



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

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

**TEMA: ESTUDIO Y ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA
NACIONAL INTERCONECTADO DE COMUNICACIONES EN
LA BANDA DE DOS METROS, ASIGNADA A
RADIOAFICIONADOS, COMO RED ALTERNA DE
COMUNICACIONES EN EVENTOS DE EMERGENCIA**

AUTOR: BALDEÓN CHECA RAFAEL ANDRES

DIRECTOR: ING. MONTOYA LARA LUIS HERNÁN

SANGOLQUÍ, 2016



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación **"ESTUDIO Y ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO DE COMUNICACIONES EN LA BANDA DE DOS METROS, ASIGNADA A RADIOAFICIONADOS, COMO RED ALTERNA DE COMUNICACIONES EN EVENTOS DE EMERGENCIA"**, realizado por el Señor **RAFAEL ANDRÉS BALDEÓN CHECA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al Señor **RAFAEL ANDRÉS BALDEÓN CHECA** para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 18 de abril de 2016

Ing. Luis Hernán Montoya Lara

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, RAFAEL ANDRÉS BALDEÓN CHECA, con cédula de identidad No. 1711517431, declaro que este trabajo de titulación "ESTUDIO Y ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO DE COMUNICACIONES EN LA BANDA DE DOS METROS, ASIGNADA A RADIOAFICIONADOS, COMO RED ALTERNA DE COMUNICACIONES EN EVENTOS DE EMERGENCIA", ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

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

Sangolquí, 18 Abril de 2016

RAFAEL ANDRÉS BALDEÓN CHECA

C.C. 1711517431



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACION

Yo, RAFAEL ANDRÉS BALDEÓN CHECA, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE publicar, en la Biblioteca Virtual de la Institución el presente trabajo de titulación "ESTUDIO Y ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO DE COMUNICACIONES EN LA BANDA DE DOS METROS, ASIGNADA A RADIOAFICIONADOS, COMO RED ALTERNA DE COMUNICACIONES EN EVENTOS DE EMERGENCIA", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría

Sangolquí, 18 de Abril de 2016

RAFAEL ANDRÉS BALDEÓN CHECA

C.C. 1711517431

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, quienes con infinito amor, sacrificio y dedicación supieron alentarme a seguir avante en la búsqueda de este objetivo, manteniendo siempre el curso correcto.

AGRADECIMIENTO

Al culminar esta etapa de formación académica, es mi deseo dejar constancia de profundo agradecimiento a Dios por todas las experiencias que me permitió vivir durante este tiempo, sabiendo que cada una de ellas están bajo un plan perfecto, permitiéndome cada día y por sobre todas las cosas, ser una mejor persona.

Agradezco a mis padres quienes en cada momento me han demostrado su apoyo, haciendo posible alcanzar este objetivo, a Nathalie por su ayuda incondicional en este arduo camino.

Mi profundo agradecimiento a quienes de una u otra forma participaron en la elaboración de este proyecto de investigación, al señor Gustavo Barreiros por ser uno de los mentalizadores para que el Ecuador posea una red de comunicaciones para el servicio de radioaficionados que pueda ser usada como red alterna en eventos de emergencia y al señor Ing. Luis Hernán Montoya por la apertura, buena disposición y colaboración brindada en el desarrollo de este estudio.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
1.3. ALCANCE DEL PROYECTO	5
1.4. OBJETIVOS	7
CAPÍTULO 2	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. MARCO REGULATORIO PARA RADIOCOMUNICACIONES EN EL ECUADOR	8
2.1.1. Plan Nacional de Frecuencias	11
2.2. SERVICIO DE RADIOAFICIONADOS	15
2.2.1. Fundamentos	15
2.2.2. Radioaficionados en el Ecuador	21
2.2.3. Uso de Redes de Radioaficionados en Eventos de Emergencia	22
2.2.4. Manejo institucional de las emergencias en el Ecuador	26
2.2.5. El servicio de radioaficionados como parte de un sistema de emergencias en el Ecuador	28
2.2.6. Consideraciones de transmisión para el servicio de radioaficionados en situaciones de emergencia	32
2.2.7. Casos de estudio y experiencias de la utilización del servicio de radioaficionados en emergencias	34
CAPÍTULO 3	62
ANÁLISIS DE LA RED, SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO HC	62
3.1. SITUACIÓN GENERAL	62
3.2. ANÁLISIS TÉCNICO DE LA RED	64
3.2.1. Características Técnicas del Equipamiento de la Red	64
3.3. TOPOLOGÍA DE LA RED DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO HC	72
3.3.1. Descripción del Anillo Norte	73
3.3.2. Descripción del Anillo Sur	75
3.3.3. Descripción del Anillo Oriente	76

3.4.	ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS PARA REPETIDORES DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO HC.....	78
3.5.	ANÁLISIS DE RADIOENLACES	82
3.5.1.	Radioenlace Cerro de Hojas – San Francisco.....	90
3.5.2.	Radioenlace Pilisurco – San Francisco	104
3.5.3.	Radioenlace Moreta – San Francisco.....	105
3.5.4.	Radioenlace La Forestal – San Francisco	108
3.5.5.	Radioenlace Cerro Pichincha – San Francisco	109
3.5.6.	Radioenlace San Bartolo – San Francisco	111
3.5.7.	Radioenlace Cerro Zapallo – San Francisco	113
3.5.8.	Radioenlace La Mira – San Francisco.....	115
3.5.9.	Radioenlace Alaspungo – Cayambe.....	117
3.5.10.	Radioenlace Cerro Blanco – Cayambe.....	119
3.5.11.	Radioenlace Lumbaqui – Cayambe	124
3.5.12.	Radioenlace Pasohurco – La Virgen.....	126
3.5.13.	Radioenlace Cayambe – San Francisco.....	128
3.5.14.	Radioenlace La Virgen – San Francisco.....	130
3.5.15.	Radioenlace La Mira – Carshao	134
3.5.16.	Radioenlace Pilshun – Carshao.....	137
3.5.17.	Radioenlace Padrehurco – Carshao.....	138
3.5.18.	Radioenlace Radio Loma – Carshao.....	140
3.5.19.	Radioenlace Tres Cruces – Carshao	142
3.5.20.	Radioenlace La Paz – Carshao	144
3.5.21.	Radioenlace Villonaco – La Paz.....	146
3.6.	ANÁLISIS DE LAS ÁREAS DE COBERTURA.....	149
3.7.	ANÁLISIS DE ASPECTOS LEGALES Y REGULATORIOS.....	159
3.8.	INTEGRACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO HC EN EVENTOS DE EMERGENCIA	160
	CAPÍTULO 4	163
	ANÁLISIS DE COSTOS Y SOSTENIBILIDAD DE LA RED.....	163
4.1.	ANÁLISIS DE COSTOS DE EQUIPOS	164
4.2.	ANÁLISIS DE COSTOS DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO	167
4.3.	RESUMEN DE COSTOS	168
4.4.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA	169
	CAPÍTULO 5	170
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	170
5.1.	CONCLUSIONES	170

	ix
5.2. RECOMENDACIONES	173
BIBLIOGRAFÍA	175

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Atribución de frecuencias del Plan Nacional de Frecuencias para el Servicio de Aficionados en el segmento de VHF	14
Tabla 2 Conformación Territorial de los CGR/COE.	27
Tabla 3 Principales características técnicas de un transmisor.....	64
Tabla 4 Principales características técnicas de un receptor	65
Tabla 5 Nodos del Anillo Norte con coordenadas	74
Tabla 6 Equipos utilizados en los nodos que conforman el Anillo Norte	75
Tabla 7 Nodos del Anillo Sur con coordenadas	75
Tabla 8 Equipos utilizados en los nodos que conforman el Anillo Sur.....	76
Tabla 9 Nodos del Anillo Oriente con coordenadas	77
Tabla 10 Equipos utilizados en cada nodo del Anillo Oriente.....	77
Tabla 12 Asignación de frecuencias Anillo Norte	80
Tabla 13 Asignación de frecuencias Anillo Sur.....	81
Tabla 14 Asignación de frecuencias Anillo Oriente	81
Tabla 15 Modo Estadístico o de Variabilidad	84
Tabla 16 Conductividad del Suelo y Permitividad Relativa.....	85
Tabla 17 Tipos de clima utilizados para el análisis de radioenlaces	86
Tabla 18 Radioenlaces del Anillo Norte	88
Tabla 19 Parámetros técnicos para la simulación de los radioenlaces del Anillo Norte	89
Tabla 20 Resumen de datos resultantes de la simulación del radioenlace Cerro de Hojas - San Francisco	93
Tabla 21 Resultados de la simulación del radioenlace Pilisurco - San Francisco	105

Tabla 22 Resultados de la simulación del radioenlace Moreta - San Francisco.....	107
Tabla 23 Resultados de la simulación del radioenlace La Forestal – San Francisco	109
Tabla 24 Resultados de la simulación del radioenlace Cerro Pichincha – San Francisco	111
Tabla 25 Resultados de la simulación del radioenlace San Bartolo – San Francisco	113
Tabla 26 Resultados de la simulación del radioenlace Cerro Zapallo – San Francisco	115
Tabla 27 Resultados de la simulación del radioenlace La Mira – San Francisco.....	117
Tabla 28 Resultados de la simulación del radioenlace Alaspungo - Cayambe.....	119
Tabla 29 Resultados de la simulación del radioenlace Cerro Blanco - Cayambe.....	121
Tabla 30 Radioenlaces del Anillo Oriente	123
Tabla 31 Parámetros técnicos para la simulación de los radioenlaces del Anillo Oriente	123
Tabla 32 Resultados de la simulación del radioenlace Lumbaqui – Cayambe.....	125
Tabla 33 Resultados de la simulación del radioenlace Pasohurco – La Virgen.....	127
Tabla 34 Resultados de la simulación del radioenlace Cayambe – San Francisco	129
Tabla 35 Resultados de la simulación del radioenlace La Virgen – San Francisco	131

Tabla 36 Radioenlaces del Anillo Sur	133
Tabla 37 Parámetros técnicos para la simulación de los radioenlaces del Anillo Sur	134
Tabla 38 Resultados de la simulación del radioenlace La Mira – Carshao...	136
Tabla 39 Resultados de la simulación del radioenlace Pilshun - Carshao....	138
Tabla 40 Resultados de la simulación del radioenlace Padrehurco - Carshao.....	140
Tabla 41 Resultados de la simulación del radioenlace Radio Loma - Carshao.....	142
Tabla 42 Resultados de la simulación del radioenlace Tres Cruces - Carshao	144
Tabla 43 Resultados de la simulación del radioenlace La Paz - Carshao	146
Tabla 44 Resultados de la simulación del radioenlace Villonaco – La Paz...	148
Tabla 45 Parámetros de frecuencia y potencia de transmisión de repetidores del Anillo Norte	151
Tabla 46 Parámetros de frecuencia y potencia de transmisión de repetidores del Anillo Oriente	153
Tabla 47 Parámetros de frecuencia y potencia de transmisión de repetidores del Anillo Sur	155
Tabla 48 Descripción de equipos y costo unitario	164
Tabla 49 Número de equipos de comunicaciones utilizados en el Sistema Nacional Interconectado HC.	165
Tabla 50 Costos de equipos para el Sistema Nacional Interconectado	166
Tabla 51 Costos de instalación para el Sistema Nacional Interconectado ..	167
Tabla 52 Costos de mantenimiento para el Sistema Nacional Interconectado HC	168
Tabla 53 Resumen de costos del proyecto	168

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Regiones ITU	12
Figura 2 Transmisión en RTTY.....	18
Figura 3 Transmisión en PSK31.....	19
Figura 4 Transmisión en modo SSTV.....	20
Figura 5 Mesas de Trabajo Técnico del GCR/COE.....	28
Figura 6 Diagrama de estructura de la Gestión de Riesgos	31
Figura 7 Formato de mensaje a transmitir.	33
Figura 8 Sistema Nacional Interconectado HC, disposición de Anillos Norte, Sur y Oriente.....	63
Figura 9 Configuración básica de nodo del Sistema Nacional Interconectado HC	66
Figura 10 Repetidora Kenwood TKR-720N	67
Figura 11 Repetidora VHF Engineering RPT- 144.....	68
Figura 12 Repetidora Yaesu FTR-2410.....	68
Figura 13 Repetidora REPCO Dimension	69
Figura 14 Repetidora Uniden ARH-351.....	69
Figura 15 Radio Kenwood TM-321A	70
Figura 16 Radio ICOM IC-38A	70
Figura 17 Radio Neutec 1645HS	71
Figura 18 Duplexor Sinclair Q2221E	71
Figura 19 Duplexor Wacom WP-641	72
Figura 20 Diagrama de bloques Nodo Central.....	73
Figura 21 Diagrama de bloques de Repetidor Satélite	73
Figura 22 Nodos del Anillo Norte.....	87

Figura 23 Diagrama de bloques enlace Cerro de Hojas - San Francisco	90
Figura 24 Representación de viabilidad de un radioenlace.....	91
Figura 25 Resultados de simulación del radioenlace Cerro de Hojas - San Francisco	92
Figura 26 Informe de resultados del radioenlace Cerro de Hojas – San Francisco obtenido con la funcionalidad Detalle	98
Figura 27 Resultados de simulación del radioenlace Cerro de Hojas – San Francisco, funcionalidad RMPATH.....	99
Figura 28 Consideraciones para el cálculo de la altura de despeje. Fuente: (Estudio de la Migración del Sistema VHF Analógico a Digital de Petrocomercial Distrito Norte, EPN. 2011)	100
Figura 29 Diagrama de bloques enlace Pilisurco - San Francisco	104
Figura 30 Viabilidad del radioenlace Pilisurco - San Francisco según Radio Mobile	104
Figura 31 Diagrama de bloques enlace Moreta - San Francisco.....	106
Figura 32 Viabilidad del radioenlace Moreta - San Francisco según Radio Mobile	106
Figura 33 Diagrama de bloques enlace La Forestal - San Francisco.....	108
Figura 34 Viabilidad del radioenlace La Forestal - San Francisco según Radio Mobile	108
Figura 35 Diagrama de bloques enlace Cerro Pichincha - San Francisco.....	110
Figura 36 Viabilidad del radioenlace Cerro Pichincha - San Francisco según Radio Mobile	110
Figura 37 Diagrama de bloques enlace San Bartolo - San Francisco	112
Figura 38 Viabilidad del radioenlace San Bartolo - San Francisco según Radio Mobile	112
Figura 39 Diagrama de bloques enlace Cerro Zapallo - San Francisco	114

Figura 40 Viabilidad del radioenlace Cerro Zapallo - San Francisco según Radio Mobile	114
Figura 41 Diagrama de bloques enlace La Mira - San Francisco	116
Figura 42 Viabilidad del radioenlace La Mira - San Francisco según Radio Mobile	116
Figura 43 Diagrama de bloques enlace Alaspungo - Cayambe	118
Figura 44 Viabilidad del radioenlace Alaspungo - Cayambe según Radio Mobile	118
Figura 45 Diagrama de bloques enlace Cerro Blanco - Cayambe	120
Figura 46 Viabilidad del radioenlace Cerro Blanco - San Francisco según Radio Mobile	120
Figura 47 Nodos del Anillo Oriente.....	122
Figura 48 Diagrama de bloques enlace Lumbaqui - Cayambe.....	124
Figura 49 Viabilidad del radioenlace Lumbaqui - Cayambe según Radio Mobile.....	125
Figura 50 Diagrama de bloques enlace Pasohurco – La Virgen	126
Figura 51 Viabilidad del radioenlace Pasohurco – La Virgen según Radio Mobile	127
Figura 52 Diagrama de bloques enlace Cayambe – San Francisco	128
Figura 53 Viabilidad del radioenlace Cayambe – San Francisco según Radio Mobile	128
Figura 54 Diagrama de bloques enlace La Virgen – San Francisco	130
Figura 55 Viabilidad del radioenlace La Virgen – San Francisco según Radio Mobile	130
Figura 56 Nodos del Anillo Sur.....	132
Figura 57 Diagrama de bloques enlace La Mira - Carshao.....	135

Figura 58 Viabilidad del radioenlace La Mira – Carshao según Radio Mobile.....	136
Figura 59 Diagrama de bloques enlace Pilshun – Carshao	137
Figura 60 Viabilidad del radioenlace Pilshun – Carshao según Radio Mobile.....	137
Figura 61 Diagrama de bloques enlace Padrehurco – Carshao	139
Figura 62 Viabilidad del radioenlace Padrehurco - Carshao según Radio Mobile.....	139
Figura 63 Diagrama de bloques enlace Radio Loma – Carshao	141
Figura 64 Viabilidad del radioenlace Radio Loma - Carshao según Radio Mobile.....	141
Figura 65 Diagrama de bloques enlace Tres Cruces – Carshao	143
Figura 66 Viabilidad del radioenlace Tres Cruces - Carshao según Radio Mobile.....	143
Figura 67 Diagrama de bloques enlace La Paz – Carshao	145
Figura 68 Viabilidad del radioenlace La Paz - Carshao según Radio Mobile	145
Figura 69 Diagrama de bloques enlace Villonaco – La Paz	147
Figura 70 Viabilidad del radioenlace Villonaco – La Paz según Radio Mobile.....	147
Figura 71 Representación de niveles de recepción en Radio Mobile	150
Figura 72 Cobertura de repetidores Anillo Norte	152
Figura 73 Cobertura de repetidores del Anillo Oriente	154
Figura 74 Cobertura de repetidores del Anillo Sur	156
Figura 75 Cobertura del Sistema Nacional Interconectado HC	158
Figura 76 Diagrama de funcionalidades de Echolink Fuente.....	162

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

AFSK Audio Frequency Shift Keying. Modulación por desplazamiento por audio frecuencia

AM Modulación por amplitud

APRS Automatic Position Reporting System. Sistema Automático de Información de Posición

ARCOTEL Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

ARRL American Radio Relay League

AX.25 Protocolo de Packet Radio

C

CGR/COE Comités de Gestión de Riesgos y los Comités de Operaciones de Emergencia

COMA Servicio de Comunicaciones de Apoyo

CONATEL Consejo Nacional de Telecomunicaciones

COPU Servicio de Comunicaciones Públicas

COR Carrier Operated Relay

CRSA Chinese Radio Sports Association

CTCSS Continuous Tone-Coded Squelch System. Sistema Silenciador Codificado por Tono Continuo

CW Código Morse

E

EHF Extreme High Frequency. Frecuencia Extremadamente Alta

ELF Extreme Low Frequency. Frecuencia Extremadamente Baja

ENOS El Niño/Oscilación Sur

F

FM Modulación por frecuencia

FSK Frequency Shift Keying. Modulación por desplazamiento de frecuencia

H

HF High Frequency. Alta Frecuencia

I

IARU International Amateur Radio Union

ICAO International Civil Aeronautical Organization

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

ITM Irregular Terrain Mobile

ITU Unión Internacional de Telecomunicaciones

L

LF Low Frequency. Baja Frecuencia

LOT Ley Orgánica de Telecomunicaciones

LSB Lower Side Band

M

MF Medium Frequency. Media Frecuencia

MINTEL Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información

O

ONEMI Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública de Chile

P

PM Modulación por fase

PSK31 Modo digital que utiliza la modulación de fase y transmite 31 bits por segundo

PTT Push to Talk

Q

QS Quieting Sensibility

R

RTTY Radioteletipo

S

SENATEL Secretaría Nacional de Telecomunicaciones

SGR Secretaría de Gestión de Riesgos

SHF Super High Frequency. Súper Alta Frecuencia

SINAD Signal to Noise and Distortion Ratio

SNGR Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos

SRTM Shuttle Radar Topography Mission

SSB Single Side Band

SSTV Slow Scan Television Televisión de Barrido Lento

SUPERTEL Superintendencia de Telecomunicaciones

U

UGR Unidades de gestión de Riesgos

UHF Ultra High Frequency. Ultra Alta Frecuencia

USB Upper Side Band

V

VHF Very High Frequency. Muy Alta Frecuencia

VLF Very Low Frequency. Muy Baja Frecuencia

VoIP Voice over IP

W

WT Telegrafía Inalámbrica

RESUMEN

El presente proyecto, contempla el estudio y análisis técnico del Sistema Nacional Interconectado HC, red de comunicaciones en la banda de frecuencia de dos metros atribuido al servicio de radioaficionados en el Ecuador, mismo que eventualmente y gracias al área de cobertura, adaptabilidad y prestaciones podría ser utilizado como red alterna de comunicaciones ante eventos de emergencia. El estudio incluye la revisión de los conceptos que rigen a las radio comunicaciones realizadas en las frecuencias de VHF por radioaficionados, se estudia de manera detallada el Marco Regulatorio vigente que norma al Servicio de Radioaficionados en el Ecuador, definiendo desde el punto de vista legal el alcance y vinculación con entes de gestión de emergencias. Posteriormente, se detalla cada uno de los nodos que conforman el Sistema Nacional Interconectado HC, se realiza el estudio técnico de cada uno de los elementos que constituyen los anillos Norte, Sur y Oriente, utilizando para ello la herramienta de simulación Radio Mobile, la cual permite definir la factibilidad técnica de los enlaces así como sus áreas de cobertura. Se realiza el análisis de factibilidad económica en donde se consideran costos de implementación y mantenimiento, tomando en cuenta las particularidades que esta red de comunicaciones posee. Finalmente se definen las conclusiones y las recomendaciones que la investigación y estudio produjeron.

PALABRAS CLAVE:

**RADIOAFICIONADOS
RADIOCOMUNICACIONES
EMERGENCIA
MARCO REGULATORIO
GESTION DE RIESGOS
VHF**

ABSTRACT

This project includes the study and technical analysis of Sistema Nacional Interconectado HC, communications network in the frequency of two meters band, attributed to the amateur radio service in Ecuador, same that eventually and thanks to the coverage area, adaptability and performance could be used as mains communications to emergency events. The study includes the revision of concepts of radio communications in the VHF frequencies to amateur radio, in detail is studied the current regulatory framework that governing to the amateur radio service in Ecuador, defining from the legal point, the scope and linkage with emergency management agencies.. Subsequently is detailing each of the nodes that make up Sistema Nacional Interconectado HC, the technical study also cover the definition of each element that constitute the Anillos Norte, Sur and Oriente using the simulation software tool, Radio Mobile®, which allows define the technical feasibility of the radiolinks as well as their areas of coverage. Is analyzed too, the economic feasibility considering implementation and maintenance costs, considering the particularities that this communications network has. Finally, conclusions and recommendations resulting from this research and study are presented.

KEYWORDS:

**AMATEUR RADIO
RADIO COMMUNICATIONS
EMERGENCY
TELECOMMUNICATIONS LAW
EMERGENCY MANAGEMENT
VHF**

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Sin lugar a dudas, los sistemas de telecomunicaciones convencionales durante su evolución, han permitido el desarrollo en diferentes ámbitos de la sociedad, acortando brechas y brindando un sin número de servicios y aplicaciones que en la actualidad han pasado de ser simples utilidades, a herramientas de interlocución masiva (Blánquez, 2001) (ITU, 2014).

Sin embargo, cuando el entorno en el cual nos desenvolvemos se vuelve hostil debido a eventos inesperados como son los desastres naturales y las comunicaciones se ven afectadas por colapso, interrupciones o cortes prolongados de servicio, los diferentes sistemas sociales se ven perjudicados y se instala la incertidumbre al no poder mensurar las alteraciones de nuestro entorno inmediato, generando miedo y perplejidad frente a los acontecimientos presentes.

Es precisamente bajo este escenario, en donde el papel de las redes de telecomunicaciones alternas es decisivo, coordinando las operaciones de socorro, evaluando los daños, gestionando la movilización de la ayuda destinada a la reconstrucción y colaborando con los entes encargados del manejo de las emergencias.

A través de la historia y en presencia de situaciones normalmente extremas producidas por emergencias o desastres, han sido las redes de comunicaciones de radioaficionados las que se han mostrado como las más

flexibles y en numerosos casos se han transformado en el primer enlace, y con frecuencia el único, en áreas afectadas por una catástrofe (ITU, 2005) (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014).

La ubicación del Ecuador dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, la influencia de las corrientes marinas ENOS (El Niño/Oscilación Sur), y su misma composición geográfica, hacen que el país esté expuesto a diferentes peligros naturales, los mismos que ante su aparición, generarían graves impactos de aspecto social y económico en su desarrollo (Demoraes & D'ercole, 2001).

Desastres geofísicos y climatológicos, hacen que en muchos de los casos se produzca el aislamiento de poblaciones enteras, sin acceso a alimentación, medicina, energía y mucho menos a redes de comunicaciones convencionales, impidiendo así que los estamentos de apoyo y socorro puedan conocer la situación de necesidad en tiempo real y efectivo.

La capacidad de la sociedad de nuestros días para comunicar la información, es primordial para la organización y evolución de ésta, sin embargo, cuando esta habilidad se ve limitada y alterada por eventos que producen, no solo daños a nivel de infraestructura sino que alteran la vida cotidiana, se hace fundamental y urgente habilitar servicios que permitan la comunicación de las poblaciones afectadas.

Ante esto, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, del inglés *International Telecommunication Union*) organismo especializado de las Naciones Unidas para las Tecnologías de la Información y la Comunicación cuyo objetivo consiste en proteger el derecho fundamental a la comunicación, además de coordinar a los gobiernos y al sector privado en el desarrollo de redes y servicios, por medio de su reglamentación y normalización, en su resolución 646 REV.CMR-12 aprobada en Ginebra en el año 2012, dentro de sus recomendaciones UIT-R M.1043-2 y UIT-R M.1042-3, establece que en caso de huracanes, tifones, inundaciones, incendios, erupciones volcánicas, terremotos y otras situaciones de catástrofe en donde la mayoría de las redes terrenales han sido destruidas o

dañadas, podría disponerse de estaciones y redes de aficionados que permitan prestar los servicios de telecomunicaciones necesarios para contribuir en las actividades destinadas a la protección pública y a las operaciones de socorro.

Es así, que la actuación de los radioaficionados, quienes gracias a la eficacia y autonomía de sus redes de comunicación, ante circunstancias extremas de emergencia como las registradas en países vecinos tales como Perú en 2007, Costa Rica en 2009 y Chile en el 2010 (Gutiérrez, 2014), demostraron más solvencia que otros sistemas de comunicaciones, convirtiéndose en hitos históricos de servicio de ayuda y socorro durante eventos trágicos en catástrofes, permitiendo que poblaciones que se mantuvieron aisladas de todo tipo de comunicación fueran atendidas oportunamente, brindando la posibilidad de dar a conocer su estado y necesidad no solo a entes de ayuda social sino a familiares y amigos que inclusive se encontraban en territorios extranjeros.

Precisamente en este contexto y tomando como referencia el terremoto en el Ecuador de magnitud 7.8 Mw (Magnitud de momento sísmico) del sábado 16 de Abril de 2016, cuyo hipocentro se registró frente a la ciudad de Pedernales, Manabí (Instituto Geofísico, 2016), en donde producto de este evento, todos los servicios básicos y en especial los de telefonía fija y móvil colapsaron, debido a la gran destrucción en la zona y al incremento del tráfico de llamadas del resto de usuarios a lo largo del país, el Servicio de Radioaficionados en el Ecuador, mediante el uso del Sistema Nacional Interconectado HC, a tan solo 2 minutos de transcurrida la catástrofe, logró tener reportes de la situación desde Portoviejo, Manta y Guayaquil, permitiendo desde ese momento y durante los días que fueron necesarios para reestablecer los sistemas convencionales de comunicaciones, se pudo tener un canal alternativo con las ciudades y poblados ubicados en las zonas de mayor impacto, siendo además en varios casos, el primer y único medio de comunicación entre los damnificados y sus familiares en otras ciudades.

Sin embargo, la falta de conocimiento de la existencia y capacidad operativa de esta red de comunicaciones por parte de los entes de gestión de emergencias y por otro lado, la no existencia de un estudio técnico formal, como el propuesto en este proyecto de investigación, hizo que el uso del Sistema Nacional Interconectado HC durante este tiempo, haya sido limitado, pero no menos relevante y efectivo.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Cuando hablamos de desastres naturales, invariablemente, estos se producen sin ningún tipo de aviso, en muchos casos, sorprendiendo a la población y a entes encargados de ayuda y seguridad pública, que no siempre cuentan con las herramientas o sistemas necesarios para afrontar este tipo de eventos, los mismos que requieren de acción y efectividad inmediata.

Las experiencias obtenidas, producto del terremoto del 16 de abril de 2016 en el Ecuador, dejan en evidencia que los sistemas primarios de comunicaciones sucumbieron en su totalidad y que no fue hasta después de varios días que pudieron ser parcialmente restablecidos, generando todo ese tiempo, desconcierto e incertidumbre en los damnificados y sus familiares, en los sistemas de organización social e incluso en los entes de gestión de emergencias (Vivanco, 2016).

No así, el Servicio de Radioaficionados del Ecuador, que mediante el uso del Sistema Nacional Interconectado HC, desde los primeros minutos posteriores al evento, ya mantuvo comunicaciones con ciudades y poblados cercanos a la zona cero, permitiendo conocer de esta forma la magnitud de la catástrofe, colaborar con el tráfico de mensajes de los afectados y rescatistas con sus familiares y ofrecer un canal de respaldo a las entidades de gestión de emergencias que no disponían de sistemas con cobertura en las áreas afectadas.

La no existencia de documentación técnica, la poca difusión, apertura y fomento al desarrollo de redes alternas de comunicaciones capaces de

brindar su ayuda en situaciones de emergencia, como es el caso de las redes de radioaficionados y del Sistema Nacional Interconectado HC específicamente, hacen que el presente proyecto de investigación deba ser considerado relevante y de carácter estratégico, ya que el incorporar, generar y promover el conocimiento técnico-científico de este tipo de redes, permitirá cubrir necesidades prioritarias en caso de emergencia o catástrofes nacionales (IARU, 2015).

Ante estos antecedentes y tomando en cuenta la flexibilidad, autonomía y bajos costos de despliegue que este tipo de redes ofrecen en situaciones de emergencia, se propone desarrollar este proyecto de investigación, en donde se analiza desde el punto de vista técnico el Sistema Nacional Interconectado HC, red de comunicaciones de radioaficionados existente y que bajo condiciones normales es utilizada para fines propios de su hobby, la cual está constituida por tres anillos principales y brinda cobertura aproximadamente a 18 provincias del Ecuador Continental, y que ante eventos de emergencia, puede ser utilizada como red alterna de comunicaciones en la banda de 2 metros, brindando canales de comunicación entre la sociedad civil y organismos que requieran servicios de comunicación con áreas en donde la cobertura o los servicios de comunicaciones convencionales hayan fallado.

1.3. ALCANCE DEL PROYECTO

Dentro de este proyecto de investigación, se realizó el estudio técnico del Sistema Nacional Interconectado HC, donde se revisaron de forma general los diferentes conceptos técnicos que rigen las radiocomunicaciones específicamente las que corresponden a las realizadas en frecuencias VHF, lo cual permitió explicar las razones desde el punto de vista técnico y legal del por qué la elección de esta banda de frecuencias.

Se analizaron las características, arquitectura, protocolos, estándares, topología, factores de diseño, aspectos legales y marco regulatorio vigente en el Ecuador para el uso del espectro radioeléctrico en las bandas

asignadas a radioaficionados, lo que proporcionó los elementos necesarios para considerar futuras expansiones de la red, facilitando la planificación, análisis de propagación y radioenlaces.

Se estudiaron, los diferentes conceptos legales que permitirían integrar el servicio de comunicaciones ofrecido por el Sistema Nacional Interconectado HC con los organismos de gestión de emergencias en el Ecuador, ante eventuales situaciones de emergencia y/o catástrofes.

Se analizó y describió detalladamente cada uno de los radioenlaces de los Anillos Norte, Sur y Oriente que conforman el Sistema Nacional Interconectado HC, mediante simulación por software, se obtuvieron los resultados de los presupuestos de cada radioenlace y se identificó las áreas de cobertura de los repetidores de cada Anillo y de todo el Sistema.

Se realizó una evaluación de costos y sostenibilidad del Sistema Nacional Interconectado HC, la misma que permitió conocer los costos de inversión que deberían ser considerados ante una nueva implementación o renovación total de equipos, se evaluó además, los costos de mantenimiento del Sistema y se explicó las particularidades que las redes de radioaficionados poseen desde el punto de vista económico.

1.4. OBJETIVOS

- **Objetivo General**

Realizar un estudio y análisis técnico del Sistema Nacional Interconectado de comunicaciones en la banda de dos metros, asignada a radioaficionados, como red alterna de comunicaciones en eventos de emergencia, que permita considerar a esta red como un canal de respaldo a los sistemas tradicionales de telecomunicaciones en las áreas en donde no exista o haya sido afectado su servicio.

- **Objetivos Específicos**

- Generar un documento de carácter técnico, que permita conocer la estructura y características del Sistema Nacional Interconectado HC, análisis de radioenlaces, identificación de las zonas de cobertura de los Anillos Norte, Sur y Oriente así como de aspectos legales que posibilitarían su vinculación con organismos de gestión de emergencias.
- Investigar y definir el concepto del Servicio de Radioaficionados, su reglamentación, derechos y obligaciones.
- Investigar y analizar las características de las redes de radiocomunicaciones en VHF, redes de comunicaciones de radioaficionados en la banda de 2 metros y su aplicación en comunicaciones en emergencia.
- Recopilar la información que permita realizar el análisis de los radioenlaces y las áreas de cobertura de los repetidores que conforman el Sistema Nacional Interconectado HC.
- Realizar el análisis de costos y sostenibilidad del Sistema Nacional Interconectado HC, tomando en consideración las características propias de las redes de radioaficionados.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO REGULATORIO PARA RADIOCOMUNICACIONES EN EL ECUADOR

En el Ecuador, la Constitución de la República en su artículo 408, determina que el espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado y que este, a su vez, según el artículo 261, tendrá las competencias exclusivas, entre otros, del espectro radioeléctrico y el régimen de comunicaciones y telecomunicaciones.

Por otra parte, el artículo 313, considera a las telecomunicaciones, al espectro radioeléctrico y varias áreas adicionales como sectores estratégicos, reservando por esta razón al Estado, el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar estos sectores.

El 18 de febrero de 2015, mediante la aprobación de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT), se suprime la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) y la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) así como la Ley Especial de Telecomunicaciones, incluyendo todas sus reformas y el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, la Ley de Radiodifusión y Televisión además de su Reglamento General, dando paso a la creación de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) y con ello, la asignación de la

administración, regulación, control y gestión de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico a esta entidad.

El Ecuador, al ser signatario del Convenio Internacional de Telecomunicaciones, es parte de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, *International Telecommunication Union*) y está representado ante esta, por el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (MINTEL), que es el ente encargado de las políticas de desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación en el Ecuador así como del espectro radioeléctrico siendo asesorado técnica y legalmente por ARCOTEL.

El Reglamento General a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, emitido el 28 de diciembre de 2015, en su artículo 3, establece varios conceptos que permiten la aplicación, tanto de la LOT como de su Reglamento.

Entre los principales conceptos, aplicables a este estudio, se pueden encontrar, el **Régimen General de Telecomunicaciones**, que se define como el conjunto de principios, normas y procedimientos que regula todas las actividades relacionadas con el establecimiento, instalación y explotación de redes, con la prestación de servicios de telecomunicaciones y de radiodifusión.

El concepto de **radiocomunicación**, se determina como todo servicio del Régimen General de Telecomunicaciones transmitido por medio de ondas radioeléctricas. Los **servicios de radiocomunicaciones**, son servicios que implican la transmisión, emisión y recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos del Régimen General de Telecomunicaciones (Reglamento General a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015).

A propósito de esto, el artículo 2 del mismo Reglamento, establece que tanto la LOT como el Reglamento a la Ley, son de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional ya sea por personas naturales o personas

jurídicas que realizan actividades de operación a través de la prestación de servicios del Régimen General de Telecomunicaciones; del establecimiento, la instalación y la explotación de redes para la prestación de servicios del Régimen General de Telecomunicaciones; y, del uso y la explotación del espectro radioeléctrico.

Bajo estos principios, el artículo 37 de la Ley Orgánica de Comunicaciones y el artículo 13 del Reglamento General de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, estipula, que para el uso o explotación del espectro radioeléctrico, en forma previa, es necesario obtener un título habilitante otorgado por ARCOTEL e inscribirlo en el Registro Público, para esto, clasifica a los títulos habilitantes en dos grupos, el primero en títulos habilitantes a entidades y empresas públicas que no tengan como fin la prestación de servicios del Régimen General de Telecomunicaciones y el segundo en títulos habilitantes por delegación, los mismos que a su vez se clasifican en concesión y permiso o registro de servicios, siendo este último donde se enmarca de manera específica al Servicio de Radioaficionados.

En concordancia con estos apartados, el artículo 51 de la LOT, establece el otorgamiento de títulos habilitantes mediante adjudicación directa, entre otros, a aquellos que requieran el registro de servicios, como es el caso de los radioaficionados, el cual está normado en el artículo 41 de la LOT, que dispone que el registro de servicios se realizará mediante acto administrativo en el cual se hará constar una declaración de sujeción al ordenamiento jurídico vigente así como a la normativa correspondiente por parte del prestador de servicios.

A diferencia de los otros servicios de comunicaciones, el Servicio de Radioaficionados, mediante la resolución 2015-0841 de ARCOTEL emitida el 3 de diciembre de 2015 en su artículo 1, señala que el título habilitante que faculta el uso del espectro radioeléctrico por parte de este servicio, se dará a mediante registro a través de una licencia de operación emitida por la Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL, la cual faculta a su titular a operar estaciones de radioaficionados en cualquiera de las bandas de frecuencias

atribuidas al Servicio de Radioaficionados y Servicio de Radioaficionados por Satélite de acuerdo a lo establecido en el Plan Nacional de Frecuencias.

Los requisitos establecidos para el registro de servicios y obtención de la licencia respectiva se deberán presentar los siguientes documentos:

- Solicitud escrita dirigida a ARCOTEL, en donde conste datos personales del solicitante.
- Formulario Técnico (RC-7A), en donde se especifican datos del solicitante, características de las estaciones especificaciones de equipos y antenas a utilizarse, esquema del sistema.

