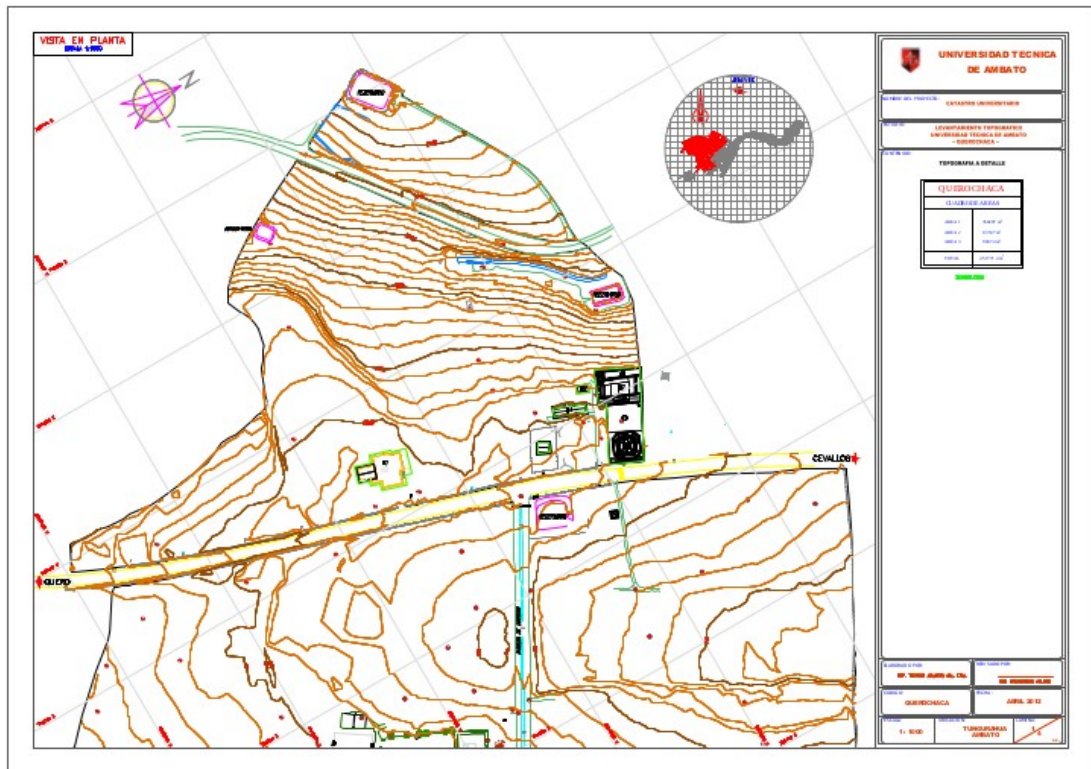


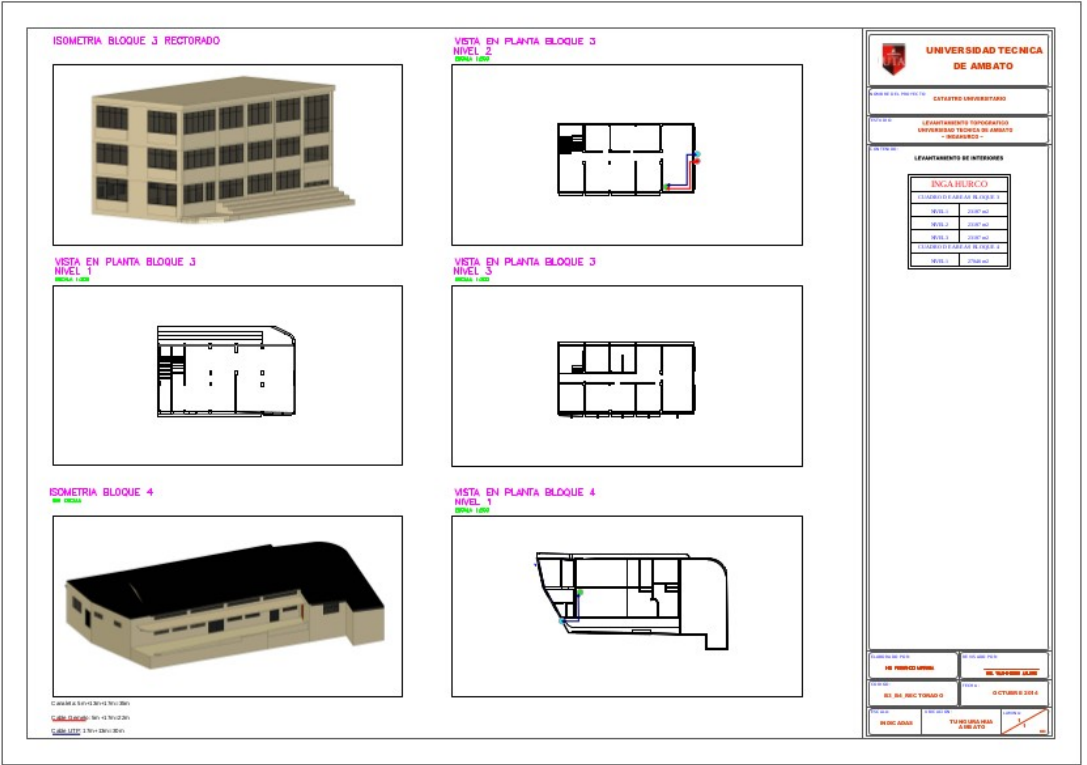
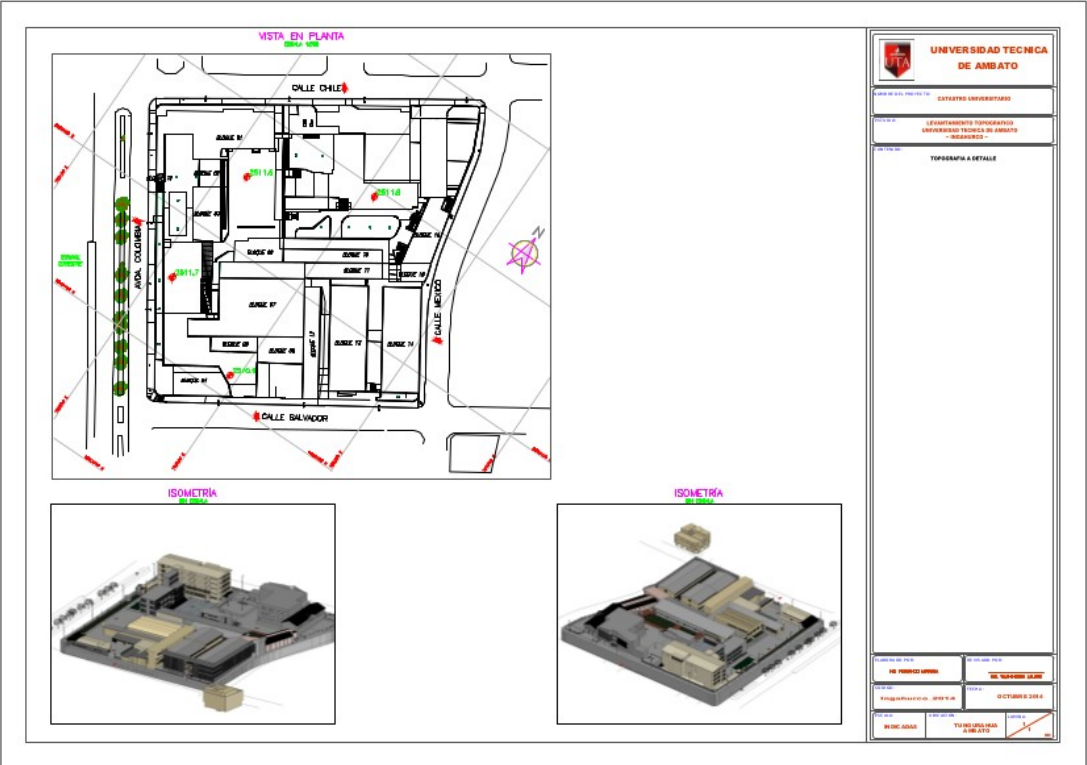
*Ilustración 14: Radiación sonora de las sirenas del campus Querochaca.  
 Elaborado por Investigador*

