

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIONES**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**"MAGISTER EN REDES DE COMUNICACIONES"**

**TEMA:**

**“INVESTIGACIÓN Y DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS PARA LOS LUGARES SIN COBERTURA DE RADIOCOMUNICACIÓN DE LOS CUERPOS DE BOMBEROS EN LA PROVINCIA DE IMBABURA”**

**TORRES CHILUISA CRISTHIAN ARTURO**

**Quito, Febrero 2016**

## DECLARACIÓN

Yo, CRISTHIAN ARTURO TORRES CHILUISA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Cristhian Arturo Torres Chiluisa

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Cristhian Arturo Torres Chiluisa bajo mi supervisión.

Ing. Francisco Balarezo MBA.  
Director del Proyecto

## AGRADECIMIENTO

El presente Proyecto fue posible gracias al apoyo y colaboración de las personas a quienes dedico estas líneas.

Agradezco a Dios, porque gracias a él mantenemos la oportunidad de vivir y luchar día a día por mis sueños.

A mis Padres por brindarme el apoyo constante y luchar junto a mí para alcanzar mis metas.

Al Ing. Francisco Balarezo MBA., por su amable colaboración, pues gracias a la constante ayuda, dedicación, y acertada dirección fue posible el desarrollo del presente trabajo.

A los docentes de la PUCE. Ingenieros, Gustavo Chafra y Francisco Rodríguez, por su gran ayuda y colaboración al presente trabajo.

Cristhian T

## DEDICATORIA

A Dios por ser el artífice principal de mi vida.

Y con infinito amor a mi madre Gladys quien me ha enseñado a ser una persona de bien, además de ser mí ejemplo constante de amor, superación, honestidad, y nobleza.

Cristhian T

# ÍNDICE GENERAL

## Contenido

1. CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación .....	2
1.3. Antecedentes .....	3
1.4. Objetivos .....	5
1.4.1. Objetivo General .....	5
1.4.2. Objetivos Específicos:.....	5
2. CAPÍTULO II .....	6
ESTADO DEL ARTE (SITUACIÓN ACTUAL).....	6
2.1. Antecedentes .....	6
2.1.1. Población y Extensión de Territorio .....	6
2.1.2. Atenciones realizadas en la Provincia de Imbabura .....	9
2.2. Sistemas de Comunicación Electrónicas de los CBPI .....	11
2.2.1. Cuerpo de Bomberos de Pimampiro.....	12
2.2.2. Cuerpo de Bomberos de Cotacachi .....	13
2.2.3. Cuerpo de Bomberos de Urcuqui .....	14
2.2.4. Cuerpo de Bomberos de Antonio Ante .....	16
2.2.5. Cuerpo de Bomberos de Otavalo .....	17
2.2.6. Cuerpo de Bomberos de Ibarra .....	18
2.2.7. Análisis de los Sistemas de radiocomunicación los Cuerpos de Bomberos de la Provincia de Imbabura. ....	21
2.3. Investigación de la Cobertura de los Sistemas de Radiocomunicación de los CBPI en la Provincia de Imbabura.....	23
2.3.1. Características Técnicas de los equipos utilizados en los Sistemas de Radiocomunicación de los CBPI.....	24
2.3.2. Análisis de Coberturas de los Sistemas de Radiocomunicación de los CBPI.	25
3. CAPÍTULO III.....	58
INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES Y TECNOLOGÍAS .....	58

3.1. Repetidores Digitales VHF.....	58
3.1.1. Coberturas delos sitios recomendados para Implementación de Repetidores.....	61
3.1.2. Análisis de Sitios recomendados para Implementación de Repetidores.....	64
3.2. Comunicaciones HF.....	66
3.3. Comunicaciones Celulares .....	72
3.4. Comunicaciones Satelitales.....	76
3.4.1. Teléfonos Satelitales.....	78
3.4.2. Internet Satelital.....	82
3.5. Comparación de Soluciones de Comunicaciones Electrónicas .....	86
3.5.1. Instalación y Operación .....	86
3.5.2. Cobertura.....	88
3.5.3. Costo de Implementación/Operación.....	90
3.6. Análisis .....	94
4. CAPÍTULO IV.....	97
DISEÑO DE LA SOLUCIÓN DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS .....	97
4.1. Diseño del Sistema de Comunicaciones Electrónicas. ....	97
4.1.1. Solución a Lugares sin Cobertura de Radiocomunicación de los CBPI.....	99
4.1.2. Descripción de la Solución Planteada.....	100
4.1.3. Configuración y Conexión del Equipamiento .....	105
4.2. Pruebas de Operatividad e Integración con los sistemas de radiocomunicación de los CBPI.....	120
4.3. Normativas de Uso .....	131
4.3.1. Instalación de la solución desarrollada en un vehículo de rescate. ....	132
4.3.2. Uso de la Solución .....	133
5. CAPÍTULO V.....	137
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	137
5.1. Conclusiones .....	137
5.2. Recomendaciones .....	140
BIBLIOGRAFÍA.....	143
ANEXOS.....	145

## Índice de Imágenes

Imagen 2.1 Cantones de la Provincia de Imbabura .....	7
Imagen 2.2 Cobertura de un Sistema de Radiocomunicación VHF software Radio Mobile sin parámetros de variabilidad.....	26
Imagen 2.3 Provincia de Imbabura sectorizada .....	28
Imagen 2.4 Celdas en los Cantones de la Provincia de Imbabura.....	29
Imagen 2.5 Software RDAC.....	30
Imagen 2.6 Software Site Survey MOTOTRBO .....	31
Imagen 2.7 Pruebas de Campo Suite Survey MOTOTRBO .....	32
Imagen 2.8 Niveles de Señal Software Site Survey MOTOTRBO .....	32
Imagen 2.9 Intensidad de Señal en dBm .....	34
Imagen 2.10 (a) Cobertura de la Repetidora de Cotacachi.....	34
Imagen 2.11 (a) Cobertura de la Repetidora de Yuracruz .....	36
Imagen 2.12 (a) Cobertura Repetidora Concepción .....	37
Imagen 2.13 (a) Cobertura de la Repetidora de Cabras .....	38
Imagen 2.14 (a) Cobertura de la Repetidora de Añaspamba.....	39
Imagen 2.15 Cobertura de todos los Sistemas de Radiocomunicación de los CBPI. ...	43
Imagen 2.16 Zonas Urbanas en color Rojo Provincia de Imbabura.....	44
Imagen 2.17 Cobertura de la zona urbana cantón Antonio Ante celdas 19, 27, 28 .....	45
Imagen 2.18 Cobertura de la zona urbana cantón Cotacachi celdas 19 y 28 .....	46
Imagen 2.19 Cobertura de la zona urbana cantón Ibarra celdas 22, 25 y 27 .....	48
Imagen 2.20 Cobertura de la zona urbana cantón Otavalo celdas 28, 30, 31 y p3.....	49
Imagen 2.21 Cobertura de la zona urbana cantón Pimampiro celda 21 .....	50
Imagen 2.22 Cobertura de la zona urbana cantón Urcuqui celda 8, 15, 16, 18, y 19 ...	51
Imagen 2.23 Topografía Celda 6 celda sin cobertura .....	52
Imagen 2.24 Niveles de Señal de difícil acceso, Celda 4, celda con cobertura Parcial.	55
Imagen 3.1 Cobertura Repetidor San Vicente .....	62
Imagen 3.2 Cobertura Repetidor Chuga .....	63
Imagen 3.3 Cobertura Repetidor Bacán .....	64
Imagen 3.4 Zonas de Silencio propagación de una señal HF .....	68
Imagen 3.5 Comunicación entre dos estaciones ALE.....	69
Imagen 3.6 Radio HF con función ALE .....	71
Imagen 3.7 Aplicación Señal Movil Ecuador .....	73
Imagen 3.8 Teléfono Satelital red Iridium.....	79
Imagen 3.9. Teléfono Satelital Inmarsat .....	80

Imagen 3.10 Cobertura Satelital Globalstart .....	81
Imagen 3.11 Teléfono Satelital Globalstar .....	82
Imagen 3.12 Terminales Satelitales BGAN.....	85
Imagen 4.1 Escenario de Atención de Emergencias en Zonas sin Cobertura de Radiocomunicación.....	98
Imagen 4.2 Diagrama de Bloques Solución de Comunicaciones Electrónicas para lugares sin Cobertura de los CBPI.....	99
Imagen 4.3 Funcionamiento Solución de Comunicaciones Electrónicas para lugares sin Cobertura de los CBPI .....	100
Imagen 4.4 Equipamiento de Radiocomunicación trabajando en un Canal de Radio a Radio.....	101
Imagen 4.5 ROIP 102T .....	102
Imagen 4.6 ELINS Router Celular H820T .....	103
Imagen 4.7 Terminal Satelital BGAN Explorer 510 .....	103
Imagen 4.8 Configuración de RoIP 102T .....	106
Imagen 4.9 Pines de Conector de accesorios radios base MOTOTRBO.....	107
Imagen 4.10 pines del conector RJ 11 del RoIP 102T .....	107
Imagen 4.11 Conexión Radio Base MOTOTRBO a través del puerto de accesorios con el RoIP 102T .....	108
Imagen 4.12 Configuración Modo de Operación Router Celular ELINS H820T.....	109
Imagen 4.13 Configuración Enlace Alterno Router Celular ELINS H820T.....	110
Imagen 4.14 Configuración de Red Router Celular ELINS H820T .....	111
Imagen 4.15 Configuración WIFI Router Celular ELINS H820T .....	112
Imagen 4.16 Conexión de RoIP a Router Celular .....	112
Imagen 4.17 Inicio Configuración BGAN Explorer 510 .....	113
Imagen 4.18 Panel de Control BGAN Explorer 510 .....	114
Imagen 4.19 Registro de un Smartphone como teléfono satelital utilizando el BGAN Explorer 510.....	115
Imagen 4.20 Herramienta de orientación de la Antena BGAN Explorer 510 .....	116
Imagen 4.21 Huellas de Cobertura Satélites Inmarsat.....	117
Imagen 4.22 Conexión del BGAN Explorer 510 al Router Celular .....	118
Imagen 4.23 Configuración del Canal 4, en modo Radio a Radio .....	119
Imagen 4.24 Activación de las 2 Ranuras de transmisión y recepción en un repetidor MOTOTRBO DGR6175 .....	120

Imagen 4.25 Representación Gráfica de la Operatividad de Comunicaciones Electrónicas en lugares sin Cobertura de Repetidores de los CBPI.....	121
Imagen 4.26 Equipamiento de la Solución de Comunicaciones Electrónicas.....	123
Imagen 4.27 Equipo RoIP Master instalado en una estación base de control de los CBPI.....	124
Imagen 4.28 Pruebas de Operatividad realizadas en la celda 37 parroquia de Apuela, Conexión WAN red Celular.....	125
Imagen 4.29 Estado de los RoIP registrados.....	126
Imagen 4.30 Estado de la Conexión del Router Celular con la Red Celular .....	126
Imagen 4.31 Transmisión de las Repetidoras a través de la Ranura 2.....	127
Imagen 4.32 Pruebas de Operatividad realizadas en la celda 9 parroquias de Imantag, Apuela y Cuellaje. Conexión WAN red Satelital.....	128
Imagen 4.33 Estado de la conexión del BGAN Explorer 510.....	129
Imagen 4.34 Estado de Conexión del Router Celular con conexión del Explorer 510	129
Imagen 4.35 Tráfico generado por un PTT .....	130
Imagen 4.36 Tráfico Generado en una conexión a través de la solución de comunicaciones electrónicas .....	131
Imagen 4.37 Equipamiento Instalado en un Vehículo de Rescate.....	132
Imagen 4.38 Encendido de Equipamiento de la Solución de Comunicaciones Electrónicas .....	134
Imagen 4.39 Conexión Red Celular .....	135
Imagen 4.40 Acceso a Internet RoIP 102T a través de la red Celular .....	135

## Índice de Tablas

Tabla 2.1 Extensión de territorio de los cantones de la Provincia de Imbabura.....	7
Tabla 2.2 Cantidad de población Urbano y Rural de los Cantones y Parroquias de Imbabura.....	8
Tabla 2.3 Emergencias atendidas durante el año 2015 Bomberos Ibarra .....	10
Tabla 2.4 Emergencias atendidas durante el año 2015 Coordinación Bomberos Imbabura.....	10
Tabla 2.5 Resumen de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Pimampiro .....	13
Tabla 2.6 Resumen de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Cotacachi .....	14
Tabla 2.7 Resumen de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Urcuqui .....	15
Tabla 2.8 Resumen de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Antonio Ante.....	16
Tabla 2.9 Resumen de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Otavalo .....	18
Tabla 2.10 Resumen de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Ibarra .....	20
Tabla 2.11 Ubicación de Infraestructura de Radiocomunicación de los CBPI .....	22
Tabla 2.12 Lugares en donde los CBPI poseen repetidoras.....	23
Tabla 2.13 Características para simulación Repetidoras VHF.....	24
Tabla 2.14 Características para simulación de equipos móviles y portátiles .....	25
Tabla 2.15 Cobertura de Celdas Repetidor Cotacachi.....	40
Tabla 2.16 Cobertura de Celdas Repetidor Yuracruz .....	41
Tabla 2.17 Cobertura de Celdas Repetidor CONCEPCIÓN .....	41
Tabla 2.18 Cobertura de Celdas Repetidor CABRAS.....	41
Tabla 2.19 Cobertura de Celdas Repetidor AÑASPAMBA .....	42
Tabla 2.20 Cobertura de Celdas de todos los repetidores de los CBPI .....	43
Tabla 2.21 Celdas y Parroquias sin cobertura de comunicaciones de los CBPI.....	53
Tabla 2.22 Celdas y Parroquias con cobertura parcial de comunicaciones de los CBPI .....	56
Tabla 3.1 Equipos y material para un nodo de Radiocomunicación Convencional VHF .....	60
Tabla 3.2 Modelo de Radio para estaciones móviles VHF .....	60
Tabla 3.3 Modelo de Radio para estaciones portátiles VHF .....	61
Tabla 3.4 Coordenadas GPS de Lugares para Implementación de Repetidores.....	61
Tabla 3.5 Detalle de Cobertura de Repetidores a Implementarse en las celdas sin cobertura y con cobertura parcial.....	65
Tabla 3.6 Equipamiento Adicional Radios HF.....	71

Tabla 3.7 Cobertura de las Operadoras Móviles en las celdas sin cobertura de la Provincia de Imbabura .....	73
Tabla 3.8 Frecuencias de Operación Comunicaciones Satelitales .....	77
Tabla 3.9 Clases de servicio BGAN.....	84
Tabla 3.10 Características equipos BGAN.....	85
Tabla 3.11 Costo de Implementación de Repetidores Digitales VHF .....	91
Tabla 3.12 Costo de Implementación de Radiocomunicación HF.....	92
Tabla 3.13 Costo de Implementación de Comunicación por Telefonía Móvil.....	93
Tabla 3.14 Costo de Implementación Internet Satelital.....	94
Tabla 3.15 Análisis de Soluciones de Comunicaciones Electrónicas para lugares sin Cobertura de los CBPI. ....	94

## Índice de Anexos

Anexo. 1 Estadísticas de atenciones de los Cuerpos de Bomberos de la provincia de Imbabura año 2015.....	145
Anexo. 2 Hojas de trabajo niveles de señales y cobertura de Operadoras Celulares.	145
Anexo. 3 Niveles de RSSI RDAC en las Repetidoras de los CBPI .....	145
Anexo. 4 Pruebas Site Survey MOTOTRBO Repetidoras de los CBPI .....	145
Anexo. 5 Planes de datos de operadora Claro .....	145
Anexo. 6 Hoja de Datos BGAN Explorer 510.....	145
Anexo. 7 Proforma de Equipamiento .....	145
Anexo. 8 Hoja de datos ROIP 102T .....	145
Anexo. 9 Hoja de datos Router ELINS H820T .....	145
Anexo. 10 Atención de un Volcamiento en la Celda c5 (Cobertura parcial repetidoras CBPI), Solución de Comunicaciones Electrónicas Operativa. ....	145

## RESUMEN DE CAPÍTULOS

Contar con información clara, oportuna, y actualizada de una atención de emergencia se convierte en una herramienta indispensable para movilizar recursos, realizar acciones preventivas y correctivas, además de consolidar el posicionamiento y situación actual de los diferentes actores tanto de equipamiento, maquinaria y recurso humano en los diferentes escenarios de emergencias. Comprendiendo la importancia de las comunicaciones electrónicas se realiza el análisis e investigación de una solución que sea operativa en toda la provincia de Imbabura, brindando las facilidades descritas anteriormente; en consecuencia se realiza la investigación, análisis y desarrollo en los capítulos descritos a continuación.

### Capítulo 1

Realiza la Introducción a la problemática del tema planteado, indicando antecedentes, justificación y objetivos a cumplirse en el desarrollo del presente trabajo.

### Capítulo 2

Presenta antecedentes en referencia a la población, extensión de territorio, y atenciones de emergencia realizadas por las Instituciones Bomberiles en la Provincia de Imbabura, además de la Investigación y Análisis de la Situación Actual de los Cuerpos de Bomberos de la Provincia de Imbabura, en referencia a los sistemas actuales de comunicaciones electrónicas utilizadas por estas instituciones; análisis de la cobertura y equipamiento utilizado, zonas y lugares donde los sistemas de repetidoras utilizadas por las instituciones presentan problemas o no son operativas.

### Capítulo 3

Se realiza el análisis de posibles soluciones y tecnologías que se pueden aplicar a los lugares sin cobertura por parte de las repetidoras de las Instituciones Bomberiles. Soluciones comerciales de Radiocomunicación, soluciones comerciales de Comunicaciones Celulares, soluciones comerciales de Comunicación Satelital, son analizadas, para finalmente realizar una comparación y en base a los requerimientos y

situación actual de los Cuerpos de Bomberos de Imbabura determinar la solución o soluciones más adecuadas.

#### Capítulo 4

Se presenta y se diseña la solución de comunicaciones electrónicas, se realiza pruebas de operatividad en los lugares donde no existe cobertura de las repetidoras de las instituciones Bomberiles, pruebas de campo de integración a los sistemas actuales de radiocomunicación de las instituciones en mención, y se presenta las debidas normas de uso de la solución planteada.

#### Capítulo 5

Finalmente en el último capítulo se presenta las conclusiones y recomendaciones, del estudio, análisis y desarrollo del presente trabajo.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está orientado a realizar la investigación, estudio, y análisis de las zonas de la provincia de Imbabura que están expuestas a desastres naturales o emergencias y que en las mencionadas zonas las comunicaciones ya sea por sistemas celulares, radiocomunicación o sistemas alternos sean deficientes o totalmente inaccesibles. Una vez recopilada esta información se realizará el estudio y análisis de los datos y se procederá a plantear soluciones de comunicaciones electrónicas para estos lugares.

Se menciona que este proyecto se enfoca a brindar soluciones de comunicaciones electrónicas en caso de emergencia, es decir, el o los sistemas de comunicaciones planteados como soluciones funcionaran cuando la emergencia suceda, con este particular se deja en claro que las soluciones planteadas para los lugares sin cobertura serán de uso exclusivo de las instituciones que brindan el auxilio, socorro y prevención de emergencias y cuando la misma suceda; lo anterior se sustenta en la forma de operar frente a una emergencia por parte de las instituciones encargadas, es decir en la provincia de Imbabura la institución que más atenciones realiza frente a eventos de emergencia como incendios forestales, incendios estructurales, incendios vehiculares, deslaves, inundaciones, víctimas atrapadas, etc., son los Cuerpo de Bomberos (Coordinación Bomberos Ibarra, 2015). Estas instituciones poseen procesos y protocolos para asistir a una emergencia; entre los cuales está la fuerza de tarea de radiocomunicación y comunicaciones; en consecuencia el estudio de cobertura y soluciones de comunicación está orientado a estas instituciones.

Para realizar la investigación de cobertura se va a tener como referencia al Cuerpo de Bomberos de Ibarra, el mismo que al ser capital de provincia posee el sistema de radiocomunicación más extenso, además de ser el responsable de la operatividad del sistema de radiocomunicación provincial para las instituciones de la casca roja de Imbabura.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Las emergencias y/o desastres naturales son situaciones que se presentan en cualquier lugar y cualquier hora, entre las emergencias que más resaltan en la actualidad en la provincia de Imbabura son los incendios forestales, mismo que han consumido gran cantidad de vegetación e incluso han puesto en peligro la vida de la personas tanto de los ciudadanos como de los profesionales que se dedican a atender estas emergencias. En último año en la provincia de Imbabura se registraron 977 atenciones por incendios y 103 atenciones por inundaciones y deslizamientos que afectaron vegetación y bienes materiales (Coordinación Bomberos Ibarra, 2015). En donde gracias al excelente trabajo del Cuerpo de Bomberos Ibarra y con su sistema de radiocomunicación se logró controlar los incendios; pero también se menciona que dentro de estas atenciones, algunas sucedieron en lugares de difícil acceso aun así el personal operativo realizo el trabajo de manera correcta pero no pudieron contar con el apoyo de un sistema de comunicaciones electrónicas , dificultando su tarea y en muchas ocasiones poniendo en riesgo la vida del personal en las zonas donde no existe ningún tipo de comunicación electrónica; además la provincia de Imbabura posee una gran cantidad de lugares visitados por los turistas como los atractivos de Intag, la laguna de Puruhanta, los lugares turísticos de Lita, entre otros en donde se han presentado emergencias, el último caso registrado y más relevante fue el sucedido en el año 2010 en la Laguna de Puruhanta en donde desaparecieron 5 personas; esta situación de emergencia fue también atendida por personal de Bomberos de

Ibarra pero lastimosamente las comunicaciones de esta institución presentaron problemas para reportarse a las estaciones base de coordinación.

En los lugares antes mencionados por la particular topografía de los mismos las comunicaciones son parcialmente operativas o en muchas ocasiones nulas, estas situaciones exigen un estudio de las zonas de la provincia de Imbabura en donde las comunicaciones de las instituciones de la casaca roja son nulas y a la vez plantear soluciones a este particular, porque la información generada y transmitida a través de los sistemas de comunicaciones en situaciones de emergencias es la materia prima que todos buscan y que es necesaria para tomar decisiones, contar con visibilidad, credibilidad, y lo más importante lograr brindar respuestas claras, oportunas, eficientes, y adecuadas a las personas afectadas por el desastre o la emergencia. Un sistema de radiocomunicación en caso de emergencias demuestra el cómo estar comunicado ayuda y contribuye a una respuesta más eficiente, a disminuir el impacto de las emergencias y desastres, a mejorar la calidad de vida de la población afectada, en consecuencia a salvar vidas.

### **1.3. ANTECEDENTES**

Los sistemas de radiocomunicación son una herramienta indispensable en las instituciones de primera respuesta a emergencias, aun así es particularmente impresionante que algunos CBPI (Cuerpos de Bomberos de la Provincia de Imbabura) no cuenten con esta herramienta, en otros casos las comunicaciones solo abarquen el centro de una ciudad y en el mejor de los casos cuente con sistemas de comunicación en casi todo el cantón, pero como se mencionaba anteriormente existen lugares en los cuales ni la radiocomunicación menos aun la telefonía celular es operativa. Estos problemas se presentan por el poco presupuesto con el cuentan estas instituciones, por la incorrecta configuración del sistema de comunicaciones o simplemente porque la tecnología utilizada no es la adecuada para los lugares en donde se presenta alguna emergencia, siendo esta

ultima la principal causa de la no operatividad de las comunicaciones electrónicas en lugares de difícil acceso.

Los Cuerpos de Bomberos de Imbabura trabajan con sistemas de radiocomunicación convencional VHF/UHF, con sistemas de repetidora y/o con sistemas de radio a radio, cuentan con tecnología en algunos casos análoga, digital o híbrida; también poseen comunicaciones utilizando RoIP, pero ninguna de estas instituciones poseen algún tipo de sistema que pueda operar en lugares en donde la topografía propia del sitio es muy complicada. Los Cuerpo de Bomberos de Imbabura poseen su propio sistema para cada cantón es decir es independiente con respecto a las demás instituciones; existe un sistema de radiocomunicación cantonal el mismo que es el encargado de integrar las estaciones principales de cada Cuerpo de Bomberos de Imbabura de cada cantón y a la vez posee comunicación directa con la ECU 911 de Ibarra, además el Cuerpo de Bomberos de Ibarra es el encargado de la operatividad del número de emergencia 115, el mismo que sin costo alguno desde cualquier operadora fija o móvil del cantón, se posee comunicación con las estaciones base del CBI, mismas que se encuentran estratégicamente ubicadas en todo el cantón Ibarra.

En consecuencia las instituciones de la casaca roja de Imbabura ya poseen su sistema de comunicación, que sea operativo o no; depende de la administración de cada institución, por tal motivo las soluciones a presentar deben enfocarse a impactar en lo menos posible la configuración y operatividad de los sistemas ya implementados, además de orientarse a fortalecer y potenciar los sistemas que ya se encuentran operando en cada institución.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una solución de comunicaciones electrónicas para los lugares donde no existe cobertura de radiocomunicación de los Cuerpos de Bomberos de la Provincia de Imbabura, mediante la investigación de tecnologías y sistemas que fortalezcan y satisfagan las necesidades y actividades de estas instituciones, mejorando la respuesta a emergencias y desastres en toda la provincia.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Analizar los sistemas de radiocomunicación y comunicaciones electrónicas que poseen cada una de las instituciones de Bomberos de la Provincia de Imbabura.
2. Investigar y Analizar los lugares en la Provincia de Imbabura donde las comunicaciones mediante celular o radiocomunicación son poco operativas y/o nulas.
3. Investigar y Analizar diferentes tecnologías y soluciones de comunicaciones electrónicas para ampliar, fortalecer, los sistemas de radiocomunicación que utilizan los Cuerpos de Bomberos de Imbabura.
4. Diseñar y probar un sistema de comunicaciones electrónicas que se integre a los sistemas ya implementados y además que sea operativo en los lugares donde no exista cobertura de comunicación de ningún tipo.

## **CAPÍTULO II**

### **ESTADO DEL ARTE (SITUACIÓN ACTUAL)**

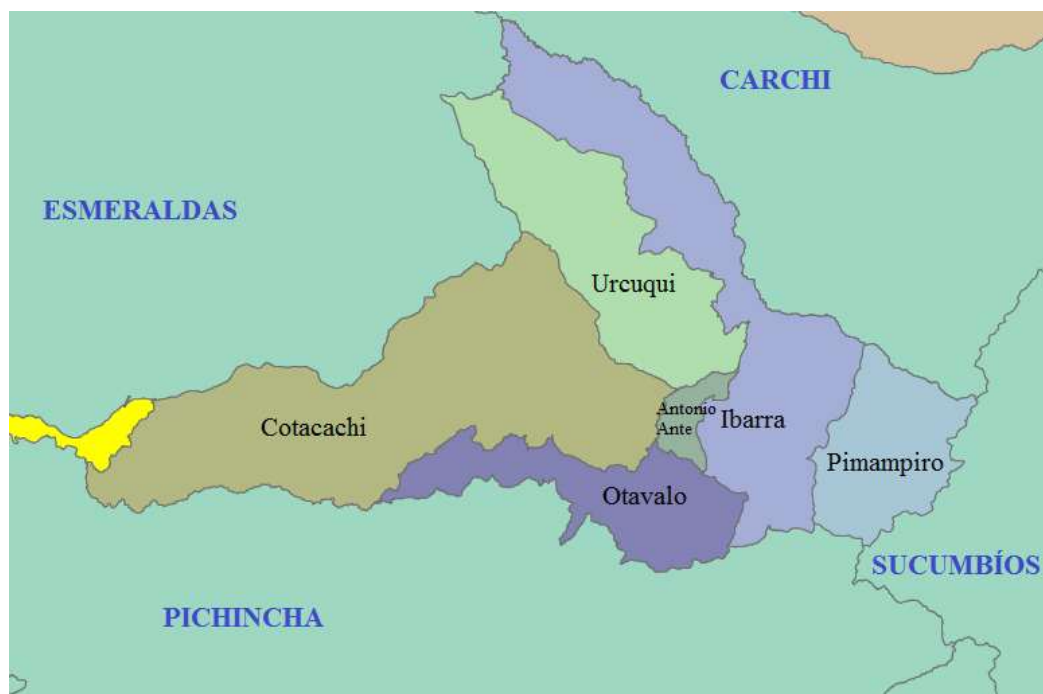
#### **2.1. ANTECEDENTES**

Las Comunicaciones Electrónicas son una de las herramientas indispensables, que las instituciones de atención de urgencias y emergencias deben poseer. La provincia de Imbabura en la actualidad cuenta con instituciones que brinda este tipo de atención, entre las cuales se encuentran, la secretaria de gestión de riesgos, los cuerpos de bomberos, la policía nacional, y la ECU 911, esta última es la encargada de centralizar los servicios y despachar recursos frente a situaciones que demanden la intervención y atención de las instituciones arriba mencionadas.

##### **2.1.1. POBLACIÓN Y EXTENSIÓN DE TERRITORIO**

La Provincia de Imbabura según el censo del INEC 2010 cuenta con una población de 398.244 habitantes en una superficie de 4570 Km<sup>2</sup>, cuenta con un relieve topográfico que va desde los 600 msnm, hasta los 4939 msnm, en esta extensión de superficie se encuentran 6 cantones, Otavalo, Antonio Ante, Pimampiro, Urcuqui, Ibarra, y Cotacachi; en cada uno de los cantones mencionados existe un Cuerpo de Bomberos, encargado de prevenir y proteger a la población frente a emergencias que se presente en sus respectivas jurisdicciones. A continuación en la Imagen 2.1 se muestra la distribución cantonal de la provincia de Imbabura.

**Imagen 2.1 Cantones de la Provincia de Imbabura**



Fuente: [http://www.inec.gob.ec/estadisticas/index.php?option=com\\_remository&Itemid=&func=startdown&id=1773&lang=es&TB\\_iframe=true&height=250&width=800](http://www.inec.gob.ec/estadisticas/index.php?option=com_remository&Itemid=&func=startdown&id=1773&lang=es&TB_iframe=true&height=250&width=800)

En la Imagen 2.1 se observa la distribución y los cantones que forman parte de la provincia de Imbabura; a continuación la Tabla 2.1 indica la extensión de cada cantón de la provincia.

**Tabla 2.1 Extensión de territorio de los cantones de la Provincia de Imbabura**

<b><i>Cantón</i></b>	<b><i>Extensión (Km<sup>2</sup>)</i></b>
Otavalo	499.6
Ibarra	1093.3
Cotacachi	1725.7
Antonio Ante	36.05
Pimampiro	436.7
Urcuqui	778.8

Fuente: <http://www.ame.gob.ec>

Es importante conocer la cantidad de población en cada cantón, tanto en la zona rural como en la zona urbana, en consecuencia en la Tabla 2.2 se muestra la cantidad de población por cada cantón; Información que sirve de referencia para conocer el total de población que en determinada situación van a necesitar ayuda y colaboración de las instituciones de emergencia, y que las mismas deben estar preparadas para atender los requerimientos de la ciudadanía.

**Tabla 2.2 Cantidad de población Urbano y Rural de los Cantones y Parroquias de Imbabura**

<b>ANTONIO ANTE</b>		<b>URBANO</b>	<b>RURAL</b>	<b>Total</b>
	ATUNTAQUI	21.286	2.013	23.299
	IMBAYA	-	1.279	1.279
	SAN FRANCISCO DE NATABUE	-	5.651	5.651
	SAN JOSE DE CHALTURA	-	3.147	3.147
	SAN ROQUE	-	10.142	10.142
	<b>Total</b>	21.286	22.232	43.518
<b>COTACACHI</b>		<b>URBANO</b>	<b>RURAL</b>	<b>Total</b>
	6 DE JULIO DE CUELLAJE	-	1.780	1.780
	APUELA	-	1.824	1.824
	COTACACHI	8.848	8.291	17.139
	GARCIA MORENO	-	5.060	5.060
	IMANTAG	-	4.941	4.941
	PEÑAHERRERA	-	1.644	1.644
	PLAZA GUTIERREZ	-	496	496
	QUIROGA	-	6.454	6.454
	VACAS GALINDO (EL CHURO)	-	698	698
	<b>Total</b>	8.848	31.188	40.036
<b>IBARRA</b>		<b>URBANO</b>	<b>RURAL</b>	<b>Total</b>
	AMBUQUI	-	5.477	5.477
	ANGOCHAGUA	-	3.263	3.263
	CAROLINA	-	2.739	2.739
	IBARRA	131.856	7.865	139.721
	LA ESPERANZA	-	7.363	7.363
	LITA	-	3.349	3.349
	SALINAS	-	1.741	1.741
	SAN ANTONIO	-	17.522	17.522
	<b>Total</b>	131.856	49.319	181.175
<b>OTAVALO</b>		<b>URBANO</b>	<b>RURAL</b>	<b>Total</b>
	DR. MIGUEL EGAS CABEZAS	-	4.883	4.883
	EUGENIO ESPEJO (CALPAQUI)	-	7.357	7.357
	GONZALEZ SUAREZ	-	5.630	5.630
	OTAVALO	39.354	13.399	52.753

	PATAQUI	-	269	269
	SAN JOSE DE QUICHINCHE	-	8.476	8.476
	SAN JUAN DE ILUMAN	-	8.584	8.584
	SAN PABLO	-	9.901	9.901
	SAN RAFAEL	-	5.421	5.421
	SELVA ALEGRE	-	1.600	1.600
	<b>Total</b>	39.354	65.520	104.874
<b>PIMAMPIRO</b>		URBANO	RURAL	<b>Total</b>
	CHUGA	-	1.080	1.080
	MARIANO ACOSTA	-	1.544	1.544
	PIMAMPIRO	5.138	3.939	9.077
	SAN FRANCISCO DE SIGSIPA	-	1.269	1.269
	<b>Total</b>	5.138	7.832	12.970
<b>SAN MIGUEL DE URCUQUI</b>		URBANO	RURAL	<b>Total</b>
	CAHUASQUI	-	1.813	1.813
	LA MERCED DE BUENOS AIRES	-	1.893	1.893
	PABLO ARENAS	-	2.118	2.118
	SAN BLAS	-	3.015	3.015
	TUMBABIRO	-	1.627	1.627
	URCUQUI	3.298	1.907	5.205
	<b>Total</b>	3.298	12.373	15.671
<b>TOTAL</b>	<b>Provincia de Imbabura</b>	<b>URBANO</b>	<b>RURAL</b>	<b>TOTAL</b>
		<b>209.780</b>	<b>188.464</b>	<b>398.244</b>

Fuente:

[http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es](http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es)

### 2.1.2. ATENCIONES REALIZADAS EN LA PROVINCIA DE IMBABURA

Las atenciones realizadas durante el último año por parte de los Cuerpos de Bomberos de la Provincia de Imbabura se muestran en la Tabla 2.3 y Tabla 2.4; el detalle de las atenciones realizadas de los CBPI se encuentra en el Anexo1.

**Tabla 2.3 Emergencias atendidas durante el año 2015 Bomberos Ibarra**

Atenciones por Siniestros	Atenciones Pre hospitalarias	Coordinaciones en Siniestros y atención Pre hospitalaria Con Otros Cantones	Asistencias Prestadas	Tota Coordinaciones y Asistencias
1711	3874	2604	7623	15812

Fuente: Coordinación Cuerpo Bomberos Ibarra, 2015

**Tabla 2.4 Emergencias atendidas durante el año 2015 Coordinación Bomberos Imbabura**

Cuerpo de bomberos cantón	Incendio estructural	Conato estructural	Alertas incendio forestal	Materiales peligroso	Inundaciones deslizamientos	Accidentes de transito	Atenciones pre hospitalarias	Asistencias serv. Tanqu. Otras	TOTAL POR CANTÓN
OTAVALO	17	7	457	38	10	66	143	168	906
ATUNTAQUI	7	3	245	0	3	20	105	38	421
URCUQUI	4	1	147	0	4	17	155	98	426
PIMAMPIRO	3	0	65	0	7	26	221	95	417
COTACACHI	0	2	291	0	4	10	69	58	434
SUBTOTAL	31	13	1205	0	28	139	693	457	
TOTAL COORDINACIONES									
2604									

Fuente: Coordinación Cuerpo Bomberos Ibarra, 2015

Como se puede observar en la Tabla 2.3 y Tabla 2.4 la mayor cantidad de emergencias suceden en los cantones con mayor densidad de población, pero también las anteriores Tablas muestran información valiosa al indicar un valor considerable de atenciones en los demás cantones específicamente en incendios forestales y atenciones pre hospitalarias, situaciones que suceden no necesariamente en áreas urbanas sino que son propensas a suceder en áreas rurales. Al momento de hacer referencia a situaciones de emergencia basta que solo una persona se encuentre en peligro y/o necesite ayuda, las instituciones de rescate deben estar presentes; en consecuencia la vida de una persona no tiene

valor económico y no debe existir excusas para la no atención, más aun tratándose de 209.780 personas en el sector urbano y 188.464 personas en el sector rural.

Con la información expuesta anteriormente los Cuerpos de Bomberos de la Provincia de Imbabura deben estar preparados para asumir el control de cualquier situación que pueda presentarse en los 4.570 Km<sup>2</sup> de extensión desde los 600 msnm hasta los 4939 msnm para los 398.244 habitantes, y por experiencia de las instituciones y a través de la historia se conoce y se confirma que el control de una situación de tipo emergencia se logra obteniendo información a través de sistemas de comunicaciones electrónicas que ayuden a entender con claridad los escenarios a los cuales se debe brindar el apoyo correspondiente.

## **2.2. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN ELECTRÓNICAS DE LOS CBPI**

Como se mencionó anteriormente existen 6 cantones en la Provincia; y cada cantón cuenta con sus respectivas estaciones de bomberos los cuales poseen sus respectivos e independientes sistemas de comunicaciones electrónicas, que para ser más específico el principal sistema de comunicaciones electrónicas para la atención de emergencias son los sistemas de radiocomunicación en las bandas VHF (Very High Frequency - Frecuencias Muy Altas) y UHF (Ultra High Frequency - Frecuencias Ultra Altas); se aclara que el objetivo de analizar los sistemas de comunicaciones electrónicas que poseen los CBPI es conocer que equipamiento poseen y si brinda o no la seguridad y confianza para atender situaciones de emergencia en los sectores urbanos y también en las zonas rurales y de difícil acceso; dejando de lado aspectos técnicos de cada sistema de comunicaciones porque como se menciona en los objetivos el fin es presentar una solución de comunicaciones electrónicas independiente de la correcta o no correcta operatividad de la radiocomunicación que posee cada institución. A continuación se detalla características de los sistemas de comunicación y radiocomunicación de cada uno de los cantones.