Para el caso de la instalación de repetidores para el Servicio de Radioaficionados, la Reforma al Reglamento de Radioaficionados del 7 de noviembre de 2013 señala que se deberá solicitar la respectiva autorización a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, presentando ubicación geográfica de la estación, un diagrama de propagación del área de cobertura así como características técnicas de los equipos y antenas.

2.1.1. Plan Nacional de Frecuencias

Dentro de los instrumentos legales que rigen a las telecomunicaciones en el Ecuador, el Plan Nacional de Frecuencias, posee gran importancia, pues es este el que establece la atribución de las bandas de frecuencia a los diferentes servicios de telecomunicaciones.

El 4 de julio de 2012, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), ente que hasta ese entonces estaba encargado de la regulación y administración de las telecomunicaciones en el Ecuador, aprueba el Plan Nacional de Frecuencias y Uso del Espectro Radioeléctrico, tomando en cuenta tanto resoluciones locales como modificaciones realizadas por la ITU.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), con el fin de realizar una correcta y ordenada atribución de las bandas de frecuencias en

el rango de 8.9 kHz hasta 3000 GHz, ha dividido al mundo en tres regiones como se muestra a continuación en la Figura 1.

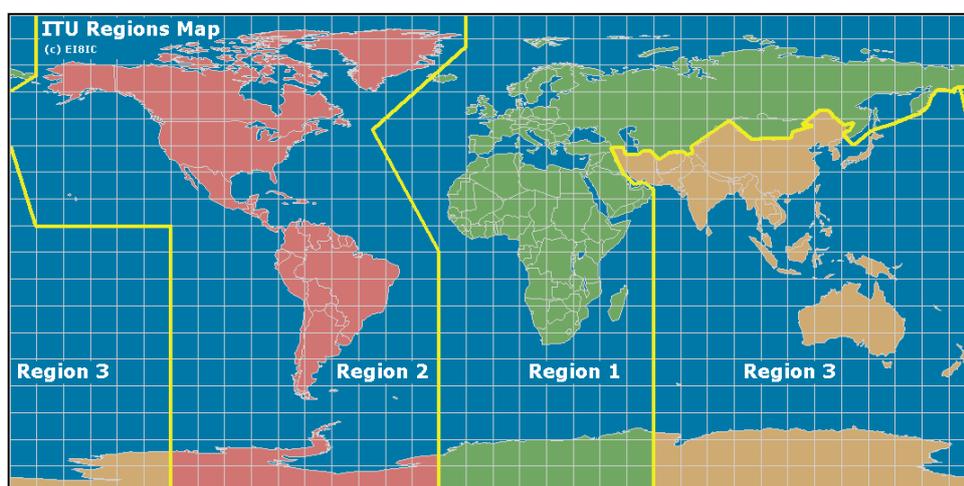


Figura 1 Regiones ITU.

Fuente: <http://www.mapability.com/ei8ic/maps/regions.php>

La Región 1 está compuesta por Europa, África, Medio Oriente y el Norte de Asia, la Región 2 está conformada por el Continente Americano y la Región 3 por el Sur de Asia y Oceanía.

De acuerdo a esta división, el Ecuador se ubica en la Región 2 y por esta razón, el Plan Nacional de Frecuencias del Ecuador, considera la distribución de frecuencias acorde al Reglamento de Radiocomunicaciones de la ITU, sin embargo, se debe considerar, que esta herramienta está en constante evaluación y cambio, adaptándose a las diferentes necesidades del país, así como de los servicios y nuevas tecnologías que utilizan el espectro radioeléctrico.

El cuadro que representa al Plan Nacional de Frecuencias, considera la clasificación por rangos de frecuencia acorde con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la ITU, para lo cual se ha diagramado en tres columnas con la siguiente información (Tabla 1):

- Primera Columna (**REGION 2**), detalla los rangos de frecuencia atribuidos a los diferentes servicios de radiocomunicaciones en la

Región 2 de la ITU, además incluye notas internacionales para los países pertenecientes a esta región.

- Segunda Columna (**ECUADOR**), especifica las frecuencias atribuidas a los servicios de radiocomunicaciones en el Ecuador, además se muestran las notas internacionales que influyen en el país.
- Tercera Columna (**Notas Nacionales**), describe exclusivamente notas para el Ecuador.

Se debe considerar que las Notas establecen normas, estándares, aplicaciones específicas, parámetros técnicos, prioridades y previsiones futuras de utilización del espectro radioeléctrico.

La nomenclatura utilizada en la tabla, con la cual se nombra a los servicios autorizados a utilizar determinada frecuencia, utiliza letras mayúsculas para referirse a los Servicios Primarios, los que utilizan letras minúsculas corresponden a los Servicios Secundarios y también hacen referencia a observaciones complementarias.

De esta manera se establece que las estaciones de servicio secundario, no deben interferir a las estaciones de servicios primarios y no pueden reclamar por interferencias perjudiciales provocadas por estas, sin embargo poseen el derecho de protección contra interferencias del mismo tipo de servicios o de otros de nivel secundario.

Para el caso del Servicio de Radioaficionados, objeto de este estudio, tanto la ITU así como los organismos rectores en el Ecuador, reconocen la importancia de este servicio atribuyendo a este grupo rangos de frecuencia en diferentes bandas, para el uso tanto en comunicaciones fijas, móviles, así como para comunicaciones por satélite.

Debido a que este estudio considera las radiocomunicaciones en el segmento de VHF, en la Tabla 1, se puede apreciar la atribución de frecuencias dentro del Plan Nacional de Frecuencias para el servicio de radioaficionados.

Tabla 1
Atribución de frecuencias del Plan Nacional de Frecuencias para el
Servicio de Aficionados en el segmento de VHF

REGION 2	BANDA MHz	ECUADOR	RANGO MHz Nota EQA (resumen): Servicio (Sistema/Uso)
144 - 146 AFICIONADOS AFICIONADOS POR SATELITE	144 - 146 AFICIONADOS AFICIONADOS POR SATELITE	144 - 146 AFICIONADOS AFICIONADOS POR SATELITE	
146 - 148 AFICIONADOS	146 - 148 AFICIONADOS	146 - 148 AFICIONADOS	
220 - 225 AFICIONADOS FIJO MOVIL Radiolocalización 5.241	220 - 225 AFICIONADOS FIJO	220 - 222 AFICIONADOS FIJO	220 - 222 EQA.40: AFICIONADOS 222 - 225 EQA.45 FIJO (enlaces radioeléctricos radiodifusión sonora)

Fuente: (ARCOTEL, 2015)

Las notas tanto internacionales como aquellas que han sido formuladas específicamente para el Ecuador para el servicio especificado así como para el rango de frecuencias asignadas son las siguientes:

- Región 2, Nota 5.241, establece que en la Región 2, no se podrá autorizar nuevas estaciones del servicio de radiolocalización en las bandas de 216-255 MHz, las estaciones que hayan recibido autorización antes de 1990 podrán seguir operando bajo título secundario.
- Notas Nacionales, la banda de 220-222 MHz, se utiliza para el servicio de Aficionados.
- Notas Nacionales, EQA.45, las bandas 222-235 MHz, se utilizan para el servicio Fijo como servicio primario, para la operación de enlaces radioeléctricos auxiliares para el servicio de Radiodifusión con emisiones sonoras.

2.2. SERVICIO DE RADIOAFICIONADOS

2.2.1. Fundamentos

A finales del siglo XIX, el rápido avance en el descubrimiento de los rudimentos de lo que más tarde se conocería como radiocomunicaciones, permitió que los estudios prácticos y teóricos de Faraday, Maxwell, Hertz, Marconi, entre otros, posibiliten en 1886 a este último, realizar el primer sistema práctico de recepción y transmisión de ondas hertzianas.

Con el suceso transatlántico de Marconi en 1901, en el que por primera vez se lograba realizar la transmisión de un mensaje mediante el sistema WT (Telegrafía Inalámbrica) entre dos continentes separados 3300 kilómetros de distancia, se da inicio a una nueva era en la tecnología de comunicaciones, registrando un interés y desarrollo vertiginoso de tal vez miles de personas en todo el mundo con el deseo de experimentar, aprender y construir equipos que permitieran replicar este evento tan trascendental en la historia.

Es así que hasta 1908, era difícil distinguir entre los experimentadores por motivos profesionales, comerciales y aficionados. Sin embargo con el surgimiento cada vez mayor de adeptos a la radio experimentación deseosos de ampliar sus conocimientos, comenzaron a aparecer y ser expandidos tanto en revistas especializadas como en artículos técnicos, escritos por radioaficionados, todo el detalle de experiencias y resultados sin buscar ningún provecho económico.

A partir de 1912, los Estados Unidos de América promulga la ley que dio inicio a la regularización de las operaciones de aficionados en este país, es así que este hecho, dos años más tarde, permite el apareamiento de la ARRL (*American Radio Relay League*), organismo que hasta el día apoya el conocimiento y el crecimiento de la Radioafición en todo el mundo con sus

diferentes frentes como educación, tecnología, servicio público, regulación y manejo de leyes tanto a nivel local como internacional.

Con la legislación norteamericana como marco, en 1925 en París se crea la IARU (*International Amateur Radio Union*) que desde ese entonces ha sido el portavoz de los intereses de los radioaficionados en el mundo.

Desde de 1927 la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), reconoce a la IARU como representante internacional de este grupo, teniendo en la actualidad la representación de 159 organizaciones nacionales. Debido a la importancia que el servicio de radioaficionados posee a nivel mundial, la IARU es un Miembro Activo del Sector de Radiocomunicaciones ITU-R, en lo referente a la administración racional, equitativa, eficaz y económica del espectro radioeléctrico, además es parte de la ITU-D, Sector de Desarrollo, encargado del fomento de la cooperación internacional y la solidaridad en la prestación de asistencia técnica y en la creación, desarrollo y perfeccionamiento de redes y equipos de telecomunicaciones y TIC en los países en desarrollo.

De esta forma la ITU, define al Servicio de Radioaficionados de forma reglamentaria y oficial como el servicio de radiocomunicación que tiene por objeto la instrucción individual, la intercomunicación y los estudios técnicos, efectuados por aficionados, esto es, por personas debidamente autorizadas que se interesan en la radiotecnica con carácter exclusivamente personal y sin fines de lucro.

Con el objetivo de mantener un orden adecuado en las emisiones que las estaciones de radioaficionados hacen, tanto a nivel local como internacional, la ITU determina un método denominado distintivos de llamada de la serie universal, la cual consiste en la asignación a cada país de dos caracteres de un bloque proporcionado por la ITU, el cual se conoce como prefijo y la asignación de un número por parte de la autoridad de cada país de entre una o tres letras, conocido como sufijo, el cual puede identificar un área geográfica específica dentro de cada país.

El Ecuador tiene asignados los prefijos HC y HD, de tal modo que cuando una estación se identifica con estos prefijos se puede saber que es ecuatoriana. Los indicativos de radioaficionados ecuatorianos están formados por el prefijo seguido de un número que identifica a cada zona en la que esta dividida el Ecuador y de una a tres letras que identifican a cada estación en particular.

- **Modos de Operación**

Como ya se ha tratado en apartados anteriores, el radioaficionado posee la autorización tanto nacional (ARCOTEL) como internacional (IARU) para emplear varios segmentos de frecuencia así como de operar varios modos de transmisión, los cuales dependen, tanto del tipo de información que se desee transmitir, como de las especificaciones técnicas de los equipos disponibles.

Los modos de operación pueden dividirse en dos grupos, por un lado están los modos analógicos y por otro los modos digitales. Los modos analógicos se relaciona de forma directa con el tipo de modulación utilizada, y estas pueden ser, como ya se explicó anteriormente, por amplitud AM, por frecuencia FM o por fase PM, una señal AM posee 3 elementos importantes la señal portadora y 2 bandas laterales que contienen la información.

La Banda Lateral Unica o SSB (*Single Side Band*), consiste en la supresión de la señal portadora (Banda Lateral) y una de las bandas laterales (Banda Lateral Superior, USB, o Banda Lateral Inferior, LSB), haciendo así que la información sea transmitida por una sola de las bandas laterales.

De esta forma, los modos analógicos pueden ser fonía o radiotelegrafía, la fonía es el modo clásico en el cual se transmite voz ya sea por AM, FM o SSB. La radiotelegrafía conocida también como CW, es la transmisión de Código Morse a través de las ondas de radio.

Los modos digitales, surgen a raíz de la evolución de los microprocesadores, haciendo que estos cada vez sean más accesibles, basan su funcionamiento en estados de circuitos “ 1 o 0 ”, sin embargo dependiendo del protocolo tiende a variar ligeramente este concepto.

Dentro de los modos digitales existen varios tipos de modulación, los más comunes son FSK (*Frequency Shift Keying*) o Modulación por desplazamiento de frecuencia, la cual utiliza dos o más frecuencias diferentes para cada símbolo, aquí la señal demoduladora, posee un variación entre dos valores de tensión discretos formados por un tren de pulsos, en el cual un “1” representa una “marca” y un “0” representa un “espacio”. AFSK (*Audio Frequency Shift Keying*) o Modulación por desplazamiento por audio frecuencia, en este caso, los datos digitales se representan por los cambios en la frecuencia de un tono de audio. PSK (*Phase Shift Keying*) o Modulación por desplazamiento de fase, consiste en la variación de la fase de la portadora entre un número de valores discretos.

Los modos digitales utilizados en radioafición son variados, entre los principales se pueden definir el Radioteletipo o RTTY, que consiste en la transmisión de datos serie asíncrono, con un juego de caracteres limitado aproximadamente a 60, transmitidos con cinco unidades de bits por caracter, cada uno de ellos se compone por un inicio (espacio), cinco bits y una parada, se transmite generalmente a 45 baudios y 60 palabras por minuto, utiliza la modulación FSK.

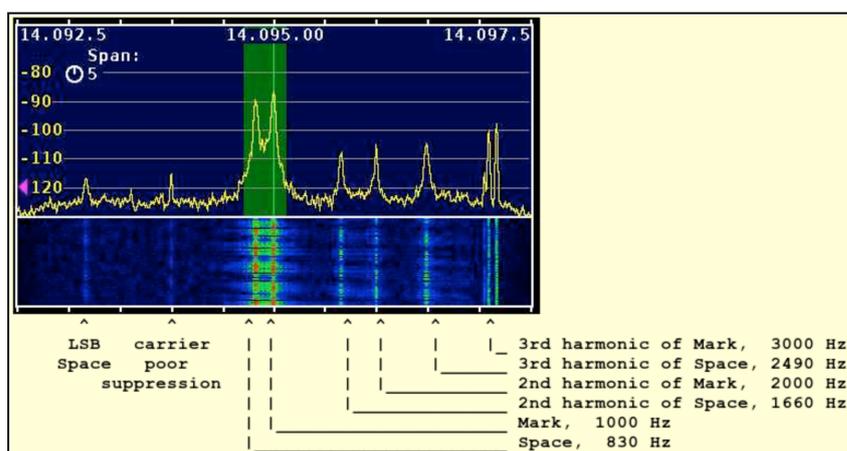


Figura 2 Transmisión en RTTY.

Fuente: <http://www.w1hkj.com/FldigiHelp>

El modo PSK31, basa su funcionamiento en la modulación de fase PSK permitiendo con ello la emisión de datos a bajas velocidades, 31 bits por segundo, este modo permite la transmisión de textos que combina la integridad de los datos con el aprovechamiento del espectro de frecuencias, la característica principal de este modo es el pequeño ancho de banda ocupado por cada estación con lo que posibilita la operación de varias estaciones en un margen de frecuencia estrecho y la fiabilidad pese a condiciones de propagación adversas.

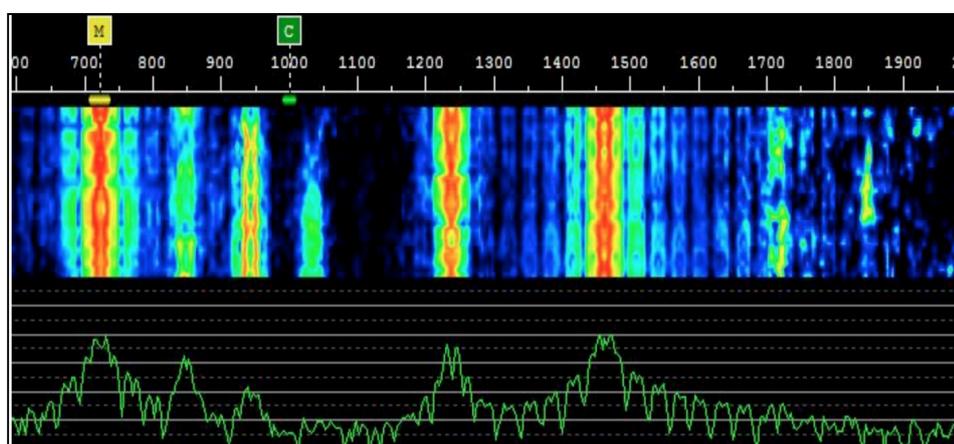


Figura 3 Transmisión en PSK31.

Fuente: Software HRD V.6.3.0.515

El modo SSTV (*Slow Scan Television*) o televisión de barrido lento permite tanto la transmisión como recepción de imágenes fijas, las cuales son recompuestas línea por línea. SSTV utiliza como método de modulación a FM en el que cada valor diferente de brillo en la imagen se obtiene de una frecuencia de audio distinta, en otras palabras la frecuencia de la señal se desplaza hacia arriba o hacia abajo para designar píxeles más oscuros o más brillantes.



Figura 4 Transmisión en modo SSTV.

Fuente: ISS (Estación Espacial Internacional)

El modo Packet Radio o Radio paquete, permite la transmisión y recepción de textos e imágenes, sin embargo, debido a las tasas de transmisión relativamente bajas debido al uso de un medio compartido, es empleado principalmente para el envío de texto en tiempo real, el cual, antes de ser enviado, es dividido en paquetes, que contienen por ejemplo, indicativo de destino, indicativo de fuente, en caso de existir, indicativo de repetidores, información de control, datos y un *checksum* que permite determinar si existen o no errores en el paquete recibido. El formato exacto del paquete se establece por el protocolo llamado AX.25. En comunicaciones utilizando frecuencias en VHF y superiores, se opera habitualmente en FM a 1200 baudios AFSK o a 9600 FSK, el limitante para alcanzar velocidades mayores, reside en el ancho de banda permitidos en los segmentos del espectro atribuidos a radioaficionados.

Una derivación del packet radio es el modo APRS (*Automatic Position Reporting System*) o Sistema Automático de Información de Posición, el cual basado el modo de packet radio y su protocolo AX.25, en conjunto con el uso de mapas digitales permite seguir y monitorear posiciones en formato de datos digitales, estado, dirección, velocidad, altura e información atmosférica

de manera ágil y precisa. Debido a la autonomía y grandes prestaciones tanto del Packet Radio así como del modo APRS, estos han logrado ser difundidos y muy utilizados en redes de emergencia y rescate.

2.2.2. Radioaficionados en el Ecuador

El Ecuador al ser signatario de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de la Asociación Internacional de Radio Aficionados, también reconoce la importancia de este servicio, por esta razón, el ARCOTEL en el Reglamento para Radioaficionados en su artículo 2, detalla su finalidad como: el mejoramiento técnico que permita poner a disposición del país enormes oportunidades de desarrollo que ofrecen las actuales tecnologías especializadas en la radiocomunicación; el desarrollo de la capacidad operativa individual en el ramo de las comunicaciones radioeléctricas a fin de que le país pueda contar con un servicio de emergencia, cuando las circunstancias lo requieran; el acercamiento cultural y técnico entre radioaficionados del Ecuador y de otros países del mundo; y, el establecimiento de servicios de comunicaciones nacionales e internacionales, empleados en casos de emergencia.

La radioafición en el Ecuador tiene sus inicios en el año de 1923, en el cual se funda el primer radio club ubicado en la ciudad de Guayaquil, posteriormente en Quito en el año de 1931 se establece el Asociación Radio Ecuatoriana que años más tarde cambiaría su nombre por Quito Radio Club.

Históricamente los principales clubes de radioaficionados en el país han estado ubicados en las ciudades más importantes, Quito, Guayaquil, Cuenca, Loja, Portoviejo, Ambato y Latacunga, sin descartar que existan organizaciones similares en otras ciudades del país.

Los distintivos de llamada para el Ecuador, constan, como se explicó anteriormente, de un prefijo asignado por la ITU (HC y HD), de un número de distrito y un sufijo formado de una a tres letras fijadas por el ente de control ARCOTEL.

El Ecuador está dividido en 9 distritos, los cuales agrupan a una o varias provincias y sirven para identificar el origen y destino de la transmisión, tanto a nivel nacional como internacional. El Distrito No.1: Carchi, Imbabura, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, Distrito No.2 :Guayas, Los Ríos y Santa Elena, Distrito No.3: El Oro y Loja, Distrito No.4: Manabí y Esmeraldas, Distrito No.5 Chimborazo, Cañar y Azuay, Distrito No.6: Cotopaxi, Tungurahua y Bolívar, Distrito No.7: Napo, Orellana, Sucumbíos, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe, Distrito No.8: Galápagos, Distrito No.9: Estación Pedro Vicente Maldonado (Antártida).

De esta forma una estación que este registrada en la provincia de Pichincha por ejemplo y cuyo sufijo sea QRC, se identificará como HC1QRC. El indicativo HD, será asignado para la participación de estaciones en eventos especiales o concursos.

La modalidad de mayor aceptación entre los radioaficionados ecuatorianos es la fonía tanto en las frecuencias de HF como en VHF, siendo esta última la más practicada, debido principalmente a que los costos de los equipos que permiten realizar este tipo de comunicaciones son actualmente bajos.

En la actualidad, el Ecuador cuenta con una red de comunicaciones en el segmento de frecuencias en VHF, denominada Sistema Nacional Interconectado HC, el cual brinda cobertura a aproximadamente 18 provincias y es caso de análisis en este estudio debido a que es la única red de comunicaciones manejada por radioaficionados que posee una cobertura tan extensa y que en caso de emergencia podría ser usada como una red alterna de comunicaciones.

2.2.3. Uso de Redes de Radioaficionados en Eventos de Emergencia

La ayuda que el servicio de radioaficionados ha proporcionado a la humanidad en eventos de emergencia, ha coadyuvado para que organismos de carácter internacional reconozcan la importancia de un trabajo conjunto, entre el estado y asociaciones de radioaficionados. Es así que la ITU en su

resolución 646 REV.CMR-12 aprobada en Ginebra en el año 2012, dentro de sus recomendaciones UIT-R M.1043-2 y UIT-R M.1042-3, establece que en caso de huracanes, tifones, inundaciones, incendios, erupciones volcánicas, terremotos y otras situaciones de catástrofe en donde la mayoría de las redes terrenales han sido destruidas o dañadas, podría disponerse de estaciones y redes de aficionados que permitan prestar los servicios de telecomunicaciones necesarios para contribuir en las actividades destinadas a la protección pública y a las operaciones de socorro.

El Ecuador a través del ARCOTEL y del Reglamento para el Servicio de Radioaficionados, reconoce que una de las finalidades de los radioaficionados es el de contar con un servicio de comunicaciones de emergencia cuando las circunstancias lo ameriten, así mismo, estipula que los radioaficionados tienen la obligación de integrar los servicios de radiocomunicaciones en apoyo de la seguridad nacional o de la defensa civil y conformar las redes de emergencia de telecomunicaciones nacionales en los casos necesarios, considerando que su naturaleza es de beneficio social, comunitario y sin fines de lucro.

Bajo estas consideraciones y en concordancia con el Artículo 25 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) por la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-03) llevado a cabo en Ginebra en el año 2003, el vincular, conocer, promover, desarrollar y apoyar estudios técnicos y científicos acerca del servicio de radioaficionados por parte del gobierno, organismos encargados de control, gestión de riesgos, universidades y demás, se convierte en un hecho de relevancia estratégica, debido a que la difusión y buen manejo de este recurso, permitirá cubrir necesidades prioritarias en lo referente a comunicaciones en caso de emergencia o catástrofes nacionales.

Sin embargo se debe considerar que una preparación adecuada para afrontar eventos de emergencia, es más eficaz cuando objetivos, finalidades atribuciones y recursos tanto de las autoridades públicas como privadas son

comunes, lo cual se transforma en un espíritu y deseo de cooperación conjunta.

Las radiocomunicaciones que eventualmente podrían ser prestadas por los radioaficionados han sido catalogadas como de máxima flexibilidad, tomando en cuenta los muchos modos de transmisión que son practicados, mismos que van desde el código Morse y la voz hasta las comunicaciones satelitales, las cuales son establecidas en bandas atribuidas desde las frecuencias en LF, pasando por las métricas y decimétricas hasta las que se encuentran en el segmento de EHF. Pero de más importancia aún, es la adquisición de conocimientos de forma individual gracias a su interés personal, logrando resultados extraordinarios, incluso con recursos limitados.

La cobertura que las redes de radioaficionados puedan brindar ante situaciones de catástrofe, estarán básicamente limitadas a las frecuencias utilizadas, de esta forma las redes de alcance medio y largo alcance utilizan bandas de frecuencias de ondas decamétricas (HF) y las de corto alcance segmentos ya sean de VHF o UHF.

Las redes de corto alcance, objeto del presente estudio, facilitan las comunicaciones tácticas y operativas en el sitio de la catástrofe y sus alrededores, para lo cual se puede disponer de estaciones fijas, móviles y portátiles, las mismas que debido a su bajo costo, ocupación de áreas pequeñas de instalación y tamaño reducido de antenas, hacen que sean las más favorables para este tipo de usos.

El segmento de frecuencias asignadas para el servicio de radioaficionados en este tipo de comunicaciones está comprendida entre 144–148 MHz conocida como banda de 2 metros, las cuales en modo simplex pueden brindar una cobertura de entre 10 y 30 km con el uso de antenas directivas. El uso de estaciones repetidoras permite ampliar la cobertura e instaladas en lugares estratégicos habilitan la comunicación entre estaciones fijas o móviles separadas por obstáculos u obstrucciones propias del terreno repetidores, tomando en cuenta la altura sobre el nivel del terreno, se deben tener consideraciones especiales a la hora de la

implementación de una estación repetidora tomando en cuenta no solo el área a cubrir sino también sus necesidades de energía.

Como se explicó anteriormente, el servicio de radioaficionados posee la autorización para usar una amplia gama de modos de comunicación en las bandas de frecuencia asignadas, la elección del modo apropiado para comunicaciones en eventos de emergencia, sin duda, dependerá de varios factores como la naturaleza y la cantidad de información a transmitir, disponibilidad de redes así como de equipos y calidad del enlace de comunicaciones.

Sin embargo, debido al tipo de tráfico, que cursa en una red de emergencia, se considera que existen dos modos principales que pueden ser usados en estos casos, el primero y más importante es el modo de fonía, en el cuál no es necesario ningún equipo adicional al transmisor y la antena, la banda de dos metros utiliza la modulación por frecuencia o FM, es empleado por estaciones fijas, móviles y portátiles, su mayor ventaja es la de entregar audio de alta calidad y ser inmune a interferencias de agentes externos, el uso de este modo involucra cumplir con ciertos protocolos de operación lo cual limita que la información sea transmitida todo el tiempo por gente capacitada en este campo.

El *packet radio* o radiocomunicaciones por paquetes, podría ser considerado como el segundo método más importante dentro de las comunicaciones de emergencia, este se constituye en una herramienta muy fiable cuando el tráfico de mensajes necesita de una verificación escrita, los mensajes pueden ser controlados, preparados y editados antes de la transmisión y ser enviados en poco tiempo, reduciendo de esta forma congestión en la red. Se pueden realizar transmisiones desde estaciones fijas, móviles e incluso portátiles siempre y cuando estas posean los equipos necesarios para realizar este tipo de comunicaciones, estos son equipo de radio (*transceiver*), computador, módem y controlador de nodo terminal (TNC), el cual es el encargado de convertir las señales binarias en señales de audio, las mismas que serán decodificadas en el equipo receptor. La

transmisión de información a través de este modo, no tiene limitante del manejo o protocolos de operación.

2.2.4. Manejo institucional de las emergencias en el Ecuador

A partir del año 2008, la Constitución vigente establece que la gestión de riesgos es una responsabilidad del Estado por lo que se crea la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR), la cual es encargada de construir y liderar el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos para garantizar la protección de personas de los efectos negativos de desastres ya sean de origen natural o antrópico (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014).

El Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos (SNDGR) está formado por la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) como ente rector, las Unidades de gestión de Riesgos (UGR) de todas las entidades públicas y privadas en el ámbito local, regional y nacional, las cuales son las encargadas de asegurar que la gestión de riesgos se transversalice en la planificación y gestión de cada institución, las entidades de ciencia que estudian las amenazas y vulnerabilidades y los mecanismos de coordinación como Comité de Gestión de Riesgos (CGR/COE).

El SNDGR fue creado con la idea de gestionar bajo el principio de descentralización, implicando la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando las capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial serán quienes se hagan cargo de brindar apoyo técnico y financiero.

Los Comités de Gestión de Riesgos y los Comités de Operaciones de Emergencia (CGR/COE) trabajan de forma común y su diferencia radica de forma única en los roles que cada uno de ellos desempeña, el CGR se encarga de la reducción de riesgos de forma permanente y global en el tiempo en que no existe emergencia, por el contrario el COE, se enfoca en la atención durante situaciones de emergencia. Los CGR/COE están conformados por tres niveles de acción, cantonal, provincial y nacional. Los

CGR/COE son organizaciones interinstitucionales permanentes las cuales se complementan unas a otras en cuanto a capacidades y recursos se refiere. Se conforman por un Plenario, que es la instancia de coordinación interinstitucional y por Mesas Técnicas de Trabajo (MTT), las mismas que son el mecanismo que integra y coordina las capacidades técnicas de los sectores público y privado, con el fin de reducir y atender emergencias en un determinado territorio.

Tabla 2
Conformación Territorial de los CGR/COE.

Plenario del CGR Nacional	Plenario del CGR Provincial	Plenario del CGR Cantonal	CGR o Mecanismos de Coordinación Parroquial
Presidente de la República (o su delegado)	Gobernador Provincial	Alcalde	Presidente de la junta parroquial
Secretaria/o de la SGR	Prefecto Provincial	Representantes de las empresas municipales	Teniente Político
Secretarías nacionales (según competencia)	Director Provincial de la SGR	Responsable de la Unidad Municipal de Gestión de Riesgos	Delegados de los comités y redes de Gestión de Riesgos
Ministros coordinadores	Representante Provincial de la AME	Jefe Político Cantonal	Representantes de las Instituciones/Organismos relevantes en la Parroquia
Ministros sectoriales	Subsecretarios y directores Provinciales de las Entidades del Estado	Jefes de los organismos de socorro públicos	Delegados de los organismos de socorro de la parroquia
Jefe del Comando Conjunto	Oficial de mayor rango de las FFAA en la provincia	Delegado FFAA en el cantón	Delegado FFAA en la parroquia
Comandante de la Policía Nacional	Oficial de mayor rango de la Policía en la provincia	Delegado de la Policía Nacional en el cantón	Delegado de la Policía Nacional en la parroquia
Presidente de la AME	Presidente de la Federación Provincial de las Juntas Parroquiales	Representante cantonal de las juntas parroquiales	Representantes locales de las ONG inscritas en la SGR
Otros integrantes a criterio del CGR Nacional	Otros integrantes a criterio del CGR provincial	Otros integrantes a criterio del CGR cantonal	Otros integrantes a criterio de la SGR

Fuente: (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2014)

Como se puede observar en la figura 5, cada Mesa de Trabajo Técnico está conformada por diferentes áreas, sin embargo la de Sectores Estratégicos posee singular importancia para este estudio debido a que es aquí en donde el Sector de las Telecomunicaciones está inmerso y representado por el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2015).

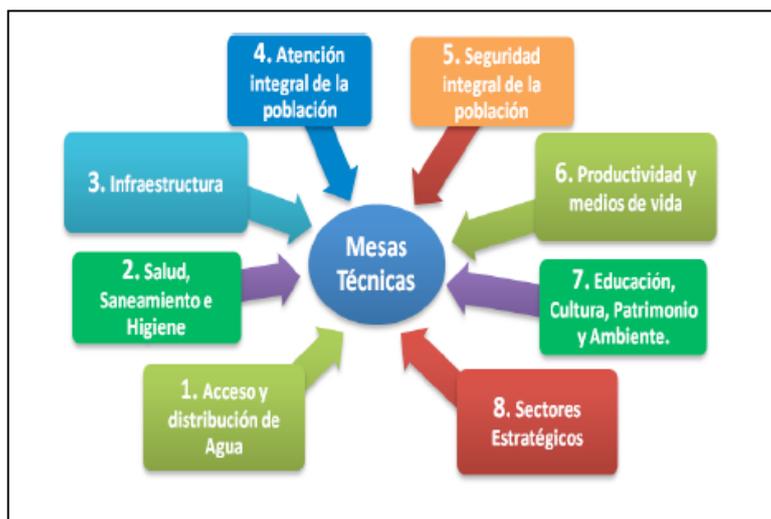


Figura 5 Mesas de Trabajo Técnico del GCR/COE.

Fuente: Plan de Contingencia del Volcán Cotopaxi, SNGR

2.2.5. El servicio de radioaficionados como parte de un sistema de emergencias en el Ecuador

Como se ha tratado anteriormente, el Estado, a través de la Secretaría de Gestión de Riesgos, asume el cargo de ente rector del manejo de los eventos de emergencia que puedan suscitarse y afectar negativamente al país, esto de forma transversal y en conjunto con entidades públicas y privadas.

En cuanto al manejo de las telecomunicaciones, el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, así como la Agencia de Control y Regulación de las Telecomunicaciones son los encargados de emitir disposiciones, elaborar planes, emitir políticas públicas y formular normativas legales de control y regulación. Según el artículo 8 la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, en caso de agresión, conflicto armado internacional o interno; grave conmoción interna; calamidad pública; desastre natural o emergencia nacional, regional o local y cuando el Decreto Ejecutivo de Estado de Excepción que emita el Presidente de la República, involucre la necesidad de utilización de los servicios de telecomunicaciones,

los prestadores de los servicios de telecomunicaciones, tienen la obligación de permitir el control directo e inmediato por parte del ente rector de la defensa nacional, para esto el Gobierno Central mediante la ARCOTEL, regulará el alcance, derechos y obligaciones así como el procedimiento a implementarse a través del correspondiente protocolo.

Con estos antecedentes y en concordancia del artículo 28 del Reglamento para el Servicio de Radioaficionados emitido en el año 2000 y aún vigente, se estipula que los radioaficionados tienen la obligación de integrar los servicios de radiocomunicaciones en apoyo de la seguridad nacional o de la Defensa Civil (hoy llamado Secretaría de Gestión de Riesgos), así como el de conformar las redes de emergencia de telecomunicaciones nacionales en los casos necesarios (Reglamento del Servicio de Radioaficionados, 2000).

Se debe tomar en cuenta y aclarar, que la función de los radioaficionados dentro de la organización de emergencia está limitada a la prestación del servicio de las comunicaciones que sean necesarias, tomando como principio básico el que los radioaficionados, de manera general, comunican pero no tienen autoridad en la línea de mando de la organización CGR/COE.

Bajo estos principios, se puede definir que el servicio de radioaficionados dentro de las organizaciones de gestión de riesgos, ocupa un lugar como Organismo de Cooperación, adscrito a lo que la Agencia de Control y Regulación de las Telecomunicaciones o el MINTEL dispongan.

Precisamente, son estos dos organismos ARCOTEL o MINTEL los que en caso de requerimiento, deberán solicitar la participación de los radioaficionados en una situación de emergencia, convocando para esto a la federación nacional, en caso de existir, a radio clubes apostados en las zonas afectadas y a los radioaficionados de manera individual para que formen los grupos de acción.

Pese a que la legislación mediante las Reformas al Reglamento de Radioaficionados del 2013, elimina como requisito el formar parte de un radio club para la obtención de una licencia de operación, es importante comprender que son estas instituciones, las encargadas de instruir y difundir la radioafición así como de reunir y capacitar a los radioaficionados para operaciones de emergencia.

De acuerdo a la experiencia de otros países, es importante que el Ecuador posea una federación que reúna a todos los radioaficionados para que de esta forma el manejo y organización de un servicio de emergencias entre el Estado y radioaficionados, pueda ser óptimo. El establecimiento de estrategias de acción así como de organización y disponibilidad de recursos, corresponderá a los clubes y sus comités de emergencia.

Sea cual fuese la organización existente, se debe considerar dos servicios especializados dentro del manejo de emergencias en la que los radioaficionados participan, estas son el Servicio de Comunicaciones de Apoyo (COMA), encargado de proveer las comunicaciones entre los niveles de la cadena de la gestión de riegos y el Servicio de Comunicaciones Públicas (COPU), el cual tiene como misión proveer comunicaciones a terceras personas en apoyo de los sistemas tradicionales de telecomunicaciones o en su reemplazo si fuera el caso.

