



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ESPACIAL PARA  
PROVEER SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES  
EN SITUACIONES DE EMERGENCIA EN EL  
ECUADOR”**

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**BASTIDAS SANCHEZ JUAN PABLO  
LEÓN MATEO FELIPE ALEJANDRO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2017**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, Vicente y Dolores por brindarme todo su apoyo y amor incondicional a lo largo de mi carrera, por ser mi guía y darme los mejores consejos para enfrentar este trayecto como estudiante.

A mis hermanos, Edgar y Andrea por ser mi modelo a seguir para llegar a ser un profesional de élite, por contarme sus anécdotas y acompañarme durante toda mi carrera siendo mi principal fuente de inspiración.

A mis amigos, por crecer juntos como estudiantes y como personas que enfrentan la vida, por apoyarnos mutuamente y no solo lograr un éxito individual, sino un éxito colectivo.

A mi enamorada Viviana, por motivarme día a día a alcanzar mi sueño, ayudándome a enfrentar con valor los momentos difíciles y tomarme de la mano para juntos convertirnos en grandes profesionales.

Juan Pablo Bastidas

## AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a Dios por haber sido mi guía espiritual en el trayecto de mi vida y carrera, por la bendición de haberme dado una espectacular familia y ser mi mayor fortaleza en los momentos difíciles y sobre todo por las alegrías y experiencias que han llenado mi vida.

A mis padres, José y Adela que fueron el principal motivo de inspiración para la superación y para alcanzar los sueños que me proponga, que con su apoyo y sus consejos que me brindaron siempre, con su amor y todos sus esfuerzos que me permitieron estudiar lejos del hogar con lo que terminé cumpliendo esta meta propuesta en mi vida.

A mis queridas hermanas Raquel, Martha y Cristina que hemos permanecido unidos y que me han apoyado siempre para seguir adelante sin importar la distancia, siempre he contado con su cariño y palabras de aliento que han dado la fuerza necesaria para continuar en cada año de estudio.

A todos mis amigos que formaron una parte importante en el proceso de aprendizaje, como a todos los docentes que compartieron sus conocimientos y buenos consejos para la superación académica y personal. Y un agradecimiento especial al Dr. Freddy Villao por brindarme su colaboración y experiencia en mi proceso de titulación.

Felipe Alejandro León Mateo

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a mis padres, por ayudarme a alcanzar un gran paso en mi vida, por abrirme un abanico de posibilidades y apoyarme en todas mis decisiones. Un triunfo mío, es un triunfo de ellos también.

Juan Pablo Bastidas Sánchez

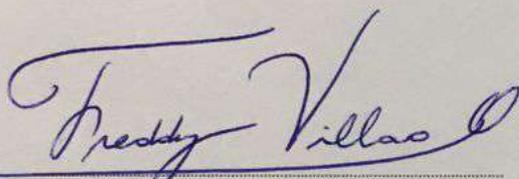
## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a Dios por haberme permitido culminar con éxito y junto a todos mis seres queridos esta parte importante de mi formación.

A mis padres y hermanas que sin ellos esto no hubiera sido posible, por haber sido ese pilar tan importante de cariño, apoyo incondicional y buenos consejos que fueron esa gran motivación que me permitió luchar día a día para lograr alcanzar la meta de ser un profesional que sin duda es el esfuerzo reflejado de toda mi familia.

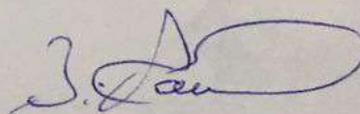
Felipe Alejandro León Mateo

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



**Ph.D. Freddy Villao Quezada.**

PROFESOR EVALUADOR



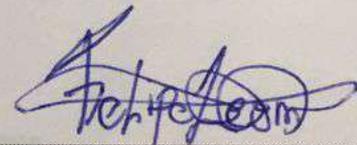
**Ph.D. Boris Gabriel Ramos Sánchez.**

PROFESOR EVALUADOR

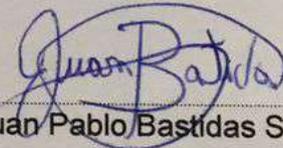
## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

CON: Universidad Tecnológica de Equador  
CETP: Universidad Tecnológica de Equador  
MINTEL: Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información  
AELCOTEL: Agencia de Regulación y Control de las Comunicaciones  
LCC: Ley Orgánica de Comunicación  
YETRA: Secretaría Técnica  
CAT: Comisión Nacional de Titulación



Felipe Alejandro León Mateo



Juan Pablo Bastidas Sánchez

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ONU:</b>	Organización de las Naciones Unidas
<b>OEA:</b>	Organización de Estados americanos
<b>UIT:</b>	Unión Internacional de telecomunicaciones
<b>TIC:</b>	Tecnologías de la Información y la Comunicación
<b>BDT:</b>	Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones
<b>CMR:</b>	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones
<b>CMDT:</b>	Conferencia Mundial de Desarrollo de las telecomunicaciones
<b>MINTEL:</b>	Misterio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información
<b>ARCOTEL:</b>	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
<b>LOT:</b>	Ley orgánica de Telecomunicaciones
<b>TETRA:</b>	Terrestrial Trunked Radio
<b>CNT:</b>	Corporación Nacional de Telecomunicaciones

## RESUMEN

El terremoto sucedido en Ecuador en el año 2016 afectó drásticamente a las telecomunicaciones impidiendo que las personas puedan evitar información vital para recurrir en su ayuda.

A causa de esto, se presentó una solución a la pérdida de las telecomunicaciones durante los terremotos, implementando un sistema que abastecerá de una red WIFI en las zonas afectadas, haciendo uso de la fibra óptica subterránea, debido a que esta no sufre mayores afectaciones durante estas catástrofes. Se puede acceder a la fibra óptica por medio de los armarios o mangas porta splitter para luego conectarse a un modem GPON que emite la señal WIFI EMERGENCIA, la cual es de libre acceso, permitiendo que las personas que tengan un Smartphone puedan hacer uso de esta red inalámbrica.

Para extender la cobertura se utilizó un access point con batería portable, el cual está sujeto a un dron que se eleva aproximadamente a 12 metros para poder expandir la señal desde el aire, contribuyendo a que sufra menos atenuación, debido a los obstáculos en la superficie y a su vez aprovechar los beneficios de los drones, como la incorporación de cámaras, ingresar a lugares peligrosos etc.

Además, se determinó la distancia máxima a la cual debe estar ubicado el dron con respecto al modem para recibir la señal de manera óptima y expandirla por medio del access point; así mismo la distancia máxima a la cual debe de estar ubicada la persona con su Smartphone con respecto al dron, para garantizar el envío de datos.

Un punto a recalcar es que se debe de restringir el uso de la red de emergencia, para que las aplicaciones WhatsApp y Ecu911 sean las únicas habilitadas para enviar información, de esta manera no se crea saturación en la red por el uso inapropiado.

Este sistema permite que las personas que se encuentren en las zonas afectadas por el terremoto puedan hacer uso de un medio de comunicación, para enviar información que contribuya con su ubicación o las necesidades que se requieran en esa zona, permitiendo alertar a los equipos de rescate para salvar sus vidas.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIA .....	IV
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	VI
DECLARACIÓN EXPRESA.....	VII
RESUMEN.....	IX
ÍNDICE GENERAL.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVI
CAPÍTULO 1.....	1
1. LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES Y PLANES DE EMERGENCIA PARA CATÁSTROFES EN EL ECUADOR.....	1
1.1 Problemas en las telecomunicaciones por catástrofes naturales. ....	1
1.2 Los desastres naturales de mayor impacto en el Ecuador.....	2
1.2.1 Fenómenos climatológicos.....	2
1.2.2 Actividades Volcánicas.....	3
1.2.3 Actividades sísmicas.....	3
1.3 Importancia de las Telecomunicaciones en desastres naturales .....	3
1.4 Terremoto del 16 de abril de 2016 .....	5
1.5 Marco regulatorio internacional respecto a los sectores de telecomunicaciones en casos de emergencia o desastres naturales. ....	8
1.6 Marco regulatorio en el Ecuador y los sectores de telecomunicaciones en casos de emergencia o desastres naturales. ....	15

1.6.1	Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT) .....	16
1.6.2	Reglamento General a la Ley Orgánica de las Telecomunicaciones.....	17
1.6.3	Reglamento para la Prestación de Servicios de Telecomunicaciones y Servicios de Radiodifusión por Suscripción. ....	19
1.7	Análisis de los planes de telecomunicaciones para emergencia propuestos en el Ecuador.....	20
1.8	Telecomunicaciones afectadas por el terremoto del 16 de abril de 2016. ....	25
1.9	Objetivo General. ....	30
1.10	Objetivos Específicos. ....	30
1.11	Metodología.....	31
1.12	Justificación.....	32
CAPÍTULO 2.....		35
2. IMPLEMENTACIONES TECNOLÓGICAS EN UN SISTEMA ESPACIAL PARA EL RESTABLECIMIENTO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN ZONAS DE EMERGENCIAS. ....		35
2.1	Utilización de la red de fibra óptica en el Ecuador en zonas afectada. ....	35
2.1.1	Aprovechamiento de la fibra óptica como un punto de acceso a internet para restablecer un medio de comunicación. ....	38
2.2	Conectividad mediante la tecnología Wi-Fi. ....	39
2.2.1	Bandas de frecuencias.....	40
2.2.2	Ancho de canal.....	43
2.3	Implementación de drones.....	44

2.4 Red inalámbrica de emergencias y las aplicaciones a utilizarse. ....	46
2.4.1 Difusión de la existencia de una red inalámbrica de emergencia. .....	50
2.5 Planteamiento de la solución del sistema aéreo. ....	50
2.6 Equipos para la implementación del proyecto. ....	57
2.7 Implementación del proyecto. ....	60
2.8 Presupuesto de la implementación. ....	80
CAPÍTULO 3.....	82
3. BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE EMERGENCIA.....	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Lugar del epicentro del terremoto del 16 de abril de 2016. [2].....	6
Figura 1.2: Postes de luz y teléfono afectados por el terremoto. [3] .....	6
Figura 1.3: Sobrevivientes rescatados entre los escombros en Manta. [4].....	7
Figura 1.4: Carretera destruida vía Pedernales. [5] .....	7
Figura 2.1: Crecimiento de fibra óptica desde el 2012 hasta el 2015. [31] ...	35
Figura 2.2: Mapa de cobertura de fibra óptica en el Ecuador. [33] .....	36
Figura 2.3: Distribución de la red de fibra óptica del Ecuador. [34].....	37
Figura 2.4: Conexión inalámbrica de dispositivos a un router. [35].....	40
Figura 2.5: Redes en diferentes canales visualizadas con Wifi Analyzer. ....	43
Figura 2.6: Solapamiento con las redes cercanas con Wifi Analyzer.....	44
Figura 2.7: Diferentes modelos y tamaños de drones.....	45
Figura 2.8: Captura de las opciones de emergencia de la app Ecu911.....	47
Figura 2.9: Captura de eventos de la opción bomberos de la app Ecu911... ..	47
Figura 2.10: Resumen y estado de envío de la emergencia con app Ecu911. .....	48
Figura 2.11: Captura del envío de la ubicación mediante WhatsApp.....	49
Figura 2.12: Ilustración del sistema de emergencia para brindar un servicio de telecomunicaciones inalámbrico. ....	51
Figura 2.13: Principales provincias del Ecuador (estrellas rojas) en donde implementar el sistema de emergencia. [37] .....	52
Figura 2.14: Generador eléctrico portátil que alimentara al modem GPON..	53
Figura 2.15: Conexión entre el puerto de emergencia y el modem GPON. ..	53

Figura 2.16: Representación del Access Point ubicado con el dron. ....	54
Figura 2.17: Ampliación de la cobertura con el Access points en el dron. ...	55
Figura 2.18: Ubicación de drones a 90° para expandir la cobertura. ....	56
Figura 2.19: Ilustración simulada de la ubicación estratégica de los drones. 56	
Figura 2.20: Router inalámbrico TP-Link TL-MR3040.....	58
Figura 2.21: Dron X8+.....	59
Figura 2.22: Modem Huawei EchoLife HG8045H. ....	60
Figura 2.23: Símbolo del Sistema o CMD de Windows. ....	61
Figura 2.24: Configuración IP de Windows del modem Huawei HG8045H. .	61
Figura 2.25: Autenticación de acceso del modem Huawei HG8045H.....	62
Figura 2.26: Configuración de la WLAN del modem Huawei HG8045H. ....	62
Figura 2.27: Conexión y selección de modo de operar del TP-LINK. ....	63
Figura 2.28: Configuración IP de Windows del TP-LINK. ....	64
Figura 2.29: Autenticación de Usuario y Contraseña del TP-LINK.....	64
Figura 2.30: Panel de configuración del TP-LINK.....	65
Figura 2.31: Inicialización de la configuración del TP-LINK. ....	65
Figura 2.32: Selección de la opción Dynamic IP del TP-LINK. ....	66
Figura 2.33: Selección de no clonar MAC del router TP-LINK.....	66
Figura 2.34: Configuraciones del Wireless del TP-LINK.....	67
Figura 2.35: Selección la red WiFi a conectarse con el router TP-LINK. ....	67
Figura 2.36: Selección la red WiFi del router TP-LINK. ....	68
Figura 2.37: Finalización del Quick Setup del router TP-LINK.....	68
Figura 2.38: Configuraciones de seguridad de Wireless del router TP-LINK.69	

Figura 2.39: Vista inferior del dron e equipado con el access point. ....	70
Figura 2.40: Vista inferior del dron e equipado con el access point. ....	70
Figura 2.41: Funcionamiento del access ubicado en el dron e. ....	71
Figura 2.42: Presentación final del dron e equipado con el access point. ....	71
Figura 2.43: Equipos utilizados para la prueba de conectividad. ....	72
Figura 2.44: Vista panorámica de la ubicación del modem y el dron e. ....	73
Figura 2.45: Vista frontal del dron e alzando el vuelo desde el suelo. ....	74
Figura 2.46: Dron e volando a una altura de aproximadamente 7 metros. ....	74
Figura 2.47: Dron e volando a una altura de aproximadamente 12 metros. ..	75
Figura 2.48: Detección de las señales con WIFI Analyzer. ....	75
Figura 2.49: Conexión a la señal WIFI – EMERGENCIA (DRONE).....	76
Figura 2.50: Distancia de la componente horizontal entre el router y el dron e ilustrada en Google Maps. ....	77
Figura 2.51: Distancia máxima en la que se puede ubicar el dron e respecto al router. ....	77
Figura 2.52: Distancia de la componente horizontal entre el dron e y el usuario con el Smartphone ilustrada en Google Maps. ....	78
Figura 2.53: Distancia máxima entre el dron e y el Smartphone. ....	78
Figura 2.54: Ilustración de la distancia total entre el router y el Smartphone. ....	79
Figura 2.55: Vista superior de la cobertura proporcionada por el router y el access point ilustrada en Google Maps. ....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Afectaciones en las operadoras móviles informe del 17/04/2016. [28] .....	26
Tabla 2: Afectaciones en las operadoras móviles del 18/04/2016 [29] .....	27
Tabla 3: Estaciones fuera de servicio en las operadoras informe del 19 abril de 2016. [30].....	28
Tabla 4: Canales y frecuencias de las bandas 2.4 GHz y 5 GHz. [36].....	42
Tabla 5. Presupuesto de la implementación. ....	81

## CAPÍTULO 1

### 1. LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES Y PLANES DE EMERGENCIA PARA CATÁSTROFES EN EL ECUADOR.

#### 1.1 Problemas en las telecomunicaciones por catástrofes naturales.

En una situación de emergencia el principal recurso para enfrentar y solucionar una catástrofe natural es mediante las telecomunicaciones, las cuales permiten gestionar toda la información que es vital para efectuar la correcta planificación y pronta ayuda a las personas afectadas, pero ¿Qué sucede cuando el mismo fenómeno natural afecta a los servicios de telecomunicaciones, que son tan imprescindibles para enfrentar las emergencias?

Cuando sucede un desastre natural se ven perjudicadas las comunicaciones, por tal motivo es fundamental contar y estar preparado con planes de emergencia, como el respaldo del restablecimiento de los servicios de telecomunicaciones, que son los que deben de estar afectados en menor medida, para lograr una eficiente planificación de los equipos de rescates.

Se considera que la coordinación y la logística son altamente eficaces en las primeras horas de la catástrofe, siempre y cuando se mantengan las comunicaciones entre las zonas afectadas con las que no han sido afectadas, para que se permita actuar oportunamente con la ayuda necesaria. En estas situaciones cada minuto hace la diferencia y se debe agilizar los procesos de reconocimiento de las características ocasionadas por el evento, para que a su vez logre disminuir los tiempos de respuesta de los equipos especializados.

Esta situación se puede mejorar con un proyecto que planifique e implemente un sistema para proveer un medio de comunicación en las zonas afectadas, en el menor tiempo posible. Idealmente se debe poder ejecutar de inmediato, tanto por parte de las empresas de telecomunicaciones como también por el Estado, a

través de las entidades encargadas, como una alternativa entre sus planes de contingencia que aseguren las comunicaciones que son parte esencial en una emergencia.

A continuación, se analizará en qué situaciones las telecomunicaciones se han visto más vulnerables a sufrir daños en el Ecuador, debido a los desastres naturales y se identificará la necesidad de desarrollar un sistema de comunicación de emergencia que sea de rápida acción, brindada a los afectados en la zona de un desastre.

## **1.2 Los desastres naturales de mayor impacto en el Ecuador.**

El Ecuador es un país que ha experimentado muchos desastres naturales, los cuales han causado un impacto grande en la sociedad, entre los cuales se tienen a los fenómenos climatológicos, las actividades sísmicas y las actividades volcánicas.

Es de manera inevitable la predicción de las catástrofes naturales, que son fenómenos que sin duda ocasionan un sin número de daños y afectaciones, de las cuales se enfocará en las que interfieran en las telecomunicaciones.

Este trabajo estará orientado en el fenómeno natural que presente un mayor grado de afectaciones, estudiando los problemas ocasionados por el mismo y desarrollando un sistema que permita mitigar en el mayor grado posible las pérdidas de los servicios de telecomunicaciones.

### **1.2.1 Fenómenos climatológicos**

El fenómeno del Niño es el desastre natural que en épocas de lluvia ha golpeado fuertemente al Ecuador, generando grandes pérdidas económicas y de vidas humanas. En el sector de las telecomunicaciones se ven afectados los pozos de distribución a causa de las lluvias, causando interferencia en las llamadas de las operadoras de telefonía fija, problema que está desapareciendo con el nuevo despliegue de la distribución con cables de fibra óptica.

De manera general en los servicios de telecomunicaciones no se han evidenciado daños en las infraestructuras que genere la interrupción en la operatividad de los servicios en mayor grado.

### **1.2.2 Actividades Volcánicas**

La actividad volcánica del Ecuador situada en la zona Norte de los Andes no tiene registros de la interrupción en los sectores de telecomunicaciones, debido a su ubicación, por no poseer una alta densidad poblacional muy cercana a estos y por el constante estudio y seguimiento de la actividad moderada de los volcanes, son los que menos afectaciones han provocado a la sociedad en cuestión de problemas de servicios de comunicación.

Por lo cual no se tomará en consideración como motivo de estudio para este trabajo, puesto que la actividad volcánica no genera un problema de gran impacto en los servicios de telecomunicaciones.

### **1.2.3 Actividades sísmicas**

Se han producido un sin número de actividades sísmica a lo largo de la historia del Ecuador, la más reciente fue el terremoto del 16 de abril de 2016 en las provincias de Manabí y Esmeraldas con magnitudes registradas de 6.8 y 7.8 en la escala de Richter, la cual dejó en clara evidencia el impacto que ocasiona en la interrupción de los servicios e infraestructura de los sistemas de telecomunicaciones y de energía eléctrica, como la falta de preparación para un evento de esta magnitud.

Por lo expuesto anteriormente este trabajo se enfocará en la solución rápida para proveer el servicio de telecomunicación en lugares donde se encuentren interrumpidos, como en zonas afectadas por desastres naturales que son ocasionados por los terremotos.

## **1.3 Importancia de las Telecomunicaciones en desastres naturales**

Durante una catástrofe natural la pérdida de vidas humanas es inevitable, la destrucción de los bienes materiales y el constante número de heridos es una situación que lamentablemente se debe enfrentar. Ante una situación de este

tipo, las autoridades, los rescatistas, el cuerpo de bomberos, entre otros, tiene como principal objetivo salvar la mayor cantidad de vidas posibles.

Dependiendo del tipo de desastre natural que se presente y de su magnitud, se está obligado a tomar diferentes medidas para tratar de contrarrestar el daño que se produzca.

En el momento de atender a los heridos y lograr rescatar a las personas que se encuentren en peligro, es muy importante contar con los servicios de telecomunicaciones, porque estos permiten la comunicación entre los rescatistas, para ayudar en las labores de búsqueda de las personas, además de los informes que se realicen al exterior desde la zona afectada.

La mayor cantidad de ayuda en el momento de un desastre natural proviene de las ciudades más cercanas, que no han sido víctimas de la devastación y de las ciudades más grandes, las cuales poseen la mayor cantidad de recursos materiales y humanos, para intervenir de la manera más rápida posible en esta situación. Por ello es importante contar con un mecanismo de comunicación entre estas ciudades y las zonas afectadas.

