



# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

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

**“ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RADIO  
TRONCALIZADO PARA PETROECUADOR Y SUS FILIALES”**

**CHRISTIAN GUSTAVO VIÑACHI LÓPEZ**

**DIRECTOR: ING. DAVID ANDRADE**

**CODIRECTOR: ING. RODRIGO SILVA**

**SANGOLQUÍ – ECUADOR**

**ABRIL, 2010**

# CERTIFICACIÓN

---

Certificamos que el presente proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones titulado “ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RADIO TRONCALIZADO PARA PETROECUADOR Y SUS FILIALES” ha sido desarrollado en su totalidad por el Sr. Christian Gustavo Viñachi López con C.I. 171717968-1, bajo nuestra dirección.

---

Ing. David Andrade  
DIRECTOR

---

Ing. Rodrigo Silva  
CODIRECTOR

# DECLARACIÓN

---

Yo, Christian Gustavo Viñachi López, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica del Ejército, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Sr. Christian Gustavo Viñachi López  
C.I. 171717968-1

# AGRADECIMIENTO

---

Agradezco principalmente a Dios por darme la fortaleza y agilidad de sobresalir en un deporte tan hermoso como el Voleibol, para posteriormente darme la oportunidad y la inteligencia de estudiar becado en esta gran institución y llegar a finalizar una carrera universitaria.

A mis padres y hermanos, que con su apoyo, paciencia y constante preocupación me permitieron alcanzar una meta más en mi vida.

A mi novia que con su fortaleza, dulzura y amor alegró cada instante de mi vida universitaria convirtiéndose en un pilar fundamental en mi felicidad.

A mis compañeros y amigos que con su alegría y ayuda hicieron que el camino hasta esta instancia se haga más corto.

Al personal del área de Telecomunicaciones de PETROCOMERCIAL, por darme la oportunidad de participar en este proyecto y brindarme toda la experiencia que poseen.

A cada uno de los profesores de la carrera porque cada uno de ellos apporto con una semilla para cosechar esté ansiado fruto.

# DEDICATORIA

---

Este proyecto se lo dedico principalmente a la memoria de mi abuelito Héctor Salomón Viñachi Maldonado y mi tía Rosita Vizuite de Molina, que estuvieron primero físicamente y luego espiritualmente en todos los instantes de mi vida.

Dedicado también a mis queridos padres que me supieron aconsejar, ayudar y alentar en todos esos momentos difíciles e hicieron de mí un hombre de bien.

## PRÓLOGO

---

En esta tesis se presenta una solución a la necesidad de unificar los Sistemas de Radio entre las Filiales de PETROECUADOR, debido a la reestructura organizacional que está sufriendo la empresa.

La unificación de cada uno de los Sistemas de Radio de las Filiales no se la puede realizar mediante un Sistema de Radio Convencional por las limitaciones que poseen este tipo de sistemas, las mismas que se encuentran analizadas en el primer capítulo del presente proyecto. Por lo que surge la necesidad de diseñar una nueva red de radio capaz de soportar mayor cantidad de usuarios con los mismos recursos (frecuencias), y que brinde a la vez nuevos servicios y seguridad en la comunicación como es un Sistema de Radio Troncalizado.

A lo largo de los capítulos encontraremos un extenso marco teórico de esta tecnología que abarca definiciones, características, componentes, estándares, ventajas y normativa vigente en el Ecuador, continuando con una breve descripción de las actividades de cada una de las filiales así como las principales características técnicas de sus actuales sistemas de radio para proceder con el diseño del Sistema de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y sus Filiales, para lo cual se evalúa las prestaciones de los diferentes estándares, se realiza una ingeniería de tráfico, un estudio radioeléctrico para determinar la cobertura total del sistema, la descripción de los elementos, el diagrama e infraestructura de la red.

Finalmente se realiza un análisis económico del proyecto en donde se analiza la factibilidad económica de la implementación del proyecto y el costo beneficio que produce el mismo a la Empresa Estatal de Petróleos del Ecuador y sus filiales.

## ÍNDICE GENERAL

### “ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RADIO TRONCALIZADO PARA PETROECUADOR Y SUS FILIALES” ..... I

#### CAPITULO 1

<b>1</b>	<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>SISTEMA DE RADIO CONVENCIONAL</b> .....	<b>2</b>
1.2.1	Componentes de un Sistema de Radio Convencional. ....	2
1.2.1.1	Suscriptor .....	3
1.2.1.2	Repetidor.....	3
1.2.1.3	Canal de Voz.....	3
<b>1.3</b>	<b>SISTEMA DE RADIO TRONCALIZADO</b> .....	<b>4</b>
1.3.1	Definiciones .....	4
1.3.2	Características de un Sistema de Radio Troncalizado.....	5
1.3.2.1	Características Principales.....	6
1.3.2.2	Características de Confiabilidad del Sistema.....	8
1.3.3	Arquitectura de Red de un Sistema de Radio Troncalizado.....	8
1.3.3.1	Componentes de un Sistema de Radio Troncalizado .....	9
1.3.3.1.1	Radios Suscriptores .....	9
1.3.3.1.2	Repetidoras .....	9
1.3.3.1.3	Canal de Control .....	9
1.3.3.1.4	Controlador .....	10
1.3.3.1.5	Sistema de Antenas .....	10
1.3.3.2	Tipos de Configuración de Red.....	11
1.3.3.2.1	Red Local .....	11
1.3.3.2.2	Red Regional.....	12
1.3.4	Funcionamiento .....	13
1.3.4.1	Proceso de llamada del Sistema de Radio Troncalizado .....	13
1.3.4.2	Interconexión con redes Telefónicas .....	16
1.3.4.2.1	Acceso desde Radio a PSTN o PABX .....	16

# ÍNDICE

---

1.3.4.2.2	Acceso desde PSTN o PABX hacia un Radio .....	17
1.3.4.3	Términos utilizados dentro de la Teoría de Sistemas de Radio Troncalizado .....	17
1.3.4.3.1	Tiempo de Establecimiento .....	17
1.3.4.3.2	Llamada Bloqueada .....	17
1.3.4.3.3	Duración media de la llamada (H) .....	17
1.3.4.3.4	Tasa de requerimientos ( $\mu$ ): .....	17
1.3.4.3.5	Intensidad de tráfico (A): .....	18
1.3.4.3.6	Carga .....	19
1.3.4.3.7	Grado de Servicio (GOS): .....	19
1.3.4.3.7.1	GOS para Sistemas de Radio Troncalizados con pérdidas de llamadas ..	19
1.3.4.3.7.2	GOS para Sistemas de Radio Troncalizados con encolamiento de llamadas. ....	20
1.3.4.3.8	Eficiencia del Troncalizado. ....	21
1.3.4.4	Transferencia de llamadas entre celdas (HANDOFF) .....	21
1.3.4.4.1	Tipos de Handoff .....	23
1.3.4.4.1.1	El basado en la intensidad de la señal. ....	23
1.3.4.4.1.2	El basado en la relación Señal / Ruido (S/N). ....	24
1.3.4.4.2	Algoritmo de dos niveles para Handoff. ....	25
1.3.4.4.3	Cola de espera de Handoff .....	25
1.3.5	Tipos .....	26
1.3.5.1	Troncalización por Transmisión .....	26
1.3.5.2	Troncalización por Mensajes .....	26
1.3.6	Estándares .....	27
1.3.6.1	Sistema Troncalizado LRT (Logic Trunked Radio) .....	27
1.3.6.2	Sistema Troncalizado EDACS .....	28
1.3.6.3	Sistema Troncalizado MPT1327 .....	29
1.3.6.4	Sistema Troncalizado SmartNet de Motorola .....	31
1.3.6.5	Sistema Troncalizado APCO 25 .....	33
1.3.6.5.1	Bandas de Frecuencia .....	34
1.3.6.5.2	Servicios .....	34
1.3.6.5.3	Fabricantes .....	35
1.3.6.6	Sistema Troncalizado TETRA (TErrestrial Trunked RAdio) .....	36
1.3.6.6.1	Bandas de Frecuencia .....	39
1.3.6.6.2	Servicios .....	39
1.3.6.6.3	Fabricantes .....	40
1.3.6.7	Sistema Troncalizado ASTRO® 25 .....	41
1.3.6.7.1	Bandas de Frecuencia .....	43
1.3.6.7.2	Topología de Red de ASTRO® 25 .....	44
1.3.6.7.2.1	Tecnología ASTRO® 25 .....	44

---

---

1.3.6.7.2.2	Tecnología Multicast.....	45
1.3.6.7.2.3	Planos de Tráfico .....	46
1.3.6.7.2.4	Base de Datos del Sistema de Radio.....	47
1.3.6.7.2.5	Interfaz Aire .....	50
1.3.6.7.2.6	Niveles de Prioridad.....	52
1.3.7	Bandas de frecuencias .....	52
1.3.8	Aplicaciones de los Sistemas Troncalizados.....	53
1.3.9	Reglamento y Norma Técnica .....	55
1.3.9.1	Título I: Reglamento .....	55
1.3.9.1.1	Capítulo I: Disposiciones Generales.....	55
1.3.9.1.1.1	Art.1.-Objetivo .....	55
1.3.9.1.1.2	Art.2.-Régimen Legal .....	55
1.3.9.1.1.3	Art.3.-Definición de Sistema Troncalizado .....	55
1.3.9.1.1.4	Art.4.-Tipo de Tráfico.....	56
1.3.9.1.1.5	Art.5.-Libre Competencia.....	56
1.3.9.1.2	Capítulo II: De las Concesiones.....	56
1.3.9.1.2.1	Art.7.-La Concesión.....	56
1.3.9.1.2.2	Art.8.-Los Concesionarios .....	56
1.3.9.1.2.3	Art.9.-Solicitud para la Concesión.....	56
1.3.9.1.2.4	Art. 10.- Requisitos para la Concesión .....	57
1.3.9.1.2.5	Art. 11.- Contenido del Contrato de Concesión.....	58
1.3.9.1.2.6	Art. 12.- Duración del Contrato de Concesión .....	59
1.3.9.1.2.7	Art. 13.- Modificaciones del Contrato de Concesión .....	59
1.3.9.1.2.8	Art. 14.- Terminación del Contrato.....	59
1.3.9.1.2.9	Art. 15.- Terminación Unilateral del Contrato de Concesión.....	60
1.3.9.1.2.10	Art. 17.- Requisitos para la Renovación del Contrato de Concesión ....	60
1.3.9.1.3	Capítulo III: De las Autorizaciones de Uso de Frecuencias .....	60
1.3.9.1.3.1	Art. 18.- La Autorización .....	60
1.3.9.1.3.2	Art. 19.- Las Personas Autorizadas .....	60
1.3.9.1.3.3	Art. 20.- Grupos de Frecuencias .....	61
1.3.9.1.3.4	Art. 21.- Solicitud para la Autorización .....	61
1.3.9.1.3.5	Art. 22.- Requisitos para la Autorización .....	61
1.3.9.1.3.6	Art. 23.- Duración del Contrato de Autorización .....	62
1.3.9.1.3.7	Art. 24.- Modificaciones del Contrato de Autorización .....	62
1.3.9.1.3.8	Art. 25.- Terminación del Contrato.....	62
1.3.9.1.3.9	Art. 26.- Terminación Unilateral del Contrato de Autorización.....	63
1.3.9.1.3.10	Art. 28.- Requisitos para la Renovación del Contrato de Autorización	63
1.3.9.1.4	Capítulo V: De la Instalación y Operación .....	64

---

---

1.3.9.1.4.1	Art. 33.- Instalación y Operación .....	64
1.3.9.1.4.2	Art. 34.- Interconexión y Conexión de Redes .....	64
1.3.9.1.4.3	Art. 35.- Interferencias.....	64
1.3.9.1.4.4	Art. 36.- Servicio de Larga Distancia .....	65
1.3.9.2	Título II: Norma Técnica .....	65
1.3.9.2.1	Capítulo I: De las Características Técnicas de los Sistemas .....	65
1.3.9.2.1.1	Art.1.-Área de Cobertura .....	65
1.3.9.2.1.2	Art.2.-Potencia.....	65
1.3.9.2.1.3	Art.3.-Condiciones Adicionales .....	65
1.3.9.2.2	Capítulo II: Del Plan de Canalización de Bandas.....	67
1.3.9.2.2.1	Art.4.-Bandas de Frecuencias .....	67
1.3.9.2.2.2	Art.5.-Bandas adicionales .....	67
1.3.9.2.2.3	Art.6.-Canalización de las Bandas.....	68
1.3.9.2.3	Capítulo III: Del Plan de Distribución de Frecuencias .....	69
1.3.9.2.3.1	Art.7.-Bandas de 800 MHz y 900 MHz .....	69
1.3.9.2.3.2	Art.8.-Bases para la Distribución de Frecuencias en el Territorio Nacional 69	
1.3.9.2.3.3	Art.9.-Asignación y Uso de Frecuencias.....	69
1.3.10	Propagación Radioeléctrica.....	70
1.3.10.1	Definiciones.....	70
1.3.10.2	Cálculos de Propagación y Cobertura .....	71
1.4	REFERENCIAS .....	76

## CAPITULO 2

### **2 SISTEMA ACTUAL DE RADIO DE PETROECUADOR Y SUS FILIALES... 81**

2.1	INTRODUCCIÓN.....	81
2.2	SISTEMA ACTUAL DE RADIO DE PETROECUADOR.....	82
2.2.1	Introducción.....	82
2.3	SISTEMA ACTUAL DE RADIO DE PETROPRODUCCIÓN .....	83
2.3.1	Introducción.....	83
2.3.2	Región Quito .....	84
2.3.2.1	Edificio Villafuerte o Matriz.....	85
2.3.2.2	Edificio La Tribuna .....	86
2.3.2.3	Laboratorio de Geología y Yacimientos .....	86