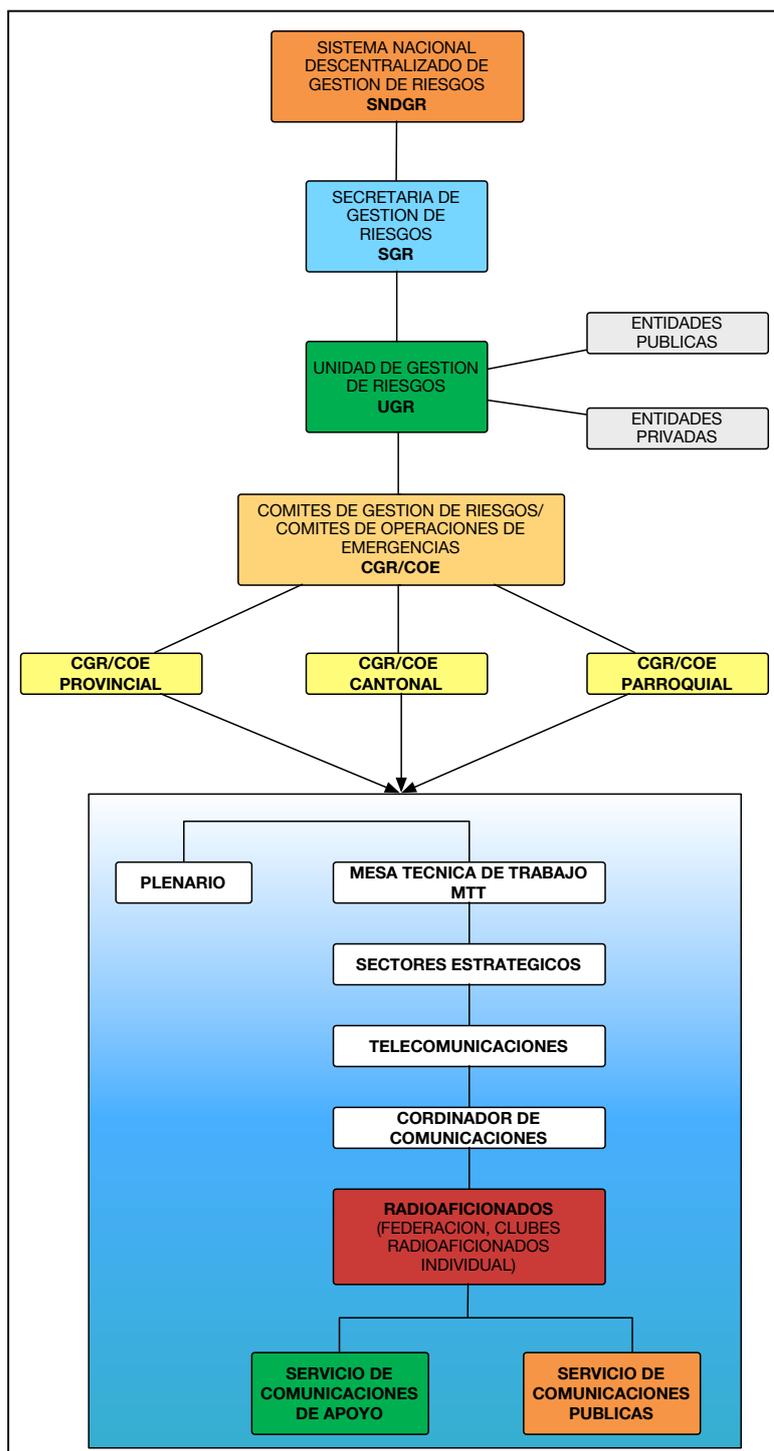


Figura 6 Diagrama de estructura de la Gestión de Riesgos

2.2.6. Consideraciones de transmisión para el servicio de radioaficionados en situaciones de emergencia

En el momento en que se presenta una emergencia y los organismos encargados hayan activado el protocolo para solicitar que el servicio de radioaficionados preste su servicio, será necesario que cada uno de los participantes realice su mejor esfuerzo para que las comunicaciones sea llevadas de la mejor manera y cumplan su propósito.

En todos los servicios de telecomunicaciones, el tráfico de emergencia tiene prioridad absoluta sobre el tráfico cursado en situaciones normales, por esta razón es importante tener en cuenta que la operación en emergencia requiere que el tráfico sea manejado de forma eficiente, para esto se deben tomar en consideración varias acciones:

Limitarse a ser el canal para poder realizar las comunicaciones necesarias, las tareas de asesoramiento y planificación de ayuda para personas e instituciones deben estar a cargo de los organismos de gestión de riesgos.

Se debe tratar que todo mensaje que llegue a manos del operador y deba ser transmitido, sea por escrito, de esta forma la comunicación será mucho más eficiente, así órdenes, disposiciones e información tendrán respaldo.

Para esto se debe establecer un formato específico para asegurar que el mensaje transmitido, posea toda la información necesaria. La IARU y su Comisión de Emergencia ha establecido para esto, un formato especial el cual puede ser tomado como referencia.

MESSAGE						
1	PRECEDENCE <small>(tick one)</small> <input type="checkbox"/> Routine <input type="checkbox"/> Priority <input checked="" type="checkbox"/> Emergency	STATION OF ORIGIN CGR/COE LATAOUNGA HC1TCD	WORD COUNT (CHECK) 6	PLACE OF ORIGIN LATAOUNGA	FILING TIME 18H00	FILING DATE 15/FEB/ 2016
To: (BLOCK LETTERS): HC1QRC - CGR/COE QUITO						
FLUJO DE LAHAR POR CARRETERA PRINCIPAL						
From: (BLOCK LETTERS): CGR/COE LATAOUNGA						
For radio operator use only:						
RECEIVED FROM	DATE	TIME	SENT TO HC1QRC	DATE 15/FEB/ 2016	TIME 18H00	

Figura 7 Formato de mensaje a transmitir.

Fuente: <http://www.iaru-r1.org/index.php/documents/func-startdown/78/>

En una emergencia es necesario que las comunicaciones logren su objetivo utilizando la menor cantidad de palabras y tiempo, por esa razón es necesario que el operador sea conciso, claro y preciso en sus comunicaciones y que para esto mantenga la calma y la serenidad.

Los mensajes transmitidos, deben ser enunciados de manera clara de tal forma que sean entendidos por quien los reciba sin necesidad de explicaciones adicionales.

Para evitar confusiones, se debe utilizar únicamente el código fonético internacional ICAO (*International Civil Aeronautical Organization*), el cual ha sido estandarizado en el uso de radiocomunicaciones.

Se debe evitar propagar rumores acerca de cualquier evento que pueda causar desconcierto y alarma en la comunidad, para esto es necesario especificar la fuente de la información, es obligación de cada radioaficionado, cumplir de manera tácita esta recomendación, pues una información falsa, puede ocasionar incertidumbre, pérdida de recursos y tiempo.

La autenticación de los mensajes antes de transmitirlos es de suma importancia, al recibir los mensajes por escrito, la persona que solicita la transmisión deberá firmarlos, asumiendo así toda la responsabilidad del caso.

Por último, es imperioso respetar todos los reglamentos existentes pues será esta práctica la que permita mantener el orden y la fluidez del tráfico de emergencia, permitiendo alcanzar los objetivos del servicio de radioaficionados.

2.2.7. Casos de estudio y experiencias de la utilización del servicio de radioaficionados en emergencias

A lo largo de la historia, especialmente en tiempos de crisis, por desastres y catástrofes, los radioaficionados del mundo han prestado su contingente para facilitar las comunicaciones de emergencia, especialmente cuando los servicios convencionales han fallado o congestionado, poniendo a disposición del estado y de la sociedad sus conocimientos, redes y equipos que en la gran mayoría de los casos pese a ser modestas y sencillas, han permitido cumplir con uno de sus objetivos fundamentales, el servicio.

Con el fin de tener una idea general de estas actividades, se ha recopilado información acerca de actuaciones destacadas del servicio de radioaficionados a nivel mundial, sin embargo y pese a la valiosa colaboración desplegada, se debe destacar que son muy pocos los estados que han reconocido la importancia de este servicio voluntario, posiblemente

pensando que la radioafición es algo del pasado y que las nuevas tecnologías, con sus muchas prestaciones son infalibles.

El caso de Chile, febrero de 2010.

La madrugada del 27 de febrero de 2010, el centro sur de Chile era azotado, tal vez por uno de los más grandes terremotos de su historia, con una magnitud de 8.8 grados en la escala de Richter y con 4 minutos de duración, produjo alrededor de 2 millones de damnificados e innumerables pérdidas económicas.

Bajo estas circunstancias y como es lógico, los servicios convencionales de telecomunicaciones dejaron de operar como consecuencia propia del sismo, saturación de las pocas redes que se mantuvieron operando y por los apagones de energía eléctrica producidos. Según declaraciones del Subsecretario de Telecomunicaciones de ese entonces, Pablo Bello, los sistemas de telecomunicaciones no estaban preparados para una catástrofe y los sistemas de emergencia y de Fuerzas Armadas dependían, de los servicios públicos de telecomunicaciones, de forma categórica señaló, que estas entidades no pueden depender de la telefonía celular para comunicarse en un contexto de crisis (FUCATEL, Observatorio de Medios, 2010).

A tan solo 15 minutos de ocurrida la catástrofe, ya existieron los primeros reportes acerca de la situación de las áreas afectadas, los cuales fueron realizados por radioaficionados que sirviéndose de la adaptabilidad de sus equipos, pudieron activar el canal de comunicación de las redes de radioaficionados y del Servicio de Emergencia de Radioaficionados (SER), valiéndose para esto de la colaboración de la Red Chilena NorAustral de Servicios (RECNA), del Radio Club Chileno (CE3AA) así como del Radio Club de Carabineros de Chile (CE3ETE).

De esta forma, en cuestión de minutos proporcionaron información valiosa acerca de la zona afectada, proporcionando una idea general de lo que estaba pasando en la zona cero a los organismos encargados del

manejo de emergencia, la operación de estas comunicaciones se llevaron de manera ininterrumpida durante las primeras 96 horas, lo que demostró el alto grado de colaboración y buena voluntad de los radioaficionados ante este tipo de eventos.

Este despliegue de recursos, hizo que el Senado de Chile reconozca la importancia de poseer un sistema de radioaficionados organizado e incorporado a los sistemas de emergencias manejadas por el estado. Por esta razón la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública ONEMI, suscribió un acuerdo de acción conjunta que busca fortalecer y mejorar los sistemas de alerta temprana, así como las medidas para facilitar la difusión de la información generada en caso de emergencias mediante la incorporación activa a los Comités de Operaciones de Emergencia a nivel nacional, regional y comunal, especificando que la red tendrá como objetivo mantener el enlace radial con la zona o lugar afectado por la catástrofe, para lo cual, los radioaficionados deberán transmitir mensajes de carácter oficial de la autoridad de Gobierno (ONEMI, 2010).

El caso de China, terremoto en Sichuan, mayo de 2008.

El terremoto del 12 de mayo de 2008 que asoló la ciudad china de Sichuan, provocó la destrucción de entre el 80 y el 90 por ciento de la infraestructura de la ciudad, causando alrededor de 65 mil muertes y 5 millones de damnificados.

Todos los sistemas principales de comunicaciones fueron destruidos y para el restablecimiento de la mayor parte ellos, fueron necesarios 3 días, sin embargo a los pocos minutos de haber ocurrido el sismo, el contingente humano de la Asociación de Radioaficionados Chinos (CRSA) emitieron las alarmas internacionales para la utilización de frecuencias en HF para el tráfico de mensajes de emergencia, de la misma forma, las redes locales de comunicaciones de radioaficionados en VHF y UHF fueron desplegadas, permitiendo la coordinación de las entidades de ayuda y emergencia.

La existencia de repetidores de radioaficionados en la zona del epicentro, proporcionó una cobertura de aproximadamente 100 km, lo cual permitió tener comunicación con el área afectada. Con el fin de conformar una red que permitiese obtener información desde la primera línea de rescate así como de actividades de recuperación, los radioaficionados de ciudades vecinas rápidamente viajaron a la zona del epicentro y establecieron repetidores temporales, aumentando de esta forma las áreas cubiertas por la red de emergencia, así mismo, gestionaron donaciones de suministros y equipos de comunicaciones para colaborar con las instituciones de socorro (Linton, 2010).

El caso Ecuador, terremoto de Pedernales, abril de 2016.

El terremoto en el Ecuador de magnitud 7.8 Mw (Magnitud de momento sísmico) del sábado 16 de Abril de 2016, que se registró frente a la ciudad de Pedernales, en la provincia de Manabí (Instituto Geofísico, 2016), provocó según cifras oficiales al 20 de abril de 2016, 525 fallecidos, 107 personas desaparecidas y alrededor de 23000 damnificados (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2016).

Producto de este evento, los servicios de telefonía fija y móvil colapsaron, debido a la gran destrucción en la zona y al incremento del tráfico de llamadas del resto de usuarios a lo largo del país y no fue hasta después de 72 horas en que se empezaron a reestablecer paulatinamente los servicios, dejando durante este tiempo a la población sin la posibilidad de comunicarse y transmitir sus necesidades.

El Servicio de Radioaficionados del Ecuador, mediante el uso del Sistema Nacional Interconectado HC, a tan solo 2 minutos de transcurrida la catástrofe, logró tener reportes de la situación desde Portoviejo, Manta y Guayaquil, permitiendo desde ese momento y durante los días posteriores a la catástrofe, tener un canal alternativo con las ciudades y poblados ubicados en las zonas de mayor impacto, siendo además en varios casos, el primer y único medio de comunicación entre los damnificados y sus familiares en otras ciudades.

La cobertura que el Sistema Nacional Interconectado HC provee en la zona, facilitó la rápida implementación de una central de gestión de emergencias a cargo del Quito Radio Club, el cual, en colaboración con radioaficionados de las ciudades de Guayaquil y Portoviejo que se desplazaron hasta la zona cero, permitieron brindar un canal de comunicaciones entre los afectados y rescatistas con sus familiares ubicados en varias ciudades del país e incluso fuera del mismo.

Gracias a la eficiencia, autonomía y flexibilidad de la red, fue posible el tráfico de mensajes desde el epicentro, incorporando inclusive a la red, el sistema Echolink, el mismo que permitió que radioaficionados de todo el mundo estuvieran enlazados al Sistema Nacional Interconectado HC, atentos a cualquier requerimiento.

La cobertura que brinda el sistema, permitió incluso ofrecer un canal de respaldo a los entes de gestión de emergencias ubicados en la ciudad de Quito y que no contaban con servicio de comunicaciones en las zonas afectadas.

Sin embargo, debido al poco conocimiento de las autoridades de gestión de emergencias de la existencia del Servicio de Radioaficionados y de la capacidad del Sistema Nacional Interconectado HC, el uso del mismo fue limitado, lo cual permitió destacar la importancia que este estudio representa en la consideración de esta red como sistema de comunicaciones alterno en eventos de emergencia.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE LA RED, SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO HC

3.1. SITUACIÓN GENERAL

A partir del año de 1978 y ante la necesidad de que el Ecuador cuente con un sistema de radioaficionados en las bandas de VHF, se enfocaron esfuerzos para formar lo que más tarde se denominaría el Sistema Nacional Interconectado HC, el cual a través de los años, ha logrado proporcionar un sistema de comunicaciones de aficionados totalmente independiente y que ante eventos de emergencia, como ya ha sido explicado en este estudio, podría ser utilizado como red alterna para facilitar un canal de comunicaciones que colabore con los organismos encargados del manejo de emergencias.

Los mentalizadores de este proyecto son el señor Gustavo Barreiros, HC1BG y el señor Gustavo Crespo, HC2NW, quienes gracias a sus conocimientos en el área de las radiocomunicaciones, pudieron hacer realidad este proyecto. Ellos al formar parte de la Comisión Técnica de la hoy extinta Federación Ecuatoriana de Radioaficionados (FERA) y basados en el Plan Nacional de Frecuencias del Ecuador así como en las sugerencias por parte de la IARU, realizaron la distribución de las frecuencias para repetidores y radio enlaces considerando aspectos técnicos y escalabilidad del sistema.

Con el transcurrir de los años, el Sistema Nacional Interconectado HC, es capaz de brindar cobertura de comunicaciones analógicas en

frecuencia de VHF en el rango atribuido a radioaficionados (144-148 MHz) a buena parte del Ecuador Continental, el sistema actualmente es administrado, soportado técnicamente y sustentado en su totalidad por el señor Gustavo Barreiros quien, cabe destacar, no percibe ningún beneficio de carácter económico ni por parte del Estado ni de quienes utilizan este sistema.

El Sistema Nacional Interconectado HC ha sido diseñado en 3 anillos, denominados Anillo Norte, Anillo Sur y Anillo Oriente, los cuales contemplan una red de 21 repetidores que permiten brindar cobertura, casi en su totalidad desde la provincia de Carchi hasta la provincia de Loja, poniendo especial énfasis en las ciudades principales del territorio ecuatoriano.

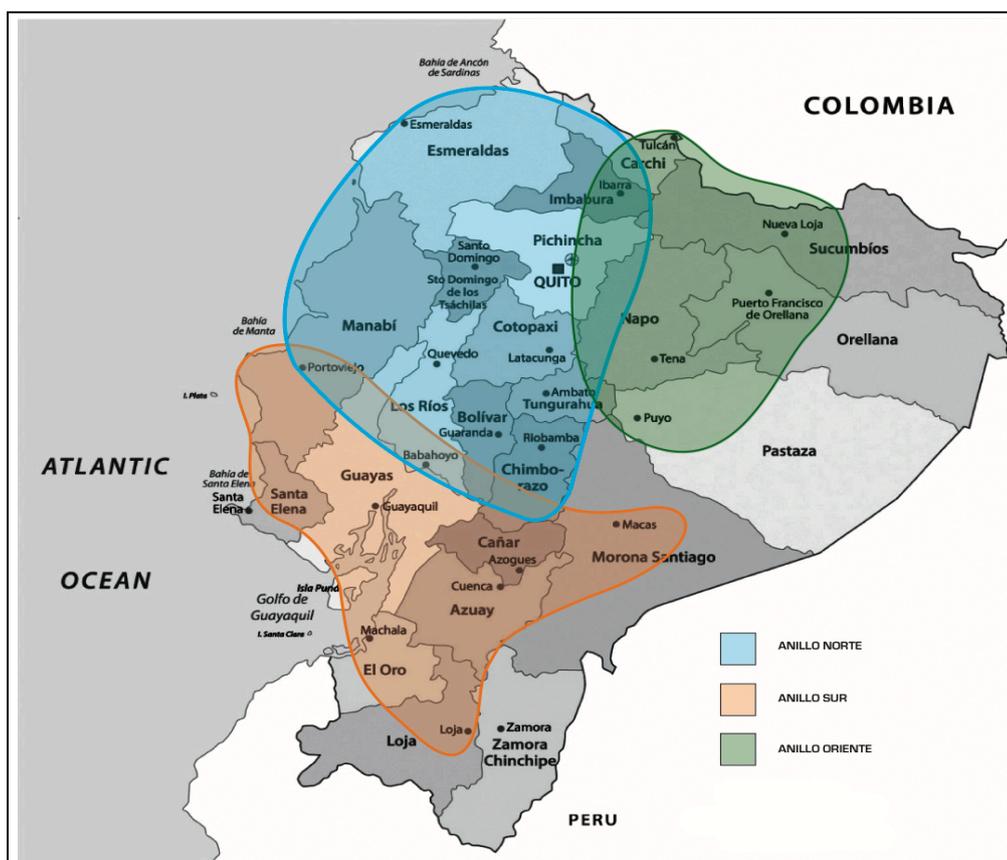


Figura 8 Sistema Nacional Interconectado HC, disposición de Anillos Norte, Sur y Oriente

3.2. ANÁLISIS TÉCNICO DE LA RED

3.2.1. Características Técnicas del Equipamiento de la Red

Cada equipo de telecomunicaciones, independientemente de su marca, posee ciertas características técnicas de diseño y construcción que lo hacen más o menos adecuado dentro de una red específica. Al hablar de equipos de telecomunicaciones, existen características técnicas generales y específicas para el transmisor así como para el receptor.

Las características generales como su nombre lo indica, definen de forma general cómo está constituido el equipo, por ejemplo sus dimensiones, voltajes de alimentación, consumos de corriente, rangos de frecuencia de operación y espaciamiento de canal.

Las características específicas del transmisor y receptor en cambio, muestran las cualidades de funcionamiento y diseño, propios del equipo. Dentro de las especificaciones técnicas principales de un transmisor, se definen las características detalladas en la Tabla 3.

Tabla 3
Principales características técnicas de un transmisor

Característica	Descripción	Valores Típicos
Potencia Máxima de Transmisión	Indica la potencia que el equipo está en capacidad de entregar al sistema	Depende del equipo, típicamente entre 30 y 50 W
Distorsión de Audio	Se produce cuando una señal se ve afectada por componentes armónicas de la fundamental, cuanto más bajo sea el valor el equipo tendrá un mejor desempeño	Menos del 3% a 1000 Hz
Modulación	Indica el tipo de modulación utilizada, señala la capacidad del transmisor para permitir desviaciones de frecuencia de la portadora. Se puede identificar en manuales con el nombre de Limitación de modulación	F3E indica que se trata de modulación en frecuencia, utilizada para en fonía, doble banda lateral.

Las principales características de un receptor son:

Tabla 4
Principales características técnicas de un receptor

Característica	Descripción	Valores Típicos
Sensibilidad	Nivel mínimo que un receptor puede captar a su entrada para producir una señal de información demodulada útil	Referentes a 12 dB en SINAD (Signal to Noise and Distortion Ratio), 0.3 μ V Referentes a 20 dB en QS (Quieting Sensibility), 1 μ V
Espaciamiento de Canal	Intervalo de frecuencia que evita la distorsión entre un canal y otro	25 KHz, 12.5 KHz, 6.25 KHz
Distorsión por Intermodulación	Se da cuando dos o más frecuencias de entrada interactúan para formar una nueva señal de salida fuera de la banda de frecuencias de las originales.	-65 a -80 dB
Selectividad	Capacidad del receptor para seleccionar la señal deseada y discriminar o atenuar señales de frecuencias adyacentes no deseadas.	-70 a -85 dB

La red del Sistema Nacional Interconectado HC, como se describió anteriormente, está formado por 21 repetidores o nodos de VHF utilizando el rango de frecuencia de 144 a 148 MHz, los mismos que utilizan radioenlaces en el segmento de 220 a 225 MHz o 144 a 148 MHz. No existe estandarización en el equipamiento de la red, debido en parte, a que esta ha sido implementada en un período considerable de tiempo de forma progresiva y por otro lado al no contar con ningún tipo de financiamiento externo, la disposición de equipos ha dependido de donaciones o simplemente de lo que en ese momento haya estado disponible.

Cada nodo de la red está integrado por un repetidor que trabaja en el rango de frecuencias de 144-148 MHz y de un repetidor utilizado para el radioenlaces en 220-225 MHz, cada uno de estos con su respectivo duplexor, utilizan energía de alimentación de 110 V AC, poseen respaldo de energía mediante bancos de baterías en algunos casos de (12 V DC - 400 Ah) y en otros de (12 v DC – 800 Ah), paneles solares y cargadores de baterías automáticos, el cual basa su funcionamiento como cargador así como inversor para que en el caso de corte de energía transforme la energía en voltaje DC de las baterías en AC para alimentar a la fuente de energía de 13.8 V DC para el repetidor y para el radio de enlace.

- **Repetidoras en frecuencia 144 – 148 MHz**

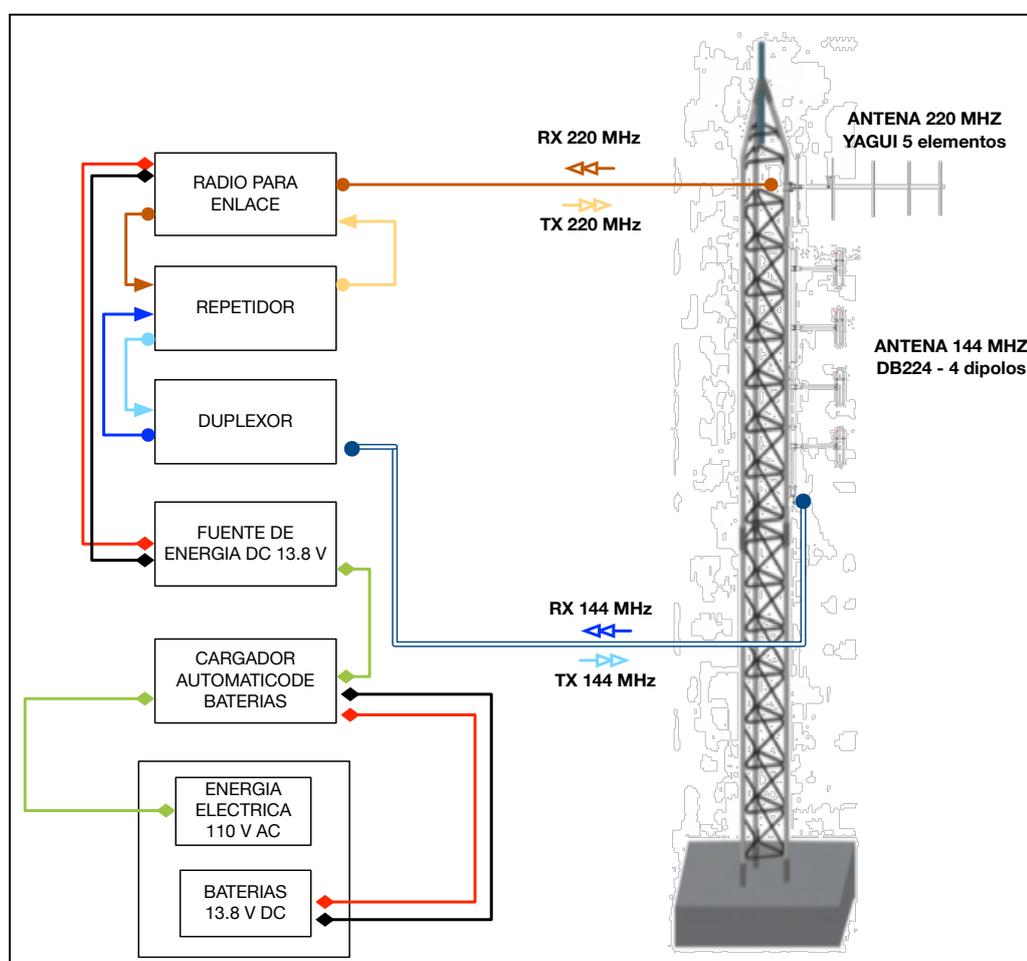


Figura 9 Configuración básica de nodo del Sistema Nacional Interconectado HC

Las repetidoras utilizadas en la red del Sistema Nacional Interconectado HC operan mediante la utilización de cristales osciladores de cuarzo, a excepción de la repetidora mostrada en la Figura 10 modelo Kenwood TKR-720N la cual es programable.



CARACTERISTICAS GENERALES	
Dimensiones (W x H x D)	120 x 330 x 383 mm
Peso	12 kg.
Voltaje de alimentación	120 V AC 50/60 Hz
Espaciamiento de canal	15 kHz
Rango de Frecuencias de operación	136 - 150 MHz
TRANSMISOR	
Potencia de Transmisión Máxima	50W ajustable hasta 15W
Modulación	F3E \pm 2.5 kHz para 100% a 1000 Hz
Distorsión de audio	Menos de 3% a 1000 Hz
Estabilidad de frecuencia	\pm 0.00025%
RECEPTOR	
Sensibilidad: EIA 12 dB SINAD	0.35 μ V
20 dB quieting	0.45 μ V
Distorsión de Intermodulación	-75 dB
Selectividad	-80 dB
Estabilidad de frecuencia	\pm 0.0005%

Figura 10 Repetidora Kenwood TKR-720N



CARACTERISTICAS GENERALES	
Dimensiones (W x H x D)	133 x 482 x 383 mm
Peso	13 kg.
Voltaje de alimentación	120 V AC 50/60 Hz 13.8 V DC - 3.5 A
Espaciamento de canal	12.5 kHz
Rango de Frecuencias de operación	142 - 175 MHz
TRANSMISOR	
Potencia de Transmisión Máxima	15W
Modulación	F3E 10kHz
Estabilidad de frecuencia	0.001%
RECEPTOR	
Sensibilidad:	0.3 μ V
Aceptación de Modulación	\pm 7.5 kHz
Selectividad	-70 dB
Estabilidad de frecuencia	0.001%

Figura 11 Repetidora VHF Engineering RPT- 144



CARACTERISTICAS GENERALES	
Dimensiones (W x H x D)	133 x 483 x 356 mm
Peso	12 kg.
Voltaje de alimentación	120 V AC 50/60 Hz
Espaciamento de canal	15 kHz
Rango de Frecuencias de operación	136 - 174 MHz
TRANSMISOR	
Potencia de Transmisión Máxima	10 W
Modulación	F3E \pm 5 kHz
Distorsión de audio	Menos de 10 %
RECEPTOR	
Sensibilidad: EIA 12 dB SINAD 20 dB quieting	0.5 μ V 1 μ V
Distorsión de Intermodulación	-65 dB
Selectividad	-80 dB
Estabilidad de frecuencia	\pm 0.0005%

Figura 12 Repetidora Yaesu FTR-2410



CARACTERISTICAS GENERALES	
Dimensiones (W x H x D)	483 x 133 x 330 mm
Peso	11 kg.
Voltaje de alimentación	120 V AC 50/60 Hz o 13.8 V DC
Espaciamento de canal	15 kHz
Rango de Frecuencias de operación	136 - 150 MHz
TRANSMISOR	
Potencia de Transmisión Máxima	35W ajustable hasta 10W
Modulación	± 8 kHz
Distorsión de audio	Menos de 3% a 1000 Hz
Estabilidad de frecuencia	±0.0005%
RECEPTOR	
Sensibilidad: EIA 12 dB SINAD 20 dB quieting	0.35 μV 0.42 μV
Distorsión de Intermodulación	75 dB
Selectividad	85 dB
Estabilidad de frecuencia	±0.0005%

Figura 13 Repetidora REPCO Dimension

- Repetidor en frecuencia 220 – 225 MHz



CARACTERISTICAS GENERALES	
Dimensiones (W x H x D)	412 x 151 x 353 mm
Peso	12 kg.
Voltaje de alimentación	117 V AC 60 Hz
Espaciamento de canal	30 kHz
Rango de Frecuencias de operación	220 - 240 MHz
TRANSMISOR	
Potencia de Transmisión Máxima	35 W
Modulación	F3E ± 5 kHz
Distorsión de audio	3%
Estabilidad de frecuencia	±0.0005%
RECEPTOR	
Sensibilidad: EIA 12 dB SINAD 20 dB quieting	0.35 μV 0.50 μV
Distorsión de Intermodulación	-70 dB
Selectividad	-70 dB
Estabilidad de frecuencia	±0.0005%

Figura 14 Repetidora Uniden ARH-351

- Radios para 220 – 225 MHz

	
CARACTERISTICAS GENERALES	
Dimensiones (W x H x D)	140x 50 x 171 mm
Peso	1.2 kg.
Voltaje de alimentación	13.8 V DC
Rango de Frecuencias de operación	220 - 225 MHz
TRANSMISOR	
Potencia de Transmisión Máxima	25 W
Distorsión de audio	Menos de 3%
Estabilidad de frecuencia	±0.0005%
RECEPTOR	
Sensibilidad:	Menos de 0.18 µV
Distorsión de Intermodulación	75 dB
Selectividad	Más de 12.5 KHz a -6dB
Estabilidad de frecuencia	±0.00001

Figura 16 Radio ICOM IC-38A

	
CARACTERISTICAS GENERALES	
Dimensiones (W x H x D)	141x 42 x 193 mm
Peso	1.2 kg.
Voltaje de alimentación	13.8 V DC
Rango de Frecuencias de operación	220 - 225 MHz
TRANSMISOR	
Potencia de Transmisión Máxima	25 W
Distorsión de audio	Menos de 3%
Estabilidad de frecuencia	±0.0005%
RECEPTOR	
Sensibilidad: EIA 12 dB SINAD	Menos de 0.16 µV
Distorsión de Intermodulación	75 dB
Selectividad	Más de 12 KHz a -6dB
Estabilidad de frecuencia	±0.00001

Figura 15 Radio Kenwood TM-321A

- Radios para 144 – 148 MHz



A black, rectangular radio with a control panel on the front. The panel includes a speaker on the left, several knobs and buttons labeled 'VOLUME', 'SQUELCH', 'SCAN', and 'PRI', a small digital display, and a 'CHANNEL' knob on the right. The brand name 'NEUTEC' and model 'SM 1645' are visible on the front panel.

CARACTERISTICAS GENERALES	
Dimensiones (W x H x D)	182x 66 x 254 mm
Peso	1.9 kg.
Voltaje de alimentación	13.8 V DC
Rango de Frecuencias de operación	144-174 MHz
TRANSMISOR	
Potencia de Transmisión Máxima	35 W
Distorsión de audio	Menos de 3%
Estabilidad de frecuencia	±0.0005%
RECEPTOR	
Sensibilidad: EIA 12 dB SINAD	Menos de 0.25 µV
Distorsión de Intermodulación	-75 dB
Selectividad	-85
Estabilidad de frecuencia	±0.00001

Figura 17 Radio Neutec 1645HS

- Duplexores para 144 – 148 MHz y 220 – 225 MHz



A rectangular, silver-colored metal component with several electrical terminals on top, including two red and two black ones. It is a duplexer used for separating transmit and receive signals.

CARACTERISTICAS GENERALES	
Dimensiones (W x H x D)	483 x 106 x 592 mm
Peso	15 kg.
Número de cavidades de TX	2
Número de cavidades de Rx	2
Separación de Frecuencias mínimo	0.5 MHz
Rango de Frecuencias de operación	220- 225 MHz
Pérdidas máximas por inserción TX	1.5 dB
Pérdidas máximas por inserción RX	1.5 dB

Figura 18 Duplexor Sinclair Q2221E



CARACTERISTICAS GENERALES	
Dimensiones (W x H x D)	483 x 106 x 592 mm
Peso	18 kg.
Número de cavidades de TX	2
Número de cavidades de Rx	2
Separación de Frecuencias mínimo	0.5 MHz
Rango de Frecuencias de	144 - 174 MHz
Pérdidas máximas por inserción TX	1.5 dB
Pérdidas máximas por inserción RX	1.5 dB

Figura 19 Duplexor Wacom WP-641

En cada uno de los nodos se utiliza como línea de transmisión cable coaxial marca BELDEN 9913 tipo RG8U por ser el que menos pérdidas ofrece en las frecuencias de trabajo (1,6 dB/100ft para $f= 144-148$ MHz y 1,8 dB/100ft para $f=220 - 225$ MHz).

3.3. TOPOLOGÍA DE LA RED DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO HC

Como ya se ha indicado, el Sistema Nacional Interconectado HC, consta de 21 repetidores en frecuencias desde los 144 MHz hasta los 148 MHz, distribuidos en 3 anillos, Norte, Sur y Oriente. A cada repetidor, se le denomina Repetidor Satélite los cuales mediante un radioenlace se conectan al Sistema Nacional a través de uno de los Nodos Centrales, San Francisco o Carshao.

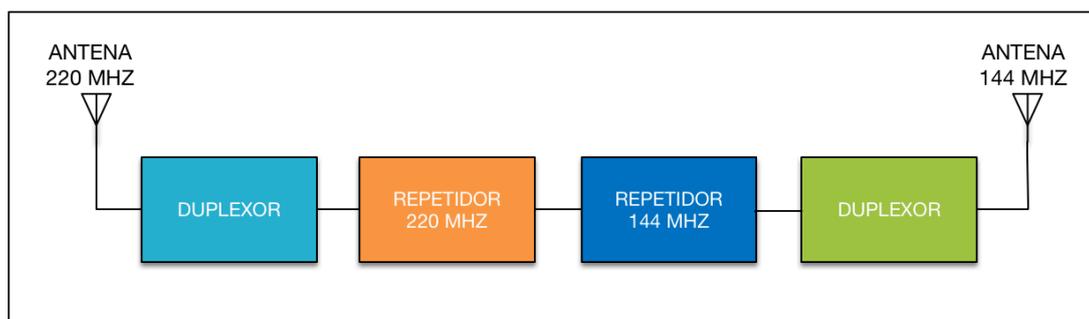


Figura 21 Diagrama de bloques de Repetidor Satélite

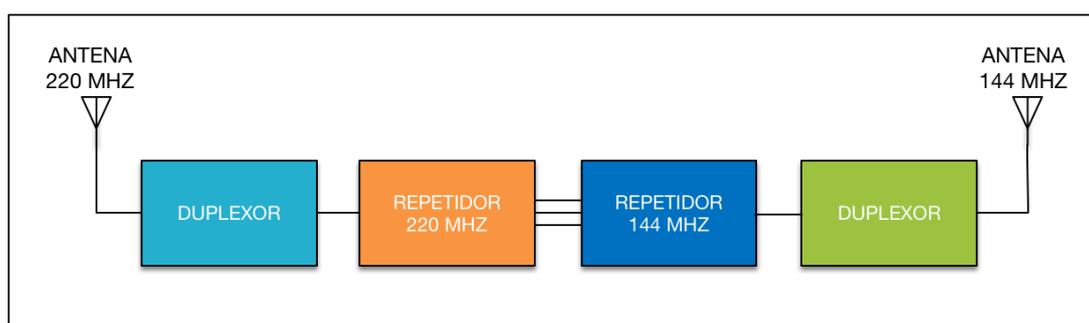


Figura 20 Diagrama de bloques Nodo Central

3.3.1. Descripción del Anillo Norte

El Anillo Norte, basa su funcionamiento en una topología punto multipunto y está formado por un total de 11 nodos, 9 de ellos se enlazan de forma directa con el nodo central San Francisco, el cual cumple el papel de nodo central y 2 de se enlazan a nodos externos al Anillo Norte.