Un punto muy importante en las labores de rescate es tener un informe detallado de los lugares afectados, así como de los recursos que se necesitan, tanto en alimentos, agua, rescatistas, entre otros, para brindar ayuda de la manera más eficiente posible. Todo esto se puede realizar si se cuenta con un medio de comunicación activo, que permita eficientemente la coordinación de las labores de rescate en la zona.

Como se ha mencionado anteriormente el gran inconveniente es que las telecomunicaciones son gravemente afectadas durante los desastres naturales, siendo un factor que perjudica las labores de rescate, especialmente en las primeras horas, las cuales son las más cruciales al momento de salvar vidas.

Los daños en las antenas, las caídas de postes, los cortes de cables, etc., ocasionan que la red telefónica móvil no pueda brindar su servicio, siendo este el principal medio de comunicación para las personas afectadas en la zona del desastre. Por ello, los rescatistas se ven forzados a usar otros medios de

comunicación como los teléfonos satelitales y walkie talkie, lo cual se abordará detalladamente más adelante.

Estos métodos de comunicación solo son útiles para las labores de rescate y no para las personas ubicadas en las zonas afectadas, debido a que la gran mayoría no cuenta con uno de estos artefactos. Por esta razón, ellos deben esperar a que las compañías de telecomunicaciones implementen un sistema de emergencia para restablecer el servicio, pero este suele tomar hasta varios días, lo cual puede provocar la pérdida de vidas humanas.

Esto indica que se debe elaborar un sistema de telecomunicación de emergencia de rápida implementación en el momento de un desastre, para que las personas que se encuentran en el lugar afectado, puedan comunicarse y enviar información de su ubicación, para su pronto rescate y así se pueda salvar una mayor cantidad de víctimas.

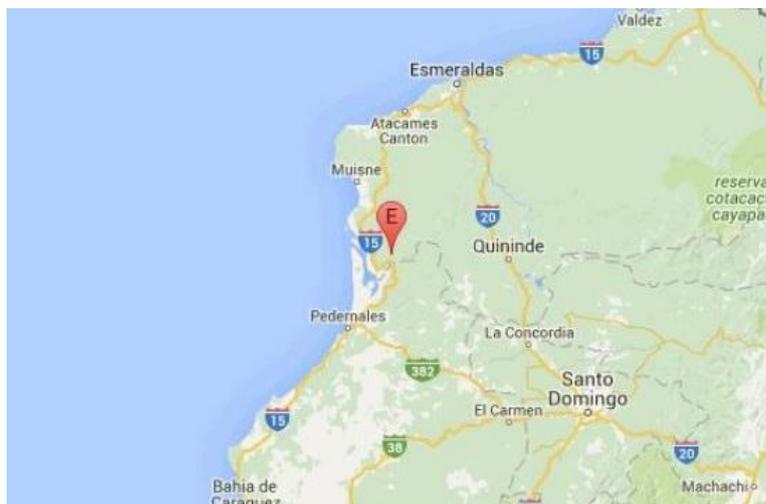
#### **1.4 Terremoto del 16 de abril de 2016**

El 16 de abril de 2016 un terremoto de magnitud 7.8 con epicentro en el cantón Pedernales de la provincia de Manabí, azotó la costa ecuatoriana, dejándola devastada por el fuerte evento sísmico, afectando gravemente también a las principales ciudades de la provincia.

El evento constituyó unas de las actividades sísmicas de mayor magnitud e impacto destructivo, el cual fue un motivo para que el mandatario declarará el estado de excepción a nivel nacional y a las seis provincias de la costa ecuatoriana en estado de emergencia.

El terremoto dejó un total de 671 muertos, 8690 personas albergadas, 113 personas rescatadas con vida y 6998 edificaciones destruidas [1].

En la figura 1.1 se muestra el epicentro del terremoto registrado en la provincia de Manabí, frente a la costa ecuatoriana.



**Figura 1.1: Lugar del epicentro del terremoto del 16 de abril de 2016. [2]**

En la figura 1.2 se aprecia la magnitud del terremoto que provocó cortes en la energía eléctrica y pérdida de las telecomunicaciones, debido a los daños que sufrieron las radio bases y postes telefónicos en las zonas más cercanas al epicentro, como Cojimíes, Pedernales, Canoa, Manta, Portoviejo, entre otros.



**Figura 1.2: Postes de luz y teléfono afectados por el terremoto. [3]**

Las personas quedaron incomunicadas con el exterior, impedidos de solicitar ayuda en las primeras horas del desastre; hubo víctimas que quedaron atrapadas entre los escombros y que lograron sobrevivir al colapso de las estructuras como

se muestra en la figura 1.3. Lamentablemente un gran número de personas no pudo sobrevivir, debido a que no pudieron informar su locación.



**Figura 1.3: Sobrevivientes rescatados entre los escombros en Manta. [4]**

Muchas de las vías que daban acceso a las zonas afectadas quedaron severamente destruidas, imposibilitando el acceso al lugar. Esto retrasó notablemente las labores de rescate y posteriormente el traslado de los víveres para las personas que sobrevivieron al colapso de las estructuras.

En la figura 1.4 se muestra la carretera vía a pedernales en Manabí totalmente destruida, causando la obstaculización del paso.



**Figura 1.4: Carretera destruida vía Pedernales. [5]**

### **1.5 Marco regulatorio internacional respecto a los sectores de telecomunicaciones en casos de emergencia o desastres naturales.**

La sociedad moderna en su afán de satisfacer las necesidades de comunicarse ha impulsado un cambio vertiginoso en la evolución tecnológica y el desarrollo en las telecomunicaciones, como también la necesidad de precautelar su funcionamiento con planes de contingencia en el caso de que se vea comprometida en algún desastre natural, por lo cual se debe de organizar y coordinar previa a la emergencia para actuar oportunamente ante un eventual desastre y ejecutar el correcto restablecimiento de las comunicaciones ante una ruptura en las infraestructuras o en la interrupción de los servicios de telecomunicaciones.

Los principales organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Organización de Estados Americanos (OEA) a través de sus entidades en materia de telecomunicaciones reconocen la importancia que tienen las mismas para aminorar y resolver los problemas ocasionados por las catástrofes naturales, como la necesidad de contar con tratados y convenios internacionales para proveer de la ayuda necesaria; a su vez propone que se adopten medidas necesarias y planes de contingencia por los gobiernos de los países miembros, para garantizar y salvaguardar la vida de los seres humanos.

La ONU a través de su organismo especializado en telecomunicaciones, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), responsable de la regulación a nivel internacional, ha propuesto diferentes resoluciones para promover la cooperación entre los países, con la finalidad de que los servicios de telecomunicaciones aporten el mayor beneficio para precautelar la vida en situaciones de emergencias o catástrofes.

Los principales objetivos de la UIT es promover la adopción de las normativas y recomendaciones, entre las que también recalcan la utilización de las Tecnologías de la información y la Comunicación (TIC), como instrumento y mecanismo para la gestión en situaciones de emergencias, que se destacan a

través de resoluciones, convenios y foros internacionales, de los cuales vamos a citar los siguientes.

➤ **Convenio de Tampere "Salvando vidas por medio de las telecomunicaciones en emergencias"**

Se realizó en Finlandia teniendo lugar en la ciudad de Tampere del 16 al 18 de junio de 1998, la Conferencia Intergubernamental sobre Telecomunicaciones (ICET-98) aprobó el Convenio de Tampere sobre el suministro de telecomunicaciones para la mitigación de catástrofes y operaciones de socorro [6].

Entró en vigor el 8 de enero de 2005 tras la ratificación de 30 países, con lo que ahora las víctimas de situaciones de catástrofes podrán beneficiarse de operaciones de rescate más rápido y eficaces [7].

El preámbulo de la convención destacó la importancia de las telecomunicaciones para asistir, recordando los elementos jurídicos como son las resoluciones de la Organización de Naciones Unidas y la Unión Internacional de las Telecomunicaciones, que encaminó hacia el Convenio de Tampere.

Este convenio pretende proporcionar el marco jurídico para el uso de las telecomunicaciones en las asistencias humanitarias internacionales, reducir las barreras reglamentarias, proteger los intereses de los Estados que soliciten y reciban asistencia, el establecimiento de acuerdos bilaterales entre el proveedor de asistencia y el Estado requirente a recibir dicha asistencia [6].

Características:

Define los términos utilizados en la convención, en mayor importancia las definiciones de las organizaciones no gubernamentales y entidades no estatales (Art. 1) [6].

Describe la coordinación operativa, que se llevará a cabo por las Naciones Unidas coordinador del Socorro de emergencia (Art. 2) [6].

Define el marco general para la cooperación entre los Estados Parte y todos los demás asociados en la asistencia humanitaria internacional, incluidas las entidades no estatales (Art. 3) [6].

Describe los procedimientos para la solicitud y prestación de asistencia de telecomunicaciones, en particular reconociendo el derecho de un Estado Parte a dirigir, controlar y coordinar la asistencia prevista en el presente Convenio en su territorio (Art. 4) [6].

Define los privilegios, inmunidades y facilidades que debe proporcionar el Estado Parte requirente, haciendo nuevamente énfasis en que nada en el presente artículo afectará a los derechos y obligaciones de conformidad con los acuerdos internacionales o del derecho internacional (Art 5) [6].

Definen los elementos y aspectos específicos de la prestación de asistencia de telecomunicaciones, tales como la terminación de la asistencia, pago o reembolso de gastos o comisiones, y el establecimiento de un inventario de Asistencia de las Telecomunicaciones (Art. 6, 7 y 8) [6].

En la segunda fase de la Cumbre Mundial sobre la sociedad de la información que tuvo lugar en Túnez del 16 al 18 de noviembre de 2005, se adoptó el punto 91 de la Agenda de Túnez para la Sociedad de la Información.

➤ **Agenda de Túnez para la sociedad de la información – Túnez 2005**

El evento fue acogido por el gobierno de Túnez, de carácter internacional, organizado por la UIT para tratar temas sobre la Sociedad de la Comunicación, entre los aspectos sobre desastres naturales se destacó el siguiente:

Punto 91.- Reconocemos la relación intrínseca que existe entre la reducción de catástrofes, el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza, y que las catástrofes socavan gravemente las inversiones a muy corto plazo y siguen siendo un obstáculo para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza. Estamos convencidos de la importancia que tiene la función

habilitadora de las TIC en los ámbitos nacional, regional e internacional, a saber: [8].

a) La promoción de la cooperación técnica y el aumento de la capacidad de los países, especialmente los países en desarrollo, en cuanto a la utilización de instrumentos de las TIC para sistemas de alerta temprana y mecanismos de gestión y sistemas de comunicaciones ante emergencias, incluida la difusión de alertas comprensibles para los que se encuentran en peligro [8].

b) El impulso de la cooperación regional e internacional destinada a facilitar el intercambio de información relativa a la gestión de los casos de catástrofe y el acceso a ella, y el estudio de distintos procedimientos encaminados a facilitar la participación de los países en desarrollo [8].

c) El rápido establecimiento de sistemas normalizados de vigilancia y alerta temprana en todo el mundo vinculados a redes nacionales y regionales, así como la facilitación de actividades de respuesta ante catástrofes en todo el mundo, en particular en las regiones de alto riesgo [8].

➤ **Resolución 34 (Rev. Busan, 2014): Asistencia y apoyo a países con necesidades especiales para la reconstrucción de su sector de telecomunicaciones.**

Esta resolución fue adoptada en la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT en el 2006, se realizó su última revisión en Busan el 2014 [9].

Solicita que el Secretario General y el Director de la Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT), "apoyar a las administraciones en su labor hacia la aplicación del Convenio de Tampere" y la UIT-D debe reforzar el vínculo entre el desarrollo de las telecomunicaciones y los desastres [6].

El Director de la BDT se ocupará de:

- Gestionar los requerimientos de cada país.
- Garantizar el correcto traslado de los recursos.

El Secretario General se ocupará de:

- Coordinar las acciones en los tres sectores de la UIT, para hacer eficaz la ayuda a los países necesitados.
- Actualizar el anexo de la resolución, acorde a las peticiones de los países y aprobación del consejo.

➤ **Resolución 36 (Rev. Guadalajara, 2010): Las Telecomunicaciones y TIC al servicio de la asistencia humanitaria.**

La resolución fue adoptada en la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT en el 2006, se realizó su última revisión en Guadalajara el 2010, en la que acoge varias resoluciones de la conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR) entre las que se tiene: [10].

- Resolución 644 (Rev. CMR-12) Ginebra - 2012: Los servicios de telecomunicaciones para mitigar los efectos de las catástrofes y para operaciones de socorro.
- Resolución 646 (Rev. CMR-12) Ginebra - 2012: Protección pública y operaciones de socorro.
- Resolución 647 (Rev. CMR-12) Ginebra - 2012: Directrices sobre gestión del espectro para radiocomunicaciones de emergencia y operaciones de socorro en caso de catástrofe (No acogida Res. 36).

De la Conferencia Mundial de Desarrollo de las telecomunicaciones (CMDT) se acogió la siguiente resolución:

- Resolución 673 (Rev. Hyderabad) Hyderabad – 2010: Función de las telecomunicaciones y TIC en la preparación, alerta temprana, rescate, mitigación, socorro y respuesta en situaciones de catástrofes.

➤ **Resolución 136 (Rev. Busan, 2014): El uso de las TIC para el seguimiento y la gestión en situaciones de emergencia y de desastre para la alerta temprana, prevención, mitigación y recuperación.**

Fue presentada en la Conferencia de Plenipotenciario de la UIT en el 2006, se realizó su última revisión en Busan el 2014.

Dado el impacto que han ocasionado los desastres naturales en los últimos años en todo el mundo, en especial a los países en vías de desarrollo, en donde el impacto es más notable por la falta de preparación y economía media, se planea el aprovechamiento de las TIC para mitigar los daños ocasionados y el fortalecimiento de las telecomunicaciones en situaciones emergentes [9].

La resolución 136 acoge consigo varias resoluciones entre las que se destacan las siguientes:

- Resolución 36 (Rev. Guadalajara, 2010): Las telecomunicaciones y TIC al servicio de la asistencia humanitaria.
- Resolución 34 (Rev. Hyderabad, 2010): La función de las telecomunicaciones/TIC en la preparación, alerta temprana, rescate, mitigación, socorro y respuesta en situaciones de catástrofe.
- Resolución 48 (Rev. Hyderabad, 2010): de la CMDT, sobre el fortalecimiento de la cooperación entre reguladores de las telecomunicaciones.
- Resolución 182 (Rev. Guadalajara, 2010): El papel de las telecomunicaciones/TIC en el cambio climático y la protección del medio ambiente.

La Resolución 136 al igual que la Resolución 36 acoge también varias resoluciones de la CMR, entre las que se tienen la Resolución 644, Resolución 646 y la Resolución 673 que fueron anteriormente mencionadas.

El segundo Foro Mundial de la Unión Internacional de las telecomunicaciones sobre telecomunicaciones de emergencia 2016, adopta estrategias de las tecnologías de la información y la comunicación para reducir los efectos de las catástrofes naturales, en donde se reconoce el papel de las TIC y su importancia para prevenir y mitigar las consecuencias de las catástrofes [11].

➤ **2° Foro Mundial de la UIT sobre telecomunicaciones de emergencia (GET2016): Salvar Vidas – Kuwait 2016**

Realizada en la ciudad de Kuwait del 16 al 28 de enero de 2016, que precedido de pre-eventos el 25 de enero. El cual fue organizado por la BDT de la UIT y auspiciado por el gobierno de Kuwait.

Este foro se realizó por primera vez en Ginebra del 10 al 12 de diciembre de 2007 con el nombre de Foro Mundial sobre la utilización eficaz de las telecomunicaciones/TIC para la gestión de catástrofe: Salvar Vidas [12].

El GET-2016 sirvió para discutir la política internacional de telecomunicaciones de emergencia y temas de reducción de desastres, en la que trataron temas como; la preparación para casos de desastres, la iniciativa del Modelo Inteligente de Desarrollo Sostenible, el papel de asociaciones y la financiación. El foro ha evolucionado al punto de llegar a ser el principal evento mundial que se concentra en las telecomunicaciones de emergencia y la mitigación del cambio climático. En el que se abordaron temas de gran relevancia acerca de cómo las TIC pueden ayudar a aplicar la Declaración de Sendai aprobada por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Reducción del Riesgo de Desastres celebrada en marzo de 2015 en Sendai. El acto ofreció a los responsables de la formación de políticas y otros participantes la oportunidad de debatir y adoptar estrategias concretas sobre la eficacia de la reducción del riesgo de desastres y la gestión apoyada por las tecnologías de la información y comunicación [8].

Los resultados adoptados del GET-2016 proporcionarán orientación estratégica a la comunidad nacional e internacional, incluida la UIT, y darán lugar a un mayor conocimiento de la función que cada una de las entidades participantes podrían desempeñar para dar a las telecomunicaciones y las TIC un papel central en la mitigación y gestión de los desastres [13].

De manera general la UIT manifiesta que es de vital importancia la ayuda internacional de los bienes de telecomunicaciones para aplacar los desastres y en las acciones de rescate. Y como mandato en tema de comunicaciones de socorro consiste en "promover la adopción de medidas que garanticen la seguridad de la vida humana por medio de los servicios de telecomunicaciones" [6].

### **1.6 Marco regulatorio en el Ecuador y los sectores de telecomunicaciones en casos de emergencia o desastres naturales.**

El marco regulatorio de las telecomunicaciones en la República del Ecuador ha tenido cambios muy significativos en los últimos años, al igual que las entidades estatales encargadas del sector de las telecomunicaciones.

La creación del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL) por decreto ejecutivo N° 8 el 13 de agosto de 2009, cumple con la función de órgano rector del desarrollo de las TIC, que incluye el espectro radioeléctrico y las telecomunicaciones, con la finalidad de emitir planes generales y políticas, realizando la evaluación y seguimiento respectivo para su implementación [14].

La Asamblea Nacional, órgano que ejercer la función legislativa en el Ecuador, expide el 10 de febrero de 2015 la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT) publicada en el Registro Oficial N° 439 el 18 de febrero del mismo año, con lo que da origen a la creación de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), como la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencia del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes [15].

La ARCOTEL además tiene como finalidad garantizar el derecho de acceso a servicios de calidad, convergentes, con precios y tarifas equitativas; gestionar los recursos inherentes a las telecomunicaciones mediante su asignación transparente, equitativa, eficiente y ambientalmente sostenible [16].

### 1.6.1 Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT)

La presente ley consta de 12 considerando, 14 Títulos con sus respectivos Capítulos, 148 Artículos, 4 Disposiciones Generales, 9 Disposiciones Transitorias, 2 Disposiciones Derogatorias y 5 Disposiciones Finales.

La LOT en términos de emergencia y desastres dispone lo siguiente:

#### TÍTULO III

#### DERECHOS Y OBLIGACIONES

##### CAPÍTULO I: Abonado, cliente y usuario

Artículo 22.- Derechos de los abonados, clientes y usuario.

6. A disponer gratuitamente de servicios de llamadas de emergencia, información de planes, tarifas y precios, saldos y otros servicios informativos que establezca la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones [17].

##### CAPÍTULO II: Prestadores de Servicios de Telecomunicaciones

Artículo 24.- Obligaciones de los prestadores de servicios de telecomunicaciones.

11. Implementar el acceso, en forma gratuita, a los servicios de emergencia, determinados por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y en forma adicional para el caso de los servicios tales como el servicio móvil avanzado, cumplir con la entrega de información relacionada con la localización geográfica aproximada de una llamada [17].

24. Contar con los planes de contingencia, para ejecutarlos en casos de desastres naturales o conmoción interna para garantizar la continuidad del servicio de acuerdo con las regulaciones respectivas. Asimismo, cumplirá con los servicios requeridos en casos de emergencia, tales como llamadas gratuitas, provisión de servicios auxiliares para Seguridad pública y del Estado y cualquier otro servicio que determine la autoridad competente de conformidad con la Ley [17].

## TÍTULO XIII

### RÉGIMEN SANCIONATORIO

#### CAPÍTULO I: Infracciones

Artículo 118.- Infracciones de segunda clase.

Literal b. Son infracciones de segunda clase aplicables a poseedores de títulos habilitantes comprendidos en el ámbito de la presente Ley:

7. La carencia de planes de contingencia en casos de desastres naturales o conmoción interna o no cumplir con los servicios requeridos en casos de emergencia, tales como llamadas de emergencia gratuitas, provisión de servicios auxiliares para seguridad ciudadana y cualquier otro servicio definido como servicio o de emergencia por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones [17].

#### **1.6.2 Reglamento General a la Ley Orgánica de las Telecomunicaciones**

El reglamento General a la LOT se publicó el 25 de enero de 2016 en el Suplemento del Registro Oficial N° 676, con la función del desarrollo y la aplicación de la LOT.

En materia de emergencia y desastres se establece lo siguiente:

## TÍTULO VII

### DEL RÉGIMEN DE CONTRATACIÓN DE SERVICIOS

CAPÍTULO IV: De los derechos y obligaciones de los prestadores de servicios

Artículo 59. Consideraciones generales de las obligaciones de los prestadores de servicios:

10. la implementación de acceso gratuito a servicios de emergencia, y ubicación de llamadas de emergencia prevista en el artículo 24 número 11 de la LOT será realizada por los prestadores del servicio de telefonía fija y servicio móvil avanzado. Para la entrega de información de los servicios tales como el servicio móvil avanzado se estará a lo dispuesto

en la norma legal antes citada; y para los demás servicios se estará a la regulación que para el efecto emita la ARCOTEL [18].