---

2.3.3	Distrito Amazónico.....	87
2.3.3.1	Lago Agrio.....	88
2.3.3.2	Guarumo .....	88
2.3.3.3	Aguarico .....	88
2.3.3.4	Shushufindi.....	88
2.3.3.5	Coca.....	88
2.3.3.6	Auca.....	88
2.3.3.7	Sacha .....	89
2.3.4	Región Costa .....	89
2.3.4.1	Guayaquil .....	89
2.3.5	Información de Repetidoras .....	91
2.3.5.1	Lago Agrio.....	91
2.3.5.2	Guarumo .....	91
2.3.5.3	Auca.....	92
2.3.5.4	Sacha .....	93
2.3.5.5	Shushufindi.....	93
<b>2.4</b>	<b>SISTEMA ACTUAL DE RADIO DE PETROINDUSTRIAL .....</b>	<b>95</b>
2.4.1	Introducción.....	95
2.4.2	Refinería Estatal Esmeraldas.....	96
2.4.3	Refinería La Libertad .....	97
2.4.4	Complejo Industrial Shushufindi .....	98
<b>2.5</b>	<b>SISTEMA ACTUAL DE RADIO DE PETROCOMERCIAL.....</b>	<b>100</b>
2.5.1	Introducción.....	100
2.5.2	Sistema actual de radio de PETROCOMERCIAL (Distrital Norte).....	100
2.5.2.1	Introducción.....	100
2.5.2.2	Poliducto Shushufindi - Quito .....	102
2.5.2.2.1	Descripción de Tramos .....	102
2.5.2.2.2	Estaciones.....	102
2.5.2.2.2.1	Cabecera de Shushufindi .....	102
2.5.2.2.2.2	Quijos.....	103
2.5.2.2.2.3	Osayacu .....	104
2.5.2.2.2.4	Chalpi .....	106
2.5.2.2.2.5	Oyambaro .....	107
2.5.2.2.2.6	Terminal Beaterio .....	108
2.5.2.3	Poliducto Esmeraldas – Quito .....	109
2.5.2.3.1	Descripción de Tramos .....	110
2.5.2.3.2	Estaciones.....	110

---

# ÍNDICE

---

2.5.2.3.2.1	Cabecera de Esmeraldas .....	110
2.5.2.3.2.2	Santo Domingo .....	111
2.5.2.3.2.3	Faisanes .....	112
2.5.2.3.2.4	Corazón .....	113
2.5.2.4	Poliducto Quito - Ambato .....	113
2.5.2.4.1	Estaciones .....	114
2.5.2.4.1.1	Ambato .....	114
2.5.2.5	Información de Repetidoras .....	115
2.5.2.5.1	Pichincha .....	116
2.5.2.5.2	Pilisorco .....	117
2.5.2.5.3	Balao PCO .....	119
2.5.2.5.4	Guamaní .....	120
2.5.2.5.5	Lumbaqui .....	121
2.5.2.5.6	Tres Cruces .....	122
2.5.2.5.7	Atacazo .....	123
2.5.2.6	Equipos utilizados .....	124
2.5.3	Sistema actual de radio de PETROCOMERCIAL (Distrital Sur) .....	125
2.5.3.1	Introducción .....	125
2.5.3.2	Poliducto Santo Domingo- Pascuales .....	125
2.5.3.2.1	Estaciones .....	126
2.5.3.2.1.1	Pascuales .....	126
2.5.3.3	Poliducto Libertad - Manta - Pascuales .....	126
2.5.3.3.1	Descripción de Tramos .....	126
2.5.3.3.2	Estaciones .....	127
2.5.3.3.2.1	Cabecera La Libertad .....	127
2.5.3.3.2.2	Manta .....	127
2.5.3.4	Poliducto Tres Bocas - Pascuales .....	128
2.5.3.4.1	Estaciones .....	128
2.5.3.4.1.1	Tres Bocas .....	128
2.5.3.5	Fuelducto Tres Bocas – Fuel Oil .....	129
2.5.3.5.1	Estaciones .....	129
2.5.3.5.1.1	Fuel Oil .....	129
2.5.3.6	Gasoducto Tres Bocas – Salitral .....	130
2.5.3.6.1	Estaciones .....	130
2.5.3.6.1.1	Salitral .....	130
2.5.3.7	Información de Repetidoras .....	131
2.5.3.7.1	Cerro Azul .....	131
2.5.3.7.2	Cerro Salango .....	132

---

---

2.5.3.8	Equipos utilizados.....	132
<b>2.6</b>	<b>SISTEMA ACTUAL DE RADIO DEL OLEODUCTO SOTE.....</b>	<b>133</b>
2.6.1	Introducción.....	133
2.6.2	Estaciones .....	134
2.6.2.1	Lago Agrio.....	134
2.6.2.2	Lumbaqui.....	134
2.6.2.3	El Salado .....	135
2.6.2.4	Baeza .....	136
2.6.2.5	Papallacta .....	136
2.6.2.6	San Juan.....	138
2.6.2.7	Chiriboga .....	138
2.6.2.8	La Palma .....	139
2.6.2.9	Santo Domingo.....	140
2.6.2.10	Quinindé.....	140
2.6.2.11	Terminal Marítimo de Balao .....	141
2.6.3	Información de Repetidoras. ....	143
2.6.3.1	Guamaní.....	143
2.6.3.2	Lumbaqui.....	143
2.6.3.3	Tres Cruces.....	145
2.6.3.4	Atacazo.....	146
2.6.3.5	Balao SOTE .....	146
<b>2.7</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>150</b>

## CAPITULO 3

<b>3</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIO TRONCALIZADO DE PETROECUADOR Y SUS FILIALES .....</b>	<b>154</b>
<b>3.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>154</b>
<b>3.2</b>	<b>EVALUACIÓN DE LOS TIPOS DE SISTEMAS DE RADIO TRONCALIZADO .....</b>	<b>155</b>
3.2.1	Prestaciones del Estándar MPT 1327.....	155
3.2.2	Prestaciones del Estándar SmartNet de Motorola .....	155
3.2.3	Prestaciones del Estándar APCO 25 .....	156
3.2.4	Prestaciones del Estándar TETRA.....	156
3.2.5	Prestaciones del Estándar ASTRO®25 .....	157
3.2.6	Estándar Elegido .....	157

---

<b>3.3</b>	<b>EQUIPOS DISPONIBLES EN ECUADOR .....</b>	<b>160</b>
3.3.1	Sitio Master.....	160
3.3.2	Sitios de Repetición.....	162
3.3.3	Móviles.....	166
3.3.4	Portátiles.....	168
3.3.5	Antenas .....	170
<b>3.4</b>	<b>ESTRUCTURA DE LA RED.....</b>	<b>172</b>
3.4.1	Sitio Master.....	172
3.4.2	Despachador Remoto .....	172
3.4.3	Sitios de Repetición.....	172
3.4.4	Ingeniería de Tráfico .....	173
3.4.4.1	Análisis de Tráfico de Voz.....	173
3.4.4.2	Análisis de Tráfico de Datos .....	174
3.4.5	Estudio Radioeléctrico .....	175
3.4.5.1	Definición y Parámetros de Propagación.....	175
3.4.5.1.1	Banda de Frecuencia .....	175
3.4.5.1.2	Consideraciones de Potencia.....	176
3.4.5.1.3	Ganancia de Antenas.....	176
3.4.5.1.4	Consideraciones de Atenuación .....	176
3.4.5.2	Cobertura .....	178
3.4.5.2.1	Sitios de Repetición .....	179
3.4.5.2.1.1	Balao .....	180
3.4.5.2.1.2	Atacazo .....	182
3.4.5.2.1.3	Pichincha.....	184
3.4.5.2.1.4	Guamaní .....	186
3.4.5.2.1.5	Condijua.....	188
3.4.5.2.1.6	Tres Cruces .....	190
3.4.5.2.1.7	Lumbaqui .....	192
3.4.5.2.1.8	Shushufindi .....	194
3.4.5.2.1.9	Pilisorco .....	196
3.4.5.2.1.10	Cerro Azul .....	198
3.4.5.2.1.11	Cerro Salango.....	200
3.4.5.2.2	Estaciones.....	204
3.4.5.2.3	Móviles .....	206
3.4.6	Grupo de Usuarios .....	207
3.4.6.1.1	Descripción .....	207
3.4.6.1.2	División por Grupos .....	207

---

---

3.4.6.1.2.1	Nivel 1 .....	208
3.4.6.1.2.2	Nivel 2 .....	208
3.4.6.1.2.3	Nivel 3 .....	209
3.4.6.1.2.4	Nivel 4 .....	209
3.4.6.1.2.5	Nivel 5 .....	209
3.4.6.1.2.6	Nivel 6 .....	210
3.4.6.1.2.7	Nivel 7 .....	210
3.4.6.1.2.8	Nivel 8, 9 y 10 .....	210
3.4.7	Descripción de los Elementos de la Red .....	210
3.4.7.1	Sitio Master .....	210
3.4.7.2	Sitios de Repetición .....	211
3.4.8	Diagrama de la Red de Radio Troncalizado De PETROECUADOR y sus Filiales .....	212
3.4.9	Infraestructura de la Red .....	212
<b>3.5</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>213</b>

## **CAPITULO 4**

<b>4</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>218</b>
<b>4.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>218</b>
<b>4.2</b>	<b>COSTOS DEL SISTEMA.....</b>	<b>218</b>
4.2.1	Sitio Master.....	219
4.2.2	Sitios de Repetición.....	219
4.2.3	Radio Terminales .....	220
<b>4.3</b>	<b>COSTO DE INSTALACIÓN .....</b>	<b>221</b>
<b>4.4</b>	<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO .....</b>	<b>221</b>
<b>4.5</b>	<b>ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....</b>	<b>222</b>
4.5.1	Ingresos.....	223
4.5.2	Egresos.....	224
4.5.2.1	Costo de Frecuencia .....	224
4.5.2.2	Costo de Servicio .....	228
4.5.3	Costo de Operación .....	228
4.5.4	Utilidad.....	228
4.5.5	Flujo de Caja.....	228
4.5.6	Costo/Beneficio .....	229

---

4.5.7	Valor Actual Neto (VAN) .....	230
4.5.8	Tasa de Interna de Retorno (TIR) .....	231
<b>4.6</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>233</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>236</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>241</b>
	<b>ANEXO A: FÓRMULAS UTILIZADAS.....</b>	<b>243</b>
	<i>Ecuación 1 Transformación de Voltios a dBm, en un sistema de 50 <math>\Omega</math> .....</i>	<i>244</i>
	<i>Ecuación 2 Transformación de dBm a Voltios, en un sistema de 50 <math>\Omega</math>. .....</i>	<i>244</i>
	<i>Ecuación 3 Intensidad de Tráfico por Usuario .....</i>	<i>244</i>
	<i>Ecuación 4 Intensidad de Tráfico por Canal.....</i>	<i>244</i>
	<i>Ecuación 5 Intensidad de Tráfico Total.....</i>	<i>244</i>
	<i>Ecuación 6 Intensidad de Tráfico Total en modo Estadístico.....</i>	<i>244</i>
	<i>Ecuación 7 Probabilidad de bloqueo de una llamada con Erlang B.....</i>	<i>245</i>
	<i>Ecuación 8 Probabilidad de Retardo de una llamada con Erlang C.....</i>	<i>245</i>
	<i>Ecuación 9 Campo Eléctrico en el espacio libre .....</i>	<i>245</i>
	<i>Ecuación 10 Campo Eléctrico en cualquier punto.....</i>	<i>245</i>
	<i>Ecuación 11 Margen de Desvanecimiento.....</i>	<i>245</i>
	<i>Ecuación 12 Atenuación por Vegetación .....</i>	<i>245</i>
	<i>Ecuación 13 Pérdidas en el Espacio Libre.....</i>	<i>246</i>
	<i>Ecuación 14 Potencia de Recepción.....</i>	<i>246</i>
	<b>ANEXO B: DATA SHEET DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO.....</b>	<b>247</b>
	SITIO MASTER.....	248
	ARC 4000.....	248
	SERVIDOR DL360.....	250
	SITIOS DE REPETICIÓN .....	251
	SRT 3000 .....	251
	GRT 8000 .....	253
	RADIOS MÓVILES.....	259
	ASTRO XTL 5000.....	259
	ASTRO SPECTRA PLUS .....	263
	RADIOS PORTÁTILES .....	267
	ASTRO XTS 5000.....	267
	ASTRO XTS 2500.....	270

---

# ÍNDICE

---

ANTENAS .....	273
<i>ANTENA OMNIDIRECCIONAL PARA ESTACIÓN BASE</i> .....	273
<i>ANTENA Yagui PARA ESTACIÓN BASE</i> .....	275
<b>ANEXO C: ANÁLISIS DE TRÁFICO DEL SISTEMA VHF DE PETROCOMERCIAL .....</b>	<b>277</b>
BALAO .....	278
ATACAZO .....	279
PICHINCHA .....	279
GUAMANÍ .....	280
CONDIJUA .....	281
TRES CRUCES .....	281
LUMBAQUI .....	281
SHUSHUFINDI .....	282
PILISURCO .....	282
CERRO AZUL .....	282
CERRO SALANGO .....	283
<b>ANEXO D: DIAGRAMA DE LA RED DE RADIO TRONCALIZADO DE PETROECUADOR Y SUS FILIALES .....</b>	<b>284</b>
<b>ANEXO E: INFORMACIÓN PARA COTIZACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>286</b>
SITIO MASTER .....	287
SITIO DE REPETICIÓN .....	288
RADIOS TERMINALES .....	289
COSTO DE INSTALACIÓN .....	289

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPITULO 1

<i>Figura 1.1 Sistema Básico de Radio</i> .....	3
<i>Figura 1.2 Sistema de Radio Convencional</i> .....	4
<i>Figura 1.3 Red de Comunicación Troncalizado</i> .....	4
<i>Figura 1.4 Comparación de un Sistema Convencional con un Sistema Troncalizado</i> .....	5
<i>Figura 1.5 Manejo de varios grupos de trabajo en un Sistema de Radio Troncalizado</i> .....	8
<i>Figura 1.6 Componentes de un Sistema de Radio Troncalizado Típico</i> .....	9
<i>Figura 1.7 Componentes reales de un Sistema de Radio Troncalizado</i> .....	11
<i>Figura 1.8 Tipos de Configuración de Red</i> .....	11
<i>Figura 1.9 Cobertura de la Red Regional de PDVSA Occidental</i> .....	12
<i>Figura 1.10 Diagrama del Proceso de llamada en un Sistema de Radio Troncalizado</i> .....	15
<i>Figura 1.11 Interconexión Sistema de Radio Troncalizado con Redes Telefónicas</i> .....	16
<i>Figura 1.12 Distribución de Celdas en un Sistema de Comunicaciones Móvil.</i> .....	21
<i>Figura 1.13 Procedimiento del Handoff</i> .....	22
<i>Figura 1.14 Principales requerimientos de Handoff</i> .....	22
<i>Figura 1.15 Evaluación de la intensidad de la señal para un posible Handoff</i> .....	23
<i>Figura 1.16 Momento en el que se realiza el Handoff</i> .....	24
<i>Figura 1.17 Esquemas de dos niveles de Handoff</i> .....	25
<i>Figura 1.18 Sistema Troncalizado SmartNet de 800Mhz. y 5 Repetidoras</i> .....	31
<i>Figura 1.19 Logotipo de APCO 25</i> .....	33
<i>Figura 1.20 Red APCO 25</i> .....	33
<i>Figura 1.21 Logotipo del Estándar TETRA</i> .....	36
<i>Figura 1.22 La Asociación TETRA MoU celebró su 10<sup>º</sup> año en 2004</i> .....	36
<i>Figura 1.23 Principales Miembros del TETRA MoU</i> .....	37
<i>Figura 1.24 Regiones y sus Porcentajes de Contratos realizados por TETRA MoU en el 2007</i> .....	37
<i>Figura 1.25 Sectores y sus Porcentajes de contratos del TETRA MoU en el 2007</i> .....	37
<i>Figura 1.26 Interfaces de TETRA</i> .....	39
<i>Figura 1.27 Concéntrese en su misión y no en la tecnología, con ASTRO<sup>®</sup> 25 de Motorola</i> .....	41
<i>Figura 1.28 Red del Sistema Troncalizado ASTRO<sup>®</sup> 25 De Motorola</i> .....	42
<i>Figura 1.29 Planos de Tráfico Lógicos de ASTRO<sup>®</sup> 25</i> .....	47
<i>Figura 1.30 Logotipo CAI ASTRO 25 de Motorola</i> .....	50
<i>Figura 1.31 FDMA</i> .....	51
<i>Figura 1.32 Aplicaciones en la Industria de Seguridad y Emergencia</i> .....	53
<i>Figura 1.33 Aplicaciones en la Industria de Manufactura</i> .....	54
<i>Figura 1.34 Monograma para el cálculo de la Atenuación por Difracción sobre obstáculos en relación al Espacio Libre</i> .....	73