Tabla 5
Nodos del Anillo Norte con coordenadas

NOMBRE	COORDENADAS	
	LATITUD (° ' ")	LONGITUD (° ' ")
CERRO DE HOJAS	01 02 41 S	80 32 41 W
LA MIRA	01 30 10 S	78 35 47 W
PILISURCO	01 09 20 S	78 40 06 W
MORETA	00 48 4.8 S	78 56 21 W
SAN FRANCISCO	00 23 24.93 S	78 37 06.87 W
LA FORESTAL	00 15 30 S	78 30 17 W
CERRO PICHINCHA	00 10 06.3 S	78 31 32.45 W
ALASPUNGO	00 00 17 s	78 36 31 W
CERRO ZAPALLO	00 53 07 N	79 31 53 W
SAN BARTOLO	00 06 29 N	78 18 07 W
CERRO BLANCO	00 12 32 N	78 20 19 W

Tabla 6
Equipos utilizados en los nodos que conforman el Anillo Norte

NODO	RADIO 220 MHz	RADIO 144 MHz	REPETIDOR 220 MHz	REPETIDOR 144 MHz	ANTENA 220 MHz	ANTENA 144 MHz
CERRO PICHINCHA	ICOM 38A	N/A	N/A	REPCO DIMENSION	DECIBEL DB224E	DECIBEL DB224
LA FORESTAL	ICOM 38A	N/A	N/A	REPCO DIMENSION	CUSHCRAFT A22011	HUSTLER G7 144
CERRO BLANCO	N/A	NEUTEC 1645	N/A	YAESU FTR- 2410	N/A	YAGUI 5 ELEMENTOS DECIBEL DB224
MORETA	KENWOOD TM321A	N/A	N/A	KENWOOD TKR-720N	YAGUI 5 ELEMENTOS F.N.	HUSTLER G7 144
CERRO DE HOJAS	KENWOOD TM321A	N/A	N/A	REPCO DIMENSION	CUSHCRAFT A22011	HUSTLER G7 144
SAN BARTOLO	ICOM 38A	N/A	N/A	YAESU FTR- 2410	YAGUI 5 ELEMENTOS F.N.	HUSTLER G6 144
CERRO ZAPALLO	ICOM 38A	N/A	N/A	YAESU FTR- 2410	YAGUI 5 ELEMENTOS F.N.	HUSTLER G7 144
PILISURCO	ICOM 38A	N/A	N/A	VHF ENGINEERING RPT-144	YAGUI 5 ELEMENTOS F.N.	HUSTLER G6 144
LA MIRA	ICOM 38A	N/A	N/A	VHF ENGINEERING RPT-144	YAGUI 5 ELEMENTOS F.N.	DECIBEL DB224
SAN FRANCISCO	N/A	N/A	UNIDEN ARH-351	YAESU FTR- 2410	HUSTLER G7 220	DECIBEL DB224
LA MIRA (PASO)	KENWOOD TM321A	NEUTEC 1645	N/A	N/A	YAGUI 5 ELEMENTOS F.N.	YAGUI 5 ELEMENTOS F.N.
ALASPUNGO	N/A	NEUTEC 1645	N/A	KENWOOD TKR- 720N	N/A	YAGUI 5 ELEMENTOS F.N. HUSTLER G6 144

3.3.2. Descripción del Anillo Sur

El Anillo Sur, basa su funcionamiento en una topología punto multipunto, está formado por 6 nodos, de los cuales 5 se enlazan con el nodo central Carshao de forma directa, el nodo Villonaco se enlaza punto a punto con la estación de paso La Paz y este a su vez al nodo central, a excepción de este último, todos los integrantes del Anillo Sur cumplen la función de repetidor, independientemente hacia donde sea su enlace.

Tabla 7
Nodos del Anillo Sur con coordenadas

NOMBRE	COORDENADAS	
	LATITUD (° ' ")	LONGITUD (° ' ")
VILLONACO	03 59 18.7 S	79 16 06.3 W
RADIO LOMA	02 58 10 S	78 54 50 W
PILSHUN	02 38 29.7 S	78 46 23.5 W
CARSHAO	02 26 23.20 S	78 57 03.8 W
TRES CRUCES	02 46 43.2 S	79 14 27.4 W
LA PAZ	03 19 25 S	78 08 49 W
PADREHURCO	01 42 22 S	79 05 52 W

Tabla 8
Equipos utilizados en los nodos que conforman el Anillo Sur

NODO	RADIO 220 MHz	RADIO 144 MHz	REPETIDOR 220 MHz	REPETIDOR 144 MHz	ANTENA 220 MHz	ANTENA 144 MHz
PILSHUN	KENWOOD TM321A	N/A	N/A	YAESU FTR- 2410	YAGUI 5 ELEMENTOS F.N.	HUSTLER G7 144
PADREHURCO	KENWOOD TM321A	N/A	N/A	REPCO DIMENSION	CUSHCRAFT A2207	DECIBEL DB224
VILLONACO	N/A	N/A	N/A	YAESU FTR- 2410	N/A	DECIBEL DB224
TRES CRUCES	KENWOOD TM321A	N/A	N/A	KENWOOD TKR-720N	YAGUI 5 ELEMENTOS F.N.	HUSTLER G7 144
RADIOLOMA	KENWOOD TM321A	N/A	N/A	YAESU FTR- 2410	YAGUI 5 ELEMENTOS F.N.	DECIBEL DB224
LA PAZ	KENWOOD TM321A	NEUTEC 1645	N/A	N/A	YAGUI 5 ELEMENTOS F.N.	DECIBEL DB224
CARSHAO	ICOM 38A	NEUTEC 1645	UNIDEN ARH- 351	YAESU FTR- 2410	CUSHCRAFT A2207	DECIBEL DB224

3.3.3. Descripción del Anillo Oriente

El Anillo Oriente, se forma por 4 nodos, de los cuales, 2 se enlazan con el nodo central San Francisco usando topología punto multipunto, el nodo Lumbaqui se enlaza con el nodo Cayambe y este a su vez al nodo central, el nodo Guacamayos se enlaza al nodo La Virgen, el cual se enlaza al nodo central San Francisco, todos los integrantes del Anillo Oriente, cumplen la función de repetidor, independientemente hacia donde sea su enlace.

Tabla 9
Nodos del Anillo Oriente con coordenadas

NOMBRE	COORDENADAS	
	LATITUD (° ' ")	LONGITUD (° ' ")
CAYAMBE	00 04 49 N	78 01 19 W
LUMBAQUI	00 01 47.7 N	77 19 07.9 W
CERRO GUAMANI, LA VIRGEN	00 19 08.9 S	78 11 27.60 W
PASOHURCO	00 44 24 S	77 31 12 W

Tabla 10
Equipos utilizados en cada nodo del Anillo Oriente

NODO	RADIO 220 MHz	RADIO 144 MHz	REPETIDOR 220 MHz	REPETIDOR 144 MHz	ANTENA 220 MHz	ANTENA 144 MHz
LUMBAQUI	N/A	NEUTEC 1645	N/A	YAESU FTR- 2410	N/A	YAGUI 5 ELEMENTOS HUSTLER G6 144
PASOHURCO	N/A	NEUTEC 1645	N/A	YAESU FTR- 2410	N/A	YAGUI 5 ELEMENTOS DECIBEL DB224
LA VIRGEN	KENWOOD TM321A	N/A	N/A	YAESU FTR- 2410	YAGUI 5 ELEMENTOS F.N.	DECIBEL DB224

3.4. ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS PARA REPETIDORES DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO HC

La planeación e ingeniería de una red de comunicaciones comprende varios campos, sin embargo, la asignación de las frecuencias de operación exige tomar en cuenta aspectos técnicos y legales que permitan que la red tenga un funcionamiento óptimo y que brinde a la vez posibilidades de escalamiento futuro.

En la asignación de frecuencias para el Sistema Nacional Interconectado HC, se ha tomado en cuenta el Plan Nacional de Frecuencias del Ecuador así como las sugerencias de la IARU en cuanto al Plan de Bandas de la Región 2 de la ITU, tanto para las frecuencias asignadas a los repetidores como para los enlaces hacia los nodos centrales.

Tal y como se describió anteriormente en la Tabla 1 el Plan Nacional de Frecuencias contempla los segmentos entre 144-146 MHz (banda de 2 metros) como servicio primario y el segmento entre 220-222 MHz (banda de 1.25 metros) también como servicio primario para las comunicaciones de aficionados, la IARU en cambio a partir del año 2013 ha emitido sus sugerencias en cuanto al Plan de Bandas en donde se especifica el uso en cada segmento de frecuencias.

Tabla 11
Plan de Banda IARU para el segmento 144 - 148 MHz para uso de Repetidores

Frecuencias (MHz)	BW (Hz)	Modo	Aplicaciones y observaciones
144.500-144.600			Opción local
144.600-144.900	12000	FM, Voz Digital	Entrada de Repetidoras(exclusiva)
145.100-145.200			Opción local
145.200-145.500	12000	FM, Voz Digital	Salida de Repetidoras
145.500-145.790	12000	Todos los modos	
146.000-146.390	12000	FM, Voz Digital	Entrada de Repetidoras (exclusivo) (canales entre 146.01-146.37 MHz)
146.600-146.990	12000	FM, Voz Digital	Salida de Repetidoras (último canal 144.970 MHz)
146.990-147.400	12000	FM, Voz Digital	Entrada de Repetidoras (exclusivo) (primer canal 147.000 MHz)
147.400-147.590	12000	FM, Voz Digital	
147.590-148.000	12000	FM, Voz Digital	Salida de Repetidoras

Para el caso del segmento de 220 – 222 MHz, la legislación del Ecuador difiere de las sugerencias emitidas por la IARU, la misma que contempla un rango mayor hasta los 225 MHz, razón por la cual su distribución difiere totalmente con lo establecido en el Plan Nacional de Frecuencias.

Adicionalmente, se debe entender que para el funcionamiento de un repetidor deben existir dos frecuencias, una destinada a la recepción y otra a la transmisión, separadas por un valor estándar conocido como **offset** el mismo que para las frecuencias de entre 144.00 – 145.999 MHz es de -600 KHz y para las frecuencias entre 146.000 – 147.999 es de +600 KHz. La

misma consideración se aplica para las frecuencias del segmento de 220 – 222 MHz, en donde el valor de separación entre la frecuencia de transmisión y recepción de un repetidor es de +1.6 MHz.

Con estas acotaciones, la asignación de frecuencias para el Sistema Nacional Interconectado ha sido definida de la siguiente manera.

Tabla 12
Asignación de frecuencias Anillo Norte

NOMBRE	FRECUENCIA DEL REPETIDOR TX (MHz)	FRECUENCIA DEL REPETIDOR RX (MHz)	OFFSET (kHz)	TONO	FRECUENCIA DEL ENLACE TX (MHz)	FRECUENCIA DEL ENLACE RX (MHz)	ENLACE
CERRO DE HOJAS	145.430	144.830	-600	88.5	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
LA MIRA	146.880	146.280	-600	88.5	220.325 144.850	222.000 147.980	SAN FRANCISCO CARSHAO
PILISURCO	146.850	146.250	-600	88.5	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
MORETA	146.610	146.010	-600	88.5	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
SAN FRANCISCO	145.110	144.510	-600	N/A	222.000	220.325	PUNTO MULTIPUNTO
LA FORESTAL	145.230	144.630	-600	88.5	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
CERRO PICHINCHA	147.030	147.630	+600	88.5	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
ALASPUNGO	145.130	144.530	-600	88.5	147.990	147.390	CAYAMBE
CERRO ZAPALLO	145.410	144.810	-600	88.5	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
SAN BARTOLO	145.210	144.610	-600	88.5	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
CERRO BLANCO	145.030	144.430	-600	88.5	147.990	147.390	CAYAMBE

Tabla 13
Asignación de frecuencias Anillo Sur

NOMBRE	FRECUENCIA DEL REPETIDOR TX (MHz)	FRECUENCIA DEL REPETIDOR RX (MHz)	OFFSET (kHz)	TONO	FRECUENCIA DEL ENLACE TX (MHz)	FRECUENCIA DEL ENLACE RX (MHz)	ENLACE
VILLONACO	145.210	144.610	-600	88.5	144.610	145.210	CARSHAO
RADIO LOMA	146.670	146.070	-600	88.5	221.880	220.280	CARSHAO
PILSHUN	145.130	145.530	-600	88.5	221.880	220.280	CARSHAO
CARSHAO	145.450	144.850	-600	88.5	220.280	221.880	PUNTO MULTIPUNTO
TRES CRUCES	145.210	144.610	-600	88.5	221.880	220.280	CARSHAO
LA PAZ	N/A	N/A	N/A	N/A	221.880 144.610	220.280 145.210	CARSHAO VILLONACO
PADREHURCO	145.150	144.550	-600	88.5	221.880	220.280	CARSHAO

Tabla 14
Asignación de frecuencias Anillo Oriente

NOMBRE	FRECUENCIA DEL REPETIDOR TX (MHz)	FRECUENCIA DEL REPETIDOR RX (MHz)	OFFSE T (kHz)	TONO	FRECUENCIA DEL ENLACE TX (MHz)	FRECUENCIA DEL ENLACE RX (MHz)	ENLACE
CAYAMBE	147.390	147.990	+600	88.5	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
LUMBAQUI	145.530	145.930	-600	88.5	147.990	147.390	CAYAMBE
CERRO GUAMANI, LA VIRGEN	145.310	144.710	-600	88.5	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
PASOHURCO	147.060	147.660	+600	88.5	144.710	145.310	LA VIRGEN

Como se puede observar en las tablas 12, 13 y 14, se ha definido además un parámetro adicional de Tono con valor de 88.5 Hz, el cual hace referencia al concepto de Sistema Silenciador Codificado por Tono Continuo (CTCSS, *Continuous Tone-Coded Squelch System*), el mismo que permite mediante la emisión de un tono de audio comprendido entre 67 y 250 Hz cuando el usuario presiona el botón PTT, que el receptor que tenga habilitada la funcionalidad y programado el código adecuado, permanezca en silencio hasta que reciba una transmisión con el tono apropiado.

La utilización de esta funcionalidad de señalización se da debido al creciente aumento de actividad de radiocomunicaciones en las frecuencias de VHF, la aparición de condiciones de propagación esporádica o simplemente por la excitación de dos repetidores simultáneamente; hechos que inducen casos de interferencia o interacción indeseada dentro del sistema, por esta razón, es necesario el uso de sistemas de señalización que permitan la compartición de frecuencias y eviten este tipo de eventos indeseados en la comunicación normal.

En la planeación de la red, se ha decidido de manera estratégica, el no configurar tono de acceso al nodo San Francisco, considerando que este es uno de los nodos de enlace entre anillos, posibilitando de esta forma el acceso a usuarios del Sistema, que no posean transmisores con funcionalidad CTCSS.

3.5. ANÁLISIS DE RADIOENLACES

Con el fin de realizar un análisis debidamente validado de los radioenlaces encontrados en el Sistema Nacional Interconectado HC, se ha escogido como herramienta computacional el software Radio Mobile y su modelo de propagación ITM (*Irregular Terrain Mobile*) o modelo Longley-Rice. Radio Mobile es un programa totalmente gratuito, desarrollado por el radioaficionado canadiense Roger Coudé VE2DBE, es utilizado para simular radioenlaces, prever el comportamiento de sistemas de radio y representar áreas de cobertura.

Basa su funcionamiento en la utilización de datos de elevación del terreno mediante mapas topográficos de alta resolución de la Tierra en formato SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), de igual forma gratuitos y los cuales pueden ser superpuestos o utilizados en conjunto con imágenes de satélite u otros mapas del área de trabajo.

Las condiciones de trabajo que Radio Mobile exige para el análisis de radioenlaces son en primera instancia, definir los elementos de la red a crear:

1. **Unidad**, se define como la unidad de radio física, la misma que debe poseer la información específica de ubicación geográfica.
2. **Red**, hace referencia a un grupo de unidades (nodos) cuya condiciones de operación, frecuencia, condiciones climatológicas son similares.
3. **Sistema**, define los parámetros técnicos del sistema a analizar como ganancia de antena, potencia de transmisión, umbral o sensibilidad del receptor, tipo y altura de antena, y pérdidas de línea.
4. **Miembros**, especifica cuáles son las unidades que pertenecen a la Red así como cuál es su rol en la topología de la red.

El ingreso de datos que intervienen en el análisis del radioenlace se lo hace en las propiedades de las redes, en donde es necesario definir los parámetros que el modelo Longley-Rice requiere para llevarlo a cabo.

- **Frecuencia mínima y máxima**, se define como el rango en el cual el equipo funciona y en donde se lleva a cabo el radioenlace.
- **Polarización**, se refiere a la polarización de la antena ya sea vertical u horizontal.
- **Modo estadístico o modo de variabilidad**, el modelo de propagación utilizado contempla tipos específicos de variabilidad los cuales hacen referencia a la transmisión entre unidades fijas y móviles, Radio Mobile posee 4 modelos de variabilidad:

Tabla 15
Modo Estadístico o de Variabilidad

MODELOS ESTADÍSTICOS	CARACTERÍSTICAS
INTENTO	Se utiliza cuando intervienen unidades fijas
ACCIDENTAL	Su uso es para determinar interferencias
MOVIL	Se utiliza cuando intervienen solo unidades móviles
DIFUSIÓN	Se utiliza cuando intervienen unidades fijas y móviles

Dentro del modo estadístico, adicionalmente se deben elegir los porcentajes de variabilidad, los que mismos que son utilizados para para clasificar las variaciones del nivel de señal medida. La tendencia de Radio Mobile es arrojar valores de intensidad de campo en el receptor menores que el valor real, lo cual hace más confiable su resultado.

- **Porcentaje de tiempo**, es el tiempo medido por hora en el cual la los cambios atmosféricos determinan que la intensidad real de campo en el receptor sea mayor o igual a la intensidad calculada en el programa
- **Porcentaje de ubicaciones**, es el porcentaje de lugares en los cuales las variaciones ambientales determinan que la fuerza real de campo en el receptor sea mayor o igual que la fuerza calculada por el programa.
- **Porcentaje de situaciones**, se define como el porcentaje de variables o errores producto de la falla en la toma de medidas, instalaciones y equipos, los mismos que producen que la fuerza del campo en el receptor sea mayor o que la calculada por el programa.
- **Refractividad de la superficie**, este parámetro está ligado de forma directa con la refractividad de la atmósfera la misma que establece la curvatura de las ondas de radio durante el radioenlace, para esto Radio Mobile y el modelo Longley –Rice recomienda considerar como valor adecuado de la curvatura de la Tierra , bajo condiciones

atmosféricas promedio, un k igual a 4/3 (1.333) que corresponde a una refractividad de superficie aproximada de 301 unidades –N. La relación existente entre la curvatura de la Tierra y el valor de refractividad de superficie viene dada por la ecuación:

$$N = 179.3 \times \ln \left[\frac{1}{0.046665} \left(1 - \frac{1}{k} \right) \right] \quad \text{Ecuación (1)}$$

- **Conductividad del Suelo (S/m) y Permitividad relativa**, ambos parámetros influyen en la propagación de ondas de superficie, la cual esta relacionada con los valores de las características eléctricas de la Tierra y esta a su vez del tipo de suelo, por esta razón, basados en la recomendación UIT-R P.527-3 se establecen valores promedio de conductividad y permitividad dependiendo del tipo suelo.

Tabla 16
Conductividad del Suelo y Permitividad Relativa

TIPO DE SUELO	CONDUCTIVIDAD (S/m)	PERMITIVIDAD
SUELO ARIDO	0.001	4
SUELO PROMEDIO	0.005	15
SUELO FERTIL	0.020	25
AGUA DULCE	0.010	81
AGUA DE MAR	5	81

- **Clima**, debido a que la reflexión de ondas en la atmósfera está relacionada directamente con variables como clima, temperatura y humedad, es necesario que el programa realice un análisis estadístico, para ello ha establecido 7 tipos de clima. Para el caso del Ecuador se el tipo de clima elegido es Continental Templado.

Tabla 17
Tipos de clima utilizados para el análisis de radioenlaces

TIPOS DE CLIMA

ECUATORIAL

CONTINENTAL SUBTROPICAL

MARITIMO SUBTROPICAL

DESIERTO

CONTINENTAL TEMPLADO

MARÍTIMO TEMPLADO SOBRE LA TIERRA

MARÍTIMO TEMPLADO SOBRE EL MAR

Una vez definida la constitución del Sistema Nacional Interconectado HC, así como la herramienta a utilizar, es preciso analizar de manera detallada los enlaces que conforman cada uno de los anillos, con el objetivo de conocer e identificar las particularidades de la red en estudio.

- **Radioenlaces del Anillo Norte**

Como se especificó anteriormente, el Anillo Norte actualmente está definido por un nodo principal llamado San Francisco y 10 nodos satélite, de los cuales, 8 se vinculan a la red utilizando radioenlaces en el rango de 220-225 MHz y 2 lo hacen a través de un nodo satélite perteneciente al Anillo Oriente, utilizando para esto radioenlaces en frecuencias entre 144-146 MHz.

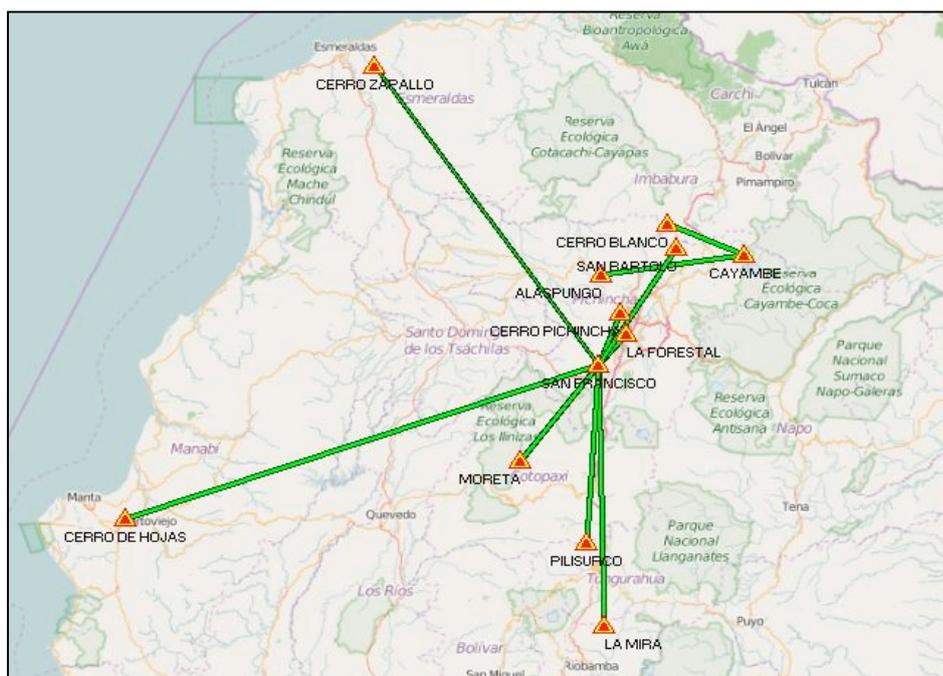


Figura 22 Nodos del Anillo Norte

El utilizar radioenlaces en un rango de frecuencia diferente al que se ha escogido como estándar, hace que el diseño de la red no guarde uniformidad, sin embargo este hecho ha debido ser replicado en nodos de otros anillos, como resultado de la falta de equipos de 220 MHz en el mercado local y principalmente a la imposibilidad de adquirirlos debido a los excesivos costos que involucrarían importarlos.

Bajo este argumento es necesario recordar, que el Sistema Nacional Interconectado actualmente, es fruto del esfuerzo de un radioaficionados (Gustavo Barreiros, HC1BG) que sin recibir ningún tipo de rédito económico

o ayuda, ha puesto al servicio del país una red de comunicaciones para el Servicio de Radioaficionados del Ecuador con capacidad de ser utilizada como red alterna ante posibles eventos de emergencia.

Con estos precedentes, la constitución de los radioenlaces del Anillo Norte se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 18
Radioenlaces del Anillo Norte

NOMBRE	FRECUENCIA DEL ENLACE TX (MHz)	FRECUENCIA DEL ENLACE RX (MHz)	ENLACE
CERRO DE HOJAS	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
LA MIRA	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
	144.850	147.980	CARSHAO
PILISURCO	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
MORETA	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
SAN FRANCISCO	222.000	220.325	PUNTO MULTIPUNTO
LA FORESTAL	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
CERRO PICHINCHA	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
ALASPUNGO	147.990	147.390	CAYAMBE
CERRO ZAPALLO	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
SAN BARTOLO	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
CERRO BLANCO	147.990	147.390	CAYAMBE

Previo al estudio de los radioenlaces mediante el software Radio Mobile, es necesario definir los parámetros que el programa requiere y que hacen referencia a las características técnicas de cada integrante de la red, los cuales están dados por las especificaciones técnicas de cada equipo, así como las particularidades en cada instalación.

La Tabla 19, muestra los parámetros de configuración de cada sistema.

Tabla 19
Parámetros técnicos para la simulación de los radioenlaces del Anillo Norte

Nodo	Atenuación en el cable (db)	Atenuación en conectores (db)	Atenuación en duplexor	Pérdida total en la línea	Rango frecuencia de enlace (MHz)	Potencia de Tx (W)	Umbral del Receptor (μ V)	Ganancia antena 220	Ganancia antena 144	Altura de antenas
CERRO PICHINCHA	1,73	1	1,2	3,93	220-225	5	0,3	6	6	25
LA FORESTAL	1,99	1	1,2	4,19	220-225	5	0,35	11.3	7	30
CERRO BLANCO	1,83	1	1,2	4,03	144-148	5	0,3	N/A	6	23
MORETA	1,21	1	1,2	3,41	220-225	10	0,3	7	7	15
CERRO DE HOJAS	1,73	1	1,2	3,93	220-225	20	0,3	11.3	7	25
SAN BARTOLO	1,57	1	1,2	3,77	220-225	5	0,3	7	6	22
CERRO ZAPALLO	1,47	1	1,2	3,67	220-225	20	0,3	10.5	7	20
PILISURCO	1,21	1	1,2	3,41	220-225	5	0,3	7	6	15
LA MIRA	1,47	1	1,2	3,67	220-225	10	0,3	7	6	20
SAN FRANCISCO	1,99	1	1,2	4,19	220-225	20	0,3	7	6	30
LA MIRA (PASO)	1,95	1	1,2	4,15	144-148	5	0,3	7	7	20
ALASPUNGO	1,36	1	1,2	3,56	144-148	15	0,3	N/A	6	15

3.5.1. Radioenlace Cerro de Hojas – San Francisco.

El radioenlace entre el nodo Cerro de Hojas y el nodo San Francisco, guarda el concepto de lo que anteriormente se había definido como repetidor satélite y nodo central, configuración que permite el enlace entre nodos, utilizando frecuencias en 220 MHz y la función de repetidor en el rango de frecuencia de 144 MHz para proporcionar la cobertura al área específica.

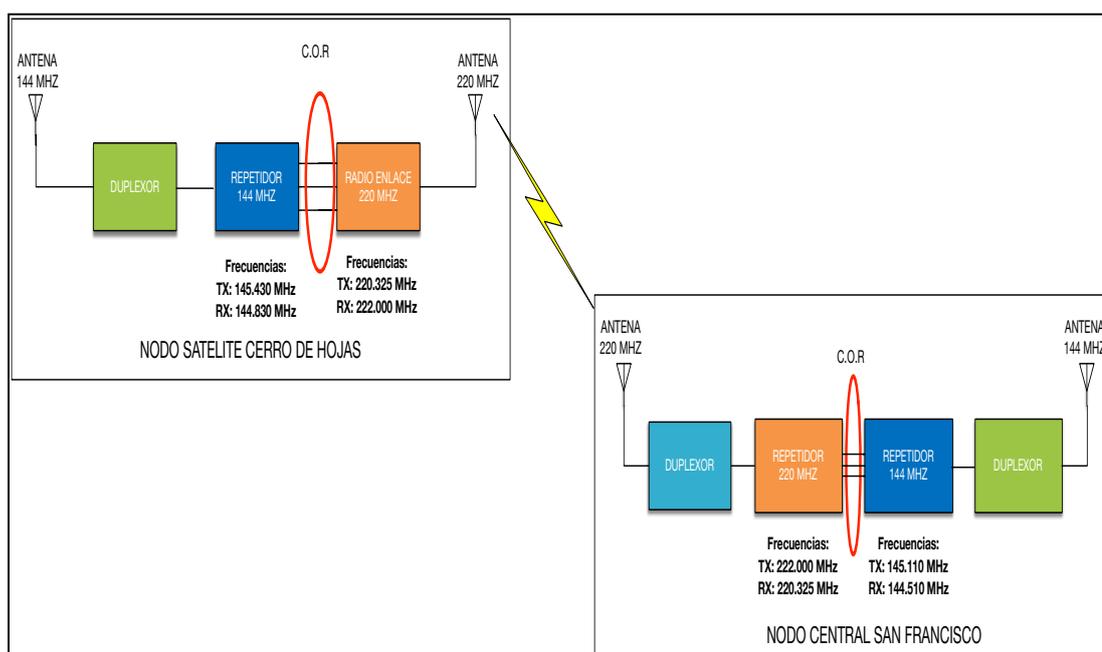


Figura 23 Diagrama de bloques enlace Cerro de Hojas - San Francisco

Como puede observarse en la Figura 23, se introduce el término COR (*Carrier Operated Relay*) o relay operado por portadora, el cual se define como la interfaz que se conecta al *SQUELCH* (circuito que permite suprimir una señal que no sea lo suficientemente fuerte en el receptor) y que permite que los contactos del relay se cierren para activar el transmisor ante la entrada de señales que cumplan con las especificaciones de sensibilidad.

Para llevar a cabo el análisis de un radioenlace ya sea de forma manual o mediante una herramienta computacional, es necesario en primera instancia poseer el perfil topográfico entre las estaciones en estudio, de esta forma se podrá determinar si las ubicaciones elegidas para la implementación, son verdaderamente válidas y sirven para llevar a cabo la comunicación entre los dos puntos.

Para esto, Radio Mobile, una vez ingresados los parámetros de coordenadas y especificaciones técnicas del sistema descritos en tablas anteriormente expuestas, realiza la simulación y muestra si el enlace es viable o no mediante la gráfica de líneas de colores entre los puntos en estudio, si la línea es de color verde por ejemplo, significa que la señal relativa de recepción es mayor o igual a 3 dB, cuando la línea es de color amarillo, representa que la señal relativa de recepción es mayor o igual a -3 dB y si la línea posee un color rojo, simplemente simboliza la no viabilidad del enlace.

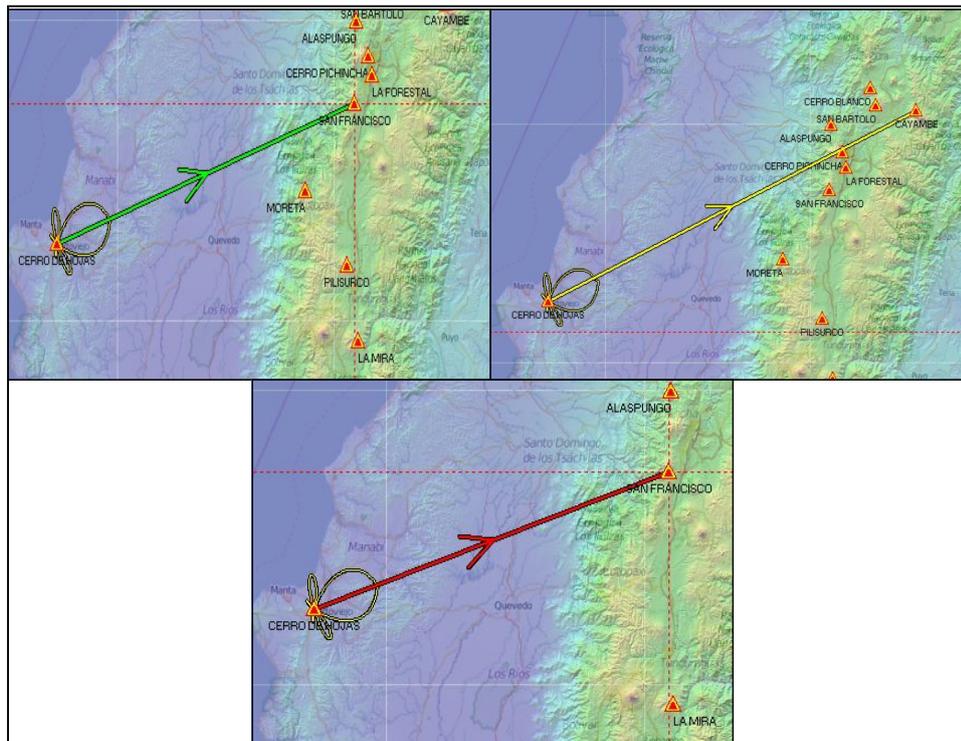


Figura 24 Representación de viabilidad de un radioenlace

Adicionalmente, la opción de Enlace de Radio, permite visualizar los resultados de la simulación del radioenlace, facilitando el análisis de la red en estudio y el ahorro tanto de tiempo como de recursos en el cálculo manual durante la etapa de ingeniería de la red.

Como parte de este estudio, se mostrará el proceso de cálculo a realizarse en un escenario, para posteriormente presentar una tabla de resumen de los valores obtenidos mediante la simulación en Radio Mobile de cada uno de los enlaces que conforman el Sistema Nacional Interconectado HC.

Con estas acotaciones, los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo satélite Cerro de Hojas y el nodo central San Francisco están dados en la ventana de Enlace de Radio, como puede observarse en la Figura 3.18, en el recuadro negro, se representan los datos pertenecientes a cada elemento de la red y en el recuadro en color rojo, los valores calculados en la simulación del radioenlace.



Figura 25 Resultados de simulación del radioenlace Cerro de Hojas - San Francisco

- **Interpretación de resultados**

Una vez introducidos los parámetros pertenecientes a cada elemento de la red, se realiza la simulación del radioenlace y el programa muestra los resultados a través de la opción Enlace de Radio de lo cual se obtienen los siguientes datos.

Tabla 20
Resumen de datos resultantes de la simulación del radioenlace Cerro de Hojas - San Francisco

PARAMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	20 W
Ganancia de Antena TX	11.3 dBd / 13.4 dBi
Pérdidas de Línea de TX	4 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μV / -117.46 dBm
PIRE	176.21 W
PRA / PRE	107.45 W
Campo Eléctrico requerido	1.55 dBμV/m
Distancia del Enlace	226.06 km
Pérdidas Totales	127.5 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	71.84 μV / -69.9 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	47.6 dB

- **Cálculo del Presupuesto de Radioenlace**

Con el objetivo de comprender de mejor manera los resultados obtenidos, a continuación se mostrará y explicará el proceso matemático para obtener el presupuesto de radio enlace.

Sensibilidad del Receptor, la sensibilidad del receptor se representa con la letra U y viene dada en micro voltios (μV) y estos pueden ser transformados a dBm mediante la siguiente ecuación.

$$U(\text{dBm}) = 10 \cdot \log \left(\frac{U^2(\mu\text{V})}{R(\text{m}\Omega) \times P_o(\text{mW})} \right) \quad \text{Ecuación (2)}$$

En donde,

U: Sensibilidad del equipo expresada en mV = 0.3 μ V= 0.0003 mV

R: Impedancia característica = 50 Ω = 50000m Ω

P_o: Potencia de referencia 1mW

$$U(\text{dBm}) = 10 \cdot \log \left(\frac{(0.0003 \text{ mV})^2}{50000 \text{ m}\Omega \times 1 \text{ mW}} \right)$$

$$\Rightarrow U(\text{dBm}) = -117.447 \text{ dBm}$$

Campo Eléctrico Requerido, el campo eléctrico requerido está definido por la siguiente ecuación.

$$E \left(\frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}} \right) = 20 \cdot \log U + k \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}} \right) + C_A(\text{dB}) \quad \text{Ecuación (3)}$$

En donde,

U: Sensibilidad del equipo expresada en μ V

k: Factor de Antena

C_A: Pérdidas de línea

El Factor de Antena está definido como la relación existente entre el campo eléctrico incidente sobre el voltaje. Considerando un sistema con una impedancia de 50 Ω , el factor de antena puede ser calculado con la siguiente ecuación.

$$k \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}} \right) = -29.78(\text{dB}) + 20 \cdot \log[f(\text{MHz})] - G(\text{dBi}) \quad \text{Ecuación (4)}$$

por lo tanto,

$$k \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}} \right) = -29.78(\text{dB}) + 20. \log[222.5] - 9,1 \text{ dBi}$$

$$k = 8.066 \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}} \right)$$

Por lo tanto,

$$E \left(\frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}} \right) = 20. \log U + k \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}} \right) + C_A (\text{dB}) \quad \text{Ecuación (5)}$$

$$E \left(\frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}} \right) = 20. \log(0.3) + 8.066 + 4$$

$$\Rightarrow E = 1.609 \left(\frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}} \right)$$

PIRE, la potencia isotrópica radiada equivalente, se define como la cantidad de potencia que emite una antena isotrópica, la cual de forma teórica, distribuye la potencia uniformemente en todas las direcciones. La PIRE puede ser expresada mediante la siguiente ecuación.

$$\text{PIRE} = \text{Potencia de entrada a la antena (dBW)} + \text{Ganancia de antena (dBi)}$$

Ecuación (6)

De donde,

$$\begin{aligned} \text{Potencia de entrada a la antena} \\ = \text{Potencia de Tx (dBW)} - \text{Pérdidas de línea Tx (dB)} \end{aligned}$$

Ecuación (7)

$$\text{Potencia de TX (dBW)} = 10 \cdot \log \left(\frac{P_{TX}(W)}{1W} \right) \quad \text{Ecuación (8)}$$

$$\text{Potencia de TX (dBW)} = 10 \cdot \log \left(\frac{20W}{1W} \right) = 13.01 \text{ dBW}$$

Por lo tanto,

$$\text{Potencia de entrada a la antena} = 13.01 \text{ dBW} - 4 \text{ dB}$$

$$\text{Potencia de entrada a la antena} = 13.01 \text{ dBW} - 4 \text{ dB}$$

$$\text{Potencia de entrada a la antena} = 9.01 \text{ dBW}$$

Entonces,

$$\text{PIRE} = \text{Potencia de entrada a la antena (dBW)} + \text{Ganancia de antena (dBi)}$$

$$\text{PIRE} = 9.01 \text{ dBW} + 13.4 \text{ dBi}$$

$$\text{PIRE} = 22.41 \text{ dBW}$$

$$\text{PIRE (W)} = 1W \cdot 10^{\frac{P(\text{dBW})}{10}}$$

$$\text{PIRE (W)} = 1W \cdot 10^{\frac{22.41}{10}}$$

$$\text{PIRE (W)} = 174.18 \text{ W}$$

P.R.A., la potencia radiada aparente, se define como el producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a un dipolo de media onda en una dirección dada (ITU, 2007). Se define con la siguiente expresión.

$$\text{PRA} = \text{Potencia de entrada a la antena (dBW)} + \text{Ganancia de antena (dBd)}$$

Ecuación (9)

$$\text{PRA (dBW)} = 9.01 \text{ dBW} + 11.3 \text{ dBd}$$

$$\text{PRA} = 20.31 \text{ dBW}$$

$$\text{PRA (W)} = 1\text{W} \cdot 10^{\frac{P(\text{dBW})}{10}}$$

$$\text{PRA(W)} = 107.39 \text{ W}$$

Pérdidas en el espacio libre, se expresan mediante la siguiente ecuación

$$L_{bf}(\text{dB}) = 32.45 + 20 \cdot \log(d_{km}) + 20 \cdot \log(f_{MHz})$$

En donde,

L_{bf} : pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB),

d: distancia (km),

f: frecuencia (MHz).

$$L_{bf}(\text{dB}) = 32.45 + 20 \cdot \log(226.327) + 20 \cdot \log(222)$$

$$L_{bf} = 126.471 \text{ dB}$$

Pérdidas Totales, están definidas por Radio Mobile como la suma de las Pérdidas en el Espacio Libre y las pérdidas causadas por factores climáticos que adoptan el nombre de Obstrucción y Estadísticas, las cuales se muestran en el informe que la funcionalidad Enlace de Radio provee.