11. La obligación prevista en el artículo 24 número 20 de la LOT será cumplida por los prestadores de servicio del régimen general de telecomunicaciones, de conformidad con la normativa aplicable para cada servicio [18].

12. Las obligaciones previstas en el artículo 24 numeral 24 de la LOT serán cumplidas por todos los operadores de servicio del régimen general de telecomunicaciones. Respecto a los servicios requeridos en casos de emergencia, los prestadores de servicios de telecomunicaciones proporcionaran de forma gratuita lo siguiente: [18]

i. Acceso a llamadas de emergencia por parte del abonado, cliente y usuario, independientemente de la disponibilidad de saldo [18].

ii. Difusión por cualquier medio, plataforma o tecnología, de información de alertas de emergencia a la población, conforme la regulación que emita para efecto la ARCOTEL. Dichos servicios se prestarán gratuitamente, sin perjuicio de la declaratoria de Estado de Excepción establecida en el artículo 8 de la LOT [18].

También deberán prestar de manera obligatoria, con el pago del valor justo, lo siguiente:

i. Integración de sus redes a cualquier plataforma o tecnología, para la atención de servicios de emergencia, conforme a la normativa que emita la ARCOTEL [18].

ii. Servicios auxiliares para la seguridad pública y del Estado

iii. Cualquier otro servicio que dependa de la ARCOTEL

14. El o los planes de contingencia previstos en el artículo 24 de la LOT serán presentados en enero de cada año para conocimiento y revisión de la ARCOTEL [18].

### **1.6.3 Reglamento para la Prestación de Servicios de Telecomunicaciones y Servicios de Radiodifusión por Suscripción.**

La ARCOTEL expide el Reglamento para la Prestación de Servicios de Telecomunicaciones y Servicios de Radiodifusión por suscripción en el Registro Oficial N° 749 el 6 de mayo de 2016.

El reglamento tiene como objetivo regular la prestación de los servicios de telecomunicaciones y de radiodifusión por suscripción definidos en la LOT, en conformidad a lo establecido en el ordenamiento jurídico vigente.

Se detalla lo relacionado a emergencias y desastres en el presente reglamento:

CAPÍTULO III: Obligaciones y derechos para la prestación de servicios de telecomunicaciones y radiodifusión por suscripción.

Artículo 9. Obligación de los poseedores de títulos habilitantes de registro para la prestación de servicios de telecomunicaciones y permiso o autorización para la prestación de servicios de audio y video por suscripción [19].

8. Contar y cumplir con planes de contingencia. Para ejecutarlos en casos de desastres naturales o conmoción interna para garantizar la continuidad del servicio de conformidad con la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, el ordenamiento jurídico vigente y título habilitante [19].

CAPÍTULO X: Prestación de servicios en caso de emergencia.

Artículo 31. Obligaciones vinculadas con servicios de emergencia.

Los prestadores de servicios de telecomunicaciones deberán asegurar el acceso gratuito de todos sus abonados, clientes, usuarios a los servicios definidos como tales por la ARCOTEL; así mismo, deberán dar cumplimiento a las disposiciones, normativa vigente o que se emita por la ARCOTEL respecto de la atención de llamadas de emergencia [19].

Artículo 32.- Emergencia con relación a desastres naturales.

En caso de producirse una situación de emergencia local, regional o nacional, tales como terremotos, inundaciones u otros hechos similares que requieran atención especial por parte de los prestadores de servicios de telecomunicaciones, se aplicará lo dispuesto en el numeral 12 del artículo 59 del Reglamento General a la LOT. Para esto, la Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL coordinará con la autoridad competente y los prestadores que se consideren para tal fin [19].

Artículo 33.- Prestación de servicios en estado de excepción.

De conformidad con el artículo 8 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, cuando el Decreto Ejecutivo de Estado de Excepción involucre la necesidad de utilización de los servicios de telecomunicaciones, en caso de guerra o conmoción interna, así como de emergencia nacional, regional o local, los prestadores que operen redes públicas de telecomunicaciones tienen la obligación de permitir el control directo e inmediato por parte del ente rector de la defensa nacional, de los servicios de telecomunicaciones en el área afectada; este control cesará cuando se levante la declaración mencionada, y se sujetará al ordenamiento jurídico vigente [19].

### **1.7 Análisis de los planes de telecomunicaciones para emergencia propuestos en el Ecuador.**

Un reciente estudio de graduación efectuado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, propone varias soluciones emergentes para las telecomunicaciones que se han visto interrumpidas por las actividades sísmicas producidas en el Ecuador [9]. A continuación, se presenta las soluciones planteadas a fin de identificar una alternativa útil para restablecer los servicios telecomunicaciones que puedan ser utilizadas por las personas afectadas:

- Equipos de tecnología P25 y TETRA:

El P25 o APCO P25 es el estándar para la elaboración y producción de equipos de interoperabilidad en dos vías mediante comunicaciones inalámbricas, permite una mejor organización en las agencias o entre ellas, principalmente las que

están involucradas en servicios de emergencia y así coordinar respuestas más eficaces. La característica que lo distingue es que, debido a ser un estándar ya definido, los organismos de los estados están en la capacidad de seleccionar entre distintos proveedores y escoger el equipo de comunicación más conveniente a las necesidades económicas como a las características propias de los equipos [20].

Presenta un sin número de ventajas para ser utilizado por los grupos de rescate o entidades de emergencias, como el de fácil manejo con un mínimo requerimiento de capacitación, su versatilidad de trabajar también en modo analógico con otros equipos de radios ya utilizados y aprovechando ya los recursos existentes.

Por su parte TETRA por sus siglas en inglés (Terrestrial Trunked Radio) es un sistema que trabaja con una infraestructura que conecta muchas radios bases y diferentes puntos, creando una red más amplia que puede llegar a cubrir países completos. El protocolo TETRA pensó en las características y los requerimientos específicos que ciertas organizaciones requieren a diferencia de los usuarios de radios convencionales, como también en las seguridades de las comunicaciones para impedir que las personas no autorizadas puedan escuchar; el protocolo debe de ser lo más posible abierto para incorporar nuevas aplicaciones y formas de uso y que se complete las comunicaciones más relevantes como son las de emergencias [21].

Tanto el sistema P25 y TETRA están dirigidos específicamente para organismos gubernamentales y entidades de servicios de emergencias, concretamente es usado para la coordinación de las personas socorristas, más no por las personas afectada en una actividad sísmica que requieran de un medio de comunicación para ser rescatadas, lo cual no es conveniente para lo que pretende ofrecer esta investigación.

- Sistema Mesh Networking:

Esta tecnología logra que se puedan comunicar los teléfonos celulares entre sí, a pesar de no contar con cobertura, sea esto por estar fuera de la red o simplemente no estar conectado a una infraestructura celular. Esto se puede

lograr gracias a la ayuda de un software llamado Serval para Android, que hace que cada dispositivo Smartphone sea un nodo en la comunicación y así lograr que todos los equipos celulares conectados a esa red puedan comunicarse entre cada uno de ellos. Esto es posible mediante el uso de la tecnología WiFi y Bluetooth de los teléfonos para elaborar redes entre los que se encuentran conectados [9].

Sus principales ventajas son: que es completamente de código abierto, lo que puede ser usado por cualquiera; se distribuye de manera que forma una red resistente; es capaz de transmitir imágenes, videos o cualquier otro documento y puede ser activado en cuestión de segundos cuando sea necesario su uso sin mayores problemas [9].

Este sistema parece ser muy prometedor puesto que se puede lograr que se comuniquen las personas que se encuentran atrapadas en las edificaciones con el exterior, sin contar con el servicio de telefonía móvil, debido a que es muy común que estos carezcan del servicio en sus alrededores. Aunque este sistema presenta una gran limitación puesto que las tecnologías Wi-fi y Bluetooth que utilizan los teléfonos no proporcionan grandes distancias de cobertura de la señal, por lo tanto, tendría que estar lo suficientemente cerca para poder hacer eficiente la red que conformarían.

- Sistema P2P:

Es un sistema de red de computadoras que se encuentran conectadas sin la necesidad de funcionar con servidores o clientes, por el contrario, los nodos de estas redes hacen la función de estos, permitiendo directamente el intercambio de información entre los diferentes equipos conectados. Entre sus características se destacan la escalabilidad, robustez, descentralización, repartición de costes entre usuarios, seguridad, anonimato [22].

Estas redes P2P se puede considerar de fácil instalación y operación sin embargo una gran desventaja es que a medida que la red va aumentando, las relaciones punto a punto presentan mayor dificultad en coordinar y operar, lo que conlleva que su eficiencia se vaya perdiendo a medida que la cantidad de equipos va incrementando en la red [9].

- Servicios de Radioaficionados:

Permite la radiocomunicación entre aficionados autorizados siendo las más comunes las transmisiones de voz en frecuencia modulada FM o incluso código morse, permitiendo establecer un medio de comunicación sin necesidad de una cobertura de red celular [23].

Este método de comunicación ya se ha utilizado en situaciones de desastre, en la cual los radioaficionados han colaborado ayudando a transmitir la información necesaria para coordinar las labores de rescate.

Sin embargo, este sistema no representa una solución a la pérdida de las comunicaciones por parte de la población en general, puesto que los únicos que contarán con este servicio serán los radioaficionados autorizados que hayan tenido su equipo de radiodifusión en el momento de la catástrofe.

- Sistema TEDRA:

Es un sistema de comunicación subterráneo inalámbrico digital, el cual utiliza la roca como medio de transmisión mediante dos dispositivos que funcionan como equipos de emisión y recepción y un par de electrodos insertados en la tierra. Las ondas electromagnéticas viajan entre el suelo y un punto subterráneo sin importar sus características geológicas.

La comunicación se establece cuando el equipo que funciona como emisor inyecta corriente mediante dos electrodos insertados en el terreno, de esta manera la corriente fluye encontrando camino y llegando al equipo receptor que detecta las variaciones de tensión permitiendo la comunicación entre ambos dispositivos [24].

Este método de comunicación es eficaz en lugares propensos a derrumbes como, por ejemplo, en el trabajo de minería, en el cual las personas puedan quedar atrapadas a varios metros de profundidad. Sin embargo, el gran inconveniente es que se debe contar con los equipos de transmisión y recepción en el lugar de la tragedia, de esta manera no representa una solución que permita a las personas que se encuentran en sus hogares o en los alrededores de una ciudad hacer uso de esta.

- Sistema VSAT:

Permiten la comunicación mediante un Hub central que se comunica mediante un satélite usando antenas con capacidades de transmisión y recepción. Las antenas solamente se pueden comunicar entre si cuando están cerca o en línea recta, de lo contrario deberán recurrir al satélite para establecer la comunicación. Este sistema representa una solución a los problemas de telecomunicaciones existentes donde no es factible extender redes de cableado [25].

El principal problema de establecer esta solución como método de comunicación de emergencia en momentos de desastres, es que se debe contar con las antenas previamente instaladas, permitiendo la comunicación solo a los sectores donde se ha efectuado la instalación.

- Unidades móviles COW:

Este sistema consiste en un vehículo pesado desarrollado como estación base de telefonía, el cual puede ser configurado y trasladado a lugares de difícil accesibilidad. El vehículo está equipado con tecnologías 2G, 3G y 4G mediante la ubicación de antenas en el mástil, además posee un sistema eléctrico y alternador para evitar caídas en el servicio [26].

Restablecen el servicio de telecomunicaciones cuando las estaciones bases fijas colapsan debido a un desastre natural, permitiendo mantener los enlaces gracias a sus antenas móviles, de esta manera proveen de servicio de telefonía a las personas en las zonas afectadas.

Este sistema fue implementado en el terremoto del 16 de abril ocurrido en Ecuador, lamentablemente las personas ya no tenían carga en sus teléfonos móviles cuando se restablecieron las comunicaciones mediante las unidades móviles COW, de esta manera los afectados se pudieron comunicar varios días después cuando se les proporcionó métodos para cargar sus teléfonos.

- Telefonía satelital:

El teléfono satelital no hace uso de la cobertura de telefonía móvil, sino de los satélites que orbitan el planeta, de esta manera se puede establecer

comunicaciones en lugares remotos donde un proveedor de red celular no podría llegar.

Existen varios tipos de teléfonos satelitales como Inmarsat, Iridium, Globalstar, entre otros.

El sistema Iridium es el que brinda el mejor servicio ya que cuenta con tecnología de última generación y cobertura en todo el mundo gracias a sus 66 satélites permitiendo comunicaciones totalmente confiables.

Estos equipos son de gran ayuda en lugares geográficos poco accesibles donde la red celular no podría llegar, además permiten la comunicación en situaciones de desastres naturales donde los enlaces de telefonía fija y móvil se ven afectados [27].

Mantener el servicio activo de estos teléfonos es muy costoso, por lo cual es adoptado por los rescatistas o personas encargadas de restablecer las comunicaciones afectadas. De esta manera este sistema no serviría de ayuda para las personas atrapadas entre los escombros, puesto que no contarían con un teléfono satelital a la mano.

### **1.8 Telecomunicaciones afectadas por el terremoto del 16 de abril de 2016**

La pérdida de las telecomunicaciones en las zonas afectadas se debió al colapso de centrales telefónicas y a sus antenas repetidoras, cortes de las redes de fibra óptica inter-centrales y troncalizadas, inclinaciones en las torres y las antenas de telecomunicaciones, impidiendo la alineación de los enlaces de radio, además de los cortes en la energía eléctrica que impidieron brindar el servicio a la ciudadanía.

Debido a que las operadoras no contaban con un plan de acción para restablecer las telecomunicaciones de la manera más rápida posible y el colapso de varias vías que conectaban las zonas del desastre, contribuyeron a que varios lugares pasen días sin algún servicio de telecomunicación que les permita informar su ubicación o solicitar ayuda inmediata.

Al siguiente día del terremoto, la Secretaría de Gestión de Riesgo presenta su informe de situación No. 14 del 17 de abril de 2016 en el cual se enfatiza la gran

cantidad de pérdida de las telecomunicaciones en la provincia de Manabí por ser la más golpeada por el desastre, teniendo como resultado un 71% de afectación en la operadora Claro y un 80% en Movistar, mientras que CNT tuvo menor afectación con un 59% [28].

En la Tabla 1, se muestra en resumen la situación de las telecomunicaciones de las 3 operadoras móviles en las provincias de Manabí, Esmeraldas y Guayas un día después del terremoto de acuerdo con el informe de situación No. 14 de la Secretaría de Gestión de Riesgo.

OPERADOR	% Afectación	FECHA	HORA
<b>CLARO</b>		<b>17/04/2016</b>	<b>13:53</b>
NACIONAL	6,70%		
Manabí	71,0%		
Esmeraldas	42,4%		
Guayas	1,5%		
<b>MOVISTAR</b>		<b>17/04/2016</b>	<b>13:59</b>
NACIONAL	6,0%		
Manabí	80,0%		
Esmeraldas	6,0%		
Guayas	3,0%		
<b>CNT</b>		<b>17/04/2016</b>	<b>13:47</b>
NACIONAL	5,3%		
Manabí	59,0%		
Esmeraldas	17,0%		
Guayas	3,0%		

**Tabla 1: Afectaciones en las operadoras móviles informe del 17/04/2016. [28]**

Según el informe de situación No. 18 de la Secretaría de Gestión de Riesgo del 18 de abril de 2016, la provincia de Manabí sigue siendo la más afectada con un 60% de estaciones de telefonía móvil fuera de servicio (Movistar: 46%, CNT: 71%, Claro: 62%). Como medida de contingencia ante la tragedia, Movistar y CNT pusieron a disposición el uso de SMS ilimitados, mientras que Claro dispuso que las personas pudieran hacer uso de 1000 mensajes para las zonas afectadas. Se repararon cortes de cables de fibra óptica en lugares como Babahoyo - Milagro, Manta - Jipijapa y Pedernales, además movistar instaló 2 radio bases móviles en Portoviejo y en Pedernales [29].

En la Tabla 2, se muestra las afectaciones en las telecomunicaciones que tuvieron las 3 operadoras móviles: Movistar, CNT y Claro en las provincias de Manabí, Esmeraldas y Guayas de acuerdo con el informe de situación No. 18 de la Secretaría de Gestión de Riesgo.

<b>OPERADORAS MOVILES</b>			
<b>OPERADOR</b>	<b>Afectación (%)</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>
<b>CLARO</b>		<b>18/04/2016</b>	<b>5:58</b>
NACIONAL	4,40%		
Manabí	62,53%		
Esmeraldas	0,00%		
Guayas	0,30%		
<b>MOVI</b>		<b>18/04/2016</b>	<b>5:58</b>
NACIONAL	4,00%		
Manabí	46,00%		
Esmeraldas	10,00%		
Guayas	2,00%		
<b>CNT</b>		<b>18/04/2016</b>	<b>4:51</b>
NACIONAL	5,60%		
Manabí	75,00%		
Esmeraldas	0,00%		
Guayas	0,50%		

**Tabla 2: Afectaciones en las operadoras móviles del 18/04/2016 [29]**

Al tercer día del terremoto se presenta el informe de situación No. 24 del 19 de abril de 2016, en el que se da a conocer que las telecomunicaciones se han restablecido con normalidad en todo el país excepto en Manabí, donde existe en promedio un 37.20% de afectaciones (Movistar: 20%, CNT: 58%, Claro: 33.60%) Las operadoras movilizaron técnicos y generadores a las zonas afectadas con el fin de poder restablecer las comunicaciones hasta que se puedan resolver los cortes de energía [30].

En la Tabla 3, se muestra el porcentaje de las estaciones fuera de servicio de las 3 operadoras en las provincias de Manabí, Esmeraldas y Guayas de acuerdo con el informe de situación No. 24 de la Secretaría de Gestión de Riesgo.

Estaciones fuera de Servicio Hora 7h00 19-04-2016				
Operadora	Esmeraldas	Manabí	Guayas	NACIONAL
MOVISTAR	5%	20%	1%	2,00%
CNT	0%	58%	0,0%	4,17%
CLARO	0%	33,60%	0,1%	3,48%
PROMEDIO	1,67%	37,20%	0,37%	3,22%

**Tabla 3: Estaciones fuera de servicio en las operadoras informe del 19 abril de 2016. [30]**

Gracias a los informes presentados por la Secretaría de Gestión de Riesgo pudimos constatar que al tercer día del terremoto aún no se pudieron resolver en su totalidad los problemas en las telecomunicaciones en la provincia de Manabí, por lo cual es necesario implementar un sistema que provea de un servicio de comunicación en las primeras horas del desastre, para que de esta manera se puedan salvar la mayor cantidad de vidas.

El terremoto puso en evidencia la importancia de las telecomunicaciones en el momento de una catástrofe natural, debido a que se necesita actuar de manera inmediata, para poder coordinar los equipos de rescate y las provisiones esenciales para la supervivencia de las personas afectadas.

El día 11 de noviembre de 2016 se efectuó una entrevista a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P. empresa pública que ofrece servicios de telefonía fija y móvil, banda ancha, internet fijo y móvil, televisión satelital, entre otros.

La reunión se llevó a cabo con el Ing. Fulvio Carrasco, Coordinador de Operaciones y Mantenimiento de Transmisiones de la ciudad de Guayaquil, la cual contó con la presencia del Ing. Luis Villacís, Jefe de Operaciones y Mantenimiento de redes de fibra óptica, en donde se proporcionó toda la información relacionada al estado de la fibra óptica en el último terremoto que sufrió el Ecuador y a las situaciones que debieron enfrentarse al momento de restablecer las comunicaciones.

Después del terremoto se evaluó los daños ocurridos en la cobertura de las zonas afectadas para elaborar un plan de acción que permita restablecer los enlaces de

la manera más rápida posible, pero nunca se imaginaron que proveer de cobertura a estas zonas afectadas fuera demasiado tarde, puesto que el restablecimiento de las comunicaciones duró aproximadamente entre 2 a 3 días y las personas ya no tenían batería en sus celulares, lo que provocó que no se pudieran comunicar con sus seres queridos, ni pedir ayuda.

Las baterías de los teléfonos modernos no duran más de un día debido al consumo que necesitan para su funcionamiento, además no todas las personas tendrían cargado su teléfono al 100%, lo cual provoca que su duración sea menor y se reduzca a unas pocas horas. En este punto es que se puede observar la importancia de implementar un sistema de comunicación que sea efectuado en las primeras horas de la catástrofe.

Las operadoras no contaban con un plan de contingencia para solucionar los problemas en las comunicaciones y las 3 operadoras del país: Claro, Movistar y CNT, sufrieron diversas fallas en sus instalaciones lo cual impidió que se pueda restablecer los enlaces en las primeras horas.

A pesar de que no había ningún convenio entre las operadoras para situaciones de emergencia, estas colaboraron entre sí para levantar los enlaces y proveer de cobertura lo más rápido posible. Por ejemplo, se dio la situación de que CNT tenía los hilos de fibra en buenas condiciones para su funcionamiento, pero su central se había derrumbado, mientras que Claro tenía problemas con su cableado, pero tenía una central en condiciones para su funcionamiento. De esta manera se llegó al acuerdo entre ambas partes para conectar la infraestructura de CNT a las de Claro y de esta manera restablecer la comunicación, situación que se hizo posible debido a las amistades personales entre los trabajadores de las diferentes empresas destacó el Jefe de operación de la CNT Luis Villacís.