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

## CAPITULO 2

<i>Figura 2.1 Logotipo de PETROECUADOR .....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 2.2 Matriz de PETROECUADOR.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 2.3 Logotipo de PETROPRODUCCIÓN .....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 2.4 Matriz de PETROPRODUCCIÓN.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 2.5 Región Quito.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 2.6 Edificio Villafuerte .....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 2.7 Edificio La Tribuna .....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 2.8 Laboratorio de Geología y Yacimientos.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 2.9 Distrito Amazónico .....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 2.10 Región Costa.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 2.11 Esquema de Conexión PCO-PRR .....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 2.12 Diagrama de Ruta PCO.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 2.13 Logotipo de PETROINDUSTRIAL.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 2.14 Matriz de PETROINDUSTRIAL .....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 2.15 Refinería Estatal Esmeraldas .....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 2.16 Refinería Estatal Esmeraldas .....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 2.17 Torre de Comunicaciones de la Refinería Estatal Esmeraldas .....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 2.18 Refinería La Libertad .....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 2.19 Complejo Industrial Shushufindi .....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 2.20 Torre de Comunicaciones del Complejo Industrial Shushufindi .....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 2.21 Cuarto de Comunicaciones del Complejo Industrial Shushufindi.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 2.22 Logotipo de PETROCOMERCIAL .....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 2.23 Poliductos de PETROCOMERCIAL.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 2.24 Poliducto Shushufindi - Quito .....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 2.25 Torre de la Estación Cabecera de Shushufindi.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 2.26 Cuarto de Equipos de la Estación Cabecera de Shushufindi .....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 2.27 Estación Quijos .....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 2.28 Torre de la Estación Quijos .....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 2.29 Cuarto de Equipos de la Estación Quijos .....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 2.30 Estación Osayacu.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 2.31 Torre de la Estación Osayacu .....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 2.32 Cuarto de Equipos de la Estación Osayacu.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 2.33 Estación Chalpi .....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 2.34 Torre de la Estación Chalpi .....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 2.35 Cuarto de Equipos de la Estación Chalpi.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 2.36 Estación Oyambaro .....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 2.37 Terminal Beaterio .....</i>	<i>108</i>

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 2.38 Torre del Terminal Beaterio.....	108
Figura 2.39 Cuarto del Terminal Beaterio .....	109
Figura 2.40 Poliducto Esmeraldas - Quito .....	109
Figura 2.41 Estación Cabecera Esmeraldas.....	110
Figura 2.42 Torre de Estación Cabecera Esmeraldas.....	110
Figura 2.43 Estación Santo Domingo.....	111
Figura 2.44 Torre de la Estación Santo Domingo .....	111
Figura 2.45 Estación Faisanes.....	112
Figura 2.46 Torre de la Estación Faisanes .....	112
Figura 2.47 Cuarto de Equipos de la Estación Faisanes.....	113
Figura 2.48 Estación Corazón .....	113
Figura 2.49 Estación Ambato .....	114
Figura 2.50 Torre de la Estación Ambato .....	114
Figura 2.51 Cuarto de Equipos de la Estación Ambato.....	115
Figura 2.52 Repetidora Pichincha.....	116
Figura 2.53 Torre de la Repetidora del Pichincha.....	116
Figura 2.54 Cuarto de Equipos de la Repetidora del Pichincha .....	116
Figura 2.55 Repetidora Pilisurco.....	117
Figura 2.56 Torre de la Repetidora de Pilisurco.....	117
Figura 2.57 Cuarto de Equipos de la Repetidora Pilisurco.....	118
Figura 2.58 Diagrama aproximado de Cobertura de la Repetidora Pilisurco .....	118
Figura 2.59 Repetidora Balao PCO .....	119
Figura 2.60 Cuarto de Equipos de la Repetidora del Balao PCO.....	119
Figura 2.61 Diagrama aproximado de Cobertura de la Repetidora Guamaní.....	120
Figura 2.62 Diagrama aproximado de Cobertura de la Repetidora Lumbaqui .....	121
Figura 2.63 Diagrama aproximado de Cobertura de la Repetidora Tres Cruces .....	122
Figura 2.64 Diagrama aproximado de Cobertura de la Repetidora Atacazo .....	123
Figura 2.65 Poliducto Santo Domingo - Pascuales .....	125
Figura 2.66 Estación Pascuales.....	126
Figura 2.67 Estación Cabecera La Libertad.....	127
Figura 2.68 Estación Manta .....	127
Figura 2.69 Estación Tres Bocas .....	128
Figura 2.70 Estación Fuel Oil .....	129
Figura 2.71 Estación El Salitral .....	130
Figura 2.72 Logotipo del SOTE.....	133
Figura 2.73 Infraestructura del SOTE.....	133
Figura 2.74 Estación Lago Agrio .....	134
Figura 2.75 Estación Lumbaqui .....	134

---

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 2.76 Estación El Salado.....	135
Figura 2.77 Estación Baeza.....	136
Figura 2.78 Estación Papallacta .....	136
Figura 2.79 Torre de Comunicaciones de Papallacta.....	137
Figura 2.80 Cuarto de Comunicaciones de Papallacta .....	137
Figura 2.81 Estación San Juan .....	138
Figura 2.82 Estación Chiriboga.....	138
Figura 2.83 Estación La Palma.....	139
Figura 2.84 Estación Santo Domingo.....	140
Figura 2.85 Estación Quinindé.....	140
Figura 2.86 Terminal Marítimo de Balao.....	141
Figura 2.87 Barcos Santiago (Ecuador) y Nedimar (Filipinas), cargando Petróleo para su exportación ..	142
Figura 2.88 Buque Petrolero.....	142
Figura 2.89 Repetidora Lumbaqui .....	143
Figura 2.90 Torre de la Repetidora de Lumbaqui .....	144
Figura 2.91 Cuarto de Equipos de la Repetidora de Lumbaqui.....	144
Figura 2.92 Repetidora Tres Cruces.....	145
Figura 2.93 Torre de la Repetidora Tres Cruces.....	145
Figura 2.94 Cuarto de Equipos de la Repetidora del Tres Cruces .....	146
Figura 2.95 Torre de la Repetidora del Balao SOTE.....	147

## CAPITULO 3

Figura 3.1 Evaluación de los Estándares y sus Requerimientos.....	159
Figura 3.2 Sitio Maestro ARC4000 más adelante [3.17].....	160
Figura 3.3 Estación Base STR 3000 con capacidad para 6 canales [3.18] .....	162
Figura 3.4 Bastidor Vertical del Subsistema GRT 8000 [3.12] .....	164
Figura 3.5 Radio Base GTR 8000 de Motorola [3.12] .....	165
Figura 3.6 Radio Móvil Digital ASTRO XTL 5000 [3.13].....	166
Figura 3.7 Radio Móvil Digital ASTRO SPECTRA PLUS[3.15].....	167
Figura 3.8 Radio Portátil Digital ASTRO XTS 5000 [3.16].....	168
Figura 3.9 Radio Portátil Digital ASTRO XTS 2500 [3.19].....	169
Figura 3.10 Antenas Omnidireccionales RFS para Sistemas de Radio Móvil [3.22].....	170
Figura 3.11 Antena Yagui Andrew para Estación Base [3.23] .....	171
Figura 3.12 Parámetros de Radiación de la Antena Andrew DB499-A [3.23] .....	171
Figura 3.13 Características Técnicas de la Antena Yagui [3.23] .....	171
Figura 3.14 Calculadora de Erlang C [3.29] .....	174
Figura 3.15 Cable Heliac LDF5-50A [3.28] .....	177
Figura 3.16 Escala de Colores que simboliza el nivel de la Intensidad del Campo Eléctrico .....	178

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

<i>Figura 3.17 Single Polar Radio Coverage</i> .....	179
<i>Figura 3.18 Área de Cobertura de la Repetidora Balao</i> .....	181
<i>Figura 3.19 Repetidora Balao y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura</i> .....	182
<i>Figura 3.20 Área de Cobertura de la Repetidora Atacazo</i> .....	183
<i>Figura 3.21 Repetidora Atacazo y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura</i> .....	184
<i>Figura 3.22 Área de Cobertura de la Repetidora Pichincha</i> .....	185
<i>Figura 3.23 Repetidora Pichincha y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura</i> .....	186
<i>Figura 3.24 Área de Cobertura de la Repetidora Guamaní</i> .....	187
<i>Figura 3.25 Repetidora Guamaní y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura</i> .....	188
<i>Figura 3.26 Área de Cobertura de la Repetidora Condijua</i> .....	189
<i>Figura 3.27 Repetidora Condijua y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura</i> .....	190
<i>Figura 3.28 Área de Cobertura de la Repetidora Tres Cruces</i> .....	191
<i>Figura 3.29 Repetidora Tres Cruces y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura</i> .....	192
<i>Figura 3.30 Área de Cobertura de la Repetidora Lumbaqui</i> .....	193
<i>Figura 3.31 Repetidora Lumbaqui y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura</i> .....	194
<i>Figura 3.32 Área de Cobertura de la Repetidora Shushufindi</i> .....	195
<i>Figura 3.33 Repetidora Shushufindi y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura</i> .....	196
<i>Figura 3.34 Área de Cobertura de la Repetidora Pilisurco</i> .....	197
<i>Figura 3.35 Repetidora Pilisurco y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura</i> .....	198
<i>Figura 3.36 Área de Cobertura de la Repetidora Cerro Azul</i> .....	199
<i>Figura 3.37 Repetidora Cerro Azul y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura</i> .....	200
<i>Figura 3.38 Área de Cobertura de la Repetidora Cerro Salango</i> .....	201
<i>Figura 3.39 Repetidora Cerro Salango y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura</i> .....	202
<i>Figura 3.40 Cobertura del Sistema de Radio Troncalizado de PETROECUADOR y sus Filiales</i> .....	203
<i>Figura 3.41 Herramienta Radio Link</i> .....	204

## CAPITULO 4

<i>Figura 4.1 Mapa de Cobertura de la Empresa Marconi S.A.</i> .....	222
<i>Figura 4.2 Ecuación para Calcular la Tarifa Mensual</i> .....	225
<i>Figura 4.3 Tabla 2 del Anexo 4</i> .....	225
<i>Figura 4.4 Tabla 6 del Anexo 4</i> .....	226
<i>Figura 4.5 Ecuación para el Cálculo del Valor del Derecho de Concesión</i> .....	226
<i>Figura 4.6 Tabla 1 del Anexo 7</i> .....	227
<i>Figura 4.7 Gráfica Costo/Beneficio de la Contratación e Implementación del Sistema</i> .....	230

# ÍNDICE DE TABLAS

---

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPITULO 1

Tabla 1.1 Ventajas de los Sistemas de Radio Troncalizado .....	6
Tabla 1.2 Bandas de Frecuencias de APCO 25 .....	34
Tabla 1.3 Bandas de Frecuencias de TETRA.....	39
Tabla 1.4 Plan de Frecuencias en la banda de 800MHz. de ASTRO® 25 .....	44
Tabla 1.5 Plan de Frecuencias en la banda de 700MHz. de ASTRO® 25 .....	44
Tabla 1.6 Plan de Frecuencias en VHF y UHF con posibles sub-bandas de ASTRO® 25 .....	44
Tabla 1.7 Desviación de Frecuencia por dicit en C4FM .....	52
Tabla 1.8 Bandas de Frecuencia de los Sistemas de Radio Troncalizado .....	53
Tabla 1.9 Bandas de Frecuencia .....	67
Tabla 1.10 Valores característicos de A y B .....	74

### CAPITULO 2

Tabla 2.1 Distancias para $E=38.5dB\mu V/m$ de la Repetidora Lago Agrio .....	91
Tabla 2.2 Distancias para $E=38.5dB\mu V/m$ de la Repetidora Guarumo.....	92
Tabla 2.3 Distancias para $E=38.5dB\mu V/m$ de la Repetidora Auca.....	92
Tabla 2.4 Distancias para $E=38.5dB\mu V/m$ de la Repetidora Sacha .....	93
Tabla 2.5 Distancias para $E=38.5dB\mu V/m$ de la Repetidora Shushufindi .....	94
Tabla 2.6 Frecuencias de Operación de Sistema de Radio Actual .....	94
Tabla 2.7 Descripción de Tramos del Poliducto Shushufindi - Quito.....	102
Tabla 2.8 Descripción de Tramos del Poliducto Esmeraldas - Quito.....	110
Tabla 2.9 Frecuencias de Operación del Sistema de Radio Actual .....	124
Tabla 2.10 Cuantificación de Equipos de Radio de PCO-DN .....	124
Tabla 2.11 Descripción de Tramos del Poliducto Libertad - Manta - Pascuales .....	126
Tabla 2.12 Frecuencias de Operación del Sistema de Radio Actual .....	132
Tabla 2.13 Cuantificación de Equipos de Radio de PCO-DS .....	132
Tabla 2.14 Frecuencias de Operación del Sistema de Radio Actual .....	147
Tabla 2.15 Estaciones que necesitan cobertura .....	149
Tabla 2.16 Características Técnicas de La Repetidoras .....	149

### CAPITULO 3

Tabla 3.1 Comparación de Estándares .....	157
Tabla 3.2 Jerarquía de Requerimientos .....	158
Tabla 3.3 Evaluación de los Estándares.....	158
Tabla 3.4 Características Técnicas del Sitio Maestro ARC4000 [3.17].....	161