The screenshot shows the 'Enlace de Radio' window with the following data:

- Distance between CERRO DE HOJAS and SAN FRANCISCO: 226.1 km (140.5 miles)
- Azimuth north true = 71.25°, Azimuth North Magnetic = 72.53°, Angle of elevation = -0.1443°
- Altitude variation of 3860.3 m
- Propagation mode: line of sight, minimum clearance 1.6F1 to 30.3km
- Average frequency: 222,500 MHz
- Free Space = 126.4 dB, Obstruction = -4.3 dB TR, Urban = 0.0 dB, Forest = 0.0 dB, Statistics = 6.0 dB
- Total propagation loss: 128.1 dB
- System gain from CERRO DE HOJAS to SAN FRANCISCO: 175.1 dB (yaglant a 71.2° ganancia = 13.4 dB)
- System gain from SAN FRANCISCO to CERRO DE HOJAS: 173.7 dB
- Worst reception is 45.6 dB above the required signal to find 70,000% of situations

Transmitter (CERRO DE HOJAS):

- Coordinates: 01°02'41.0"S 080°32'41.0"D
- Role: Subordinado
- System Name: CERRO DE HOJAS - SF
- Power Tx: 20 W (43.01 dBm)
- Line Loss: 4 dB
- Antenna Gain: 13.4 dBi (11.3 dBd)
- Radiated Power: PIRE=176.21 W, PRE=107.45 W
- Antenna Height: 20 m

Receiver (SAN FRANCISCO):

- Coordinates: 00°23'24.9"S 078°37'06.9"D
- Role: Control
- System Name: NODO CENTRAL SF
- Required E-field: 1.55 dBµV/m
- Antenna Gain: 9.1 dBi (7 dBd)
- Line Loss: 4 dB
- Rx Sensitivity: 0.3µV (-117.46 dBm)
- Antenna Height: 30 m

Network: SAN FRANCISCO - CERRO DE HOJAS

Frequency (MHz): Minimum 220, Maximum 225

Figura 26 Informe de resultados del radioenlace Cerro de Hojas – San Francisco obtenido con la funcionalidad Detalle

La ecuación que define las pérdidas totales es la siguiente.

$$\text{Pérdidas Totales} = L_{bf} + \text{Estadísticas} + \text{Obstrucción} \quad \text{Ecuación (10)}$$

$$\text{Pérdidas Totales} = 126.471 \text{ dB} + 6 \text{ dB} + (-4.3) \text{ dB}$$

$$\text{Pérdidas Totales} = 128.17 \text{ dB}$$

Adicionalmente, Radio Mobile mediante su función RMPATH, suministra útil información adicional, que al estudiarla en conjunto con la obtenida en Enlace de Radio, permite realizar un análisis más completo del radioenlace.

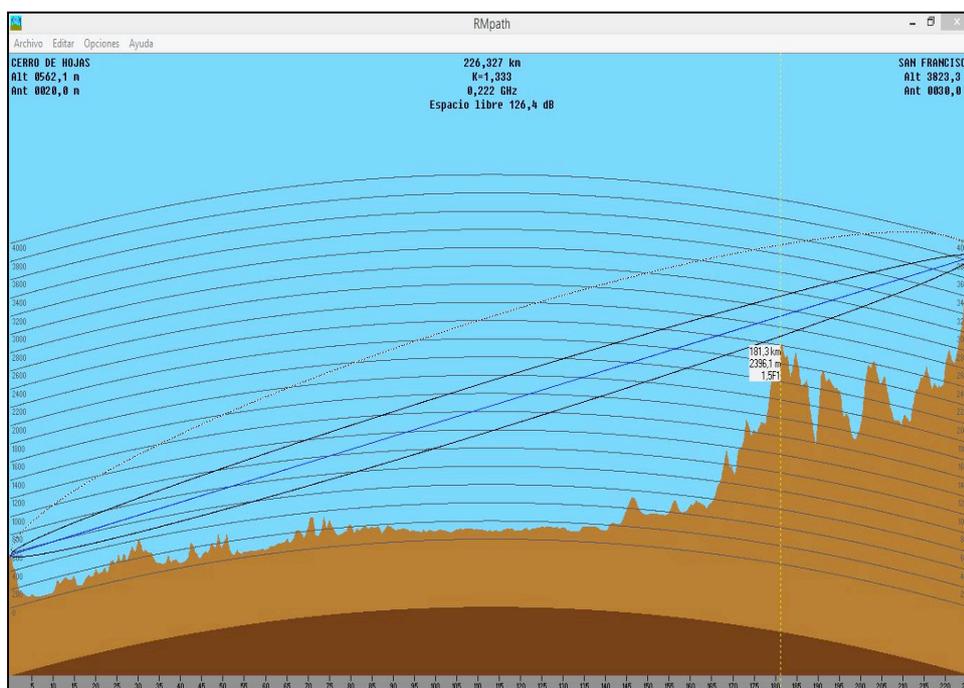


Figura 27 Resultados de simulación del radioenlace Cerro de Hojas – San Francisco, funcionalidad RMPATH

Tomando en cuenta que el rayo de la señal enviada, no viaja en línea recta y que por definición, el radio de curvatura depende del gradiente puntual de refractividad del rayo en cada punto del trayecto, se considera que la tierra es plana suponiendo para eso un radio de 6370 km, además se debe determinar la constante del coeficiente de curvatura de la tierra, k , de acuerdo a la zona geográfica y altura del enlace.

De esta forma y haciendo uso de los datos proporcionados por Radio Mobile, se puede analizar los siguientes parámetros.

Margen de despeje, está definido como la distancia que separa el obstáculo y el rayo emitido, para lo cual es necesario el cálculo de la primera zona de Fresnel y la altura de despeje, parámetros que obedecen a las siguientes fórmulas.

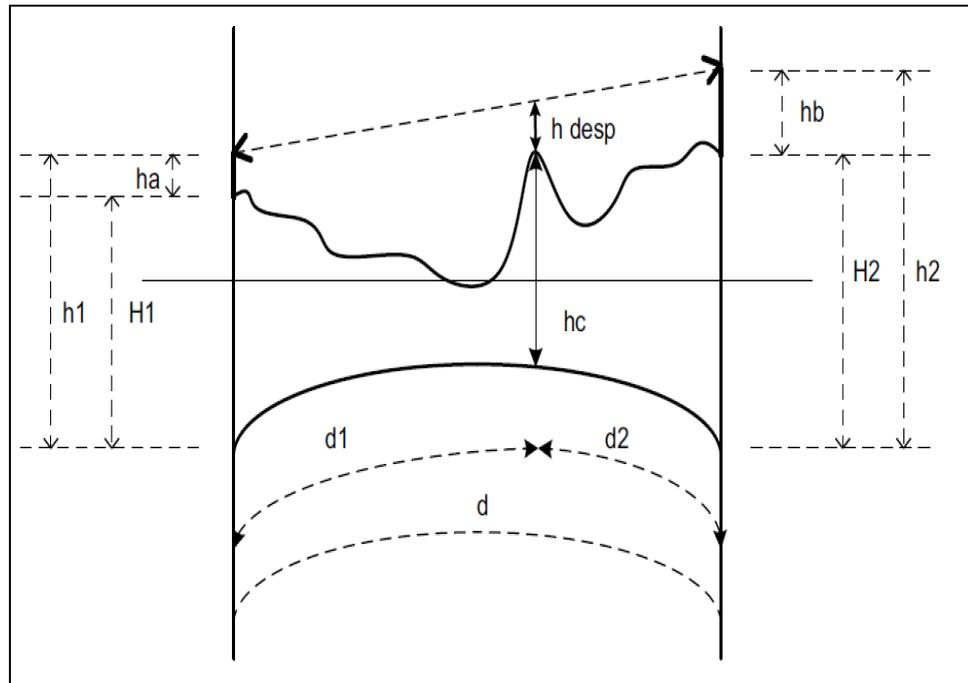


Figura 28 Consideraciones para el cálculo de la altura de despeje.
Fuente: (Estudio de la Migración del Sistema VHF Analógico a Digital de Petrocomercial Distrito Norte, EPN. 2011)

Altura de Despeje

$$h_{\text{Despeje}} (\text{m}) = h_1 + \frac{d_1}{d_1+d_2} (h_2-h_1) - \left(h_c + \frac{d_1 \cdot d_2}{2 \cdot k \cdot a} \right) \quad \text{Ecuación (11)}$$

En donde,

h_1 y h_2 : altura desde el nivel del mar hasta las antenas (m)

h_a y h_b : altura de la antena (m)

H_1 y H_2 : altura de la elevación desde el nivel del mar (m)

h_c : altura del obstáculo desde el nivel del mar (m)

d: distancia desde la antena 1 hasta la antena 2 (m)

d_1 : distancia desde la antena 1 hasta el obstáculo (m)

d_2 : distancia desde la antena 2 hasta el obstáculo (m)

k: coeficiente de curvatura de la tierra (m)

a: radio de la tierra (m)

Por lo tanto,

$$h_{\text{Despeje}} \text{ (m)} = h_1 + \frac{d_1}{d_1+d_2} (h_2-h_1) - \left(h_c + \frac{d_1 \cdot d_2}{2 \cdot k \cdot a} \right)$$

$$h_{\text{Despeje}} \text{ (m)} = 582.1$$

$$+ \frac{181300}{181300 + 45027} (3853.3 - 582.1) - \left(2396.1 + \frac{181300 \cdot 45027}{2 \cdot \frac{4}{3} \cdot 6370000} \right)$$

$$h_{\text{Despeje}} \text{ (m)} = 325.8 \text{ m}$$

Radio de la Primera Zona de Fresnel

$$R_n = \sqrt{\frac{\lambda \cdot d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}} \quad \text{Ecuación .(12)}$$

$$\lambda = \frac{\text{velocidad de la luz}}{\text{frecuencia}} \quad \text{Ecuación (13)}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{222.5 \frac{1}{\text{s}}} = 1.348 \text{ m}$$

$$R_n = \sqrt{\frac{1.348.181300.45027}{181300+45027}}$$

$$R_n = 220.527 \text{ m}$$

Margen de Despeje, se define como la relación entre la altura de despeje del obstáculo más prominente con el radio de la primera zona de Fresnel.

$$M_{D\%} = \frac{h_{Despeje}}{R_n} \cdot 100 \quad \text{Ecuación (14)}$$

$$M_{D\%} = \frac{325.82}{220.527} \cdot 100 = 147.7\%$$

Con estos resultados se puede concluir que si el cálculo del Margen de Despeje es mayor al 60 % el enlace es considerado como libre de obstáculos.

Margen de desvanecimiento, se define para un caso ideal en el cual no existen factores externos que alteren el radioenlace, como la diferencia entre la potencia de entrada al receptor y la sensibilidad del mismo. De esta forma el margen de desvanecimiento puede ser expresado con la siguiente fórmula.

$$MD(dB) = P_{in}(dBm) - U(dBm) \quad \text{Ecuación (15)}$$

En donde,

P_{in} : Potencia de entrada del receptor

U: Sensibilidad del receptor

Tomando en cuenta que,

$$\begin{aligned}
 &P_{in}(dBm) \\
 &= \text{Potencia Tx}(dBm) - \text{Pérdida línea Tx}(dB) \\
 &+ \text{Ganancia Tx}(dBi) - \text{Pérdidas en el espacio libre}(dB) \\
 &+ \text{Ganancia Rx}(dBi) - \text{Pérdida línea Rx}(dB) - \text{Pérdidas adicionales}
 \end{aligned}$$

Ecuación (16)

$$\text{Potencia Tx}(dBm) = 10 \cdot \log \left(1000 \cdot \frac{20W}{1W} \right)$$

$$\text{Potencia Tx}(dBm) = 43.01 \text{ dBm}$$

$$\begin{aligned}
 P_{in}(dBm) &= 43.01 \text{ dBm} - 4 \text{ dB} + 13.4 \text{ dBi} - 126.47 \text{ dB} + 9.1 \text{ dBi} - 4 \text{ dB} \\
 &= -68.95 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Por lo tanto,

$$MD(dB) = P_{in}(dBm) - U(dBm)$$

$$MD(dB) = -68.95 \text{ dBm} - (-117.447 \text{ dBm})$$

$$MD(dB) = 48.487 \text{ dB}$$

3.5.2. Radioenlace Pilisurco – San Francisco

El radioenlace entre el nodo satélite Pilisurco y el nodo central San Francisco se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor.

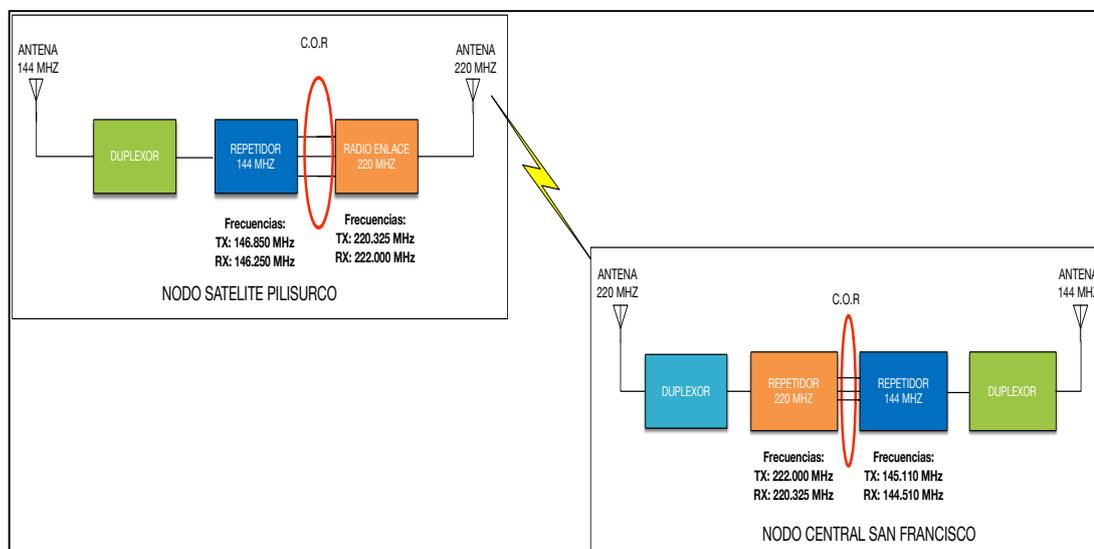


Figura 29 Diagrama de bloques enlace Pilisurco - San Francisco

La simulación en Radio Mobile, basada en los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace mostrados en la tabla 19, muestra que el enlace es viable mediante la siguiente figura:

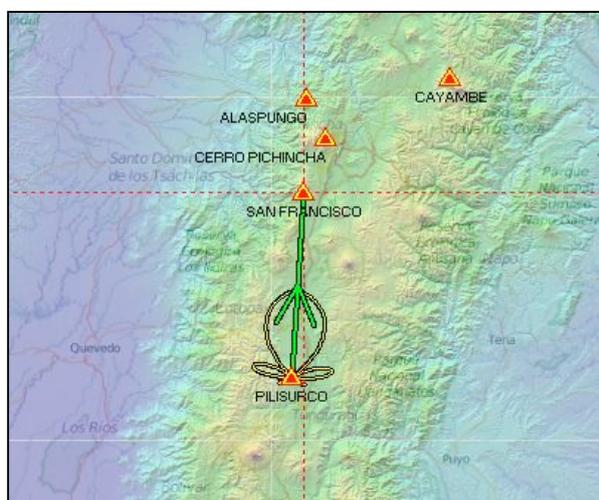


Figura 30 Viabilidad del radioenlace Pilisurco - San Francisco según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo satélite Pilisurco y el nodo central San Francisco están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 21
Resultados de la simulación del radioenlace Pilisurco - San Francisco

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	5W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de TX	3.41 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	18.75 W
PRA / PRE	11.43 W
Campo Eléctrico requerido	42.2 dB μ V/m
Distancia del Enlace	84.56 km
Pérdidas Totales	124.7 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	32.36 μ V / -76.8 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	40.7dB

3.5.3. Radioenlace Moreta – San Francisco

El radioenlace entre el nodo satélite Moreta y el nodo central San Francisco se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor.

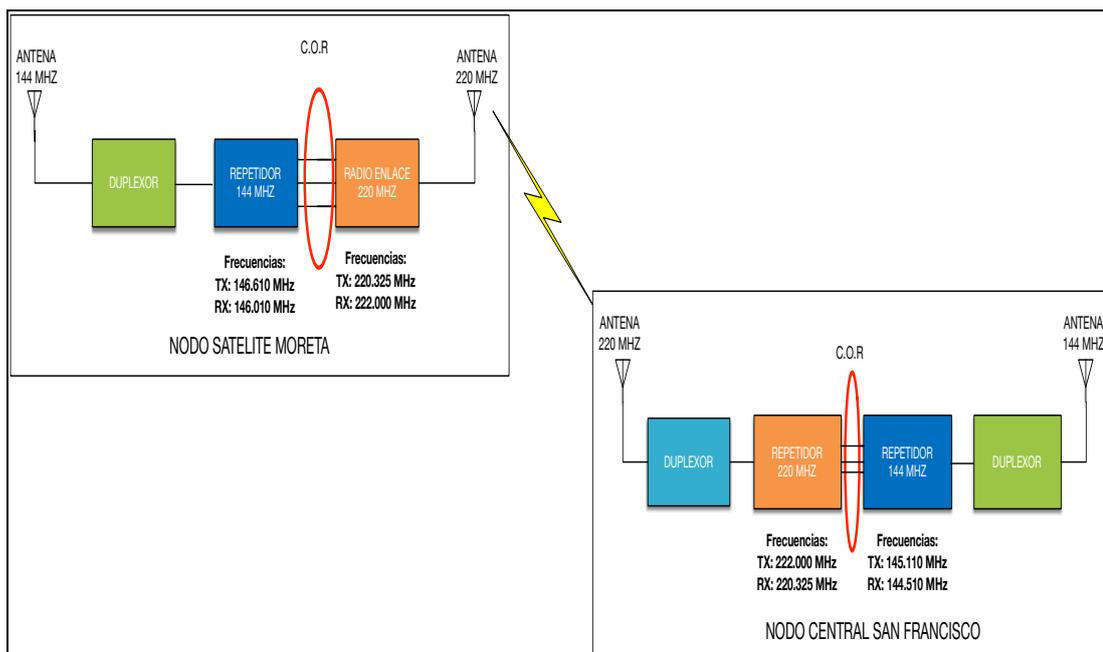


Figura 31 Diagrama de bloques enlace Moreta - San Francisco

La simulación en Radio Mobile, basada en los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace mostrados en la tabla 19, muestra que el enlace es viable mediante la siguiente figura:

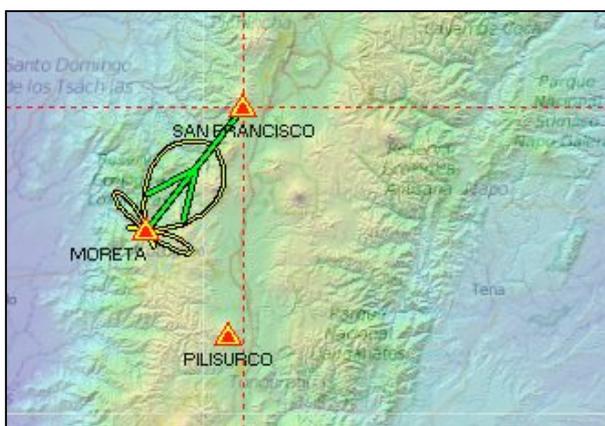


Figura 32 Viabilidad del radioenlace Moreta - San Francisco según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo satélite Moreta y el nodo central San Francisco están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 22
Resultados de la simulación del radioenlace Moreta - San Francisco

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	10W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de TX	3.5 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	36.73 W
PRA / PRE	22.4 W
Campo Eléctrico requerido	48.5 dB μ V/m
Distancia del Enlace	57.93 km
Pérdidas Totales	121.4 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	66.4 μ V / -70.6 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	46.9 dB

3.5.4. Radioenlace La Forestal – San Francisco

El radioenlace entre el nodo satélite La Forestal y el nodo central San Francisco se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor.

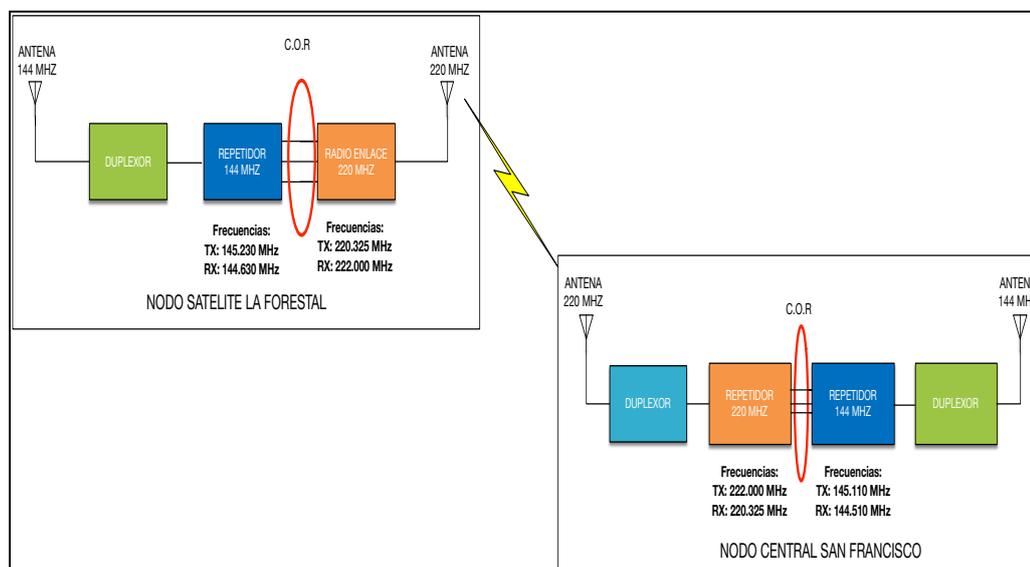


Figura 33 Diagrama de bloques enlace La Forestal - San Francisco

La simulación en Radio Mobile, basada en los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace mostrados en la tabla 19, muestra que el enlace es viable mediante la siguiente figura:

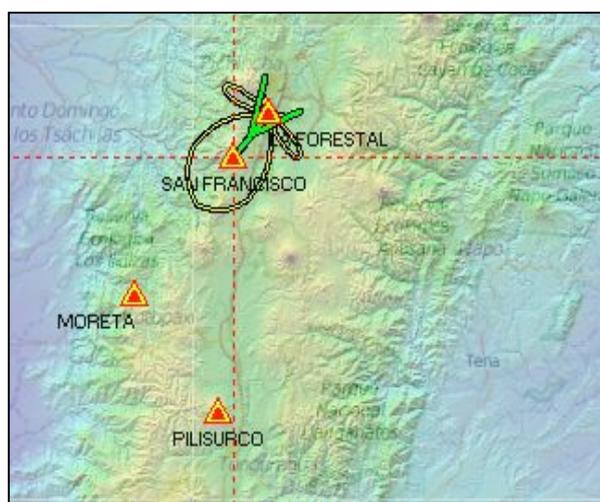


Figura 34 Viabilidad del radioenlace La Forestal - San Francisco según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo satélite La Forestal y el nodo central San Francisco están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 23
Resultados de la simulación del radioenlace La Forestal – San Francisco

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	5W
Ganancia de Antena TX	11,3 dBd / 13,4 dBi
Pérdidas de Línea de TX	4 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	44,05 W
PRA / PRE	26,86 W
Campo Eléctrico requerido	54,9 dB μ V/m
Distancia del Enlace	19,36 km
Pérdidas Totales	115,7 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	138,76 μ V / -64,2 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	53,3 dB

3.5.5. Radioenlace Cerro Pichincha – San Francisco

El radioenlace entre el nodo satélite Cerro Pichincha y el nodo central San Francisco se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor.

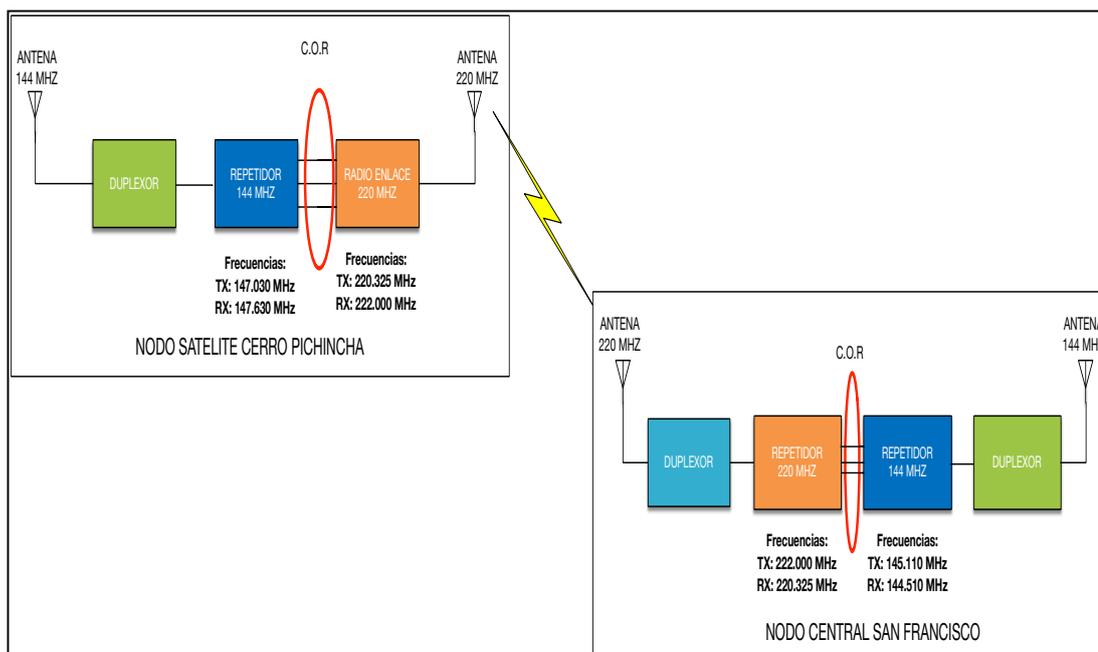


Figura 35 Diagrama de bloques enlace Cerro Pichincha - San Francisco

La simulación en Radio Mobile, basada en los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace mostrados en la Tabla 19, muestra que el enlace es viable mediante la siguiente figura:

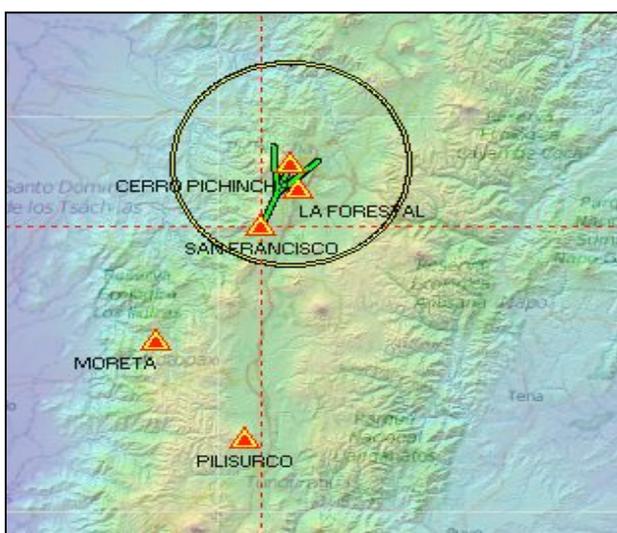


Figura 36 Viabilidad del radioenlace Cerro Pichincha - San Francisco según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo satélite Cerro Pichincha y el nodo central San Francisco están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 24
Resultados de la simulación del radioenlace Cerro Pichincha – San Francisco

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	5W
Ganancia de Antena TX	6 dBd / 8,1 dBi
Pérdidas de Línea de TX	4 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	13 W
PRA / PRE	7,93 W
Campo Eléctrico requerido	50,2 dB μ V/m
Distancia del Enlace	26,89 km
Pérdidas Totales	115,1 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	80,93 μ V / -68,8 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	48,6 dB

3.5.6. Radioenlace San Bartolo – San Francisco

El radioenlace entre el nodo satélite San Bartolo y el nodo central San Francisco se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor.

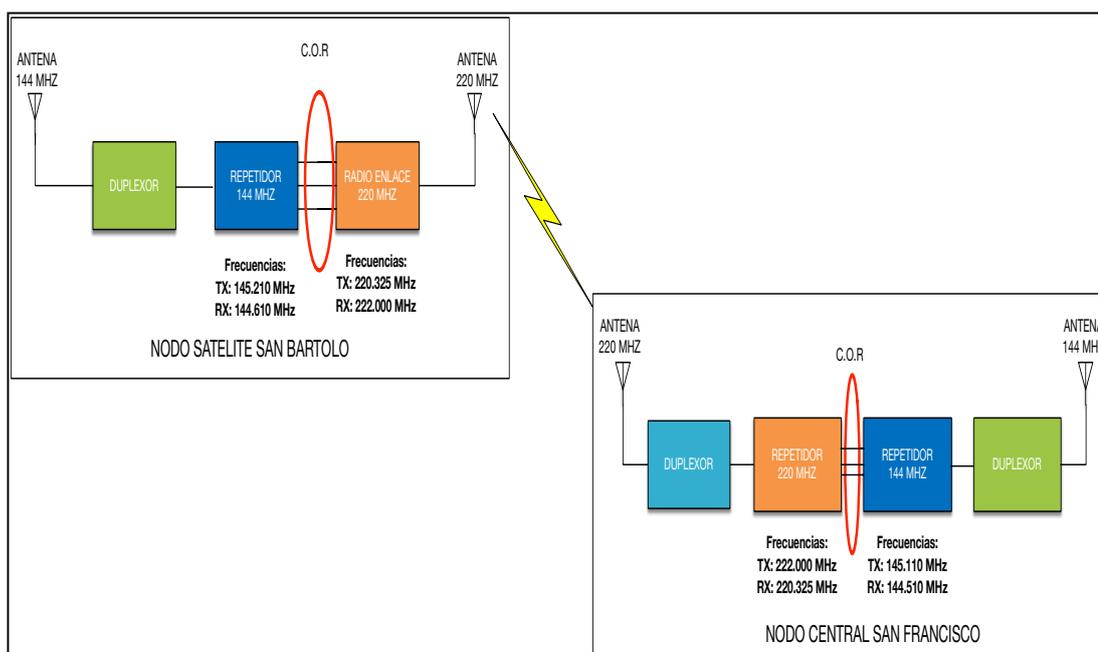


Figura 37 Diagrama de bloques enlace San Bartolo - San Francisco

La simulación en Radio Mobile, basada en los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace mostrados en la Tabla 19, muestra que el enlace es viable mediante la siguiente figura:



Figura 38 Viabilidad del radioenlace San Bartolo - San Francisco según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo satélite San Bartolo y el nodo central San Francisco están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 25
Resultados de la simulación del radioenlace San Bartolo – San Francisco

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	5W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1 dBi
Pérdidas de Línea de TX	4 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	16.37 W
PRA / PRE	9.98 W
Campo Eléctrico requerido	43.5 dB μ V/m
Distancia del Enlace	65.61 km
Pérdidas Totales	122.8 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	37.35 μ V / -75.6 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	41.9 dB

3.5.7. Radioenlace Cerro Zapallo – San Francisco

El radioenlace entre el nodo satélite Cerro Zapallo y el nodo central San Francisco se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor.

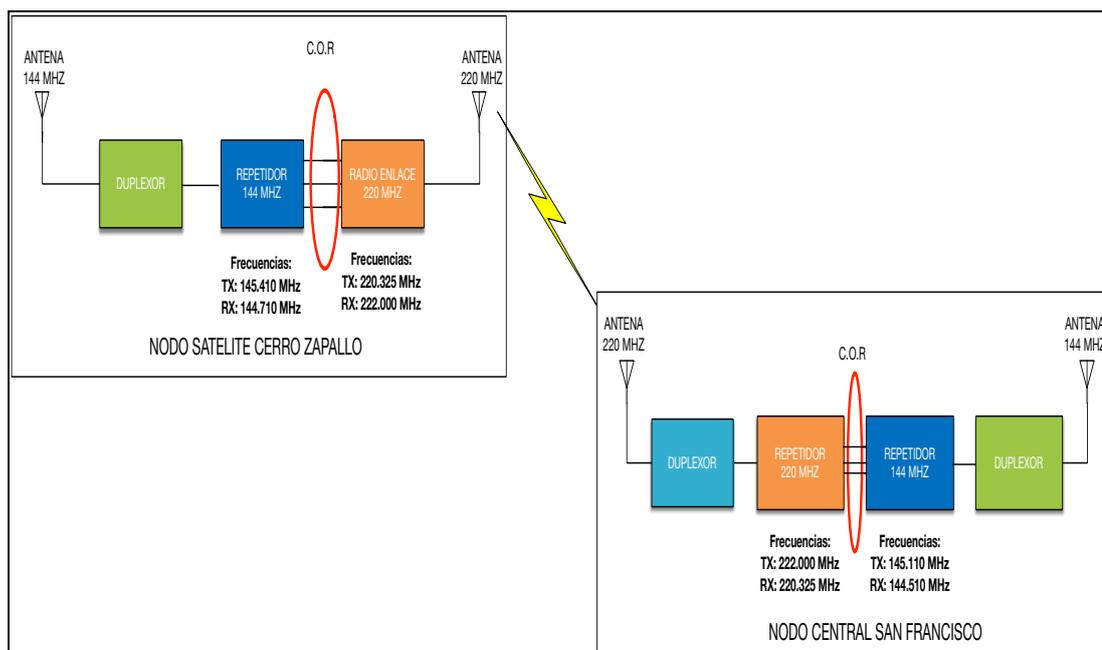


Figura 39 Diagrama de bloques enlace Cerro Zapallo - San Francisco

La simulación en Radio Mobile, basada en los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace mostrados en la Tabla 19, muestra que el enlace es viable mediante la siguiente figura:

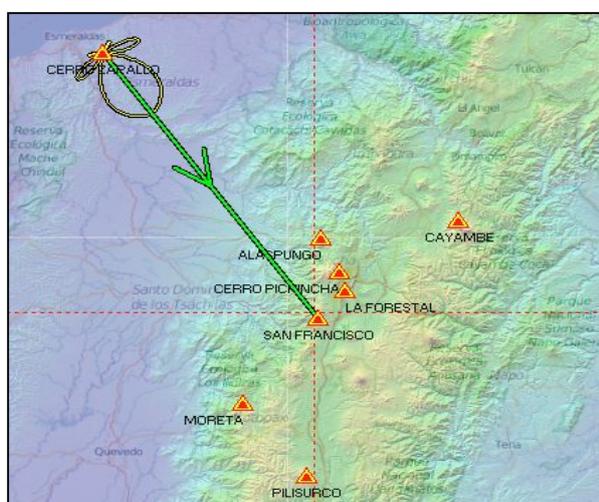


Figura 40 Viabilidad del radioenlace Cerro Zapallo - San Francisco según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo satélite Cerro Zapallo y el nodo central San Francisco están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 26
Resultados de la simulación del radioenlace Cerro Zapallo – San Francisco

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	20 W
Ganancia de Antena TX	10,5 dBd / 12,6 dBi
Pérdidas de Línea de TX	3,67 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	158.14 W
PRA / PRE	96.42 W
Campo Eléctrico requerido	52 dB μ V/m
Distancia del Enlace	170.52 km
Pérdidas Totales	124.1 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	100.44 μ V / -67 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	50.5 dB

3.5.8. Radioenlace La Mira – San Francisco

El radioenlace entre el nodo satélite La Mira y el nodo central San Francisco se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor.