El Ing. Luis Villacís informó que efectivamente las comunicaciones se vieron afectadas debido al colapso de las torres y los postes que permitían establecer los enlaces para brindar cobertura a las zonas damnificadas. El área de fibra óptica también sufrió daños por la caída de los postes. Sin embargo, la fibra óptica subterránea no se vio afectada a lo largo de las zonas cercanas al terremoto que disponen de esta infraestructura, pero hubo centrales afectadas debido a la

fuerza del terremoto, esto impidió que se pueda seguir manteniendo un medio de comunicación, a pesar de que los hilos de fibra se encontraban en buenas condiciones.

A pesar de que no había ningún convenio entre las operadoras para situaciones de emergencia, estas colaboraron entre sí para levantar los enlaces y proveer de cobertura lo más rápido posible.

### **1.9 Objetivo General.**

Implementar un sistema aéreo de rápido despliegue y ejecución mediante la transmisión de una señal abierta para proporcionar un medio de comunicación en zonas de emergencia por desastres naturales.

### **1.10 Objetivos Específicos.**

Identificar los medios de comunicación menos afectados durante un terremoto, con el fin de poder hacer uso de ellos de manera rápida, permitiendo establecer una comunicación de emergencia entre los afectados en los primeros minutos de la catástrofe.

Establecer un medio de comunicación inalámbrico en la zona afectada por el terremoto, que sea fácil de implementar mediante una cobertura WIFI, ofreciendo a los afectados el uso de datos móviles, para poder comunicarse con sus familiares y enviar su ubicación para su inmediato rescate.

Optimizar el alcance de la señal WiFi proporcionada por el modem de fibra óptica mediante los access points instalados en drones, logrando extender la cobertura de la señal inalámbrica.

Distribuir la red WIFI de la manera más eficiente y extensa posible, mediante la correcta ubicación de los drones, para que la señal repetida abarque la mayor distancia posible, permitiendo a las personas que se encuentren muy alejadas de la zona de distribución de la señal WIFI, comunicarse con el exterior.

Plantear un esquema que permita la difusión masiva en medios públicos de manera preventiva y durante la situación de emergencia, permitiendo de manera oportuna el uso del servicio del que disponen en ese momento.

### **1.11 Metodología.**

Investigar los daños y el grado de afectación en la infraestructura y en las redes de la empresa de telecomunicaciones CNT E.P. que fueron ocasionadas por el terremoto del 16 de abril de 2016, realizando visitas técnicas al Departamento de Operación y Mantenimiento de Transmisiones de la empresa con el fin de obtener información y datos oficiales que permita así identificar los puntos de acceso menos afectados que se mantengan en operación, para poder hacer uso de ellos en el menor tiempo posible y poder ejecutarse de manera oportuna.

Utilizar la tecnología WI-FI como medio de comunicación, mediante una red inalámbrica conformada por un router-wifi y access point, para que funcione como un punto de acceso inalámbrico que transmita una señal abierta, es decir, que será de libre acceso y proporcionará el servicio de datos, cuya cobertura debe ser asignada a zonas afectadas como sectores incomunicados o edificaciones derrumbadas, teniendo prioridad esta última, debido a la urgencia de socorrer a personas atrapadas entre los escombros.

Usar el desarrollo tecnológico de los últimos años, como los drones, que son aeronaves no tripuladas con la función de expandir la cobertura a las zonas afectados, permitiendo que sea de rápido despliegue y de fácil manejo, que en conjunto con los equipos de radio frecuencias que son los que se interconectarán con un punto de acceso fijo a internet, como la fibra óptica, para que se mantenga operativo con el fin de proporcionar el servicio de datos.

Realizar las pruebas de campo de los equipos de radio (Access Point), para determinar el radio de cobertura que se puede alcanzar tanto en el espacio libre como en entorno de edificaciones u obstrucciones, obteniendo de esta manera radios máximos y mínimos a los que se debe posicionar los drones para dar una cobertura optima de la señal. Con lo que se puede abarcar mayores distancias desplegando más drones en conjunto, que mediante la distribución en diferentes posiciones se expandirá el servicio de datos y por lo tanto a su vez una mayor

cantidad de personas podrán hacer uso del mismo y podrán comunicarse lo más pronto posible.

Proponer y plantear la necesidad de un modelo de difusión en situaciones de emergencia que sea difundido por los medios de comunicación, como una campaña preventiva e informativa para la sociedad, como a su vez en el momento de la catástrofe, para de esta forma dar a conocer la ayuda que se está ofreciendo en ese instante y que pueden hacer uso del mismo.

### **1.12 Justificación.**

Los terremotos son fenómenos naturales que causan destrucción y pérdidas humanas, lamentablemente aún no se ha podido crear un método de predicción, el cual permita dar unos segundos de ventaja para encontrar un lugar seguro.

El terremoto ocurrido el 16 de abril de 2016 tomó por sorpresa a todos los ecuatorianos, provocando una gran cantidad de muertes y edificaciones colapsadas; los intentos de rescate inmediato se vieron obstruidos debido a la pérdida de las telecomunicaciones a causa de las razones antes mencionadas.

Las telecomunicaciones tardaron aproximadamente 3 días en restablecerse y que las personas puedan comunicarse con sus familiares; esto fue totalmente ineficaz, puesto que las primeras horas del desastre son las más cruciales al momento de salvar vidas. Los más afectados fueron las que quedaron atrapados entre los escombros y quedaron totalmente inmovilizados, al no contar con un medio de comunicación no pudieron informar a sus familiares el lugar en el que se encontraban.

Actualmente se acostumbra a llevar consigo el celular y la gran mayoría cuenta con un dispositivo Smartphone, y el poder contar con un servicio de datos adicional sería de gran ayuda en los momentos de catástrofes, puesto que el servicio de voz en situaciones de pánico o emergencia suelen aumentar considerablemente el tráfico de llamadas, lo que ocasiona que las centrales de telefónicas móviles y fijas comiencen a bloquear las llamadas entrantes por superar el límite establecido, lo cual inhabilita este servicio tan necesario en esos momentos, situación que no se presenta en una red de datos puesto que

garantiza el correcto envío de los paquetes de información y lograr a las personas poder comunicarse, enviar su ubicación, o solicitar lo más pronto su rescate.

Debido a que la batería de los celulares modernos no dura más de uno o dos días, en los primeros momentos del desastre es crucial que las personas puedan comunicarse. Al ser restablecidas las comunicaciones luego de varios días, esto no representó ninguna ayuda para las personas atrapadas que aún se encontraban con vida, porque sus celulares estaban descargados.

Cuando los rescatistas y cuerpo de bomberos procedieron a buscar a las personas entre los escombros, empezaron a usar maquinaria pesada para remover los enormes pedazos que quedaron de las edificaciones destruidas, lo cual representó un gran riesgo, debido a que, en su afán por escavar más profundo, lograron inestabilizar las estructuras, haciendo que colapsen y matando a las personas que aún seguían con vida. De haber contado con un medio de comunicación que permita saber el lugar de las personas atrapadas, se hubiese procedido con mayor cautela al momento de remover los escombros.

Los dos primeros días después de la catástrofe, la población aún no sabía la verdadera magnitud de la situación en la que se encontraban. No se contaba con los datos oficiales de la ayuda que se necesitaba en todas las ciudades afectadas. La ayuda comenzó a llegar a las zonas más importantes de la región, como lo son Manta y Portoviejo, pero otros lugares que también fueron víctimas del terremoto como Bahía de Caráquez, Canoa, Pedernales, entre otras, no recibieron las provisiones necesarias, ni contaron los rescatistas para colaborar en la búsqueda de las personas atrapadas.

Luego que se restablecieron las telecomunicaciones se pudo apreciar el daño que había provocado el terremoto en esas zonas, habiendo perdido ya varios días, en los cuales se pudo haber salvado la mayor cantidad de vidas, si se hubiese contado con un medio de comunicación que permita informar la ayuda inmediata que se necesitaba en esas zonas.

Por esta razón se propone en este proyecto implementar un mecanismo de rápido despliegue para ayudar a las personas que se encuentren atrapadas o incomunicadas en zonas de desastres, ofreciendo un medio de comunicación en

las primeras horas de la catástrofe, logrando que las personas puedan enviar su ubicación o solicitar la ayuda necesaria para su rescate.

## CAPÍTULO 2

### 2. IMPLEMENTACIONES TECNOLÓGICAS EN UN SISTEMA ESPACIAL PARA EL RESTABLECIMIENTO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN ZONAS DE EMERGENCIAS.

#### 2.1 Utilización de la red de fibra óptica en el Ecuador en zonas afectada.

La fibra óptica es un medio de transmisión ampliamente utilizado en las telecomunicaciones, puesto que posee características que permiten una comunicación eficiente tales como: gran ancho de banda, transmisiones a altas velocidades, comunicaciones a grandes distancias, bajas atenuaciones, inmune a interferencias electromagnéticas, resistente a la corrosión y a temperaturas extremas entre otras.

La red de fibra óptica en el Ecuador ha tenido un amplio crecimiento según el informe de Rendición de Cuentas 2015 presentado por el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos y el MINTEL en marzo de 2016, donde se detalla que el Ecuador ya cuenta con aproximadamente 60 mil kilómetros de fibra óptica [31].

En la figura 2.1 se muestra los kilómetros de fibra óptica en los últimos años, teniendo un aumento casi del doble desde el año 2012 al 2015.

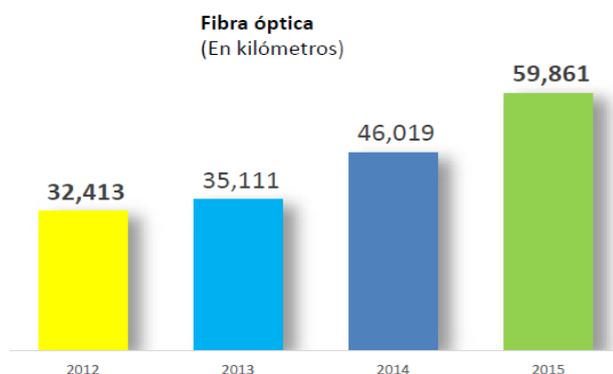
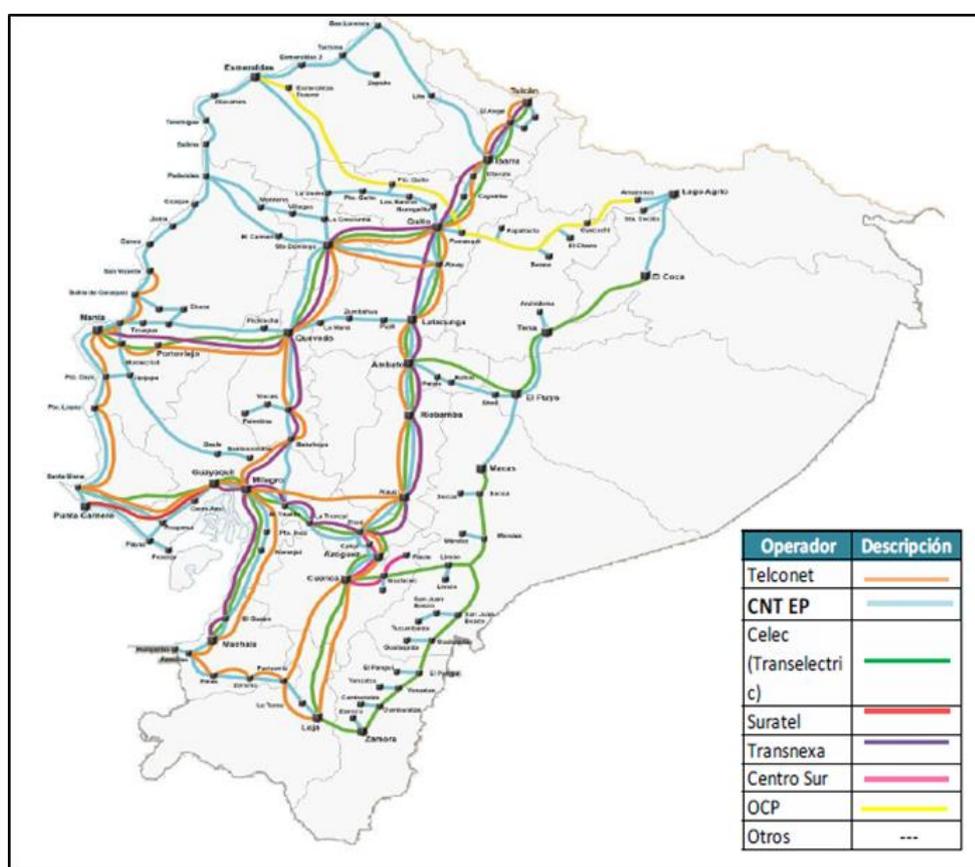


Figura 2.1: Crecimiento de fibra óptica desde el 2012 hasta el 2015. [31]

La tendencia actual es que en los próximos años la cobertura de fibra óptica llegue a todos los cantones del Ecuador debido al crecimiento constante de esta red, lo que permitirá que cada hogar del Ecuador cuente con una conexión de fibra óptica en un futuro no muy lejano. Tal es así que se presenta en el Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador (2016 – 2021) aumentar el porcentaje de hogares que se encuentran a menos de 1.5 Km de la red de fibra, esto como un objetivo de requisito fundamental para que aumente la penetración de la banda ancha en el país [32].

En la figura 2.2 se muestra la cobertura de fibra óptica que tenía el Ecuador en 2013 y la distribución correspondiente a diferentes operadores.

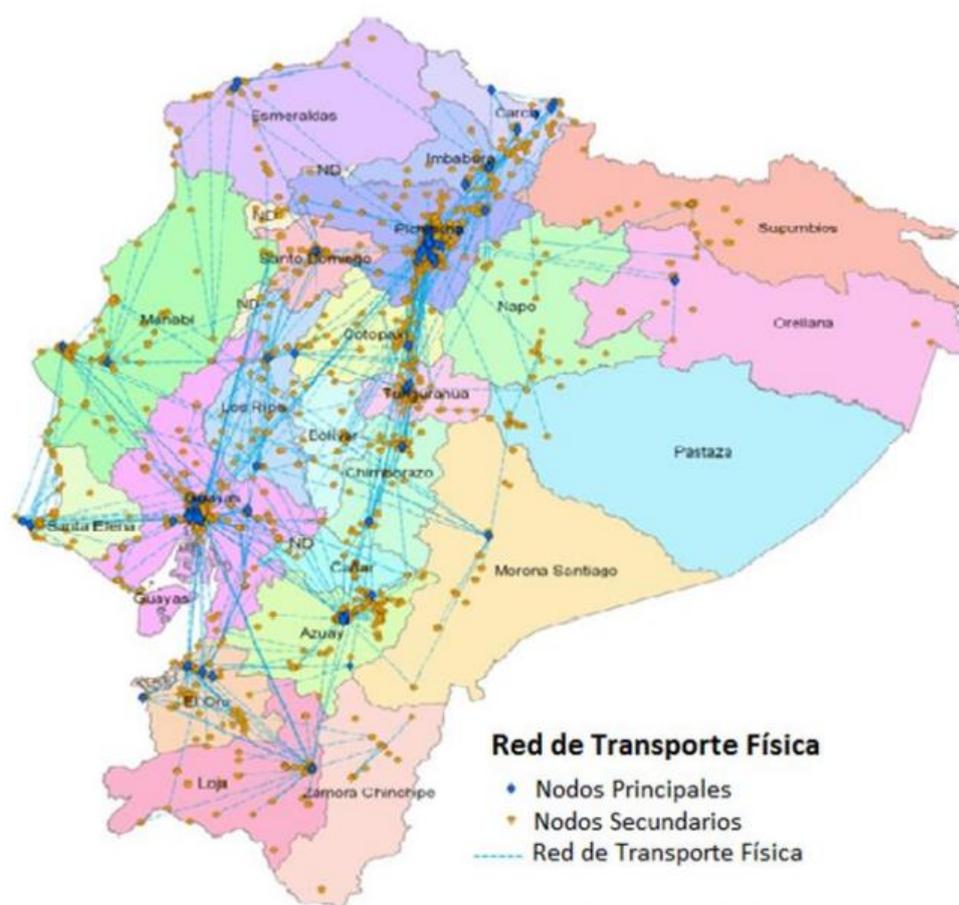


**Figura 2.2: Mapa de cobertura de fibra óptica en el Ecuador. [33]**

En una presentación del MINTEL de 2013 sobre la situación actual de la red de fibra óptica en el Ecuador, detalla la red de transporte física a nivel nacional de

fibra óptica, la distribución de 132 nodos principales y 2584 nodos secundarios correspondiente a 21 empresas portadoras, 3 operadoras de telefonía móvil y 7 operadoras de telefonía fija [34].

En la figura 2.3 se presenta la red de fibra óptica en el año 2013 con la ubicación de los nodos principales y secundarios y también la red de transporte con sus interconexiones entre las diferentes provincias del Ecuador.



**Figura 2.3: Distribución de la red de fibra óptica del Ecuador. [34]**

Las empresas de telecomunicaciones se han visto en la necesidad de migrar sus redes metropolitanas a las de fibra óptica, por su alta demanda de capacidad y velocidad que hoy en día la civilización moderna requiere. Gracias al despliegue de las redes GPON y las redes troncales se tiene una amplia red de fibra óptica

distribuida a nivel nacional, que puede ser aprovechada de mejor manera para proporcionar conectividad a las ciudades que pueden ser afectadas por catástrofes naturales al quedarse incomunicadas, por lo cual es importante establecer un medio de comunicación rápido y eficiente que aproveche la red de fibra óptica para salvar vidas en situaciones de emergencia.

Por esta razón, ha sido de fundamental importancia la investigación e identificación de los puntos en los cuales la fibra óptica pueda sufrir afectaciones y como resolver estos inconvenientes con el fin de aprovechar esta infraestructura y poder elaborar un sistema en el cual las personas afectadas puedan hacer uso de la transmisión de datos mediante esta tecnología. El estudio de las afectaciones que sufrieron las telecomunicaciones en el terremoto del 16 de abril de 2016 permitió obtener mucha información de los daños que pueden producirse en la fibra óptica cuando ocurren eventos de estas magnitudes.

En la entrevista realizada al Ing. Luis Villacís, jefe de Operaciones y Mantenimiento de Redes de Fibra Óptica de CNT E.P. se dialogó sobre la idea del aprovechamiento de la fibra óptica como un punto de acceso y de la factibilidad en su utilización en las primeras horas posteriores a un terremoto, en donde se concluyó que la opción más óptima sería la utilización de los armarios de fibra óptica por su estructura robusta y por ser de ductos subterráneos, además de no haber sufrido mayores afectaciones en el terremoto del 16 de abril. Por esta razón la alternativa más viable sería la utilización de los armarios al igual que las mangas porta splitter por su alta distribución en las ciudades y de esta manera acceder a los hilos de fibra para establecer un punto de acceso al internet.

### **2.1.1 Aprovechamiento de la fibra óptica como un punto de acceso a internet para restablecer un medio de comunicación.**

Se hará uso de un modem, el cual estará conectado al armario para permitir la conexión a internet por medio de la fibra óptica subterránea, que como antes se ha mencionado no presenta mayores afectaciones. El modem a su vez emitirá una señal Wifi, la cual será detectada y extendida

por Access Points ubicados en drones que estarán suspendidos en el aire para proporcionar cobertura en las zonas afectadas e incomunicadas.

Para obtener acceso a la red mediante esta implementación y proporcionar una señal inalámbrica en la cual las personas puedan acceder al internet desde sus teléfonos móviles, se llegó conjuntamente con el Ing. Luis Villacís a las siguientes sugerencias y soluciones técnicas:

Actualmente los armarios no cuentan con puertos libres en el cual se pueda realizar este tipo de conexión, debido a que todos estos puertos se encuentran destinados a usuarios específicos, además el modem debe estar configurado y autorizado previamente por la empresa para que el equipo conectado pueda pasar por los diferentes niveles de autenticación que están establecidos al momento de tener acceso a la red. La solución más adecuada de implementar es asignar un hilo de fibra óptica libre en los armarios o mangas porta splitter, el cual estará destinado para situaciones de emergencia y para proporcionar el servicio de internet por medio de la conexión del modem que tendrá las propiedades de un router; es decir, se podrá expandir la señal de manera inalámbrica para que otros dispositivos puedan conectarse a ella.

Por motivos de seguridad el hilo de fibra destinado a situaciones de emergencia se encontrará bloqueado para evitar el uso indebido de este y únicamente se habilitará cuando ocurra un desastre natural o una situación que amerite su utilización. Se lo activará mediante un script a nivel nacional que active los hilos de fibras en las zonas afectadas, de esta manera se permitirá establecer la conexión con cualquiera de los modems que se conecten en el momento de la catástrofe.

## **2.2 Conectividad mediante la tecnología Wi-Fi.**

La solución más adecuada para establecer un medio de comunicación que las personas afectadas por el terremoto puedan aprovechar es mediante el envío de datos de manera inalámbrica. La tecnología WIFI nos permitirá la conexión de varios dispositivos para que puedan conectarse a internet, puesto que estos

podrán acceder a una red abierta que será distribuida a través de los Access Points ubicados en drones.

En la figura 2.4 se muestra los dispositivos electrónicos conectados de manera inalámbrica a un router mediante la tecnología WiFi permitiendo así tener acceso los dispositivos al internet.