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 3.5 Características Técnicas de la Estación Base STR 3000 [3.18] .....	163
Tabla 3.6 Características Técnicas de la Estación Base GTR 8000 [3.12] .....	164
Tabla 3.7 Características Técnicas de la Radio Base GTR 8000 [3.12].....	165
Tabla 3.8 Características Técnicas del Controlador GCP 8000 [3.12] .....	166
Tabla 3.9 Características Técnicas del Comparador GCM 8000[3.12].....	166
Tabla 3.10 Características Técnicas ASTRO del XTL 5000 [3.14] .....	167
Tabla 3.11 Características Técnicas ASTRO SPECTRA PLUS [3.15].....	168
Tabla 3.12 Características Técnicas ASTRO XTS 5000 [3.16] .....	169
Tabla 3.13 Características Técnicas ASTRO XTS 2500 [3.19] .....	169
Tabla 3.14 Características Técnicas de la Antena Omnidireccional [3.22] .....	170
Tabla 3.15 Número de canales en cada Sitio de Repetición .....	174
Tabla 3.16 Características Técnicas de la línea de Transmisión [3.28].....	177
Tabla 3.17 Datos fijos en todas las repetidoras.....	179
Tabla 3.18 Datos que dependen del lugar de la repetidora .....	180
Tabla 3.19 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Balao .....	180
Tabla 3.20 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Balao.....	181
Tabla 3.21 Distancias en Km para $\epsilon=38,5$ <b>dB<math>\mu</math>Vm</b> .....	181
Tabla 3.22 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Atacazo .....	182
Tabla 3.23 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Atacazo .....	183
Tabla 3.24 Distancias en Km para $\epsilon=38,5$ <b>dB<math>\mu</math>Vm</b> .....	183
Tabla 3.25 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Pichincha.....	184
Tabla 3.26 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Pichincha.....	185
Tabla 3.27 Distancias en Km para $\epsilon=38,5$ <b>dB<math>\mu</math>Vm</b> .....	185
Tabla 3.28 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Guamaní .....	186
Tabla 3.29 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Guamaní .....	187
Tabla 3.30 Distancias en Km para $\epsilon=38,5$ <b>dB<math>\mu</math>Vm</b> .....	187
Tabla 3.31 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Condijua .....	188
Tabla 3.32 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Condijua.....	189
Tabla 3.33 Distancias en Km para $\epsilon=38,5$ <b>dB<math>\mu</math>Vm</b> .....	189
Tabla 3.34 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Tres Cruces.....	190
Tabla 3.35 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Tres Cruces.....	191
Tabla 3.36 Distancias en Km para $\epsilon=38,5$ <b>dB<math>\mu</math>Vm</b> .....	191
Tabla 3.37 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Lumbaqui .....	192
Tabla 3.38 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Lumbaqui.....	193
Tabla 3.39 Distancias en Km para $\epsilon=38,5$ <b>dB<math>\mu</math>Vm</b> .....	193
Tabla 3.40 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Shushufindi .....	194
Tabla 3.41 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Shushufindi .....	195
Tabla 3.42 Distancias en Km para $\epsilon=38,5$ <b>dB<math>\mu</math>Vm</b> .....	195

---

# ÍNDICE DE TABLAS

---

<i>Tabla 3.43 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Pilisurco</i> .....	196
<i>Tabla 3.44 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Pilisurco</i> .....	197
<i>Tabla 3.45 Distancias en Km para <math>\epsilon=38,5</math> dB<math>\mu</math>Vm</i> .....	197
<i>Tabla 3.46 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Cerro Azul</i> .....	198
<i>Tabla 3.47 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Cerro Azul</i> .....	199
<i>Tabla 3.48 Distancias en Km para <math>\epsilon=38,5</math> dB<math>\mu</math>Vm</i> .....	199
<i>Tabla 3.49 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Cerro Salango</i> .....	200
<i>Tabla 3.50 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Cerro Salango</i> .....	201
<i>Tabla 3.51 Distancias en Km para <math>\epsilon=38,5</math> dB<math>\mu</math>Vm</i> .....	201
<i>Tabla 3.52 Niveles de Rx de Radios Base y Radios Portátiles</i> .....	205
<i>Tabla 3.53 Niveles de Rx de Radios Móviles y distancia a la Repetidora indicada</i> .....	206
<i>Tabla 3.54 Número de Usuarios de cada Filial</i> .....	207
<i>Tabla 3.55 Equipos necesarios en el Sitio Master</i> .....	211
<i>Tabla 3.56 Equipos necesarios en el Sitio de Repetición</i> .....	211

## CAPITULO 4

<b>Tabla 4.1</b> Cotización del Sitio Master .....	219
<b>Tabla 4.2</b> Cotización de los Sitios de Repetición .....	220
<i>Tabla 4.3</i> Número Total de Equipos Terminales .....	220
<i>Tabla 4.4</i> Cotización de los Equipos Terminales .....	221
<i>Tabla 4.5</i> Costo Total del Proyecto .....	221
<i>Tabla 4.6</i> Ingreso Anual en Equipos.....	223
<i>Tabla 4.7</i> Calculo de la Tarifa Mensual para el Sistema .....	226
<i>Tabla 4.8</i> Calculo del Derecho de Concesión del Sistema .....	227
<i>Tabla 4.9</i> Costo de Frecuencia anual .....	227
<i>Tabla 4.10</i> Flujo de Caja .....	229
<i>Tabla 4.11</i> Comparación Económica de la implementación o contratación del Sistema .....	229
<i>Tabla 4.12</i> Cálculo del VAN.....	231
<i>Tabla 4.13</i> Cálculo del TIR.....	232

## 1 GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Las Comunicaciones se encuentran en un continuo cambio con la finalidad de solucionar las diversas problemáticas del mercado, el cual, cada vez es más exigente básicamente con la calidad del servicio prestado y el área de cobertura del mismo, si a estas necesidades se añade que los sistemas de comunicación digital ofrecen varias ventajas respecto a los sistemas analógicos tradicionales como: facilidad de procesamiento, facilidad de multicanalización e inmunidad al ruido. Esto ocasionó el origen de una nueva tecnología de comunicación denominada Sistema de Radio Troncalizado que supera en muchos aspectos a los conocidos Sistemas de Radio Convencionales.

En un Sistema de Radio Convencional cada grupo de usuarios cuenta con un canal determinado, si un usuario desea comunicarse con otro usuario de otro grupo, debe cambiar su radio al canal respectivo, de esta manera si el canal al cual está asignado el usuario se encuentra ocupado este no puede transmitir su mensaje.

En el Sistema de Radio Troncalizado, se crean grupos de usuarios independientes de los canales o frecuencias con que se cuente, de tal manera que cuando un usuario desea realizar un llamado, bien sea de voz o datos, el sistema automáticamente le asigna un canal libre. Si en ese momento no se encuentra ningún canal libre, queda en una cola de espera por un determinado tiempo el cual es programable.

## 1.2 SISTEMA DE RADIO CONVENCIONAL

La radiodifusión es una tecnología que hace posible la transmisión de señales mediante la modulación de ondas electromagnéticas. Estas ondas no requieren un medio físico de transporte, por lo que pueden propagarse a través del espacio.

Una onda de radio se origina cuando una partícula cargada se excita a una RF<sup>1</sup>, actuando sobre un conductor eléctrico e induciendo en él un movimiento de la carga eléctrica que puede ser transformado en señales portadoras de información.

Los sistemas de radio convencional de dos vías son usados ampliamente para aplicaciones de despacho y seguridad a nivel empresarial, privado y gubernamental; pueden ser destinados para sólo transmitir voz, así como transmisión de voz y datos, tanto para áreas pequeñas, como para áreas extensas, pero únicamente cuando el sistema no posee un gran número de usuarios y la congestión de tráfico lo permite.

En este tipo de sistemas de radio la privacidad no es posible, debido a que todos los usuarios del canal, podrán monitorear las conversaciones que se están llevando a cabo.

### 1.2.1 Componentes de un Sistema de Radio Convencional.

Un Sistema de Radio Convencional al ser un sistema simple de voz, se encuentra conformado básicamente por un equipo transmisor y un equipo receptor, como se aprecia en la Figura 1.1 **Sistema Básico de Radio**.

Las señales audibles son captadas por un micrófono para posteriormente pasar a ser moduladas en un equipo transmisor que a continuación son transportadas por una señal portadora a través de una antena. De la misma forma pero con proceso inverso una antena capta la señal electromagnética que pasa al equipo receptor para ser demodulada y amplificada a través de un parlante recuperando así la señal de audio original.

---

<sup>1</sup> RF: Radio Frecuencia, situada entre 3Hz y 300GHz.



Figura 1.1 Sistema Básico de Radio

Un Sistema de Radio Convencional puede ser tan simple o complejo de acuerdo al requerimiento de número de usuarios y al área geográfica que se desea cubrir, necesitando lugares de repetición para satisfacer la demanda de tráfico requería, pudiendo ser numerosos los componentes de un Sistema de Radio Convencional como se ilustra en la Figura 1.2 **Sistema de Radio Convencional**. Los componentes principales se describen a continuación:

#### 1.2.1.1 Suscriptor

Son los radios base, móviles o portátiles con capacidad de comunicarse en el sistema con múltiples frecuencias y poseedores de un único número de identificación.

#### 1.2.1.2 Repetidor

Es una estación fija localizada estratégicamente con el objetivo es ampliar el alcance de la comunicación, cuyo funcionamiento se basa en la retransmisión automática y amplificada de las emisiones recibidas en la estación.

#### 1.2.1.3 Canal de Voz

Lleva o recibe información de voz, cada grupo de suscriptores tiene asignado un determinado número de canal, el cual es usado en toda la duración de la llamada.

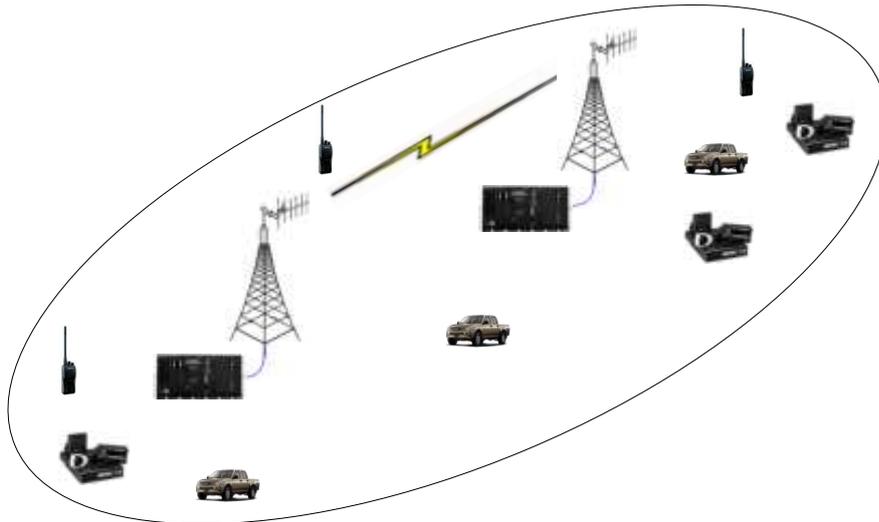


Figura 1.2 Sistema de Radio Convencional

### 1.3 SISTEMA DE RADIO TRONCALIZADO

#### 1.3.1 Definiciones

Es necesario entender en primer lugar la troncalización como la asignación dinámica y automática de un pequeño número de vías de comunicaciones entre un gran número de usuarios, basándose en que no todos los usuarios de un sistema con un gran número de abonados utilizarán sus recursos al mismo tiempo. Se lo puede apreciar de mejor manera en la Figura 1.3 Red de Comunicación Troncalizado

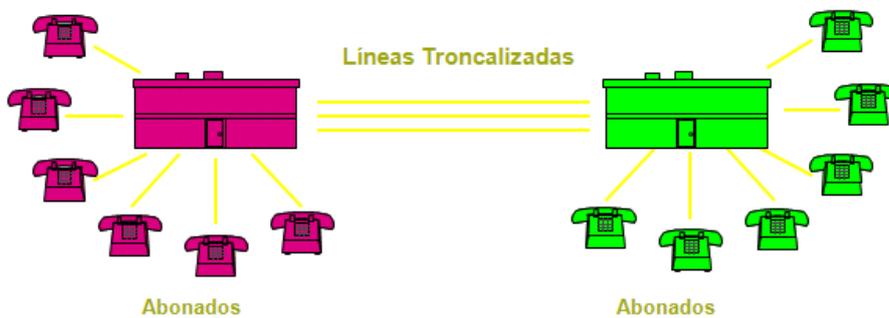


Figura 1.3 Red de Comunicación Troncalizado

A continuación se citan dos definiciones de las más aceptadas para un Sistema de Radio Troncalizado:

Es un sistema de radiocomunicaciones de los servicios fijo y móvil terrestre que utiliza múltiples pares de frecuencias, en las que las estaciones establecen comunicación mediante el acceso en forma automática a cualquiera de los canales que estén disponibles<sup>1</sup>

Es un sistema de radiocomunicaciones que utiliza múltiples pares de frecuencias para establecer comunicaciones mediante el acceso en forma automática a estos canales<sup>2</sup>

### 1.3.2 Características de un Sistema de Radio Troncalizado

En un sistema de Radio Troncalizado los usuarios comparten todas las frecuencias disponibles, evitando que dependan de un canal determinado y no puedan transmitir su mensaje si este se encuentra ocupado, logrando de esta forma un mejor manejo del espectro radioeléctrico asignado.

Un analogía sencilla de cómo funciona un Sistema Troncalizado, es comparándolo con las filas de clientes de cualquier establecimiento. Esta analogía se ilustra de mejor manera en la Figura 1.4 Comparación de un Sistema Convencional con un Sistema Troncalizado.

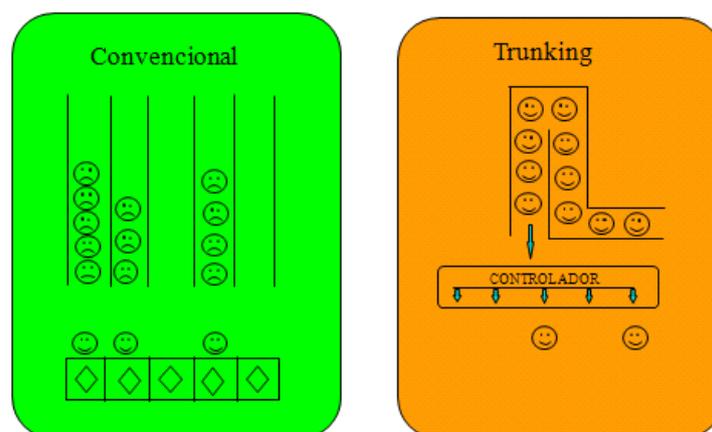


Figura 1.4 Comparación de un Sistema Convencional con un Sistema Troncalizado

<sup>1</sup> CONATEL

<sup>2</sup> MOTOROLA

Para una mejor comprensión de las principales ventajas que posee un Sistema de Radio Troncalizado frente a un Sistema de Radio Convencional se desarrollo la Tabla 1.1 Ventajas de los Sistemas de Radio Troncalizado

PARÁMETRO	CONVENCIONAL	TRONCALIZADO
<b>Acceso al Sistema</b>	Los usuarios deben monitorear el canal antes de acceder	Los usuarios solo necesitan apretar el PTT y el sistema asigna el canal de manera automática.
<b>Privacidad</b>	Limitada (a través de señalización especial) o inexistente.	Sistema organizado por grupos donde cada grupo no interfiere con el otro. En llamadas uno a uno nadie escucha o puede interferir la conversación privada.
<b>Prioridad</b>	No existe, los usuarios se pelean por conseguir acceso al canal y tienen que reintentar constantemente.	Varios niveles de prioridad
<b>Fila de Espera</b>	Inexistente	Fila de espera FIFO con niveles de prioridad dentro de la fila.