### **2.2.1. CUERPO DE BOMBEROS DE PIMAMPIRO**

El CBP (Cuerpo de Bomberos Pimampiro), cuenta con un sistema de radiocomunicación VHF, siendo este el principal medio de comunicación electrónico para la atención de emergencias; la operatividad de este sistema de radiocomunicación no se encuentra a cargo del personal de Bomberos Pimampiro, es decir el servicio de operatividad a través de sistemas con repetidoras es arrendado; el Cuerpo de Bomberos de Pimampiro posee radios portátiles, radios base y móviles para su respectiva comunicación.

Su sistema de radiocomunicación funciona con tecnología análoga y digital; para la tecnología análoga utilizan los radios Motorola portátiles modelo PRO 5150, y en móviles y base los PRO 5100; mientras que para la tecnología digital poseen radios portátiles HYTERA PD785, MOTOTRBO DGP 6150 y radios móviles y base de la serie MOTOTRBO de Motorola como los DGM 6100.

Con referencia a los canales de sus sistema de radiocomunicación; poseen un canal para comunicación análoga de radio a radio, y un canal digital para comunicación a través del repetidor; un particular a mencionar es que los radios digitales poseen los dos canales tanto el análogo como el digital; es importante recalcar que al momento no poseen integración entre su sistema análogo y digital, es decir desde un radio análogo no puede recibir ni transmitir información al sistema digital y de igual manera desde una radio digital trabajando en canal digital no puede recibir ni transmitir información al sistema análogo; la razón obvia para la no integración es que la operatividad el mantenimiento, la infraestructura y equipos en la estación repetidora es arrendada a empresas externas y desde el punto de vista técnico y económico no es recomendable realizar inversiones para integrar un sistema de radiocomunicación de radio a radio que no posee una cobertura considerable. Como sistemas adicionales de comunicaciones electrónicas utilizados para la respuesta a emergencias se encuentra una línea telefónica ubicada en la estación principal en la ciudad de Pimampiro parroquia de Pimampiro; además de poseer un radio base con tecnología digital para la

comunicación directa al ECU 911 y con los demás cuerpos de bomberos de la provincia; pero al igual que su sistema principal de comunicaciones electrónicas, la operatividad de este sistema no se encuentra a cargo del personal del CBP.

En la Tabla 2.5 se muestra el resumen de los sistemas de comunicaciones electrónicas que posee el Cuerpo de Bomberos de Pimampiro para la atención de urgencias y emergencias.

**Tabla 2.5 Resumen de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Pimampiro**

<b>CBP</b>	Radiocomunicación VHF	Radiocomunicación UHF	Digital	Análogo	Repetidor	Radio a Radio	Integración Tecnologías	Propia	Terceros	Notas
<b>Sistema Principal de Comunicaciones Electrónicas</b>	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	-	-	-
<b>Operatividad y Mantenimiento del sistema de Radio</b>	-	-	-	-	-	-	-	NO	SI	-
<b>Marca y modelo de Radios Portátiles</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Motorola: PRO5150, DGP 6150 Hytera: PD785
<b>Marca y Modelos de Radios Móviles</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Motorola: PRO5100 EM200, DGM 6100
<b>Sistemas Adicionales de Comunicaciones Electrónicas</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	* Línea telefónica ADSL *Radio base digital VHF, integración ECU 911

Fuente: El Autor

### **2.2.2. CUERPO DE BOMBEROS DE COTACACHI**

El CBC (Cuerpo de Bomberos Cotacachi), posee como principal medio de comunicaciones electrónicas la radiocomunicación VHF, en la actualidad poseen dos canales principales de radiocomunicación trabajando en modo de radio a radio tecnología análoga y digital; el mantenimiento, operatividad y configuración de los radios es realizado por empresas externas a través de sus respectivos contratos; en referencia a los radios con los que cuenta el CBC se encuentran los Motorola PRO 5150, DGP 6150 en portátiles; y en base y móviles cuentan con radios Motorola PRO 5100, DGM 6100; con el particular que los canales en análogo no

están integrados a los canales en digital. Como sistemas adicionales de comunicaciones electrónicas utilizados para la respuesta a emergencias se encuentra una línea telefónica ubicada en la estación principal en la ciudad de Cotacachi parroquia de Cotacachi; además de poseer un radio base con tecnología digital para la comunicación directa al ECU 911 y con los demás cuerpos de bomberos de la provincia; de manera similar al sistema de radio a radio del CBC; este último sistema no es administrado por el CBC.

En la Tabla 2.6 se muestra el resumen de los sistemas de comunicaciones electrónicas que posee el Cuerpo de Bomberos de Cotacachi para la atención de urgencias y emergencias.

**Tabla 2.6 Resumen de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Cotacachi**

<b>CBC</b>	Radiocomunicación VHF	Radiocomunicación UHF	Digital	Análoga	Repetidor	Radio a Radio	Integración Tecnologías Propia	Terceros	Notas	
<b>Sistema Principal de Comunicaciones Electrónicas</b>	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	-	-	
<b>Operatividad y Mantenimiento del sistema de Radio</b>	-	-	-	-	-	-	-	NO	SI	
<b>Marca y modelo de Radios Portátiles</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Motorola: PRO5150 DGP 6150
<b>Marca y Modelos de Radios Móviles</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Motorola: PRO5100, DGM 6100
<b>Sistemas Adicionales de Comunicaciones Electrónicas</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	* Línea telefónica ADSL * Radio base digital VHF, integración ECU 911

Fuente: El Autor

### 2.2.3. CUERPO DE BOMBEROS DE URCUQUI

El CBU (Cuerpo de Bomberos Urcuqui) cuenta con un sistema de radiocomunicación VHF como su principal medio de comunicación electrónica para la respectiva operatividad en la atención de emergencias, en la actualidad su sistema funciona a través de un repetidor VHF trabajando con tecnología análoga; en consecuencia en los radios portátiles y móviles se encuentran trabajando con

dos canales uno corresponde a la canal para el uso del repetidor y el segundo como canal de apoyo de radio a radio; entre los radios que utiliza al CBU se encuentran en portátiles los Motorola PRO 5150 y en móviles y base se encuentran los radios PRO 5100; la operatividad del sistema de radiocomunicación así como la infraestructura y equipos en la estación repetidora es arrendada a empresas externas.

Como sistemas adicionales de comunicaciones electrónicas utilizados para la respuesta a emergencias se encuentra una línea telefónica ubicada en la estación principal en la ciudad de Urcuqui parroquia de Urcuqui; además de poseer un radio base con tecnología digital para la comunicación directa al ECU 911 y con los demás cuerpos de bomberos de la provincia; de manera similar al sistema de radiocomunicación que posee el CBU; este último sistema no es administrado por el CBU. En la Tabla 2.7 se muestra el resumen de los sistemas de comunicaciones electrónicas que posee el Cuerpo de Bomberos de Urcuqui para la atención de urgencias y emergencias.

**Tabla 2.7 Resumen de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Urcuqui**

CBU	Radiocomunicación VHF	Radiocomunicación UHF	Digital	Análoga	Repetidor	Radio a Radio	Integración Tecnologías Propia	Terceros	Notas
Sistema Principal de Comunicaciones Electrónicas	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	-	-
Operatividad y Mantenimiento del sistema de Radio	-	-	-	-	-	-	-	NO	SI
Marca y modelo de Radios Portátiles	-	-	-	-	-	-	-	-	Motorola: PRO5150
Marca y Modelos de Radios Móviles	-	-	-	-	-	-	-	-	Motorola: PRO5100
Sistemas Adicionales de Comunicaciones Electrónicas	-	-	-	-	-	-	-	-	* Línea telefónica ADSL * Radio base digital VHF, integración ECU 911

Fuente: El Autor

#### 2.2.4. CUERPO DE BOMBEROS DE ANTONIO ANTE

El CBA (Cuerpo de Bomberos de Antonio Ante) cuenta con un sistema de radiocomunicación en VHF, como medio de comunicación electrónico principal; en la actualidad trabajan con un sistema de radio a radio análogo, la operatividad configuración y mantenimiento del sistema es contratado a empresas externas, entre los radios portátiles que poseen se encuentran los Motorola PRO 5150, EP450; radios base y móviles se encuentran los Motorola PRO 5100, EM200.

Con respecto a los sistemas adicionales de comunicaciones electrónicas utilizados para la respuesta a emergencias se encuentra una línea telefónica ubicada en la estación principal en la ciudad de Atuntaqui parroquia de Atuntaqui; además de poseer un radio base con tecnología digital para la comunicación directa al ECU 911 y con los demás cuerpos de bomberos de la provincia; de manera similar al sistema de radiocomunicación que posee el CBA; este último sistema no es administrado por el CBA. En la Tabla 2.8 se muestra el resumen de los sistemas de comunicaciones electrónicas que posee el Cuerpo de Bomberos de Antonio Ante para la atención de urgencias y emergencias.

**Tabla 2.8 Resumen de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Antonio Ante**

CBA	Radiocomunicación VHF	Radiocomunicación UHF	Digital	Análogo	Repetidor	Radio a Radio	Integración Tecnologías	Propia	Terceros	Notas
Sistema Principal de Comunicaciones Electrónicas	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	-	-	-
Operatividad y Mantenimiento del sistema de Radio	-	-	-	-	-	-	-	NO	SI	-
Marca y modelo de Radios Portátiles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Motorola: PRO5150, EP 450
Marca y Modelos de Radios Móviles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Motorola: PRO5100, EM 200
Sistemas Adicionales de Comunicaciones Electrónicas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	* Línea telefónica ADSL * Radio base digital VHF, integración ECU 911

Fuente: El Autor

### **2.2.5. CUERPO DE BOMBEROS DE OTAVALO**

El CBO (Cuerpo de Bomberos Otavalo), cuenta con un sistema de radiocomunicación VHF Digital como medio principal de comunicación electrónica para la atención de emergencias. Al poseer radiocomunicación digital el CBO cuenta con su estación de repetición propia es decir posee su repetidor, antena, duplexor, y banco de baterías, pero se debe aclarar que la operatividad el mantenimiento y configuración de toda el equipamiento lo realiza empresas externas; también poseen un canal de comunicación de radio a radio en modo análogo; es decir en su radios portátiles, móviles y base como canales principales poseen dos, el primero en modo digital para comunicación con el repetidor y el segundo en modo análogo como canal de apoyo en modo radio a radio Se menciona que no existe integración entre el canal análogo de radio a radio con el canal digital en modo repetidor. Entre los radios utilizados por el CBO se encuentran portátiles Motorola DGP 6150, DGP 4150, DGP 8550; en base y móviles poseen los DGM 6100, DGM 4100.

El CBO cuenta con sistemas adicionales de comunicaciones electrónicas para la respuesta a emergencias; poseen la línea telefónica ubicada en la estación principal en la ciudad de Otavalo; además de cuentan con un radio base con tecnología digital para la comunicación directa al ECU 911 y con los demás cuerpos de bomberos de la provincia; de manera similar al sistema de radiocomunicación que posee el CBO; este último sistema no es administrado por el CBO.

En la Tabla 2.9 se muestra el resumen de los sistemas de comunicaciones electrónicas que posee el Cuerpo de Bomberos de Otavalo para la atención de urgencias y emergencias.

**Tabla 2.9 Resumen de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Otavalo**

CBO	Radiocomunicación VHF	Radiocomunicación UHF	Digital	Análogo	Repetidor	Radio a Radio	Integración Tecnologías	Propia	Terceros	Notas
Sistema Principal de Comunicaciones Electrónicas	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	-	-	-
Operatividad y Mantenimiento del sistema de Radio	-	-	-	-	-	-	-	NO	SI	-
Marca y modelo de Radios Portátiles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Motorola DGP 6150, DGP 4150, DGP 8550
Marca y Modelos de Radios Móviles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	DGM 6100, DGM 4100
Sistemas Adicionales de Comunicaciones Electrónicas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	* Línea telefónica ADSL * Radio base digital VHF, integración ECU 911

Fuente: El Autor

### 2.2.6. CUERPO DE BOMBEROS DE IBARRA

El CBI (Cuerpo de Bomberos Ibarra) posee como principal medio de comunicaciones electrónicas para la coordinación de emergencias un sistema de radiocomunicación; el mismo consta de 5 canales principales de radio. 3 Canales corresponden a un sistema de radiocomunicación VHF digital que opera gracias a 3 repetidoras ubicadas estratégicamente en la provincia de Imbabura tratando de cubrir la mayor extensión de terreno de Imbabura; posee un cuarto canal análogo en modo de repetidor el mismo que se encuentra operativo gracias a una repetidora ubicada en la ciudad de Ibarra brindando cobertura en extensión de terreno solo a la ciudad de Ibarra y siendo compatible solo con los radios análogos o con radios digitales que se encuentren configurados el respectivo canal análogo; además posee un quinto canal en VHF análogo trabajando en modo radio a radio como apoyo operativo.

Es importante mencionar que el CBI cuenta con integración de tecnologías; es decir un radio con canal análogo puede enviar y recibir información a un radio con

canal digital, y de manera similar un radio digital puede enviar y recibir información de un radio con canal análogo. También en la actualidad se encuentran en proceso de habilitar la radiocomunicación análoga en las bandas UHF en modo radio a radio.

Entre los radios que utiliza al CBI se encuentran: radios portátiles Motorola PRO 5150, EP450, DGP 6150, DGP 8550, DGP 5550; en radios base y móviles cuentan con Motorola PRO 5100, EM200, DGM 6100, DGM 4100, DGM 5500 DGM 8000. El CBI cuenta con su propio equipamiento de radiocomunicación es decir con las respectivas repetidoras, antenas, duplexores, enlaces microonda, y demás equipamiento necesario para la operatividad del sistema; además de contar con personal técnico encargado de la configuración, mantenimiento, administración y operatividad de sus sistemas de radiocomunicación.

En referencia a sistemas adicionales de comunicaciones electrónicas para la respuesta a emergencias el CBI posee algunos medios particulares que potencian su respuesta y atención a emergencias; las mismas que se menciona a continuación:

Una central telefónica, la misma que en anteriores años fue la encargada de recibir las llamadas de emergencia de la provincia de Imbabura de los números 911,101,102; en la actualidad recibe las llamadas del número 115 como número de apoyo operativo, es decir sin costo el personal de bomberos Ibarra puede marcar este número y solicitar apoyo o informar datos acerca de las situaciones de emergencia, el enrutamiento del número 115 se lo realiza a la estación técnica donde se encuentra el Datacenter y solo es operativo en el cantón Ibarra minimizando el área de cobertura a través de este medio de comunicación; si se desea acceder a este número fuera del cantón Ibarra se debe marcar el número piloto de CNT.

Bajo la responsabilidad del Cuerpo de Bomberos de Ibarra se encuentra el mantenimiento y operatividad de la Repetidora Digital VHF para la integración de todos los Cuerpos de Bomberos de la Provincia de Imbabura y a la vez la integración con el ECU 911 Zonal de la Provincia; esta repetidora funciona con

tecnología digital TDMA, es decir con una sola inversión en equipamiento e infraestructura se puede montar dos sistemas de radiocomunicación totalmente independientes; es decir se posee dos canales digitales con un solo repetidor, en la actualidad solo se utiliza un canal; el segundo canal se encuentra disponible. Es importante recalcar la ubicación estratégica de la mencionada repetidora porque gracias a esta repetidora se puede comunicar todos los CBPI desde Otavalo pasando por Cotacachi, Antonio Ante, Ibarra Urcuqui, hasta llegar a Pimampiro.

El CBI también posee la línea telefónica convencional, además del respectivo radio base con tecnología digital para la comunicación directa al ECU 911 y con los demás cuerpos de bomberos de la provincia. En la Tabla 2.10 se muestra el resumen de los sistemas de comunicaciones electrónicas que posee el Cuerpo de Bomberos de Ibarra para la atención de emergencias.

**Tabla 2.10 Resumen de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Ibarra**

CBI	Radiocomunicación VHF	Radiocomunicación UHF	Digital	Análoga	Repetidor	Radio a Radio	Integración Tecnologías	Propia	Terceros	Notas
Sistema Principal de Comunicaciones Electrónicas	SI	Proceso	SI	SI	SI	SI	SI	-	-	-
Operatividad y Mantenimiento del sistema de Radio	-	-	-	-	-	-	-	SI	NO	-
Marca y modelo de Radios Portátiles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Motorola PRO 5150, EP450, DGP 6150, DGP 8550, DGP 5550
Marca y Modelos de Radios Móviles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Motorola PRO 5100, EM200, DGM 6100, DGM 4100, DGM 5500, DGM 8000.
Sistemas Adicionales de Comunicaciones Electrónicas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	* Línea telefónica ADSL * Central Telefónica servicio E1 * Radio base digital VHF, integración ECU 911

Fuente: El Autor

### **2.2.7. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN LOS CUERPOS DE BOMBEROS DE LA PROVINCIA DE IMBABURA.**

Un sistema de comunicaciones electrónicas que se encuentre disponible para la atención de emergencias es indispensable, pero al momento de hacer referencia a la palabra “disponible” y al tratarse de situaciones en donde la vida de las personas está en peligro, la disponibilidad del sistema se resume a cumplir un solo requisito el cual es lograr una *“cobertura total por parte de los sistemas de comunicaciones electrónicas, de acuerdo a la extensión de territorio en la cual se debe brindar apoyo”*.

De acuerdo a la información de los sistemas de radiocomunicación de los CBPI presentada anteriormente se puede observar que todas las instituciones poseen radiocomunicación convencional en la banda VHF con equipamiento que admite frecuencias en el rango de 136 a 174 Mhz; además la mayoría de instituciones exactamente 5 de 6, dependen de terceras personas para la operatividad de sus comunicaciones, siendo este un punto débil porque al no tener control ni acceso al equipamiento están destinados a esperar el mantenimiento respectivo que en el mejor de los casos es de 1 hora, tiempo en el cual y tratándose de emergencias se puede hablar de posibles pérdidas de vida.

En el caso de la institución que no depende de terceras personas para el mantenimiento y operatividad del sistema de radiocomunicación se menciona que las comunicaciones siempre están operativas gracias al mantenimiento y control que se realiza de manera permanente.

También se menciona que los sistemas de radiocomunicación VHF de los CBPI, se encuentran limitados en cuanto a cobertura, cuando se trabaja en sistemas de radio a radio y en lugares donde la topografía es de muy difícil acceso, limitando el alcance y que en las mejores condiciones abarcan hasta uno o dos kilómetros como máximo, distancia que al compararla con los 4.353 Km<sup>2</sup>, y con el relieve topográfico de Imbabura que va desde los 600 msnm, hasta los 4939 msnm, no es lo más recomendable.

Los sistemas de radiocomunicación de los CBPI en algunos casos como el de Ibarra y Otavalo cuentan con repetidoras, incrementan el radio de cobertura, en consecuencia es importante conocer los lugares en donde los CBPI, tienen ubicada su infraestructura de Radiocomunicación, a continuación en la Tabla 2.11 se menciona estos lugares.

**Tabla 2.11 Ubicación de Infraestructura de Radiocomunicación de los CBPI**

Sitio	Nombre	Latitud	Longitud	msnm	Cantón
1	Cerro Cotacachi	0° 19' 47,4'' N	78° 20' 18,7'' O	3951	Cotacachi
2	Concepción	0° 34' 25'' N	78° 06' 32'' O	2594	Mira
3	Cerro Cabras	0° 28' 15,0'' N	77° 57' 50,7'' O	2842	El Ángel
4	Cerro Yuracruz	0° 20' 07,0'' N	78° 05' 03,5'' O	3081	Ibarra
5	Cerro Añaspamba	0° 18' 17,0'' N	78° 02' 46,0'' O	3827	Ibarra

Fuente: El Autor

Los lugares mencionados en la Tabla 2.11, son los lugares que los CBPI utilizan para montar las respectivas infraestructuras de radiocomunicación; existen particulares como los sitios 2 y 3 que a pesar de estar ubicados en la Provincia del Carchi son puntos estratégicos para brindar servicios a lugares de Imbabura porque se encuentran en la zona fronteriza de las dos provincias. Con la Tabla 2.11 y conociendo la realidad de las comunicaciones electrónicas de los CBPI y recordando la extensión de territorio con el particular relieve topográfico de la Provincia de Imbabura, es necesario investigar y analizar los lugares en donde los sistemas de radiocomunicación de los CBPI son operativos y no lo son; situación que no se podría definir sin antes investigar la cobertura de las repetidoras mencionadas y que en los siguientes numerales son citados.

### 2.3. INVESTIGACIÓN DE LA COBERTURA DE LOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN DE LOS CBPI EN LA PROVINCIA DE IMBABURA

Lógicamente el mejor escenario para sistemas de radiocomunicación en situaciones de emergencia que poseen los CBPI son los sistemas que utilizan repetidoras porque incrementan el área de cobertura, y que además posean personal técnico propio para mantener operativo los sistemas de radiocomunicaciones; pero al mencionar sistemas con repetidores es necesario conocer la cobertura que brindan los mismos de acuerdo a los lugares en donde se encuentran ubicados, factores de ruido, interferencia, mantenimiento, entre otros que pueden afectar a la operatividad y cobertura de estos sistemas.

A continuación en la Tabla 2.12 se indica los lugares en donde los diferentes Cuerpos de Bomberos de Imbabura poseen sistemas de Radiocomunicación que funcionan con repetidor.

**Tabla 2.12 Lugares donde los CBPI poseen repetidoras.**

	CBI	CBO	CBU	CBA	CBP	CBPI-ECU
<b>Cerro Cotacachi</b>	X	X	-	-	-	-
<b>Concepción</b>	X	-	-	-	-	X
<b>Cerro Cabras</b>	-	-	-	-	X	-
<b>Cerro Yuracruz</b>	X	-	-	-	-	-
<b>Cerro Añaspamba</b>	-	-	X	-	-	-

Fuente: El Autor

Es importante conocer la cobertura que nos brindan las repetidoras ubicadas en estos lugares para posteriormente analizar la cobertura alcanzada por los mismos, para lo cual se va a realizar simulaciones de niveles de señal utilizando el software Radio Mobil y también se realiza pruebas de campo de niveles de RSSI con radios

móviles y radios portátiles utilizando el Software MOTOTRBO Site Survey de Motorola.

Para realizar las respectivas pruebas se tomara como referencia las características técnicas que se encuentran ya instaladas en los nodos de comunicaciones en donde los CBPI poseen sistemas de radiocomunicación, además las características de las estaciones móviles y portátiles serán de acuerdo a las utilizadas en los equipos de los CBPI; se menciona que en las pruebas a realizar se utiliza tecnología de Radiocomunicación Digital de Motorola; porque 4 de los 6 Cuerpo de Bomberos utilizan esta tecnología como sistema principal de comunicaciones electrónicas de emergencia; y los 2 restantes utilizan tecnología análoga pero con sistemas de radio a radio; además la repetidora que integra a todos los CBPI también funciona en modo digital, en consecuencia es contraproducente realizar un análisis con sistemas de radiocomunicación análoga para los CBPI.

### 2.3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN DE LOS CBPI

La Tabla 2.13 muestra las características necesarias de la estación repetidora para realizar la simulación en el software Radio Mobil.

**Tabla 2.13 Características para simulación Repetidoras VHF**

Repetidor	Banda	Rango (Mhz)	Potencia (W) Repetidor	Ancho de Canal (KHz)	Sensibilidad Digital uV / dBm
	VHF	136 – 174	25 W	12.5	0.3 / -117
Antena	<b>Banda</b>	<b>Dipolos ; tipo</b>	<b>Ganancia (dBi)</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Resistencia al viento (km/h)</b>
	VHF	4 ; offset	9	200	161
Accesorios	<b>Duplexor</b>	<b>Cable</b>	<b>Conectores</b>	<b>Conexión a Tierra</b>	
	SI (perdidas 1.5 dB máx.)	RG-8U	Tipo N y PL	SI	

Fuente: El Autor

En la Tabla 2.14 se muestra las características necesarias de las estaciones clientes móviles y portátiles para la simulación en el software Radio Mobil de los equipos VHF que utilizan los CBPI.

**Tabla 2.14 Características para simulación de equipos móviles y portátiles**

Radio Móvil	<b>Banda</b>	<b>Rango (MHz)</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Ancho de Canal (KHz)</b>	<b>Sensibilidad uV; dBm</b>	<b>Digital</b>	<b>Tipo de Antena / Ganancia (dBi)</b>
	VHF	136 – 174	25	12.5	0.3 ; -117		Omnidireccional / 1
Radio Portátil	<b>Banda</b>	<b>Rango</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Ancho de Canal</b>	<b>Sensibilidad uV; dBm</b>	<b>Digital</b>	<b>Tipo de Antena, Ganancia</b>
	VHF	136 - 174	5	12.5	0.3 ; -117		Omnidireccional / 1

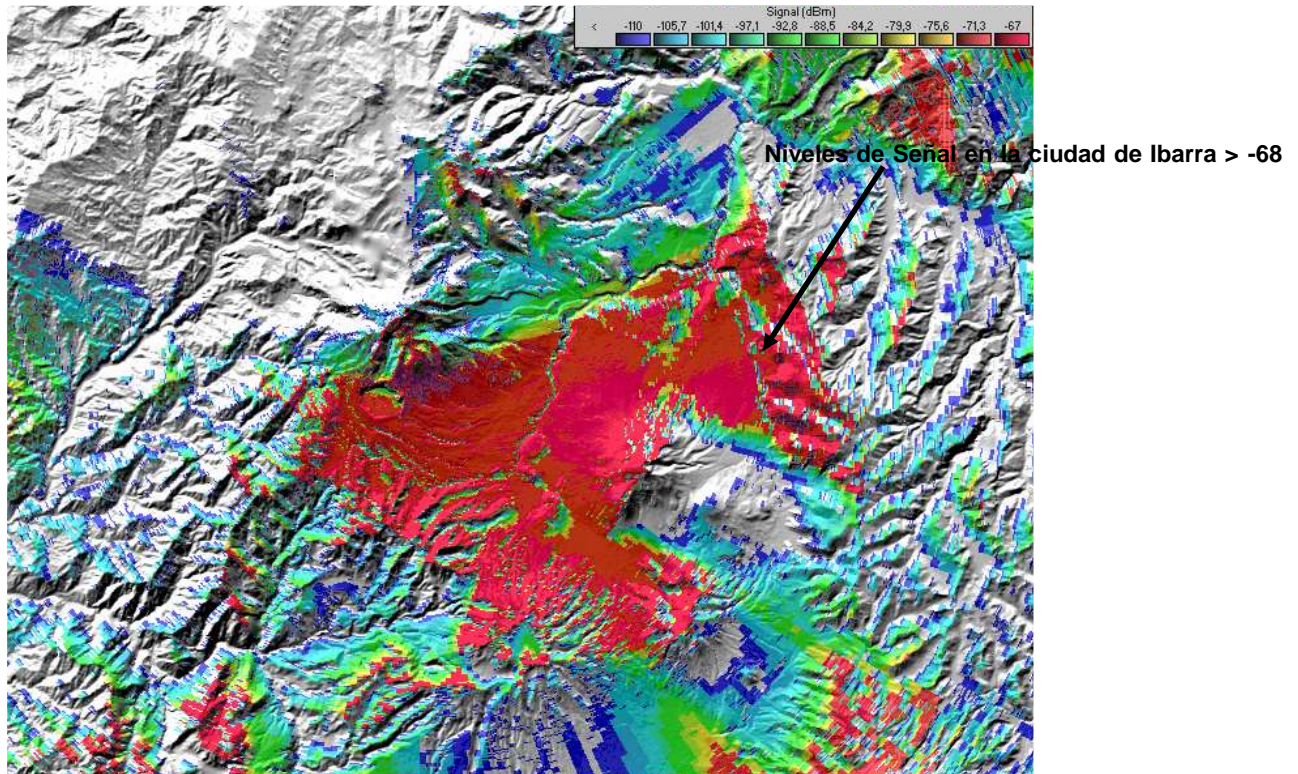
Fuente: El Autor

La Tabla 2.13 y Tabla 2.14 muestran información necesaria del equipamiento de radiocomunicación utilizado por los CBPI; información real y con la cual se procede a realizar las el análisis de los lugares mencionados en la Tabla 2.12; tanto en el software Radio Mobile como en pruebas de campo realizadas con el software MOTOTRBO Site Survey.

### **2.3.2. ANÁLISIS DE COBERTURAS DE LOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN DE LOS CBPI**

Comúnmente se presenta la simulación de cobertura para un sistema de Radio Comunicación de la siguiente forma, Imagen 2.2.

**Imagen 2.2 Cobertura de un Sistema de Radiocomunicación VHF software Radio  
Mobile sin parámetros de variabilidad**



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile

En la Imagen 2.2 se muestra la cobertura de la repetidora ubicada en el Cerro Cotacachi, en la cual predomina el color rojo que representa a un nivel de señal superior a los -70 dBm, como se puede observar la señal del repetidor llega por citar un ejemplo, a la ciudad de Ibarra en promedio a los -68 dBm, niveles que teóricamente pueden ser aceptados pero que en la práctica y para efecto del presente trabajo no es recomendable aceptar en totalidad este resultado porque en pruebas de campo realizadas con estaciones portátiles y móviles los niveles de señal están por debajo de los mostrados en la simulación, en consecuencia cuando se realiza el análisis de cobertura y de nivel de señal de un sistema de radiocomunicación con la ayuda de algún software en particular, nos brinda una idea bastante general de la cobertura de un determinado sistema de

comunicaciones, en particular y haciendo referencia a la radiocomunicación y al software Radio Mobil, es necesario utilizar algún método complementario para el respectivo análisis; porque si bien es cierto nos genera mapas y datos de acuerdo a nuestros requerimientos, pero; en la realidad existen muchos factores que pueden causar que los resultados presentados no sean del todo verdaderos; factores como ruido, topografía construcciones entre otros; por tal motivo se realiza el análisis de la cobertura de sistemas de radiocomunicación en la provincia de Imbabura sectorizando a la misma; para lo cual se divide a la extensión de terreno en celdas las mismas que ayudaran a disminuir el área analizada y realizar un estudio más detallado y real de la situación actual de los sistemas de radiocomunicación de los CBPI .

Se sectoriza a la provincia de Imbabura en celdas de 5 km de radio, esta distancia fue tomada de forma empírica porque en pruebas y trabajos realizados en la provincia de Imbabura esta es la distancia máxima en la cual se asegura comunicación cuando se utiliza un sistema de radio a radio en ausencia de repetidores, la figura utilizada para las celdas son los hexágonos, siguiendo los modelos de telefónica celular en donde esta figura geométrica es la más adecuada porque posee características propias de la figura que cumplen adecuadamente con el requisito más importante para el análisis de cobertura que se desea realizar, el cual es verificar y comprobar la intensidad de señal para las estaciones más débiles dentro de la celda; entiéndase como estaciones a un radio portátil o móvil que se encuentre en el centro , extremos o vértices del hexágono atendiendo una emergencia.

Para la simulación de la cobertura real se realizó pruebas de campo utilizando el Software Suite Survey de MOTOTRBO; el mismo que entrega los niveles de señal de la repetidora en un determinado lugar; datos que ayudan a obtener una idea bastante clara de la cobertura y además de las variables que se deben tomar en cuenta en la simulación por software, las cuales son: variabilidad por tiempo, variabilidad por localización, variabilidad por situación; estas tres variables son de

suma importancia al realizar la simulación de cobertura porque ayudan y aseguran que el valor real medido será igual o superior al valor simulado.

A continuación en la Imagen 2.3 se muestra a la provincia de Imbabura sectorizada en celdas de 5 km de radio.

**Imagen 2.3 Provincia de Imbabura sectorizada**



Fuente: El Autor

Como se puede observar en la Imagen 2.3, la provincia de Imbabura está cubierta por 42 celdas enteras de 5 km de radio, más 40 celdas en los límites de Imbabura las mismas que extienden su cobertura a las provincias fronterizas.

También en la Imagen 2.4 muestra las celdas en los cantones de la provincia de Imbabura; el mismo que servirá para futuras referencias.

Imagen 2.4 Celdas en los Cantones de la Provincia de Imbabura



Fuente: El Autor

### 2.3.2.1. Cobertura Real de las Repetidoras de los CBPI

Como se mencionó anteriormente simular la cobertura de un sistema de radiocomunicación con el particular de estaciones móviles es bastante variable, y para obtener valores claros y reales fue necesario realizar pruebas de campo de niveles de señal recibidos utilizando el software Suite Survey MOTOTRBO y el software RDAC también de MOTOTRBO, herramientas que ayudan a obtener valores reales de señal recibida en las estaciones móviles y portátiles por parte de la repetidora, y también la señal recibida de las estaciones móviles y portátiles en la repetidora.

### Imagen 2.5 Software RDAC



Fuente: El Autor

En la Imagen 2.5 se muestra la pantalla principal del RDAC, el cual es una herramienta muy importante para el diagnóstico y control de las repetidoras, el software RDAC muestra los niveles de RSSI que llegan a la repetidora y con pruebas realizadas se recomienda que los valores de señal recibidos sean iguales o mayores en 3 dBm en referencia al piso de ruido de un repetidor en particular, de esta manera se asegura una óptima comunicación tanto en estaciones base, móviles y portátiles. Un valor de recepción superior al piso de ruido en 3 dBm y que en promedio debe ser superior a -105 dBm en la repetidora, asegura que la transmisión iniciada por cualquier estación del sistema de radiocomunicación sea exitosa y se logre escuchar con claridad en las demás estaciones, como ejemplo se menciona la repetidora de Cotacachi la cual en promedio cuenta con un piso de ruido de -110 dBm; este valor fue obtenido en promedio de lecturas y pruebas realizadas en las repetidoras de los CBPI (Anexo 3).



### Imagen 2.7 Pruebas de Campo Suite Survey MOTOTRBO



Fuente: El Autor

El software Suite Survey de MOTOTRBO genera un archivo .kml, con los valores recolectados en las pruebas realizadas, entregando las coordenadas GPS y el nivel de señal recibido en las mencionadas coordenadas. La Imagen 2.8 muestra los niveles de señal recibidos en los radios desde las repetidoras en un mapa geo referenciado.

### Imagen 2.8 Niveles de Señal Software Site Survey MOTOTRBO



Fuente: El Autor

Los niveles de señal mostrados en Imagen 2.8 corresponden a pruebas realizadas con una estación de radio móvil con las características indicadas en la Tabla 2.13 y Tabla 2.14, y en base a estas pruebas realizadas tanto con estaciones móviles y portátiles y como se mencionó anteriormente para todas las repetidoras de los

CBPI, se concluye que estas estaciones clientes son operativas en el lado de recepción con niveles superiores a los -110 dBm.

Se debe considerar que estos valores de recepción son en el lado de la estación cliente, recordemos que en el lado de recepción del repetidor los niveles deben ser superiores a los -105 dBm, que es un valor superior de señal en referencia a los -110 dBm, por tal motivo se recomienda que los niveles de señal recibidos desde la repetidora hacia las estaciones clientes sea el mismo valor recibido desde las estaciones clientes al repetidor el cual es -105 dBm, porque se logra escuchar la transmisión con niveles de señal de recepción en las estaciones clientes de hasta -110 dBm en un sitio determinado , pero al realizar una transmisión desde el mismo sitio en dirección estaciones clientes hacia el repetidor esta no se realiza de manera exitosa, es decir los niveles de señal que llegan al repetidor son iguales o inferiores al piso de ruido del repetidor, es así que se introduce el concepto de Cobertura Real en los sistemas de radiocomunicación de los Cuerpos de Bomberos de la Provincia de Imbabura.

Al mencionar “Cobertura Real”, se hace referencia a la cobertura en la provincia de Imbabura en la cual tanto radios móviles, base y portátiles en reposo o movimiento posean señal; el término “posean señal” hace referencia a la posibilidad de recibir así como transmitir información clara; es importante mencionar este particular porque en sistemas de radiocomunicación es bastante común el citar poseo cobertura al escuchar alguna comunicación en las estaciones clientes, pero al momento de transmitir no se puede lograr la transmisión por situaciones propias del sistema, como poca potencia en los radios portátiles, pequeña ganancia de las antenas, interferencias, obstáculos, etc. Y en referencia a sistemas de emergencias no se debe especular con la cobertura ni trabajar bajo los límites, es decir se debe asegurar la comunicación; en resumen existe o no comunicación bajo el concepto de cobertura real.

Con los particulares antes mencionados, con las debidas aclaraciones, con las pruebas realizadas en campo y con el análisis respectivo al tema se ha realizado la configuración necesaria en software Radio Mobile para que el mismo presente

valores reales del comportamiento actual de los sistemas de radiocomunicación que poseen los CBPI.

En los gráficos a presentarse a continuación se interpreta el nivel de señal recibido en colores siendo el rojo el color con más intensidad de señal recibida y el azul con el nivel más bajo de intensidad entregada por las estaciones repetidoras, en la Imagen 2.9 se muestra la nomenclatura de la intensidad de señal.