**Figura 2.4: Conexión inalámbrica de dispositivos a un router.** [35]

Elaborado mediante el estándar IEEE 802.11 esta tecnología permite la compatibilidad con cualquier dispositivo portátil que pueda conectarse a la red, esto quiere decir que cualquier celular sin importar su fabricante tendrá acceso para conectarse a una red WIFI con velocidades de hasta 11Mbit/s, 54 Mbit/s y 300 Mbit/s, de esta manera las personas que lleven consigo su celular podrán ingresar a la red de emergencia para enviar la información necesaria para su rescate.

### **2.2.1 Bandas de frecuencias.**

En la actualidad existen dos bandas de frecuencias establecidas para la conexión WIFI las cuales son 2.4Ghz y 5Ghz, siendo estas bandas de

frecuencia del espectro radioeléctrico de libre uso, más conocido también como bandas libres por estar asignadas y reguladas por la UIT para poder transmitir sin requerir de un permiso y ser utilizadas libremente por cualquier persona alrededor del mundo.

En la Constitución de la República del Ecuador publicada en el R.O. No. 449 el 20 de octubre de 2008 en su Art. 17 indica que el Estado fomentará la pluralidad y la diversidad en la comunicación; y al efecto garantizará la asignación de las frecuencias, así como el acceso a las bandas libres para su explotación de redes inalámbricas y precautelaré que en su utilización prevalezca el interés colectivo.

La banda de 2.4Ghz basado en los estándar IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, y IEEE 802.11n es la frecuencia más usada para establecer las conexiones a internet mediante el uso del WIFI. Posee un mayor alcance que la frecuencia de 5Ghz debido a que a menor frecuencia se obtiene una mayor distancia en la cobertura. Cuenta con 11 canales para establecer una conexión de los cuales solo 3 no se superponen, de esta manera existe una gran posibilidad de contar con interferencia si existen varias redes cercanas, además todos los dispositivos móviles que tienen conexión a internet cuentan con este estándar.

La banda de 5 GHz basado en el estándar IEEE 802.11ac también conocido como WIFI 5 posee un 10% menos de alcance que la frecuencia de 2.4 GHz debido a que usa una mayor frecuencia, además cuenta con 23 canales que no se superponen permitiendo una conexión sin interferencias. Lamentablemente no todos los equipos cuentan aún con la posibilidad de conectarse a la banda 5 GHz mediante esta frecuencia.

En la tabla 4, se presenta los canales asignados para la banda 2.4 GHz y la banda 5 GHz con la correspondiente frecuencia de cada canal.

BANDAS LIBRES					
Banda 2.4 GHz		Banda 5 GHz.			
Canal	Frecuencia MHz	Canal	Frecuencia MHz	Canal	Frecuencia MHz
1	2412	184	4920	100	5500
2	2417	188	4940	104	5520
3	2422	192	4960	108	5540
4	2427	196	4980	112	5560
5	2432	208	5040	116	5580
6	2437	212	5060	120	5600
7	2442	216	5080	124	5620
8	2447	36	5180	128	5640
9	2452	40	5200	132	5660
10	2457	44	5220	136	5680
11	2462	48	5240	140	5700
12	2467	52	5260	149	5745
13	2472	56	5280	153	5765
14	2484	60	5300	157	5785
		64	5320	161	5805

**Tabla 4: Canales y frecuencias de las bandas 2.4 GHz y 5 GHz. [36]**

A pesar de que la frecuencia de 5Ghz proporciona menor interferencia, esto no representa un problema al momento de implementar el sistema de emergencia con la frecuencia de 2.4Ghz ya que en un terremoto existen cortes de luz y esto apagaría cualquier dispositivo que este emitiendo una señal que pueda causar alguna interferencia, además el factor fundamental por el cual no se podría elegir la frecuencia de 5Ghz es que no todos los dispositivos móviles cuentan con esta tecnología, por esta razón la ideal para implementarla en el sistema de emergencia es la frecuencia de 2.4Ghz.

En la figura 2.5 se muestra redes en diferentes canales y la interferencia que se podría ocasionar con la frecuencia de 2.4Ghz en un ambiente donde existan redes cercanas, pero debido a la inactividad de cualquier red por motivo del terremoto no tendríamos este escenario.



**Figura 2.5: Redes en diferentes canales visualizadas con Wifi Analyzer.**

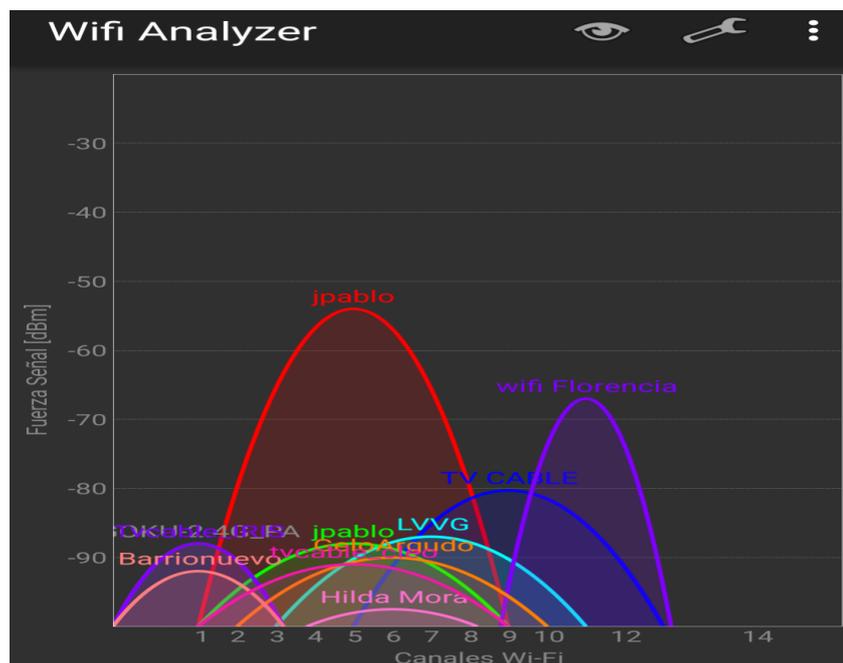
La selección del canal para la menor interferencia correspondería en asignarlo en automático para que el equipo detecte el canal más idóneo.

### 2.2.2 Ancho de canal.

Como hemos mencionado anteriormente no existe inconvenientes al momento de seleccionar el canal propicio para la conexión, pero ahora se debe elegir el ancho del canal.

Normalmente el ancho del canal viene establecido en 20Mhz el cual proporciona velocidades entre 130 Mbit/s y 144 Mbit/s, pero también existe la opción de incrementarlo a 40Mhz en el cual se obtiene el doble de ancho de canal y por ende una mayor velocidad de transmisión logrando alcanzar los 300 Mbit/s. El inconveniente de aumentar el ancho de canal es que provocaría mayor interferencia con las redes en los canales cercanos.

En la figura 2.6 se muestra la red jpablo con un ancho de canal de 40Mhz el cual presenta gran cantidad de interferencia con las redes en los canales cercanos debido a su mayor ancho de canal.



**Figura 2.6: Solapamiento con las redes cercanas con Wifi Analyzer.**

Posterior al terremoto no se tendría mayor interferencia, por ejemplo, por la falta de energía, siendo lo ideal asignar en 40MHz el ancho del canal.

### 2.3 Implementación de drones.

La tecnología de drones ha sido la más llamativa en estos últimos años, debido al desarrollo en sus características y al sin número de utilidades que se le puede dar, estas pequeñas aeronaves no tripuladas pueden ser controladas de manera remota logrando realizar tareas que al ser humano se le dificulta o no puede realizar, así como en aquellas actividades que pueden ser de muy alto riesgo para las personas.

Los drones son construidos y diseñados en todo tipo de tamaños y modelos y esto es lo que permite tener todo un mundo de uso a disposición siendo la de mayor utilización que se le están dando es el uso civil, dado por la facilidad de aportar con información e imágenes en tiempo real en las labores de rescate de emergencia, puesto que permite realizar un reconocimiento del lugar de manera

oportuna y puede proporcionar muchos datos que pueden ser rápidamente analizados.

En la figura 2.7 se presenta la variedad de modelos, tamaños y formas en las que se construyen los drones, teniendo drones que miden desde unos cuantos centímetros hasta alcanzar varios metros.



**Figura 2.7: Diferentes modelos y tamaños de drones.**

Los drones actualmente poseen una gran flexibilidad en sus movimientos, permitiendo acceder a lugares y espacios antes casi inaccesibles de manera muy fácil, teniendo una alta estabilidad en vuelo que permite sobrevolar terrenos irregulares y junto con la posibilidad de incorporar cámaras de alta definición se logra tener una visión más clara para los rescatistas, siendo esto de gran importancia al momento de ejecutar una acción de ayuda para salvar vidas humanas.

Las cualidades que poseen estas aeronaves nos pueden ofrecer múltiples funciones, las cuales pueden ser muy útiles en lugares que se encuentren en emergencias ocasionadas por un terremoto. Entre las principales funciones se tiene: el levantamiento de información del sector que permite reconocer las zonas más afectadas al igual que los daños estructurales en edificaciones y los posibles riesgos que puede ocasionar; el envío de kits de emergencia que facilita enormemente las tareas de trasladar productos o mercaderías de ayuda a

lugares que pueden ser muy dificultosos o pocos accesibles; su utilización como repetidores de señal WIFI en zonas donde se ha interrumpido los servicios de comunicaciones que han sido ocasionados por las afectaciones en las infraestructuras, con lo que se puede brindar una fácil solución proporcionando una área de cobertura con la incorporación de un dispositivo repetidor en el dron, siendo este el principal uso que se le va a dar en este proyecto.

#### **2.4 Red inalámbrica de emergencias y las aplicaciones a utilizarse.**

Se debe garantizar el servicio de WIFI en el que se restringirá el uso de ciertas aplicaciones o páginas web para evitar congestiones debido al uso excesivo del ancho de banda. En ese momento es primordial un sistema de mensajería y un método que permita enviar la ubicación de la persona de manera rápida, por esta razón se habilitará solo aplicaciones específicas como WhatsApp y Ecu911

De esta manera el sistema no colapsará si una gran cantidad de usuarios están intentando utilizar la red. En el peor de los casos un mensaje o ubicación enviada por WhatsApp tardará en enviarse, pero al final llegará a su destino, permitiendo ir en su rescate, incluso si la persona ya no tiene batería en su celular.

- **ECU911**

La aplicación más completa para situaciones de emergencia es el Ecu 911 ya que permite informar los incidentes en el cual la persona se ha visto involucrada. Al momento de instalar la aplicación se le pide al usuario que ingrese sus datos personales además del tipo de sangre, discapacidad o si sufre de alergias, los cuales son datos muy importantes al momento de una situación de emergencia. Luego de esto se abre una serie de opciones en las cuales se podrá reportar de manera específica la ayuda que se necesita.

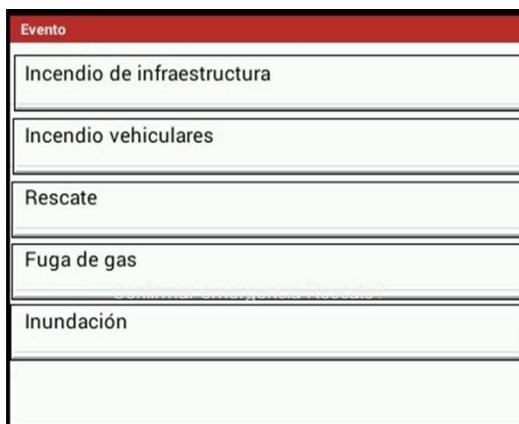
En la figura 2.8 se muestra las 4 opciones de emergencia que posee la aplicación para celulares del Ecu911.



**Figura 2.8: Captura de las opciones de emergencia de la app Ecu911.**

Una vez nos encontremos en este menú la opción ideal para reportar una situación de emergencia en un terremoto sería la de bomberos, la cual nos proporcionará 5 opciones más que nos permitirá ser mucho más específicos en la ayuda que necesitamos.

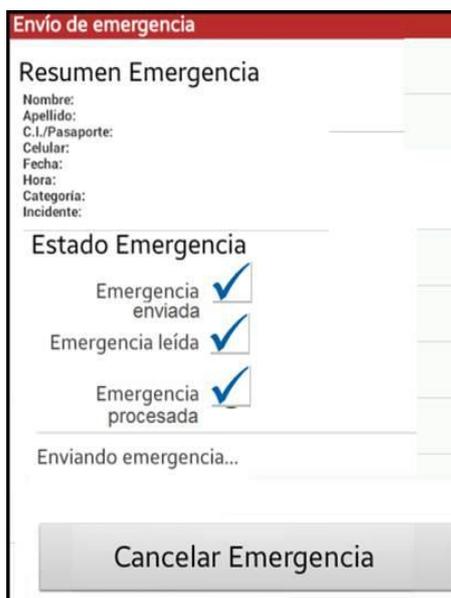
En la figura 2.9 se muestra los 5 tipos de emergencia que podemos elegir dentro de la opción bomberos de la aplicación Ecu911.



**Figura 2.9: Captura de eventos de la opción bomberos de la app Ecu911.**

Al elegir la opción rescate se proporcionará la ubicación y los datos que fueron llenados al momento de abrir la aplicación por primera vez permitiendo a los bomberos ir en busca de la persona en dificultades.

En la figura 2.10 se muestra el estado de la emergencia que se encuentra en proceso junto con los datos de la persona que solicita la ayuda.



**Figura 2.10: Resumen y estado de envío de la emergencia con app Ecu911.**

Los 3 vistos azules nos indicarán que la solicitud de ayuda se encuentra procesada y que los bomberos no tardarán en ir a rescate.

En un terremoto la aplicación del Ecu911 permitirá a las personas informar su ubicación siendo una información vital para las personas que se encuentran atrapadas entre los escombros. De esta manera los bomberos y rescatistas podrán saber específicamente cuales son las estructuras colapsadas en las cuales aún se encuentran personas con vida, ahorrando tiempo vital y sabiendo cómo proceder al momento de remover escombros para no desestabilizar las estructuras y provocar el colapso de esta que puede resultar fatal para una persona atrapada.

El inconveniente de hacer uso de esta aplicación es que debe estar instalada previo al terremoto. Se efectuarían campañas para que las personas instalen la aplicación para situaciones de emergencia, pero aun así un gran porcentaje de personas no la descargará. Por esta razón vemos factible hacer uso de la siguiente aplicación.

- *WhatsApp*

Esta aplicación está diseñada para el uso de mensajería instantánea la cual poco a poco se ha ido actualizando permitiendo a los usuarios enviar fotos, videos, archivos e incluso la ubicación de la persona.

No es una aplicación diseñada para momentos de emergencia, pero representaría una ayuda vital para las personas que cuenten con acceso a internet y se encuentren atrapadas entre los escombros por un terremoto, ya que la mayoría la tiene instalada en su celular. Con más de 1000 millones de usuarios permitiría la comunicación con cualquier familiar o amigo que pueda informar que una persona se encuentra atrapada y necesita ayuda inmediata.

La intención con esta aplicación es que la persona atrapada pueda enviar su ubicación por medio de la cobertura WIFI implementada a través de la fibra óptica, el cual será recibido por el destinatario, además de poder informar su situación y mantener una comunicación hasta que la batería de su celular lo permita.

En la figura 2.11 se muestra una captura de la aplicación WhatsApp en la cual se ha enviado la ubicación a un contacto del celular que también posee la aplicación.



**Figura 2.11: Captura del envío de la ubicación mediante *WhatsApp*.**

De esta manera aseguramos que cualquier persona con un Smartphone pueda solicitar ayuda gracias a estas aplicaciones y proceder a su inmediato rescate.

#### **2.4.1 Difusión de la existencia de una red inalámbrica de emergencia.**

Es de vital importancia que las personas conozcan de esta cobertura Wifi que será activada en momentos de emergencia, por esta razón se deberá informar a todas las personas en el país por medio de tv, radio, redes sociales entre otras, desde el primer día en que se ponga en marcha la solución, con el objetivo de que todas las personas tengan conocimiento y puedan hacer uso de esta señal Wifi si su situación lo requiera.

Solo de esta manera aseguraremos que una persona que quedó atrapada en los escombros y posee un Smartphone haga uso de este para informar su ubicación y situación.

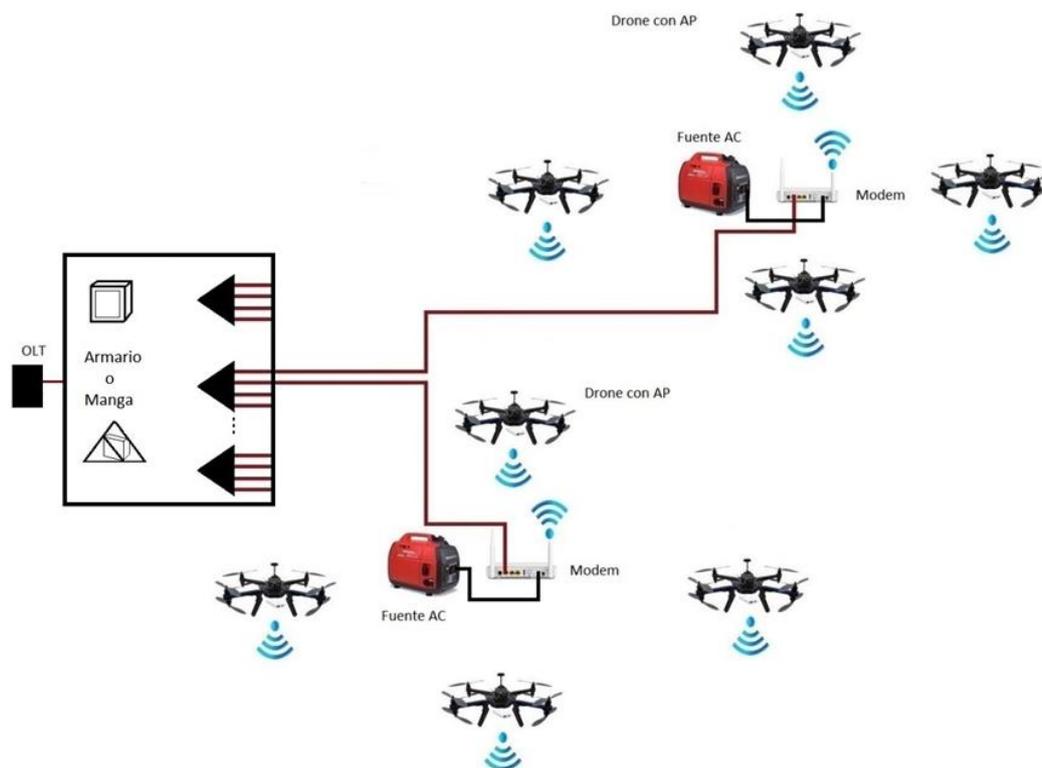
La red WIFI tendrá el nombre de "WIFI EMERGENCIA" para facilitar su identificación, de esta manera la persona sabrá que es una red que no necesita contraseña y en la cual podrá hacer uso de la aplicación WhatsApp o Ecu911.

De igual manera al momento de ejecutarse el proyecto en las zonas afectadas o incomunicadas o en aquellas en donde su utilización sea requerida, los operadores del sistema de emergencia deberán informar en los alrededores del sector mediante altavoces o equipos similares la disponibilidad de la zona Wifi gratuita al igual de proporcionar toda la información necesaria para su aprovechamiento.

#### **2.5 Planteamiento de la solución del sistema aéreo.**

En la figura 2.12 se puede observar el diseño a implementarse el cual consiste en proporcionar un servicio de telecomunicaciones inalámbrico a los afectados en un terremoto haciendo uso de los hilos de fibra óptica subterráneos a los cuales se accederá por medio de los armarios de una red PON o mangas porta splitters para luego dar paso a la ejecución del sistema que tendrá como finalidad proporcionar una cobertura WIFI mediante el uso del modem de fibra óptica y en conjunto con Access Points que ubicados en los drones lograrán extender la cobertura de la señal, y además poder acceder a lugares dificultosos y peligrosos

para evaluar los daños y estructuras inseguras en las zonas afectadas si la situación así lo amerite.



**Figura 2.12: Ilustración del sistema de emergencia para brindar un servicio de telecomunicaciones inalámbrico.**

En el momento en que se dé un terremoto se activará el sistema de emergencia el cual está conformado por 3 fases que permitirán establecer un sistema de telecomunicaciones en las primeras horas del desastre para las personas que se encuentran en la zona afectada.

- Fase 1: Liberación de puertos de emergencia

El sistema de emergencia podrá ser activado desde distintos puntos del país, los cuales estarán ubicados en las principales ciudades (Quito, Guayaquil, Manta, Cuenca, Machala, Esmeraldas, Ambato y Loja) elegidos como puntos estratégicos los cuales abarcan el territorio ecuatoriano. De esta manera si una



alimentado mediante un generador eléctrico portátil que brinde al menos 8 horas de funcionamiento.

En la figura 2.14 se muestra el generador eléctrico portátil que alimentara al modem GPON con el cargador de poder de 110 V.



**Figura 2.14: Generador eléctrico portátil que alimentara al modem GPON.**

Luego se identificará el armario o manga porta splitter más cercano a la zona afectada y se procederá a conectar con el puerto libre destinado para situaciones de emergencia con el puerto ONT del modem GPON mediante un cable de fibra óptica con los conectores ópticos apropiado.