Tabla 1.1 Ventajas de los Sistemas de Radio Troncalizado

### 1.3.2.1 Características Principales

#### ➤ *Lista de Espera y Aviso de Disponibilidad Automático*

Es un proceso digital que permite al Sistema de Radio Troncalizado prevenir la pérdida de llamadas debido a la falta de canales disponibles.

Al presionar el PTT para acceder a un canal y este no está disponible, no es necesario seguir insistiendo para acceder al mismo, sino esta petición es colocada en una lista de espera tipo FIFO<sup>1</sup> ya que el sistema al recibir el pedido de llamada, lo mantiene en una posición en la cual una vez que se encuentra disponible un canal, mediante el Aviso de Disponibilidad Automático informa al primer usuario en la lista de espera mediante una señal audible o visible en el radio. De esta manera se elimina el monitoreo por parte del usuario para acceder al canal.

#### ➤ *Niveles de Prioridad*

Los Sistemas de Radio Troncalizado poseen varios niveles de prioridad dependiendo del Estándar utilizado, los mismos que afectan el funcionamiento de la lista de espera cuando usuarios de diferentes prioridades se encuentran

<sup>1</sup> FIFO: De las siglas en ingles de primero que entra primero que sale (First-In-First-Out)

en ella, ya que el usuario con mayor prioridad tendrá preferencia para acceder al canal.

El primer nivel de prioridad en un Sistema de Radio Troncalizado es siempre la llamada de emergencia.

➤ *Capacidad de Múltiples Aplicaciones*

Los Sistemas de Radio Troncalizado tienen la capacidad de poseer múltiples aplicaciones:

Voz Clara

Voz Encriptada

Datos Fijos Sobre la Red de Radio

Localización Automática de Vehículo (AVL)

Otras características importantes en los Sistemas de Radio Troncalizado son:

- *Utilización Eficiente del Espectro*
- *Privacidad total en las comunicaciones*
- *Prácticamente libre de interferencia*
- *Asignación disciplinada de canales*
- *Alta capacidad de crecimiento*
- *Capacidad para servir densas poblaciones de usuarios*
- *Inhabilitación Selectiva de Radio*
- *Reagrupación Dinámica*
- *Llamada de Alerta*
- *Llamada de Emergencia*
- *Llamada de Grupo Operacional*
- *Llamada de Anuncio*
- *Interconexión Telefónica*
- *Identificación por medio del botón PTT*

A cada radio se le asigna un código único y se puede establecer llamadas individuales o en grupos de trabajos entre usuarios de requisitos similares.

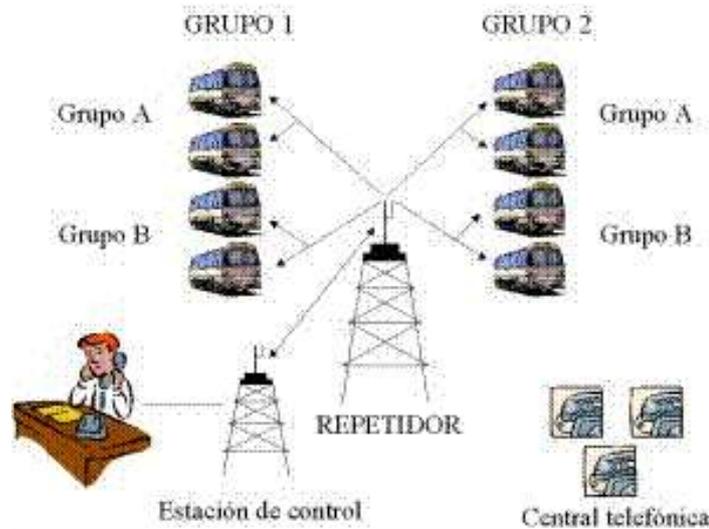


Figura 1.5 Manejo de varios grupos de trabajo en un Sistema de Radio Troncalizado

### 1.3.2.2 Características de Confiabilidad del Sistema

- *Canales Múltiples*
- *Redundancia del Canal de Control*
- *Inhabilitación del Receptor por Interferencia*
- *Inhabilitación del Transmisor por Baja Potencia*
- *Auto-Diagnóstico*

#### ➤ *Failsoft*

Es un estado en el que entra el Sistema cuando al perder su canal de control este ya no es capaz de operar en modo de enlace, es decir, en lugar de entrar en una condición que impide todas las comunicaciones entra en Failsoft.

En este estado, todos los canales se encienden y operan en un modo de repetidor convencional, los radios de los usuarios son capaces de reconocer este estado y cambiar a una frecuencia predeterminada en función del grupo

### 1.3.3 Arquitectura de Red de un Sistema de Radio Troncalizado

La arquitectura de Red de un Sistema de Radio Troncalizado mantiene los mismos principios de un Sistema de Comunicaciones Móvil, sus componentes se encuentran detallados a continuación e ilustrados en la Figura 1.6 Componentes de un Sistema de Radio Troncalizado Típico

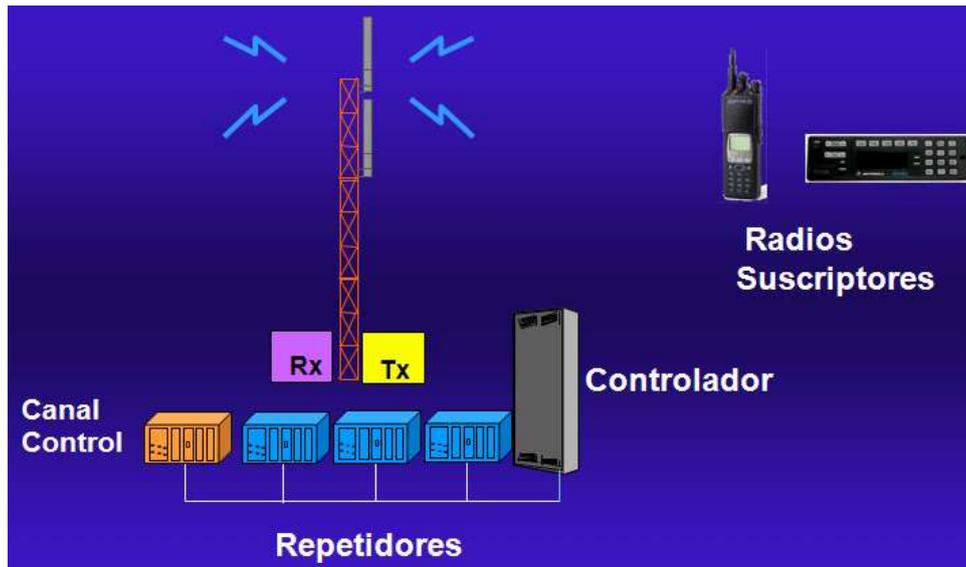


Figura 1.6 Componentes de un Sistema de Radio Troncalizado Típico

### 1.3.3.1 Componentes de un Sistema de Radio Troncalizado

#### 1.3.3.1.1 Radios Suscriptores

Son los equipos de los usuarios, pueden ser: móviles, bases o portátiles.

#### 1.3.3.1.2 Repetidoras

Estas repetidoras son de tráfico asignadas a comunicaciones al igual que un Sistema de Radio Convencional.

#### 1.3.3.1.3 Canal de Control

Es una repetidora asignada con funciones especiales para recibir y transmitir información de datos, administrar la entrada de las llamadas a la lista de espera y la entrada de las llamadas a las repetidoras, se encarga de realizar el *Roaming*<sup>1</sup> y el *Handoff*<sup>2</sup> de manera automática y transparente para el usuario, pero indicándole a través de una señalización visual en la radio en que zona se encuentra.

Este canal se requiere para imponer disciplina continua sobre los radios de los abonados, garantizando que el sistema localice abonados y los asigne

<sup>1</sup> ROAMING: Capacidad de cambiar de un área de cobertura a otra sin interrupción en el servicio o pérdida en conectividad.

<sup>2</sup> HANDOFF: Transfiere el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente

rápidamente a los canales. El canal de control dedicado y digital provee la máxima confiabilidad en el sistema.

#### 1.3.3.1.4 Controlador

El Controlador trabaja conjuntamente con el Canal de Control y es el encargado de recibir los pedidos de tráfico por parte de los usuarios y administrar los recursos, es decir, al recibir una petición de un radio, este revisa en su base de datos y le asigna un canal libre y a través de canal de control manda una señal a todos los radios del sistema, pero solo los radios del grupo de trabajo son los que se ubican automáticamente en ese canal. Todo este proceso toma alrededor de 200ms, ya que es un intercambio de datos a nivel digital, permitiendo manejar una gran cantidad de usuarios evitando colisiones en los paquetes.

#### 1.3.3.1.5 Sistema de Antenas

El sistema de antenas de transmisión y de recepción es independiente, de esta manera se logra balancear la cobertura de entrada y de salida del sistema. En un Sistema de Radio Convencional el punto más débil es el portátil ocasionando que haya lugares en donde se recibe la información pero no se pueda retornar la llamada, debido a que este tipo de radios tienen menos potencia, una antena menos eficiente y posee una posición desventajosa a nivel del suelo comparado con una radio base o móvil.

En un Sistema de Radio Troncalizado a través de la separación de los Sistemas de antenas de transmisión y recepción se garantiza que un portátil pueda recibir y retornar la señal para poder participar de la conversación desde cualquier lugar.



Figura 1.7 Componentes reales de un Sistema de Radio Troncalizado

### 1.3.3.2 Tipos de Configuración de Red



Figura 1.8 Tipos de Configuración de Red

Las diversas configuraciones de Red de un Sistema de Radio Troncalizado se basan en la cantidad de usuarios del sistema como en la cobertura geográfica del mismo. Existen algunos tipos de configuraciones:

#### 1.3.3.2.1 Red Local

Son redes de tamaño pequeño y mediano conformado por un solo controlador encargado de administrar todas las Repetidoras del sistema. Son utilizadas en empresas pequeñas y de área geográfica limitada.

### 1.3.3.2.2 Red Regional

Son redes de mayor tamaño, a nivel regional, nacional o internacional, se caracterizan por estar compuestas de 2 o más redes locales, dependiendo de la cantidad de usuarios y de la cobertura geográfica que necesita el sistema. Requieren de dos tipos de canales de control para poder realizar la interconexión total de la red

➤ *Canal de control de datos*

Este tipo de canal se encuentra entre cada par de controladores interconectados y es el encargado de coordinar una llamada que involucre sitios en más de una de las áreas locales.

➤ *Canal de control de audio*

Este canal tiene la función de encaminar el audio de algún área requerida para la localización de los miembros de un grupo de conversación.

También se necesitan nuevos módulos de Hardware y Software que sirven como interfaz para la interconexión entre áreas locales. Este tipo de configuración permite crear un sistema de operación de red homogéneo sobre áreas geográficas extensas.

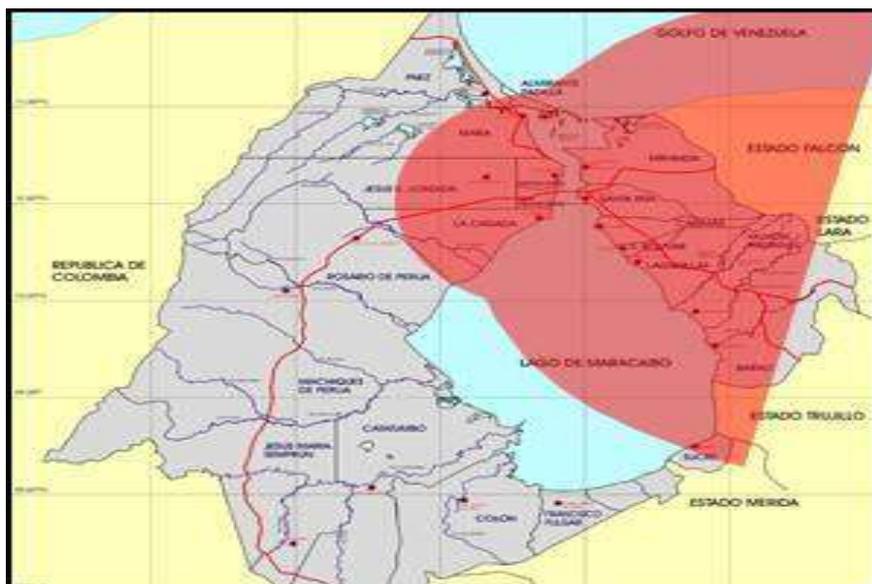


Figura 1.9 Cobertura de la Red Regional de PDVSA Occidental

### 1.3.4 Funcionamiento

#### 1.3.4.1 Proceso de llamada del Sistema de Radio Troncalizado

Un intercambio simplificado entre la unidad de radio y el equipo repetidor del sitio es descrito a continuación:

1. La unidad de radio escucha continuamente las instrucciones que esperan del canal del control.
2. Cuando se va a realizar una llamada, el usuario presiona el interruptor PTT; la radio después envía un mensaje digital corto sobre el canal del control al controlador en forma de una Palabra de Señal de Entrada (ISW<sup>1</sup>) el cual posee una señal de identificación del radio (ID), información del grupo de conversación designado y una solicitud del canal para comunicarse.
3. El controlador escucha el ISW, busca dentro de sus base de datos una ID correspondiente a la recibida y actualiza su base de datos.
4. Si no existe una repetidora libre, la llamada es colocada en lista de espera tomando en cuenta el nivel de prioridad de la llamada.
5. El controlador asigna uno de los repetidores libres para el grupo de conversación al que pertenece el usuario y envía una Palabra de Señal de Salida (OSW<sup>2</sup>) sobre el canal de control, el cual posee el ID del grupo de conversación, el ID de la unidad de radio que solicitó la llamada y la información del canal de voz asignado.
6. Todas las unidades de radio reciben la OSW enviada y examinan el ID del grupo de conversación.
7. Todos los radios asignados al grupo de conversación asociado con el ID recibido conmutan su frecuencia hacia el canal de voz asignado.