**Imagen 2.9 Intensidad de Señal en dBm**



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile

### 2.3.2.2. Cobertura Real Repetidor Cerro Cotacachi

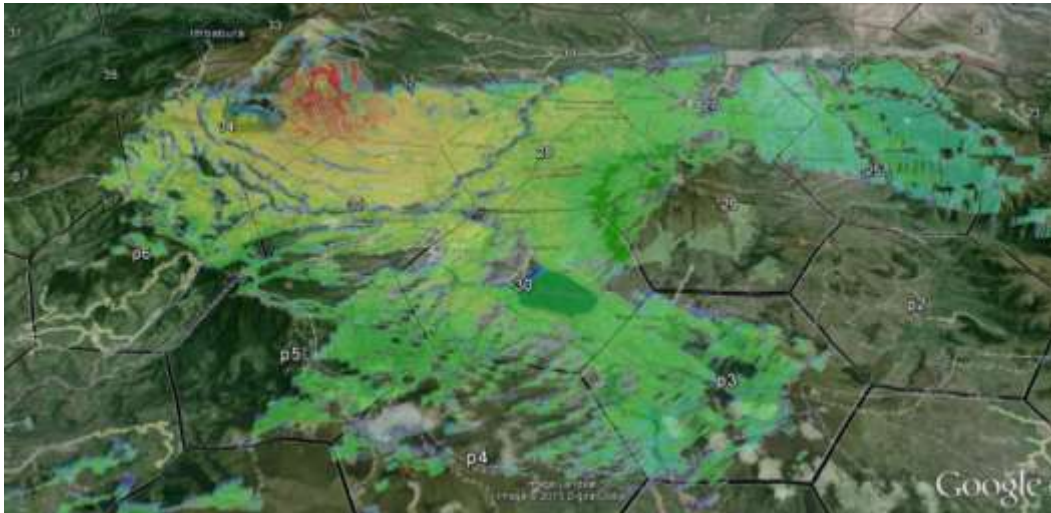
La Imagen 2.10 (a), la Imagen 2.10 (b) presenta la cobertura real entregada por el repetidor en el Cerro Cotacachi, en la cual las estaciones clientes radios móviles y portátiles poseen el concepto de cobertura real es decir pueden recibir y transmitir información, como se puede observar en la imagen los niveles de señal mostrados son iguales y superiores a los -105 dBm que se mencionó anteriormente.

**Imagen 2.10 (a) Cobertura de la Repetidora de Cotacachi**



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

### Imagen 2.10 (b) Cobertura de la Repetidora de Cotacachi



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

#### 2.3.2.3. Cobertura Real Repetidor Cerro Yuracruz

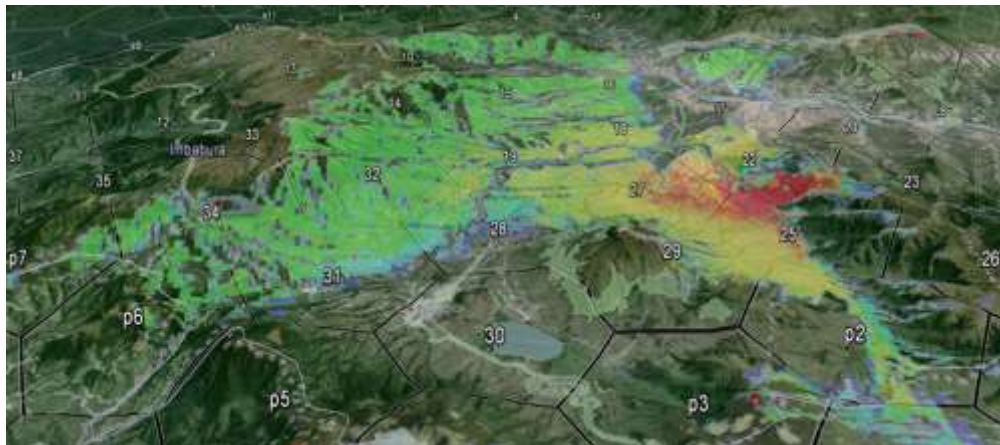
La Imagen 2.11 (a) y la Imagen 2.11 (b) presenta la cobertura real entregada por el repetidor en el Cerro Yuracruz, en la cual las estaciones clientes radios móviles y portátiles poseen el concepto de cobertura real es decir pueden recibir y transmitir información, como se puede observar en la imagen los niveles de señal mostrados son iguales y superiores a los  $-105$  dBm que se mencionó anteriormente.

**Imagen 2.11 (a) Cobertura de la Repetidora de Yuracruz**



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

**Imagen 2.11 (b) Cobertura de la Repetidora de Yuracruz**



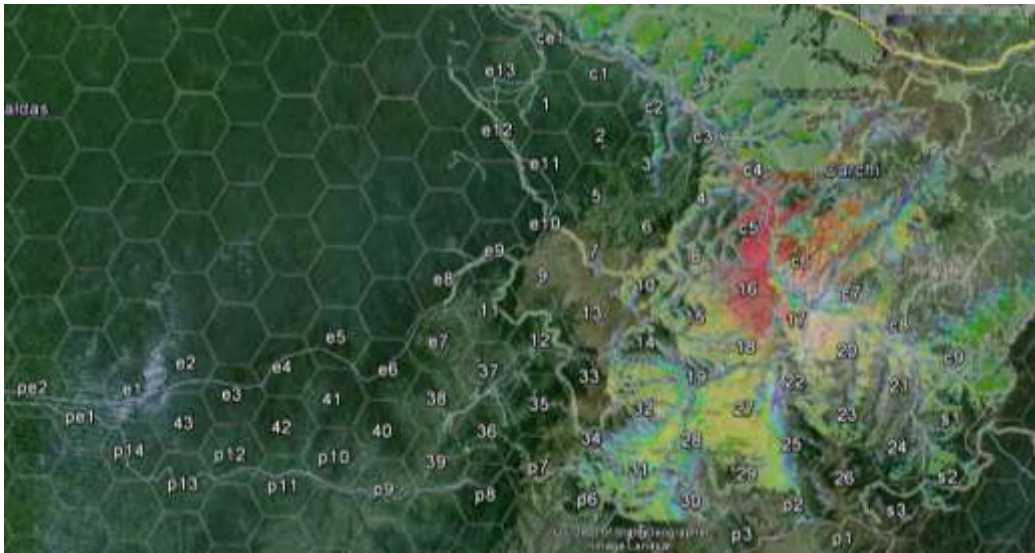
Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

#### **2.3.2.4. Cobertura Real Repetidor Concepción**

La Imagen 2.12 (a) y la Imagen 2.12 (b) presenta la cobertura real entregada por el repetidora en Concepción, en la cual las estaciones clientes radios móviles y

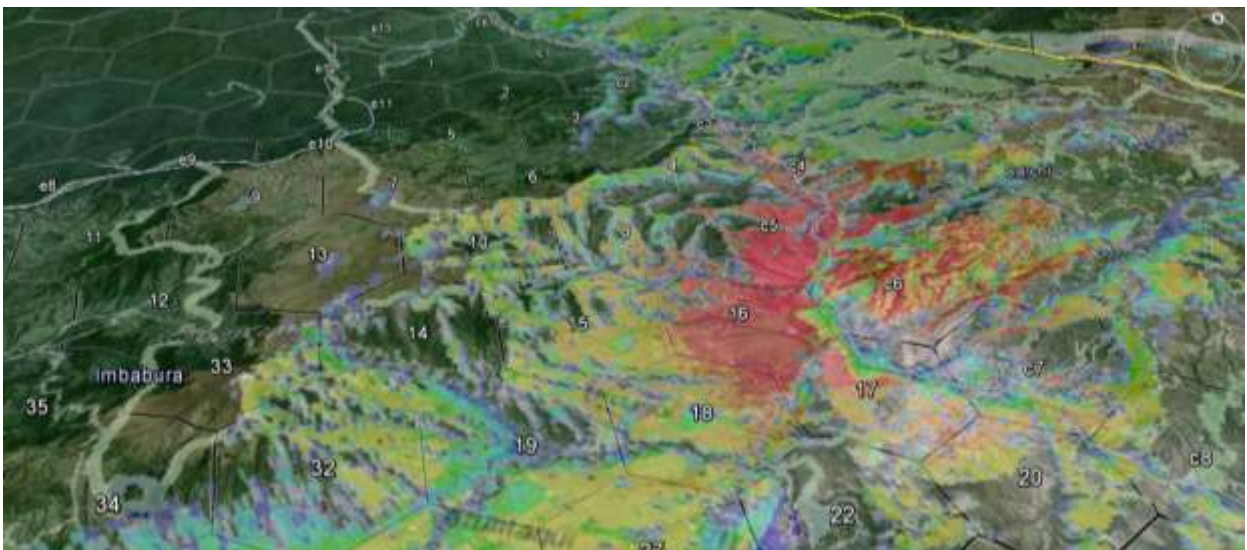
portátiles poseen el concepto de cobertura real es decir pueden recibir y transmitir información, como se puede observar en la imagen los niveles de señal mostrados son iguales y superiores a los -105 dBm que se mencionó anteriormente.

**Imagen 2.12 (a) Cobertura Repetidora Concepción**



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

**Imagen 2.12 (b) Cobertura de la Repetidora de Concepción**

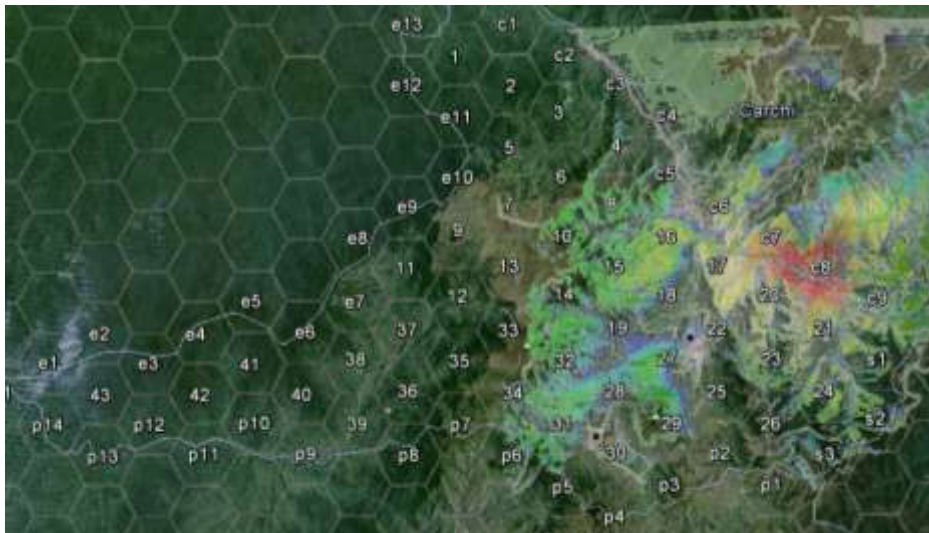


Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

### 2.3.2.5. Gráfico de Cobertura Real Repetidor Cabras

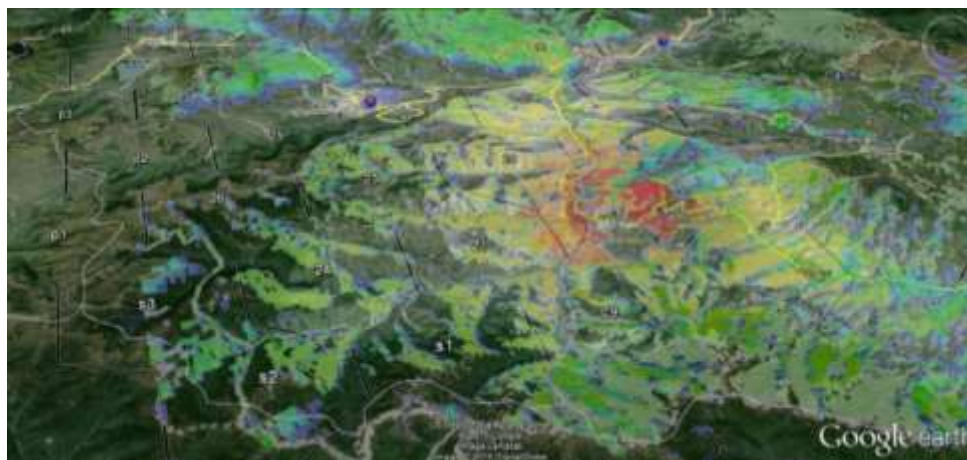
La Imagen 2.13 (a) y la Imagen 2.13 (b) presenta la cobertura real entregada por el repetidora en Cabras, en la cual las estaciones clientes radios móviles y portátiles poseen el concepto de cobertura real es decir pueden recibir y transmitir información, como se puede observar en la imagen los niveles de señal mostrados son iguales y superiores a los -105 dBm que se mencionó anteriormente.

**Imagen 2.13 (a) Cobertura de la Repetidora de Cabras**



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

**Imagen 2.13 (b) Cobertura de la Repetidora de Cabras**



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

### 2.3.2.6. Gráfico de Cobertura Real Repetidor Añaspamba

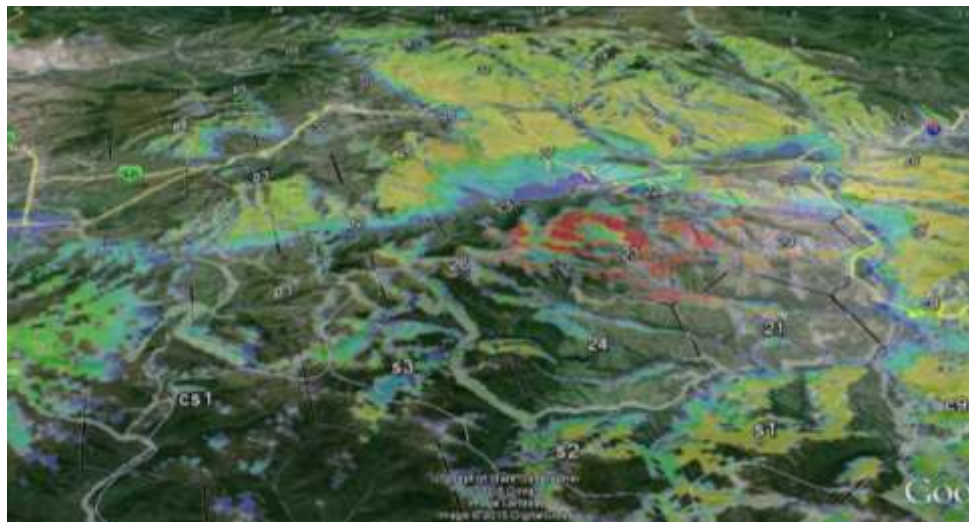
La Imagen 2.14 (a) y la Imagen 2.14 (b) presenta la cobertura real entregada por el repetidora en Añaspamba, en la cual las estaciones clientes radios móviles y portátiles poseen el concepto de cobertura real es decir pueden recibir y transmitir información, como se puede observar en la imagen los niveles de señal mostrados son iguales y superiores a los -105 dBm que se mencionó anteriormente.

**Imagen 2.14 (a) Cobertura de la Repetidora de Añaspamba**



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

**Imagen 2.14 (b) Cobertura de la Repetidora de Añaspamba**



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

### 2.3.2.7. Resumen de las Coberturas de los Repetidores de los CBPI

En los gráficos anteriores se puede observar la Cobertura Real de las repetidoras que utilizan los CBPI, adicionalmente se aclara que por el particular perfil topográfico de Imbabura se ha realizado la simulación con un radio máximo de 50 km; es contraproducente realizar una simulación con un radio más extenso porque como se mencionaba anteriormente se debe lograr la comunicación tanto en recepción como en transmisión y en base a las características de las estaciones clientes; las mismas podrían escuchar la comunicación pero no lograrían comunicarse con la repetidora en un rango más extenso a 50 km de radio; es importante indicar que se puede mejorar la transmisión de las estaciones clientes utilizando antenas de mayor ganancia. En las tablas siguientes se indica un resumen de cobertura de las celdas de cada repetidor el color azul representa a las celdas que se encuentran dentro de la provincia de Imbabura, mientras que el color naranja representa a celdas que se encuentran en la fronteras de la provincia de Imbabura.

**Tabla 2.15 Cobertura de Celdas Repetidor Cotacachi**

REPETIDOR COTACACHI																						
CELDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Cobertura Total																			X			
Cobertura Parcial								X						X	X	X		X				X
CELDAS	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
Cobertura Total					X	X		X	X	X												
Cobertura Parcial			X				X					X										
CELDAS	ce1	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	s1	s2	s3	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9
Cobertura Total																		X				
Cobertura Parcial																X	X		X	X		
CELDAS	p10	p11	p12	p13	p14	pe1	pe2	pe3	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	
Cobertura Total																						
Cobertura Parcial																						

Fuente: El Autor

Tabla 2.16 Cobertura de Celdas Repetidor Yuracruz

REPETIDOR YURACRUZ																						
CELDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Cobertura Total																			X			
Cobertura Parcial								X		X				X	X	X		X				X
CELDAS	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
Cobertura Total					X					X												
Cobertura Parcial			X			X	X		X		X	X										
CELDAS	ce1	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	s1	s2	s3	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9
Cobertura Total																						
Cobertura Parcial						X	X	X							X							
CELDAS	p10	p11	p12	p13	p14	pe1	pe2	pe3	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	
Cobertura Total																						
Cobertura Parcial																						

Fuente: El Autor

Tabla 2.17 Cobertura de Celdas Repetidor Concepción

REPETIDOR CONCEPCIÓN																						
CELDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Cobertura Total															X	X	X	X	X			
Cobertura Parcial			X	X		X	X	X		X			X	X						X	X	X
CELDAS	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
Cobertura Total					X	X																
Cobertura Parcial	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X										
CELDAS	ce1	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	s1	s2	s3	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9
Cobertura Total							X	X														
Cobertura Parcial		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		X			X	X			
CELDAS	p10	p11	p12	p13	p14	pe1	pe2	pe3	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	
Cobertura Total																						
Cobertura Parcial																						

Fuente: El Autor

Tabla 2.18 Cobertura de Celdas Repetidor Cabras

REPETIDOR CABRAS																						
CELDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Cobertura Total															X	X						
Cobertura Parcial				X		X		X		X				X			X	X	X	X	X	X
CELDAS	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
Cobertura Total																						
Cobertura Parcial	X	X		X	X	X	X		X	X		X										
CELDAS	ce1	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	s1	s2	s3	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9
Cobertura Total								X	X	X												
Cobertura Parcial						X	X				X	X	X	X								
CELDAS	p10	p11	p12	p13	p14	pe1	pe2	pe3	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	
Cobertura Total																						
Cobertura Parcial																						

Fuente: El Autor

**Tabla 2.19 Cobertura de Celdas Repetidor Añaspamba**

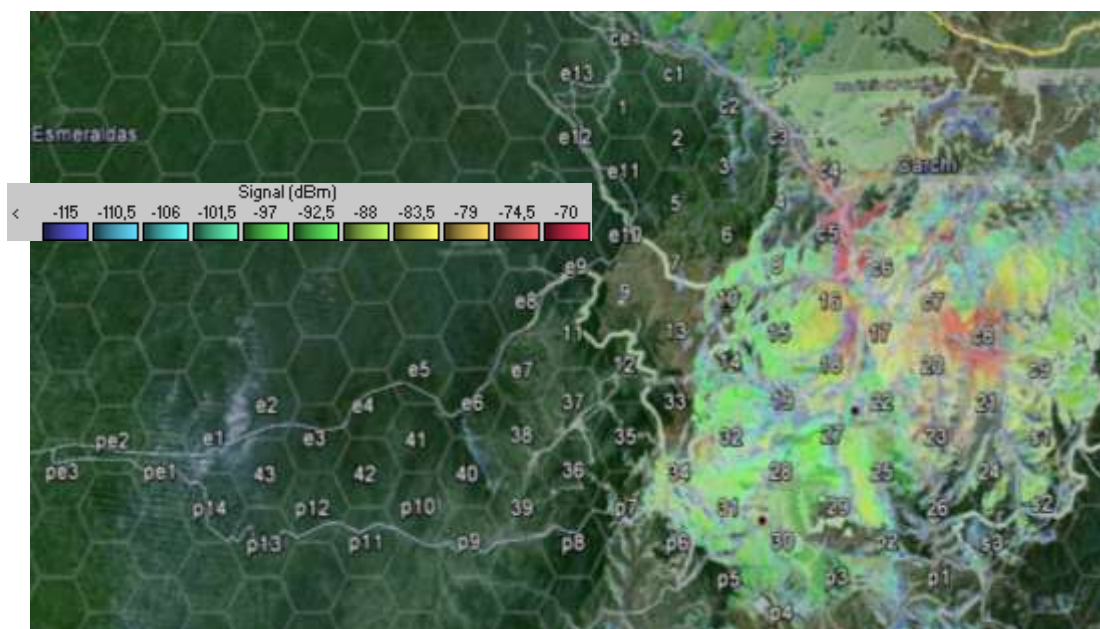
REPETIDOR AÑASPAMBA																						
CELDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Cobertura Total																			X			
Cobertura Parcial								X		X			X	X	X	X	X	X				X
CELDAS	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
Cobertura Total										X												
Cobertura Parcial	X	X	X	X	X	X	X		X			X										
CELDAS	ce1	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	s1	s2	s3	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9
Cobertura Total																						
Cobertura Parcial					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CELDAS	p10	p11	p12	p13	p14	pe1	pe2	pe3	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	
Cobertura Total																						
Cobertura Parcial																						

Fuente: El Autor

En las Tablas anteriores se presentó el resumen de las imágenes que muestran la Cobertura Real de cada uno de los sistemas de radiocomunicación de los CBPI, aclarando que la cobertura de un sistema es cuando se puede recibir y transmitir información desde las estaciones clientes, radios portátiles, móviles y base.

A continuación en la Imagen 2.15 se muestra la cobertura de todos los sistemas de Radiocomunicación.

**Imagen 2.15 Cobertura de todos los sistemas de radiocomunicación de los CBPI.**



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

En la Tabla 2.20 se muestra el resumen de la cobertura de las celdas de todos los sistemas de radiocomunicación de los CBPI.

**Tabla 2.20 Cobertura de Celdas de todos los repetidores de los CBPI**

REPETIDORES DE LOS CBPI																						
CELDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Cobertura Total															X	X	X	X	X	X		X
Cobertura Parcial				X				X		X				X							X	
CELDAS	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42		
Cobertura Total	X		X		X	X	x	X	X	X												
Cobertura Parcial		X		X								X										
CELDAS	ce1	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	s1	s2	s3	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9
Cobertura Total					X		X	X	X	X						x	x	X	X			
Cobertura Parcial			X	X		X					X	X	X	X	X					X		
CELDAS	p10	p11	p12	p13	p14	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12					
Cobertura Total																						
Cobertura Parcial																						

Fuente: El Autor

La Tabla anterior sirve como referencia real del alcance y operatividad de los sistemas de radiocomunicación de emergencias de los CBPI, los mismos que han sido implementados para cubrir la demanda de atenciones enfocándose en las zonas urbanas de la provincia; zonas que se muestran en color rojo en la Imagen 2.15 y en la Imagen 2.16 se muestra claramente la cobertura en los mencionados lugares.

**Imagen 2.16 Zonas Urbanas en color Rojo Provincia de Imbabura**



Fuente: El Autor

### **2.3.2.8. Análisis de Zonas Urbanas de los Cantones de la Provincia de Imbabura**

En relación a las estadísticas y atenciones realizadas según la Tabla 2.3 el mayor número de atenciones de urgencia y emergencia ocurre en los cantones con mayor densidad de población, obviamente al mantener una densidad de población y extensión de territorio grande, sus zonas urbanas son también más pobladas tal y como muestra la Imagen 2.16 en color rojo, en consecuencia se presenta el detalle de la cobertura en los mencionados lugares:

a) Cantón Antonio Ante (Zona Urbana)

De acuerdo a la Tabla 2.2 el cantón posee una población de 43.518 habitantes de los cuales 21.686 se encuentran en la zona urbana siendo estos más propensos a solicitar una atención de urgencia o emergencia, en la Imagen 2.17 se observa que esta población se encuentra ubicada en tres celdas, la celda 19, 27,28, Imagen 2.17 (a); las cuales según la Tabla 2.20 poseen cobertura total presentando valores promedio de -80 dBm a -95 como muestra la Imagen 2.17 (b) en consecuencia no se presenta problema alguno en relación a la cobertura de radiocomunicación para la zona urbana del Cantón Antonio Ante.

**Imagen 2.17 Cobertura de la zona urbana cantón Antonio Ante celdas 19, 27, 28**

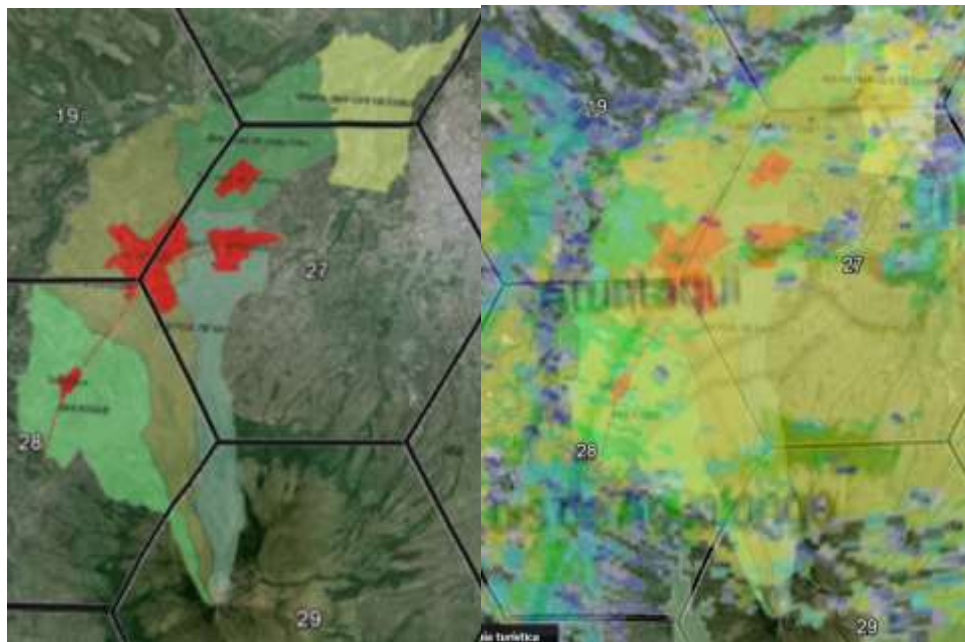


Imagen (a)

Imagen (b)

Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

b) Cantón Cotacachi (Zona Urbana)

De acuerdo a la Tabla 2.2 posee una población de 40.036 habitantes de los cuales 8.848 se encuentran en la zona urbana siendo estos más propensos a solicitar una atención de urgencia o emergencia, en la Imagen (a) se observa que esta población se encuentra ubicada en las celdas 19 y 28, las cuales de acuerdo a la Tabla 2.20 poseen cobertura total presentando valores promedio de -80 dBm a -92 como muestra la Imagen 2.18 (b) en consecuencia no se presenta problema alguno en relación a la cobertura de radiocomunicación en la zona urbana de este cantón.

**Imagen 2.18 Cobertura de la zona urbana cantón Cotacachi celdas 19 y 28**



Imagen (a)



Imagen (b)

Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

### c) Cantón Ibarra (Zona Urbana)

De acuerdo a la Tabla 2.2 posee una población de 181.175 habitantes de los cuales 131.856 se encuentran en la zona urbana siendo estos más propensos a solicitar una atención de urgencia o emergencia, en la Imagen 2.19 (a) se observa que la población urbana se encuentra ubicada en las celdas 22, 25, 27, en las cuales según la Tabla 2.20 poseen cobertura total la misma que se pudo observar en la Imagen 2.19 (b), presentando valores promedio de -74 dBm a -90 dBm, en consecuencia no se presenta problema alguno en relación a la cobertura de radiocomunicación en la zona urbana de este cantón.

**Imagen 2.19 Cobertura de la zona urbana cantón Ibarra celdas 22, 25 y 27**

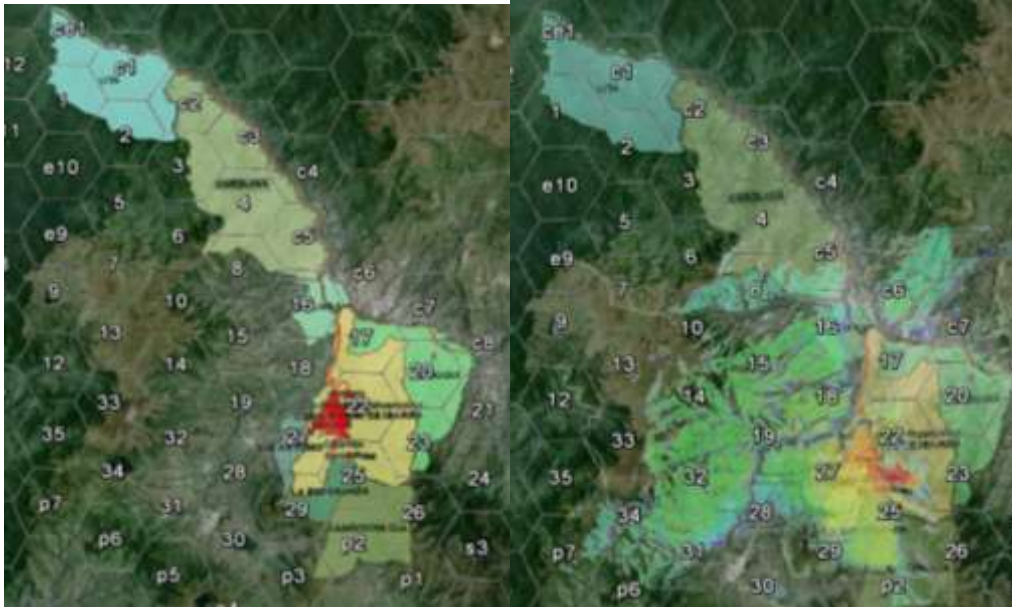


Imagen (a)

Imagen (b)

Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

d) Cantón Otavalo (Zona Urbana)

De acuerdo a la Tabla 2.2 posee una población de 104.874 habitantes de los cuales 39.354 se encuentran en la zona urbana siendo estos más propensos a solicitar una atención de urgencia o emergencia, en la Imagen 2.20 (a) se observa que esta población se encuentra ubicada en las celdas 28, 30, 31 y p3, las cuales según la Tabla 2.2 poseen cobertura total las celdas 28, 30 y 31 presentando valores promedio de -80 dBm a -92 como muestra la Imagen 2.20 (b), mientras que la celda p3 de acuerdo a la Tabla 2.2, posee cobertura parcial, claramente en la Imagen 2.20 (b), se observa que la cobertura parcial hace referencia a las zonas rurales de esta celda en particular, por lo que para el presente análisis se concluye que existe cobertura para la zona urbana, en consecuencia no se presenta problema alguno en relación a la cobertura de radiocomunicación en la zona urbana de este cantón.



en consecuencia se indica que la parte urbana cuenta con valores de señal promedios de -75 dBm a -90 dBm, en consecuencia no se presenta problema alguno en relación a la cobertura de radiocomunicación en la zona urbana de este cantón.

**Imagen 2.21 Cobertura de la zona urbana cantón Pimampiro celda 21**

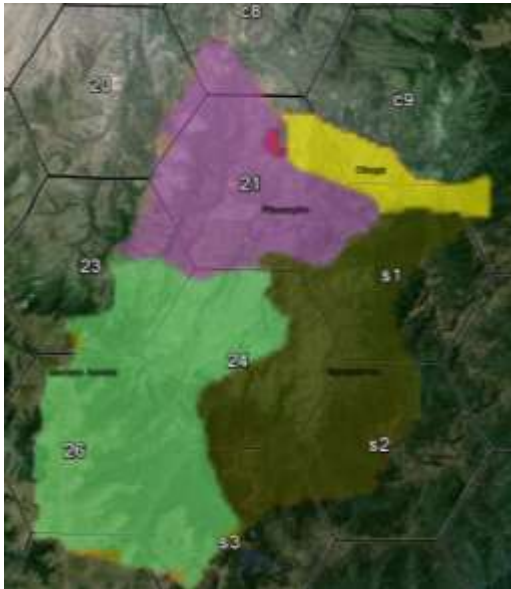


Imagen (a)

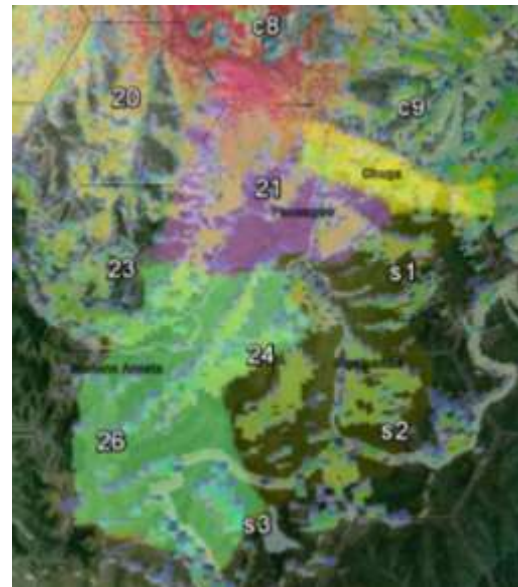


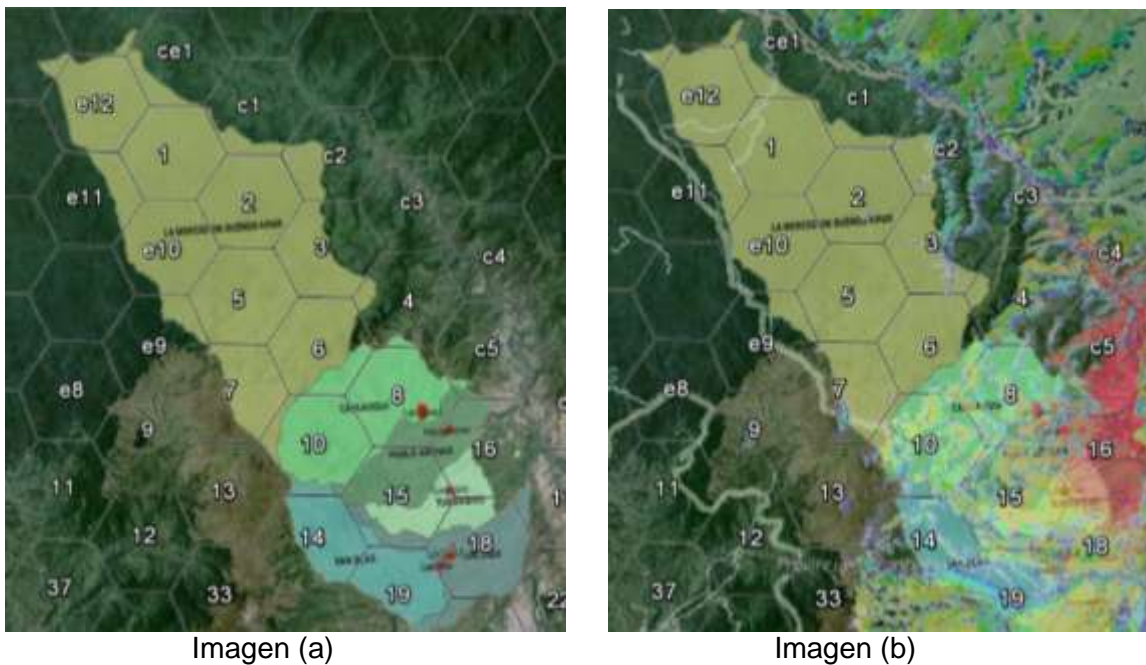
Imagen (b)

Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

f) Cantón San Miguel de Urcuqui (Zona Urbana)

De acuerdo a la Tabla 2.2 posee una población de 15.671 habitantes de los cuales 3.298 se encuentran en la zona urbana siendo estos más propensos a solicitar una atención de urgencia o emergencia, en la Imagen 2.22 (a) se observa que esta población se encuentra ubicada en las celdas 8, 15, 16, 18, y 19 las mismas a excepción de la celda 8 y según la Tabla 2.20 poseen cobertura total presentando valores de -89 dBm a -103 como muestra la Imagen 2.22 (b).

**Imagen 2.22 Cobertura de la zona urbana cantón Urcuqui celda 8, 15, 16, 18, y 19**



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

Mientras que la celda 8 de acuerdo a la Tabla posee cobertura parcial pero en referencia a los lugares fuera de la zona urbana del cantón como se puede verificar en la Imagen 2.22 (b), en consecuencia no se presenta problema alguno en relación a la cobertura de radiocomunicación en la zona urbana de este cantón.

### **2.3.2.9. Análisis de Zonas Rurales de la Provincia de Imbabura**

Los zonas sin cobertura en la provincia de Imbabura son los lugares dentro de las celdas que indica la Tabla 2.20 como lugares con cobertura parcial y/o lugares sin cobertura y que precisamente corresponden a las zonas rurales de la provincia de Imbabura, el principal motivo para que estas celdas no posean cobertura, es el particular perfil topográfico de la provincia de Imbabura que como se mencionó anteriormente se encuentra desde los 600 msnm hasta los 4939 msnm, en la Imagen 2.23 se muestra el particular perfil topográfico de la celda 6.

**Imagen 2.23 Topografía Celda 6 celda sin cobertura**



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

La imagen de la Celda 6 es un ejemplo del perfil topográfico que se encuentra en la provincia de Imbabura y que en la gran mayoría corresponde a las zonas rurales; la parte baja de esta celda se encuentra alrededor de los 1900 msnm mientras que la parte alta se encuentra alrededor de los 3700 msnm, es así que la cobertura total para esta celda ejemplo es imposible con los sistemas de radiocomunicación que poseen en la actualidad los CBPI, como se puede observar en la Imagen 2.23, la cobertura del repetidor más cercano llega solo a la parte alta, impidiendo la cobertura de la celda en su totalidad.

El ejemplo anterior representa a las celdas que no poseen cobertura, ya sea por la distancia o por el particular perfil topográfico de la zona, siendo este último el principal problema para la cobertura de los sistemas de radiocomunicación de los CBPI en la provincia de Imbabura, además; en el anterior análisis de la cobertura de cada cantón se menciona que la cobertura no abarca las celdas ubicadas en los lugares y parroquias rurales de Imbabura, además del particular perfil

topográfico que se menciona las celdas que no poseen cobertura se encuentran ubicadas la mayoría en lugares de difícil acceso, pero de igual forma que en las celdas en donde existe cobertura si se presenta una emergencia se la debe atender, es así que cuando el personal de los CBPI acuden a la atención de alguna emergencia en estos lugares no poseen comunicación directa con las estaciones de control, la comunicación se limita a la cobertura de radio a radio entre las estaciones móviles y estaciones portátiles que se encuentren en el lugar, es decir las solicitudes de apoyo o coordinación de recursos se encuentra limitada, poniendo en riesgo la correcta operatividad de las atenciones.