### Anexo 3: Planos Arquitectónicos y de Distribución de Equipos









Los planos completos del diseño del sistema pueden obtenerse en el siguiente enlace: <https://mega.nz/#!QPo0CCbB!koe9UwKocz8thNlnFBrO8o1lpoA2SB2yHtL5hwh92Q>

## Anexo 4: Código de la Tarjeta Electrónica de Control.

*El software de la Tarjeta de Control es programado en Arduino, el mismo está compuesto por métodos que permiten la ejecución de procesos como clientes o servidores web. A continuación se explica las funciones implementadas en el software que rige las Unidades de Control.*

*Encabezado para configuración del dispositivo a programar y creación de variables locales. Tono determina el tipo de sonido que debe emitir la sirena, banderaTono determina si la sirena está encendida o apagada, count es la variable manipula el tiempo de encendido y apagado de los tonos.*

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <Ticker.h>
Ticker flipper;
byte tono=0;
byte banderaTono=0;
byte count = 0;
const char* host = "192.168.1.228"; // Direccion ip del Servidor Remoto
int port = 80;
char* IDSirena="HA04"; // ID de la Unidad de Control
WiFiServer server(80);
String currentLine;
IPAddress myIPap={192,168,4,1};
IPAddress myIPred;
```

*El método setup configura el dispositivo, actualizando la IP en el servidor de aplicaciones y verificando en la base de datos si se ha solicitado el encendido o apagado de la sirena.*

```
void setup() {
myIPap = WiFi.softAPIP();
server.begin();
currentLine.reserve(256);
const char *ssidAP = "ESPapUTA";
char *passwordAP = "1234567890";
WiFi.softAP(ssidAP, passwordAP);
conectarAred();
delay(100);
char tramaActualizar[500];
char bufActualizar[500];
char* peticionActualizar = "POST /AlarmasUTA/procesos/ActualizarIP.php HTTP/1.1\r\n"
"Host: 192.168.1.4\r\n"
"Connection: close\r\nContent-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n"
"Content-Length: %u\r\n\r\n"
```

```

"%s";
sprintf(tramaActualizar, "IDSirena=%s&IP=192.168.1.4", IDSirena);
sprintf(bufActualizar, peticionActualizar, strlen(tramaActualizar), tramaActualizar);
actualizar(bufActualizar);
pinMode(D0, OUTPUT);
pinMode(D1, OUTPUT);
pinMode(D2, INPUT);
pinMode(D5, INPUT);
pinMode(D6, INPUT);
pinMode(D7, INPUT);
pinMode(D8, INPUT);
}

```

*ConectarAred es un método utilizado para conectarse a una red wifi, esta función es utilizada siempre que se pierde la conexión y cuando se enciende el dispositivo.*

```

void conectarAred(){
WiFi.begin("AlarmasUTAH", "Ytjda3toGe123");
byte tconexion=0, t2;
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
tconexion ++;
sirenaProgram(myIPap);
deteccionEventos();
if(tconexion==0){
t2++;
}}
myIPred= WiFi.localIP();
IPAddress subnet= WiFi.subnetMask();
IPAddress gateway;
gateway = WiFi.gatewayIP();
}
char outBuf[500];
char* pruebaPeticion = "POST /AlarmasUTA/procesos/EditarEstadoS.php HTTP/1.1\r\n"
"Host: 192.168.1.4\r\n"
"Connection: close\r\nContent-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n"
"Content-Length: %u\r\n\r\n"
"%s";

```

*El loop es el ciclo infinito del programa que gestiona las comunicaciones, preguntando periódicamente si existen cambios en los periféricos o solicitudes de encendido y apagado de las sirenas, cuando detecta un cambio, éste método llama a métodos auxiliares para enviar la*

información al servidor o ejecutar el proceso que genera los tonos.