En la figura 2.15 se aprecia de qué manera conectar la fibra óptica del armario o manga con el puerto ONT del modem GPON con un cable de fibra óptica.



**Figura 2.15: Conexión entre el puerto de emergencia y el modem GPON.**

Como se ha mencionado anteriormente el hilo de fibra no debe de requerir autenticación o algún método similar, para que al conectar el modem permita que se conecte a la red de fibra óptica, esto previamente establecido y configurado por la empresa de telecomunicaciones a la cual se esté conectando.

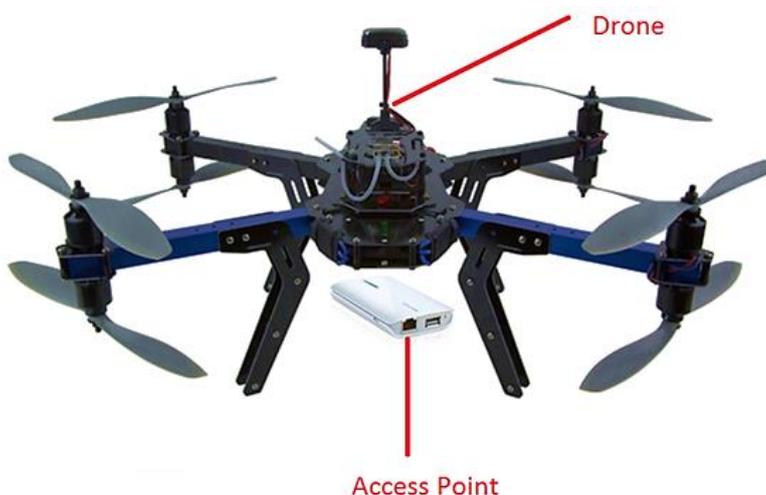
El modem proporcionará una cobertura inalámbrica entre unos 100 a 120 metros a la redonda ya que al estar en campo abierto presentará pocas atenuaciones por obstáculos que impidan su propagación.

- Fase 3: Aumento de la cobertura de la señal inalámbrica

Para aumentar la cobertura de la señal de emergencia se hará uso de access points los cuales estarán previamente configurados para que capturen la señal emitida por el modem y la expandan, permitiendo aumentar la distancia a la que llega la señal, como también sobrevolar por estructuras que puedan ocasionar una gran atenuación de la señal del modem.

Los access points estarán ubicados en la parte inferior de los drones los cuales estarán suspendidos en el aire permitiendo captar de una mejor manera la señal y extenderla por el espacio.

En la figura 2.16 se observa dónde debe estar ubicado el access point en el drone para lograr una mejor transmisión y recepción de la señal del modem que se encontrara en tierra, además de conservar la distribución del peso en el drone para mantener una buena estabilidad en el vuelo.



**Figura 2.16: Representación del Access Point ubicado con el drone.**

El droné estará ubicado a una altura de entre 10 a 40 metros del suelo o según la situación lo requiera y no debe de estar a más de 100 metros de distancia de la posición del modem para poder garantizar que la señal sea captada de manera eficiente.

En la figura 2.17 se muestra el modem emitiendo la señal inalámbrica y el droné suspendido en el aire con el Access Point ubicado en su parte inferior captando la señal y expandiéndola para lograr una mayor cobertura.



**Figura 2.17: Ampliación de la cobertura con el access points en el droné.**

Para que la cobertura de la señal llegue a lugares más alejados del modem se hará uso de varios drones con sus access points previamente ubicados en la parte inferior del droné y colocarlos estratégicamente en el espacio de tal manera que estén a la máxima distancia en la cual se asegura una buena captación de la señal por parte de los access points y puedan expandir la señal lo más lejos posible.

La cantidad y ubicación de drones se efectuará de acuerdo a las situaciones; es decir en las zonas más pobladas o donde hayan ocurrido muchos derrumbes en los cuales las personas necesiten de urgencia un medio de comunicación para salvar su vida es donde se dispondrá una mayor cantidad de drones.

La cantidad máxima de drones que podrían ser utilizados para expandir la cobertura de la señal de un modem de manera eficiente es mediante la

distribución de 4 drones separados a  $90^\circ$  uno respecto a otro logrando abarcar los  $360^\circ$  de la señal omnidireccional emitida por el modem como se muestra en la figura 2.18.



**Figura 2.18: Ubicación de drones a  $90^\circ$  para expandir la cobertura.**

A medida que se requiera aumentar la cobertura de la señal de emergencia se hará uso de más drones siguiendo el patrón mostrado y así sucesivamente en los distintos armarios de fibra óptica en los cuales sea necesario implementar un medio de telecomunicación para la población afectada.

En la figura 2.19 se muestra una simulación de los drones ubicados estratégicamente para expandir la señal en las zonas más afectadas y donde se requiere la señal inalámbrica de emergencia.



**Figura 2.19: Ilustración simulada de la ubicación estratégica de los drones.**

Un punto a destacar es que los drones tienen batería para 36 minutos máximo por lo cual antes de este tiempo deberán descender para cambiar sus baterías. En este lapso de tiempo se podrá desplegar otro grupo de drones para que la señal de emergencia no sea interrumpida o bien ofrecer la señal por lapsos de tiempo. Esto puede representar un problema, pero en realidad no lo es ya que las personas estarán informadas previamente de esta situación y solo necesitan enviar la ubicación o un mensaje informando su situación, de esta manera si la señal es interrumpida y no es posible enviar el mensaje, este será enviado cuando se vuelva a activar la señal de emergencia con los drones recargados.

Cabe recalcar lo importante que es implementar este sistema en las primeras horas del desastre ya que los dispositivos móviles se descargarán y no podrán hacer uso de la señal WIFI.

Con tan solo ofrecer un servicio de telecomunicación en los primeros momentos del desastre, las personas afectadas podrán hacer uso de este medio de comunicación para informar su estado y ubicación permitiendo a los rescatistas llegar al lugar y salvar sus vidas.

## **2.6 Equipos para la implementación del proyecto.**

Para establecer todo el sistema de emergencia es necesario la utilización de equipos específicos que sean capaces de permitir el funcionamiento en su totalidad para lo cual se ha implementado utilizando los siguientes equipos.

- Router inalámbrico TP-LINK TL-MR3040

Este router inalámbrico utilizado como access points permitirá extender el rango de cobertura establecido por el modem GPON. Estará incorporado al dron y se lo elevará a una altura de entre 10 a 40 metros según la situación lo requiera, de tal manera que pueda captar la señal del modem y repetirla a través del espacio, y de igual manera para otros access points ubicados en los drones.

El router inalámbrico cuenta con una batería interna recargable de 2000mAh lo cual permitirá estar en funcionamiento sobre el dron sin requerir otra fuente de energía por unas 4 o 5 horas a toda su capacidad.

Cuenta con una velocidad inalámbrica de 150Mbit/s bajo el estándar 802.11n con un rango de señal incrementado. Tiene un peso de 94g y unas dimensiones de 100 x 62 x 16 mm, además el equipo posee una potencia de transmisión de 20dBm. [44]

En la figura 2.20 se muestra el router inalámbrico TP-Link TL-MR3040 a ser utilizado como un access points de la señal inalámbrica proporcionada por el modem.



**Figura 2.20: Router inalámbrico TP-Link TL-MR3040**

- Drone X8+

El drone tendrá en su estructura el router inalámbrico el cual estará debidamente asegurado y ubicado para no presentar inestabilidad en el balance del drone al momento de elevarse. Una vez que se haya establecido la conexión entre el modem y el router inalámbrico y esté se encuentre funcionando como access point, el drone se elevará a la altura que sea requerida y que el drone lo permita, para que el access point ubicado en el drone pueda irradiar la señal y que las personas puedan conectarse a internet.

El X8+ cuenta con una batería de 10000 mAh con una dimensión de 35cm x 51cm x 20cm y un peso de 803g que puede ser cambiada o removida con gran facilidad al momento de descargarse evitando que quede inoperativo luego de haber sido utilizado en las zonas afectadas, además se puede elegir la frecuencia de trabajo del drone según las normas de cada país.

En la figura 2.21 se muestra el drone X8+ a utilizarse en el sistema de emergencia.



**Figura 2.21: Drone X8+.**

- Modem Huawei EchoLife HG8045H

Una vez se haya identificado el armario de fibra óptica o las mangas porta splitter más cercano, se conectará el cable de fibra de emergencia del armario con este terminal GPON el cual permitirá la conexión y emitir la señal de cobertura, ya que previamente se debe haber habilitado el puerto de emergencia por la catástrofe ocurrida.

El access point ubicado en el drone debe estar previamente configurado para repetir la señal del terminal GPON y de esta manera extender el alcance de su señal y permitir que una mayor cantidad de personas puedan conectarse a la red.

El HG8045H cuenta con un puerto de red GPON además de los puertos de usuario 4 GE+1, USB+, 2.4G, 5G WIFI y sus dimensiones son 230mm x 190mm x 30mm.

En la figura 2.22 se muestra el equipo Huawei EchoLife HG8045H usado para establecer la conexión con la red de fibra óptica de una empresa de telecomunicaciones y proveer la cobertura de una señal inalámbrica que permita el acceso al internet.



**Figura 2.22: Modem Huawei EchoLife HG8045H.**

## **2.7 Implementación del proyecto.**

Este proyecto debe ser de ejecución inmediata por los argumentos ya expuestos en el capítulo anterior, lo cual hace que sea fundamental contar con el sistema listo para ser desplegado y entrar en operación, es por esto que todos los equipos deben de encontrarse configurados y autenticados correctamente según la función a desempeñar.

A continuación, se detallará el procedimiento para la implementación del sistema, el cual ha sido realizado como un modelo básico o simple, es decir que estará conformado por un solo modem Huawei EchoLife HG8045H, un router inalámbrico TP-Link TL-MR3040 (Access point) y un drone X8+ para presentar el funcionamiento y operatividad del sistema.

El procedimiento estará conformado por 4 secciones principales:

- Sección 1: Configuración del modem Huawei EchoLife HG8045H.

Para configurar el Huawei EchoLife HG8045H primero se lo conecta a un ordenador por el puerto red, como alternativa podemos conectarnos vía WiFi, el SSID y CLAVE por defecto está impresa en la etiqueta del modem.

Una vez conectado al ordenador se prosigue a obtener la dirección IP de la puerta de enlace predeterminada del modem para así ingresar a las configuraciones, con lo que se debe de seguir los siguientes pasos:

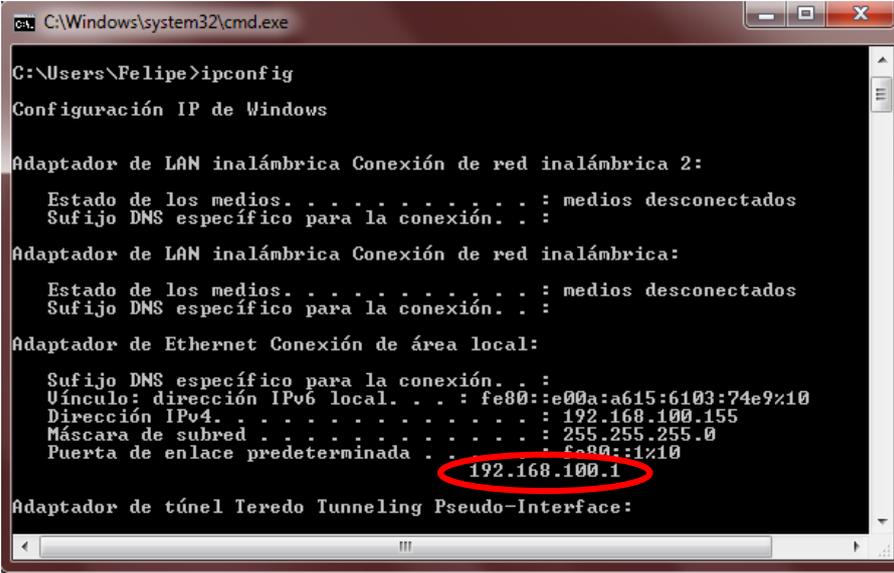
Paso 1: Abrir el CMD en Windows y escribir "ipconfig" y Enter. [Ver figura 2.23]



```
ca. Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos
C:\Users\Felipe>ipconfig
```

Figura 2.23: Símbolo del Sistema o CMD de Windows.

Paso 2: En Adaptador de Ethernet Conexión de área local, obtener la IP de la puerta de enlace predeterminada. [Ver figura 2.24]



```
ca. C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\Felipe>ipconfig
Configuración IP de Windows

Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de red inalámbrica 2:
    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . :

Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de red inalámbrica:
    Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
    Sufijo DNS específico para la conexión. . :

Adaptador de Ethernet Conexión de área local:
    Sufijo DNS específico para la conexión. . :
    Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::e00a:a615:6103:74e9%10
    Dirección IPv4. . . . . : 192.168.100.155
    Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
    Puerta de enlace predeterminada . . . : fe80::1%10
    192.168.100.1

Adaptador de túnel Teredo Tunneling Pseudo-Interface:
```

Figura 2.24: Configuración IP de Windows del modem Huawei HG8045H.

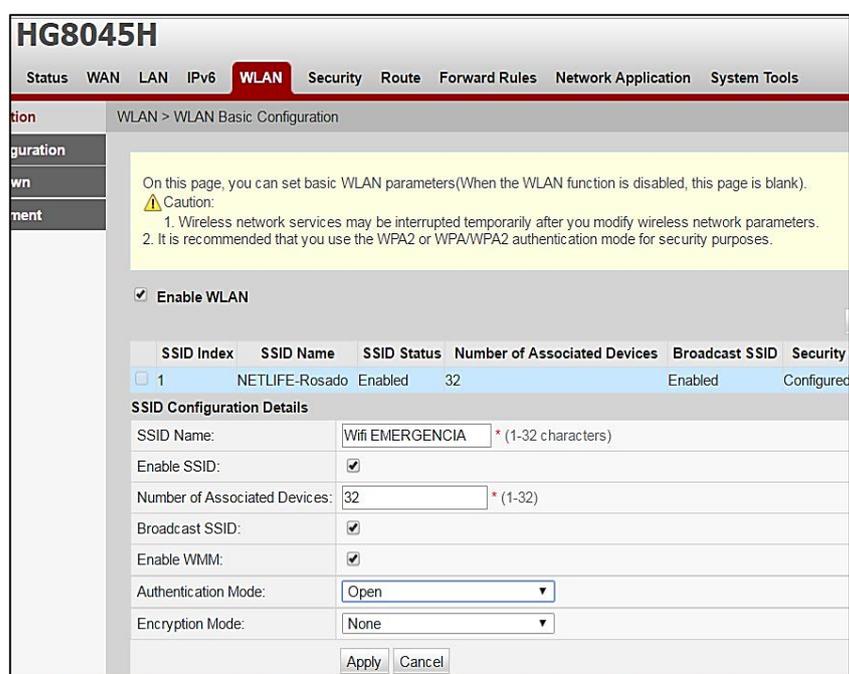
Paso 3: Abrir un navegador y escribir la dirección IP de la puerta de enlace predeterminada obtenida en el paso 2 y dar Enter, luego se debe ingresar el Account y Password dadas por el proveedor o fabricante. [Ver figura 2.25]



**Figura 2.25: Autenticación de acceso del modem Huawei HG8045H.**

Paso 4: Una vez dentro de la configuración dirigirse a WLAN y asignar con los siguientes parámetros la nueva red inalámbrica de emergencia.

Asignar el nombre WiFi EMERGENCIA a la red en "SSID Name" luego habilitar las opciones Enable SSID, Broadcast SSID y Enable WMM con un visto y por último se debe dejar la señal de libre acceso, es decir sin contraseña, para esto en Authentication Mode seleccionar la opción Open y hacer clic en Apply para aplicar los cambios. [Ver figura 2.26]



**Figura 2.26: Configuración de la WLAN del modem Huawei HG8045H.**

Cabe recalcar que las configuraciones presentadas solo son para las características propias de la señal inalámbrica de Emergencia. Se debe realizar las configuraciones pertinentes a los modem por parte de los técnicos de la empresa proveedora del internet a la cual se está conectando a su red mediante la fibra óptica, o por los técnicos encargados para la implementación de este sistema. De igual manera la empresa de telecomunicaciones por su parte debe asignar las características correspondientes a los hilos fibra destinados para la emergencia, para admitir que puedan acceder los modem correctamente a la red de fibra óptica y al internet.

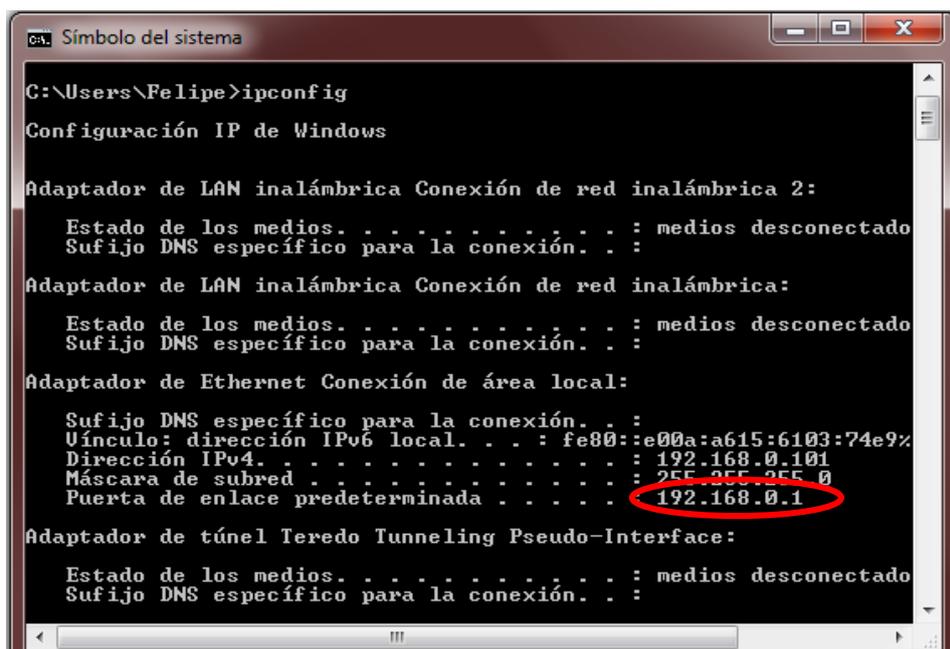
- Sección 2: Configuración del router portátil TP-LINK TL-MR3040

Paso 1: Conectar a un ordenador con un cable de red al puerto LAN/WAN del router portátil (access point), antes de configurarse se debe de seleccionar un modo, el equipo puede operar en tres modos el 3G/4G, WISP y AP el cual debe seleccionarse manualmente, siendo a utilizar el WISP (Wireless Internet Service Provider) para poder establecer la conexión con un el modem Huawei EchoLife HG8045H. [Ver Figura 2.27]



**Figura 2.27: Conexión y selección de modo de operar del TP-LINK.**

Paso 2: Abrir el CMD y escribir "ipconfig" y obtener la dirección IP de la puerta de enlace predeterminada. [Ver Figura 2.28]



```
Simbolo del sistema
C:\Users\Felipe>ipconfig

Configuración IP de Windows

Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de red inalámbrica 2:
    Estado de los medios. . . . . : medios desconectado
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de red inalámbrica:
    Estado de los medios. . . . . : medios desconectado
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :

Adaptador de Ethernet Conexión de área local:
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
    Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::e00a:a615:6103:74e9%
    Dirección IPv4. . . . . : 192.168.0.101
    Máscara de subred. . . . . : 255.255.255.0
    Puerta de enlace predeterminada. . . . . : 192.168.0.1

Adaptador de túnel Teredo Tunneling Pseudo-Interface:
    Estado de los medios. . . . . : medios desconectado
    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
```

Figura 2.28: Configuración IP de Windows del TP-LINK.

Paso 3: Abrir un navegador e ingresar la dirección IP obtenida de la puerta de enlace predeterminada, dar Enter y aparecerá en la pantalla la autenticación de usuario y contraseña por defecto ingresar "admin" en ambos campos, o bien revisar en la etiqueta impresa en el equipo. [Ver figura 2.29]

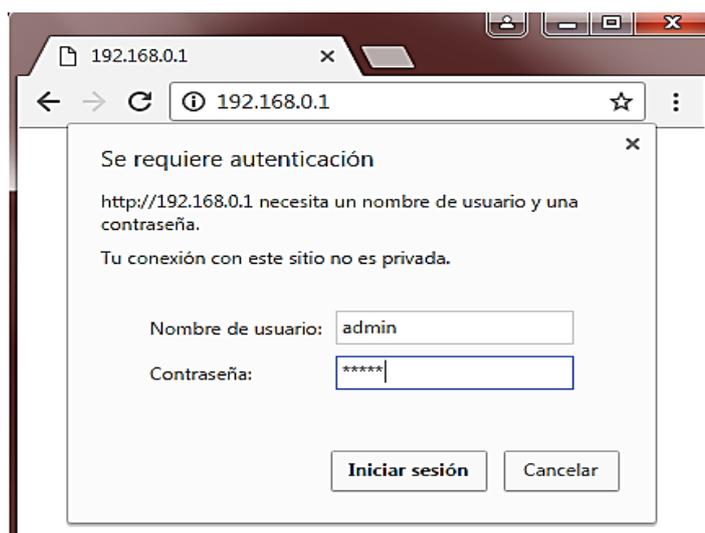


Figura 2.29: Autenticación de Usuario y Contraseña del TP-LINK.