A continuación se presenta las celdas y las poblaciones en las cuales las comunicaciones de los CBPI no son operativas.

**Tabla 2.21 Celdas y Parroquias sin cobertura de comunicaciones de los CBPI**

Celdas	Cantón (s)	Parroquias afectadas
1	Ibarra / Urcuqui	Lita / M. buenos Aires
2	Ibarra / Urcuqui	Lita / M. buenos Aires
3	Ibarra / Urcuqui	Carolina / M. Buenos Aires
5	Urcuqui	M. Buenos Aires
6	Urcuqui	M. Buenos Aires, Cahuasqui
7	Urcuqui / Cotacachi	M. Buenos Aires / Imantag
9	Cotacachi	Imantag, Apuela, Cuellaje
11	Cotacachi	Cuellaje
12	Cotacachi	Apuela
13	Cotacachi	Apuela, Imantag
33	Cotacachi	Apuela, Plaza Gutierrez
35	Cotacachi / Otavalo	Plaza Gutierrez, Quiroga / Selva Alegre
36	Cotacachi / Otavalo	Vacas Galindo / Selva Alegre
37	Cotacachi	Peñaherrera, Cuellaje, Vacas Galindo
38	Cotacachi	Peñaherrera, García Moreno
39	Cotacachi / Otavalo	García Moreno, Vacas Galindo / Selva Alegre
40	Cotacachi	García Moreno
41	Cotacachi	García Moreno
42	Cotacachi	García Moreno
ce1	Ibarra, Urcuqui	Lita / M. buenos Aires
c1	Ibarra	Lita
p8	Otavalo	Selva Alegre
p9	Cotacachi	García Moreno
p10	Cotacachi	García Moreno

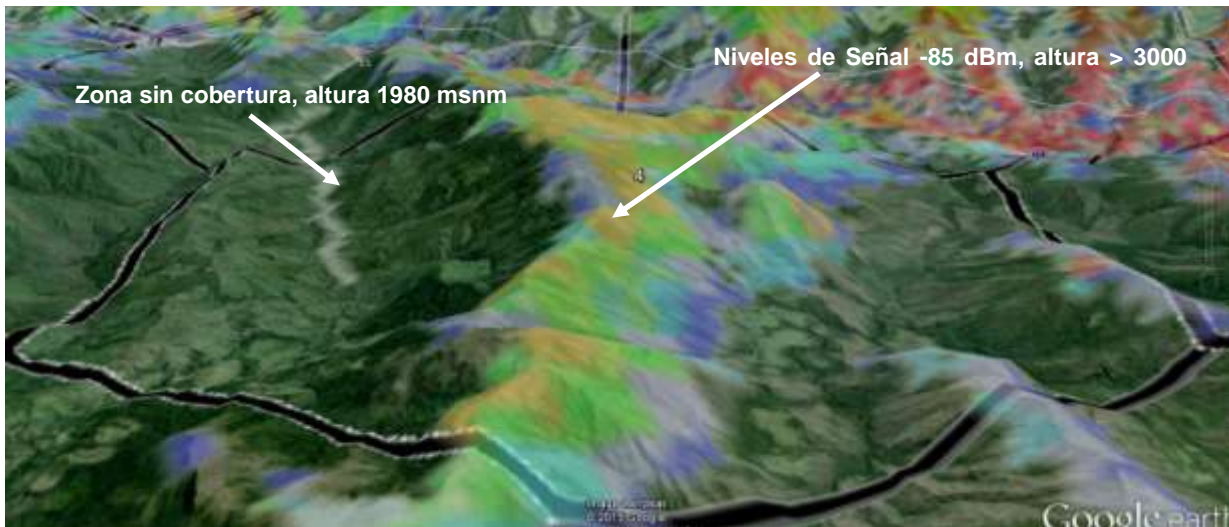
p11	Cotacachi	García Moreno
p12	Cotacachi	García Moreno
p13	Cotacachi	García Moreno
p14	Cotacachi	García Moreno
e1	Cotacachi	García Moreno
e2	Cotacachi	García Moreno
e3	Cotacachi	García Moreno
e4	Cotacachi	García Moreno
e5	Cotacachi	García Moreno, Peñaherrera
e6	Cotacachi	García Moreno, Peñaherrera, Cuellaje
e7	Cotacachi	Cuellaje
e8	Cotacachi	Cuellaje
e9	Cotacachi / Urcuqui	Imantag / M. Buenos Aires
e10	Urcuqui	M. Buenos Aires
e11	Urcuqui	M. Buenos Aires
e12	Urcuqui	M. Buenos Aires

Fuente: El Autor

La Tabla anterior muestra exactamente los lugares de la provincia de Imbabura que no poseen cobertura por parte de las repetidoras de los diferentes CBPI, claramente indica que los lugares afectados son las poblaciones pertenecientes a los sectores rurales de la provincia de Imbabura, en consecuencia y de acuerdo a la Tabla 2.2 la población afectada es de: Lita 3.349 habitantes, M. Buenos Aires 1.893 habitantes, Carolina 2.739 habitantes, Cahuasqui 1.813 habitantes, Imantag 4.941 habitantes, Apuela 1.824 habitantes, Cuellaje 1780 habitantes, Plaza Gutiérrez 496 habitantes, Quiroga 6454 habitantes, Selva Alegre 1600 habitantes, Vacas Galindo 698 habitantes, García Moreno 5.060 habitantes, y Peñaherrera 1644 habitantes, dando un total de 34291 habitantes que pueden requerir atención en situaciones de urgencia y/o emergencia, y que esta no se la realice de la mejor forma por la limitación de las comunicaciones con las estaciones de control.

La cobertura parcial en una celda es considera cuando existe por lo menos el 50% de cobertura en la misma, pero también se menciona como un punto muy importante que la cobertura a la cual hace referencia como operativa en una celda en particular puede estar en lugares de difícil acceso como se muestra en la Imagen 2.24.

**Imagen 2.24 Niveles de Señal de difícil acceso, Celda 4, celda con cobertura Parcial.**



Fuente: El Autor, Software Radio Mobile, Google Earth

La Imagen 2.24 hace referencia a la celda 4, en la cual se encuentran niveles de señal de hasta -85 dBm, pero con el particular que los mismos se encuentran en la parte alta de las montañas que forman parte de la celda 4, esta cobertura se encuentra por más de los 3000 msnm mientras que en la misma celda se encuentran lugares que no poseen cobertura, que son de difícil acceso y además están en promedio 1000 metros debajo de los lugares en donde se posee cobertura, es así que cuando se suscita una atención en estas celdas las comunicaciones desde las estaciones móviles y portátiles hacia las estaciones base de coordinación están limitadas a encontrarse dentro de este 50 % de cobertura en las celdas, caso contrario no se pueden comunicar y la atención se realizara con el recurso humano y material que se disponga en el instante.

En la Tabla 2.22 se menciona las celdas y parroquias donde las comunicaciones de los CBPI trabajan de manera parcial.

**Tabla 2.22 Celdas y Parroquias con cobertura parcial de comunicaciones de los  
CBPI**

Celdas	Cantón (s)	Parroquias
4	Ibarra	Carolina
8	Urcuqui	Cahuasqui
10	Urcuqui / Cotacachi	Cahuasqui / Imantag
14	Urcuqui / Cotacachi	San Blas / Imantag
21	Pimampiro	Pimampiro
24	Pimampiro	Mariano Acosta, Sigsipamba
26	Ibarra / Pimampiro	Angochagua / Mariano Acosta
34	Cotacachi	Quiroga
c2	Ibarra	Carolina
c3	Ibarra	Carolina
c5	Ibarra	Carolina
s1	Pimampiro	Sigsipamba
s2	Pimampiro	Sigsipamba
s3	Pimampiro	Sigsipamba, Mariano Acosta
p1	Ibarra / Pimampiro	Angochagua / Mariano Acosta
p2	Ibarra	Angochagua
p7	Otavalo	Selva Alegre

Fuente: El Autor

La presente tabla indica las parroquias que se encuentran dentro de las celdas que poseen cobertura parcial por parte de las repetidoras de los diferentes CBPI, al igual que las celdas que no poseen cobertura los lugares afectados son las poblaciones pertenecientes a los sectores rurales de la provincia de Imbabura, en consecuencia y de acuerdo a la Tabla 2.2 la población que podría estar afectada por la cobertura parcial de estas repetidoras es de: Carolina 2.739 habitantes, Cahuasqui 1.813 habitantes, Imantag 4.941 habitantes, San Blas 3.015 habitantes, Pimampiro 3.939 habitantes, Mariano Acosta 1.544 habitantes, Sigsipamba 1.269 habitantes, Angochagua 3.263 habitantes, Quiroga 6.454 habitantes, Selva Alegre 1600 habitantes; dando un total de 30.577 habitantes que pueden requerir atención en situaciones de urgencia y/o emergencia.

En el presente análisis de la situación actual de los sistemas de radiocomunicación de los Cuerpos de Bomberos de la Provincia de Imbabura se obtuvo que existe un total de 34291 habitantes que se encuentran en lugares donde los sistemas de radiocomunicación no son operativos y que en consecuencia la atención de emergencias no es la más óptima, poniendo en riesgo la vida y el bienestar de esta población y de los profesionales que realizan las atenciones de emergencia en estos lugares, también existen lugares en donde las comunicaciones son parciales, y en estos lugares la población afectada es de 30.577 habitantes, que si bien es cierto este número puede contener población que ya fue considerada en los lugares sin cobertura, es importante conocer a detalle que población y lugares son los que cuentan con cobertura de comunicación, con parte de cobertura de comunicación o sin cobertura de comunicaciones.

Una vez comprendido el entorno, alcance y operatividad de los sistemas de radiocomunicación de los Cuerpos de Bomberos de la Provincia de Imbabura, se entiende que los mismos cumplen y son operativos solo para la parte urbana de la provincia y una pequeña parte de zonas rurales, es así que la atención de emergencias en los lugares sin cobertura se dificulta y es de gran importancia encontrar una solución inmediata estos particulares presentados.

## **CAPÍTULO III**

### **INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES Y TECNOLOGÍAS**

El objetivo del capítulo es presentar las soluciones de comunicaciones electrónicas más adecuadas y disponibles para los lugares sin cobertura de los sistemas de radiocomunicación de los Cuerpos de Bomberos de la Provincia de Imbabura; soluciones que se plantean de acuerdo a las características técnicas, recurso económico disponible por parte de los CBPI y sobre todo enfocados a obtener una comunicación operativa entre todos los actores en una situación de emergencia.

La Radiocomunicación obviamente es la solución a los problemas de conectividad en lugares alejados y de difícil acceso, por tal motivo las soluciones presentadas se encuentran bajo este marco de referencia. Como soluciones de radiocomunicación se presenta las siguientes opciones.

#### **3.1. REPETIDORES DIGITALES VHF**

Implementar soluciones de repetidores VHF en los lugares donde las comunicaciones no son operativas por parte de los CBPI, es una opción a tomar en cuenta, para lo cual se debe ubicar sectores o lugares estratégicos para implementar nodos de radiocomunicación similares a los de los CBPI.

La radiocomunicación convencional VHF opera en la banda de 138 a 174 MHz; como se mencionó en el capítulo anterior la mayor parte de los CBPI utilizan tecnología digital en la banda mencionada anteriormente; además el repetidor que enlaza a todos Cuerpos de Bomberos también es digital en consecuencia si se trata de ampliar la cobertura se debe utilizar radiocomunicación digital compatible con el equipamiento que ya se encuentra operando. En el mercado existe dos soluciones bien marcadas en cuanto a radiocomunicación digital convencional; la tecnología

TDMA (Time Division Multiple Access - Acceso Múltiple por División de Tiempo) y FDMA (Frequency Division Multiple Access - Acceso Múltiple por División de Frecuencia), en base a la investigación realizada en el Capítulo 2 se obtuvo que el equipamiento digital utilizado por los CBPI utiliza tecnología digital TDMA y la mayor parte de equipamiento es de la línea MOTOTRBO de Motorola.

En referencia a equipamiento digital TDMA se menciona a dos marcas que pueden ser utilizadas, HYTERA y MOTOROLA; cuando se habla de radiocomunicación digital se tiene en cuenta la optimización de recursos en este caso citamos al ancho de canal utilizado y los servicios que se pueden realizar en el mismo. Con el equipamiento actual de radiocomunicación TDMA se trabaja en un canal físico de 12.5 kHz, pero lógicamente se obtiene dos canales en diferentes ranuras de tiempo, en consecuencia se puede montar dos canales independientes con una sola infraestructura.

Al poseer dos canales lógicos lo comúnmente realizado es utilizar un canal o ranura de tiempo para la comunicación por voz y el otro canal o ranura de tiempo para la comunicación de datos comúnmente utilizada para localización GPS, se menciona que si se desea trabajar con una ranura de tiempo para la localización GPS los radios de la marca HYTERA en pruebas realizadas no son compatibles con la parte de datos, solo son compatibles con la parte de voz, lo anterior mencionado en términos generales a tomar en cuenta para una posible implementación.

A continuación se menciona el equipamiento necesario para ampliar la cobertura de radiocomunicación de los CBPI; un solo nodo de radiocomunicación con repetidores digitales VHF consta del equipamiento mencionado en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1 Equipos y material para un nodo de Radiocomunicación Convencional VHF**

Equipamiento	Cantidad	Detalles	Precio Referencial USD
Repetidor VHF	1	Repetidor Digital VHF Motorola - MOTOTRBO DGR6175	2500
Antena dipolos	1	Antena 4 dipolos tipo offset 9 dBi	600
Duplexor	1	4 cavidades, Q2220E	1500
Cable RF (m).	20	Heliac	300
Conectores y Cable Tx y Rx	1	Cables y conectores para repetidor y duplexor	100
Enlace de datos	1	radio Tx yRx en bandas libres 5 Ghz	2000
Torre soportada	1	Torre triangular soportada 24 m. Instalada, pintada galvanizada, cable tensor acero 1/4, anclajes, templadores galvanizados #16, grilletes 1/4, base de torre triangular galvanizada, 9 puntos para templadores.	2000
Pararrayos y puesta a tierra	1	Instalación tierra y pararrayos Franklin 5 puntas, cable enchaquetado 1/0, varillas coperwell cobre, mineral gem.	1200
Gabinete para exteriores	1	Gabinete Cerrado Autosoportado I-0365 IP64	850
Cámara Ip para video vigilancia	1	Cámara IP para exteriores IP67	300
Sistema autónomo de energía	1	Paneles solares, controlador de carga, inversor, batería	2000
Switch	1	L2, Administrable 8 puertos	250
Obra civil	1	Obra civil	2000
Arriendo anual	1	Espacio terreno	1000
<b>TOTAL</b>			<b>17150</b>

Fuente: Cuerpo de Bomberos Ibarra. "Proyecto Nodos de Radio Comunicación VHF Cobertura de la cuenca del río Lita y río Mira

La Tabla 3.1 muestra información necesaria referente a equipamiento para una estación repetidora, también como referencia en la Tabla 3.2 y Tabla 3.3 se indica el equipamiento, recomendado si se desea adquirir para las estaciones clientes móviles y portátiles respectivamente.

**Tabla 3.2 Modelo de Radio para estaciones móviles VHF**

Equipo	Precio referencial
DGM 8000 incluir licencia de conexión sitio IP	901

Fuente: El Autor

La Tabla 3.3 muestra los equipos recomendados para estaciones móviles.

**Tabla 3.3 Modelo de Radio para estaciones portátiles VHF**

Equipo	Precio referencial
DGP 8050 incluir licencia de conexión sitio IP	875

Fuente: El Autor

Es necesario identificar las ubicaciones de los nuevos nodos de radiocomunicación para ampliar y posiblemente cubrir la provincia de Imbabura con radio comunicación convencional VHF; los lugares donde se ubicaran los repetidores deben cumplir como mínimo el fácil acceso a los mismos, es decir teóricamente se podría recomendar un sitio, el cual sea el apropiado para cubrir determinadas zonas pero prácticamente es imposible acceder al mismo; en consecuencia se presenta los siguientes lugares.

**Tabla 3.4 Coordenadas GPS de Lugares para Implementación de Repetidores**

Sitio	Nombre	Latitud	Longitud	msnm	Cantón
1	San Vicente	0° 23' 32'' N	78° 30' 03'' O	2315	Cotacachi
2	Chuga	0° 22' 28'' N	77° 54' 15'' O	2753	Pimampiro
3	Bacán	0° 34' 21,2'' N	78° 15' 54,1'' O	3801	Urcuqui

Fuente: El Autor

### **3.1.1. COBERTURAS DE LOS SITIOS RECOMENDADOS PARA IMPLEMENTACIÓN DE REPETIDORES**

A continuación se muestra el detalle de los lugares y zonas que cubren los sitios mencionados en la Tabla 3.4

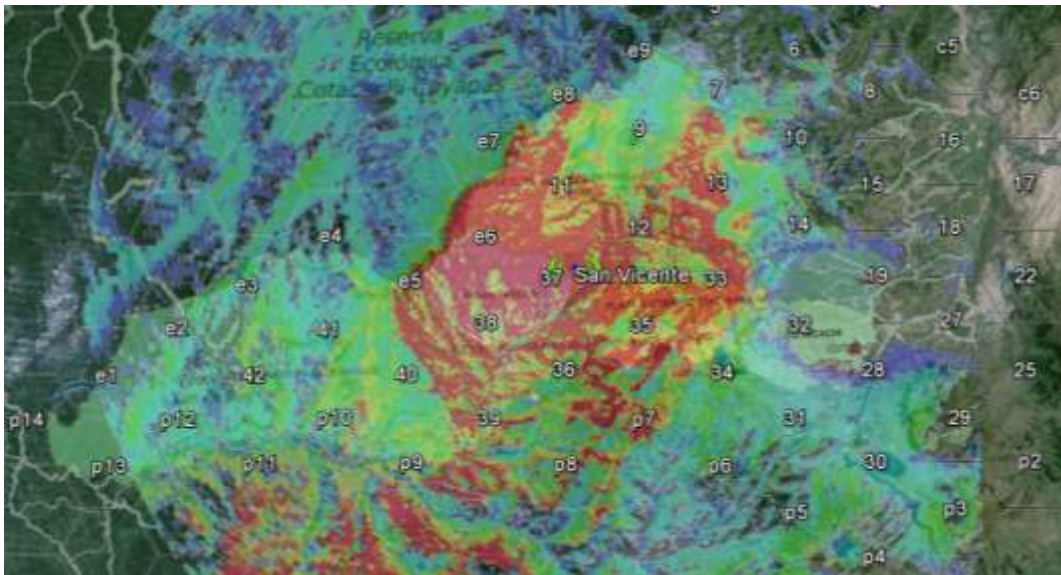
#### **a. San Vicente**

Se ubica en el cantón Cotacachi en la parroquia Apuela aproximadamente a 4 horas desde la ciudad de Cotacachi, para llegar al sitio mencionado existen caminos de tercer orden y es necesario viajar en un vehículo doble

tracción, además en el lugar existe infraestructura de empresas de telecomunicaciones.

La Imagen 3.1 presenta la ubicación del repetidor en San Vicente y su respectiva cobertura

**Imagen 3.1 Cobertura Repetidor San Vicente**



Fuente: El Autor

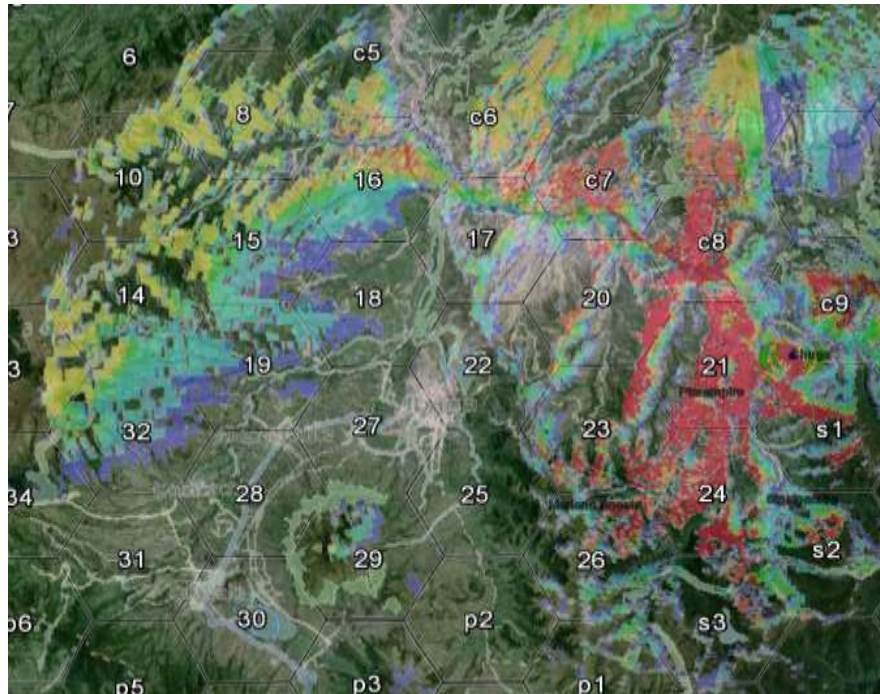
Como se puede observar en la Imagen 3.1, implementar un repetidor en San Vicente es una opción acertada porque se cubre gran parte de las celdas que no poseen cobertura, mencionadas en el anterior capítulo.

#### b. Chuga

Se ubica en el cantón Pimampiro en la parroquia Chuga aproximadamente a 1 hora desde la ciudad de Pimampiro, para llegar al sitio existen caminos de segundo orden siendo este lugar de fácil acceso, además en el lugar existe infraestructura de empresas de telecomunicaciones.

La Imagen 3.2 presenta la ubicación del repetidor en Chuga y su respectiva cobertura

**Imagen 3.2 Cobertura Repetidor Chuga**



Fuente: El Autor

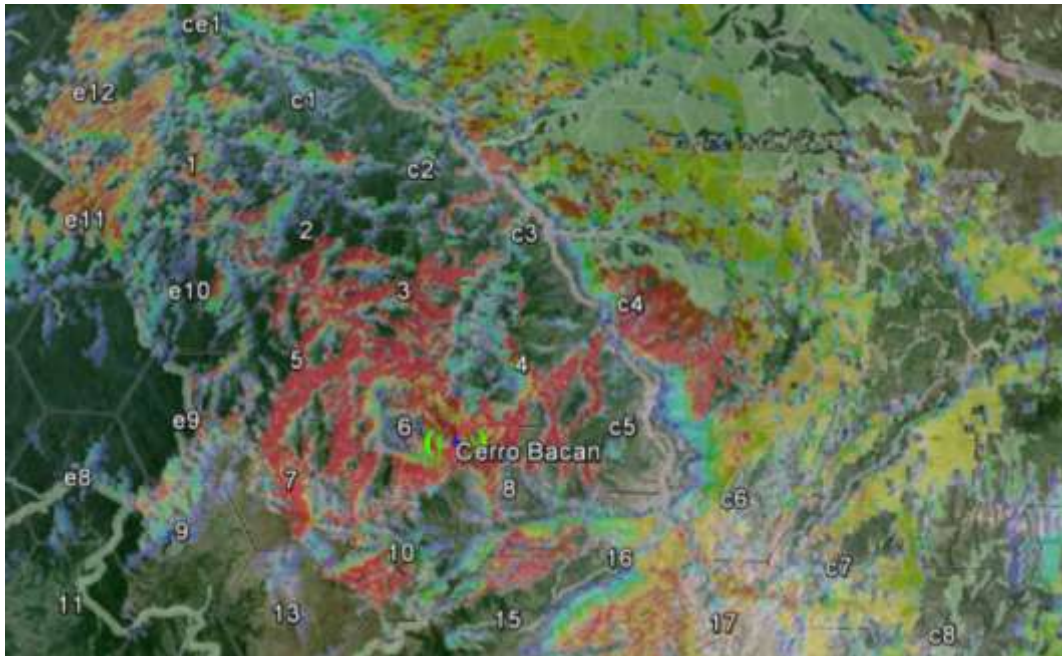
Como se observa en la Imagen 3.2 la cobertura entregada por la repetidora en Chuga amplia las comunicaciones de los CBPI en buen porcentaje incrementando los valores de señal en zonas específicas, pero también es cierto que la zona rural del cantón Pimampiro no es cubierta al 100%, particular presentado como se mencionó en el capítulo anterior por la topografía propia del lugar; aun así es un buen sitio a considerar para mejorar y ampliar las comunicaciones de los CBPI.

#### c. Bacán

Se ubica en el cantón Urcuqui en la parroquia La Merced de Buenos Aires aproximadamente a 3 horas desde la ciudad de Ibarra; para llegar al sitio existen caminos de tercer orden siendo el lugar de difícil acceso, por lo que se recomienda viajar en vehículos de doble tracción en el lugar no existe servicio de energía eléctrica por lo que se recomienda el uso de paneles solares.

La Imagen 3.3 presenta la ubicación del repetidor Bacán y su respectiva cobertura

**Imagen 3.3 Cobertura Repetidor Bacán**



Fuente: El Autor

La Imagen 3.3 muestra como la repetidora implementada en el cerro Bacán amplía las comunicaciones de los CBPI, claramente se observa que cubre las zonas rurales del cantón Urcuqui específicamente las parroquias de la Merced de Buenos Aires, Cahuasqui y complementa la cobertura parcial de algunas celdas en las mismas parroquias y en celdas de cobertura parcial del cantón Ibarra.

### **3.1.2. ANÁLISIS DE SITIOS RECOMENDADOS PARA IMPLEMENTACIÓN DE REPETIDORES**

Los sitios mencionados para la implementación son lugares que físicamente son accesibles y que además cumplan con el requisito fundamental de ampliación y mejoramiento de la cobertura de los sistemas de radio comunicación de los CBPI, en consecuencia se presenta el detalle de la cobertura entregada por cada repetidor mencionado en la Tabla siguiente.

**Tabla 3.5 Detalle de Cobertura de Repetidores a Implementarse en las celdas sin cobertura y con cobertura parcial**

CELIDAS SIN COBERTURA	Cantón (s)	Parroquias afectadas	Cobertura Vicente			Cobertura Chuga			Cobertura Bacán		
			SI	NO	Parcial	SI	NO	Parcial	SI	NO	Parcial
1	Ibarra / Urcuqui	Lita / M. buenos Aires		✓			✓				✓
2	Ibarra / Urcuqui	Lita / M. buenos Aires		✓			✓				✓
3	Ibarra / Urcuqui	Carolina / M. Buenos Aires		✓			✓				✓
5	Urcuqui	M. Buenos Aires		✓			✓				✓
6	Urcuqui	M. Buenos Aires, Cahuasqui		✓			✓		✓		
7	Urcuqui / Cotacachi	M. Buenos Aires / Imantag			✓		✓				✓
9	Cotacachi	Imantag, Apuela, Cuellaje	✓				✓				✓
11	Cotacachi	Cuellaje	✓				✓			✓	
12	Cotacachi	Apuela	✓				✓			✓	
13	Cotacachi	Apuela, Imantag	✓				✓			✓	
33	Cotacachi	Apuela, Plaza Gutierrez	✓				✓			✓	
35	Cotacachi / Otavalo	Plaza Gutierrez, Quiroga / Selva Alegre	✓				✓			✓	
36	Cotacachi / Otavalo	Vacas Galindo / Selva Alegre	✓				✓			✓	
37	Cotacachi	Peñaherrera, Cuellaje, Vacas Galindo	✓				✓			✓	
38	Cotacachi	Peñaherrera, García Moreno	✓				✓			✓	
39	Cotacachi / Otavalo	García Moreno, Vacas Galindo / Selva Alegre	✓				✓			✓	
40	Cotacachi	García Moreno	✓				✓			✓	
41	Cotacachi	García Moreno	✓				✓			✓	
42	Cotacachi	García Moreno	✓				✓			✓	
ce1	Ibarra, Urcuqui	Lita / M. buenos Aires		✓			✓				✓
c1	Ibarra	Lita		✓			✓				✓
p8	Otavalo	Selva Alegre	✓				✓			✓	
p9	Cotacachi	García Moreno	✓				✓			✓	
p10	Cotacachi	García Moreno	✓				✓			✓	
p11	Cotacachi	García Moreno	✓				✓			✓	
p12	Cotacachi	García Moreno	✓				✓			✓	
p13	Cotacachi	García Moreno			✓		✓			✓	
p14	Cotacachi	García Moreno			✓		✓			✓	
e1	Cotacachi	García Moreno			✓		✓			✓	
e2	Cotacachi	García Moreno			✓		✓			✓	
e3	Cotacachi	García Moreno			✓		✓			✓	
e4	Cotacachi	García Moreno			✓		✓			✓	
e5	Cotacachi	García Moreno, Peñaherrera	✓				✓			✓	
e6	Cotacachi	García Moreno, Peñaherrera, Cuellaje	✓				✓			✓	
e7	Cotacachi	Cuellaje	✓				✓			✓	
e8	Cotacachi	Cuellaje	✓				✓			✓	
e9	Cotacachi / Urcuqui	Imantag / M. Buenos Aires			✓		✓				✓
e10	Urcuqui	M. Buenos Aires		✓			✓				✓
e11	Urcuqui	M. Buenos Aires			✓		✓				✓
e12	Urcuqui	M. Buenos Aires		✓			✓				✓
CELIDAS CON COBERTURA PARCIAL	Cantón (s)	Parroquias afectadas	Cobertura Vicente			Cobertura Chuga			Cobertura Bacán		
			SI	NO	Parcial	SI	NO	Parcial	SI	NO	Parcial
4	Ibarra	Carolina		✓			✓				✓
8	Urcuqui	Cahuasqui		✓				✓			✓

10	Urcuqui / Cotacachi	Cahuasqui / Imantag	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	Urcuqui / Cotacachi	San Blas / Imantag	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21	Pimampiro	Pimampiro	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
24	Pimampiro	Mariano Acosta, Sigsipamba	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
26	Ibarra / Pimampiro	Angochagua / Mariano Acosta	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
34	Cotacachi	Quiroga	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
c2	Ibarra	Carolina	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
c3	Ibarra	Carolina	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
c5	Ibarra	Carolina	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
s1	Pimampiro	Sigsipamba	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
s2	Pimampiro	Sigsipamba	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
s3	Pimampiro	Sigsipamba, Mariano Acosta	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
p1	Ibarra / Pimampiro	Angochagua / Mariano Acosta	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
p2	Ibarra	Angochagua	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
p7	Otavallo	Selva Alegre	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: El Autor

La Tabla anterior muestra información valiosa referente a la cobertura de las zonas y lugares de las celdas analizadas en el anterior capítulo y que actualmente no poseen cobertura o que poseen cobertura parcial. La Tabla 3.5 presenta las 40 celdas sin cobertura y 17 celdas con cobertura parcial por parte de los actuales sistemas de radio comunicaciones de los CBPI, también muestra que al implementarse los 3 repetidores, de 40 celdas sin cobertura 24 de estas ya poseen cobertura total, y 16 celdas pasarían de no poseer cobertura a poseer cobertura parcial. En cuanto a las celdas que actualmente poseen cobertura parcial; de 17 celdas, 2 celdas ya obtendrían cobertura total y las restantes 15 celdas se mantienen con cobertura parcial, en resumen con la implementación de repetidores VHF de las 57 celdas presentadas en la Tabla 3.5 (30 celdas sin cobertura + 17 con cobertura parcial), 26 celdas pasan a poseer cobertura total y 31 celdas se mantienen con cobertura parcial.

### 3.2. COMUNICACIONES HF

La comunicación HF (High Frequency - Frecuencias Altas) está comprendida desde los 3 Mhz hasta los 30 Mhz, y se utilizan ampliamente para comunicaciones

de largo y mediano alcance, en promedio superiores a los 500 km de distancia entre las estaciones a comunicarse. Así como posee buenas características en cuanto a distancia se debe mencionar que el canal establecido es muy variable y depende de algunos factores para la correcta operatividad, como son, actividad solar, condiciones atmosféricas, época del año, distancia entre las estaciones, hora en la que se establece el enlace, capacitación del personal que instala y opera las radios, así como la instalación y correcta utilización de una antena apropiada.

El funcionamiento de las comunicaciones HF se basa en dos modos de propagación, onda terrestre y onda aérea

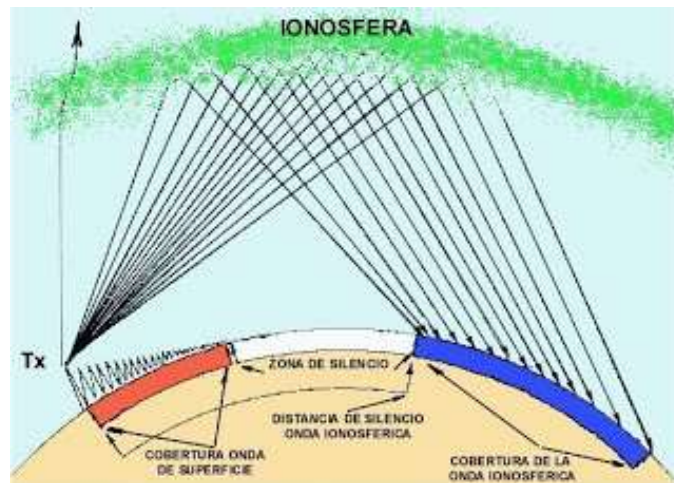
La trayectoria por onda aérea o como también se le conoce por la ionosfera es la utilizada para realizar enlaces a grandes distancias o también los conocidos DX; la ionosfera es un conjunto de capas por encima de los 15 km de altitud, desde los 60 a los 600 km donde el aire se encuentra ionizado y es un buen conductor de electricidad, la ionización no es igual y constante en toda la ionosfera, debido a la influencia de parámetros sobre la misma como la rotación de la Tierra, la formación de manchas solares, las erupciones solares y, la cantidad de radiación que de acuerdo a la hora del día o de la noche es variable. Lo importante para que la ionosfera funcione como un gran reflector es el número de iones por unidad de volumen, conocida como la densidad de ionización, y de este particular depende la mayor o menor propagación de las ondas. Además la densidad de ionización da origen a la formación de las conocidas capas de la ionosfera D, E, F1, y F2; las capas F1 y F2 solo existen y se forman en el día y en la noche forman una sola capa F; en consecuencia la estabilidad, operatividad y confiabilidad de un enlace HF es variable y muy dependiente de factores externos que no se puede controlar.

En comunicaciones HF existen las Zona de Silencio, las cuales hacen referencia a la zona o zonas donde la señal de la ionosfera emitida por la antena del equipo transmisor no llega; las condiciones principales para que se presente este particular están la frecuencia, la época del año, la actividad solar, la hora del día, es decir un equipo receptor HF puede estar dentro de la zona de silencio durante

varias horas en el día y luego encontrarse fuera de esta zona y recibir claramente la señal emitida por algún equipo transmisor.

En la Imagen 3.4, se puede observar este caso particular.

### Imagen 3.4 Zonas de Silencio propagación de una señal HF



Fuente: <http://oaradio.blogspot.com/2007/05/zona-de-silencio-skip-zone-muchas-veces.html>

La Imagen 3.4 muestra la propagación de una señal HF por onda ionosférica y onda terrestre, en la misma imagen se observa que existe una cobertura por onda terrestre, la cual podría cubrir en parte las zonas de silencio pero no en totalidad, porque en la práctica una zona de silencio comúnmente puede alcanzar de 50 a 500 km de distancia, la misma que por onda terrestre es prácticamente imposible cubrir. También es importante conocer que la polarización horizontal, ejerce una mayor atenuación a la onda en relación a la polarización vertical, en consecuencia se menciona a la propagación por onda vertical conocida como NVIS (Near Vertical Incidence Skywave - Onda de Incidencia Casi Vertical), la cual trabaja bajo el mismo concepto de propagación de onda utilizando la ionosfera pero con el particular que la antena del equipo transmisor debe radiar su energía con un ángulo muy elevado cercano al vertical, y se recomienda operar en frecuencias de 4 a 8.5 MHz en el día y en la noche de 2 a 4.5 MHz (Iranzo, 1990).

La comunicación HF, cuenta con la operación ALE (Automatic Link Established - Establecimiento Automático del Enlace), la cual se enfoca a trabajar bajo técnicas fáciles, rápidas y confiables para establecer un enlace de comunicación con otros equipos durante condiciones permanentes y cambiantes de la ionosfera.

En la Imagen 3.5 se observa el funcionamiento de ALE en equipos HF

**Imagen 3.5 Comunicación entre dos estaciones ALE**



Fuente: <http://www.seguret.mx/front/files/GUIA%20DE%20RADIO%202015.pdf>

En la Imagen 3.5 se observa una representación de los pasos para establecer un enlace utilizando ALE; primero el equipamiento de las estaciones a realizar en enlace deben poseer la característica ALE, segundo la estación A genera una llamada a la estación B por un canal de la red ALE, la señal es enviada y espera una respuesta o verificación por parte de la estación B, un ACK (Acknowledgement - Acuse de recibo), la estación B, responde con un ACK, espera respuesta por parte de la estación A, las dos estaciones determinan que existe un vínculo entre A y B, y se encuentran listas para transmitir.

En consecuencia ALE, facilita y en teoría deroga los requisitos de debían poseer los operadores de radios HF, de manera que ya no es indispensable por parte de los operadores poseer conocimientos avanzados de comunicaciones y equipamiento HF para poder trabajar en estas bandas. Sin embargo se menciona que es indispensable desarrollar un plan de frecuencias que sea operativo en una determina situación o escenario; es decir si el plan de frecuencias no es el adecuado incluso no se garantiza que exista comunicaciones aunque se recurra a modos avanzados como ALE.