---

<sup>1</sup> ISW: In Signal Work

<sup>2</sup> OSW: Out Signal Work

8. El controlador envía un Handshake<sup>1</sup> de baja velocidad (LSHS<sup>2</sup>) sobre el canal de voz, ocasionando que todos los radios que recibieron el LSHS, en este caso solo los del grupo de conversación, activen sus receptores e ingresen al proceso de transmisión.
9. La radio señala audiblemente al operador que se ha asignado un canal y que las comunicaciones Half-Duplex<sup>3</sup> pueden comenzar.
10. Los radios transmiten voz y un tono de conexión sub audible que es utilizado para informar al controlador de la actividad del canal de voz, mientras que el controlador continúa enviando el LSHS, para mantener a los radios receptores trabajando dentro del Canal de Voz.
11. Cuando el usuario libera el botón PTT el radio transmite un tono de desconectado hacia el Controlador, indicando que la transmisión ha sido finalizada y el canal de voz asignado regresa a estar disponible.
12. Los radios del grupo de conversación conmutan hacia la frecuencia del canal de control para escucharlo nuevamente.

El procedimiento se lo encuentra ilustrado en la

**Figura 1.10 Diagrama del Proceso de llamada en un Sistema de Radio Troncalizado**

#### **1.3.4.2 Interconexión con redes Telefónicas**

Los Sistemas de Radio Troncalizados poseen interfaces de línea configurable End-to-End (E-E) para la interconexión con la Red Telefónica Pública PSTN e interfaces E&M de 2 y 4 hilos con centrales privadas PABX, esto se lo hace aumentando una unidad extra (Gateway) para poder realizar

---

<sup>1</sup> HANDSHAKE: Intercambio de una serie de señales para confirmar que se utiliza la misma norma en las dos estaciones antes de comenzar la comunicación de datos entre ellas

<sup>2</sup> LSHS: Low Speed Handshake

<sup>3</sup> HALF-DUPLEX: Comunicaciones que utilizan dos frecuencias, una para transmisión y la segunda para recepción.

dicha comunicación entre redes, como se puede observar en la Figura 1.11 Interconexión Sistema de Radio Troncalizado con Redes Telefónicas.

Figura 1.10 **Diagrama del Proceso de llamada en un Sistema de Radio Troncalizado** y se puede repetir varias veces durante toda la comunicación y las transmisiones subsecuentes se pueden hacer sobre los canales de trabajo disponibles

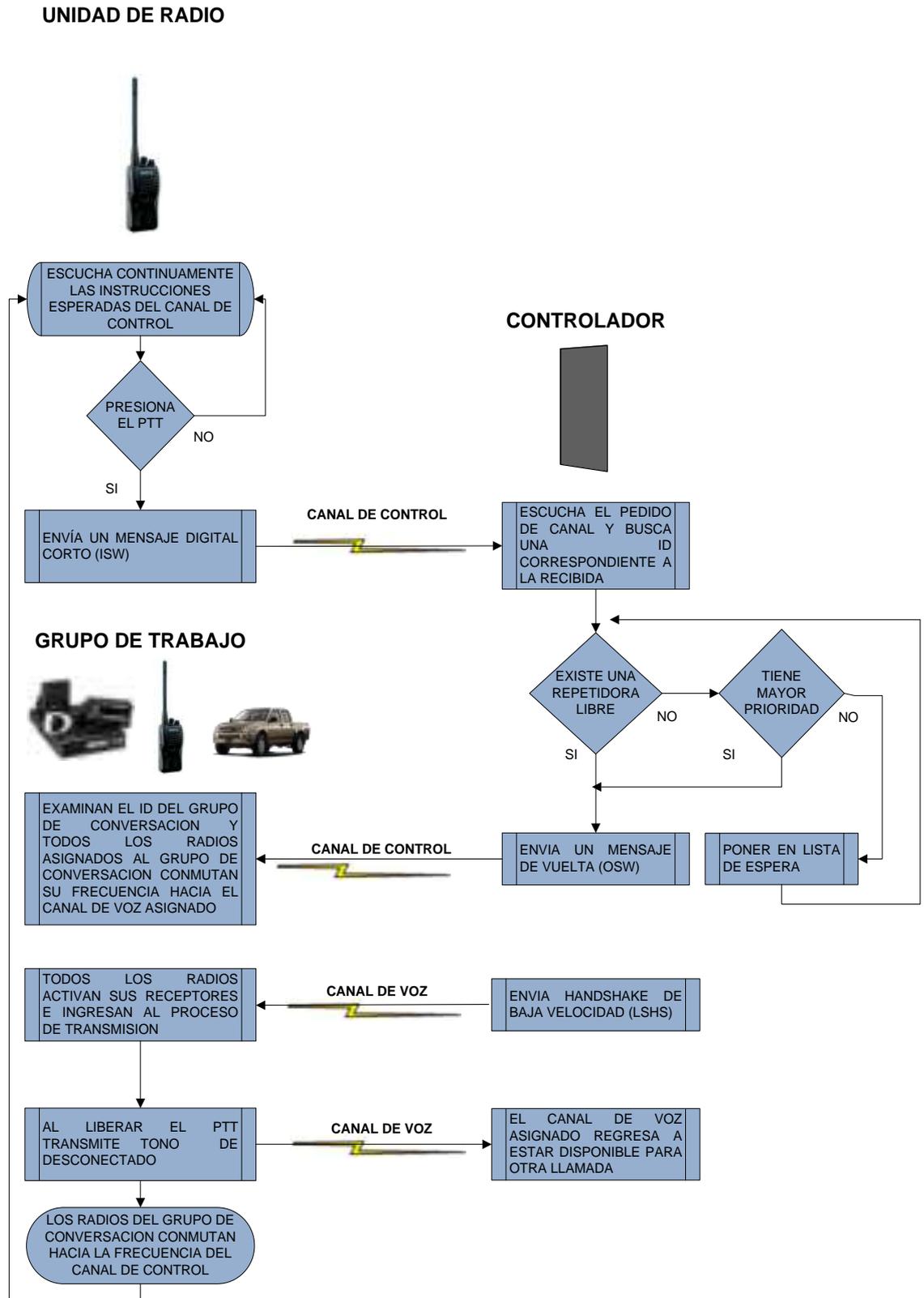


Figura 1.10 Diagrama del Proceso de llamada en un Sistema de Radio Troncalizado

### 1.3.4.3 Interconexión con redes Telefónicas

Los Sistemas de Radio Troncalizados poseen interfaces de línea configurable End-to-End (E-E) para la interconexión con la Red Telefónica Pública PSTN<sup>1</sup> e interfaces E&M<sup>2</sup> de 2 y 4 hilos con centrales privadas PABX, esto se lo hace aumentando una unidad extra (Gateway<sup>3</sup>) para poder realizar dicha comunicación entre redes, como se puede observar en la Figura 1.11 Interconexión Sistema de Radio Troncalizado con Redes Telefónicas.

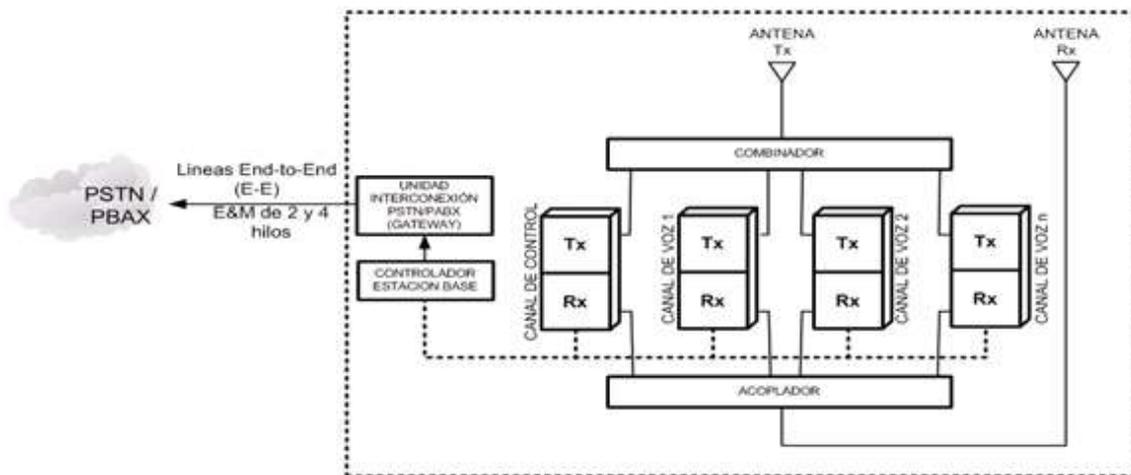


Figura 1.11 Interconexión Sistema de Radio Troncalizado con Redes Telefónicas

La comunicación se puede hacer desde una red telefónica hacia un móvil troncalizado o desde un móvil troncalizado hacia la red telefónica:

#### 1.3.4.3.1 Acceso desde Radio a PSTN o PABX

Para llamar desde un radio hacia una red telefónica, el radio usuario tiene la opción de presionar el botón asignado para llamadas telefónicas, esperar tono e ingresar el número de teléfono. Si los canales de interconexión están ocupados recibe una señal de ocupado y la llamada es ubicada en una cola de espera.

<sup>1</sup> PSTN: Public Switched Telephone Network

<sup>2</sup> E&M: Oído y Boca. Protocolo de señalización e interfaz para recepción y transmisión analógica

<sup>3</sup> GATEWAY: Dispositivo de comunicaciones que transfiere datos entre redes que tienen funciones similares pero implantaciones diferentes.

#### 1.3.4.3.2 Acceso desde PSTN o PABX hacia un Radio

Para este tipo de llamadas una persona externa marca un número asignando al modulo de interconexión (Gateway) del Sistema Troncalizado. Si existe un canal de interconexión libre un tono es escuchado y se puede ingresar el ID de seis dígitos correspondiente al usuario del sistema. Una señal de llamada alerta al radio usuario para presionar el botón de llamada telefónica y responder la llamada.

#### 1.3.4.4 Términos utilizados dentro de la Teoría de Sistemas de Radio Troncalizado

Los términos más utilizados dentro de la teoría de Sistemas de Radio Troncalizado son los siguientes:

##### 1.3.4.4.1 Tiempo de Establecimiento

Es el tiempo requerido para proporcionar un canal a un usuario que lo solicita.

##### 1.3.4.4.2 Llamada Bloqueada

Es la llamada que no puede completarse en el momento en que se solicita debido a congestión.

##### 1.3.4.4.3 Duración media de la llamada (H)

Es el promedio de la duración de una llamada medida en segundos (Holding time – H)

##### 1.3.4.4.4 Tasa de requerimientos ( $\mu$ ):

Es el número medio de pedidos de llamada en la unidad de tiempo.

### 1.3.4.4.5 Intensidad de tráfico (A):

Es la magnitud de la ocupación media del canal medido en Erlang<sup>1</sup>.

➤ *Intensidad de tráfico por usuario*

La intensidad de tráfico ofrecida para cada usuario corresponde al producto entre la duración media de la llamada (H) y el número medio de llamadas ( $\mu$ ) que realiza en la unidad de tiempo

$$A_{\mu} = \mu H$$

➤ *Intensidad de tráfico por canal*

La intensidad de tráfico por canal en un Sistema de Radio Troncalizado de Ch canales, si el tráfico es igualmente distribuido entre canales está dada por la siguiente ecuación:

$$A_{Ch} = \frac{UA_{\mu}}{Ch}$$

➤ *Intensidad de tráfico total*

La intensidad de tráfico total ofrecido (A), para un sistema que posee U usuarios y un número no específico de canales es:

$$A = UA_{\mu}$$

Como en la mayoría de casos, los datos se los obtienen de forma estadística proporcionando  $\bar{H}$  que es el valor promedio de duración medio de llamada y  $\bar{\mu}$  el número medio de llamada para el conjunto de usuarios a los que se brindará el servicio, por lo que la intensidad de tráfico total también puede ser calculada por medio de la siguiente fórmula.

$$A = \bar{H}\bar{\mu}$$

<sup>1</sup> ERLANG: Unidad adimensional utilizada en Telecomunicaciones como una medida estadística del volumen de tráfico, Un E es la intensidad de tráfico en un conjunto de elementos, cuando sólo uno de ellos está ocupado.

#### 1.3.4.4.6 Carga

Es la intensidad de tráfico a lo largo del sistema de radio troncalizado completo.

#### 1.3.4.4.7 Grado de Servicio (GOS):

Es la medida de la habilidad de un usuario para acceder a un Sistema de Radio Troncalizado durante la hora de mayor ocupación. Esta hora se establece de la estadística de la demanda de los usuarios en una semana, mes o año. El GOS típicamente se entrega como la probabilidad de que una llamada sea bloqueada (Erlang B) o como la probabilidad de que la llamada experimente un retardo mayor en su establecimiento que un tiempo de espera especificado es decir es colocada en la lista de espera (Erlang C).

##### 1.3.4.4.7.1 GOS para Sistemas de Radio Troncalizados con pérdidas de llamadas

Este grado de servicio se lo puede medir solamente en sistemas de radio troncalizado en el cual al solicitar una llamada y no encontrar un canal libre, se niegue el acceso al sistema.

Para su estudio se asume que:

- *Los requerimientos de llamadas aparecen obedeciendo a una Distribución de Poisson<sup>1</sup>.*
- *El número de usuarios tiende al infinito.*
- *El número de canales disponibles es finito.*
- *No se pone ninguna restricción respecto de los requerimientos de llamada.*
- *La probabilidad de ocupación del canal es exponencial*

Este tipo de sistemas se conoce como de colas M/M/n/n<sup>2</sup>, y la probabilidad de bloqueo de llamadas (GOS) se determina por la conocida

---

<sup>1</sup> DISTRIBUCIÓN DE POISSON: Es una distribución de probabilidad discreta, que expresa la probabilidad de que un número k de eventos ocurriendo en un tiempo fijo si estos ocurren con una frecuencia media conocida y son independientes del tiempo transcurrido desde el último evento

<sup>2</sup> M/M/n/n: Es un modelo en el cual no hay cola de espera, sino n recursos y hasta n usuarios como máximo, si llega el usuario n+1, es rechazado.

fórmula de Erlang B<sup>1</sup>, donde Ch es el número de canales ofrecidos por el sistema troncalizado, y A es el tráfico total ofrecido.

$$GOS = P_{[bloqueo]} = \frac{\frac{A^{Ch}}{Ch!}}{\sum_{k=0}^{Ch} \frac{A^k}{k!}}$$

La fórmula de Erlang B proporciona una estimación conservadora del GOS, y evita una excesiva e innecesaria complejidad en el cálculo.