Paso 4: A continuación, se muestra el estado del equipo TP-LINK en el panel de configuración, verificamos la IP 192.168.0.1 /24 de la LAN pertenece a la red distinta del modem Huawei 192.168.100.1/24 [Ver Figura 2.30]

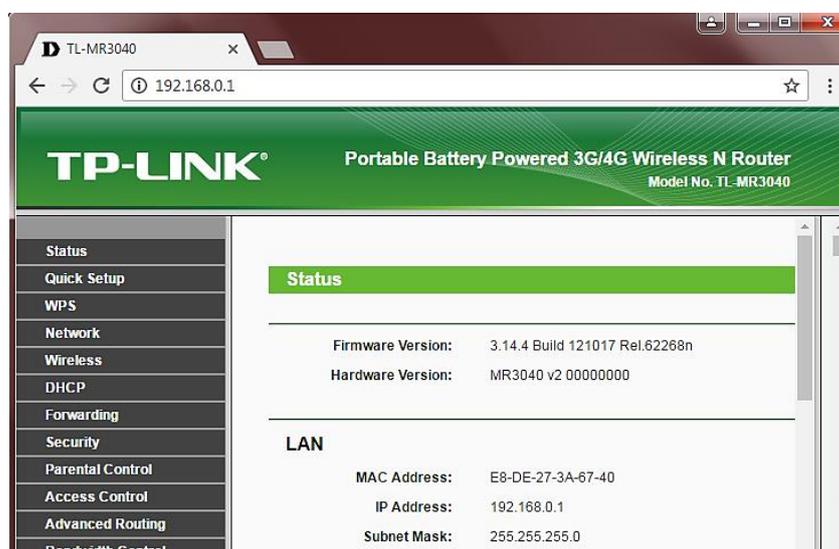


Figura 2.30: Panel de configuración del TP-LINK.

Paso 5: Ir a la pestaña Quick Setup y presionar Next, para configuraciones por primera vez se recomienda seguir este paso. [Ver figura 2.31]

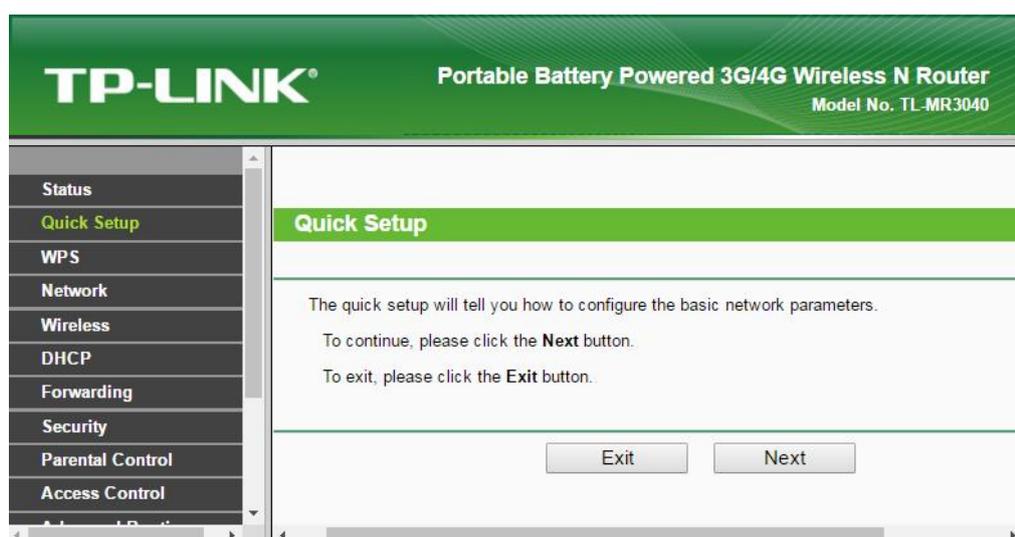


Figura 2.31: Inicialización de la configuración del TP-LINK.

Paso 6: En Quick Setup elegir el tipo de conexión WAN, se elegirá la opción Dynamic IP y presionar Next. [Ver Figura 2.32]

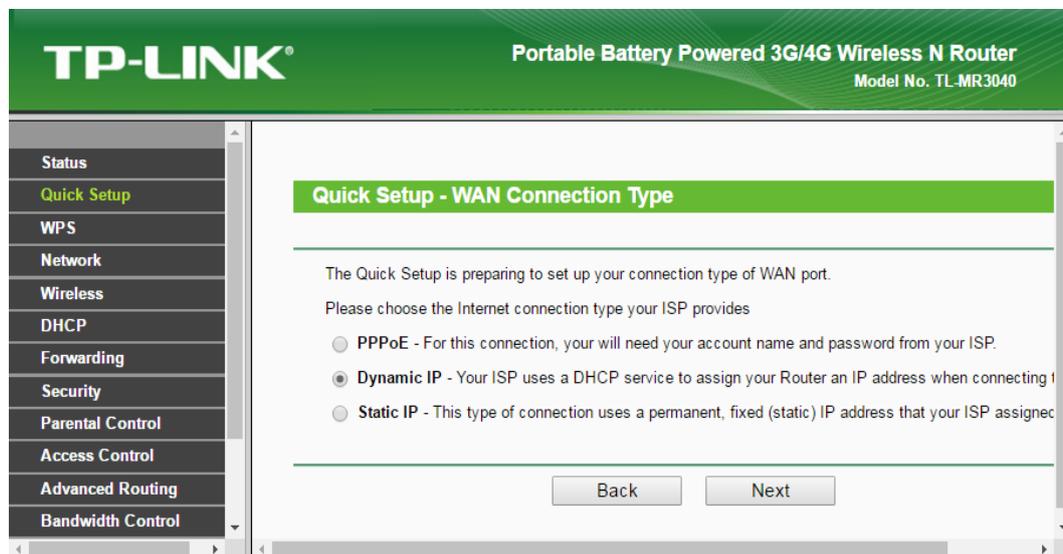


Figura 2.32: Selección de la opción Dynamic IP del TP-LINK.

Paso 7: Seleccionar no Clonar dirección MAC (Not clone MAC). [Ver figura 2.33]

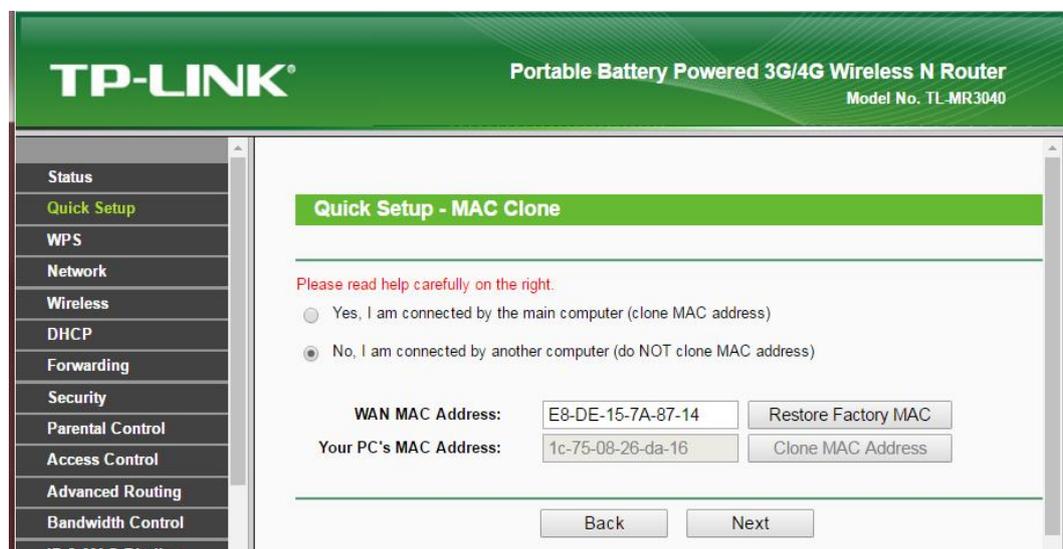


Figura 2.33: Selección de no clonar MAC del router TP-LINK.

Paso 8: Seleccionar la red a la cual se desea realizar la conexión, en la opción Survey. [Ver Figura 2.34]

**TP-LINK®** Portable Battery Powered 3G/4G W

**Quick Setup - Wireless**

**Client Setting**

SSID:

BSSID:  Example:00-1D-0F-11-22-33

Survey

Key type:

WEP Index:

Auth type:

Password:

**AP Setting**

Local SSID:

**Figura 2.34: Configuraciones del Wireless del TP-LINK.**

Paso 9: Aparecerán las redes WiFi cercanas, para ello tener encendido el modem Huawei HG8045H que se configuró previamente con el SSID WiFi EMERGENCIA, para conectar hacer clic en Connect. [Ver Figura 2.35]

**TP-LINK®** Portable Battery Powered 3G/4G Wireless N Router  
Model No. TL-MR3040

**AP List**

AP Count: 3

ID	BSSID	SSID	Signal	Channel	Security	Choose
1	9C-74-1A-C7-E1-7C	NETLIFE-ROSADO CAICEDO	14dB	1	ON	<a href="#">Connect</a>
2	E8-94-F6-A6-40-B4	WiFi EMERGENCIA - (MODEM)	48dB	1	OFF	<a href="#">Connect</a>
3	9C-74-1A-C8-50-C0	NETLIFE-Rosado	70dB	10	ON	<a href="#">Connect</a>

**Figura 2.35: Selección la red WiFi a conectarse con el router TP-LINK.**

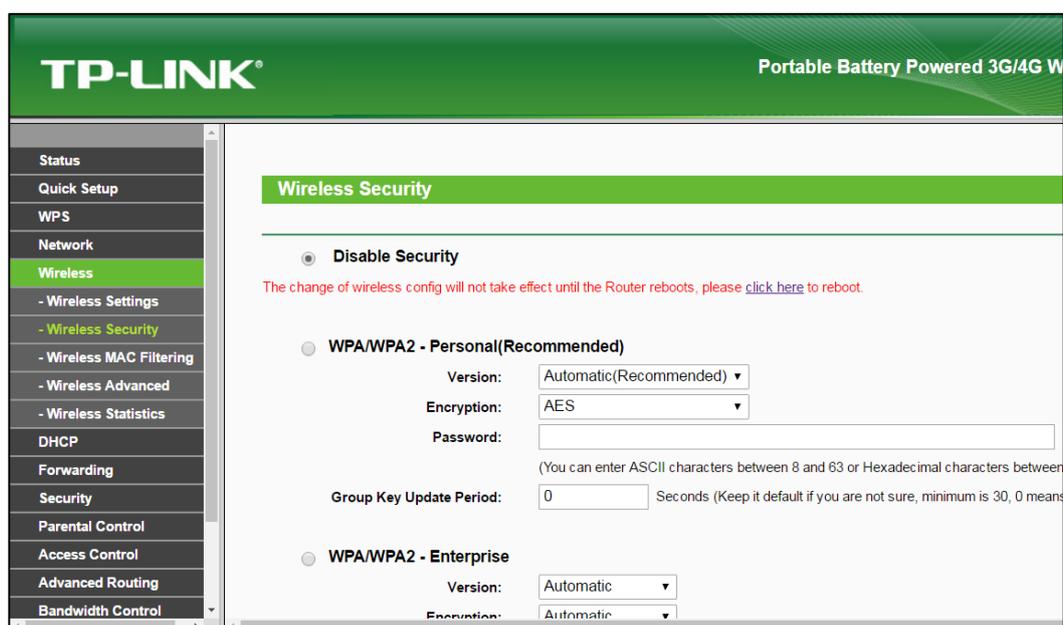
Paso 10: Una vez seleccionada la red WiFi del modem, ingresar el parámetro Key type o clave de la red, pero como recordamos no se asignó una clave a la red WiFi del modem escogemos la opción None, luego en AP Setting elegimos el nombre de la red Wifi de este router en Local SSID con el de WiFi EMERGENCIA e ingresamos la clave en caso de requerirla y luego en Next. [Ver Figura 2.36]

Figura 2.36: Selección la red WiFi del router TP-LINK.

Paso 11: Hacer clic en Reboot para reiniciar el equipo y cargar las nuevas configuraciones. [Ver Figura 2.37]

Figura 2.37: Finalización del Quick Setup del router TP-LINK.

Paso 12: En el caso de haber ingresado una clave a la red WiFi en la sección AP Setting en el paso 10; ingresar nuevamente al equipo y dirigirse al menú Wireless, luego seleccionar Wireless Security y a continuación escoger la opción Disable Security para la desactivación de la seguridad de la señal WiFi, por último, presionar en click here para reiniciar y cargar las nuevas configuraciones. En el caso de no haber ingresado la clave en el paso 10, se puede omitir este paso, pero se recomienda verificar la desactivación de la seguridad. [Ver Figura 2.388]



**Figura 2.38: Configuraciones de seguridad de Wireless del router TP-LINK.**

Una vez realizados los pasos anteriores, se encuentra configurado el router portátil TP-LINK, para que funcione como un access point, el cual estará enlazado al modem Huawei HG8045H para ampliar la cobertura de la señal.

Se realizan pruebas y se comprueba el funcionamiento y el acceso a internet con el access point, el cual está enlazado a un modem Huawei HG8045H, que se encuentra conectado por medio de la fibra óptica de un abonado de una red FTTH, tal y como se haría con un ISP desde un armario de fibra óptica o manga porta splitter al ejecutarse el sistema en una situación de emergencia.

- Sección 3: Equipado del access point al drone X8+.

Se procedió a equipar el drone X8+ con el access point (Router portátil TP-LINK) mediante el uso de tiras de amarre para sujetar firmemente la estructura del drone. Se ubicó el access point en la parte inferior delantera para una mejor optimización de la recepción y transmisión de la señal, esto gracias a su peso de 94g que no representa mayor afectación a la estabilidad de vuelo del drone.

En la figura 2.39 se muestra una vista superior de cómo está sujeto el access point a la estructura del drone.



**Figura 2.39: Vista inferior del drone equipado con el access point.**

En la figura 2.40 se puede apreciar una vista inferior de cómo quedó sujetado con las amarras el access point al drone.



**Figura 2.40: Vista inferior del drone equipado con el access point.**

Se encendió el access point para verificar el correcto funcionamiento, ya que puede funcionar independiente de la batería del drone gracias a su batería interna recargable de 2000mAh.

En la figura 2.41 se presenta el funcionamiento del access point sujeto al drone en donde los leds indican que la red WIFI se encuentra activada.



**Figura 2.41: Funcionamiento del access ubicado en el drone.**

En la figura 2.42 se muestra el drone equipado con el access point listo para su operación y expandir la cobertura de la terminal GPON Huawei HG8045H.



**Figura 2.42: Presentación final del drone equipado con el access point.**

- Sección 4: Prueba de funcionamiento en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) - Campus Gustavo Galindo.

Debido a que en el Campus Gustavo Galindo (ESPOL) no se cuenta con un punto de acceso a internet por medio de fibra óptica el cual pueda ser usado libremente, pero si cuenta con puertos de red RJ-45; se utilizó uno de estos puertos para poder tener acceso a internet mediante la conexión entre un cable ethernet y un router el cual se configuró para que esté conectado con el Access point de igual manera como se lo hizo con el modem. Esta conexión a internet sin el uso de la fibra óptica no afecta en nada a nuestra prueba, ya que en ésta queremos comprobar la cobertura del access point y la distancia óptima a la que se debe ubicar el drone con respecto al equipo que emite la señal inalámbrica que en este caso es el router, por lo cual es indiferente si la señal proviene de una red de fibra óptica o no.

El día 27 de enero del 2017 se procedió a realizar la prueba de funcionamiento en la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación en la cual se buscó verificar la distancia óptima de conectividad entre el router y el access point y su cobertura en un lugar abierto.

Se usó el puerto RJ-45 ubicado en la parte de afuera de la entrada principal del nuevo edificio de la FIEC para contar con el servicio de internet al conectarlo al router.

En la figura 2.43 se puede observar el drone con el Access point sujetado a su parte inferior y el router usado para la prueba de conectividad en la FIEC.



**Figura 2.43: Equipos utilizados para la prueba de conectividad.**

La señal emitida por el router se la llamó WIFI EMERGENCIA (MODEM) ya que originalmente deberá ser emitida por un modem y a la señal emitida por el access point se la llamó WIFI EMERGENCIA (DRONE) ya que se encuentra ubicado en el drone; todo esto con el fin de poder diferenciar las dos señales y a su vez lograr medir su potencia y cobertura. Cabe recalcar que en la implementación final las señales del modem y de los Access Points deberán tener el mismo nombre para evitar confusiones entre los usuarios.

Una vez conectado el router en la entrada de la FIEC y emitiendo la señal de emergencia, se procedió a ubicar en el suelo al drone con el Access point a una distancia de 20 metros.

En la figura 2.44 se puede apreciar la ubicación del router y del drone en la FIEC mediante la vista panorámica que brinda la herramienta Google Maps.



**Figura 2.44: Vista panorámica de la ubicación del modem y el drone.**

Se procedió a ejecutar la prueba de funcionamiento mediante la colaboración de nuestro compañero Pedro Villegas ayudante del laboratorio de robótica quien operó el drone.

El drone emprendió un vuelo ascendente en donde se llegó a una altura de aproximadamente 12 metros, lo que permitió comprobar la estabilidad del drone equipado con el access point, así como la detección de las dos señales de emergencia en las cuales se detectaba una mayor intensidad y potencia de la señal a medida que se estaba más cerca de una de ellas.

En las figuras 2.45, 2.46 y 2.47 se observa el ascenso del drone y suspendido en el aire en perfecta estabilidad con el access point sujeto en su parte inferior.



**Figura 2.45: Vista frontal del drone alzando el vuelo desde el suelo.**

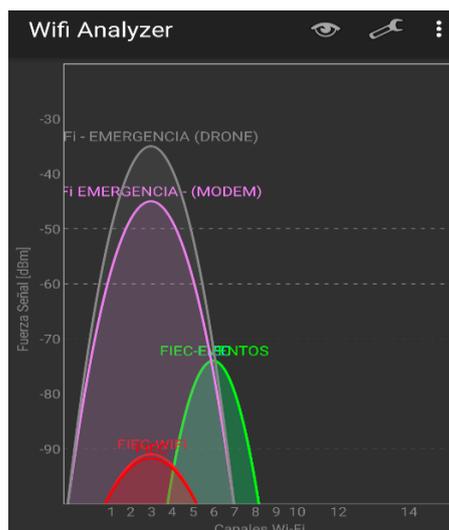


**Figura 2.46: Drone volando a una altura de aproximadamente 7 metros.**



**Figura 2.47: Drone volando a una altura de aproximadamente 12 metros.**

Una vez alcanzada la altura de 10 metros se procedió a detectar las señales por medio de la aplicación para Smartphone llamada WIFI Analyzer en donde se puede observar que las señales se encuentran en el canal 3 con un ancho de canal de 40MHz y una potencia de -35dBm para la señal del access point sujeto al drone y de -45dBm para la señal del router. Esta diferencia en la recepción de la potencia de la señal, se debe a la ubicación del usuario con el Smartphone. [Ver Figura 2.48]



**Figura 2.48: Detección de las señales con WIFI Analyzer.**

Cabe recalcar que el usuario se puede conectar a cualquiera de las señales de emergencia ya que no necesitan contraseña siendo más óptimo conectarse a la que presente mayor intensidad de la señal. [Ver Figura 2.49]



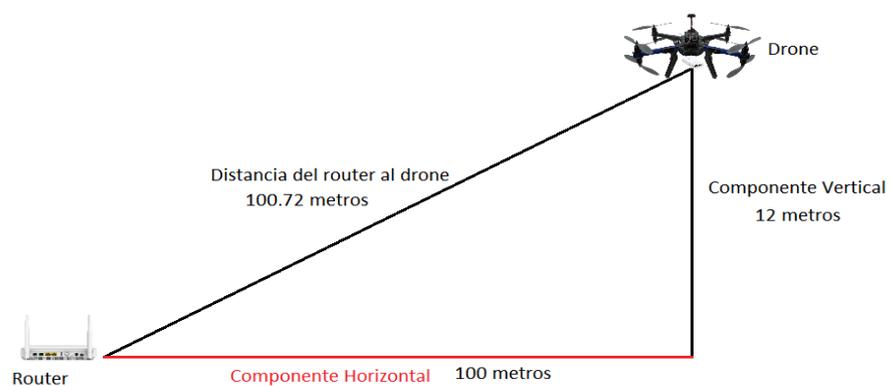
**Figura 2.49: Conexión a la señal WIFI – EMERGENCIA (DRONE).**

Con el fin de comprobar la distancia óptima a la que se debe estar para poder hacer uso del envío de datos por medio de la señal de emergencia, se procedió a determinar la cobertura total de la red de Wifi por medio de las señales emitidas por el router y el access point.