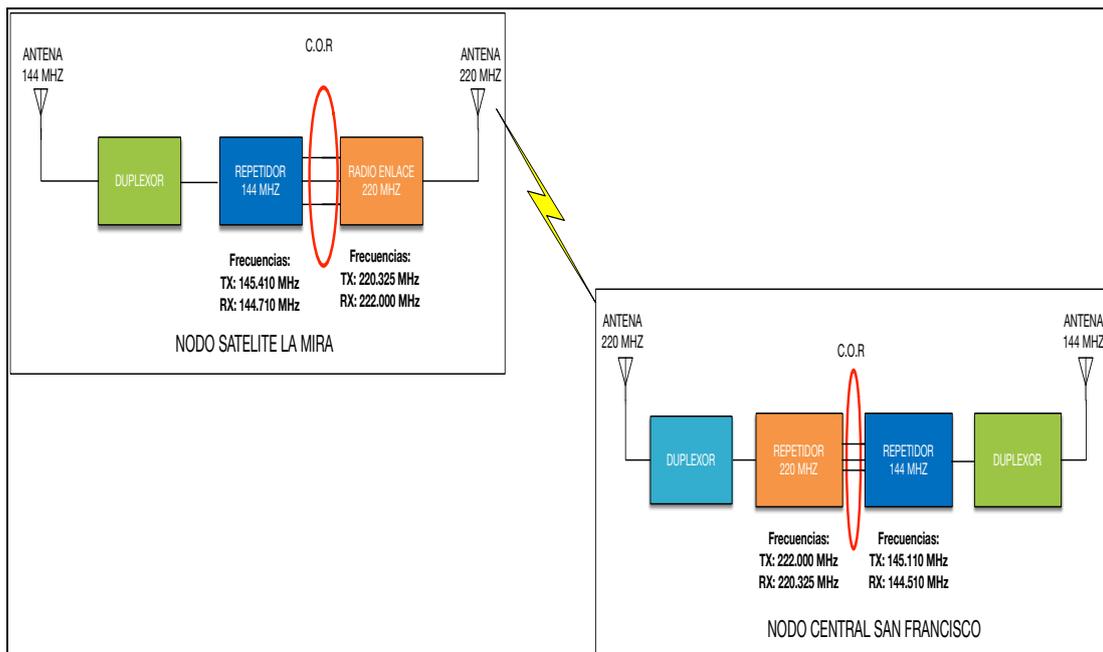


Figura 41 Diagrama de bloques enlace La Mira - San Francisco

La simulación en Radio Mobile, basada en los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace mostrados en la tabla 19, muestra que el enlace es viable mediante la siguiente figura:

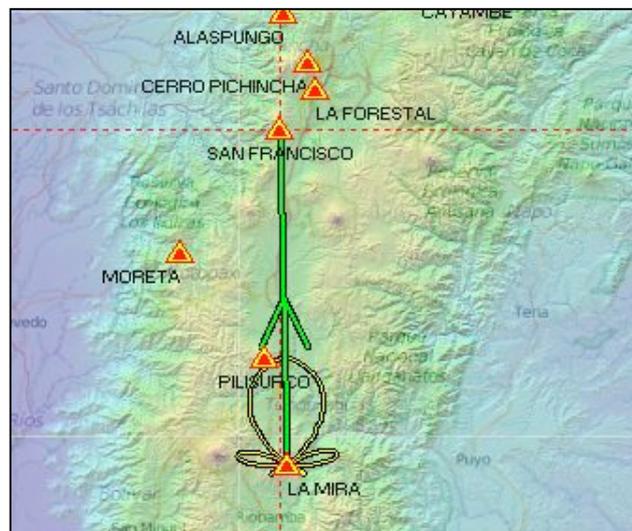


Figura 42 Viabilidad del radioenlace La Mira - San Francisco según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo satélite La Mira y el nodo central San Francisco están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 27
Resultados de la simulación del radioenlace La Mira – San Francisco

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	10 W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1 dBi
Pérdidas de Línea de TX	4 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	32.73 W
PRA / PRE	19.96 W
Campo Eléctrico requerido	42.7 dB μ V/m
Distancia del Enlace	123.65 km
Pérdidas Totales	126.6 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	32.24 μ V / -76.3 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	41.1 dB

3.5.9. Radioenlace Alaspungo – Cayambe

El radioenlace entre el nodo Alaspungo y el nodo Cayambe, a diferencia de los casos anteriores, emplea un enlace en el rango de frecuencia entre 144 a 148 MHz. El nodo Alaspungo se interconecta al Anillo Norte, utilizando al nodo Cayambe como paso para alcanzar al nodo central San Francisco. Por su ubicación y área de cobertura, el repetidor Alaspungo, es considerado parte del Anillo Norte y puede ser representado con el siguiente diagrama de bloques.

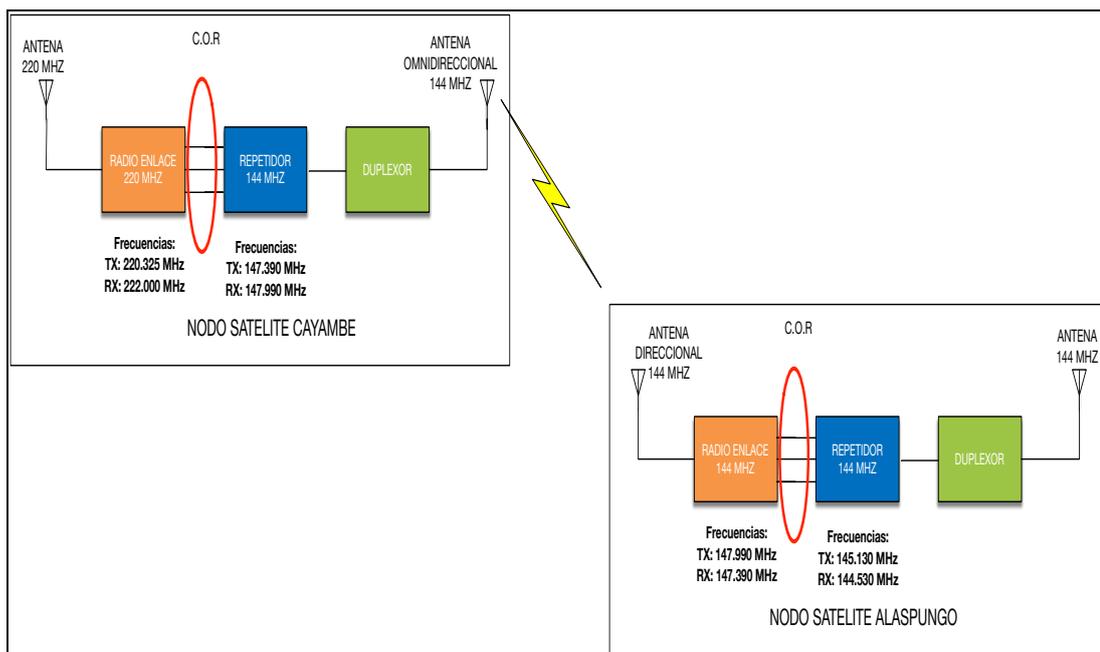


Figura 43 Diagrama de bloques enlace Alaspungo - Cayambe

La simulación en Radio Mobile, basada en los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace mostrados en la Tabla 19, muestra que el enlace es viable mediante la siguiente figura:

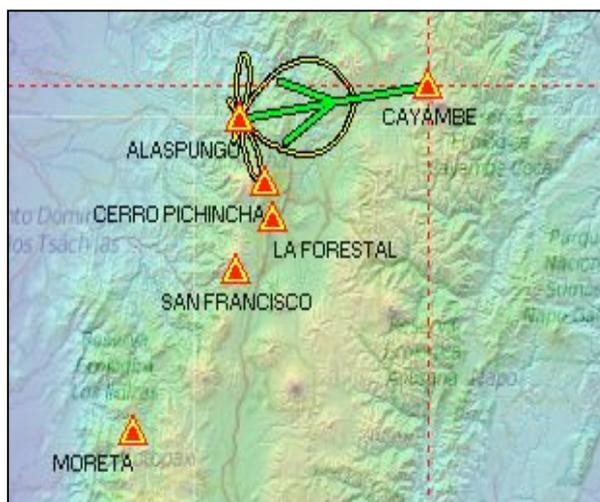


Figura 44 Viabilidad del radioenlace Alaspungo - Cayambe según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo satélite Alaspungo y el nodo Cayambe están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 28
Resultados de la simulación del radioenlace Alaspungo - Cayambe

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	144 - 148 MHz
Potencia de TX	15 W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1 dBi
Pérdidas de Línea de TX	3,5 dB
Ganancia de Antena RX	6 dBd / 8.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.35 μ V
PIRE	55.09 W
PRA / PRE	33.59 W
Campo Eléctrico requerido	47.5 dB μ V/m
Distancia del Enlace	65.87km
Pérdidas Totales	120.4 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	80.52 μ V / -68.9 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	47.2 dB

3.5.10. Radioenlace Cerro Blanco – Cayambe

Al igual que el anterior, el radioenlace entre el Cerro Blanco y el nodo Cayambe, emplea un enlace en el rango de frecuencia entre 144 a 148 MHz. El nodo Cerro Blanco se interconecta al Anillo Norte, utilizando al nodo Cayambe como paso para alcanzar al nodo central San Francisco. Por su ubicación y área de cobertura, el repetidor Cerro Blanco, es considerado parte del Anillo Norte y puede ser representado con el siguiente diagrama de bloques.

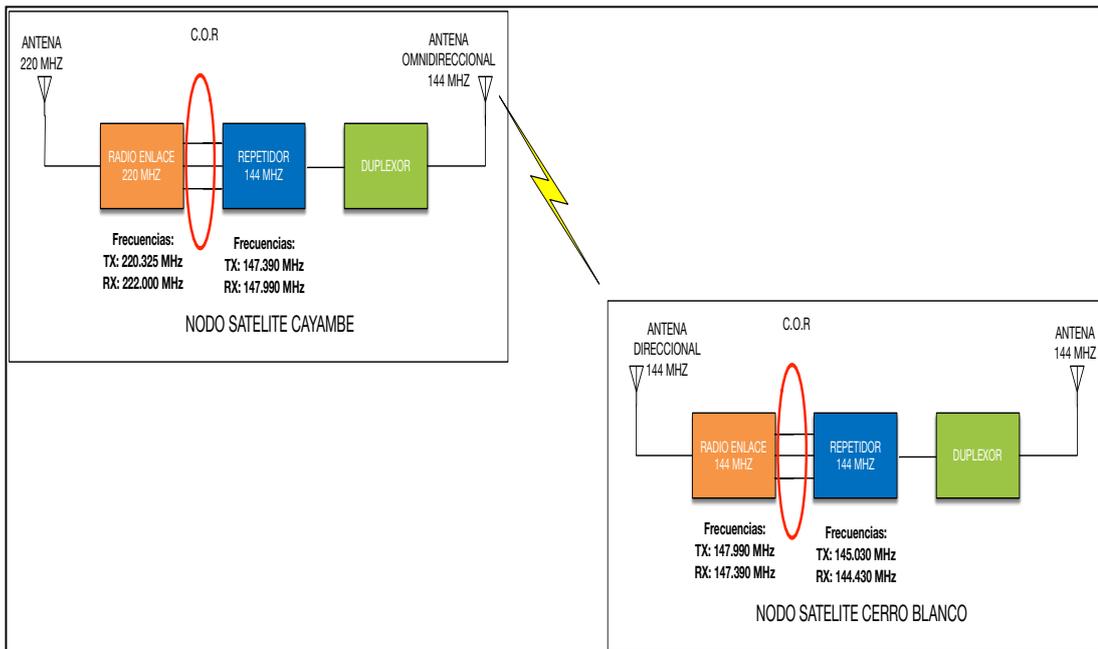


Figura 45 Diagrama de bloques enlace Cerro Blanco - Cayambe

La simulación en Radio Mobile, basada en los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace mostrados en la Tabla 19, muestra que el enlace es viable mediante la siguiente figura:

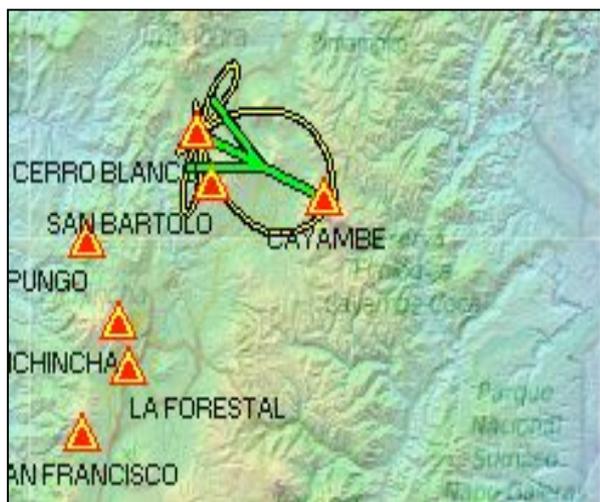


Figura 46 Viabilidad del radioenlace Cerro Blanco - San Francisco según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo Cerro Blanco y el nodo Cayambe están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 29
Resultados de la simulación del radioenlace Cerro Blanco - Cayambe

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	144 - 148 MHz
Potencia de TX	5 W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1 dBi
Pérdidas de Línea de TX	3 dB
Ganancia de Antena RX	6 dBd / 8.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.35 μ V
PIRE	20.6 W
PRA / PRE	12.56 W
Campo Eléctrico requerido	45.2 dB μ V/m
Distancia del Enlace	37.98 km
Pérdidas Totales	118.4 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	62 μ V / -71.2 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	45 B

- **Radioenlaces del Anillo Oriente**

Como se especificó anteriormente, el Anillo Oriente está formado por 4 nodos, de los cuales, dos cumplen doble función, la primera es de enlace intermedio entre el nodo San Francisco y los nodos satélite, lo cual permite que estos últimos puedan enlazarse al Sistema Nacional Interconectado y la segunda como repetidores que brindan el servicio a un área específica.



Figura 47 Nodos del Anillo Oriente

Como se puede observar en la figura 3.40 los nodos Cayambe y La Virgen son utilizados como enlaces intermedios para que los nodos Lumbaqui y Pasohurco puedan enlazarse al Sistema Nacional. Los nodos Cayambe y La Virgen utilizan radioenlaces en frecuencias de 220 – 225 MHz hacia el nodo San Francisco, mientras que los nodos Lumbaqui y Pasohurco frecuencias entre 144 y 148 MHz para sus radioenlaces.

Con estos precedentes, la constitución de los radioenlaces del Anillo Oriente se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 30
Radioenlaces del Anillo Oriente

NOMBRE	FRECUENCIA DEL ENLACE TX (MHz)	FRECUENCIA DEL ENLACE RX (MHz)	ENLACE
CAYAMBE	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
	147.390	147.990	LUMBAQUI
LUMBAQUI	147.990	147.390	CAYAMBE
	220.325	222.000	SAN FRANCISCO
LA VIRGEN	145.310	144.710	PASOHURCO
	144.710	145.310	LA VIRGEN

Previo al estudio de los radioenlaces mediante el software Radio Mobile, es necesario definir los parámetros que el programa requiere y que hacen referencia a las características técnicas de cada integrante de la red, los cuales están dados por las especificaciones técnicas de cada equipo, así como las particularidades en cada instalación.

La Tabla 31, muestra los parámetros de configuración de cada sistema.

Tabla 31
Parámetros técnicos para la simulación de los radioenlaces del Anillo Oriente

NODO	ATENUACION EN EL CABLE (dB)	ATENUACION EN CONECTORES (dB)	ATENUACION EN DUPLEXOR	PERDIDA TOTAL EN LA LINEA	RANGO DE FRECUENCIA ENLACE (MHz)	POTENCIA DE TX (W)	UMBRAL DEL RECEPTOR (μ V)	GANANCIA ANTE NA 220	GANANCIA ANTE A 144	ALTURA DE ANTE NAS
LUMBAQUI	3,54	1	1,2	5,74	144-148	10	0.3	N/A	7	50
PASOHURCO	3,54	1	1,2	5,74	144-148	10	0.35	N/A	7	50
LA VIRGEN	1,84	1	1,2	4,04	220-225	10	0.35	7	6	25
CAYAMBE	1,84	1	1,2	4,04	220-225	10	0.35	7	6	25

3.5.11. Radioenlace Lumbaqui – Cayambe

El radioenlace entre el nodo Lumbaqui y el nodo Cayambe, utiliza la frecuencia con la que este último funciona como repetidor. Para que el nodo Lumbaqui pueda interconectarse al Sistema Nacional Interconectado, utiliza al nodo Cayambe como paso, el cual mantiene el estándar de frecuencias para radioenlaces con el nodo central San Francisco en el rango de 220 MHz.

El radioenlace Lumbaqui – Cayambe, puede ser representado con el siguiente diagrama de bloques.

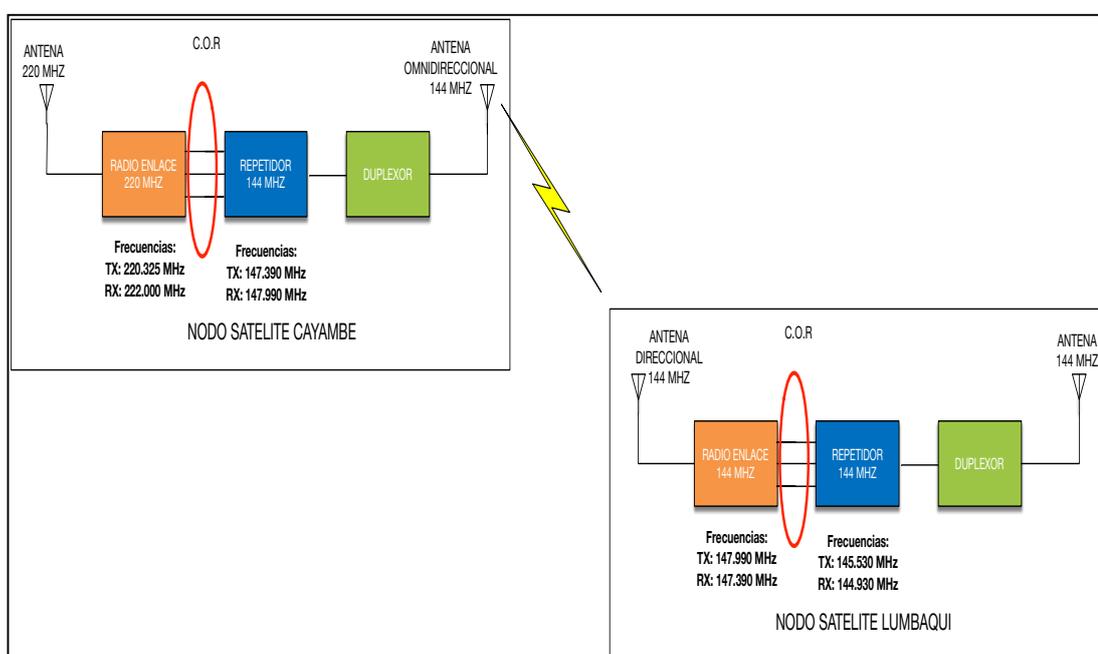


Figura 48 Diagrama de bloques enlace Lumbaqui - Cayambe

La simulación en Radio Mobile, utilizando los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace y que se muestran en la Tabla 31, indica que el enlace es viable mediante la siguiente figura:



Figura 49 Viabilidad del radioenlace Lumbaqui - Cayambe según Radio

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo Lumbaqui y el nodo Cayambe están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente Tabla.

**Tabla 32
Resultados de la simulación del radioenlace Lumbaqui – Cayambe**

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	144 - 148 MHz
Potencia de TX	10 W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1 dBi
Pérdidas de Línea de TX	5,7 dB
Ganancia de Antena RX	6 dBd / 8.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.35 μ V
PIRE	22.13 W
PRA / PRE	13,49 W
Campo Eléctrico requerido	26,3 dB μ V/m
Distancia del Enlace	78,33 km
Pérdidas Totales	137,7 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	7,03 μ V / -90,1 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	26,1 dB

3.5.12. Radioenlace Pasohurco – La Virgen

El radioenlace entre el nodo Pasohurco y el nodo La Virgen, utiliza la frecuencia con la que este último funciona como repetidor. Para que el nodo Pasohurco pueda interconectarse al Sistema Nacional Interconectado, utiliza al nodo La Virgen como paso, el cual mantiene el estándar de frecuencias para radioenlaces con el nodo central San Francisco en el rango de 220 MHz.

El radioenlace Pasohurco – La Virgen, puede ser representado con el siguiente diagrama de bloques.

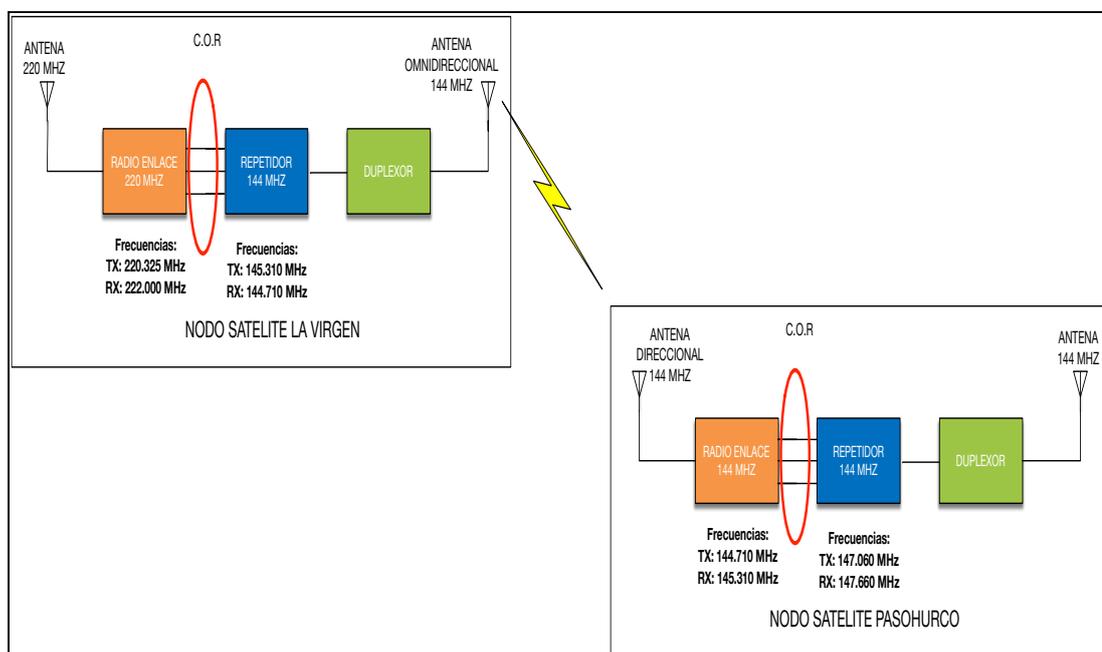


Figura 50 Diagrama de bloques enlace Pasohurco – La Virgen

La simulación en Radio Mobile, utilizando los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace y que se muestran en la Tabla 31, indica que el enlace es viable mediante la siguiente figura:

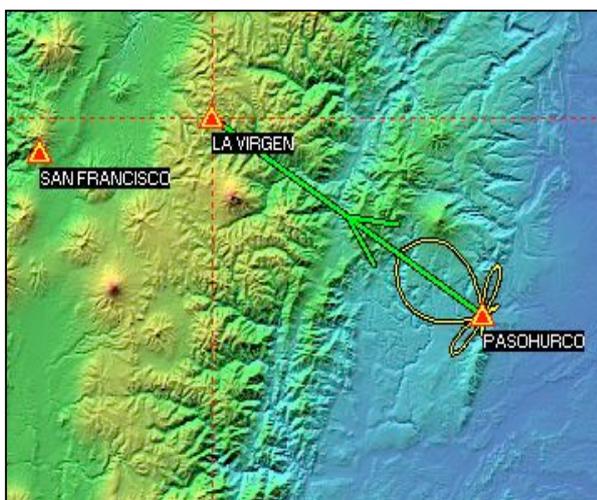


Figura 51 Viabilidad del radioenlace Pasohurco – La Virgen según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo Pasohurco y el nodo La Virgen están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente Tabla.

Tabla 33
Resultados de la simulación del radioenlace Pasohurco – La Virgen

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	144 - 148 MHz
Potencia de TX	10 W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1 dBi
Pérdidas de Línea de TX	5,7 dB
Ganancia de Antena RX	6 dBd / 8.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.35 μ V
PIRE	22.13 W
PRA / PRE	13,49 W
Campo Eléctrico requerido	15 dB μ V/m
Distancia del Enlace	88,02 km
Pérdidas Totales	149 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	1,91 μ V / -101,4 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	14,7 dB

3.5.13. Radioenlace Cayambe – San Francisco

El radioenlace entre el nodo satélite Cayambe y el nodo central San Francisco se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor.

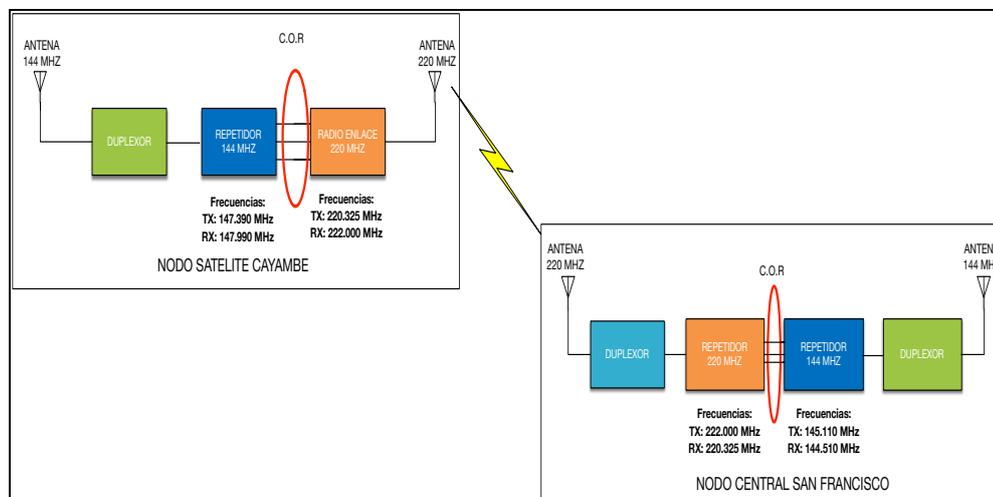


Figura 52 Diagrama de bloques enlace Cayambe – San Francisco

La simulación en Radio Mobile, utilizando los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace y que se muestran en la tabla 31, indica que el enlace es viable mediante la siguiente figura:

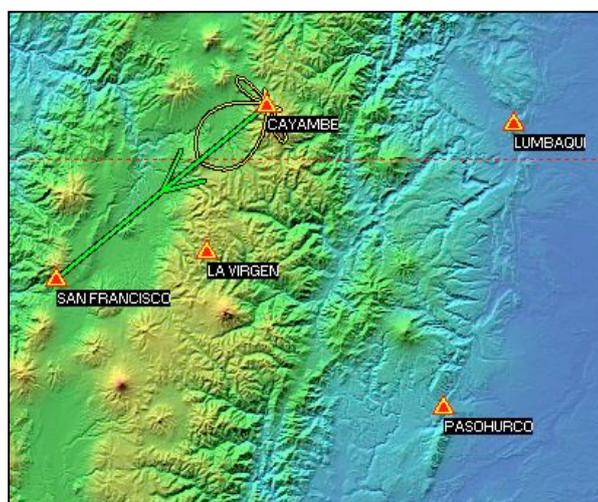


Figura 53 Viabilidad del radioenlace Cayambe – San Francisco según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo Cayambe y el nodo San Francisco están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente Tabla.

Tabla 34
Resultados de la simulación del radioenlace Cayambe – San Francisco

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	10 W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1 dBi
Pérdidas de Línea de TX	4 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	32,73.13 W
PRA / PRE	19,96 W
Campo Eléctrico requerido	44,5 dB μ V/m
Distancia del Enlace	88,44 km
Pérdidas Totales	124,9dB
Potencia de RX / Nivel de RX	41,92 μ V / -74,6 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	42,9 dB

3.5.14. Radioenlace La Virgen – San Francisco

El radioenlace entre el nodo satélite La Virgen y el nodo central San Francisco se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor.

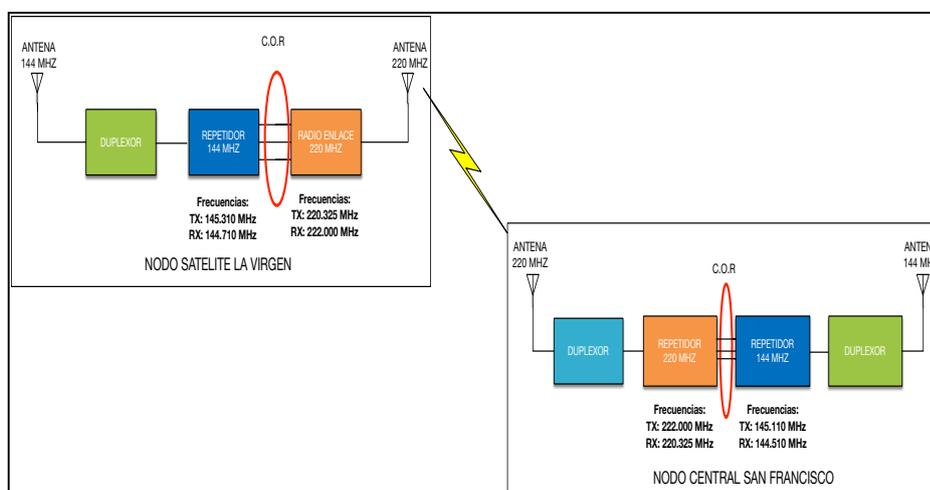


Figura 54 Diagrama de bloques enlace La Virgen – San Francisco

La simulación en Radio Mobile, utilizando los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace y que se muestran en la tabla 31, indica que el enlace es viable mediante la siguiente figura:

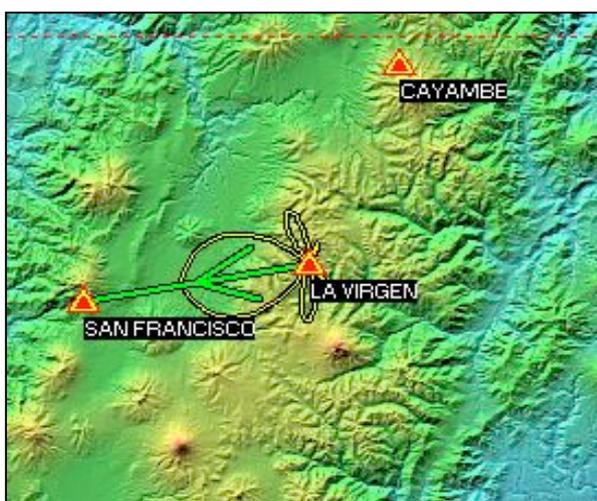


Figura 55 Viabilidad del radioenlace La Virgen – San Francisco según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo La Virgen y el nodo San Francisco están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente Tabla.

Tabla 35
Resultados de la simulación del radioenlace La Virgen – San Francisco

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	10 W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1 dBi
Pérdidas de Línea de TX	4 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	32,73.13 W
PRA / PRE	19,96 W
Campo Eléctrico requerido	47,6 dB μ V/m
Distancia del Enlace	48,17 km
Pérdidas Totales	121,7 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	47,6 μ V / -71,4 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	46 dB

Radioenlaces del Anillo Sur

El Anillo Sur está formado por 6 nodos repetidores y uno que sirve de paso entre el nodo central y un nodo satélite, a excepción de este último, todos utilizan radioenlaces en 220 MHz para interconectarse al Sistema Nacional Interconectado.

El enlace entre el Anillo Norte y el Anillo Sur es posible gracias a la configuración *back to back* que posee el nodo La Mira, el cual utiliza un radio de 220 MHz para recibir y transmitir hacia el nodo San Francisco y un radio en 144 MHz para realizar el radioenlace hacia el nodo central del Anillo Sur denominado Carshao.

El nodo Carshao, mantiene la configuración estándar de nodo central, es decir, posee una repetidora en 220 MHz y una repetidora en el rango de 144 MHz para brindar servicio al área de cobertura.

El nodo de paso La Paz, utiliza un radioenlace en frecuencia de 144 – 148 MHz para enlazarse al nodo satélite Villonaco, sin embargo no ha sido considerado dentro de la ingeniería de la red para brindar servicio, por lo que no posee repetidora en 144 MHz.

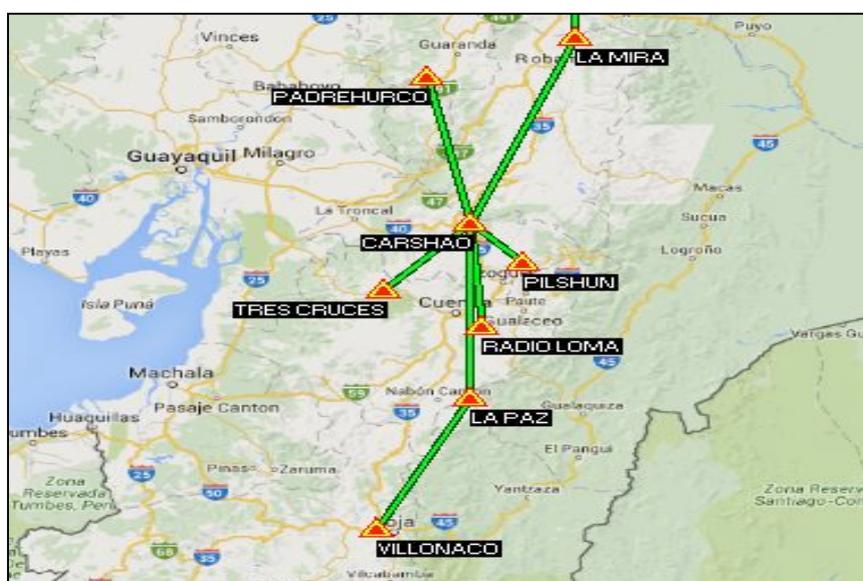


Figura 56 Nodos del Anillo Sur

Con estos precedentes, la constitución de los radioenlaces del Anillo Sur se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 36
Radioenlaces del Anillo Sur

NOMBRE	FRECUENCIA DEL ENLACE TX (MHz)	FRECUENCIA DEL ENLACE RX (MHz)	ENLACE
VILLONACO	145.210	144.610	LA PAZ
RADIO LOMA	221.880	220.280	CARSHAO
PILSHUN	221.880	220.280	CARSHAO
CARSHAO	220.280	221.880	PUNTO MULTIPUNTO
TRES CRUCES	221.880	220.280	CARSHAO
LA PAZ	221.880	220.280	CARSHAO
	144.610	145.210	VILLONACO
PADREHURCO	221.880	220.280	CARSHAO

Previo al estudio de los radioenlaces mediante el software Radio Mobile, es necesario definir los parámetros que el programa requiere y que hacen referencia a las características técnicas de cada integrante de la red, los cuales están dados por las especificaciones técnicas de cada equipo, así como las particularidades en cada instalación.

La tabla 37, muestra los parámetros de configuración de cada sistema.

Tabla 37
Parámetros técnicos para la simulación de los radioenlaces del Anillo Sur

UNIDADES	ATENUACION EN EL CABLE (dB)	ATENUACION EN CONECTORES (dB)	ATENUACION EN DUPLEXOR	PERDIDA TOTAL EN LA LINEA	RANGO FRECUENCIA DE ENLACE (MHz)	POTENCIA DE TX (W)	UMBRAL DEL RECEPTOR (μ V)	GANANCIA ANTE NA 220	GANANCIA ANTE NA 144	ALTURA DE ANTENAS
PILSHUN	1,21	1	1,2	3,41	220-225	5	0,3	7	7	15
PADREHURCO	1,21	1	1,2	3,41	220-225	5	0,3	10.5	6	15
VILLONACO	1,95	1	1,2	4,15	144-148	10	0,3	N/A	6	23
TRES CRUCES	1,47	1	1,2	3,67	220-225	10	0,3	7	7	20
RADIOLOMA	1,47	1	1,2	3,67	220-225	10	0,3	7	7	20
LA PAZ	1,73	1	1,2	3,93	220-225	5	0,3	7	6	25
CARSHAO	1,73	1	1,2	3,93	220-225	15	0,3	7	6	25

3.5.15. Radioenlace La Mira – Carshao

El radioenlace La Mira – Carshao es considerado parte esencial en el Sistema Nacional Interconectado HC, debido a que gracias a este, un mensaje generado en cualquier nodo del Anillo Norte u Oriente pueda ser recibido por los integrantes del Anillo Sur y viceversa.

La configuración del nodo Carshao posee un radio exclusivamente para la transmisión hacia el nodo La Mira, con lo cual los mensajes que tienen como origen el Anillo Sur llegan a los Anillos Norte y Oriente.

Por otra parte, las señales que vienen hacia el Anillo Sur, usan como paso al nodo La Mira, el cual las transmite hacia el nodo Carshao y son recibidas por su repetidor de 144 MHz para posteriormente ser replicadas localmente y transmitidas hacia los otros nodos integrantes a través del repetidor de 220 MHz.

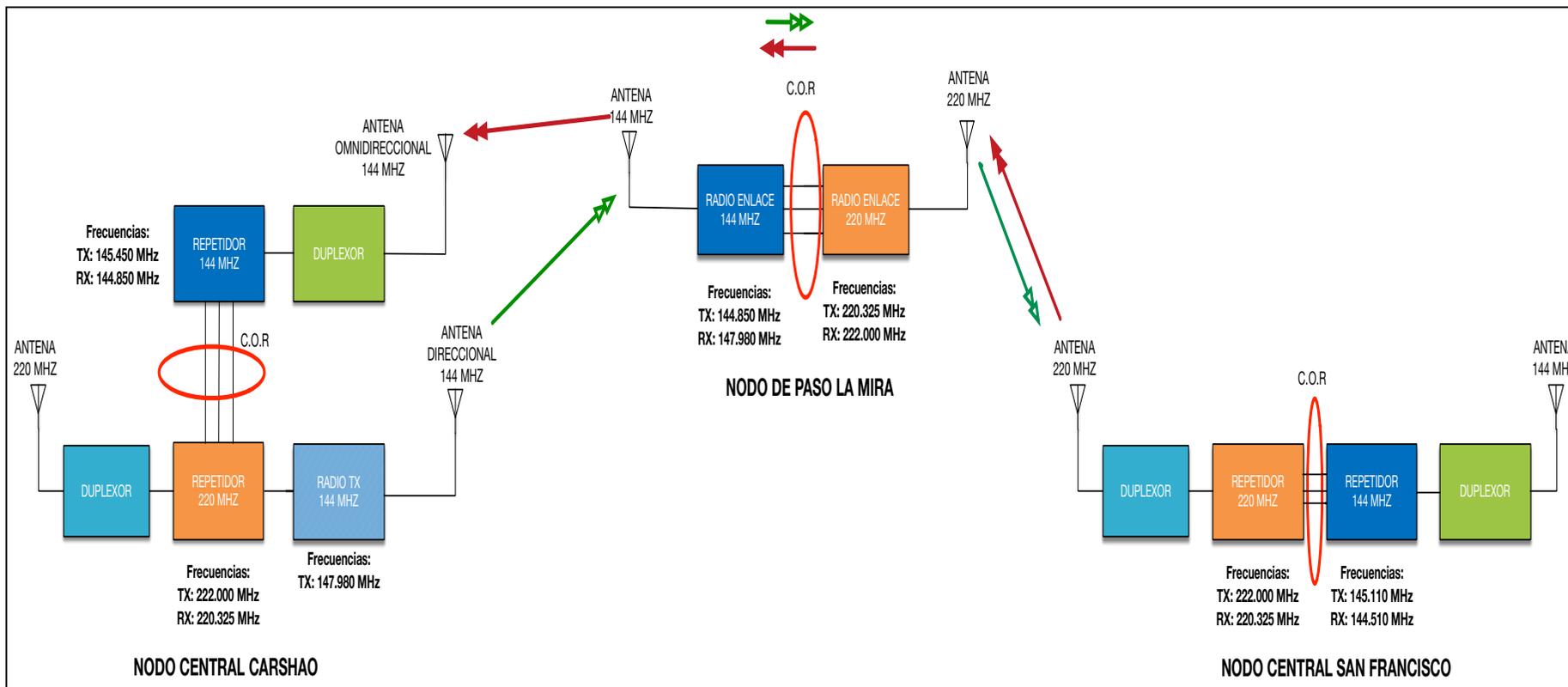


Figura 57 Diagrama de bloques enlace La Mira - Carshao

La simulación en Radio Mobile, utilizando los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace y que se muestran en la Tabla 37, indica que el enlace es viable como se representa en la siguiente Figura.