Realizar un plan de frecuencias que sea operativo entre dos puntos puede ser fijo y fijo o móvil y fijo; al inicio depende de dos condiciones principales; que las frecuencias en el plan estén por debajo de la máxima frecuencia utilizable y que la SNR (Signal to Noise Ratio - Relación señal a ruido) sea superior dependiendo del modo de trabajo en que se opere; por ejemplo con modulaciones análogas SSB (Single Side Band - Banda Lateral Única), USB (Upper Side Band - Banda Lateral Superior) / LSB (Lower Side Band - Banda Lateral Inferior), la SNR es de 15 dB como mínimo y de 33 dB para lograr una comunicación con calidad buena (Pellejero, 2014). Como se mencionó anteriormente las comunicaciones por HF dependen de muchos factores por tal motivo es que la máxima frecuencia utilizable y la SNR sufrirán variaciones en todas las horas del día por lo que es más complejo determinar la frecuencia óptima de trabajo, además se debe tener en cuenta las horas en las que se va a operar, para seleccionar la máxima frecuencia utilizable en las mencionadas horas y posterior la frecuencia optima de trabajo; también se debe tomar en cuenta la ubicación de las estaciones, es decir si una de las estaciones es móvil y la otra es fija puede darse el caso que las frecuencias pueden ser operativas solo en una determinada o en determinadas posiciones, que en la práctica significa que para una comunicación entre dos puntos y a una hora determinada incluso dentro del plan de frecuencias, no se garantiza la operatividad al 100% del tiempo.

En consecuencia para realizar comunicaciones HF se tiene que considerar una gran cantidad de factores y adicionalmente estos factores pueden ser variables; y aunque existan programas de predicción para calcular enlaces HF basados en modelamientos estadísticos de observaciones de propagación como el W6ELProp, VOACAP; y con las herramientas, estudios, y análisis previos a la operatividad de un enlace; estos cálculos son solo predicciones y obviamente existirán variaciones en la propagación incluso en fracciones de hora. En consecuencia la experiencia junto a los conocimientos técnicos de las personas que operen un equipo HF para montar un enlace desempeña un papel demasiado importante para la operatividad de estas comunicaciones en situaciones de emergencia, es decir para establecer un enlace HF entre dos o más puntos, adicional al conocimiento de operación de

los equipos, antenas, y selección de frecuencias adecuadas, la destrezas y experiencia de los operadores son determinantes para la correcta operatividad.

En referencia al equipamiento HF la Imagen 3.6 muestra equipamiento recomendado para este tipo de comunicaciones.

**Imagen 3.6 Radio HF con función ALE**



Fuente: [http://www.icomcanada.com/products/landmobile/landmobile\\_ic-f8100.html](http://www.icomcanada.com/products/landmobile/landmobile_ic-f8100.html)

La Imagen 3.6 muestra el radio HF ICOM ICF8100 con función ALE integrada, en el cual es necesario utilizar en conjunto antenas, sintonizadores de antenas y fuentes de poder; la Tabla 3.6 muestra el equipamiento adicional necesario para la operatividad de los radios.

**Tabla 3.6 Equipamiento Adicional Radios HF**

Equipamiento	Modelo	Precio Referencial (USD)
Antena operación NVIS, incluye Sintonizador de Antena + Conectores y accesorios	AH-760	2350
Fuente de Poder	RS20ASBB	300

Fuente: Anexo 7

En la Tabla 3.8 se indica el equipamiento adicional necesario para comunicaciones HF, así como el precio de los mismos. El precio comercial del radio HF ICOM ICF8100 se encuentra en 3700, así mismo se deberá determinar la cantidad de estaciones que van a disponer de este equipamiento para determinar el costo total de la inversión.

### **3.3. COMUNICACIONES CELULARES**

Establecer una comunicación con un celular en un determinado lugar en la actualidad prácticamente se encuentra al alcance de todos, además es el medio de comunicación móvil sencillo y económico, se puede realizar una llamada a la central de mando, enviar mensajes a través de redes sociales, o instalar en los terminales celulares aplicaciones inteligentes como Push to talk, o Zello, la cual permite establecer comunicación con otro terminal, o con un grupo de terminales con funciones similares a las de PTT (PUSH TO TALK - Pulsar para Hablar) en radiocomunicación en cualquier parte del mundo únicamente con dos condiciones; la primera que el programa se encuentre instalado en el terminal, celular o computador; y la segunda que estos terminales tengan acceso a internet. El anterior ejemplo es solo una referencia de las múltiples aplicaciones y servicios que las comunicaciones celulares puede ofrecer y que los mismos pueden servir para coordinar atenciones en situaciones de emergencia.

La telefonía móvil está acompañada de un particular presente en todas las operadoras de este servicio, el cual es la falta de cobertura en zonas rurales y más aún en zonas rurales no pobladas, por tal motivo se debe conocer con exactitud la cobertura de este servicio en la provincia de Imbabura y, los servicios que pueden ofrecer las operadoras que funcionan en nuestro país y particularmente en la provincia.

Las operadoras que brindan el servicio de comunicaciones celulares son conocidas por su nombre comercial como Movistar, Claro, y CNT, en efecto se procede a verificar si existe cobertura de estas operadoras en los lugares donde las comunicaciones de los CBPI son no operativas; para lo cual se utiliza la herramienta creada por la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones) para teléfonos celulares llamada Señal Móvil Ecuador, la cual permite conocer los niveles de señal y la tecnología utilizada de cada operadora en un determinado lugar.

En la Imagen 3.7 se muestra la aplicación Señal Móvil Ecuador trabajando en la toma de coberturas en la provincia de Imbabura.

**Imagen 3.7 Aplicación Señal Movil Ecuador**



Fuente: El Autor

Con la aplicación señal móvil Ecuador se realizó la verificación de cobertura en las celdas que actualmente no poseen cobertura o poseen cobertura parcial por parte de las comunicaciones electrónicas de los CBPI. La Tabla 3.7, muestra la información respectiva.

**Tabla 3.7 Cobertura de las Operadoras Móviles en las celdas sin cobertura de la Provincia de Imbabura**

CELDAS SIN COBERTURA	Cantón (s)	Parroquias afectadas	Movistar		Claro		CNT	
			Cobertura	Señal (dBm)	Cobertura	Señal (dBm)	Cobertura	Señal (dBm)
1	Ibarra / Urcuqui	Lita / M. buenos Aires	NO	-	NO	-	NO	-
2	Ibarra / Urcuqui	Lita / M. buenos Aires	NO	-	NO	-	NO	-
3	Ibarra / Urcuqui	Carolina / M. Buenos Aires	NO	-	NO	-	NO	-
5	Urcuqui	M. Buenos Aires	NO	-	NO	-	NO	-
6	Urcuqui	M. Buenos Aires,	NO	-	NO	-	NO	-

		Cahuasqui						
7	Urcuqui / Cotacachi	M. Buenos Aires / Imantag	NO	-	NO	-	NO	-
9	Cotacachi	Imantag, Apuela, Cuellaje	NO	-	NO	-	NO	-
11	Cotacachi	Cuellaje	NO	-	NO	-	NO	-
12	Cotacachi	Apuela	NO	-	NO	-	NO	-
13	Cotacachi	Apuela, Imantag	NO	-	NO	-	NO	-
33	Cotacachi	Apuela, Plaza Gutierrez	NO	-	NO	-	NO	-
35	Cotacachi / Otavalo	Plaza Gutierrez, Quiroga / Selva Alegre	SI EDGE	-91	SI EDGE	-90	NO	-
36	Cotacachi / Otavalo	Vacas Galindo / Selva Alegre	SI EDGE	-89	SI EDGE	-67	NO	-
37	Cotacachi	Peñaherrera, Cuellaje, Vacas Galindo, Apuela	NO	-	SI EDGE	-87	NO	-
38	Cotacachi	Peñaherrera, García Moreno	NO	-	SI EDGE	-90	NO	-
39	Cotacachi / Otavalo	García Moreno, Vacas Galindo / Selva Alegre	NO	-	SI EDGE	-83	NO	-
40	Cotacachi	García Moreno	SI EDGE	-93	SI EDGE	-86	NO	-
41	Cotacachi	García Moreno	NO	-	NO	-	NO	-
42	Cotacachi	García Moreno	NO	-	NO	-	NO	-
ce1	Ibarra, Urcuqui	Lita / M. buenos Aires	SI EDGE	-86	SI EDGE	-87	NO	-
c1	Ibarra	Lita						
p8	Otavalo	Selva Alegre	SI EDGE	-99	SI EDGE	-77	NO	-
p9	Cotacachi	García Moreno	SI EDGE	-99	SI EDGE	-85	NO	-
p10	Cotacachi	García Moreno	NO	-	NO	-	NO	-
p11	Cotacachi	García Moreno	NO	-	NO	-	NO	-
p12	Cotacachi	García Moreno	NO	-	NO	-	NO	-
p13	Cotacachi	García Moreno	NO	-	NO	-	NO	-
p14	Cotacachi	García Moreno	NO	-	NO	-	NO	-
e1	Cotacachi	García Moreno	NO	-	NO	-	NO	-
e2	Cotacachi	García Moreno	NO	-	NO	-	NO	-
e3	Cotacachi	García Moreno	NO	-	NO	-	NO	-
e4	Cotacachi	García Moreno	NO	-	NO	-	NO	-
e5	Cotacachi	García Moreno, Peñaherrera	NO	-	NO	-	NO	-
e6	Cotacachi	García Moreno, Peñaherrera, Cuellaje	NO	-	NO	-	NO	-
e7	Cotacachi	Cuellaje	NO	-	NO	-	NO	-
e8	Cotacachi	Cuellaje	NO	-	NO	-	NO	-
e9	Cotacachi /	Imantag / M. Buenos	NO	-	NO	-	NO	-

	Urcuqui	Aires						
e10	Urcuqui	M. Buenos Aires	NO	-	NO	-	NO	-
e11	Urcuqui	M. Buenos Aires	NO	-	NO	-	NO	-
e12	Urcuqui	M. Buenos Aires	NO	-	NO	-	NO	-
CELDAS CON COBERTURA PARCIAL	Cantón (s)	Parroquias afectadas	Movistar		Claro		CNT	
			Cobertura	Señal (dBm)	Cobertura	Señal (dBm)	Cobertura	Señal (dBm)
4	Ibarra	Carolina	NO	-	NO	-	NO	-
8	Urcuqui	Cahuasqui	NO	-	SI EDGE	-89	NO	-
10	Urcuqui / Cotacachi	Cahuasqui / Imantag	NO	-	NO	-	NO	-
14	Urcuqui / Cotacachi	San Blas / Imantag	SI UMTS	-88	SI UMTS	-87	SI UMTS	-89
21	Pimampiro	Pimampiro	SI HSPA	-75	SI EDGE	-75	SI HSPA	-89
24	Pimampiro	Mariano Acosta, Sigsipamba	NO	-	SI EDGE	-75	NO	-
26	Ibarra / Pimampiro	Angochagua / Mariano Acosta	NO	-	NO	-	NO	-
34	Cotacachi	Quiroga	SI HSPA	-87	SI EDGE	-81	SI HSPA	-88
c2	Ibarra	Carolina	NO	-	NO	-	NO	-
c3	Ibarra	Carolina	NO	-	NO	-	NO	-
c5	Ibarra	Carolina	NO	-	SI EDGE	-87	NO	-
s1	Pimampiro	Sigsipamba	NO	-	NO	-	NO	-
s2	Pimampiro	Sigsipamba	NO	-	NO	-	NO	-
s3	Pimampiro	Sigsipamba, Mariano Acosta	NO	-	NO	-	NO	-
p1	Ibarra / Pimampiro	Angochagua / Mariano Acosta	NO	-	SI EDGE	-85	SI EDGE	-92
p2	Ibarra	Angochagua	SI HSPA	-85	SI HSPA	-87	SI HSPA	-87
p7	Otavalo	Selva Alegre	NO	-	SI EDGE	-88	NO	-

Fuente: El Autor

La Tabla 3.7 presenta información de la situación real de cobertura en las zonas pobladas de las parroquias afectadas. Además se indica los niveles de señal respectivos; los mismos que de acuerdo al nivel verificado la institución reguladora los clasifica como: "iguales o mayores a -85 dBm se clasifica como una buena

recepción de señal, si el nivel de señal es menor a -85 dBm y mayor o igual a -98 dBm se clasifica como una regular recepción de señal, se puede experimentar problemas con las llamadas y servicios que ofrece la operadora, mientras que para niveles menores a -98 dBm, es muy difícil establecer una comunicación estable.” (ARCOTEL, 2015).

Se aclara que la información presentada en los casos donde se indica que existe cobertura, se refiere solo a los lugares de las parroquias donde existe mayor asentamiento de población, es decir en ningún caso existe cobertura total en toda la extensión de territorio de los lugares y celdas analizadas.

Como se mencionó anteriormente las comunicaciones a través de operadoras móviles en la actualidad son las redes con mayor facilidad de uso y económicas. Sin embargo la cobertura a la que se hace referencia en este tipo de redes está enfocada a los lugares densamente poblados, dejando de lado la operatividad de lugares y zonas donde no existe población, dando lugar a que una atención presentada en los lugares sin cobertura de estas redes y que la comunicación de emergencia se realice a través de la misma sea no operativa.

### **3.4. COMUNICACIONES SATELITALES**

Sin duda la comunicación a través de enlaces satelitales son una respuesta lógica a los lugares de difícil acceso y que no poseen cobertura por sistemas tradicionales de comunicaciones como telefonía fija y móvil, radiocomunicación, fibra óptica, etc.

Para que esta tecnología pueda formar parte de las opciones para los lugares sin cobertura de la provincia de Imbabura debemos hacer referencia a equipos de tamaño moderado, fácil de transportar, y además cumplir con el requisito de fácil operación.

En la actualidad las comunicaciones por satélite presentan múltiples beneficios frente a las distintas alternativas de comunicaciones terrestres; como la operatividad en todo el mundo, soporte de aplicaciones como correo electrónico,

navegación web, transacciones, voz, video, multimedia, es decir se presentan como soluciones de última milla, además la instalación de un terminal satelital en la actualidad está alcanzando el concepto de Plug & Play, lo cual permite a las empresas, instituciones o personas expandir de forma fácil sus redes de comunicaciones electrónicas.

Como contraparte a las ventajas de uso de comunicaciones satelitales se encuentra lo siguiente:

El equipamiento a adquirirse posee un costo elevado frente a soluciones de comunicaciones terrenas, el precio de los planes de acceso a la red son mayores en comparación frente a la soluciones de comunicaciones terrestres.

Las frecuencias de operación en comunicaciones satelitales son las mostradas en la Tabla 3.8

**Tabla 3.8 Frecuencias de Operación Comunicaciones Satelitales**

Banda	Frecuencias (GHz)		Uso	Características
	Up	Down		
<b>L</b>	1,61 – 1,66  1,93 – 2,01	1,41 – 1,61	Servicio de voz, móvil, video y datos, sistemas de navegación	Servicios móviles por satélites, ofrece operaciones globales incluso en condiciones climáticas desfavorables, brindando cobertura sin interrupciones ofreciendo comunicaciones estables de banda ancha a los usuarios.
<b>C</b>	5,95 – 6,425	3,7 – 4,2	Distribución de video, redes de voz, VSAT, video y datos, servicios fijos por satélite	Presenta buen rendimiento en condiciones climáticas adversas, mejor rendimiento en recepción en comparación con la banda Ku, equipamiento y desarrollo tecnológico de bajo costo
<b>Ku</b>	12,75– 13,25 14 – 14,5	10,7 -12,75	redes VSAT, video y datos, Broadcast digital por satélite DBS, Servicios Fijos por Satélite	Comúnmente utilizada para servicios fijos por satélite, antenas de clientes de tamaño reducido, una de las principales aplicaciones la televisión, es susceptible a degradación de la señal por condiciones climáticas.
<b>Ka</b>	27,5 – 31	17,2 – 21,2	sistemas de radar, vehículos aéreos no tripulados, servicios de control de tráfico, comunicación entre satélites, aplicaciones comerciales VSAT	Particularmente se la conoce por su alta directivita de su haz, permitiendo que los usuarios utilicen terminales con antenas más pequeñas, además orientada a una gran capacidad de descarga de datos

Fuente: El Autor

En cuanto a equipamiento y alternativas de comunicación satelital se menciona a la telefonía satelital y al servicio de internet satelital; para los cuales existen varias opciones de equipamientos y también servicios adicionales disponibles para los usuarios. A continuación se mencionan los equipos que pueden formar parte de las soluciones para lugares sin cobertura.

### **3.4.1. TELÉFONOS SATELITALES**

En la actualidad la comunicación a través de teléfonos satelitales es práctica, fácil y de tamaño reducido, es decir se puede estar preparado para un desastre natural en cualquier parte del planeta utilizando un teléfono satelital con saldo vigente, además tomar en cuenta el estado de las baterías, poseer una lista de contactos con números vigentes. También se debe mantener una planificación de mantenimiento, capacitación y uso de protocolos adecuados para el equipamiento y las personas que utilicen esta tecnología.

Existen varias redes de telefonía satelital móvil que brindan servicio, entre las principales se nombra a Iridium, Inmarsat, y Globalstar; a continuación se menciona características de las mismas.

**IRIDIUM.**- red satelital con gran número de satélites de órbita baja, LEO (Low Earth Orbit - Órbita Terrestre Baja). Es una empresa privada con su sede principal en Maryland USA, provee soluciones globales satelitales para comunicaciones de voz y datos, con cobertura en todo el planeta incluyendo regiones polares.

Iridium es una red muy estable mientras exista línea de vista despejada, la comunicación se realiza casi de forma instantánea, sin realizar ajustes de la antena con precisión, el equipamiento de Iridium es conocido por ser muy robusto, en contraparte se encuentra el elevado costo del equipamiento.

En la Imagen 3.8, se muestra uno de los equipos que opera con la red Iridium y que puede formar parte para la solución de los lugares sin cobertura de comunicaciones de los CBPI.

**Imagen 3.8 Teléfono Satelital red Iridium**



Fuente: <https://www.iridium.com/products/details/iridium9555>

La Imagen 3.8 muestra el teléfono satelital Iridium 9555, entre sus principales características se encuentra, reducido tamaño 14.3 x 5.5 x 3.1 cm (A x A x E), duración de batería en reposo hasta 30 horas, en llamadas hasta 4 horas, capacidad de envío de mensajes de texto 160 caracteres, mensajes de correo electrónico con transferencia de datos 2.4 Kbps, acceso a la red a través de SIM (SUBSCRIBER IDENTITY MODULE - Modulo de Identidad del Suscriptor), planes postpago y prepago.

**INMARSAT.-** Posee una red de varios satélites en de orbita GEO, la experiencia de esta operadora esta por más de 30 años de servicio, reconocidos a nivel mundial como pioneros en este tipo de comunicaciones, ofrece servicios satelitales móviles y fijos de voz y datos en casi todo el planeta.

Inmarsat cuenta con equipos de menor costo que Iridium, una de las características que promueve este operador es que una vez establecido el enlace de comunicación, es muy confiable y casi imposible que se interrumpa, posee cobertura mundial exceptuando las zonas polares, en contra parte se menciona que se debe mantener línea de vista directa hacia los satélites de Inmarsat. En la Imagen 3.9, se muestra un equipo de telefonía satelital de Inmarsat que puede

formar parte de las soluciones para los lugares sin cobertura de comunicaciones de los CBPI.

**Imagen 3.9 Teléfono Satelital Inmarsat**

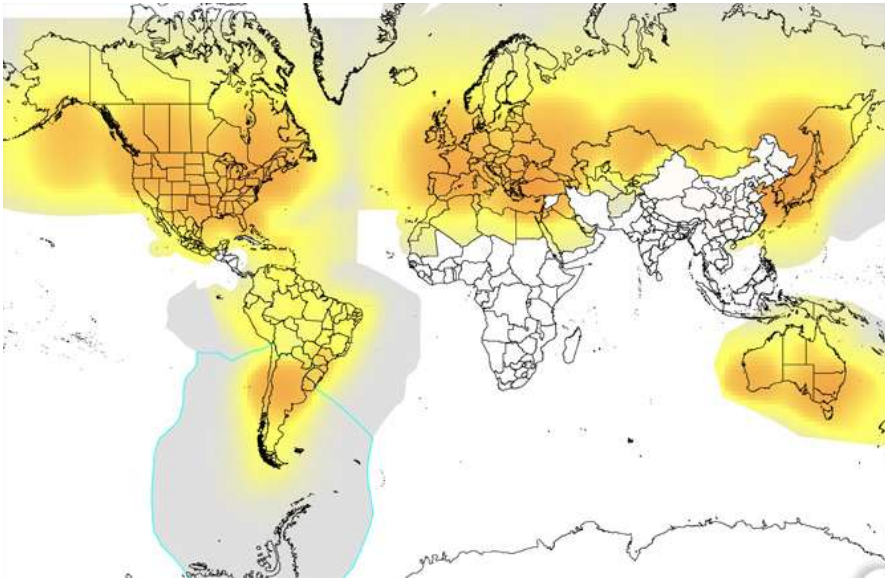


Fuente: <http://www.inmarsat.com/isatphone>

La Imagen 3.9, muestra el teléfono satelital Isatphone 2, entre las principales características se encuentran, cobertura mundial excepto en los polos, equipo robusto grado de protección IP65, registro en la red menor a 45 segundos, duración de 8 horas en llamadas y hasta 160 horas en espera, ubicación mediante GPS, tamaño 16.9 x 52 x 36 cm (L x A x E), acceso a la red a través de SIM card, planes postpago y prepago, alerta de llamada entrante con la antena plegada.

**GLOBALSTART**.- es una red más nueva que Iridium, posee un menor número de satélites, con cobertura en más de 120 países, ofrece servicios satelitales fijos y móviles de voz y datos, con una red de satélites en la órbita LEO, Globalstart no se encuentra disponible en todo el mundo, la Imagen 3.10, muestra la representación de la cobertura de Globalstart.

**Imagen 3.10 Cobertura Satelital Globalstar**



Fuente: <http://la.globalstar.com/sp/index.php?cid=101&sidenav=85>

Globalstar opera en forma parcial en el mundo, como se observa en la Imagen 3.10, las zonas de color naranja experimentan una excelente cobertura y servicio, las zonas en amarillo los clientes experimentan señales débiles, la zona gris hace referencia a una señal más débil incluso que en las zonas amarillas.

En la Imagen 3.11 se muestra un equipo de telefonía satelital que utiliza la red Globalstar.

**Imagen 3.11 Teléfono Satelital Globalstar**



Fuente:[http://la.globalstar.com/sp/shop/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=1&products\\_id=39](http://la.globalstar.com/sp/shop/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=39)

La Imagen 3.11 muestra el teléfono satelital GSP -1700, entre las principales características se encuentran, teléfono con tamaño más reducido con dimensiones 13,5 x 5,5 x 3,7 cm (L x A x E), presenta 4 horas de duración en llamadas, y 36 horas en modo espera, posee características para envío de correo electrónico, navegación por Internet.

### **3.4.2. INTERNET SATELITAL**

La banda ancha satelital permite acceder a Internet, y en la actualidad se encuentra al alcance de todos gracias a las redes de operadoras de servicio mencionadas anteriormente Inmarsat, Iridium, y Globalstar. Además el gran despliegue tecnológico ayuda a que exista una extensa oferta de equipamiento, entre los cuales resaltan dos opciones para establecer un enlace a Internetsatelital en lugares alejados y sin cobertura por parte de los usuarios; los terminales VSAT (Very Small Aperture Terminal - Terminal de Apertura Muy Pequeña) y los terminales BGAN (Broadband Global Area Network - Red de Banda Ancha Global).

VSAT y BGAN, son servicios de comunicación por satélite que actualmente se encuentran vigentes y generan competencia entre ellos, las características y diferencias de los dos se mencionan a continuación.

- Las antenas de VSAT necesitan una instalación más compleja y están orientadas más a instalaciones fijas, mientras que las antenas BGAN se instalan con más facilidad pudiendo usar la movilidad, en consecuencia es sumamente fácil la operación del equipo porque no requiere un posicionamiento tan preciso como en VSAT, en el cual se necesita apuntar a puntos muy precisos en el cielo por lo que en temas de movilidad VSAT es muy costoso.
- BGAN es un servicio propio de Inmarsat por lo que se posee cobertura mundial, mientras que VSAT está orientado y trabaja más a nivel regional, por lo que es importante conocer con exactitud la cobertura de la operadora satelital en los lugares donde se requiera utilizar este servicio.
- BGAN utiliza el espectro en la banda L, la cual no sufre cambios debido a las condiciones climáticas, mientras que VSAT trabaja en bandas que no son inmunes a las condiciones climáticas como las bandas Ka y Ku.
- VSAT se puede considerar mejor elección cuando se va a realizar una instalación permanente, que demanda un considerable ancho de banda como muchos usuarios de internet en una empresa, compañía o escuela en lugares remotos, mientras tanto BGAN es más adecuado para situaciones eventuales y que se requiera montar una oficina móvil o lugar de trabajo, como son los casos relacionados con emergencias, acciones militares etc., en estos caso se requiere instalación y movilidad sumamente fácil.
- La cantidad de datos que se requiere transmitir y recibir está relacionado directamente con el costo y con la complejidad de operación del equipamiento; BGAN ofrece servicios IP (Internet Protocol – Protocolo de Internet) estándar simétricos y asimétricos con velocidades de conexión seleccionables desde 32 a 384 Kbps, VSAT también ofrece acceso simétrico y asimétrico desde 64 Kbps hasta múltiples Mbps, es decir si es necesario un gran ancho de banda para acceso a internet VSAT es la solución.

Las diferencias entre los dos equipos son muy marcadas, y al hacer referencia a establecer comunicaciones en lugares sin cobertura de los CBPI y con características de fácil manejo de equipamiento, inmunidad a efectos climáticos, bajo costo de equipos, transmisión y recepción de datos eventuales, la mejor opción es BGAN.

El servicio con terminales BGAN ofrece una clasificación de equipamiento de acuerdo a la velocidad en bps, la Tabla 3.9 presenta información relacionada a este tipo de clasificación.

**Tabla 3.9 Clases de servicio BGAN**

Clase	Download Conexión Estándar	Upload Conexión Estándar	Conexión Streaming Simétrica 1:1
<b>Class 3</b>	348 Kbps	240 Kbps	32 Kbps, 64 Kbps
<b>Class 2</b>	464 Kbps	448 Kbps	32 Kbps, 64 Kbps, 128 Kbps
<b>Class 1</b>	492 Kbps	492 Kbps	32 Kbps, 64 Kbps, 128 Kbps, 256 Kbps, 450Kb
<b>Class 1 HDR(HIGH DATE RATE - Alta Velocidad de Datos)</b>	492 Kbps	492 Kbps	32 Kbps, 64 Kbps, 128 Kbps, 256 Kbps, 450Kbps , 650 Kbps

Fuente: [http://www.groundcontrol.com/BGAN\\_Class\\_Type.htm](http://www.groundcontrol.com/BGAN_Class_Type.htm)

La Tabla 3.9 muestra información de las conexiones de los equipos de acuerdo a su clase, también indica que las mismas se pueden realizar de forma estándar y streaming; una conexión estándar se refiere a que muchos usuarios pueden compartir la conexión de datos, este tipo es ideal para conexiones TCP/IP con tráfico como correo electrónico, transferencia de archivos, y acceso a internet o intranet y los usuarios pagan por la cantidad de datos enviados y recibidos; mientras que una conexión streaming es utilizada para conexiones con alta prioridad y para aplicaciones críticas como video sobre IP, en esta modalidad los usuarios pagan por la duración de la conexión.

La Imagen a continuación muestra opciones de equipamiento BGAN.

**Imagen 3.12 Terminales Satelitales BGAN**



Fuente: <http://www.groundcontrol.com/BGAN.htm>

En la Imagen 3.12 (a), se muestra el terminal satelital BGAN Explorer 510 y en la Imagen 3.12 (b) el terminal BGAN Hughes 9211, las características de estos equipos se mencionan en la Tabla 3.10.

**Tabla 3.10 Características equipos BGAN**

Equipo	Clase	Wifi	Llamadas y mensajes de texto	Interface de Datos	Duración de Batería	Grado de protección	Tamaño L X A x E / Peso	Antena Externa	Otras Características
Explorer 510	Class2	SI B,G,N	SI, 160 caracteres mensajes	USB a Ethernet o WIFI	36 horas	IP 66	19.5 x 19.5 x 4 cm / 1.4 kg.	NO	Función teléfono satelital, a través de app en Smartphone. EIRP 15.1 dB. Función de Conexión a redes celulares, próximamente actualización de firmware y dongle.
Hughes 9211	Class1	SI	SI, 160 caracteres mensajes	1 puerto Ethernet, 2 puertos RJ11	36 horas	IP 55, MIL-SPEC 810B	22.75 x 28.75 x 5 cm / 1.9 kg.	SI	Función teléfono satelital, conector RJ11 EIRP 15.1 dB. Soporte BGAN HDR, video streaming 650 Kbps. antena externa función de acceso a la red en movimiento

Fuente: [http://www.groundcontrol.com/BGAN\\_Terminal\\_Comparison\\_Chart.htm](http://www.groundcontrol.com/BGAN_Terminal_Comparison_Chart.htm).

### **3.5. COMPARACIÓN DE SOLUCIONES DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS**

En los puntos anteriores se presentaron las soluciones más prácticas a implementarse para lograr establecer comunicaciones en los lugares sin cobertura por parte de los sistemas de comunicaciones de los CBPI.

Antes de establecer y analizar las posibles soluciones se presenta los requerimientos indispensables que deben cumplir las soluciones propuestas, y en base a estos requerimientos se recomendará la solución más adecuada de manera particular para los CBPI.

Las cuatro soluciones presentadas se basan en Repetidores Digitales en la banda VHF, Comunicaciones HF, Comunicaciones Celulares, y Comunicaciones Satelitales.

Como se menciona al inicio del presente capítulo, la solución o soluciones de radiocomunicación deben cumplir con el requisito de última milla, entiéndase en este contexto última milla, al enlace por cualquier medio entre la central o estación fija coordinadora y los actores de las atenciones de emergencia que son los vehículos, y el personal paramédico, rescatistas o bomberos que atienden las emergencias. En consecuencia se menciona los principales requisitos a cumplir por parte de las soluciones de comunicaciones electrónicas.

#### **3.5.1. INSTALACIÓN Y OPERACIÓN**

Cuando se presenta una atención de emergencia, esta sucede de forma imprevista, no se puede obtener un patrón que modele donde, cuando y a qué hora va suceder un accidente o atención, obviamente en base a estadísticas presentadas en el capítulo 1, se conoció que la mayoría de atenciones se presentan en las zonas urbanas con más demanda de población, este particular hace aún más complicado, el mantener operativo un sistema de comunicaciones

electrónicas en lugares donde no se frecuentan atenciones, por el mismo echo de la instalación y operación del equipamiento necesario en los mencionados lugares, por tal motivo, las soluciones deben cumplir con el requisito indispensable de instalación de un sistema de comunicaciones electrónicas en cuestión de minutos, y sin conocimientos técnicos avanzados. En atenciones de emergencias por lo general acuden un vehículo, con el chofer encargado, un paramédico y en ocasiones un rescatista, cuando la atención demanda de más recursos acuden más vehículos, y en cada vehículo acuden por lo general el personal antes mencionado, y se establece un perímetro de trabajo para la atención de la debida emergencia. En consecuencia se analiza el proceso de instalación y operación de cada una de las soluciones planteadas.

#### **3.5.1.1. Instalación y Operación: Repetidores Digitales VHF**

Para realizar la instalación de un repetidor Digital VHF en un lugar eventual, se debe considerar que se necesita de personal por los menos con conocimientos técnicos básicos, además del equipamiento necesario como antenas, duplexor, repetidor, cables de conexión, enlaces de datos necesarios para la conexión con los sistemas de los CBPI, además de verificar si existe línea de vista con algunos de los nodos de comunicación de los CBPI para lograr la integración a la estaciones centrales o coordinadoras. Un repetidor VHF está orientado a operar de manera continua mas no como solución temporal.

#### **3.5.1.2. Instalación y Operación: Comunicaciones HF**

La comunicación HF, es la opción terrena masificada para lograr comunicarse cuando los sistemas tradicionales de comunicación presenta algún problema, pero también este tipo de comunicación como se mencionó anteriormente es muy difícil de operar e instalar para personas sin un perfil técnico, como el personal que acude a atender las emergencias. Este equipamiento por lo mínimo requiere de conocimientos técnicos, porque deben ser ajustados constantemente por cambios

en la atmósfera, según la hora del día, la época del año, y el plan de frecuencias que se disponga, además necesitan de abundante energía, para trabajar por lo que no suelen ser portátiles y si son portátiles son muy pesados para transportar en relación a un radio convencional y más aun a los celulares.

### **3.5.1.3. Instalación y Operación: Comunicaciones Celulares**

Las comunicaciones celulares son el medio de comunicación que actualmente está masificado en todo el mundo, como se conoce es muy fácil de operar no necesita de instalaciones complicadas, y no requiere de conocimientos técnicos para utilizar este medio de comunicación electrónico. La Operación de estas redes como se menciona anteriormente, está enfocado a los lugares densamente poblados, por tal motivo es una opción bastante aceptable, al operar en estos lugares y sin realizar ninguna instalación adicional por parte de los usuarios.

### **3.5.1.4. Instalación y Operación: Comunicaciones Satelitales**

En la actualidad el operar un terminal satelital para comunicación de voz o datos, es sumamente fácil, similar a la operación de un terminal para comunicaciones celulares, no se necesita de equipamiento adicional o conocimientos técnicos para su funcionamiento y como se menciona anteriormente en la actualidad este tipo de comunicaciones ya cuentan con el concepto de última milla para usuarios personales y corporativos.

### **3.5.2. COBERTURA**

La cobertura de las soluciones presentadas debe cumplir con el requisito de brindar comunicación en los lugares donde las comunicaciones por parte de los CBPI no son operativas, además se debe considerar la movilidad, entiéndase como movilidad no al desplazamiento en vehículos sino que, la solución debe

dotar de comunicación con equipos portátiles que fácilmente pueden ser llevados por las personas que atienden las emergencias, bomberos, paramédicos, rescatistas, etc., Al lugar mismo de la atención el cual en muchas ocasiones solo es accesible caminando; es decir no solo lograr cobertura desde una estación fija, sino que esta cobertura por lo menos debe extenderse en un radio prudente en referencia al lugar en donde se atiende la emergencia. A continuación se analiza la cobertura de las soluciones planteadas en el presente trabajo.

#### **3.5.2.1. Cobertura: Repetidores Digitales VHF**

Como se indicó en la Tabla 3.5 Detalle de Cobertura de Repetidores a Implementarse en las celdas sin cobertura y con cobertura parcialTabla 3.5, el implementar esta solución, ayuda en gran cantidad a ampliar la cobertura de los CBPI, pero también la implementación de esta solución en parte es contraproducente a la solución buscada, porque aun posterior a la instalación al igual que los sistemas de tradicionales de comunicaciones electrónicas todavía existen lugares donde no se garantiza la cobertura como son las celdas indicadas en la misma Tabla 3.5 como celdas con cobertura parcial, las mismas que dentro de su área de extensión presentan lugares donde la cobertura por parte de la solución de repetidores VHF no es operativa.

#### **3.5.2.2. Cobertura: Comunicaciones HF**

Para que la solución a través de comunicaciones HF, en toda la extensión de la provincia de Imbabura sea operativa, se debe cumplir con el parámetro mismo de análisis, *la cobertura*, la cual debe encontrarse operativa a lo largo y ancho de la provincia en mención, y como se analizó anteriormente, las comunicaciones HF, están enfocadas a distancias largas, por arriba de los cientos de kilómetros, y además que las mismas generan zonas de sombra que fácilmente podrían alcanzar la mitad de la provincia, en consecuencia se recomienda esta solución

siempre y cuando se utilice equipamiento especial para lograr comunicaciones HF a cortas distancias, como son las antenas y todo el sistema NVIS.

### **3.5.2.3. Cobertura Comunicaciones Celulares**

Sin duda la telefonía móvil es el medio de comunicación orientado a usuarios comunes que más cobertura posee, cuenta con cobertura en los lugares donde más densidad de población existe, dejando en segundo plano los lugares rurales y en el abandono a las zonas o lugares donde no existe o casi no existe población. La Tabla 3.7 indica los niveles de señal, y si existe o no este servicio en las celdas sin cobertura por parte de las comunicaciones de los CBPI, obteniendo como resultado que existe cobertura en algunos lugares donde los CBPI no poseen cobertura como la zona de Apuela en la celda 12, 13 y 33, pero también existen lugares y celdas en las cuales no existe el servicio de comunicación celular.

### **3.5.2.4. Cobertura: Comunicaciones Satelitales**

Este tipo de comunicaciones es operativa en todo el mundo, no existe límite geográfico en donde no se puede realizar una llamada satelital, o realizar una conexión de datos, como se mencionó anteriormente el único requisito es tener línea de vista directa hacia el cielo sin obstáculos, y obviamente cada vehículo o persona debe poseer un terminal satelital más el servicio activado para este tipo de comunicaciones.

### **3.5.3. COSTO DE IMPLEMENTACIÓN/OPERACIÓN**

Es un parámetro muy importante para tomar una decisión de la solución a implementar se debe considerar muy particularmente el factor económico. Los CBPI no poseen un presupuesto amplio que permita dotar de equipamiento a todos los vehículos y personal; tal y como se indicó en la situación actual de los

CBPI analizada en el Capítulo 1, aun así para realizar inversiones se prioriza y dentro de estas prioridades se debe tomar en cuenta las comunicaciones ya que son consideradas como herramientas básicas para la atención de emergencias, en consecuencia se debe conocer el costo de la implementación de estas soluciones para la atención de emergencias en lugares sin cobertura.

### 3.5.3.1. Costo de Implementación/Operación: Repetidores Digitales VHF

En el numeral 3.1, se mencionó tres lugares adicionales para la ubicación de las repetidoras, en consecuencia se menciona el costo de la implementación.