```
void loop() {  
  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED){  
    conectarAred();  
  }else{  
    sirenaProgram(myIPred);  
    deteccionEventos();  
  }  
}
```

*sirenaProgram es una función que monitorea periódicamente las peticiones realizadas por los clientes, verifica si la información recibida es correcta, de ser el caso activa una nueva función para ejecutar la petición solicitada por el cliente.*

```
void sirenaProgram(IPAddress ipserver){  
  WiFiClient client = server.available();  
  if (client) {  
    boolean currentLineIsBlank = true;  
    while (client.connected()) {  
      while (client.available()) {  
        char c = client.read();  
        if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {  
          while (client.available()){  
            currentLine += (char)client.read();  
          }  
          String pagina;  
          if(currentLine.indexOf("Nodemcu=Servicio")!= -1){  
            if (currentLine.equals("Nodemcu=Servicio&evento=Apagar")){  
              flipper.detach();  
              count = 0;  
              flipper.attach_ms(500, tonoApagado);  
              tono=0;  
              banderaTono=2;  
              pagina = "Apagando Dispositivo...";  
            }else if (currentLine.equals("Nodemcu=Servicio&evento=Alerta")){  
              flipper.detach();  
              count = 0;  
              tono=1;  
              banderaTono=1;  
              flipper.attach_ms(500, tonoAlerta);  
              pagina = "Activando Tono de Alerta General...";  
            }  
          }  
        }  
      }  
    }  
  }  
}
```

```

}else if (currentLine.equals("Nodemcu=Servicio&evento=Simulacro")){
flipper.detach();
count = 0;
tono=2;
banderaTono=1;
flipper.attach_ms(500, tonoSimulacro);
pagina = "Activando Tono de Simulacro...";
}else if (currentLine.equals("Nodemcu=Servicio&evento=Evacuaci%C3%B3n")){
flipper.detach();
count = 0;
tono=3;
banderaTono=1;
tonoEvacuacion();
pagina = "Activando Tono de Evacuaci3n...";
}else if (currentLine.equals("Nodemcu=Servicio&evento=Incendio")){
flipper.detach();
count = 0;
tono=4;
banderaTono=1;
flipper.attach_ms(500, tonoIncendio);
pagina = "Activando Tono de Incendio...";
}else {
pagina = "Error de peticion en el Servicio";
}
}else
{
pagina=paginaErrorgeneral();
}
client.print(pagina);
client.stop();
}else if (c == '\n') {
currentLine = "";
currentLineIsBlank = true;
}else if (c != '\r') {
currentLineIsBlank = false;
}
}
}
}
}

```

*Este método, al ser llamado genera el tono de Incendio.*

```
void tonoIncendio(){
count++;
switch (count){
case 1:
digitalWrite(16,HIGH);
break;
case 2:
digitalWrite(16,LOW);
break;
case 3:
digitalWrite(16,HIGH);
break;
case 4:
digitalWrite(16,LOW);
break;
case 5:
digitalWrite(16,HIGH);
break;
case 6:
digitalWrite(16,LOW);
break;
case 12:
count=0;
break;
}}
```

*Este método, al ser llamado apaga la sirena.*

```
void tonoApagado(){
digitalWrite(16, LOW);
flipper.detach();
count=0;
}
```

*Este método, al ser llamado genera el tono de Evacuación.*

```
void tonoEvacuación(){
count++;
switch (count){
case 1:
digitalWrite(16,LOW);
```

```

break;
case 2:
digitalWrite(16,HIGH);
count=0;
break;
}}

```

*Este método, al ser llamado genera el tono de Simulacro.*

```

void tonoSimulacro(){
count++;
switch (count){
case 1:
digitalWrite(16,HIGH);
break;
case 7:
digitalWrite(16,LOW);
break;
case 8:
count=0;
break;
}}

```

*deteccionEventos monitorea los periféricos y las peticiones de los clientes para verificar si una petición de encendido o apagado fue ejecutada o no e informar al servidor de aplicaciones.*