#### 1.3.4.4.7.2 GOS para Sistemas de Radio Troncalizados con encolamiento de llamadas.

Este grado de servicio se lo puede medir en los Sistemas de Radio Troncalizados que poseen entre sus características una lista de espera para llamadas que no se le asigne un canal libre para comunicarse. Este tipo de sistemas se los conoce como colas tipo M/M/n<sup>2</sup>, cuyo GOS indica la probabilidad de que una llamada bloqueada deba esperar en la cola más allá de un intervalo especificado y se lo calcula usando la fórmula de Erlang C<sup>3</sup>, donde Ch es el número de canales ofrecidos por el sistema troncalizado, y A es el tráfico total ofrecido:

$$P_{[retardo > 0]} = \frac{A^{Ch}}{A^{Ch} + Ch! \left(1 - \frac{A}{Ch}\right) \sum_{k=0}^{Ch-1} \frac{A^k}{k!}}$$

El retardo promedio D de las llamadas en la cola en un Sistema de Radio Troncalizado se lo puede calcular por:

$$P_{[retardo > t]} = P_{[retardo > 0]} P_{[retardo > t | retardo > 0]}$$

$$GOS = P_{[retardo > t]} = P_{[retardo > 0]} e^{-\frac{(Ch-A)t}{H}}$$

<sup>1</sup> ERLANG B: Es un factor que indica la probabilidad de encontrar k canales ocupados, expresado como grado de servicio.

<sup>2</sup> M/M/n: Es un modelo en el cual la capacidad del sistema es ilimitada, aunque haya sólo n recursos; en caso de llegar el recurso número n+1, pasará a una cola de espera, pero no es rechazado.

<sup>3</sup> ERLANG C: Es un factor que calcula la probabilidad de la cola ofrecido en el trafico, asumiendo que las llamadas que fueron bloqueadas se quedaran en el sistema hasta que se pueda atender.

$$D = P_{[\text{retardo} > 0]} \frac{H}{Ch - A}$$

#### 1.3.4.4.8 Eficiencia del Troncalizado.

Es una medida del número de usuarios a los que puede atenderse con un GOS especificado para un número de canales fijos. La forma en que los canales se agrupan puede alterar sustancialmente el número de usuarios manejados por el sistema troncalizado.

#### 1.3.4.5 Transferencia de llamadas entre celdas (HANDOFF)

El Sistema de Radio Troncalizado al ser un sistema que brinda un servicio de comunicaciones móviles, necesita realizar transferencia de llamadas entre celdas de manera automática y transparente para el usuario.

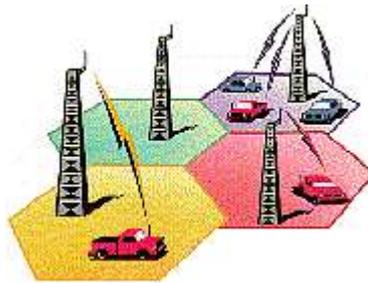


Figura 1.12 Distribución de Celdas en un Sistema de Comunicaciones Móvil.

Al deteriorarse la calidad de transmisión durante una llamada en proceso, se realiza un cambio automático a otra estación base con mejor calidad de transmisión, esta conmutación es realizada a través del canal de voz, debido a que una vez establecida la llamada el canal de control no es usado nuevamente durante la duración de la llamada. A este proceso de conmutar una llamada en proceso de una estación base a otra se conoce como *Handoff*.

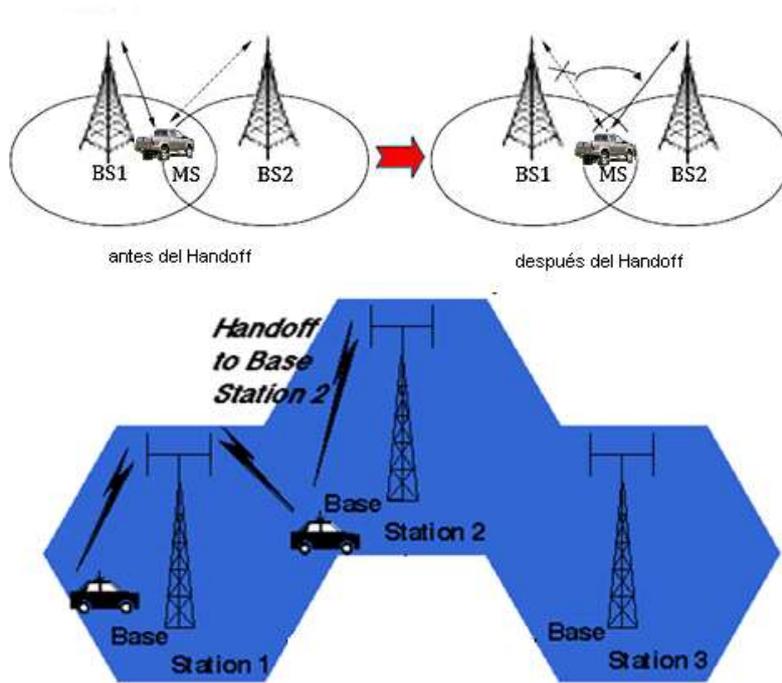


Figura 1.13 Procedimiento del Handoff

El Handoff es requerido cuando la estación base recibe señales débiles desde la unidad móvil, ocasionado principalmente por las razones enlistadas y visualizadas en la Figura 1.14 Principales requerimientos de Handoff:

- *El móvil llega al límite de la celda, en donde, el nivel de señal cae por debajo de un límite aceptable.*
- *El móvil entra dentro de alguno de los pozos de intensidad de señal que se encuentran dentro de la celda.*

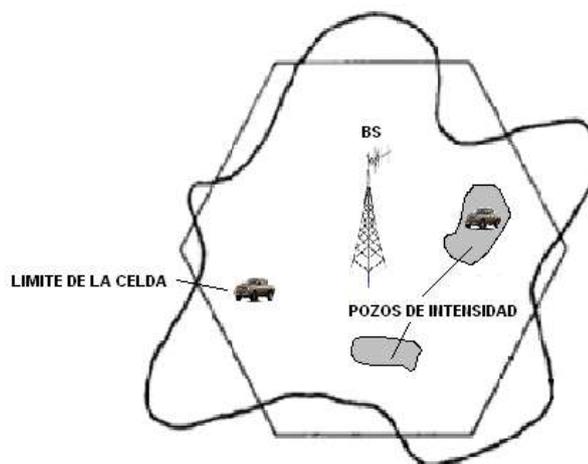


Figura 1.14 Principales requerimientos de Handoff

El Handoff es esencial para no perder la comunicación, en ninguna de las situaciones anteriormente citadas.

#### 1.3.4.5.1 Tipos de Handoff

Para poder implementar este mecanismo, durante una llamada en progreso el equipo del canal de voz en la estación base está supervisando continuamente la calidad de la radio transmisión, efectuando los siguientes chequeos:

- *Intensidad de la señal de radio frecuencia*
- *Relación portadora / interferencia en la Señal de Supervisión de Audio (SAT<sup>1</sup>) y su retardo.*

En base a estas mediciones se puede diferenciar dos tipos de Handoff

##### 1.3.4.5.1.1 El basado en la intensidad de la señal.

Se evalúa el nivel del umbral de la intensidad de señal para que ocurra un Handoff, este nivel es de -100dBm en un sistema con ruido limitado y de -95dBm en un sistema con interferencia limitada.

El localizador del receptor mide todas las intensidades de señal de todos los receptores en la estación base, la intensidad de la señal recibida RSS<sup>2</sup> incluye interferencia.

$$RSS = S + I$$

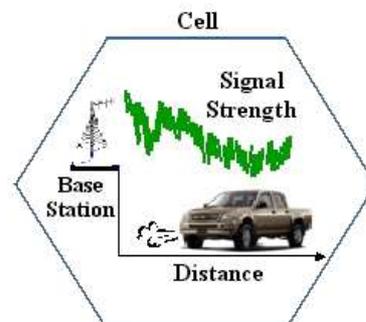


Figura 1.15 Evaluación de la intensidad de la señal para un posible Handoff

<sup>1</sup> SAT: Siglas de *Supervisory Audio Tone*

<sup>2</sup> RSS: Siglas de *Received Signal Strength*

Al incluirse la Interferencia (I) en la RSS, ocasiona varios errores en la correcta aplicación del Handoff, ya que si se tiene un elevado nivel de interferencia y un nivel de la señal por debajo del umbral debería ocurrir una Handoff, pero no es así ya que se evalúa el RSS que estaría por encima del nivel umbral. En otra situación si se tiene un nivel aceptable de la señal y un nivel bajo de interferencia, por lo tanto, la comunicación es de calidad, pero al evaluar la RSS que es baja, debido a la baja potencia de I se realizara un Handoff innecesario.

Por lo tanto se puede deducir que aunque es un método fácil de manejar no es óptimo para determinar cuándo debe ocurrir un Handoff.

#### 1.3.4.5.1.2 El basado en la relación Señal / Ruido (S/N).

Se evalúa el nivel umbral de la relación a Señal/Ruido para que ocurra un *Handoff*, este nivel es de 18dB, garantizando una buena calidad de voz. Por razones de capacidad se puede utilizar un valor menor de S/N.

El SAT es generado por la unidad de canal de voz, el cual es adicionado a la voz transmitida pero no la interfiere ya que su frecuencia está por encima de las frecuencias de voz. El Handoff puede ser controlado mediante el uso de la relación S/N, que se obtiene de:

$$S/N = \frac{S + N}{N}$$



Figura 1.16 Momento en el que se realiza el Handoff

Se establece un nivel basado en S/N, dado que S decae en función de la distancia pero N es independiente de la ubicación, por lo tanto, si éste disminuye puede ser en respuesta al incremento en la distancia de propagación o en la interferencia y en ambos casos un Handoff es necesario.

#### 1.3.4.5.2 Algoritmo de dos niveles para Handoff.

Con el propósito de mejorar un Handoff exitoso se utiliza un algoritmo de dos niveles. El gráfico de la intensidad de señal promedio es grabado en el indicador de intensidad de señal del canal recibido, el cual es instalado en cada receptor de canal en la estación base.

Cuando la intensidad de señal cae por debajo del primer nivel de Handoff, una petición de Handoff es iniciada, el Handoff se realiza si la nueva señal es más fuerte (caso I de la Figura 1.17 Esquemas de dos niveles de Handoff), pero si el segundo nivel es alcanzado la llamada es transferida sin condiciones (caso II de la Figura 1.17 Esquemas de dos niveles de Handoff).

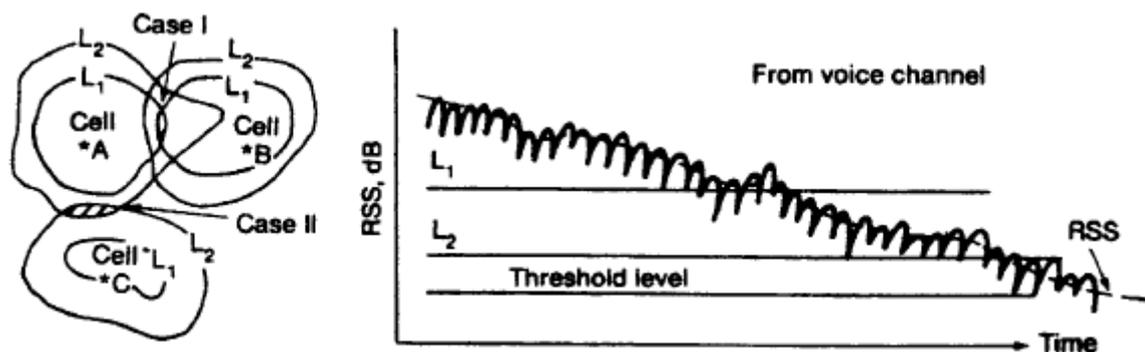


Figura 1.17 Esquemas de dos niveles de Handoff

Una ventaja de tener dos niveles de Handoff es hacer que ocurra en el lugar adecuado y eliminar posibles interferencias en el sistema.

#### 1.3.4.5.3 Cola de espera de Handoff

Un esquema de cola de espera de Handoff se convierte en eficiente sólo cuando los pedidos de Handoff arriban al controlador en grupos.

Usar cola de espera para las llamadas iniciadas reduce la probabilidad de bloqueo, pero esta cola de espera resulta un incremento de la probabilidad de bloqueo de las llamadas en Handoff, lo cual es una desventaja.

Al poner en cola de espera sólo las llamadas de Handoff la probabilidad de bloqueo se reduce. No obstante siempre se debe tener en cuenta que la cola de espera para el Handoff es más importante que la cola de espera para las llamadas iniciadas porque para el usuario la caída de una llamada es más molesta que el bloqueo de una solicitud de llamada.

### **1.3.5 Tipos**

#### **1.3.5.1 Troncalización por Transmisión**

En el Sistema Troncalizado por Transmisión cada vez, que se presiona el botón de PTT, se compite con los demás usuarios para que el sistema le asigne un canal, el primero que este libre; pero al soltar el PTT el canal se libera de manera inmediata volviendo a estar disponible para todos los usuarios, y el sistema puede asignarlo a otra conversación de manera inmediata, de tal manera que cuando se desee volver a participar en la conversación existe el riesgo de no encontrar canales libres y entrar a la cola de espera hasta poder recibir el recurso durante las horas de mucha densidad..

Este Sistema tiene un espectro extremadamente eficiente, sin embargo no asegura continuidad en las comunicaciones. Es decir, el canal de comunicación es dedicado solamente durante un mensaje sencillo el cual se libera inmediatamente cuando el abonado de radio cesa de transmitir. Esto hace que el sistema sea de difícil uso para el usuario y puede resultar en una situación complicada si el sistema está muy cargado; la única solución es no cargar demasiado un sistema con troncalización por transmisión.

#### **1.3.5.2 Troncalización por Mensajes**

En el Sistema de Troncalización por Mensaje, si se empieza una llamada para un grupo de comunicaciones y se deja de presionar el PTT, el sistema espera una ventana de tiempo, en el cual el sistema retiene la repetidora para

todo el grupo, permitiendo las personas del grupo pueda responder de manera inmediata. Al poseer el canal asignado para una sola conversación se desarrolla una conversación (un mensaje) completa de manera fluida.

Esta ventana de tiempo es programable en el rango de milisegundos, transcurrida esta ventana de tiempo el sistema asume que la conversación se termino y vuelve el canal asignado al recurso libre.

En este sistema el canal de radio es dedicado durante el tiempo que dura la conversación de tal manera que resulta extremadamente ineficiente tanto en la frecuencia como en la utilización de recursos, largas pausas de los usuarios durante la conversación se convierten en desperdicio del espectro y tiempo en el aire, pero permite comunicaciones mucho más fluidas y sin interrupciones, desarrollándose conversaciones más largas entre los usuarios de un mismo grupo.

### **1.3.6 Estándares**

Un Sistema de Radio Troncalizado tiene varios Estándares con diversas tecnologías y variadas prestaciones como LRT, EDACS, MPT1327, SmartNet, APCO, TETRA, ASTRO25, en la actualidad se está produciendo un proceso de estandarización con los sistemas digitales.