**Tabla 3.11 Costo de Implementación de Repetidores Digitales VHF**

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Repetidores Digitales DGR 6175	3	2500	7500
2	Duplexores 4 cavidades, Q2220E incluye cable de arnes para conexión y conectores tipo N duplex-rep	3	2200	6600
3	Antena Offset 4 dipolos, incluye conectores RF tipo N	3	350	1050
4	Cable Heliax m.	60	15	900
5	Baterías de respaldo de energía 100 Ah	6	350	2100
6	Cargadores de Batería	3	190	570
7	Enlaces de Datos	4	2700	10800
8	Pararrayos y sistema de conexión a tierra	3	2000	6000
9	Gabinetes para exteriores	3	800	2400
10	Switch capa 2 8 puertos	3	150	450
11	Cámaras de video vigilancia	3	450	1350
12	Torre soportada instalada 18 metros	3	3100	9300
13	Obra civil	3	2500	7500
<b>TOTAL</b>				<b>56520</b>

Fuente: Cuerpo de Bomberos Ibarra, 2014. Nodos de Radio Comunicación VHF Proyecto Cobertura de la cuenca del río Lita y río Mira

En la Tabla 3.11, se detalla los valores del equipamiento necesario para esta solución, tomando en cuenta que el costo de configuración, análisis, administración, mantenimiento y puesta en operatividad de esta solución, es realizada por el personal técnico que labora en el CBPI.

### 3.5.3.2. Costo de Implementación u Operación: Comunicaciones HF

El equipamiento necesario para operar e implementar un sistema en HF se compone de por los menos 2 estaciones, una fija ubicada en la estación base de control, y una móvil que se ubica en el auto de rescate; el cual debe acudir siempre a las emergencia en lugares donde no exista cobertura. En la tabla siguiente se menciona el valor de implementación.

**Tabla 3.12 Costo de Implementación de Radiocomunicación HF**

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Radio estación fija HF ICOM ICF8100	2	3700	7400
2	Antena NVIS incluye Sintonizadores de antenas, AH-760 más cables RF, y conectores.	2	2350	4700
3	Fuente de Poder RS20ASBB	1	300	300
4	Material e Instalación Vehículo de Rescate	1	700	700
<b>TOTAL</b>		<b>13100</b>		

Fuente: Anexo 7

En la Tabla 3.12, se detalla los valores del equipamiento necesario para esta solución de radiocomunicación HF, se menciona que la configuración de los equipos está a cargo del personal técnico que labora en el CBPI.

### 3.5.3.3. Costo de Implementación u Operación: Comunicaciones Celulares

Esta tecnología es la que se encuentra masificada como solución de comunicación, en consecuencia como equipamiento necesario solo se menciona

el poseer un teléfono celular activado con su respectiva línea y obviamente con saldo de minutos de voz o saldo de paquetes de datos, el cual se asigne a la unidad que asista a una atención de emergencia en lugares sin cobertura. En la tabla siguiente se indica valores económicos que demanda el servicio de telefonía móvil y el valor económico de equipos de referencia.

**Tabla 3.13 Costo de Implementación de Comunicación por Telefonía Móvil**

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Celular con grado de protección mínimo IP66, modela Caterpillar S50, especificaciones militares	2	700	1400
<b>TOTAL</b>				<b>1000</b>
3	Plan de Datos 1000 MB/mes. Recurrente	1	20	20

Fuente: [https://www.miclaro.com.ec/personas/web/app\\_dev.php/main/#!/servicios/activar/internet](https://www.miclaro.com.ec/personas/web/app_dev.php/main/#!/servicios/activar/internet),

La Tabla 3.13 Costo de Implementación de Comunicación por Telefonía Móvil en el ítem 1 indica el costo del equipo recomendado para comunicaciones celulares; al igual que en la radiocomunicación HF se necesita por los menos dos equipos, uno debe permanecer en la estación base coordinadora y el otro en una estación móvil. En relación al valor por el servicio de esta red ítem 2 de la Tabla 3.13, se menciona que este valor se pagara cada vez que se termine el saldo correspondiente, y este saldo obviamente se utilizara cuando se presente una emergencia en lugares donde las comunicaciones de los CBPI no son operativas.

#### **3.5.3.4. Costo de Implementación u Operación: Comunicaciones Satelitales**

La Tabla 3.14, muestra los valores del equipamiento para establecer comunicaciones satélites utilizando una conexión de internet.

**Tabla 3.14 Costo de Implementación Internet Satelital**

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Terminal Satelital fijo voz y datos BGAN Explorer 510	1	3120	3120
2	Servicio de datos 100 MB	1	525	525

Fuente: Anexo. 7

### 3.6. ANÁLISIS

En base al detalle descrito en las anteriores tablas y temas se presenta la Tabla 3.15, la misma que resume de forma breve pero exacta la realidad de las soluciones presentadas para la operación en lugares sin cobertura.

**Tabla 3.15 Análisis de Soluciones de Comunicaciones Electrónicas para lugares sin Cobertura de los CBPI.**

Parámetro Analizado	Sol. 1	Sol. 2	Sol. 3	Sol. 4
	Repetidores Digitales VHF	Comunicaciones HF	Comunicaciones Celulares	Comunicaciones Satelitales
<b>Instalación y Operación</b>	X	X	✓	✓
<b>Cobertura</b>	X	X ✓	X ✓	✓
<b>Costo de Implementación u Operación</b>	X	X ✓	✓	X ✓

Fuente: El Autor

X : No Cumple  
✓: Si cumple

La Tabla 3.15, muestra el análisis en base a los parámetros que deben cumplir las soluciones de comunicaciones electrónicas para ser posibles soluciones a los lugares sin cobertura.

En referencia a la Instalación y Operación se observa que la solución 1 es descartada por el mismo hecho de estar orientada a brindar servicios de cobertura continua, lo que se traduce a complejidad y trabajo para la implementación; la solución 2 se descarta por la cantidad de parámetros a tener en cuenta para la operación entre los cuales predomina el conocimiento técnico para la operación de este equipamiento; las soluciones 3 y 4 no presentan problemas con el actual parámetro de análisis.

En el parámetro Cobertura se observa que la solución 4 no presenta problemas, la solución 3 presenta un particular cumple y no cumple, es decir cómo se indicó anteriormente la cobertura celular presenta problemas en lugares alejados y que no existe población pero también brinda cobertura en algunos lugares donde las comunicaciones de los CBPI no son operativas. La solución 2 también presenta el particular de cumple y no cumple, es decir con equipamiento NVIS se puede lograr comunicación en toda la provincia, pero en referencia a la cobertura de última milla que en este contexto se refiere a llevar el equipo de comunicación con la persona que atiende una emergencia, no es lo más adecuado y ya en la práctica generaría muchos inconvenientes a las personas que realizan la atención; mientras que la solución 1 si bien es cierto se amplía la cobertura de los CBPI con el mismo equipamiento que poseen los bomberos, en temas de cobertura todavía existen lugares y zonas en las cuales no se podría operar correctamente.

Con el parámetro de Costos de Implementación u Operación se observa que todas las soluciones poseen problemas, a excepción de la solución 3 que obviamente como indica la Tabla 3.14, los costos para implementar son muy económicos, en referencia a la solución 1 esta es descartada por los costos elevados de la implementación; la solución 2 es aceptada y no aceptada, lo anterior se traduce a que si solo se invierte en dos estaciones HF se podría considerar viable, pero si se necesita una unidad adicional el costo ya es representativo y peor aún si se trata de implementar en 3 unidades o más. La solución 4 al igual que la anterior es aceptada y no aceptada, es decir implementar la solución con equipamiento satelital en una o dos unidades es viable pero si ya se lo requiere en más

unidades, el costo también se eleva y es representativo aunque en menos cantidad que la solución 3, tal y como indican las tablas respectivas.

La Tabla 3.15 aparentemente no muestra una solución clara para adoptar como opción de implementación, por lo que se recurre a la soluciones con menos checks negativos, las cuales son Comunicaciones Celulares y Comunicaciones Satelitales, en base a estas dos soluciones se deberá elaborar una solución unificada para los lugres sin cobertura de comunicaciones electrónicas por parte de los CBPI; solución que se presenta en el Capítulo 4.

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO DE LA SOLUCIÓN DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS**

El Capítulo 4 presenta la solución más adecuada a implementarse para mitigar los problemas de comunicaciones electrónicas en las zonas sin cobertura por parte de los CBPI, se detalla las ventajas y cuidados respectivos de la solución presentada, así como la correcta forma de operación. Se menciona además que la solución presentada no afecta a la operación actual de cada uno de los sistemas de radiocomunicación de los CBPI, es decir se puede implementar el sistema sin modificar o afectar los equipos de radiocomunicación de cada una de las instituciones.

#### **4.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS.**

Como se estudió en el capítulo anterior, la solución a presentarse debe cumplir con tres parámetros básicos que son: Fácil Instalación/Operación, Cobertura, y Bajo Costo de Implementación.

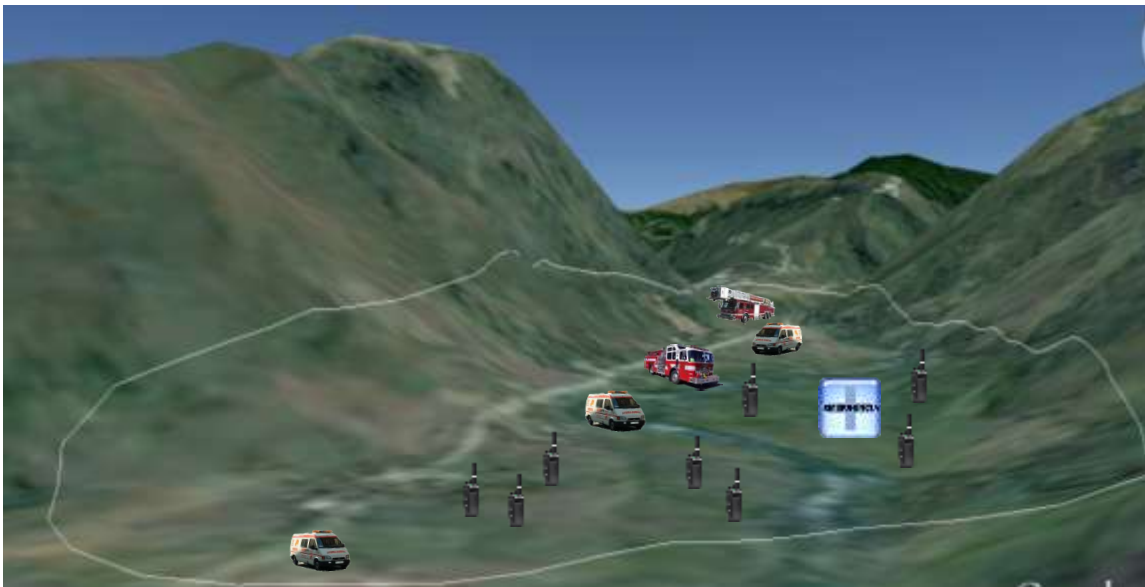
Con el respectivo Análisis se pudo constatar que ninguna de las opciones cumple enteramente con los parámetros básicos requeridos y que cada una de las soluciones estudiadas cuenta con ventajas y desventajas, las mismas que en la práctica y en relación a la situación actual de los CBPI brindan como respuesta que las soluciones más adecuadas son Comunicaciones Satelitales y Comunicaciones Celulares.

Con el resultado del análisis mencionado, es necesario buscar una solución compatible y que fusione las soluciones obtenidas, con el particular y necesaria

aclaración del concepto de última milla, el mismo que en el presente trabajo se refiere a poseer comunicación en el lugar mismo de la atención de emergencia.

A continuación se ilustra un típico escenario de problemas de comunicación en lugares sin cobertura de los CBPI.

#### **Imagen 4.1 Escenario de Atención de Emergencias en Zonas sin Cobertura de Radiocomunicación**



Fuente: El Autor

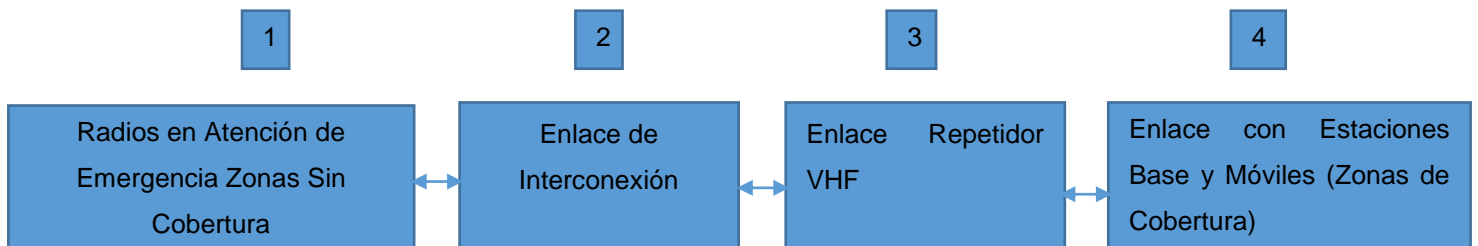
La Imagen 4.1 muestra la atención de una emergencia en zonas sin cobertura de radiocomunicación, en la cual se representa con una línea continua la zona de trabajo para la correcta atención de la emergencia, en la imagen anterior se observa las unidades y personal en zona de trabajo, los mismos que necesitan mantener comunicación con las estaciones base, para coordinar recursos y disposiciones. Es decir cada actor de la atención debe transmitir y escuchar directamente con las estaciones base, para lo cual todos los actores personas y vehículos cuentan con un radio portátil y móvil VHF respectivamente, obviamente si se dispone de cobertura de repetidores VHF no se presenta problema, pero

cuando esta cobertura no está disponible, es necesario diseñar un sistema de comunicación electrónica que logre comunicar a lugar de la atención de emergencia con las estaciones base de control.

#### 4.1.1. SOLUCIÓN A LUGARES SIN COBERTURA DE RADIOCOMUNICACIÓN DE LOS CBPI

Cuando se presenten atenciones en lugares sin cobertura es necesario utilizar medios alternos de comunicación, como son las comunicaciones celulares y las comunicaciones satelitales. En efecto se presenta el diseño de la solución para que todos los actores de la atención de emergencias, personal y vehículos puedan coordinar los recursos necesarios.

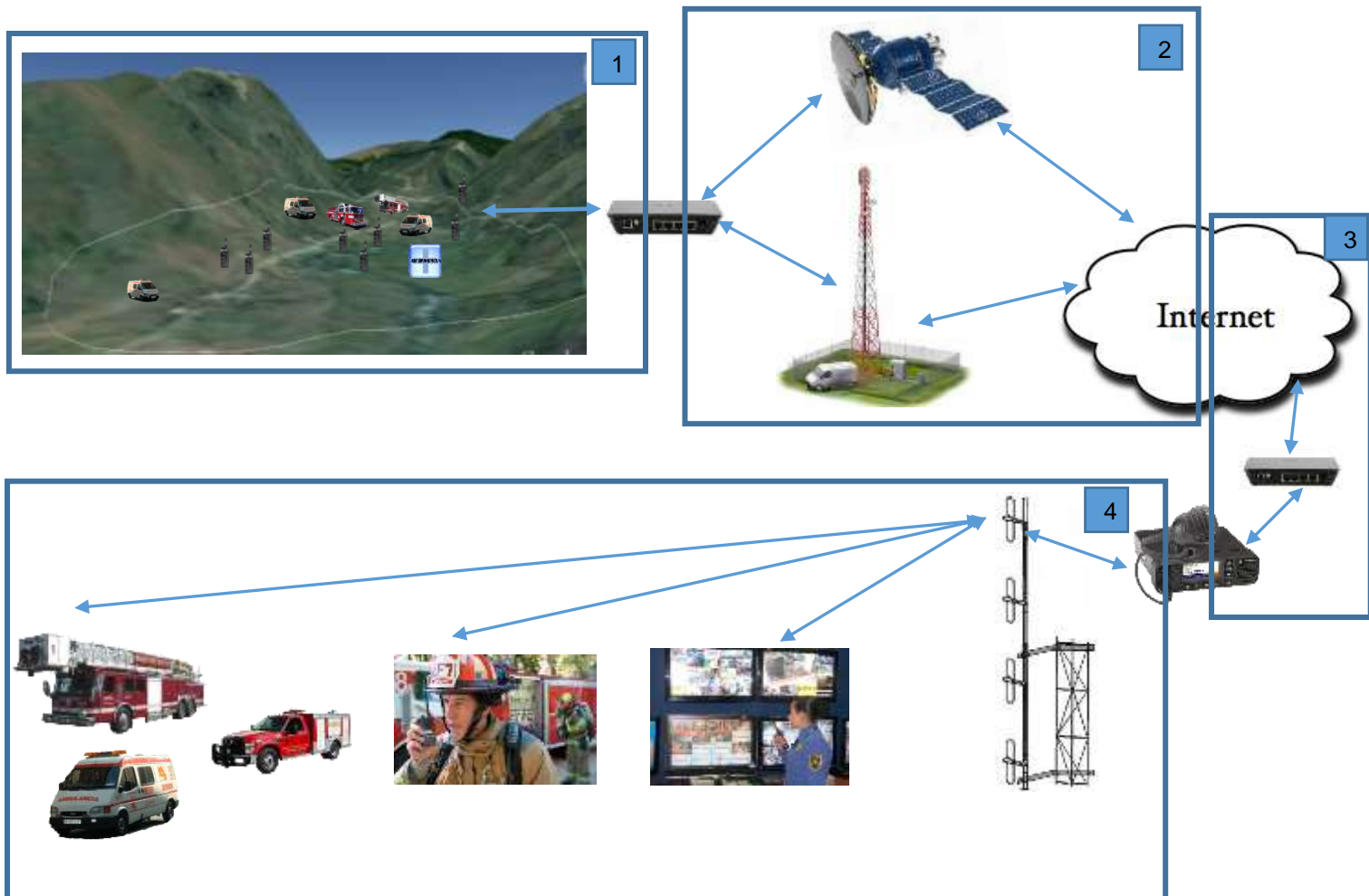
**Imagen 4.2 Diagrama de Bloques Solución de Comunicaciones Electrónicas para lugares sin Cobertura de los CBPI**



Fuente: El Autor

En la imagen anterior se observa los cuatro bloques con los que cuenta la solución planteada, en la Imagen a continuación, se representa gráficamente el funcionamiento de los bloques mencionados, y posteriormente se detalla cada bloque de la solución.

**Imagen 4.3 Funcionamiento Solución de Comunicaciones Electrónicas para lugares sin Cobertura de los CBPI**



Fuente: El Autor

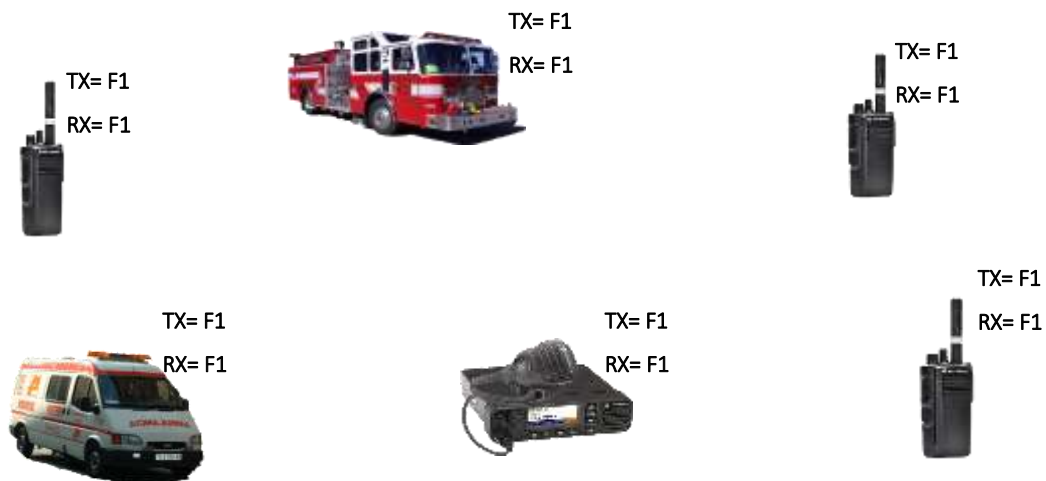
#### **4.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA**

A continuación se detalla el funcionamiento y el equipamiento necesario en cada Bloque de la Solución.

#### 4.1.2.1. Radios en Atención de Emergencia Zonas sin Cobertura

Como se muestra la Imagen 4.1, en un escenario de Atención de Emergencia existen recursos personas y vehículos, cada uno equipado con su respectivo equipo de comunicación, radios VHF MOTOTRBO, pero cuando estos radios no poseen cobertura de la repetidora respectiva, prácticamente no pueden comunicarse con las estaciones base de control. En contraste este mismo equipamiento puede ser utilizado para comunicarse en el lugar de la atención de la emergencia, usando un canal de comunicación de radio a radio sin repetidor.

**Imagen 4.4 Equipamiento de Radiocomunicación trabajando en un Canal de Radio a Radio**



Fuente: El Autor

En la Imagen 4.4 se muestra la manera en la cual se debe trabajar en lugares donde no existe cobertura de los repetidores de los CBPI, obviamente la comunicación solo va ser local, por lo que es necesario interconectar por algún medio de transmisión la comunicación generada en el lugar de atención de emergencia.

#### 4.1.2.2. Enlace de Interconexión

Una vez que se logra comunicación local en el lugar de la emergencia, se debe realizar la debida interconexión con las estaciones base de control. Para lograr la interconexión primeramente se debe convertir las señales de audio y PTT de un radio convencional en paquetes IP, el equipo necesario para realizar la operación indicada son los equipos RoIP 102T. Una vez realizada la operación mencionada los datos son transmitidos usando los servicios de red de las operadoras celulares y satelitales. Entre las principales características de los RoIP se encuentran: Un puerto WAN, un puerto Channel para conexión al radio convencional y un puerto LAN. Este equipo adquiere las señales de audio y ptt de una radio que se encuentre instalada en un vehículo en la atención de la emergencia. La Imagen 4.5 muestra el equipo RoIP 102T.

**Imagen 4.5 ROIP 102T**



Fuente: [http://www.dbltek.com/pdf/user\\_manual-roip102.pdf](http://www.dbltek.com/pdf/user_manual-roip102.pdf)

Una vez que las señales de audio y PTT se encuentran en paquetes IP, es necesario transmitir estos datos a través de una red que brinde cobertura en los lugares de atención de emergencias.

Como primera opción se encuentra las redes celulares para lo cual se debe utilizar un equipo que debe cumplir con las siguientes características: diferentes accesos en modo WAN a través de una interfaz física LAN, WIFI, y Redes Celulares;

capacidad de failover con las diferentes opciones de WAN; funciones de Firewall, 4 puertos LAN, puertos de conexión para antenas externas red Celular y Wifi. El equipo que cumple con estas características es el Router Celular ELINS H820T.

**Imagen 4.6 ELINS Router Celular H820T**



Fuente:[http://www.e-lins.com/EN/download/H820t\\_Datasheet\\_Eng.pdf](http://www.e-lins.com/EN/download/H820t_Datasheet_Eng.pdf)

Cuando las redes Celulares no se encuentren disponibles en los lugares de atención de emergencia se utiliza las Comunicaciones Satelitales, el terminal satelital adecuado de acuerdo al análisis de la Tabla 3.10, es el BGAN Explorer 510, el cual además de las características indicadas en la mencionada tabla se describe la conexión WAN a través de la red Satelital de Inmarsat, un puerto de conexión de LAN, Punto de acceso inalámbrico. La Imagen 4.7 muestra el terminal satelital a utilizar.

**Imagen 4.7 Terminal Satelital BGAN Explorer 510**



Fuente:[http://www.groundcontrol.com/bgan/Explorer\\_510\\_BGAN\\_Brochure.pdf](http://www.groundcontrol.com/bgan/Explorer_510_BGAN_Brochure.pdf)

#### 4.1.2.3. Enlace al Repetidor VHF

Una vez que los paquetes IP se encuentran en Internet, estos se deben acceder inmediatamente a la red de Radiocomunicación de los CBPI de manera instantánea, es aquí en donde se menciona y se aclara enfáticamente que las comunicaciones utilizadas para atención de emergencias y urgencias **SIEMPRE** deben trabajar bajo el concepto de Push to Talk, es decir realizar una interconexión con una central SIP, por ejemplo en la práctica no es operativo y no se debe trabajar de esta manera, por el simple hecho que la gestión de recursos e información debe ser al instante mismo de hablar y escuchar la transmisión, particular que no sucede al interconectar un sistema de PTT con teléfonos de una central SIP o teléfonos satelitales.

Por tal motivo es que la información que se genera a través de los sistemas PTT en los lugares de atención de emergencias debe interconectarse con un sistema similar de primera respuesta PTT, en consecuencia la información generada en los lugares de atención de emergencias sin cobertura de las repetidoras de los CBPI, obligatoriamente debe conectarse a los respectivos sistemas de radiocomunicaciones de los CBPI.

Para realizar esta interconexión se utiliza en las estaciones base de coordinación el mismo equipo RoIP 102T Imagen 4.5, para recibir los paquetes que contienen las señales de audio y ptt, generadas en los lugares sin cobertura. El RoIP 102T se conecta a un radio base MOTOTRBO, puede ser cualquier modelo, DGM 4100, DGM 6100, DEM 300, DGM 8500, etc., a través del conector de accesorios. El radio al cual se conecta debe encontrarse con el canal de repetidora que trabaja en la zona donde existe cobertura.

#### **4.1.2.4. Enlace con estaciones Base y Móviles (Zona de Cobertura)**

Al realizar la interconexión de la información generada en los lugares sin cobertura con las respectivas repetidoras de los CBPI, se debe tener conciencia que la disponibilidad del canal al cual se conecte va a decrecer y/o presentar problemas de coordinación de recursos, si al mismo instante se debe atender otras emergencias en las zonas donde si existe cobertura por parte de las Repetidoras VHF. Por tal motivo y en base al análisis del Capítulo 1 se conoce que cada uno de los CBPI poseen Radiocomunicación Digital TDMA, y que además poseen una repetidora igualmente TDMA que enlaza a todos los CBPI. También es de conocimiento que al utilizar TDMA en las repetidoras se posee un solo canal físico con frecuencias  $Tx=f2$  y  $Rx=f3$ , pero con dos canales lógicos, llamadas ranuras con las mismas frecuencias de  $Tx=f2$  y  $Rx=f3$ ; en consecuencia la conexión a las repetidoras de los CBPI se la realizar por la ranura 2, la misma que en la actualidad no es utilizada por ningún CBPI.

De esta manera y en base al estudio de la situación actual de los CBPI, se garantiza la disponibilidad y la no interferencia de las comunicaciones para la coordinación de atenciones de emergencias tanto en lugares de cobertura de las Repetidoras como en lugares sin cobertura de las mismas.

#### **4.1.3. CONFIGURACIÓN Y CONEXIÓN DEL EQUIPAMIENTO**

Como se indicó anteriormente el equipamiento necesario para la solución de comunicaciones para lugares sin cobertura de las repetidoras de los CBPI consta de:

- 2 RoIP 102T
- 1 Router Celular
- 1 BGAN Explorer 510 (Lugares extremos donde las repetidoras y la cobertura celular no se operativa)

Adicional al equipo mencionado se necesita verificar y realizar configuraciones necesarias en el equipamiento de radiocomunicación de los CBPI, radios móviles,

bases, portátiles y repetidoras, sin olvidar los planes de datos para las redes celular y satelital.

#### 4.1.3.1. Configuración y Conexión RoIP 102T

Para realizar la configuración de estos equipos, primeramente se debe tomar en cuenta que uno de ellos debe permanecer como Master y el segundo como Cliente, el segundo aspecto a considerar es el direccionamiento de la interfaz WAN, el cual es recomendable que sea una dirección pública estática, para evitar el uso de DDNS, el tercer aspecto es la configuración de llamada que deben realizar tanto el equipo master como el cliente, y el códec a utilizar. La (a) y (b) muestra la configuración realizada en el equipo Master y Cliente respectivamente.

Imagen 4.8 Configuración de RoIP 102T

The image displays two screenshots of the configuration interface for a RoIP 102T device. Screenshot (a) shows the configuration for the Master device, and screenshot (b) shows the configuration for the Client device. Both screens include sections for Preference, Network Configuration, Call Settings, PTT Settings, Recorder Settings, Broadcasting Settings, and Group Codec Settings.

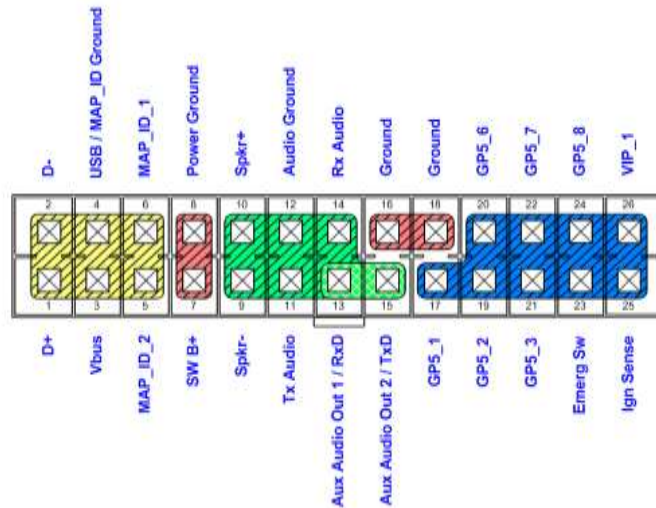
**(a) Equipo Master**

**(b) Equipo Cliente**

Fuente: El Autor

La conexión a los radios se la realiza con cualquier modelo de radio base VHF de la serie MOTOTRBO, para lo cual es necesario conocer la disposición de los pines tanto del puerto Channel del RoIP, como del conector de accesorios de los radios VHF.

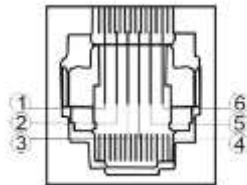
**Imagen 4.9 Pines de Conector de accesorios radios base MOTOTRBO**



Fuente: El Autor, CPS MOTOTRBO

La imagen anterior muestra la disposición de los pines del conector de accesorios, Imagen 4.10 muestra la disposición de pines del conector del RoIP 102T

**Imagen 4.10 Pines del conector RJ 11 del RoIP 102T**

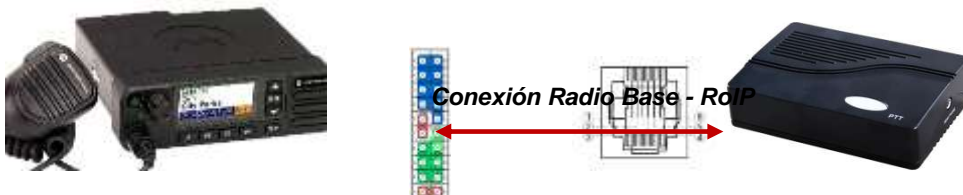


Fuente: [http://www.dbltek.com/pdf/user\\_manual-roip102.pdf](http://www.dbltek.com/pdf/user_manual-roip102.pdf).

En la Imagen el pin 1 corresponde a PTTOut, el pin 2 GND, el pin 3 Vin Rx, el pin 4 Vout Tx, el pin 5 GND y el pin 6 PTTin.

En consecuencia de acuerdo a la descripción de la Imagen Imagen , se realiza la respectiva conexión del RoIP a la radio base o móvil MOTOTRBO.

**Imagen 4.11 Conexión Radio Base MOTOTRBO a través del puerto de accesorios con el RoIP 102T**



Fuente: El Autor

La Imagen 4.11, presenta la conexión de los RoIP a las radios base, esta configuración y conexión se aplica tanto para el radio que se encuentran en una zona sin cobertura como para el radio que se encuentra en la estaciones base de los diferentes CBPI.

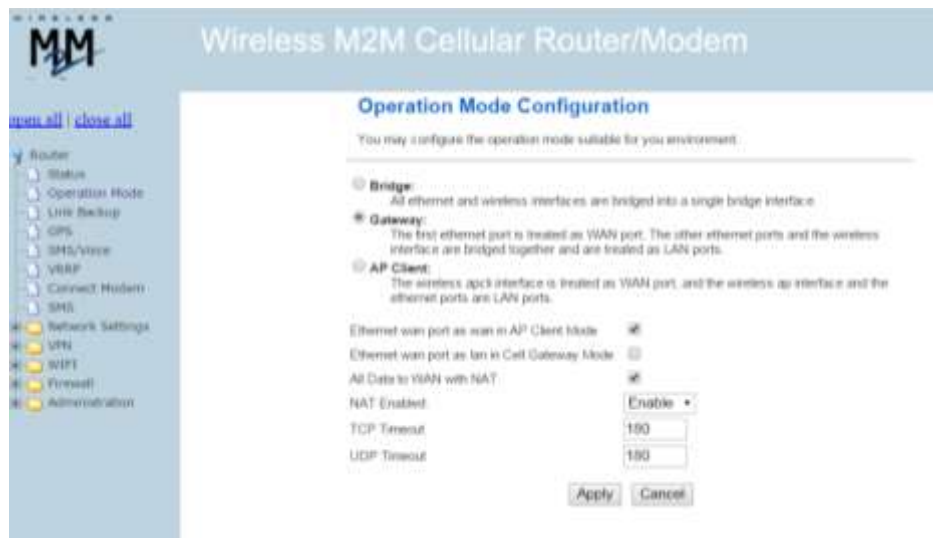
#### **4.1.3.2. Configuración y Conexión Router Celular**

El Objetivo del Router Celular, es brindar una conexión para que los paquetes de audio y ptt obtenidos por los RoIP en los lugares sin cobertura de Repetidores VHF de los CBPI, accedan a Internet y posterior a las radios de las estaciones base de control. A continuación se presenta la configuración necesaria del equipo.

##### **Modo de Operación.**

Se selecciona modo Gateway, con esta selección el primer puerto actúa como WAN, mientras que los demás puertos incluido el Wifi actúan como LAN. La Imagen 4.12 muestra la configuración respectiva.

### Imagen 4.12 Configuración Modo de Operación Router Celular ELINS H820T



Fuente: El Autor

### Enlace Alterno

Como se mencionó anteriormente el equipo H820T posee la capacidad de realizar failover entre sus distintos puertos de acceso WAN, esta configuración debe activarse de tal manera que la primera prioridad de conexión WAN debe ser la red Celular, si esta red no se encuentra disponible se activa como segunda prioridad la WAN cableada, esta conexión se utilizara en lugares extremos y en situaciones muy particulares a través de un enlace satelital, por tal motivo se activa como segunda opción y se detalla más adelante.

También se activa la opción de regreso a la primera prioridad de enlace cuando el mismo se encuentre disponible.

De esta manera se garantiza que la información generada en alguna situación de emergencia en lugares sin cobertura de repetidores VHF podrá alcanzar a Internet, para posteriormente conectarse con las estaciones base de control. La Imagen 4.13 muestra la configuración respectiva.

Imagen 4.13 Configuración Enlace Alterno Router Celular ELINS H820T

The screenshot shows the configuration page for a Wireless M2M Cellular Router/Modem. The page title is "Wireless M2M Cellular Router/Modem". On the left, there is a navigation menu with options like Router, Status, Operation Mode, Link Backup, GPS, SMS/Voice, VRRP, Connect Modem, SMS, Network Settings, VPN, WIFI, Firewall, and Administration. The "Link Backup" section is active and displays the following settings:

Operation Mode	
Active	<input checked="" type="checkbox"/>
Back To Higher Primary When Possible	<input checked="" type="checkbox"/>
Link Priority Settings	
WAN1: Celular Wireless	<input type="checkbox"/> OFF <input checked="" type="radio"/> High Priority <input type="radio"/> Middle Priority <input type="radio"/> Low Priority
WAN2: W8 DHCP Wireless	<input type="checkbox"/> OFF <input type="radio"/> High Priority <input type="radio"/> Middle Priority <input checked="" type="radio"/> Low Priority
WAN3: Wired DHCP	<input type="checkbox"/> OFF <input type="radio"/> High Priority <input checked="" type="radio"/> Middle Priority <input type="radio"/> Low Priority
Link Check Settings	
Check Count	3 (1-20)
Check Interval Time(min)	2 (1-60)
Check Cell Signal Effective	<input checked="" type="checkbox"/>
Cell Signal Effect Level	2 (1-5)
Used The Same Method	YES
All WAN Check Method	ping ip 8.8.8.8 8.8.4.4

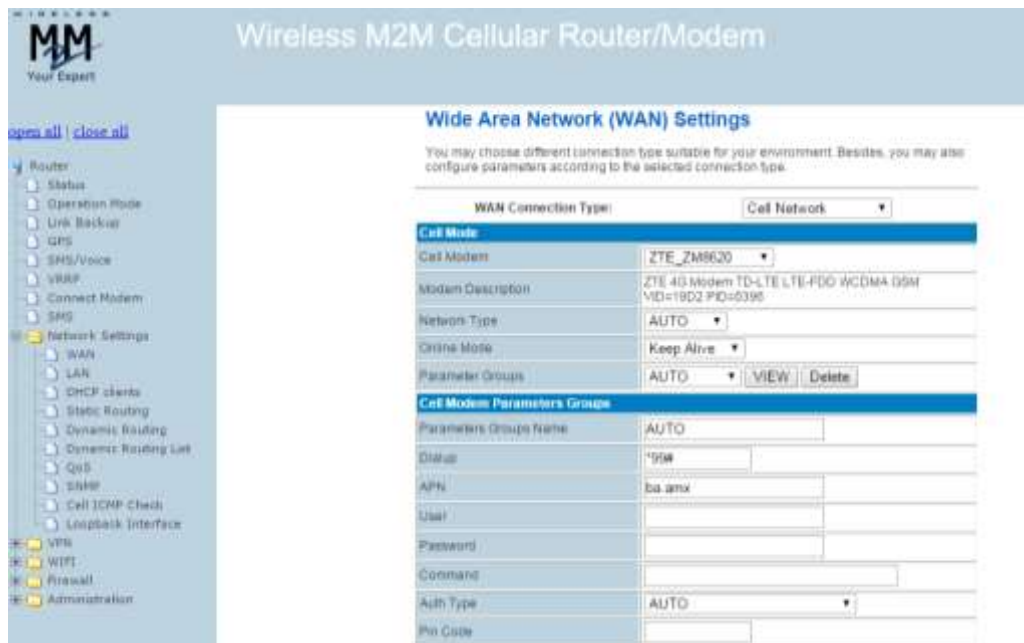
An "Apply" button is located at the bottom of the configuration form.

Fuente: El Autor

## Configuración de Red

La información relevante referente a la configuración de red es la parte de WAN. Como la primera prioridad es la red celular, se activa el tipo de conexión WAN como red Celular, además se debe escribir el respectivo APN de la operadora con la que se trabaja. En referencia a la parte de LAN son configuraciones típicas de servidor DHCP y opciones de LAN. La Imagen 4.14 muestra la configuración realizada.