Figura 58 Viabilidad del radioenlace La Mira – Carshao según

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo La Mira y el nodo Carshao se muestran tanto en la ventana de Enlace de Radio como en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la Tabla 38.

Tabla 38 Resultados de la simulación del radioenlace La Mira – Carshao

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	144 - 148 MHz
Potencia de TX	10 W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1 dBi
Pérdidas de Línea de TX	4 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	32,73 W
PRA / PRE	19,96 W
Campo Eléctrico requerido	28,2 dB μ V/m
Distancia del Enlace	111,26 km
Pérdidas Totales	137,5 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	9,79 μ V / -87,2 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	30,3 dB

3.5.16. Radioenlace Pilshun – Carshao

El radioenlace entre el nodo satélite Pilshun y el nodo central Carshao se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor.

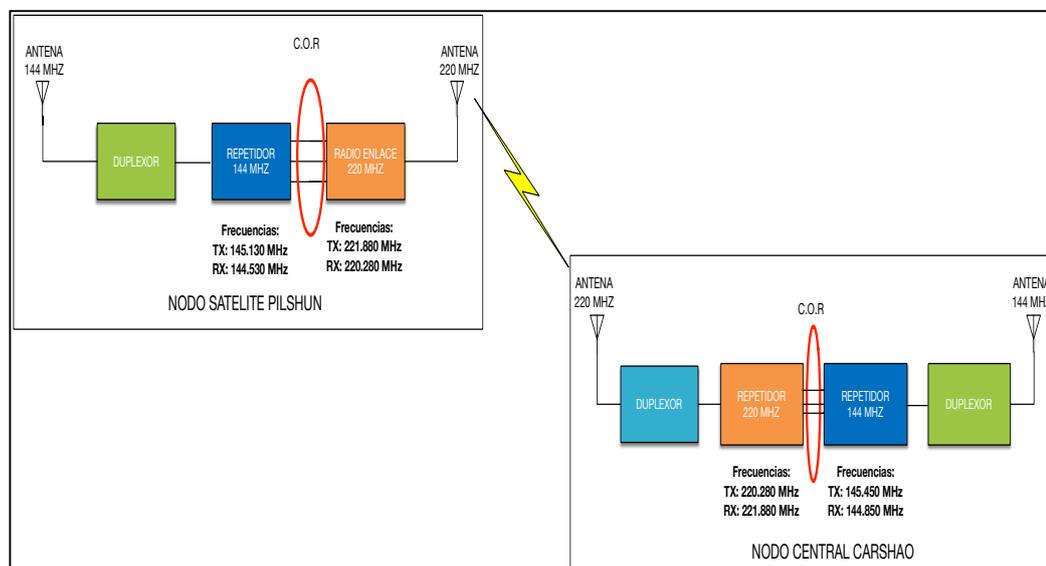


Figura 59 Diagrama de bloques enlace Pilshun – Carshao

La simulación en Radio Mobile, utilizando los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace y que se muestran en la tabla 37, indica que el enlace es viable mediante la siguiente figura:

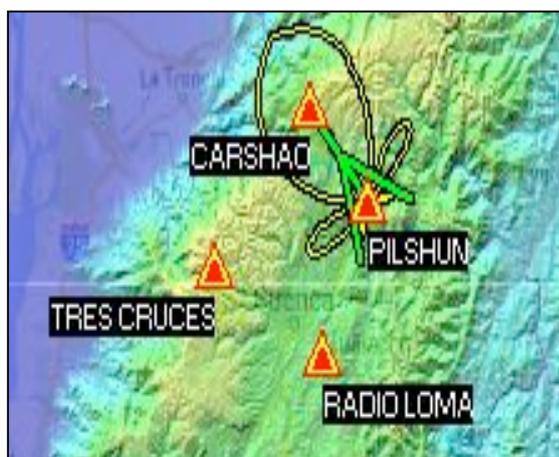


Figura 60 Viabilidad del radioenlace Pilshun – Carshao según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo Pilshun y el nodo Carshao están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla

Tabla 39
Resultados de la simulación del radioenlace Pilshun - Carshao

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	5 W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1 dBi
Pérdidas de Línea de TX	3,41 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	18,75 W
PRA / PRE	11,43 W
Campo Eléctrico requerido	52,2dB μ V/m
Distancia del Enlace	29,85 km
Pérdidas Totales	114,7 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	102,01 μ V / -66.8 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	50,6 dB

3.5.17. Radioenlace Padrehurco – Carshao

El radioenlace entre el nodo satélite Padrehurco y el nodo central Carshao se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor.

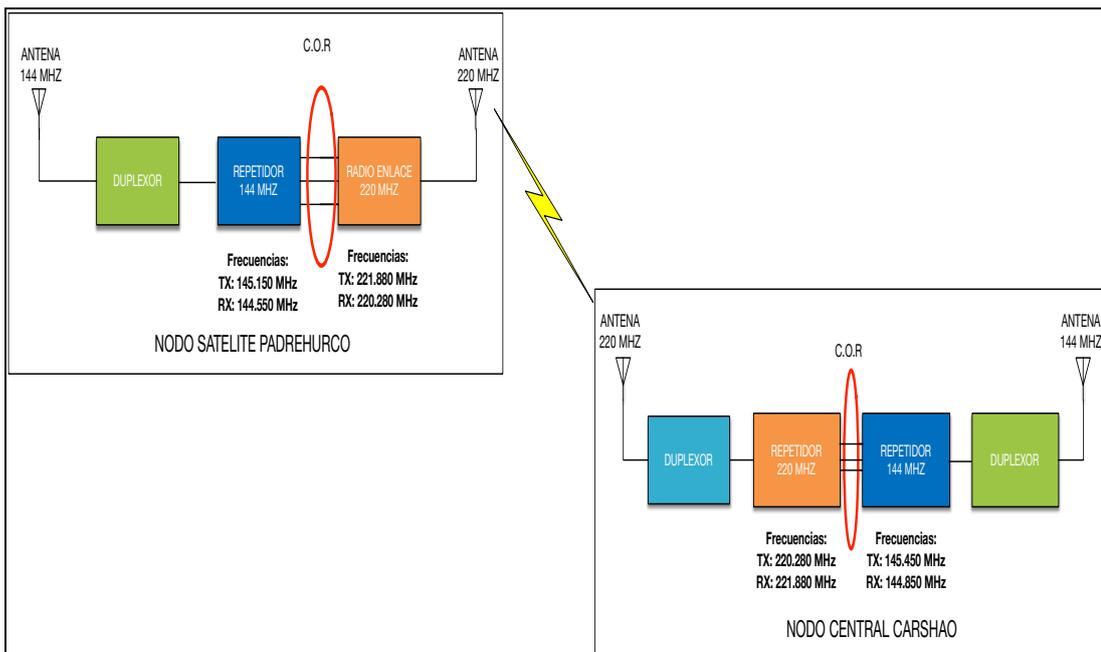


Figura 61 Diagrama de bloques enlace Padrehurco – Carshao

La simulación en Radio Mobile, utilizando los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace y que se muestran en la Tabla 37, indica que el enlace es viable mediante la siguiente Figura:

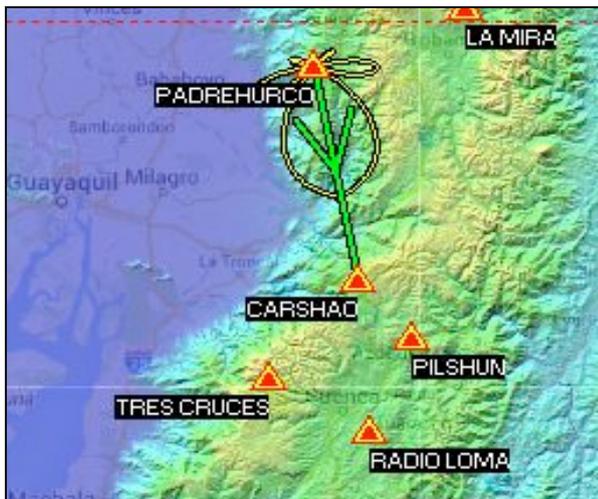


Figura 62 Viabilidad del radioenlace Padrehurco - Carshao según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo Padrehurco y el nodo Carshao están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla

Tabla 40
Resultados de la simulación del radioenlace Padrehurco - Carshao

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	5 W
Ganancia de Antena TX	10,5 dBd / 12,6 dBi
Pérdidas de Línea de TX	3,41 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	41,97 W
PRA / PRE	25,59 W
Campo Eléctrico requerido	46,2 dB μ V/m
Distancia del Enlace	83,12 km
Pérdidas Totales	124,2 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	50,99 μ V / -72,9 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	44,6 dB

3.5.18. Radioenlace Radio Loma – Carshao

El radioenlace entre el nodo satélite Radio Loma y el nodo central Carshao se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor.

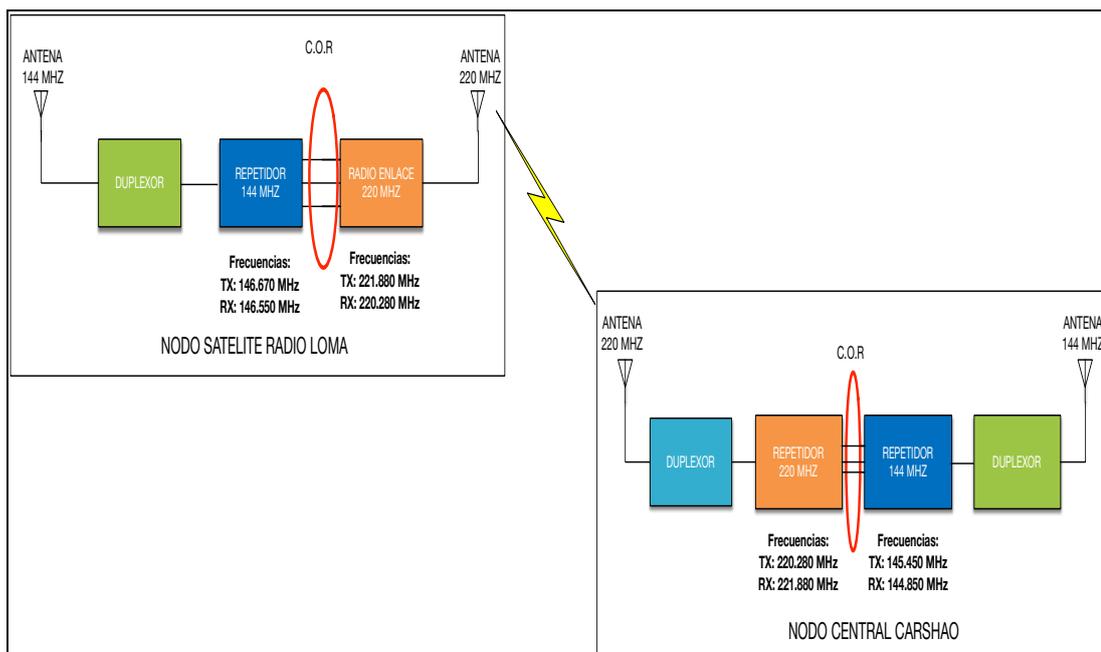


Figura 63 Diagrama de bloques enlace Radio Loma – Carshao

La simulación en Radio Mobile, utilizando los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace y que se muestran en la tabla 37, indica que el enlace es viable mediante la siguiente figura:

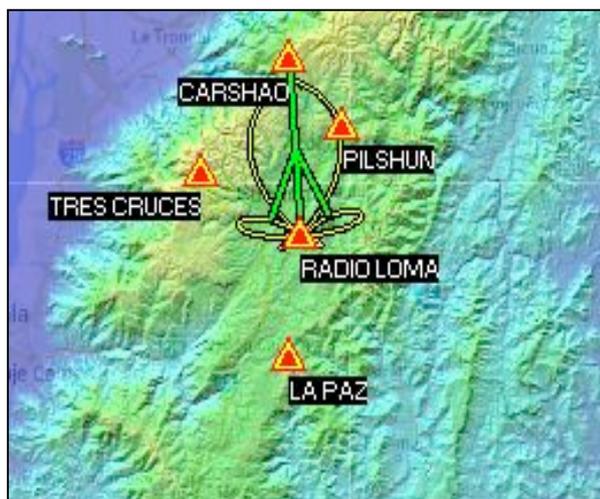


Figura 64 Viabilidad del radioenlace Radio Loma - Carshao según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo Radio Loma y el nodo Carshao están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 41
Resultados de la simulación del radioenlace Radio Loma - Carshao

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	10 W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1dBi
Pérdidas de Línea de TX	3,67 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	35,32 W
PRA / PRE	21,54 W
Campo Eléctrico requerido	34,5 dB μ V/m
Distancia del Enlace	59,03 km
Pérdidas Totales	135,2 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	13,29 μ V / -84,5 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	32,9 dB

3.5.19. Radioenlace Tres Cruces – Carshao

El radioenlace entre el nodo satélite Tres Cruces y el nodo central Carshao se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor.

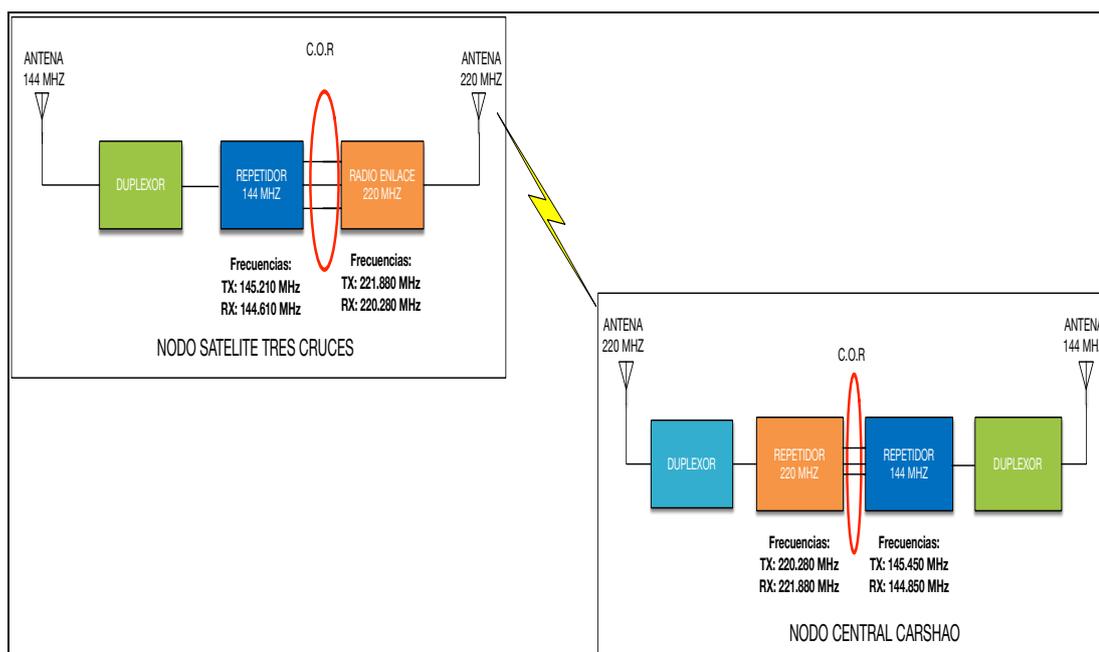


Figura 65 Diagrama de bloques enlace Tres Cruces – Carshao

La simulación en Radio Mobile, utilizando los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace y que se muestran en la Tabla 37, indica que el enlace es viable mediante la siguiente Figura:

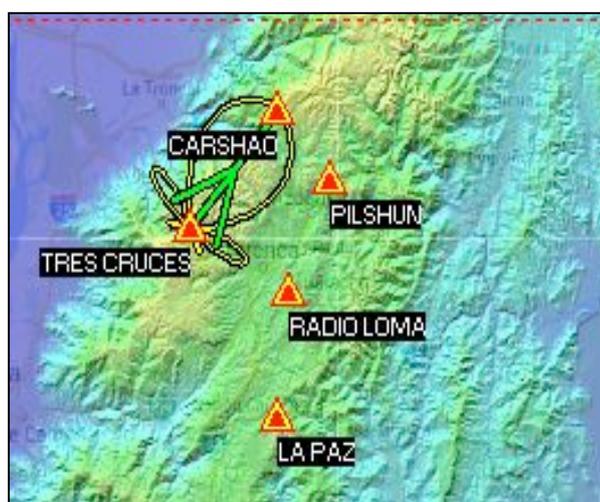


Figura 66 Viabilidad del radioenlace Tres Cruces - Carshao según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo Tres Cruces y el nodo Carshao están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 42
Resultados de la simulación del radioenlace Tres Cruces - Carshao

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	10 W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1dBi
Pérdidas de Línea de TX	3,93 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	33,27 W
PRA / PRE	20,28 W
Campo Eléctrico requerido	26,2 dB μ V/m
Distancia del Enlace	49,61 km
Pérdidas Totales	143,2 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	5,10 μ V / -92,8 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	24,6 dB

3.5.20. Radioenlace La Paz – Carshao

El radioenlace entre el nodo de paso La Paz y el nodo central Carshao se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias del radioenlace así como las del repetidor

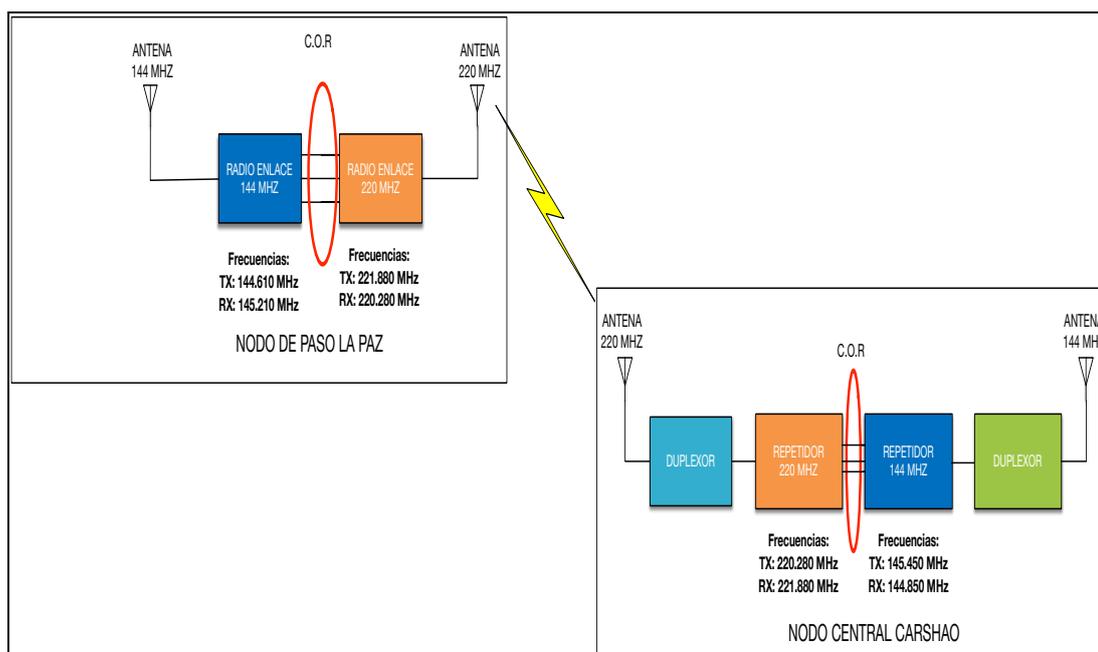


Figura 67 Diagrama de bloques enlace La Paz – Carshao

La simulación en Radio Mobile, utilizando los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace y que se muestran en la Tabla 37, indica que el enlace es viable mediante la siguiente figura:



Figura 68 Viabilidad del radioenlace La Paz - Carshao según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo La Paz y el nodo Carshao están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 43
Resultados de la simulación del radioenlace La Paz - Carshao

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	220 - 225 MHz
Potencia de TX	5 W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1dBi
Pérdidas de Línea de TX	3,93 dB
Ganancia de Antena RX	7 dBd / 9.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	16,63 W
PRA / PRE	10,14 W
Campo Eléctrico requerido	40,3 dB μ V/m
Distancia del Enlace	98,25 km
Pérdidas Totales	126 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	26,080 μ V / -78,7 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	38,8 dB

3.5.21. Radioenlace Villonaco – La Paz

El radioenlace entre el nodo satélite Villonaco y el nodo central Carshao se representa con el siguiente diagrama de bloques, en donde se especifican las frecuencias de los radioenlaces y las del repetidor.

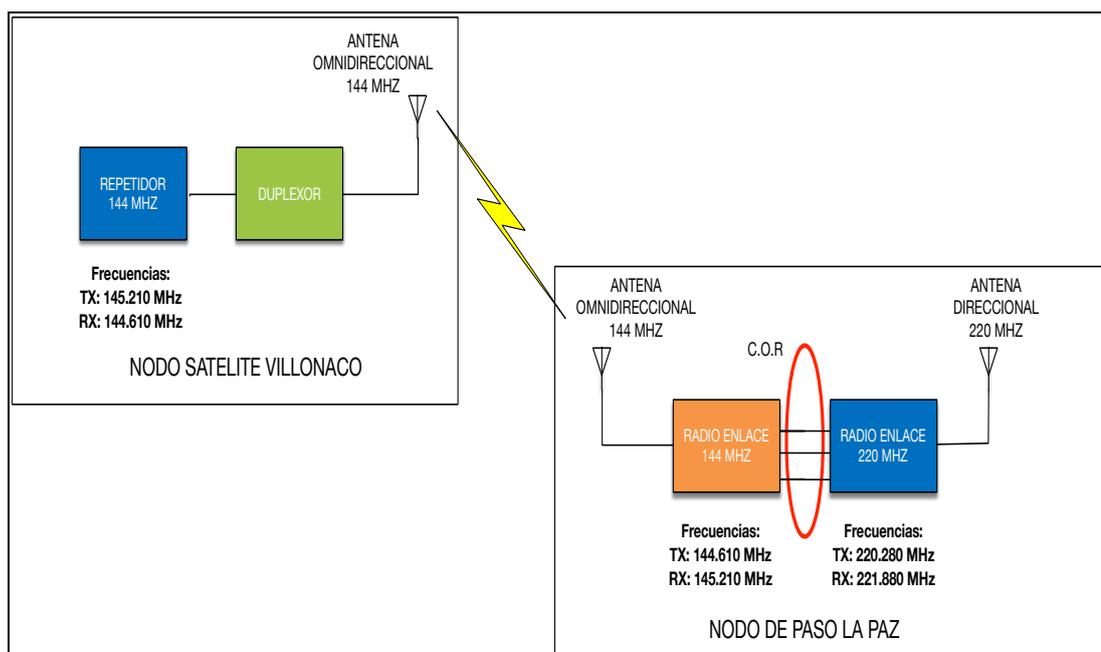


Figura 69 Diagrama de bloques enlace Villonaco – La Paz

La simulación en Radio Mobile, utilizando los parámetros de los elementos que intervienen en el enlace y que se muestran en la Tabla 37, indica que el enlace es viable mediante la siguiente Figura:

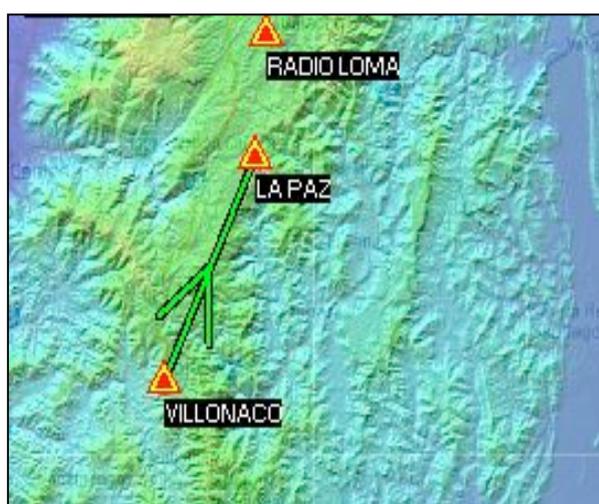


Figura 70 Viabilidad del radioenlace Villonaco – La Paz según Radio Mobile

Los resultados de la simulación del radioenlace entre el nodo Villonaco y el nodo La Paz están dados en la ventana de Enlace de Radio y en la ventana RMPATH, de las cuales, mediante la simulación del radioenlace, se presenta la siguiente Tabla.

Tabla 44
Resultados de la simulación del radioenlace Villonaco – La Paz

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS
Frecuencia de Trabajo	144 - 148 MHz
Potencia de TX	10 W
Ganancia de Antena TX	7 dBd / 9,1dBi
Pérdidas de Línea de TX	4 dB
Ganancia de Antena RX	6 dBd / 8.1 dBi
Pérdidas de Línea de RX	4 dB
Sensibilidad RX	0.3 μ V
PIRE	25,12 W
PRA / PRE	15,32 W
Campo Eléctrico requerido	22,9 dB μ V/m
Distancia del Enlace	81,85 km
Pérdidas Totales	141,6 dB
Potencia de RX / Nivel de RX	4,69 μ V / -93,6 dBm
Margen de desvanecimiento / RX Relativo	23,9 dB

3.6. ANÁLISIS DE LAS ÁREAS DE COBERTURA

Una vez realizado el análisis de los radioenlaces y comprendida la constitución del Sistema Nacional Interconectado HC a través de los anillos Norte, Sur y Oriente, es necesario analizar la cobertura que cada uno de ellos brinda, para de esta forma identificar las áreas que disponen del servicio y considerar a futuro, posibles expansiones del sistema.

El análisis de cobertura será realizado mediante el software Radio Mobile, el cual dentro de sus múltiples funcionalidades, permite representar a través de superposición de imágenes los diferentes niveles de señal recibidos en un área determinada, las opciones que el programa ofrece para realizar la simulación de cobertura están dadas básicamente en función del número de estaciones que serán analizadas mediante el uso de dos métodos de simulación, polar simple y cartesiano combinado.

El método polar simple calcula el área de cobertura de una estación fija para un terminal móvil específico realizando un barrido radial, por el contrario, el método cartesiano combinado, representa la cobertura de múltiples estaciones fijas hacia un terminal móvil, bajo este precepto y en consideración de que cada anillo está formado por varias estaciones fijas, se ha seleccionado al método cartesiano combinado para el análisis de cobertura.

La manera como Radio Mobile muestra un mayor o menor rango de intensidad, viene dado por una gama de colores que representan los umbrales calculados, para lo cual pueden emplearse como unidades los μV , $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$, unidades S o dBm , siendo esta última la seleccionada para el análisis.

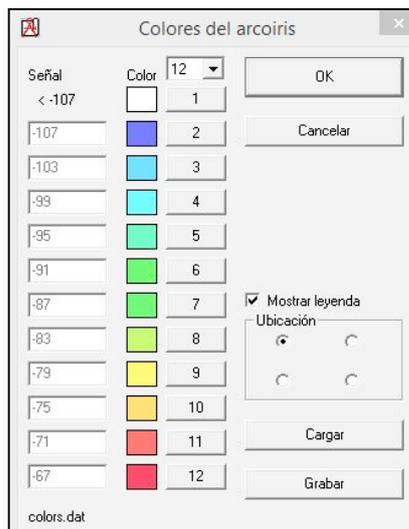


Figura 71 Representación de niveles de recepción en Radio Mobile

Con la información mostrada en la figura 71, se puede determinar que una señal puede ser considerada excelente cuando se presenta en color rojo (-67 dBm), una señal promedio en color amarillo (-79 dBm) y una señal baja en color azul (-107 dBm).

Con estos antecedentes, se procederá a mostrar las gráficas de cobertura del Anillo Norte, Oriente y Sur.

- **Cobertura del Anillo Norte**

Como se detalló anteriormente, el anillo Norte está integrado por 11 repetidores, los cuales han sido configurados con los parámetros de frecuencia y potencia de transmisión especificados en la tabla 45.

Tabla 45
Parámetros de frecuencia y potencia de transmisión de repetidores del Anillo Norte

NOMBRE	FRECUENCIA DEL REPETIDOR TX (MHz)	FRECUENCIA DEL REPETIDOR RX (MHz)	POTENCIA DE TX DEL REPETIDOR (W)
CERRO DE HOJAS	145.430	144.830	3
LA MIRA	146.880	146.280	3
PILISURCO	146.850	146.250	3
MORETA	146.610	146.010	3
SAN FRANCISCO	145.110	144.510	3
LA FORESTAL	145.230	144.630	3
CERRO PICHINCHA	147.030	147.630	2
ALASPUNGO	145.130	144.530	3
CERRO ZAPALLO	145.410	144.810	3
SAN BARTOLO	145.210	144.610	3
CERRO BLANCO	145.030	144.430	3

De la simulación en Radio Mobile, mediante la utilización de la funcionalidad Cobertura de Radio Cartesiano Combinado, se obtuvieron las áreas de cobertura de todo el Anillo Norte, en base a los niveles de recepción explicados en la Figura 71, de esta forma, la representación de la cobertura, se muestra en la Figura 72, en donde se puede identificar la ubicación de repetidores y el nombre de las principales ciudades y poblados.

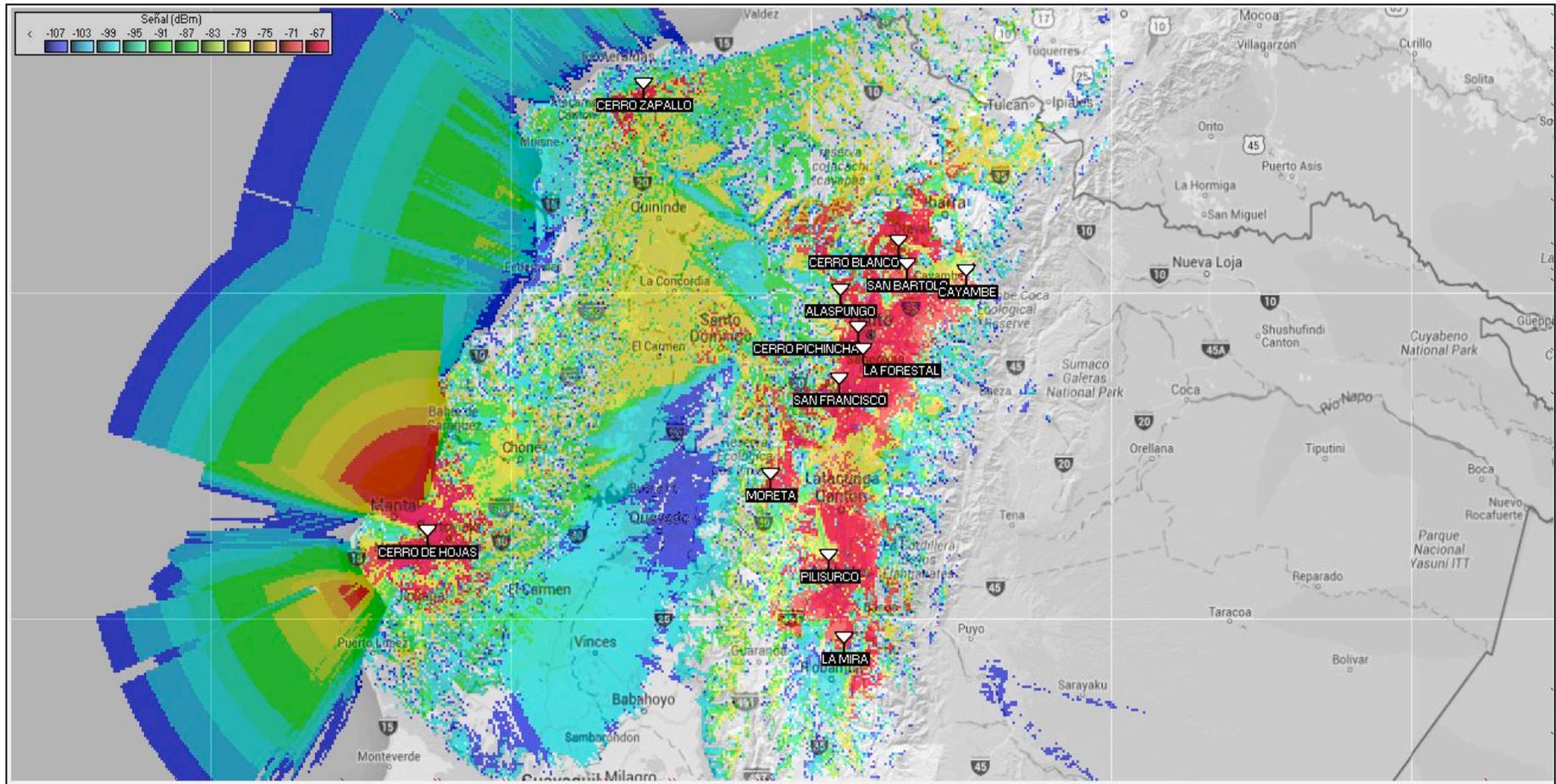


Figura 72 Cobertura de repetidores Anillo Norte

- **Cobertura del Anillo Oriente**

El anillo Oriente está integrado por 4 repetidores, que brindan servicio a la región oriental del Ecuador, estos han sido configurados con los parámetros de frecuencia y potencia de transmisión especificados en la Tabla 46.

La simulación muestra las áreas de cobertura del Anillo Oriente en su totalidad, como se muestran en la Figura 73, en donde se puede identificar la ubicación de repetidores y el nombre de las principales ciudades y poblados.

Tabla 46
Parámetros de frecuencia y potencia de transmisión de repetidores del Anillo Oriente

NOMBRE	FRECUENCIA DEL REPETIDOR TX (MHz)	FRECUENCIA DEL REPETIDOR RX (MHz)	POTENCIA DE TX DEL REPETIDOR (W)
CAYAMBE	147.390	147.990	5
LUMBAQUI	145.530	144.930	5
CERRO GUAMANI, LA VIRGEN	145.310	144.710	3
PASOHURCO	147.060	147.660	3

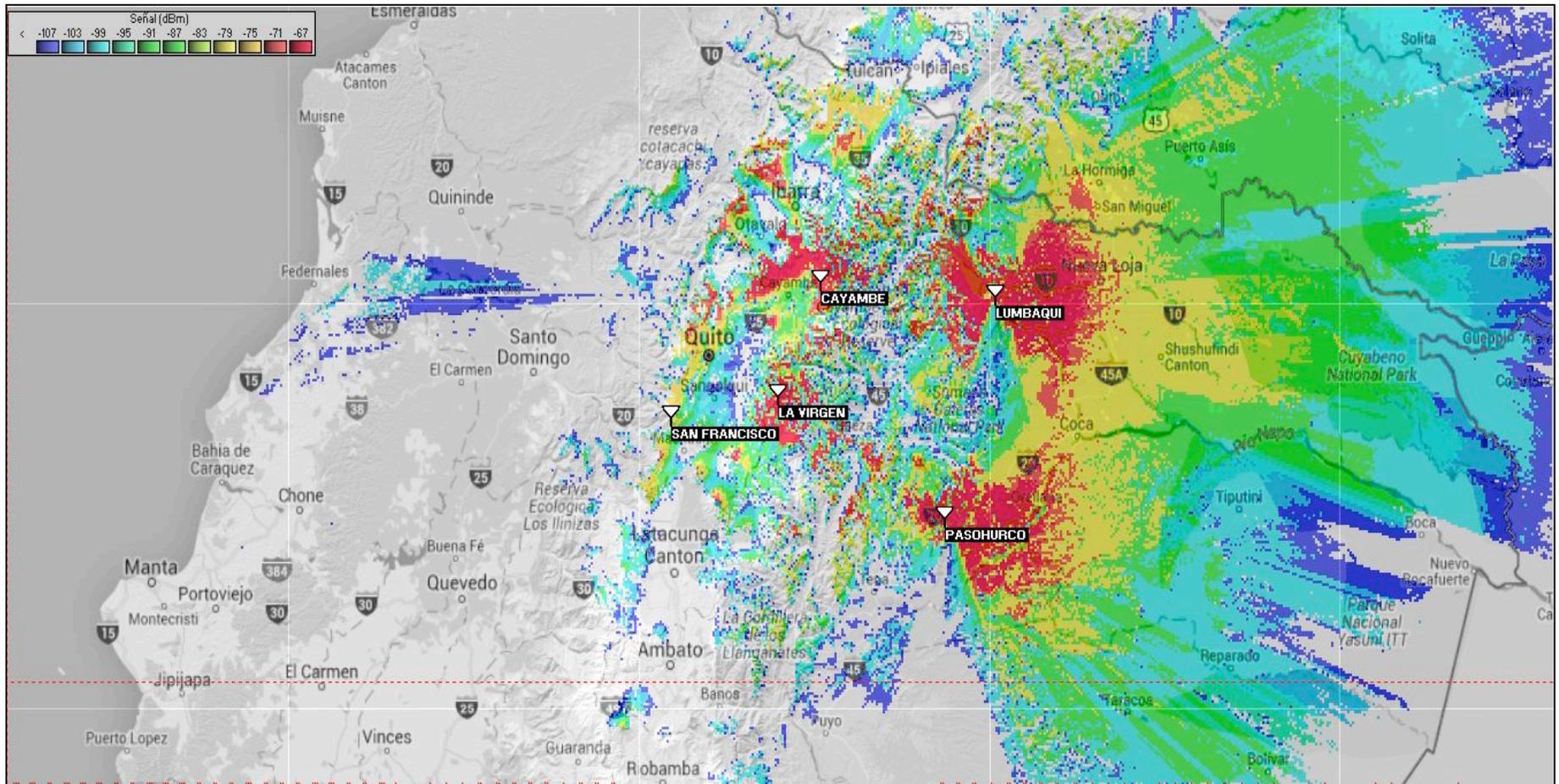


Figura 73 Cobertura de repetidores del Anillo Oriente

- **Cobertura del Anillo Sur**

El anillo Sur se forma por 6 repetidores, que brindan servicio a la zona sur del Ecuador, los repetidores han sido configurados con los parámetros de frecuencia y potencia de transmisión especificados en la Tabla 47.