Para una mejor visualización de la distancia a la cual se debe ubicar el dron con respecto al router no se usará su distancia directa sino su componente horizontal, a pesar de que las dos son similares, de esta manera podemos observar que la distancia máxima (componente horizontal) a la que se debe ubicar el dron con respecto al router es de aproximadamente 100 metros para obtener una óptima recepción de la señal por medio del access point y poder extender la cobertura. [Ver Figuras 2.50 y 2.51]



**Figura 2.50: Distancia de la componente horizontal entre el router y el drone ilustrada en Google Maps.**



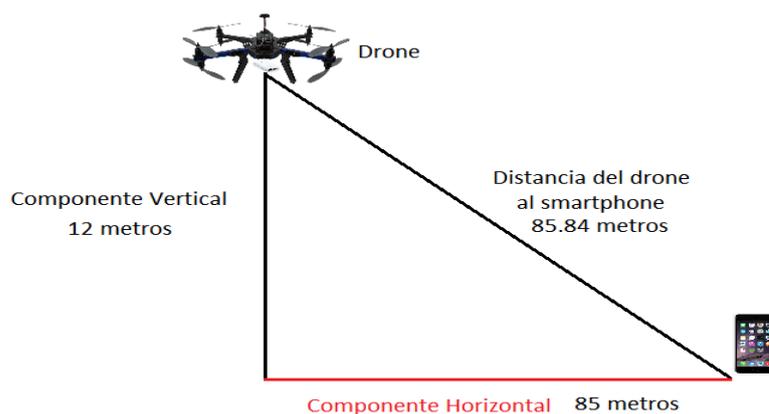
**Figura 2.51: Distancia máxima en la que se puede ubicar el drone respecto al router.**

Así mismo se midió la distancia máxima (componente horizontal) a la que debe estar ubicada la persona con su Smartphone con respecto al drone para

garantizar el envío de datos, la cual es de aproximadamente 85 metros. [Ver Figura 2.52 y 2.53]



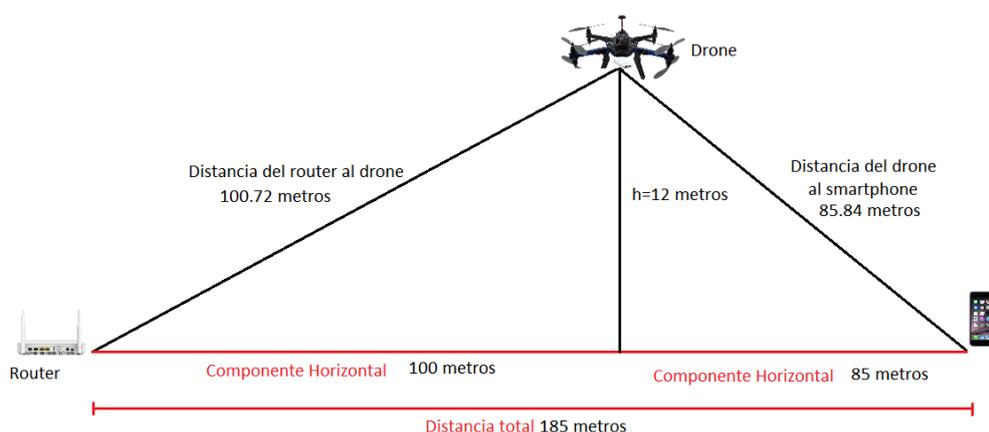
**Figura 2.52: Distancia de la componente horizontal entre el drone y el usuario con el Smartphone ilustrada en Google Maps.**



**Figura 2.53: Distancia máxima entre el drone y el Smartphone.**

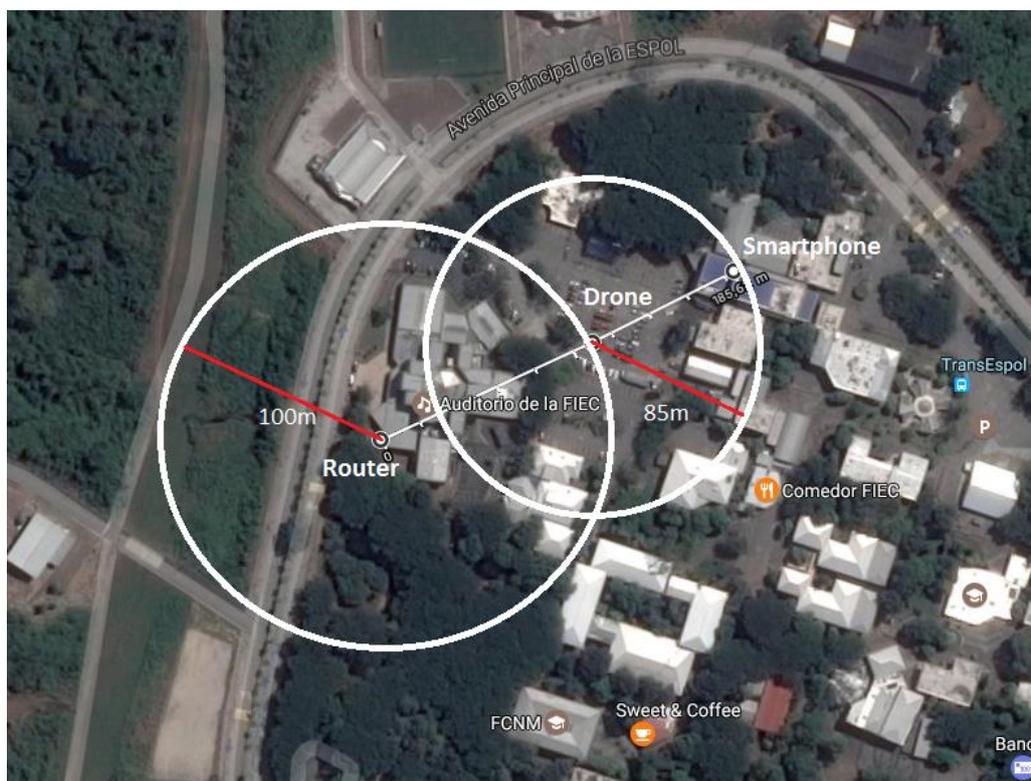
Una vez ubicada la persona con el Smartphone en el límite de cobertura de la señal emitida por el access point, se procedió a conectarse a internet a la red WIFI EMERGENCIA (DRONE) y enviar un mensaje por medio de la aplicación WhatsApp a un usuario ubicado en la ciudad de Manta el cual recibió el mensaje y se pudo comprobar que el sistema funciona perfectamente. Al alejarse de esta zona con respecto a la ubicación del drone, el mensaje tarda en enviarse o no se envía por lo cual de esta manera se determinó que la distancia máxima a la que se debe estar con respecto del drone es de 85 metros.

Gracias a la medición de estas dos distancias podemos determinar la cobertura máxima que tiene la red inalámbrica de emergencia por medio del router y el access point ubicado en el drone. [Ver Figura 2.54]



**Figura 2.54: Ilustración de la distancia total entre el router y el Smartphone.**

En la figura 2.55 se observa con círculos de color blanco la cobertura que proporciona la señal del router con un radio de 100 metros abarcando un área de 31,415.92 metros cuadrados y la señal del access point con un radio de 85 metros abarcando un área de 22,698 metros cuadrados, permitiendo que una persona pueda conectarse a la red a una distancia máxima de 185 metros con respecto al router.



**Figura 2.55: Vista superior de la cobertura proporcionada por el router y el access point ilustrada en Google Maps.**

Así mismo el drone podrá desplazarse siguiendo la circunferencia de 100 metros con respecto del router para abarcar otras zonas que requieran del servicio de la red WIFI de emergencia. De esta manera se ahorra recursos ya que se está usando un solo drone con el access point sujeto a él. En los lugares que se requiera ampliar la cobertura se usará los 4 drones como se había propuesto anteriormente.

## **2.8 Presupuesto de la implementación.**

En este proyecto el presupuesto de los equipos utilizados para la implementación de este sistema de comunicación tiene los siguientes costos de adquisición: El equipo TP-LINK TL-MR3040, el cual tiene un costo promedio de \$ 27.89 dólares americanos, a través de la página [www.amazon.com](http://www.amazon.com), donde se realizan compras online.

El drone X8+ está disponible de igual manera en amazon a un costo promedio de \$ 1299.00 dólares americanos con una recarga de envío de \$ 11.49 teniendo un costo total de adquisición de \$ 1310.49 dólares.

El modem Huawei HG8045H tiene valor aproximado de \$ 120 en el mercado ecuatoriano, información proporcionada por la empresa Netlife. Se lo puede obtener a través de compras online por medio de la paguita de Huawei.com.

<b>PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN</b>	
<b>EQUIPOS</b>	<b>COSTOS (dólares)</b>
TP-Link TL-MR3040	\$ 27.89
Drone X8+	\$ 1310.49
Huawei EchoLife HG8045H	\$ 120
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 1458.38</b>

**Tabla 5. Presupuesto de la implementación.**

## CAPÍTULO 3

### 3. BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE EMERGENCIA

En la elaboración de este proyecto se identificaron los principales beneficios que se obtendrían en el Ecuador al implementar este sistema durante una situación de emergencia, los cuales se detallan a continuación:

- La implementación del sistema espacial para proveer una cobertura Wifi en casos de emergencia proporcionará un medio de comunicación que beneficiará a las personas que se encuentran en los alrededores de las zonas afectadas y también a los equipos rescatistas, para que puedan coordinar las operaciones de rescate.
- Este sistema es de rápido despliegue, puesto que se lo puede ejecutar en las primeras horas, permitiendo que las personas puedan comunicarse haciendo uso de la red Wifi de emergencia antes que se descarguen sus Smartphone, por la pérdida del servicio de energía eléctrica.
- Debido a que la mayoría de las personas que cuentan con un Smartphone tienen instalada la aplicación WhatsApp, podrán enviar su ubicación para que los equipos de rescate sean alertados y acudan en su ayuda.
- Todas las personas que cuenten con un Smartphone podrán hacer uso de la red de emergencia para conectarse y acceder a internet, puesto que la red WIFI será de libre acceso.
- Las personas que se encuentren atrapadas por el colapso de una estructura y tengan la capacidad de utilizar su Smartphone para conectarse a la red de emergencia, podrán enviar su ubicación permitiendo alertar a sus familiares o rescatistas para proceder a su ayuda.
- Se podrá evitar la pérdida de vidas por la mala intervención o uso inapropiado de maquinaria pesada en estructuras inestable durante la búsqueda de personas,

debido a que, si cuenta con su Smartphone, pueden conectarse a la red Wifi, alertando y proporcionando información clave, para que de esta manera los rescatistas actúen con mayor precaución y de forma más estratégica, evitando que se pongan en riesgo sus vidas.

- Se evitará la saturación en la red a causa del uso inapropiado o excesivo de los datos, puesto que la red estará configurada previamente y solo permitirá el acceso a las aplicaciones establecidas como WhatsApp y Ecu911, permitiendo que se limite el uso de datos y que las personas puedan enviar la información de su salud y ubicación para su efectivo rescate.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se implementó un sistema que podrá ser ejecutado en las primeras horas de un terremoto, mediante el uso de drones, los cuales cuentan con Access Points que permiten recibir y expandir una señal WIFI emitida por un modem, el cual está conectado a la fibra óptica subterránea.

Mediante los datos proporcionados por el último terremoto en el Ecuador se identificó que la fibra óptica subterránea no se ve afectada y se puede acceder a ella desde de los armarios o mangas; por lo cual proporcionan un medio de comunicación que puede ser aprovechado para proveer un servicio de telecomunicaciones en esta catástrofe natural.

Se comprobó que el modem EchoLife se puede configurar para que el Access Point TP-LINK TL-MR3040 detecte su señal y la expanda, permitiendo ampliar la cobertura obtenida en un principio por el modem.

Se optimizó la transmisión/recepción de la señal al ubicar el Access Point sujeto al dron a una altura de aproximadamente 12 metros, puesto que al distribuir la señal desde el aire se minimiza la atenuación que pueda sufrir por consecuencia de los objetos que se encuentren en la superficie.

Se determinó que el dron debe estar ubicado a una distancia máxima de 100 metros con respecto al modem, para garantizar la correcta comunicación de la señal y su posterior expansión por parte del Access Point para incrementar la cobertura de la red.

Para garantizar la comunicación de la señal emitida por el Access Point, la persona con su Smartphone debe estar ubicada a una distancia máxima de 85 metros con respecto al dron, permitiendo que los datos se envíen de manera correcta.

Se identificó que la mayor distancia a la que puede estar una persona con su Smartphone, con respecto a la ubicación del modem para garantizar el envío de datos, es de 185 metros, gracias a la ampliación de la cobertura por parte del Access Point ubicado en el dron.

Se comprobó que las zonas más críticas donde se necesita establecer la red de emergencia son los lugares donde se encuentren estructuras inestables en las cuales puedan existir personas aún con vida; por esta razón en esos puntos se elevará un dron con un Access Point permitiendo emitir la señal libre WIFI EMERGENCIA, para que las personas que se encuentren atrapadas y cuenten con un Smartphone puedan acceder a la red y hagan uso de las aplicaciones WhatsApp o Ecu91, de esta manera enviarán su ubicación y recurrirán a su pronto rescate.

Es fundamental que exista una correcta difusión a través de los medios de televisión, radios y redes sociales de la existencia de la red WIFI EMERGENCIA de libre acceso que proporciona este sistema, en donde se informa podrá hacer uso de las aplicaciones.

El gobierno ecuatoriano debería adoptar la implementación del sistema de emergencia propuesto, para de esta manera tener una solución en la mitigación de las pérdidas de las comunicaciones y de las vidas, lo cual es ocasionado por los desastres naturales.

Se propone que los encargados de este proyecto sean las instituciones estatales encargadas de las emergencias en el país, como la Secretaria de Gestión de Riesgo y el Servicio Integrado de Seguridad ECU911, junto con entidades de rescates como el cuerpo de bomberos y en colaboración con las empresas allegadas a las telecomunicaciones.

Al implementarse este sistema de emergencia, la ARCOTEL como la entidad encargada del control y regulación de las telecomunicaciones debería hacer cumplir a las empresas de telecomunicaciones delegadas y capacitadas en la colaboración del proyecto, que dejen a disposición un par de hilos de fibra óptica ubicados en sus armarios y mangas porta splitters o en donde se les determine y destinarlo exclusivamente para uso de emergencia.

Se deberían de realizar acuerdos con las operadoras móviles para que faciliten el acceso a la información, que ayude a determinar los daños ocasionados en su infraestructura, como los que hayan ocasionado un cese en sus servicios, para así actuar oportunamente en los sectores que se encuentren incomunicados o identificar

los más vulnerables, además para que puedan colaborar difundiendo información preventiva a la población a través de las redes celulares.

Por último, se recomienda al Estado luego de adoptar este sistema de implementación, seguir con la investigación, debido a la aparición constante de nuevas tecnologías, para que de esta manera ayuden al perfeccionamiento de las características técnicas de este proyecto, a fin de llegar a mejorar su desempeño.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Diario El Telégrafo, “Cifras oficiales del terremoto en Ecuador,” 2016. [Online]. Available: <http://www.eltelegrafo.com.ec/especiales/2016/Lista-de-fallecidos-por-terremoto-en-Ecuador/>.
- [2] ANDES, “Terremoto de 7,8 sacude a Ecuador,” 2016. [Online]. Available: <http://www.andes.info.ec/es/noticias/terremoto-78-sacude-ecuador-cuyo-epicentro-fue-provincia-manabi-segun-instituto-geofisico>. [Accessed: 18-Feb-2017].
- [3] El País, “Ecuador: de la reconstrucción al desarrollo,” 2016. [Online]. Available: [http://elpais.com/elpais/2016/08/08/planeta\\_futuro/1470656675\\_838823.html](http://elpais.com/elpais/2016/08/08/planeta_futuro/1470656675_838823.html).
- [4] El País, “Terremoto en Ecuador,” 2016. [Online]. Available: [http://elpais.com/elpais/2016/04/17/album/1460861882\\_476466.html#1460861882\\_476466\\_1460895935](http://elpais.com/elpais/2016/04/17/album/1460861882_476466.html#1460861882_476466_1460895935).
- [5] Radio Satelital, “Destrucción de carreteras,” 2016. [Online]. Available: [http://www.cre.com.ec/wp-content/uploads/2016/04/terremoto\\_ecuador2.jpg](http://www.cre.com.ec/wp-content/uploads/2016/04/terremoto_ecuador2.jpg). [Accessed: 18-Feb-2017].
- [6] Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Salvando vidas por medio de las telecomunicaciones en emergencias.”
- [7] Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Comunicado de prensa sobre el Convenio de Tampere,” 2005. [Online]. Available: [https://www.itu.int/newsroom/press\\_releases/2005/01-es.html](https://www.itu.int/newsroom/press_releases/2005/01-es.html).
- [8] Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Agenda de Túnez para la Sociedad de la Información,” 2006. [Online]. Available: <https://www.itu.int/net/wsis/docs2/tunis/off/6rev1-es.html>.
- [9] C. Fulvio and C. Michael, “DISEÑO DE UN PLAN DE TELECOMUNICACIONES PARA EMERGENCIAS EN DESASTRES NATURALES,” Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2016.
- [10] Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Conferencia Mundial de

Radiocomunicaciones - Actas finales,” *Conf. Mund. Telecomunicaciones Int.*, 2012.

[11] Unión Internacional de Telecomunicaciones, “El Segundo Foro Mundial de la UIT sobre telecomunicaciones de emergencia adopta estrategias de TIC para reducir los efectos de las catástrofes naturales,” 2016. [Online]. Available: [http://www.itu.int/net/pressoffice/press\\_releases/2016/05-es.aspx#.WKkXyTvhDIV](http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2016/05-es.aspx#.WKkXyTvhDIV).

[12] Unión Internacional de Telecomunicaciones, “FORO MUNDIAL SOBRE LA UTILIZACIÓN EFICAZ DE LAS TELECOMUNICACIONES/TIC PARA LA GESTIÓN DE CATÁSTROFES: SALVAR VIDAS,” *Glob. ICT Dev.*, no. 245525, p. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat>, 2015.

[13] Unión Internacional de Telecomunicaciones, “The 2nd Global Forum on Emergency Telecommunications (GET-2016),” 2016. [Online]. Available: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Emergency-Telecommunications/Pages/Events/2016/GET-2016.aspx>.

[14] R. Correa, *DECRETO-EJECUTIVO-No.-8*. 2009.

[15] ARCOTEL, “Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones | Ecuador,” 2016. [Online]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/la-arcotel/>.

[16] ARCOTEL, “Misión, visión, principios y valores | Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones | Ecuador,” 2016. [Online]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/mision-vision-principios-y-valores/>.

[17] Asamblea Nacional, “Ley orgánica de telecomunicaciones,” pp. 1–40, 2011.

[18] Decreto Ejecutivo 864, “REGLAMENTO GENERAL A LA LEY ORGANICA DE TELECOMUNICACIONES,” pp. 1–37, 2016.

[19] ARCOTEL, “Reglamento para la Prestación de Servicios de Telecomunicaciones y Servicios de Radiodifusión por Suscripción.,” no. 593, 2016.

[20] ICOM América, “Tecnología P25.” [Online]. Available: <http://www.icomamerica.com/es/products/landmobile/p25/p25/default.aspx>.

[21] Mundo Tetra, “¿Qué es TETRA?” [Online]. Available: <http://mundotetra.com/es/que-es-tetra/>.

- [22] Ingeniatic, “Redes P2P,” 2015. [Online]. Available: <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/574-redes-p2p>.
- [23] ENACOM, “Radioaficionados.” [Online]. Available: [https://www.enacom.gob.ar/radioaficionados\\_p127](https://www.enacom.gob.ar/radioaficionados_p127).
- [24] Network World IDG, “Primer sistema inalámbrico digital para comunicaciones subterráneas | Actualidad | NetworkWorld,” 2007. [Online]. Available: <http://www.networkworld.es/actualidad/primer-sistema-inalambrico-digital-para-comunicaciones-subterraneas>.
- [25] Global telesat, “Qué es un VSAT?” [Online]. Available: <http://globaltelesat.com/wordpress/es/que-es-una-vsats/>.
- [26] TECNOVE, “Estaciones Móviles para Telefonía Móvil.” [Online]. Available: <http://www.tecnove.com/lineas-de-negocio/vehiculos-especiales-contenedores-y-defensa/estaciones-moviles-para-telefoniamovil/>.
- [27] IRIDIUM, “Telefonos Satelitales PTT Lineas de Voz Seguras.” [Online]. Available: <http://www.iridium-communications.com/>.
- [28] Secretaria de Gestión de Riesgo, “Informe de Situación No. 14,” 2016.
- [29] Secretaria de Gestión de Riesgo, “Informe de Situación No. 18,” vol. 18, no. 18, 2016.
- [30] Secretaria de Gestión de Riesgo, “Informe de Situación No. 24,” vol. 24, no. 24, pp. 1–27, 2016.
- [31] Corporación Nacional de Telecomunicaciones, “Rendicion De Cuentas 2015,” p. 29, 2016.
- [32] Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de Información, “Plan Nacional De Telecomunicaciones Y Tecnologías De Información,” p. 66, 2016.
- [33] Mintel, “Plan Nacional de Banda Ancha , Servicio Móvil Avanzado ( SMA ), Televisión Digital Terrestre,” 2014.
- [34] Mintel, “Situación Actual de Red de Fibra Óptica en el Ecuador,” 2013.
- [35] Poder pda, “¿Como puedo mejorar la velocidad de mi WiFi?” [Online]. Available:

<http://www.poderpda.com/tutoriales/como-acelero-la-velocidad-de-mi-internet-por-wifi/>.

[36] Telecom, "Ayuda Wifi." [Online]. Available: <https://www.adamo.es/manuals/ayuda-wifi/>.

[37] Ecuador Noticias, "Límites de la provincia del Guayas," 2015. [Online]. Available: <http://www.ecuadornoticias.com/2015/11/limites-de-la-provincia-del-guayas.html>.