```

void deteccionEventos(){
WiFiClient client;
if(banderaTono==0 ) {
return;
}else {
char trama[500];
if(digitalRead(D5)) { // pin de entrada digital del sensor de sonido
switch (tono){
case 1: //DETECTADO TONO DE ALERTA
sprintf(trama,"IDSirena=%s&Emergencia=0&Alerta=1&Simulacro=0&Evacuacion=0",IDSirena);
sprintf(outBuf,pruebaPeticion,strlen(trama),trama);
actualizar(outBuf);
banderaTono=0;// Informe Enviado
break;
case 2:
sprintf(trama,"IDSirena=%s&Emergencia=0&Alerta=0&Simulacro=1&Evacuacion=0",IDSirena);

```



```

sprintf(outBuf,pruebaPeticion,strlen(trama),trama);
actualizar(outBuf);
banderaTono=0;// Informe Enviado
break;
case 3: //DETECTADO TONO DE EVACUACION
sprintf(trama,"IDSirena=%s&Emergencia=0&Alerta=0&Simulacro=0&Evacuacion=1",IDSirena);
sprintf(outBuf,pruebaPeticion,strlen(trama),trama);
actualizar(outBuf);
banderaTono=0;// Informe Enviado
break;
case 4: // DETECTADO TONO DE INCENDIO
sprintf(trama,"IDSirena=%s&Emergencia=1&Alerta=0&Simulacro=0&Evacuacion=0",IDSirena);
sprintf(outBuf,pruebaPeticion,strlen(trama),trama);
actualizar(outBuf);
banderaTono=0;// Informe Enviado
break;
} //SWITCH
if (banderaTono!=2){
actualizar(outBuf);
alertar();
}
} else if(banderaTono==2) {
sprintf(trama,"IDSirena=%s&Emergencia=0&Alerta=0&Simulacro=0&Evacuacion=0",IDSirena);
sprintf(outBuf,pruebaPeticion,strlen(trama),trama);
actualizar(outBuf);
banderaTono=0;
actualizar(outBuf);
alertar();
} }

```

*actualizar es un método que se conecta a la base de datos del servidor de aplicaciones cuando se detecta un cambio en las sirenas, o para actualizar la dirección IP cuando se cambia de la red UTA WIFI a AlarmasUTAH o viceversa.*

```

void actualizar(char* data) {
WiFiClient client;
const int httpPort = 80;
if (client.connect(host, httpPort)) {
client.print(data);
unsigned long timeout = millis();

```

```

while (client.available() == 0) {
if (millis() - timeout > 5000) {
client.stop();
return;
}}
while(client.available()){
String line = client.readStringUntil('\r');
}}else{
//Codigo de respaldo en error
return;
}}

```

*alertar es el método utilizado para informar a todos los clientes conectados que se ha producido un cambio en la sirena.*

```

void alertar() {
WiFiClient client;
const int Port = 9000;
if (!client.connect(host, Port)) {
return;
}
client.println("GET /AlarmasUTA/Servidor/Websocket/ HTTP/1.1");
client.println("Host: 192.168.1.4");
client.println("Connection: close");
client.println(); unsigned long timeout = millis();
while (client.available() == 0) { // Espera la respuesta
if (millis() - timeout > 5000) {
client.stop();
return;
}}
while (client.available()) {
String line = client.readStringUntil('\r');
}}

```

*paginaErrorgeneral es la respuesta que se devuelve a las peticiones incorrectas.*

```

String paginaErrorgeneral() {
String s = "HTTP/1.1 200 OK\r\nContent-Type: text/html\r\n\r\n<!DOCTYPE HTML>\r\n";
s += "<html>\r\n";
s += "<head>\r\n";
s += " <meta charset='UTF-8'>";
s += "<title>Error</title>";
}

```

```
s += "</head>\r\n";
s += "<body onload='window.close();>\r\n";
s += "<h1 style='font-family:Playfair Display, serif; margin:0; font-size:3.5rem; color:#08c;'>Error
General</h1>";
s += "<a href="" onclick='parent.window.close()' target='_blank'>Entrar</a> ";
s += "<a href="" onclick='window.close()' target='_blank'>Entrar</a>";
s += "</body>\r\n";
s += "</html>\n";
return s;
}
```