Las gráficas de simulación muestran las áreas de cobertura del Anillo Sur en su totalidad, como puede apreciarse en la Figura 74, en donde se ha identificado la ubicación de repetidores así como el nombre de las principales ciudades y poblados.

Tabla 47
Parámetros de frecuencia y potencia de transmisión de repetidores del Anillo Sur

NOMBRE	FRECUENCIA DEL REPETIDOR TX (MHz)	FRECUENCIA DEL REPETIDOR RX (MHz)	POTENCIA DE TX DEL REPETIDOR (W)
VILLONACO	145.210	144.610	3
RADIO LOMA	146.670	146.070	3
PILSHUN	145.130	144.530	5
CARSHAO	145.450	144.850	3
TRES CRUCES	145.210	144.610	2
PADREHURCO	145.150	144.550	4

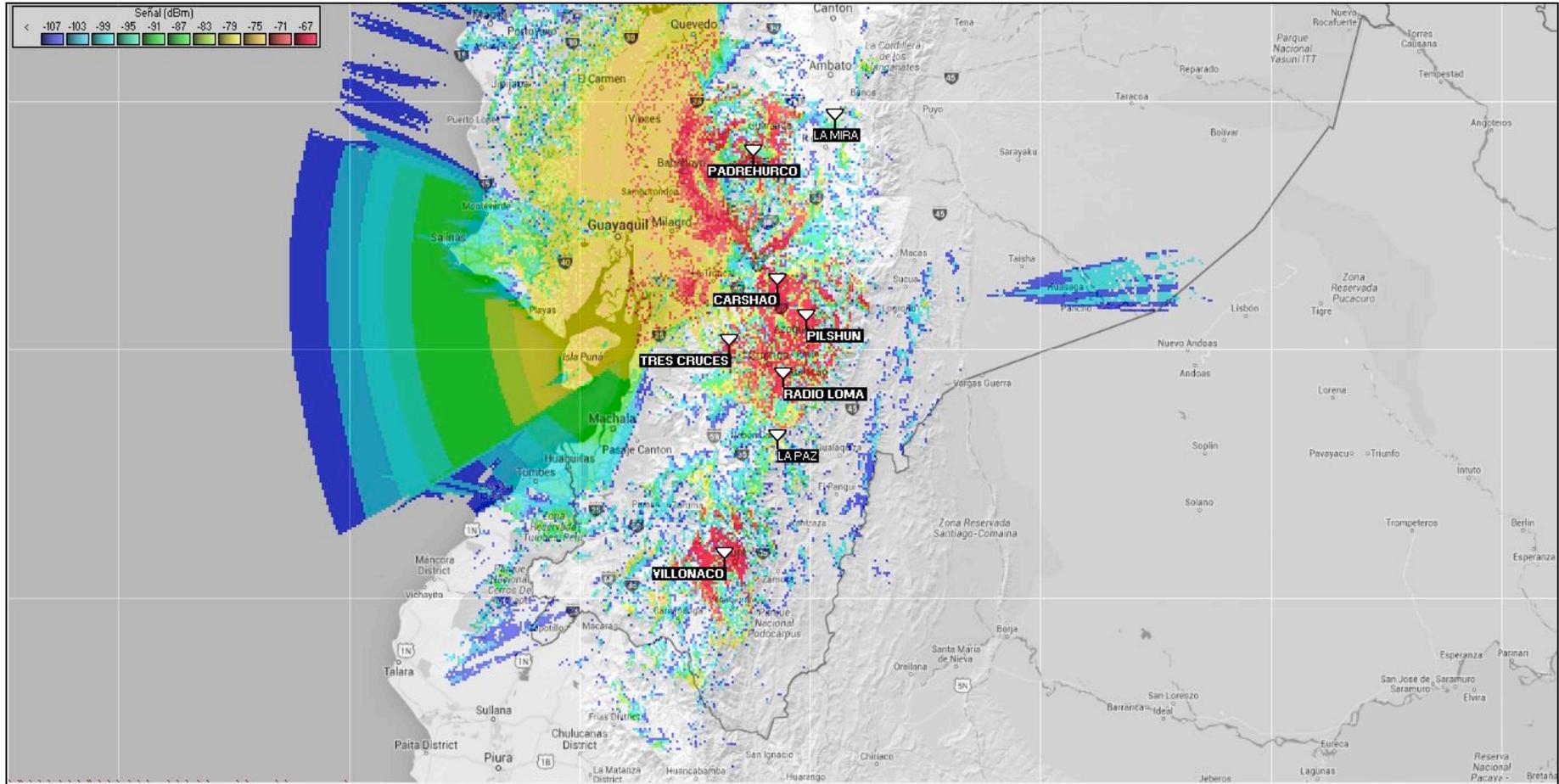


Figura 74 Cobertura de repetidores del Anillo Sur

- **Cobertura del Sistema Nacional Interconectado HC**

Una vez realizada la simulación de cobertura de cada anillo, es pertinente conocer el alcance general del Sistema Nacional Interconectado HC, para lo cual se ha obtenido la Figura 75, en donde claramente, se pueden identificar las zonas con mayor o menor nivel de recepción.

De esta figura, se puede concluir que las principales ciudades del país, Quito, Guayaquil, Cuenca, Riobamba, Ambato, Portoviejo y el Coca, poseen cobertura del sistema, razón que permite considerar que las tres regiones naturales del Ecuador están comunicadas entre sí.

Así mismo, se puede determinar los sectores en los que cabría una ampliación o mejora de la red actual, como es el caso de la zona sur de la provincia de Loja así como el suroriente del país.

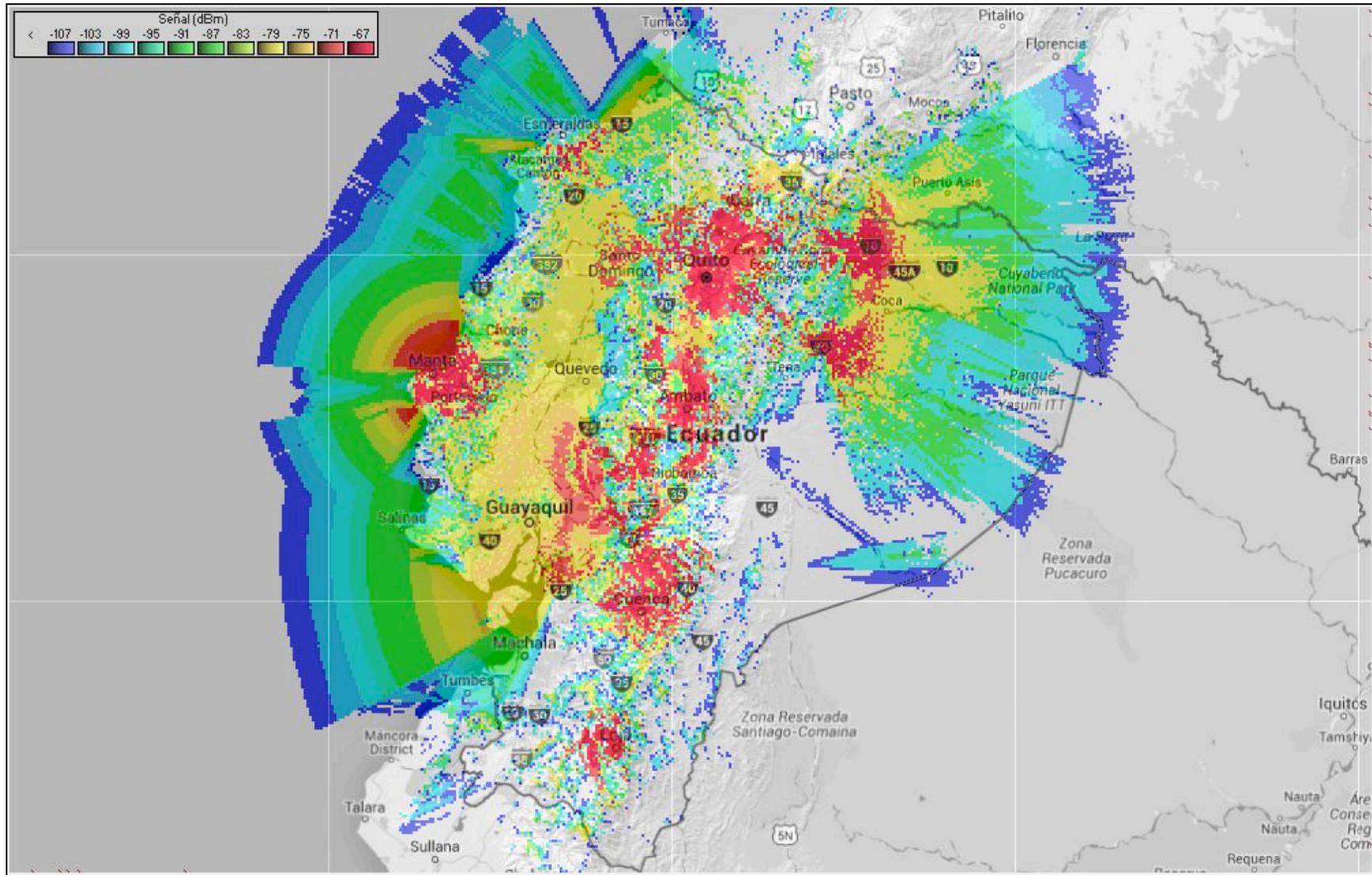


Figura 75 Cobertura del Sistema Nacional Interconectado HC

3.7. ANÁLISIS DE ASPECTOS LEGALES Y REGULATORIOS

El Sistema Nacional Interconectado HC, al ser un sistema de comunicaciones del Servicio de Radioaficionados cumple con los lineamientos técnicos y legales definidos tanto en el Plan Nacional de Frecuencias, como en el Reglamento de Radioaficionados y en las Reformas al mismo, las cuales en el artículo 19, señalan de manera específica, que para la instalación de redes y repetidores se deberá solicitar la respectiva autorización de operación a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL, presentando exclusivamente ubicación geográfica de la estación, diagramas de propagación del área de cobertura y características técnicas de equipos y antenas.

Esta normativa hace que la implementación de sistemas de comunicaciones de aficionados sea mucho más ágil en comparación con redes de comunicaciones privadas, en las cuales es necesario considerar a más de los aspectos técnicos, tarifas de uso del espectro radioeléctrico, requisitos para despliegue y asignación de frecuencias.

Cabe aclarar que para el Servicio de Radioaficionados en el Ecuador, el uso del espectro radioeléctrico no tiene costo alguno y que el uso del mismo, no se restringe a una frecuencia específica sino que la Ley habilita el uso de un rango de frecuencias en una banda asignada previamente en el Plan Nacional de Frecuencias.

Todas estas deferencias en la parte legal y regulatoria, adicionan puntos favorables a los sistemas de comunicaciones de radioaficionados, habilitándoles para que deban ser considerados como parte de los planes de mitigación en eventos de emergencia y como canales de comunicación alterna ante la falta o colapso de los sistemas convencionales de telecomunicaciones.

3.8. INTEGRACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO HC EN EVENTOS DE EMERGENCIA

En un evento de emergencia, sin importar su causa u origen y a efectos de una operación eficiente de los organismos de gestión de riesgos, es necesario que estos cuenten con sistemas alternativos o redundantes de comunicaciones, tomando en consideración aspectos como cobertura, flexibilidad y autonomía, los mismos que permitan proporcionar y mantener comunicaciones antes, durante y después de las declaraciones de emergencia.

En este sentido y como ha sido explicado a lo largo de este estudio, las redes de radioaficionados mediante sus sistemas individuales de comunicaciones están en las condiciones de proveer este servicio en donde no existieren o en reemplazo de sistemas tradicionales que hubieren colapsado por un desastre.

El Sistema Nacional Interconectado HC, único sistema de su tipo en el Ecuador, cumple con estos parámetros y ante la necesidad, permitiría a los entes de gestión y demás autoridades poseer un canal para ser utilizado como una red alterna de comunicaciones independiente y sin representar ningún costo al estado.

Sin embargo, para ello es necesario recordar que la función de los radioaficionados dentro de la organización de emergencia está limitada a la prestación del servicio de las comunicaciones que sean necesarias, siempre y cuando el MINTEL o ARCOTEL soliciten su participación.

Actualmente, el Sistema Nacional Interconectado HC, está en la capacidad de proveer un canal de comunicación a aproximadamente un 80% del territorio continental ecuatoriano, poniendo énfasis en las principales ciudades del país, en donde ante un evento de emergencia, se asentarían los Comités Provinciales de Gestión de Riesgos y Comités de Operaciones de Emergencias (CGR/COE), los cuales actúan según lo explicado en el apartado 2.2.4 de este estudio.

Tomando en cuenta que probablemente existe un 20% del territorio que no está bajo la cobertura del Sistema Nacional Interconectado, cabe nuevamente señalar la flexibilidad que esta red brinda tanto para futuras ampliaciones como para el despliegue de repetidores móviles en casos de emergencia.

El acceso a este sistema se hace viable con cualquier transceptor fijo, móvil o portátil que opere en el rango de frecuencias entre 144 y 148 MHz, los mismos que en la actualidad, es posible adquirirlos a muy bajos costos y poseen múltiples funcionalidades que permiten adaptarse perfectamente a cualquier sistema de comunicaciones en el segmento de aficionados.

El Sistema Nacional Interconectado HC, además del acceso tradicional vía radio dentro del área de cobertura, posee la capacidad de adaptarse a nuevas tendencias de acceso, tal es el caso de la plataforma ECHOLINK, sistema para radioaficionados que utiliza el protocolo VoIP (*Voice over IP*) el cual permite combinar las comunicaciones tradicionales de RF con el uso de internet como medio de transmisión, posibilitando de esta forma, acceder a la red incluso sin contar con una estación convencional (radio, antena), lo cual hace aún más flexible el canal de comunicaciones bajo situaciones de emergencia.

Echolink, es un software de distribución gratuita, fue creado en el año 2002 por Jonathan Taylor (K1RFD) y actualmente es una de las opciones más utilizadas entre radioaficionados en más de 151 países (Taylor, 2009), en términos generales, Echolink permite la conexión a ya sea con un radio convencional o mediante un dispositivo informático (computador, smart phone, tablet) hacia un transceptor o servidor local, según sea el caso, el cual a su vez se conecta mediante el uso de internet a los servidores de Echolink permitiendo que la señal sea recibida por los usuarios de la plataforma en cualquier lugar del mundo.

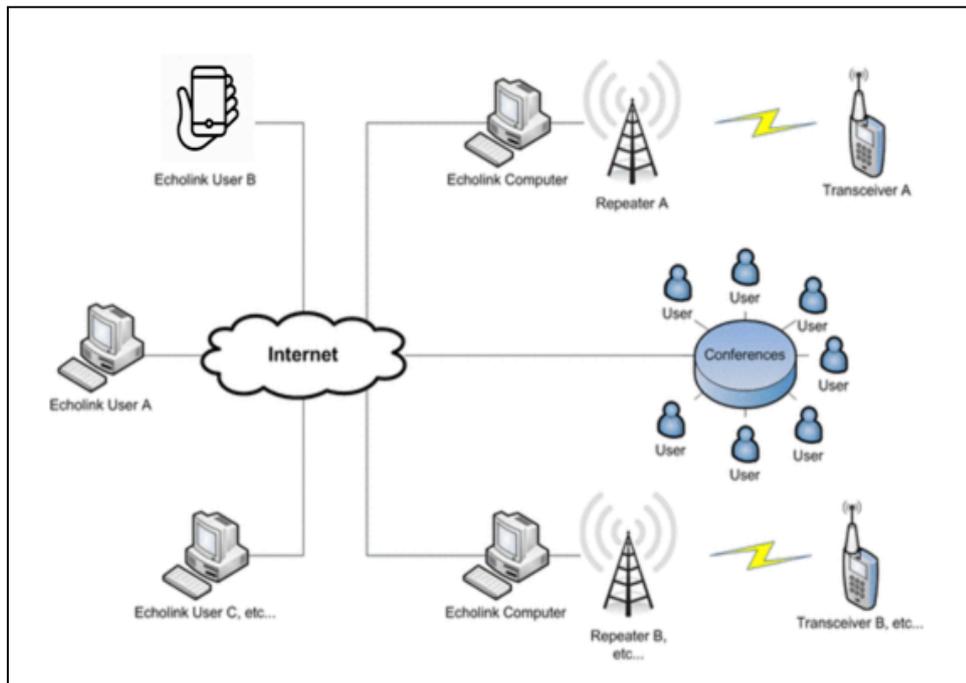


Figura 76 Diagrama de funcionalidades de Echolink

Fuente: <http://ve9cel.weebly.com/echolink.htm>

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE COSTOS Y SOSTENIBILIDAD DE LA RED

El Sistema Nacional Interconectado HC, como toda red de comunicaciones, requiere de un análisis de costos de equipos, implementación y mantenimiento, sin embargo las particularidades de este sistema, hacen que el análisis de factibilidad económica, se torne complejo, pues se debe tomar en cuenta que al ser una red de radioaficionados no genera ningún tipo de ingreso económico para el o los administradores, basados en los principios y normas que rigen al Servicio de Radioaficionados del Ecuador y el mundo.

Por otra parte, si se considera que el Sistema Nacional Interconectado HC está concebido como una red de ayuda y servicio y que ante un evento de emergencia podría ser usado como una red alterna de comunicaciones capaz de brindar su contingente a nivel nacional sin representar ningún costo para el Estado o sus usuarios, debe ser considerado no solo viable, sino de carácter e interés estratégico para el Ecuador.

Gran parte del equipamiento que el Sistema Nacional Interconectado HC posee en la actualidad, data de la década de los 80, razón por la cual, evaluar el precio de estos equipos se hace imposible, por esta razón se mostrará el costo de equipos actuales con prestaciones similares, mismos que podrían ser considerados para reemplazos o ampliaciones futuras.

4.1. ANÁLISIS DE COSTOS DE EQUIPOS

En la Tabla 48 se detallan de manera general costos y equipos que han sido seleccionados y cumplen con características técnicas similares a los que actualmente se encuentran implementados.

Tabla 48
Descripción de equipos y costo unitario

TIPO	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO
REPETIDOR 220 MHZ	BridgeCom Systems BCR-220 Repeater	1840,75
REPETIDOR 144 MHZ	Yaesu DR-1X 144/430 Dual Band C4FM/FM Analog/Digital Repeaters	1953,25
RADIO TRANSECTOR 220 MHZ	ALINCO DR-235TMKIII	419,91
RADIO TRANSECTOR 144 MHZ	ICOM IC-2300H VHF FM	279,19
DUPLEXOR 220 MHZ	Sinclair Q2220E	1570,19
DUPLEXOR 144 MHZ	Sinclair Q2220	1570,19
ANTENA DIRECCIONAL 220 MHZ	Antena Yagui de fabricación nacional	385
ANTENA DIRECCIONAL 144 MHZ	Antena Yagui de fabricación nacional	385
ANTENA OMNIDIRECCIONAL 220 MHZ	Sinclair SD-214	1349,51
ANTENA OMNIDIRECCIONAL 144 MHZ	Hustler G6	315
CABLE COAXIAL ANTENA - DUPLEXOR	BELDEN 9913 30m, con conectores AMPHENOL PL-259 Amphenol RF 83-1SP	164,6
CABLE DUPLEXOR - ANTENA	Arnés duplexor - repetidor RG-142B/U con conectores	90
REGULADOR DE VOLTAJE	Trip Lite LS606M 600 watt	85,53
REGLETA	Regleta 6 tomas	10
FUENTE DE PODER	Pyramid 12 V DC - 14 A	100,1
CARGADOR-INVERSOR AUTOMATICO	EXXEL 12 V DC - 10 A	145,82
CABLE ALIMENTACION	Cable alimentación para baterías	63,5
BATERIAS	Baterías de 100 Ah Libre de mantenimiento	233,6
SEGMENTO DE TORRE VENTADA	Segmento de Torre Ventada tipo Rhon 25G, 3m	85

La Tabla 49 muestra el número de equipos de comunicaciones utilizados en el Sistema Nacional Interconectado HC considerando su funcionalidad dentro del sistema.

Tabla 49
Número de equipos de comunicaciones utilizados en el Sistema Nacional Interconectado HC.

NODO	RADIO 220 MHz	RADIO 144 MHz	RPT. 220 MHz	DUP. 144 MHZ	DUP. 220 MHZ	RPT. 144 MHz	ANT. DIR. 220 MHz	ANT OMNI 144 MHz	ANT. DIR. 144 MHz
CERRO PICHINCHA	1	0	0	1	0	1	1	1	0
LA FORESTAL	1	0	0	1	0	1	1	1	0
CERRO BLANCO	0	1	0	1	0	1	0	1	1
MORETA	1	0	0	1	0	1	1	1	0
CERRO DE HOJAS	1	0	0	1	0	1	1	1	0
SAN BARTOLO	1	0	0	1	0	1	1	1	0
CERRO ZAPALLO	1	0	0	1	0	1	1	1	0
PILISURCO	1	0	0	1	0	1	1	1	0
LA MIRA	1	0	0	1	0	1	1	1	1
SAN FRANCISCO	0	0	1	1	1	1	1	1	0
ALASPUNGO	0	1	0	1	0	1	0	1	1
LA MIRA (PASO)	1	1	0	0	0	0	1	0	1
PILSHUN	1	0	0	1	0	1	1	1	0
PADREHURCO	1	0	0	1	0	1	1	1	0
VILLONACO	0	0	0	1	0	1	0	1	0
TRES CRUCES	1	0	0	1	0	1	1	1	0
LA PAZ	1	1	0	0	0	0	1	1	0
CARSHAO	0	1	1	1	1	1	1	1	0
LUMBAQUI	0	1	0	1	0	1	0	1	1
PASOHURCO	0	1	0	1	0	1	0	1	1
LA VIRGEN	1	0	0	1	0	1	1	1	0
CAYAMBE	1	0	0	1	0	1	1	1	0
NUMERO TOTAL DE EQUIPOS	15	7	2	20	2	20	17	21	6

En la tabla50, una vez determinado el número total de equipos y definidos los costos de cada componente, se describe el costo total por equipamiento para el Sistema Nacional Interconectado HC.

Tabla 50
Costos de equipos para el Sistema Nacional Interconectado

TIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
REPETIDOR 220 MHZ	BridgeCom Systems BCR-220 Repeater	2	1840,75	3681,5
REPETIDOR 144 MHZ	Yaesu DR-1X 144/430 Dual Band C4FM/FM Analog/Digital Repeaters	20	1953,25	39065
RADIO TRANSCCEPTOR 220 MHZ	ALINCO DR-235TMKIII	15	419,91	6298,65
RADIO TRANSCCEPTOR 144 MHZ	ICOM IC-2300H VHF FM	7	279,19	1954,33
DUPLEXOR 220 MHZ	Sinclair Q2220E	2	1570,19	3140,38
DUPLEXOR 144 MHZ	Sinclair Q2220	20	1570,19	31403,8
ANTENA DIRECCIONAL 220 MHZ	Antena Yagui de fabricación nacional	17	385	6545
ANTENA DIRECCIONAL 144 MHZ	Antena Yagui de fabricación nacional	6	385	2310
ANTENA OMNIDIRECCIONAL 220 MHZ	Sinclair SD-214	2	1349,51	2699,02
ANTENA OMNIDIRECCIONAL 144 MHZ	Hustler G6	21	315	6615
CABLE COAXIAL ANTENA - DUPLEXOR	BELDEN 9913 30m, con conectores AMPHENOL PL-259 Amphenol RF 83-1SP	23	164,6	3785,8
CABLE DUPLEXOR - ANTENA	Arnés duplexor - repetidor RG-142B/U con conectores	22	90	1980
REGULADOR DE VOLTAJE	Tripp Lite LS606M 600 watt	21	85,53	1796,13
REGLETA	Regleta 6 tomas	21	10	210
FUENTE DE PODER	Pyramid 12 V DC - 14 A	21	100,1	2102,1
CARGADOR-INVERSOR AUTOMATICO	EXXEL 12 V DC - 10 A	21	145,82	3062,22
CABLE ALIMENTACION	Cable alimentación para baterías 20m	21	63,5	1333,5
BATERIAS	2 Baterías de 100 Ah Libre de mantenimiento	21	233,6	4905,6
SEGMENTO DE TORRE VENTADA	Segmento de Torre Ventada tipo Rhon 25G, 3m	177	130	23010
			TOTAL	145898,03

4.2. ANÁLISIS DE COSTOS DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO

En la Tabla 51, se detalla los costos por instalación de equipos para el Sistema Nacional Interconectado HC.

Tabla 51
Costos de instalación para el Sistema Nacional Interconectado

TIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
INSTALACION DE REPETIDOR	Instalación de repetidores bajo parámetros de diseño, incluyendo antenas y duplexores	20	850	17000
INSTALACION DE RADIOENLACE	Instalación de radioenlaces de acuerdo a parámetros de diseño	22	180	3960
CONFIGURACIONES ESPECIALES	Configuración de enlaces Back to Back o Cross Band	2	150	300
INSTALACION ELECTRICA	Instalación eléctrica de AC y DC en casetas de comunicaciones	23	150	3450
INSTALACION DE TORRE	Instalación de torre ventada de 30 m	23	630	14490
			TOTAL	39200

La Tabla 52 muestra los costos de mantenimiento, en la misma se consideran rubros no fijos como es el caso de mantenimientos correctivos, para lo cual de acuerdo a la experiencia, se estipula un promedio de 8 eventos al año, por otra parte el mantenimiento preventivo está compuesto de 2 vistas anuales.

Tabla 52
Costos de mantenimiento para el Sistema Nacional Interconectado HC

TIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL	COSTO MENSUAL
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	Proceso de mantenimiento cuando el repetidor esté fuera de servicio (Costo por evento)	8	180	1440	120
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Proceso de mantenimiento preventivo (Dos veces al año)	23	320	7360	613,33
ARRENDAMIENTO DE INSTALACIONES	Arriendo mensual de caseta o lugar en donde se encuentra la instalación	23	150	3450	3450
			TOTAL	12250	4183,333333

4.3. RESUMEN DE COSTOS

La Tabla del 53 muestra el resumen de costos suponiendo una implementación total del Sistema Nacional Interconectado HC, en donde se puede identificar un costo fijo por equipamiento y otro por instalación, así también se indica un rubro de mantenimiento, el cual basado en la Tabla 52 ha sido prorrateado a 12 meses, mostrado de esta forma un costo mensual aproximado.

Tabla 53
Resumen de costos del proyecto

COSTOS	SUBTOTAL	TOTAL
EQUIPAMIENTO DE LA RED	145898,03	
INSTALACION	39200	190098,03
OTROS	5000	
MANTENIMIENTO MENSUAL	4183,333333	4183,333333

4.4. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Luego de revisar y definir los costos que involucraría implementar una red de comunicaciones con las prestaciones que el Sistema Nacional Interconectado HC brinda al día de hoy, se concluye que el costo de implementación actual de un sistema con características similares asciende a un valor aproximado de 190 mil dólares, considerando equipos que permitirían la continuidad de este servicio por un tiempo superior a 20 años.

Como se ha explicado a lo largo de este estudio, por aproximadamente un período de 30 años, en el Ecuador se ha venido implementando un sistema de comunicaciones que desde sus inicios fue pensado para el servicio y ayuda al país, el cual brinda comunicaciones no solamente al Servicio de Radioaficionados, si no que como las normas regulatorias lo exigen, forma parte del contingente del sector de las Telecomunicaciones frente a eventos de emergencia.

En este sentido, el Estado se beneficia de un servicio de comunicaciones totalmente gratuito tomando en cuenta que todos los costos que se han generado tanto por implementación como por mantenimiento han sido afrontados en su totalidad por los administradores del sistema, siendo el señor Gustavo Barreiros, HC1BG, quien actualmente aboca sus esfuerzos para que el Sistema Nacional Interconectado HC se mantenga activo.

Considerando que el Ecuador es un país con alta probabilidad de sufrir afectaciones por catástrofes naturales y situaciones de emergencia, se debe comprender que toda preparación, previsión y gasto es poco ante un evento de esta índole, mucho más cuando, experiencias de países vecinos nos han permitido constatar la importancia de contar con sistemas alternos de comunicaciones.

Por tal razón un sistema de comunicaciones de estas características, independientemente de su costo de ser considerado como viable.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La investigación acerca del Sistema Nacional Interconectado HC permitió conocer a detalle la estructura, aspectos legales y parámetros de ingeniería que rigen a esta red de comunicaciones, del mismo modo, proporcionó la información necesaria para generar el presente documento, en el cual se explica de manera detallada su constitución, abordando el estudio de radioenlaces, uso de repetidores, identificación de zonas de cobertura de cada uno de los anillos que conforman el Sistema y la posible integración de este u otros sistemas similares dentro de organismos de la gestión de riesgos.
- El servicio de radioaficionados, por concepto general, se define como el servicio de radiocomunicación que tiene como objeto la instrucción individual de los radioaficionados en lo referente a radiocomunicaciones así como de sus diferentes modos de operación a través de estudios técnicos relacionados al tema, rigiendo sus operaciones a las leyes y reglamentos emitidos por ARCOTEL, los mismos que determinan como parte de sus obligaciones, integrar y conformar las redes de emergencia de telecomunicaciones nacionales como es el caso específico del Sistema Nacional Interconectado HC el cual además de servir para fines propios de la radioafición permite

ser considerado como red alterna de comunicaciones en eventos de emergencia.

- A través del estudio de las radiocomunicaciones en VHF se identificó que sus características de propagación las catalogan como las más adecuadas para comunicaciones locales, el rango de frecuencias conocido como 2 metros (144 a 148 MHz) permite que el tamaño de antenas y equipos transceptores sean de tamaño reducido, de fácil despliegue facilitando la extensión de las áreas de cobertura utilizando repetidores fijos o incluso portátiles y de consumo reducido de energía, permitiendo de esta manera su incorporación en redes que permitan la gestión de ayuda en eventos de emergencia.
- El Ecuador mediante el Plan Nacional de Frecuencias y Uso del Espectro Radioeléctrico, ha asignado al Servicio de Radioaficionados segmentos de frecuencia en prácticamente todas las bandas de operación, permitiendo de este modo tanto el uso exclusivo de las mismas como la posibilidad abierta de transmisión en diferentes modos, las leyes y reglamentos vigentes en el Ecuador, establecen que el Servicio de Radioaficionados esté exento del pago de tarifas de uso, así como de derechos por el otorgamiento de frecuencias, permitiendo de esta manera que su utilización, no este limitada a la disponibilidad ni a los procesos de adjudicación de frecuencias como en el caso de sistemas comerciales.
- La información obtenida en la investigación, permitió catalogar al Sistema Nacional Interconectado HC como una red apegada a las recomendaciones técnicas emitidas por la IARU y al Marco Regulatorio para las comunicaciones de Radioaficionados en el Ecuador, en base a la utilización ordenada y planificada de los segmentos de frecuencias asignadas, tanto para el uso de repetidores como para radioenlaces, con lo cual se logra optimizar el uso de las bandas asignadas, considerando que las mismas son recursos limitados.

- Mediante el análisis de cobertura usando las herramientas de simulación de Radio Mobile, se determinó que el Sistema Nacional Interconectado HC a través de sus 21 repetidores, brinda servicio de comunicaciones en la banda de 2 metros a aproximadamente 22 provincias del Ecuador, con una cobertura del 80% del territorio nacional.
- Basados en la experiencia de países que han atravesado por catástrofes naturales y eventos de emergencia y por los eventos acontecidos en el Ecuador durante el terremoto del 16 de abril de 2016 en los cuales los canales convencionales de comunicaciones no estuvieron en la capacidad de ofrecer un servicio ni eficaz ni oportuno, es necesaria la implementación y vinculación con entes encargados de la gestión de riesgos y emergencias de redes como el Sistema Nacional Interconectado HC capaces de facilitar las tareas de comunicaciones durante emergencias.
- El Sistema Nacional Interconectado HC, debido a su operatividad, fiabilidad, adaptabilidad, autonomía, cobertura y por tratarse de la única red de comunicaciones de radioaficionados en VHF en el Ecuador con estas características, debe ser considerada como red alterna de comunicaciones ante eventos de emergencia, tomando en cuenta para ello, las normativas vigentes para los servicios de telecomunicaciones así como para la gestión de riesgos.
- El Sistema Nacional Interconectado HC es una red implementada que actualmente se encuentra brindando un servicio de comunicaciones para los radioaficionados en territorio ecuatoriano, el mismo que permitió mantener un sistema de comunicaciones alternativo de emergencias desde los primeros minutos tras ocurrir el terremoto del 16 de abril de 2016 en la población de Pedernales, convirtiéndose en un canal de información entre algunos damnificados y sus familias, demostrando de esta forma su eficacia y eficiencia.

- Actualmente la gestión de emergencias en el Ecuador está a cargo de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos la cual considera dentro de la estructura de los Comités de Gestión de Riesgos y Comités de Operaciones de Emergencia (CGR/COE), Mesas Técnicas de Trabajo, en las cuales el Sector de las Telecomunicaciones ocupa un lugar importante y en donde el Servicio de Radioaficionados debería ser considerado como un Organismo de Cooperación bajo el control de ARCOTEL, aclarando de manera categórica que la función de los radioaficionados está limitada a la prestación del servicio de las comunicaciones que se requieran durante y después de una emergencia.
- El análisis económico mostró que la implementación de una red de características similares a las del Sistema Nacional Interconectado HC en cuanto a cobertura y prestaciones, asciende al valor aproximado de 190 mil dólares, lo cual considerando su potencial uso como red alterna de comunicaciones ante eventos de emergencia es aceptable.

5.2. RECOMENDACIONES

- El Sistema Nacional Interconectado HC, actualmente está implementado con equipos que ya han cumplido o están cercanos a cumplir su tiempo de vida útil, razón por la cual se recomienda la incorporación de equipamiento moderno que permita la continuidad del sistema y que permita la incorporación de nuevas tendencias tecnológicas y mayor eficiencia en el uso del segmento de espectro radioeléctrico asignado.
- En caso de requerir implementar repetidores adicionales se recomienda mantener la utilización de radioenlaces hacia los nodos centrales en el segmento de frecuencias comprendido entre 220 y 222 MHz, con el objetivo de conservar las frecuencias del segmento de

144 – 148 MHz disponibles para el uso de las comunicaciones con repetidor o en modo simplex.

- Es recomendable acoger las sugerencias nacionales e internacionales en lo referente a la asignación de las frecuencias así como en el uso de espaciamentos de canal para mantener la interoperabilidad de la red.
- Ante la carencia de planes de contingencia del sector de las telecomunicaciones en eventos de emergencia en el Ecuador, se recomienda la creación de políticas que establezcan la actuación de los diferentes servicios de telecomunicaciones, entre ellos el Servicio de Radioaficionados, para el manejo de emergencias en conjunto con los organismos encargados de la gestión de riesgos.
- Tomando en consideración que las Leyes y Reglamentos vigentes en el Ecuador catalogan al Servicio de Radioaficionados como el contingente de las telecomunicaciones ante eventos de emergencia, se recomienda dar apertura a la difusión de este servicio, con el objeto de que sectores gubernamentales, de educación superior y sociedad civil conozcan de sus prestaciones y operatividad.

BIBLIOGRAFÍA

- Blánquez, F. (2001). *Sociedad de la Información y Educación*. Extremadura, España: JUNTA DE EXTREMADURA.
- ITU. (2014). *La Sociedad de la Información en el siglo XXI: un requisito para el desarrollo. Buenas prácticas y lecciones aprendidas*. ENRED.
- ITU. (2005). *Manual sobre telecomunicaciones de emergencia*. Ginebra: ITU.
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2014). *Ecuador: Referencias Básicas para la Gestión de Riesgos 2014*. Secretaría de Gestión de Riesgos.
- Gutiérrez, P. (2014). Las Consecuencias del Determinismo Tecnológico en las Comunicaciones en caso de desastres Naturales: El caso chileno. *Revista de Estudios Cotidianos*.
- Instituto Geofísico. (2016). *Informe Sísmico Especial N. 13, Informe técnico del sismo de Pedernales*. Escuela Politécnica Nacional. Quito: EPN.
- Vivanco, L. E. (27 de Abril de 2016). En Canoa duermen con miedo a la ola. *Diario La Hora*.
- IARU. (2015). *Emergency Telecommunications Guide*. Ginebra: IARU.
- Reglamento General a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones. (2015).
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2014). *Ecuador: Referencias Básicas para la Gestión de Riesgos 2014*. SGR.
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2015). *Plan de Contingencia Nacional Amenaza de Erupción del Volcán Cotopaxi, Provincias de Cotopaxi, Napo y Pichincha*. SGR.
- Reglamento del Servicio de Radioaficionados. (2000).

FUCATEL, Observatorio de Medios. (11 de Marzo de 2010). *Observatorio de Medios FUCATEL*. Recuperado el 16 de diciembre de 2015, de Subsecretario de Telecomunicaciones: "Los servicios de emergencia no deben depender de redes públicas": <http://www.observatoriofucatel.cl/subsecretario-de-telecomunicacioneslos-servicios-de-emergencia-no-deben-depender-de-redes-publicas/>

ONEMI. (10 de Mayo de 2010). *Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2015, de ONEMI NOTICIAS: <http://www.onemi.cl/noticia/radioaficionados-se-integran-red-de-telecomunicaciones-de-emergencia-onemi/>

The Wireless Institute of Australia. (3 de Marzo de 2010). *News Releases*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de The Wireless Institute of Australia: <http://wia.org.au/newsevents/news/2010/20100303-2/index.php>

Linton, J. (3 de Marzo de 2010). *The Wireless Institute of Australia*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de Emergency communications in earthquake-hit Chile: <http://wia.org.au/newsevents/news/2010/20100303-2/index.php>

Instituto Geofísico. (2016). *Informe Sísmico Especial N. 13, Informe técnico del sismo de Pedernales*. Escuela Politécnica Nacional. EPN.

Secretaría de Gestión de Riesgos. (2016). *Informe de situación No. 28 (20/04/16) 8h30 Terremoto 7.8 Muisne*. Secretaría de Gestión de Riesgos. SGR.

ITU. (2007). Recomendación UIT-R BS.561-2. ITU.

Taylor, J. (2009). *VoIP: Internet Linking for Radio Amateurs*. USA: The American Radio Relay League, Inc.

Demoraes, F., & D'ercole , R. (2001). *Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en el Ecuador*. OXFAM.