**Imagen 4.14 Configuración de Red Router Celular ELINS H820T**



Fuente: El Autor

## Configuración de WIFI

Las opciones de Configuración de Wifi, son las típicas de un router inalámbrico, creación del SSID, tipo seguridad, entre otras. Esta característica del equipo es interesante, porque además de brindar acceso a Internet a los RoIP, brinda conexión Inalámbrica para computadores portátiles, Tablet y teléfonos inteligentes, aunque en la práctica solo se recomienda utilizar Tablet y teléfonos inteligentes, porque las aplicaciones para navegación en Internet son optimizadas en este tipo de equipos con el objetivo que el consumo sea inferior a la navegación de un computador convencional. La Imagen 4.15 muestra la configuración realizada.

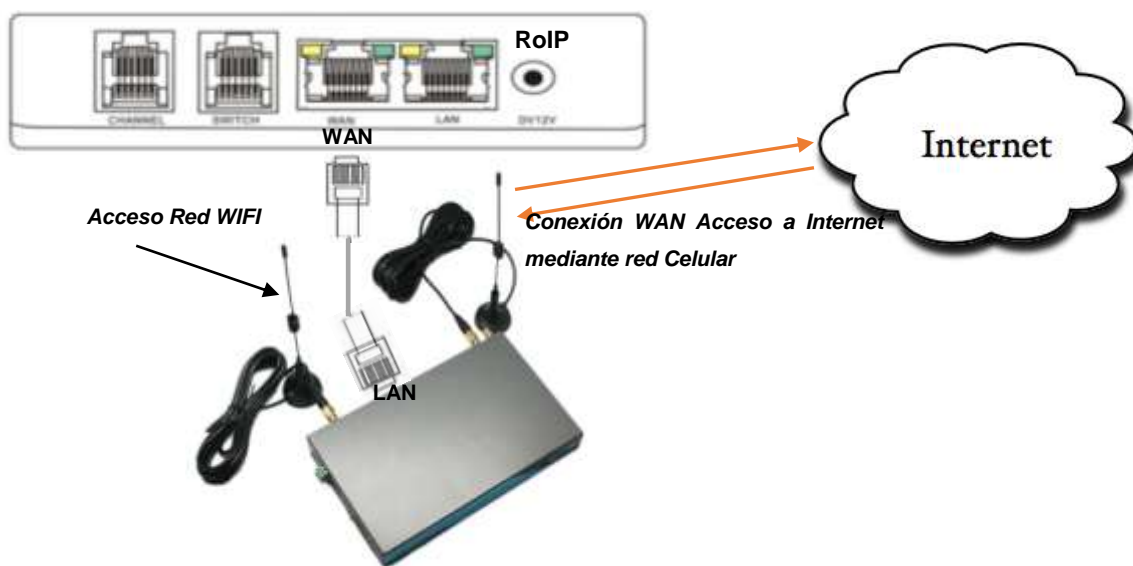
**Imagen 4.15 Configuración WIFI Router Celular ELINS H820T**



Fuente: El Autor

Una vez realizada la configuración indicada se realiza la respectiva conexión del RoIP al Router Celular, como indica la Imagen 4.16.

**Imagen 4.16 Conexión de RoIP a Router Celular**



Fuente: El Autor

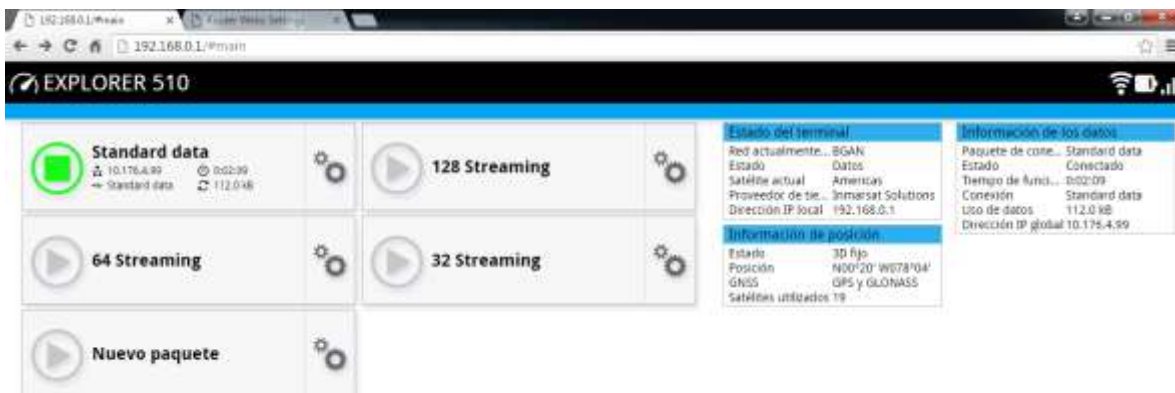
#### 4.1.3.3. Configuración y Conexión del terminal Satelital BGAN Explorer 510

El Terminal Satelital BGAN, tiene como objetivo funcionar cuando se realice una atención de emergencia en lugares donde la cobertura de las Repetidoras de los CBPI y la red celular en la provincia de Imbabura no sean operativas, facilitando que los paquetes de audio y ptt obtenidos en los mencionados lugares, accedan a Internet y posterior a las radios de las estaciones base de control. A continuación se presenta la configuración necesaria del equipo.

#### Inicio Configuración

La Imagen 4.17, muestra la configuración inicial del terminal satelital a la cual se accede a través de un explorador web. Como se mencionó en el capítulo 3, se puede observar dos tipos de conexiones disponibles, Datos Estándar, y Streaming, en conexiones estándar el costo por cada Megabyte es de USD 5.25, mientras que para un conexión streaming el valor es de USD 2.99, USD 5.99, y USD 9.99 por minuto consumido, para velocidades de 32, 64 y 128 kbps respectivamente; en consecuencia se selecciona una conexión estándar, adicionalmente en la misma pantalla se observa el resumen del estado del equipo, como la red a la que está conectado, direcciones IP locales direcciones IP globales, el proveedor de servicios, los satélites utilizados, la posición GPS.

Imagen 4.17 Inicio Configuración BGAN Explorer 510

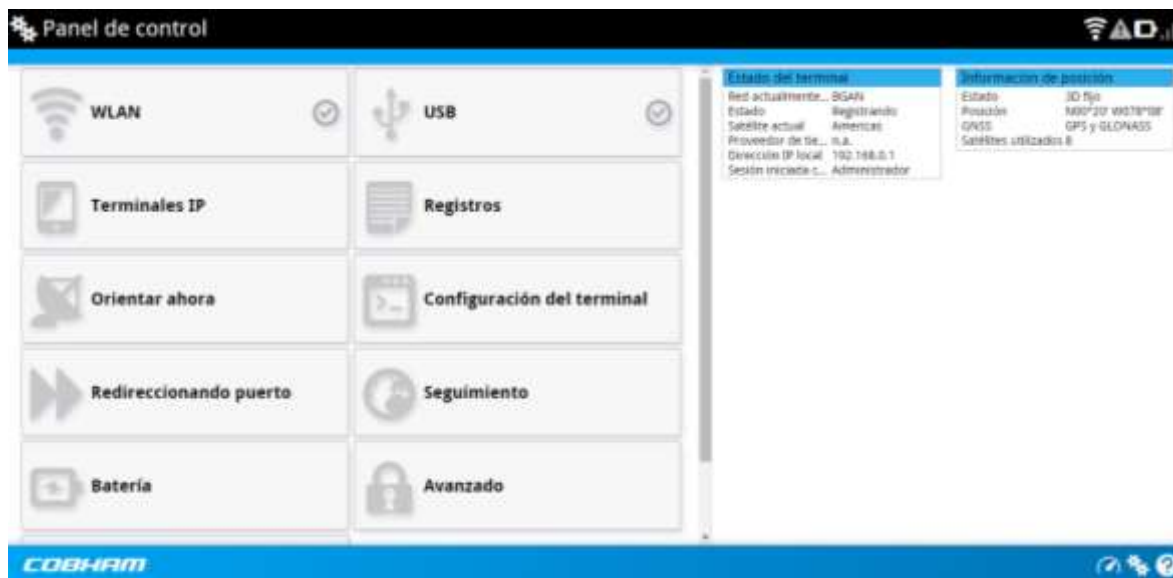


Fuente: El Autor

## Panel de Control BGAN Explorer 510

El Panel de Control del BGAN Explorer 510, muestra información para la personalización en la configuración del terminal, en la opción de WLAN se configura el SSID del WIFI y la seguridad del mismo; con la opción de USB activada se puede utilizar este puerto para cargar un terminal inteligente con una selección de corriente de carga de 0.5 A y 1 A. La Imagen 4.18 muestra la pantalla principal del panel de control del BGAN Explorer 510.

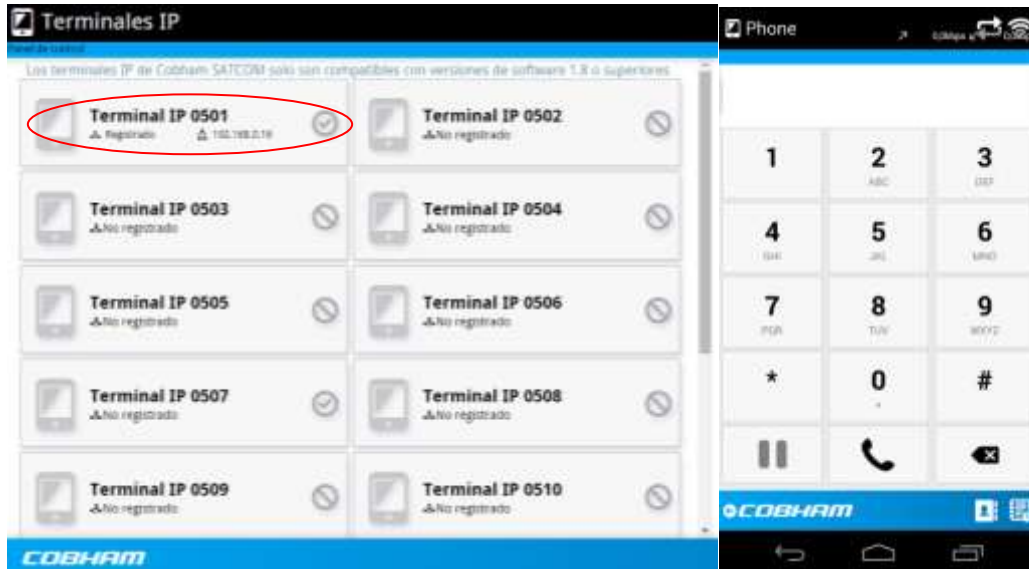
Imagen 4.18 Panel de Control BGAN Explorer 510



Fuente: El Autor

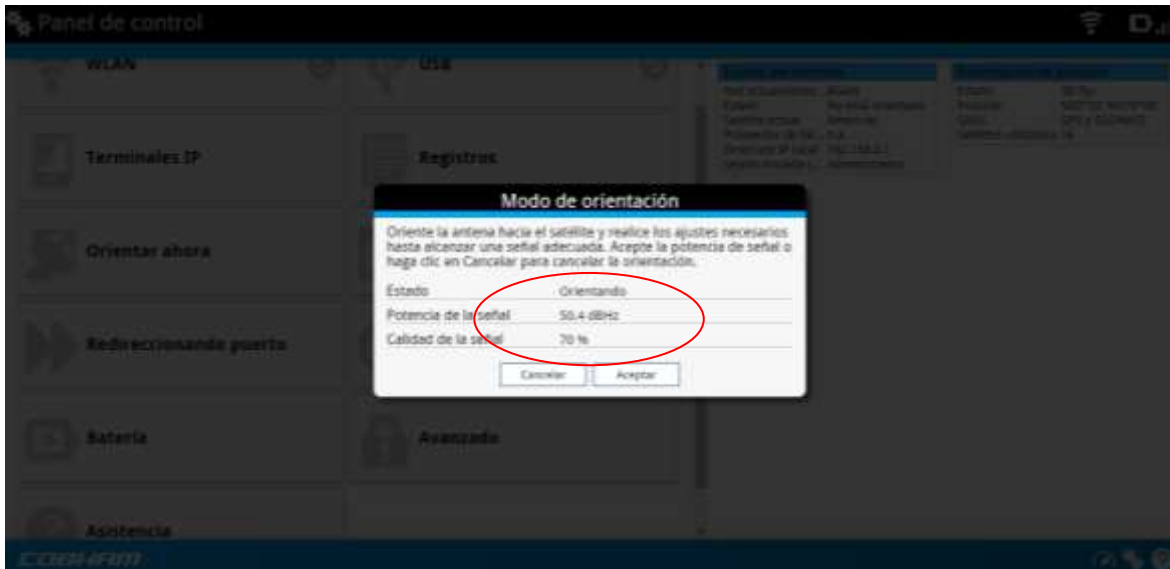
En la opción de terminales IP, se puede registrar los teléfonos inteligentes para que puedan ser utilizados como teléfonos satelitales a través de la conexión Wifi del BGAN Explorer 510, se pueden registrar hasta 16 teléfonos inteligentes siempre y cuando se encuentre instalado en los smartphone la aplicación Explorer Connect disponible para iOS en Apple Store y para Android en Google Play. La imagen a continuación muestra el registro de un smartphone.

**Imagen 4.19 Registro de un Smartphone como teléfono satelital utilizando el BGAN Explorer 510**



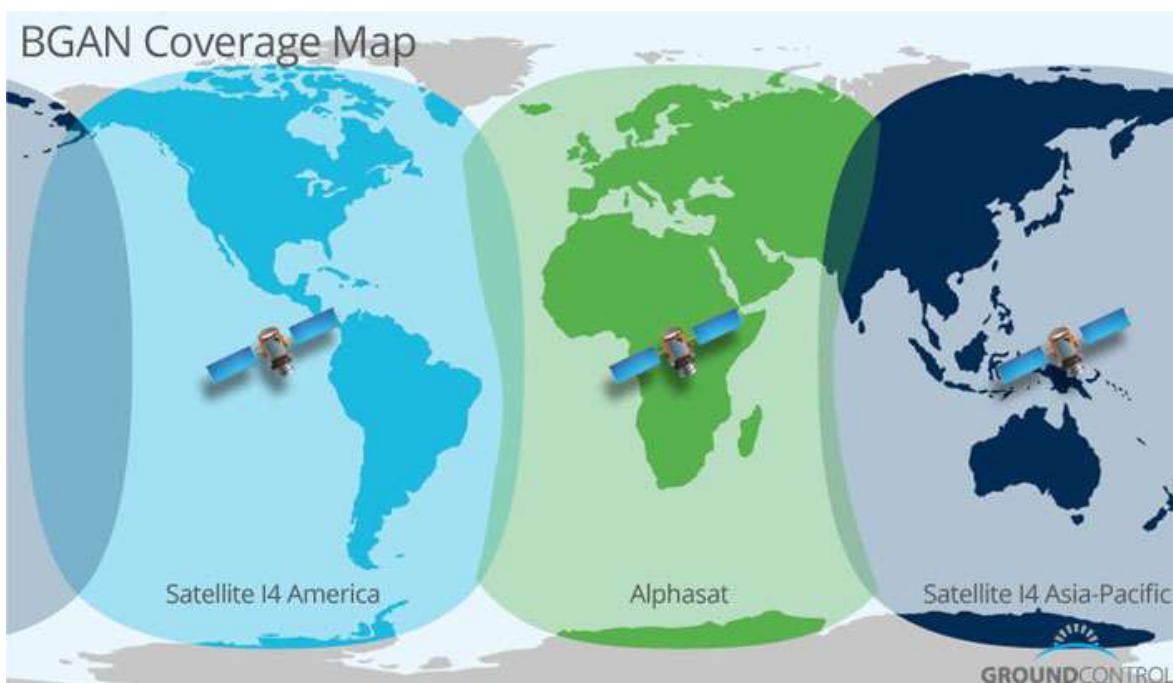
Fuente: El Autor

Se cuenta con opciones adicionales en el Panel de Control Imagen muestra información de los Logs realizadas al equipo tanto de llamadas como de datos. La opción Orientar Ahora, es la herramienta utilizada para apuntar la antena el Explorer 510 al satélite para la respectiva conexión; al momento de encender el equipo, este emite un sonido intermitente el cual cuando es continuo indica que el nivel de señal de conexión es aceptable y se puede trabajar, si desea conocer con precisión el nivel de señal cuando se realiza el apuntamiento de la antena se ingresa a la opción mencionada. La imagen a continuación muestra los niveles de señal recibidos cuando se está realizando la orientación del BGAN.

**Imagen 4.20 Herramienta de orientación de la Antena BGAN Explorer 510**

Fuente: El Autor

Como se puede observar en la imagen anterior, los valores de Potencia de Señal y Calidad de la Señal, varían en tiempo real mientras se realiza la orientación manual del equipo; de acuerdo al fabricante una señal de recepción igual o superior a 60% es suficiente para lograr un enlace estable y confiable. La Imagen 4.21 muestra la representación del mapa de cobertura de los satélites de Inmarsat, claramente se observa que la huella del satélite para el Ecuador es el de las Américas y se debe apuntar desde el Ecuador hacia el Oeste.

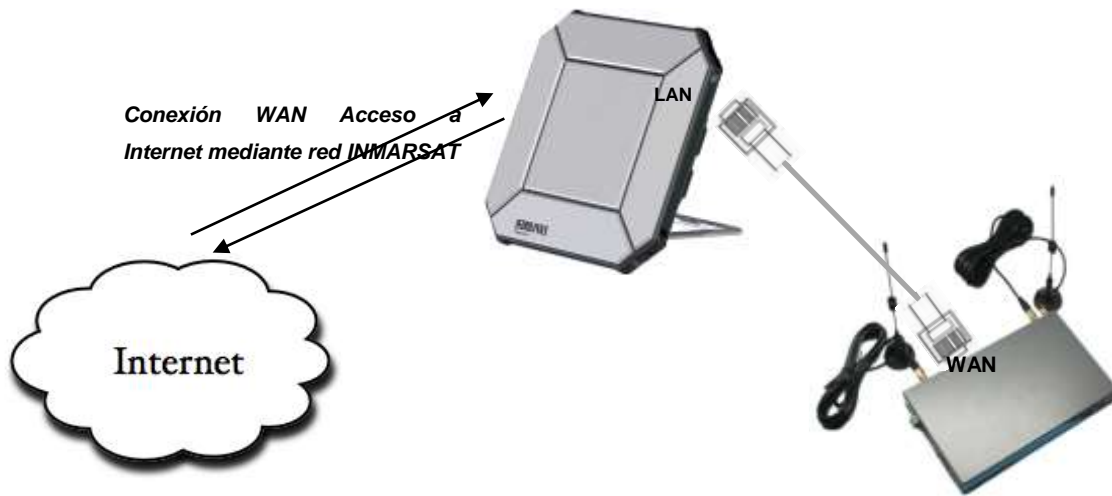
**Imagen 4.21 Huellas de Cobertura Satélites Inmarsat**

Fuente:[http://www.groundcontrol.com/Fleet\\_Broadband\\_Coverage\\_Map.htm](http://www.groundcontrol.com/Fleet_Broadband_Coverage_Map.htm)

Las demás opciones del Panel de Control, brinda facilidades para personalizar el equipo como cambiar de nombre, activación de servidor DHCP, redirección de puertos, estado de la batería, configuración remota, cambio de contraseña de administrador, límites de datos, entre otros.

Como se pudo observar la configuración y puesta en marcha del Explorer 510 es sumamente sencilla, además se indica que la configuración es realizada una sola vez sin necesidad de ingresar a configurar el equipo cada vez que se lo utilice, de esta manera lo único que deben realizar el personal que se encuentra en una atención de emergencia encender el equipo y orientarlo hacia el cielo hasta que el indicador audible emita un sonido continuo. De esta manera se confirma que el personal que utilice este equipo no es necesario que posea conocimientos técnicos. A continuación en la Imagen 4.22 se muestra las conexiones realizadas.

**Imagen 4.22 Conexión del BGAN Explorer 510 al Router Celular**



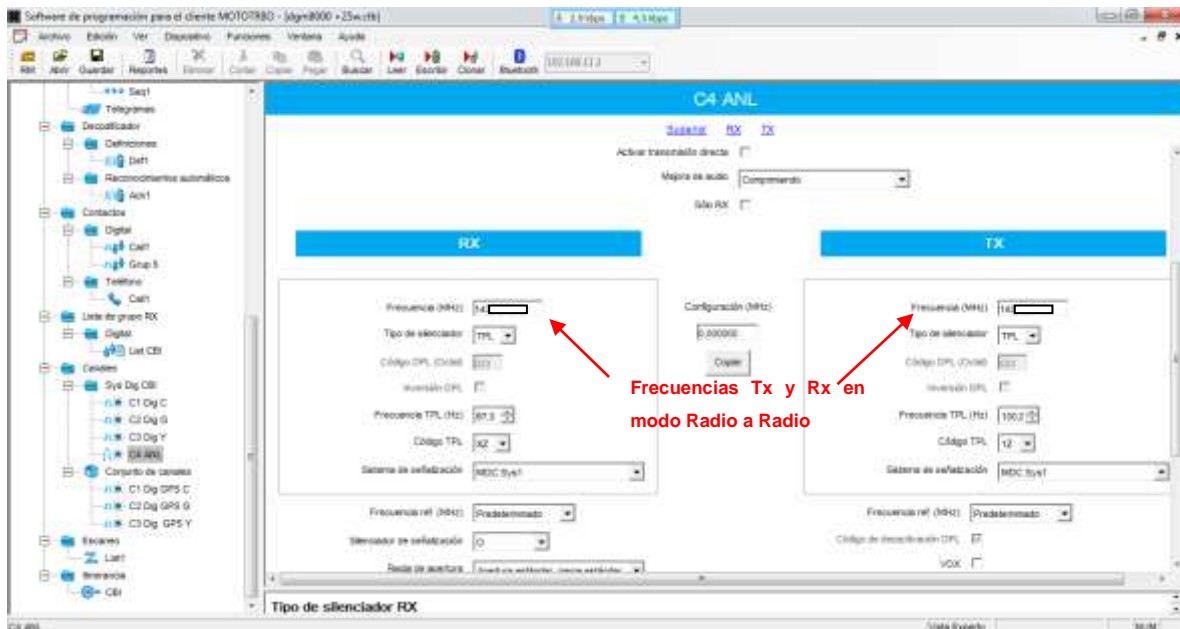
Fuente: El Autor

Como se puede observar en la imagen anterior la conexión LAN del Explorer 510 se conecta a la WAN cableada del router H820T, este último al verificar que no posee conexión a Internet a través de la red celular, lo realiza a través de la conexión WAN cableada de manera automática tal y como se observó en la configuración de la Imagen 4.13.

#### **4.1.3.4. Configuración Equipamiento de Radiocomunicación**

En el análisis de la situación actual de los CBPI, se investigó que todas las instituciones poseen un canal para comunicación de radio a radio, por lo que es necesario verificar que este canal se encuentre configurado en todos los radios móviles y portátiles. En la Imagen 4.23 se observa la configuración de este canal en un radio móvil DGM 8000 MOTOTRBO.

**Imagen 4.23 Configuración del Canal 4, en modo Radio a Radio**

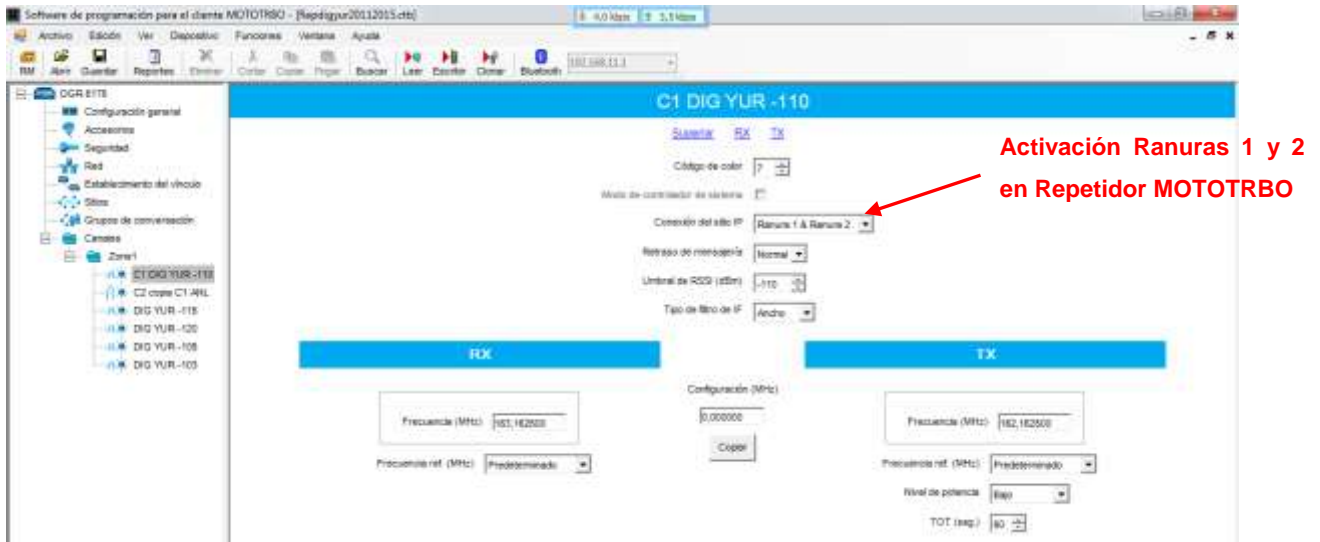


Fuente: El Autor, CPS MOTOTRBO

La verificación de la configuración de este canal en todos los radios, es necesaria porque cualquier radio puede asistir a la atención de una emergencia en lugares de difícil cobertura, y necesitaría trabajar en un canal de radio a radio.

También se debe verificar en las repetidoras la opción de transmisión y recepción de las dos Ranuras se encuentre activada, lo anterior en relación a utilizar la ranura 2 para el enlace con los lugares que no poseen cobertura.

**Imagen 4.24 Activación de las 2 Ranuras de transmisión y recepción en un repetidor MOTOTRBO DGR6175**



Fuente: El Autor, CPS MOTOTRBO

Las imágenes anteriores referentes a la configuración necesaria del equipamiento de radiocomunicación, no afecta a la operatividad actual de las repetidoras de los CBPI, garantizando de esta manera que la solución planteada es compatible con los sistemas de radiocomunicación actual y que no necesita cambiar o modificar el funcionamiento de los sistemas de radiocomunicaciones de los CBPI.

## **4.2. PRUEBAS DE OPERATIVIDAD E INTEGRACIÓN CON LOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN DE LOS CBPI.**

Una vez realizada las configuraciones y conexiones necesarias descritas en los anteriores numerales la operatividad de la solución de comunicaciones electrónicas resultante es la que se observa en la imagen siguiente.

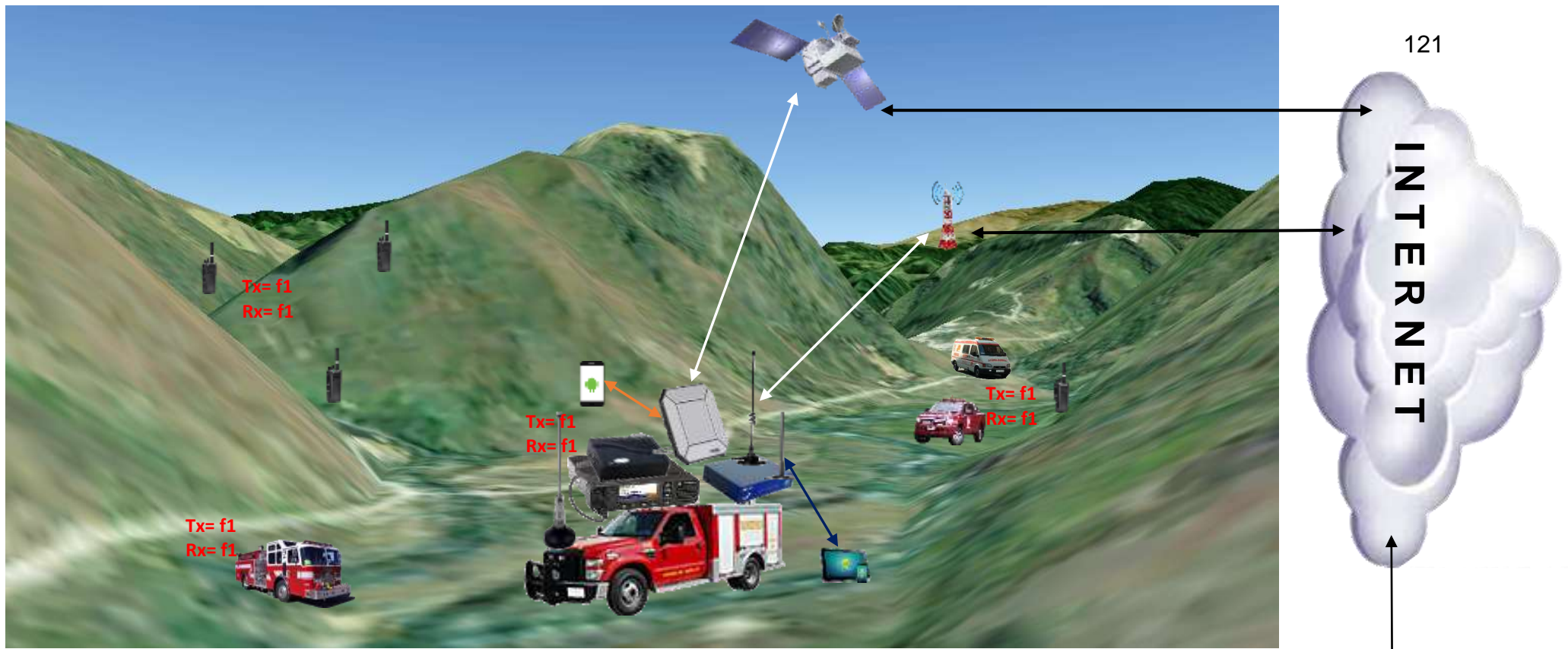


Imagen 4.25 Representación Gráfica de la Operatividad de Comunicaciones Electrónicas en lugares sin Cobertura de Repetidores de los CBPI

La Imagen 4.25 , muestra la operatividad de la solución planteada, como se observa en la imagen los recursos de vehículos y personal se encuentran trabajando en una atención de emergencia en lugares sin cobertura de las repetidoras VHF de los CBPI, se observa que el medio de comunicación en el lugar de emergencia es un canal de radio a radio, en donde los radios móviles y portátiles se encuentran transmitiendo y recibiendo a través de la frecuencia "f1", con este tipo de operación la comunicación es solo local, por tal motivo se observa que un vehículo se encuentra con equipamiento especial, es decir el radio del mencionado vehículo se encuentra conectado a un RoIP el mismo que a su vez se conecta al Router Celular; también se observa que el terminal satelital se conecta al Router celular; como se menciona en los numerales 4.1.3.2 y 4.1.3.3 el objetivo tanto del Router celular como del terminal satelital es facilitar que los paquetes de audio y PTT obtenidos por el RoIP, accedan a Internet y posterior a las radios de las estaciones base de control, por tal motivo se observa en la imagen la representación de los respectivos enlaces a la red celular y satelital. El Router Celular ELINS H820T, es el encargado de verificar la conexión WAN disponible, priorizando siempre la conexión celular tal y como se indicó en el numeral 4.1.3.2. Una vez que los paquetes de audio y PTT generados en el lugar de la atención alcanzan Internet se conectan al otro RoIP Master ubicado en una de las estaciones base de control de los CBPI, el RoIP Master se conecta a un radio base MOTOTRBO el cual se encuentra con la configuración de un canal de comunicación en la ranura 2 de las repetidoras de los CBPI para transmitir en la frecuencia "f2" y recibir en la frecuencia "f3", se indica que la operación de los radios móviles, base y portátiles en las zonas con cobertura de las repetidoras trabajan en la misma frecuencia de trasmisión y recepción f2 y f3 respectivamente, por lo tanto no es necesario adquirir, configurar o modificar el actual equipamiento de los CBPI, siendo la solución presentada la más óptima y operativa para los requerimientos del presente trabajo.

La Imagen 4.26 muestra los diferentes equipos que forman parte de la solución de comunicaciones electrónicas.

**Imagen 4.26 Equipamiento de la Solución de Comunicaciones Electrónicas**



Fuente: El Autor

La anterior imagen muestra los equipos y conexiones realizadas para la implementación de la solución de comunicaciones electrónicas en los lugares sin cobertura de repetidores VHF. A continuación se indica cada uno de los mismos:

1. Radio Base MOTOTRBO DGM 4100
2. Equipo RoIP
3. Router Celular ELINS H820T
4. BGAN Explorer 510
5. Antena Externa red Celular
6. Antena WIFI
7. Antena Externa tipo látigo VHF
8. Cable Adaptador para pines de audio y PTT hacia el conector de accesorios Radio Base
9. Cable de Conexión RJ 11 RoIP al conector de accesorios de Radio Base

10. Cable de Conexión WAN RoIP hacia LAN Router Celular

11. Cable de Conexión LAN Explorer 510 hacia WAN Router Celular

La Imagen 4.27 muestra el equipamiento instalado en la estación base de control

**Imagen 4.27 Equipo RoIP Master instalado en una estación base de control de los CBPI**



Fuente: El Autor

En la Imagen 4.27 se encuentra la Radio Base conectada al RoIP Master el mismo que se encuentra conectado a Internet mediante una IP Pública y al respectivo radio el cual se encuentra en el canal de la R2 de la repetidora VHF.

A continuación se muestra las pruebas realizadas en campo, la Imagen 4.28 presenta las pruebas realizadas en la celda 37 en la parroquia de Apuela. De acuerdo la información de la Tabla 3.7 del capítulo 3, la cobertura de la operadora

con el nombre comercial Claro es operativa en consecuencia el Router ELINS H820T, realiza la conexión WAN a través de esta red.

**Imagen 4.28 Pruebas de Operatividad realizadas en la celda 37 parroquia de Apuela, Conexión WAN red Celular.**

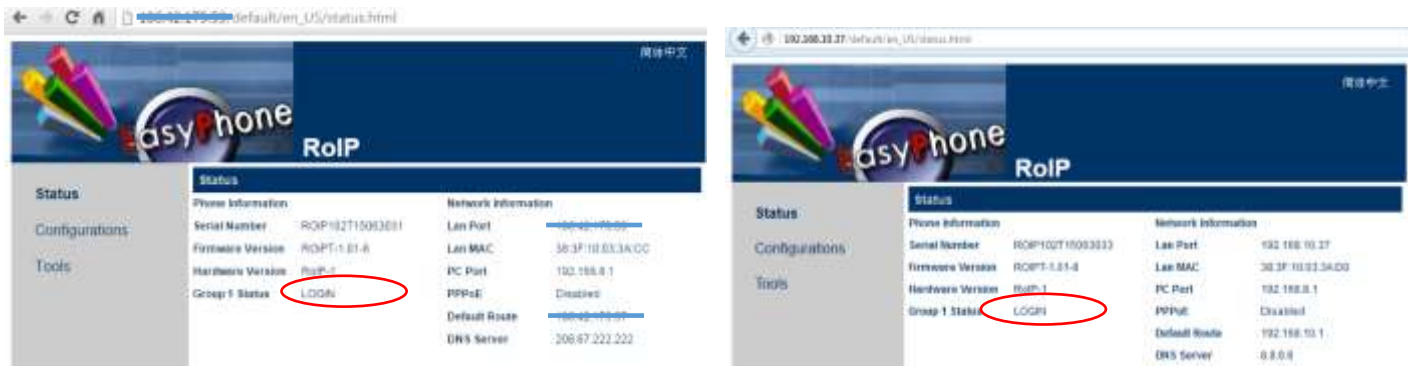


Fuente: El Autor

La anterior imagen muestra las pruebas realizadas en una celda donde la cobertura por los sistemas de radiocomunicación no son operativos, como se observa en la imagen en el numeral 1 se encuentra los radios portátiles en canal de radio a radio, en el numeral 2 se encuentra la antena látigo VHF correspondiente al radio móvil de la camioneta, el cual también se encuentra en el mismo canal de los radio portátiles, el numeral 3 corresponde a la antena WIFI del Router Inalámbrico, el numeral 4 corresponde a la antena externa de la red celular, y en el numeral 5, al interior de la camioneta de rescate se encuentra el RoIP y el Router Celular.

Las imágenes a continuación muestran el estado del equipamiento, en la conexión realizada entre los lugares donde no existe cobertura y las estaciones base de control.

Imagen 4.29 Estado de los RoIP registrados



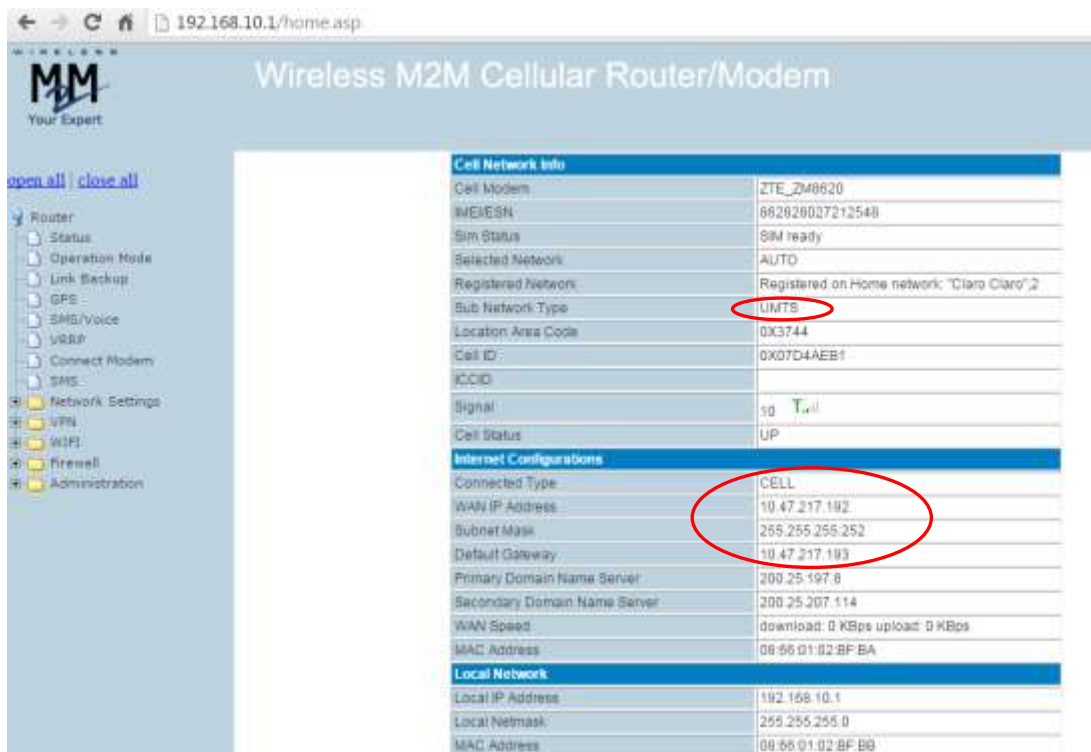
(a) Equipo Master

(b) Equipo Cliente

Fuente: El Autor

En la imagen anterior se puede observar el estado de conexión de los dos equipos RoIP (a) y (b), master y cliente respectivamente, se observa que la conexión ha sido exitosa mediante el estado Loggin en cada uno.

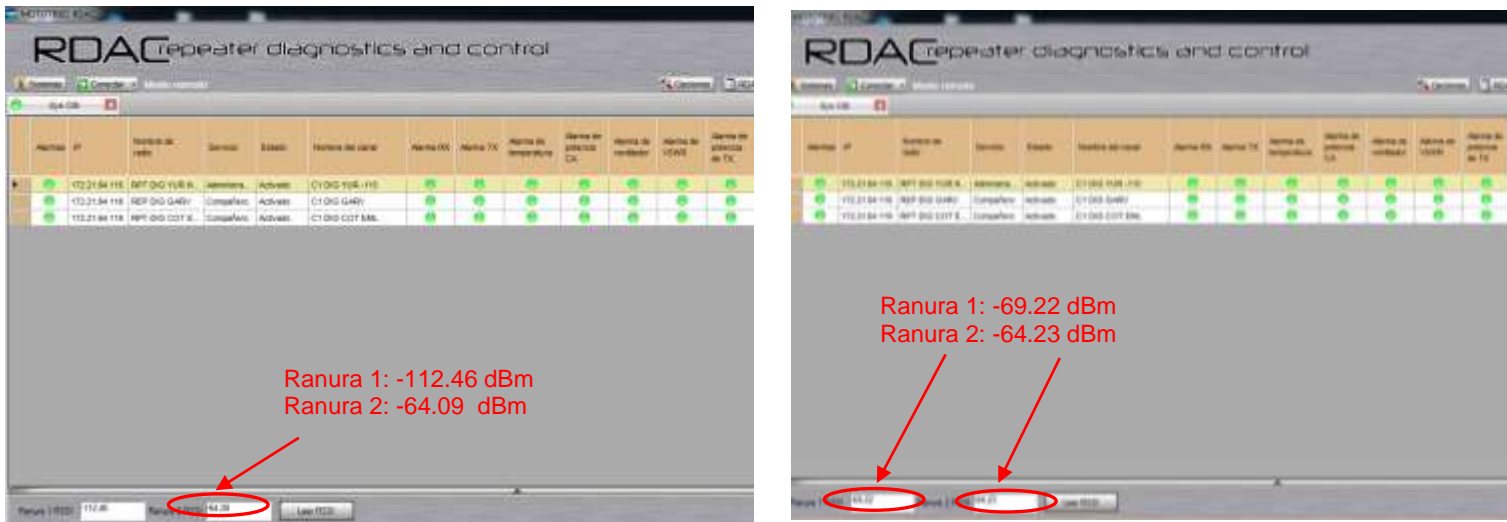
Imagen 4.30 Estado de la Conexión del Router Celular con la Red Celular



Fuente: El Autor

La imagen del Router Celular presenta el resumen de las conexiones establecidas en el equipo; como se observa la conexión WAN se ha realizado a través de la red celular la misma que muestra información de la tecnología a que se ha realizado la conexión, el nivel de señal de misma, las direcciones IP asignadas WAN, el estado de las conexiones LAN.

**Imagen 4.31 Transmisión de las Repetidoras a través de la Ranura 2**



**(a) Transmisión ranura 1      (b) Transmisión ranura 1 y 2**

Fuente: El Autor, Software RDAC

La imagen anterior muestra la transmisión de la comunicación generada por la solución de comunicaciones electrónicas, como se observa en la imagen (a), los niveles de señal en la ranura 2 son superiores a los niveles de señal en la ranura 1, precisamente cuando se está transmitiendo a través de la solución de comunicaciones electrónicas; la imagen (b) muestra los niveles de señal cuando se realiza la transmisión a través de las dos ranuras de tiempo de las repetidoras; lo que se traduce a que al mismo instante se está realizando la coordinación de una atención de emergencia en los lugares con cobertura de las repetidoras y también se realiza una atención en lugares donde la cobertura de las repetidoras no es operativa.

Las prueba realizada a la que hace referencia la Imagen 4.28, fue realizada en la celda 37, en donde si existe cobertura de operadoras celulares. La imagen a continuación muestra las pruebas de operatividad realizadas en la celda 9, en la

cual la operatividad de las redes de repetidores VHF y Operadoras Celular son no operativas. La imagen a continuación muestra las pruebas realizadas.

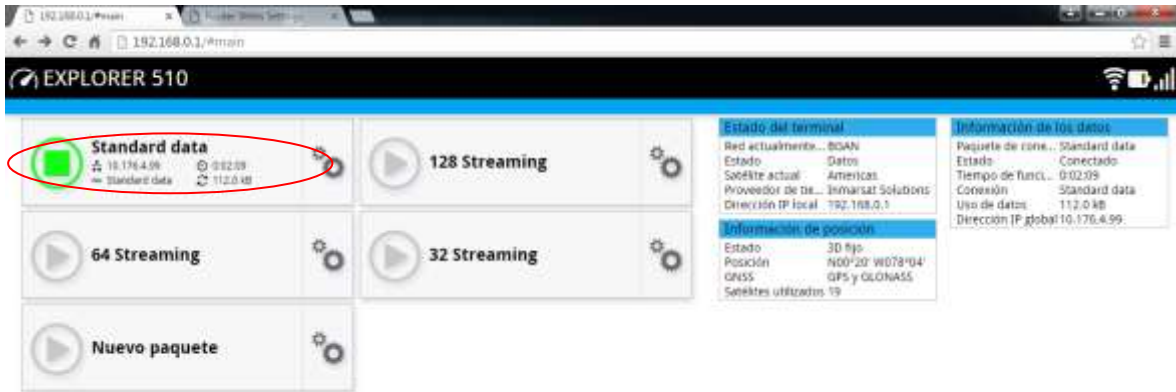
**Imagen 4.32 Pruebas de Operatividad realizadas en la celda 9 parroquias de Imantag, Apuela y Cuellaje. Conexión WAN red Satelital.**



Fuente: El Autor

La imagen anterior muestra las pruebas realizadas en la celda 9; celda en la cual no existe cobertura de operadoras celulares y los sistemas de radiocomunicación de los CBPI no brindan cobertura, se observa la operatividad del sistema cuando se transite desde un radio portátil (2) en canal de radio a radio hacia el radio móvil de la camioneta (3) el mismo que se encuentra conectado a la solución de comunicaciones electrónicas y se conecta a las estaciones base control a través del equipo satelital Explorer 510 (1). Igualmente que en las pruebas realizadas con el enlace WAN de redes celulares, se observa el mismo la antena WIFI (4), antena VHF del radio móvil (5), antena Celular del router (6); en las imágenes siguientes se observa las respectivas conexiones para la operatividad de la solución a través de la red Satelital.

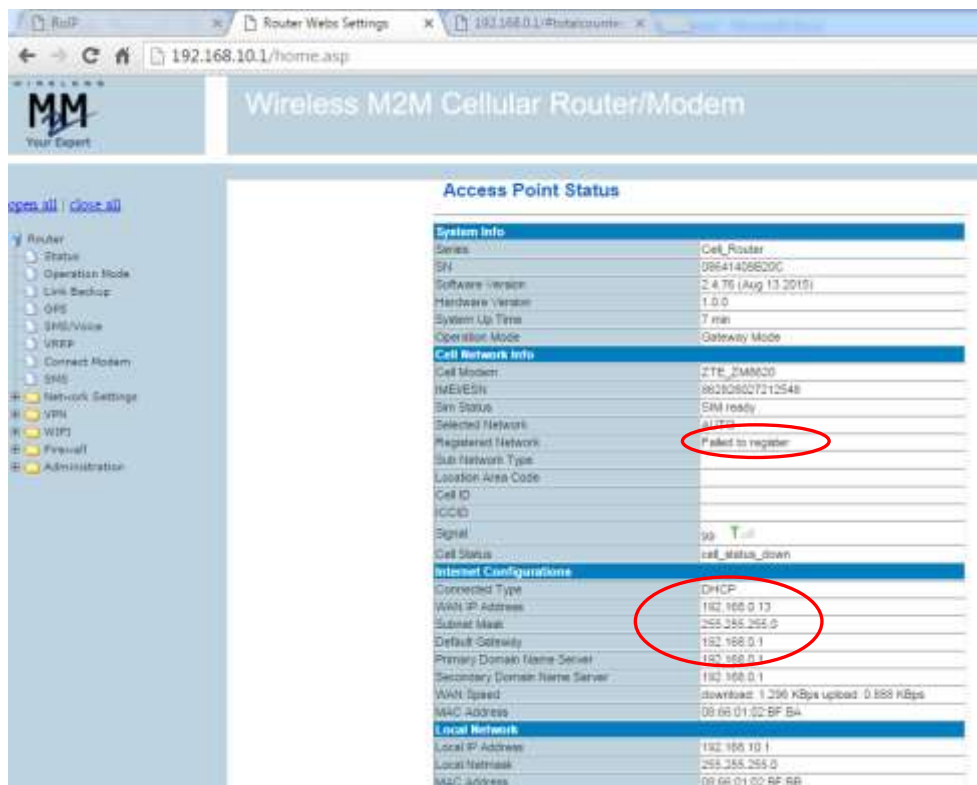
Imagen 4.33 Estado de la conexión del BGAN Explorer 510



Fuente: El Autor

La imagen anterior muestra el estado de la conexión del equipo terminal Explorer 510, se observa que la conexión estándar se encuentra activada, permitiendo la comunicación entre los lugares sin cobertura con las estaciones de control de los CBPI.

Imagen 4.34 Estado de Conexión del Router Celular con conexión del Explorer 510

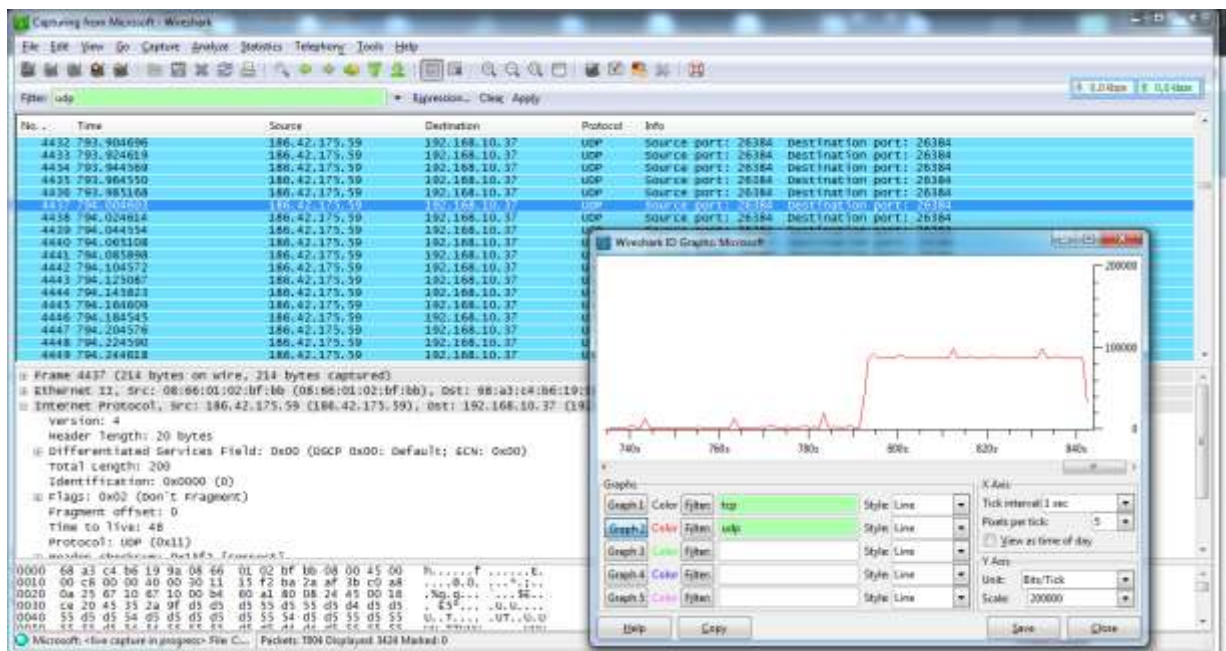


Fuente: El Autor

Como se observa en las imágenes anteriores la conexión a Internet se la realiza a través de la operadora de servicios Satelitales, en la



**Imagen 4.36 Tráfico Generado en una conexión a través de la solución de comunicaciones electrónicas**



Fuente: El Autor, Software Wireshark

La imagen anterior muestra el tráfico generado cuando se está realizando la comunicación entre las estaciones de control con los lugares sin cobertura de las repetidoras VHF de los CBPI, claramente se observa que el tráfico generado alcanza los 12KB/s.

### 4.3. NORMATIVAS DE USO

La solución de comunicaciones electrónicas presentada es el resultado de la investigación y elaboración de los capítulos del presente trabajo, es importante recalcar que la solución presentada, fue desarrollada en base a los requerimientos y situación actual de los CBPI, en donde como uno de los principales requisitos se mencionó la facilidad de operación de la solución a desarrollarse, en consecuencia se detalla los procedimientos necesarios para operar la solución de comunicaciones electrónicas.

#### 4.3.1. INSTALACIÓN DE LA SOLUCIÓN DESARROLLADA EN UN VEHÍCULO DE RESCATE.

Cuando se presenta una emergencia en lugares donde la cobertura de las Repetidoras de los CBPI no son operativas, por lo general el lugar se encuentra en las zonas rurales y específicamente en lugares de difícil acceso, por tal motivo el equipamiento de la solución debe ser instalado en una unidad de rescate de las instituciones bomberiles o a su vez en una camioneta de rescate, con características de OFF Road. El vehículo que sea equipado con esta solución deberá asistir siempre al lugar de la emergencia en conjunto con el demás recurso desplazado, vehículos y personal; con el objetivo de servir como recurso de movilización del personal así como un “repetidor móvil” brindando acceso a la información generada en los lugares de atención de emergencias. En la imagen a continuación se observa los equipos, RoIP 102T, Router ELINS H820T y las antenas VHF, Celular y WIFI, instaladas de forma permanente en un vehículo de rescate.

**Imagen 4.37 Equipamiento Instalado en un Vehículo de Rescate**



Fuente: El Autor

Una vez realizadas las configuraciones y pruebas de operación respectivas se concluye que el desarrollo de la solución de comunicaciones electrónicas para los lugares sin cobertura de las repetidoras de los Cuerpos de Bomberos de la provincia de Imbabura, es operativa cumpliendo con los requerimientos y situación actual de las instituciones en mención, además de ser desarrollada en base a la investigación de las tecnologías más adecuadas a la realidad de las instituciones Bomberiles, el Anexo. 7, muestra la respectiva proforma del equipamiento utilizado.

#### **4.3.2. USO DE LA SOLUCIÓN**

El uso de la solución se la realiza de acuerdo a la información detallada en los siguientes numerales.

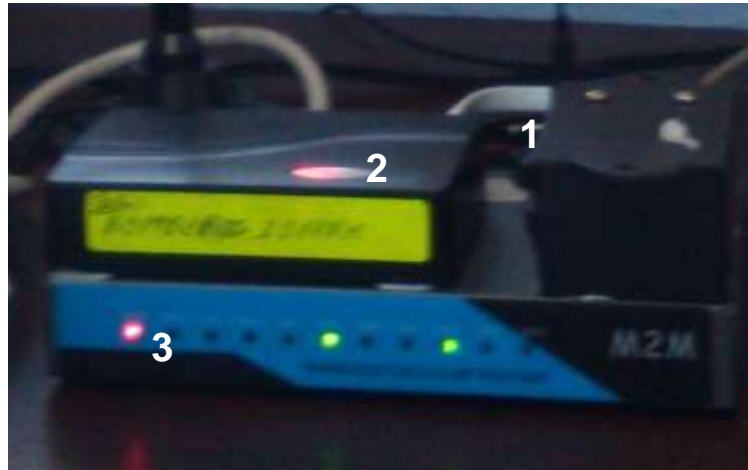
##### **4.3.2.1. Cuando Utilizar la Solución de Comunicaciones Electrónicas.**

La solución planteada debe ser usada única y exclusivamente cuando los sistemas de radiocomunicaciones de los CBPI no sean operativos en un lugar determinado de una emergencia; como se mencionó en los numerales anteriores, al acceso a la información generada en estos lugares se lo realiza a través de servicios celulares y/o satelitales, en consecuencia siempre se debe mantener un saldo vigente en las respectivas SIM.

##### **4.3.2.2. Encendido de la Solución de Comunicaciones Electrónicas**

Todo el equipamiento al momento de ser instalado en un vehículo de rescate, está completamente configurado y listo para operar, es decir lo único que debe realizar el personal que asiste a la atención es encender el interruptor que proporciona alimentación a todo el equipamiento, e inmediatamente y en base a las configuraciones realizadas, los equipos empiezan a cargar su configuración y a realizar las respectivas operaciones para brindar acceso a la información generada en el lugar de la atención. La imagen a continuación muestra los indicadores visuales que se debe verificar para asegurar que todo el equipamiento se encuentra encendido.

**Imagen 4.38 Encendido de Equipamiento de la Solución de Comunicaciones  
Electrónicas**



Fuente: El Autor

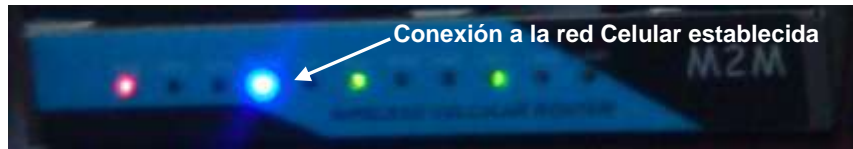
La imagen anterior muestra los indicadores visuales a tener en cuenta al momento del encendido de los equipos, el numero 1 indica la ubicación del interruptor de alimentación de 12V, el numero 2 muestra un led de color rojo que indica que el RoIP 102T se encuentra encendido, y por último el numero 3 muestra el led en color rojo encendido indicando que el router celular también esta encendido.

#### **4.3.2.3. Conexión con la red Celular**

Una vez encendido los equipos, se debe verificar que se ha realizado el enlace con la primera opción de comunicación que es la red celular, lo cual se verifica en los led con el indicador "signal" del router celular Imagen 4.39, el mismo que debe encender y apagar de forma pausada en color azul, indicando que la conexión con la red celular se encuentra operativa, el tiempo que tarda en realizar la conexión con la red celular es máximo en 45 segundos. Una vez verificada la conexión con la red celular a través del mencionado led, el RoIP debe realizar su debido acceso a internet lo cual es verificado mediante el indicador visual la

Imagen 4.40, en donde se verifica que el led rojo se encienda y apague en color rojo pausadamente.

#### Imagen 4.39 Conexión Red Celular



Fuente: El Autor

En la Imagen 4.39 se observa la conexión activa con la red celular por parte del router a través del identificador visual led azul; en la imagen a continuación se verifica el acceso a internet por parte del RoIP a través del identificador led rojo.

#### Imagen 4.40 Acceso a Internet RoIP 102T a través de la red Celular



Fuente: El Autor

Una vez que se logre acceso a internet el led rojo debe pasar de un estado de intermitencia rápido a un estado pausado, de esta manera se verifica que el equipo se encuentra listo para transmitir y recibir información.

#### 4.3.2.4. Conexión con la red Satelital

Una vez encendido los equipos de la solución de comunicaciones electrónicas y luego de un tiempo de espera de 45 segundos, se observa que la conexión con la red celular no se establece, se debe realizar la conexión con la red satelital, para lo cual se utiliza el terminal BGAN Explorer 510, como se mencionó anteriormente

todo el equipamiento ya se encuentra previamente configurado y probado, en consecuencia los pasos que se debe realizar el personal que acude a la atención de la emergencia para la realizar la conexión a una red satelital son los siguientes:

- a) Encender el Terminal Satelital BGAN Explorer 510
- b) Conectar el cable de red de la interfaz LAN del BGAN Explorer 510 al puerto WAN del terminal
- c) Inclinar el terminal satelital apuntando hacia el cielo, como se describió en el numeral 4.1.3.3
- d) Desde un Smartphone ingresar a la aplicación y seleccionar la conexión de Datos.

Para verificar que la conexión con la red satelital se encuentran operativa, una vez que se ha realizado la alineación del BGAN Explorer 510, el indicador visual del RoIP al igual que en la verificación de redes celulares debe pasar de un estado de intermitencia rápido a un estado pausado, de esta manera se verifica que el equipo se encuentra listo para transmitir y recibir información a través del proveedor de servicios satelitales.

#### **4.3.2.5. Uso de las Redes WIFI en la Solución de Comunicaciones Electrónicas**

Como se describió en los anteriores numerales la solución de comunicaciones electrónicas también provee una conexión de acceso a Internet a través de WIFI para Smartphone y equipos portátiles, pero de acuerdo al análisis realizado se concluyó que la primera respuesta se la debe realizar a través de la tecnología PTT, por lo tanto se debe precautelar el consumo de los saldos de las tarjetas SIM a través del WIFI; en consecuencia se puede habilitar el filtrado MAC para registrar un teléfono inteligente en los equipos Router Celular y Explorer 510, es decir se debe activar la opción de acceso por dirección MAC solo al teléfono en mención, para que el mismo posea servicios de navegación web, correo electrónico, redes sociales, y funciones de teléfono satelital a través de las redes WIFI, manteniendo de esta forma múltiples canales de comunicación en el lugar de la atención de emergencia y la ves precautelando el saldo de los servicios celulares y satelitales.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- Se obtuvo una idea clara de los sistemas de comunicaciones electrónicas que los Cuerpos de Bomberos de la Provincia de Imbabura utilizan como medio principal de comunicación en una atención de emergencia, siendo estos los sistemas de radiocomunicación convencional VHF, los mismos que en la mayoría de casos el mantenimiento y la administración del sistema se encuentra a cargo de empresas externas, poniendo en evidencia la falta de visión de las autoridades pertinentes al no gestionar o brindar recursos necesarios para que exista personal responsable de las comunicaciones electrónicas, siendo esta la materia prima más importante en una atención de emergencia se le debería brindar la importancia adecuada.
- El Cuerpo de Bomberos Ibarra es la única institución Bomberil en la provincia de Imbabura que posee personal encargado de las comunicaciones electrónicas, es así que esta institución fue la encargada de implementar, administrar y gestionar en el pasado los números de emergencia 101,102 y 911, en lo que fue la Central Integrada de Atención Ciudadana; en la actualidad esta institución es la responsable de la implementación, administración y gestión de la repetidora VHF, encargada de brindar conectividad a todos los Cuerpos de Bomberos de la Provincia de Imbabura con el ECU911 de Ibarra, mejorando los tiempos de respuesta a las atenciones que deben ser coordinadas en la provincia, características única en todo el país; además brinda apoyo dentro de las posibilidades pertinentes a las demás Instituciones Bomberiles en temas de tecnología.

- El análisis de la Cobertura brindada por las repetidoras de los CBPI mostró que las mismas están orientadas a cubrir zonas y lugares poblados de la provincia, dejando de lado zonas rurales, es así que cuando se presenta una atención de emergencia en los sitios mencionados, se la realiza con recursos disponibles, los cuales en muchas ocasiones dificultan y ponen en riesgo la correcta operatividad de la atención, más aun cuando no se dispone de comunicación directa con las estaciones base de control causando la falta conocimiento de la situación actual de la emergencia razón por la cual es complicado administrar y despachar los recursos necesarios.
- Se observa que existe una gran cantidad de lugares rurales que poseen cobertura parcial, este particular presentado es por el perfil topográfico en donde se encuentra la provincia de Imbabura, en donde los sistemas de radiocomunicación actuales de los CBPI poco o nada pueden hacer para extender o mejorar la cobertura, antenas de más ganancia en las repetidoras no es lo más adecuado en lugares donde existen otros sistemas de comunicaciones, cambiar de lugar las estaciones repetidoras tampoco es adecuado porque se afectaría a la operatividad y cobertura actual, enfocada a las zonas urbanas, incrementar sitios de repetición no es lo más óptimo porque se necesita inversión en cada una de las instituciones además de no contar el personal necesario para el soporte correspondiente a los sistemas, en conclusión se debe brindar una solución adecuada a los lugares sin cobertura optimizando los recursos disponibles.
- Con la investigación realizada se orientó la solución de comunicaciones electrónicas al cumplimiento de tres requisitos indispensables, Fácil Instalación/Operación, Cobertura, y Bajo Costo de Implementación, es así que se realizó el análisis de las tecnologías más adecuadas y en base al cumplimiento de los requisitos antes mencionados obtener una solución que satisfaga las necesidades de los CBPI, sin olvidar el concepto de cobertura en el lugar de la atención el cual se refiere a brindar conexión con todos los actores que intervienen en una atención de emergencia, radios móviles y portátiles, siempre cumpliendo el concepto de PTT (Pulsar

para Hablar), porque es el más adecuado para atenciones de emergencia, por lo que soluciones como el ACU-2000, centrales IP, o soluciones integradoras de comunicaciones, son descartadas como medio de comunicación de primera respuesta, porque estos se encuentran en los Datacenter principales o estaciones de control integrando diferentes tecnologías como, celulares, radios convencionales, telefonía IP, internet, etc., olvidando el problema mismo de los lugares sin cobertura el cual es lograr comunicación entre todos los actores de una emergencia en lugares donde las tecnologías mencionadas anteriormente son no operativas.

- Al realizar el análisis sectorizado de la cobertura de las repetidoras de los Cuerpos de Bomberos de la Provincia, se logró comprender la realidad de la operatividad de estos sistemas, además de servir de apoyo y referencia para las pruebas de operatividad de las operadoras celulares, dando como resultado el estar mejor preparados para una atención de emergencia, en los lugares sin cobertura, conocer exactamente que dificultades se debe afrontar en el tema de comunicaciones electrónicas para la atención de una emergencia en particular.
- Se logró desarrollar, integrar y probar exitosamente una solución de comunicaciones electrónicas, adaptada a la realidad actual de las instituciones Bomberiles de la Provincia de Imbabura, sin necesidad de cambiar, modificar, o alterar la operatividad actual de las repetidoras, siendo además compatible con todo el equipamiento utilizado por las instituciones en mención incluyendo la repetidora provincial encargada de conectar a todos los cuerpos de bomberos de la provincia, la misma que fue utilizada para la pruebas respectivas, siendo esta una opción adecuada para las instituciones que no poseen repetidoras propias como el caso de Bomberos Pimampiro o Bomberos Antonio Ante.
- Al integrar la solución de comunicaciones a los sistemas de radiocomunicación de los Cuerpos de Bomberos, se comprobó de manera practica la correcta operatividad y beneficios de la comunicación PTT,

porque la información generada en la atención de la emergencia es comunicada en el instante mismo de la atención a las estaciones de control, en donde al mismo tiempo se presentaron atenciones reales de emergencia como, volcamientos en autopistas, atropellamientos, atenciones pre hospitalarias, las cuales fueron atendidas con normalidad y la simulación de emergencias desde los lugares sin cobertura también fue atendida y coordinada correctamente, gracias al particular de la comunicación a través de la ranura 2 de las repetidoras.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Es importante crear consciencia del rol fundamental que cumple un sistema de comunicaciones electrónicas en la atención de emergencias porque gracias a esta herramienta se optimiza recursos y se atiende de manera óptima una emergencia en particular, por lo tanto se recomienda contar con personal técnico responsable de los sistemas de comunicaciones electrónicas de cada institución y si no es posible lo anterior, capacitar a una persona de cada institución en conocimientos técnicos de mantenimiento de equipos de radiocomunicación, porque si una unidad o persona se encuentra incomunicado en una emergencia cambia su rol de rescatista a víctima y en muchas ocasiones solo por no mantener operativo el equipamiento de radiocomunicación. Además hacer un llamado de atención a las autoridades pertinentes para equipar de manera adecuada a los Cuerpos de Bomberos en lo que a comunicaciones electrónicas se refiere.
- Contar con un plan de mantenimiento de los radios móviles, base y portátiles, revisar potencias de transmisión, sensibilidad, conexiones de conectores y antenas, de ser posible instalar antenas en los radios móviles de más ganancia, para lograr una mejora en la cobertura, parámetros importantes a tomar en cuenta para que la solución de comunicaciones electrónicas en lugares donde no existe cobertura funcione

adecuadamente, recordando que esta solución solo es un medio de transporte de la información entre los lugares sin cobertura y las estaciones base de control, porque la información generada se la transmite inicialmente por el equipamiento de radiocomunicación y llega hacia los destinatarios en los mismo equipos de radiocomunicación.

- Se recomienda que la frecuencia con la que se trabaja en el canal de radio a radio, no se diferencie en más de 2 MHz, de la frecuencia con la que se trabaja en el sistema de radio a radio, lo anterior porque en el caso de los radios móviles la antena es calibrada a la frecuencia del canal del repetidor y si la frecuencia del canal de radio a radio difiere bastante, parámetros como la potencia directa y potencia reflejada pueden alterarse, resultando que la comunicación en este canal no se realice correctamente o en el peor de los casos que el equipamiento sufra algún desperfecto.
- Como se explicó en el presente trabajo, la solución de comunicaciones electrónicas funciona con equipamiento necesario para conectarse a la operadora de servicios celulares y satelitales, si se instala en más de un vehículo la solución de comunicaciones electrónicas, se recomienda adquirir solo un equipo de comunicación satelital, porque lógicamente si se solicita una atención de emergencia, la misma fue solicitada desde algún medio de comunicación generalmente celular, por lo tanto si no se obtiene cobertura de las repetidoras de los CBPI, se obtendrá cobertura de las redes celulares y solo en casos extremos se registrara una atención donde las comunicaciones satelitales sean las únicas operativas; en estos casos se utilizara el equipo satelital.
- Se recomienda mantener una SIM institucional con un plan de datos celular activo para ser utilizado en la solución de comunicaciones electrónicas, se recomienda el plan de datos de 1000 Megas mensuales, las mismas que de acuerdo al tráfico generado por los RoIP son suficientes para la operatividad en caso de necesitarla, además contar siempre con un plan de Megas vigente listo para ser activado en la SIM del terminal satelital que de

igual manera de acuerdo al tráfico generado por los RoIP y al tomar en cuenta que solo en casos extremos se utilizaría este servicio un plan de 100 Megas es suficiente para que el equipo opere en caso de necesitarlo.

- Todo el equipamiento que forma parte de la solución de comunicaciones electrónicas funciona a 12V DC, por lo que es alimentado por el conector de 12V DC presente en todos los vehículos, a excepción del terminal satelital, obviamente este equipo no puede estar instalado dentro del vehículo porque necesita línea de vista hacia los satélites, por lo que se recomienda siempre mantener cargada la batería interna del terminal, y si esta llegara a descargarse mientras se encuentra operando se recomienda cargarla con su respectivo adaptador de voltaje, para lo cual el vehículo de emergencia debe contar con un pequeño inversor de corriente.
- Capacitar al personal de bomberos en la operación y funcionamiento de la solución de comunicaciones de emergencia, saber encender e identificar claramente los indicadores visuales de los equipos, así como el correcto uso de los radios de comunicación y conceptos básicos de comunicación a través de repetidor y en canales de radio a radio.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia de Control y Regulación de las Telecomunicaciones (2012). Plan Nacional de Frecuencias, Obtenido el 2 de marzo de 2015 de [http://www.arcotel.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/07/plan\\_nacional\\_frecuencias\\_2012.pdf](http://www.arcotel.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf)
2. Agencia de Control y Regulación de las Telecomunicaciones (s.f). Señal Móvil Ecuador. Obtenido el 1 de agosto de 2015 de <http://www.arcotel.gob.ec/senal-movil-ecuador/>
3. CONETCTA (2014), Servicios RoIP, Obtenido el 20 de septiembre de 2014 de <http://conetcta.com/servicios/roip/>
4. Coordinación Bomberos de la Provincia (2015). *Recursos Vehículos y Equipamiento para Atención de Emergencias*. Ibarra – Ecuador
5. Cuerpo de Bomberos Ibarra (2013). *Proyecto Nodos de Radio Comunicación VHF Cobertura de la cuenca del Río Lita y Mira*. Ibarra -Ecuador
6. Cuerpo de Bomberos Ibarra (2014). *Estadísticas de Atenciones y Coordinaciones Anuales*. Ibarra – Ecuador
7. Cuerpo de Bomberos Ibarra (2015). *Estadísticas de Atenciones y Coordinaciones Anuales*. Ibarra – Ecuador
8. Cuerpo de Bomberos Ibarra (2015). *Bitácora de Trabajo Repetidoras Área TRES*. Ibarra, Ecuador
9. Crespo, C (2008), *Radiocomunicación*. Editorial Prince-Hall
10. Escuela de Formación de Bomberos de la Primera Zona Bomberil del Ecuador (2014). *Plan de Emergencias para atención de Desastres*. Ibarra - Ecuador.
11. Graham, A; Kirkman, N; PAUL, P (2007), *Mobile Radio Network Design in the VHF and UHF Bands*. 1ra edición. Editorial WILEY.
12. GROUNDCONTROL (2015). BGAN - Portable Satellite Internet & Phone. Obtenido el 11 de septiembre de 2015 de <http://www.groundcontrol.com/BGAN.htm>
13. Huidrobo, J (2012), *Comunicaciones Móviles*. Editorial RA-MA
14. INEC (2012). Resultados Censo de Población y Vivienda 2010, Obtenido el 12 de febrero de 2015 de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-ateral/Resultados-provinciales/imbabura.pdf>
15. INEC (2010). Población por área, según provincia, cantón y parroquia, Obtenido el 12 febrero de 2015 de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda>

16. Inzirillo, Roberto (2007). Transmisión de Datos para Estaciones en la Banda HF. Tesis Ingeniería, Universidad de Mendoza. Mendoza, España
17. Iranzo, J (1990). Modelos de Propagación NVIS estudio de un caso Práctico. Obtenido el 18 de abril de 2015 de <http://www.ipellejero.es/hf/maing39/index.php>
18. MOTOROLA (2009). MOTOTRBO Manual del planificador del sistema. Obtenido el 8 de abril de 2015 de [http://www.interwins.cl/wp-content/files\\_mf/manualplanificacion.pdf](http://www.interwins.cl/wp-content/files_mf/manualplanificacion.pdf)
19. Ruiz Guido, Hermenegildo Jose (2013). Aplicaciones de los Sistemas VSAT a Regiones Remotas del Territorio Nacional. Tesis Sistema de Postgrado, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil Ecuador.
20. Satelital-Móvil (s.f). Inmarsat presenta promociones BGAN-Link para América Latina. Obtenido el 11 de septiembre de 2015 de <http://www.satelital-movil.com/2012/08/inmarsat-presenta-promociones-bgan-link.html>
21. SYSCOM (2014). Enlaces Inalámbricos y Radiocomunicación. Obtenido el 29 de abril de 2015, de <http://foro.syscom.mx/index.php?p=/discussion/9651/guia-de-soluciones-para-enlaces-inalambricos-y-radiocomunicacion-2013/p1>
22. SYSCOM (2015). Enlaces Inalámbricos y Radiocomunicación. Obtenido el 29 de abril de 2015 de <http://ftp3.syscom.mx/usuarios/ftp/downloads/guiaradios2015/01RADIOSENWOD.pdf>
23. TE.SA.M. (s.f). Sobre Globalstar. Obtenido el 11 de septiembre de 2015, de <http://www.tesam.com/telefonía-satelital/sobre-globalstar.html>
24. TE.SA.M. (s.f). Sobre INMARSAT. Obtenido el 11 de septiembre de 2015 de <http://www.tesam.com/telefonía-satelital/sobre-inmarsat.html>
25. TE.SA.M (s.f). Sobre IRIDIUM. Obtenido el 11 de septiembre de 2015, de <http://www.tesam.com/telefonía-satelital/sobre-iridium.html>
26. Unión de Radioaficionados Españoles (2008). Comunicaciones NVIS en la banda HF. Obtenido el 18 de abril de 2015 de [http://www.ipellejero.es/hf/NVIS/nvis\\_eb2cws.pdf](http://www.ipellejero.es/hf/NVIS/nvis_eb2cws.pdf)

## ANEXOS

Anexo. 1 Estadísticas de atenciones de los Cuerpos de Bomberos de la provincia de Imbabura año 2015

Anexo. 2 Hojas de trabajo niveles de señales y cobertura de Operadoras Celulares

Anexo. 3 Niveles de RSSI RDAC en las Repetidoras de los CBPI

Anexo. 4 Pruebas Site Survey MOTOTRBO Repetidoras de los CBPI

Anexo. 5 Planes de datos de operadora Claro

Anexo. 6 Hoja de Datos BGAN Explorer 510

Anexo. 7 Proforma de Equipamiento

Anexo. 8 Hoja de datos ROIP 102T

Anexo. 9 Hoja de datos Router ELINS H820T

Anexo. 10 Atención de un Volcamiento en la Celda c5 (Cobertura parcial repetidoras CBPI), solución de Comunicaciones Electrónicas Operativa.