#### **1.3.6.1 Sistema Troncalizado LRT (Logic Trunked Radio)**

Esta tecnología de Troncalización procesa las comunicaciones en forma analógica y utiliza el protocolo LTR, que tiene la característica de no ser un protocolo propietario de una marca de radios, permitiendo que existan en el mercado muchos fabricantes de radios que ofrezcan productos compatibles con esta Tecnología.

El Sistema Troncalizado LRT, es el primer escalón en la Troncalización de un Sistema Convencional proporcionando grandes ventajas como: mayor capacidad de tráfico, control de base de usuarios e implementación de llamadas de grupo y en forma individual.

### 1.3.6.2 Sistema Troncalizado EDACS

Este Sistema Troncalizado originalmente desarrollado por Ericsson cuyo protocolo es el denominado EDACS (Enhanced Digital Access Communications System). Es muy comercial dentro del mercado de las comunicaciones por su excelencia en prestación y confiabilidad. Posee acceso digital y un canal de control el cual administra todas las comunicaciones que se cursan en el sistema.

Esta tecnología permite implementar sistemas con los requisitos como comunicaciones analógicas, digitales, digitales encriptadas, claves de encriptación en las comunicaciones digitales y comunicación de datos. Incorporando funciones avanzadas como: reprogramación de terminales por aire, reagrupamiento dinámico por aire, transmisión de datos multisitio, llamadas de emergencia, prioridades en las comunicaciones y deshabilitar/habilitar por aire radios robadas.

La finalidad básica de implantar el sistema EDACS es manejar todas las comunicaciones móviles de una manera eficiente y con un alto grado de servicio., además tiene la capacidad de actualizar su sistema mediante modificaciones menores a un Sistema Digital de alta velocidad, siendo incorporado a los radios EDACS (portátiles y Móviles) mediante programación

EDCAS es un Sistema Troncalizado que cumple APCO-16B<sup>1</sup> por tener una arquitectura distribuida tolerante a fallas, proporcionándole alta disponibilidad y fiabilidad con una mínima degradación de las operaciones del sistema bajo varios modos de falla, y cuyo manejador del sistema provee a la red la capacidad de monitoreo en tiempo real de la actividad de los canales, detalles de tráfico, estadísticas por canal o sitio, reporte de bases de datos por unidad o grupos y reporte de alarmas, entre otros servicios.

---

<sup>1</sup> APCO-16 B: Es un estándar desarrollado en 1970 por la APCO (Association of Public-Safety Communications Officials-International) y describe las características y capacidades de seguridad pública de sistemas de radio troncalizado

### 1.3.6.3 Sistema Troncalizado MPT1327

MPT-1327 es un estándar de origen británico, publicado por la British Ministry of Post and Telecommunications, de donde se deriva su nombre MPT. Inicialmente fue utilizado en Inglaterra, y luego se extendió rápidamente a nivel mundial.

Éste estándar comprende dos partes: la primera MPT-1327 propiamente dicho, que trata aspectos de señalización; y MPT-1343 la especificación del comportamiento de las unidades de radio; adicionalmente MPT-1347 es un complemento sobre especificaciones para la red fija, pero con frecuencia solo se menciona la primera parte.

Para permitir la transmisión de datos se desarrolló un interfaz entre la unidad de radio y la terminal de datos, esta interfaz se denomina Protocolo de Acceso Móvil para MPT-1327; MAP-27.

El Sistema Troncalizado MPT1327 está basado en un protocolo abierto que dedica uno de sus canales a desempeñar funciones de canal de control, permitiendo incorporar prestaciones extras a las ofrecidas por LTR como realizar llamadas de Emergencia y Prioridades en las comunicaciones.

Si bien las comunicaciones de voz son analógicas, los radios soportan la instalación de opcionales de encriptación de voz con la finalidad de lograr mayor privacidad en las comunicaciones.

El estándar MPT1327 se utiliza principalmente en Europa, Australia y Canadá, tiene las siguientes características:

- *Hasta 24 canales por sitio*
- *Utiliza canal de control - reversible a tráfico si se requiere*
- *Transferencia automática del canal de control en caso de falla*
- *Sistema "Slotted Aloha"<sup>1</sup> para acceso al canal de control*
- *Cola de tráfico en el canal de control*
- *Reagrupación dinámica*

---

<sup>1</sup> Slotted Aloha: o ALOHA ranurado esencialmente anuncia la disponibilidad de un espacio de tiempo en un canal.

- *La pérdida de un canal no inutiliza el sistema*
- *Validación de abonado individual*
- *Validación de número de identificación único por radio (ESN)*
- *Protocolo contempla cobertura multisitio con roaming automático*
- *El canal del control señala a 1200 bps con una detección de error simple de 15-bit CRC<sup>1</sup>.*
- *Rádios disponibles para VHF, UHF y 800 MHz*

Posee los siguientes tipos de llamadas:

- *Voz:*
  - *Individuales y de grupo*
  - *4 niveles de prioridad incluyendo emergencia*
  - *Transferencia de llamadas*
  - *Retención y devolución automática de llamadas*
- *Telefónica:*
  - *RTPC/ PABX*
  - *Discado desde teclado o auto discado*
  - *Llamada de emergencia, individual y de grupo*
- *Mensajes de Data:*
  - *Condición (status)*
  - *Data corta*
  - *En canal de tráfico*
- *Seguridad:*
  - *Validación de abonados*
  - *Verificación de ESN<sup>2</sup>*

---

<sup>1</sup> CRC: Siglas de Control de Redundancia Cíclica, que es un mecanismo de detección de errores en Sistemas Digitales.

<sup>2</sup> ESN: Siglas de Electronic Serial Number

#### 1.3.6.4 Sistema Troncalizado SmartNet de Motorola

SmartNet es un sistema de troncalización analógico integrado que proporciona servicios de comunicación de voz y datos con amplias aplicaciones



**Figura 1.18 Sistema Troncalizado SmartNet de 800Mhz. y 5 Repetidoras**

El Sistema Troncalizado SmartNet de Motorola tiene las siguientes características:

- *Utiliza teóricamente hasta 760 frecuencias, espaciadas en los canales de transmisión 12.5kHz o 25kHz.*
- *Transmiten en la banda baja y reciben en la banda alta*
- *El canal de control transmite 84 paquetes en 3600 bps que contienen diversa información como: sistema de identificación, datos, estado actual, índice del canal que señala, comando para la afiliación de radio a los grupos y grupos de trabajo.*

- *El formato del paquete es absolutamente complejo porque se necesita asegurar la correcta interpretación en el punto de destino y un alto nivel de la inmunidad de ruido.*
- *Protocolo contempla cobertura multisitio con roaming automático*
- *Reagrupación dinámica*
- *Evalúa la RSS para un Handoff*
- *Sistemas de alarmas*
- *Habilitación y deshabilitación de un equipo de manera remota.*
- *Información de AITA<sup>1</sup>*
- *Sistema de Estadísticas que ofrecen resúmenes de: sistema, sitio, sitio compartido, grupo, individual y la transacción.*
- *Utiliza un método de corrección de errores circunvolucional y un CRC para la detección de error final.*

SmartNet está diseñado para los siguientes tipos de llamadas:

- *Voz:*
  - *Individuales y de grupo*
  - *Niveles de prioridad incluyendo emergencia*
- *Telefónica:*
  - *RTPC/ PABX*
  - *Llamada de emergencia, individual y de grupo*

Este Sistema es el más comúnmente utilizado en Norteamérica, en extensa parte de Europa y Australia.

---

<sup>1</sup> AITA: Siglas de Air Traffic Information Access, que proporciona datos de tráfico de acceso

### 1.3.6.5 Sistema Troncalizado APCO 25



Figura 1.19 Logotipo de APCO 25

APCO 25 es un sistema de voz digital y mensajería empleado por servicios públicos y de seguridad en EEUU, que emplea codificadores de voz IMBE en frecuencias de VHF y superiores. Este estándar es un proceso aprobado inicialmente por la ITU<sup>1</sup>

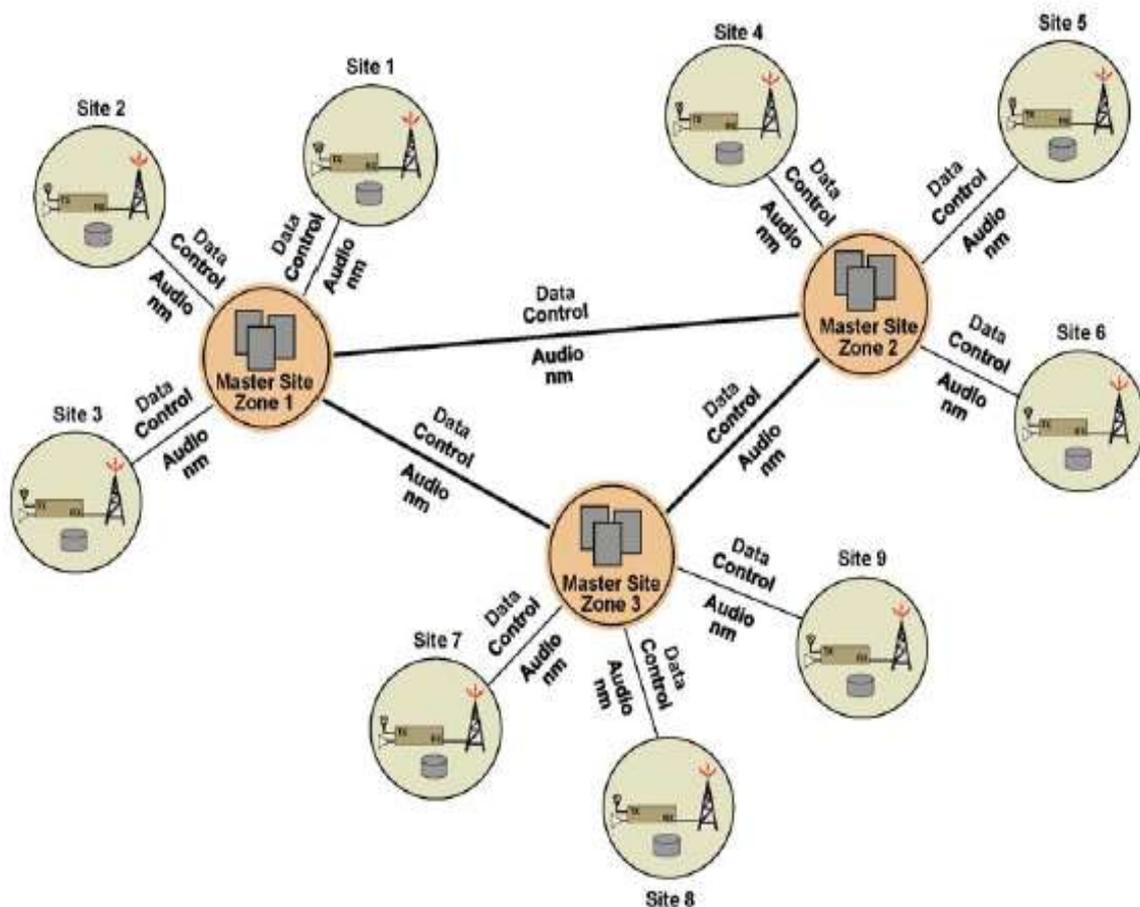


Figura 1.20 Red APCO 25

<sup>1</sup> ITU: Siglas de Unión Internacional de Telecomunicaciones

El Sistema Troncalizado APCO25 tiene las siguientes características:

- *Es de Fabricación Americana*
- *Su comunicación Half-Duplex*
- *Su forma de acceso al canal es FDMA<sup>1</sup>*
- *Tiene modulación QPSK-C<sup>2</sup> con ancho de banda de 6,25Khz.*
- *Tiene modulación C4FM<sup>3</sup> con ancho de banda de 12.5Khz.*
- *Realiza llamadas individuales y en grupo*
- *Algoritmo de Codificación de voz IMBE4 4.400bps*
- *Tasa de Transmisión total de 9.6 Kbps*
- *Espaciamiento de canal 25 Mhz.*

#### 1.3.6.5.1 Bandas de Frecuencia

Las bandas de Frecuencia que utiliza este Sistema de Radio Troncalizado son cuatro y se encuentran detalladas en la Tabla 1.2 Bandas de Frecuencias de APCO 25

BANDAS DE FRECUENCIA		RANGO DE FRECUENCIA (MHz)
1	Tx	403-443
	Rx	438-470
2	Tx	450-482
	Rx	470-520
3	Tx	764-776
	Rx	794-806
4	Tx	851-869
	Rx	806-824

Tabla 1.2 Bandas de Frecuencias de APCO 25

#### 1.3.6.5.2 Servicios

Este estándar ofrece los siguientes servicios:

- *Interoperabilidad de comunicaciones de Sistemas de Radio Troncalizado*
- *Centralización del Sistema de Gestión*

<sup>1</sup> FDMA: Siglas de Acceso Múltiple por División de Frecuencia.

<sup>2</sup> QPSK-C: Modulación en Cuadratura por Desplazamiento de Fase Coherente

<sup>3</sup> C4FM: Es un modulador que consiste en un filtro de Nyquist Coseno levantado, en cascada con un filtro de shaping, en cascada con un modulador de frecuencia.

<sup>4</sup> IMBE: Siglas de Improved Multiband Excitation

- *Software del Sistema flexible, que permite aumentar de forma rápida y sencilla nuevos terminales y equipos de red del sistema*
- *Integración y soporte con Redes de Comunicaciones*
- *Soporta migración de Sistemas Analógicos a Digitales*
- *Integración de Voz y Datos en un simple y efectivo Sistema*
- *Escalabilidad del Sistema*

Es utilizado tanto en agencias de seguridad pública, agencias federales de gobierno, servicios de emergencia y otras empresas con necesidades de comunicaciones inalámbricas.

#### **1.3.6.5.3 Fabricantes**

Entre los principales fabricantes de equipos para esta tecnología se encuentran:

- *Motorola Inc.*
- *ARCON Corporation*
- *Philips Communications*
- *MATRA Corp.*
- *MITRE Corp.*
- *Ericsson*
- *GEC-Marconi*
- *Harris Corp.*
- *National Communications Systems (NCS)*
- *Hewlett Packard Corp.*
- *Digital Voice Systems Inc. (DVSI)*

### 1.3.6.6 Sistema Troncalizado TETRA (TERrestrial TRunked RAdio)



Figura 1.21 Logotipo del Estándar TETRA

Este Sistema Troncalizado es totalmente digital y utiliza tecnología TDMA<sup>1</sup>, está orientado a sistemas de voz y datos móviles. Tiene un aprovechamiento espectral óptimo permitiendo transmitir cuatro canales de voz o datos por cada canal físico de RF. Este sistema se basa en un protocolo abierto ampliamente difundido en Europa existiendo varios fabricantes de equipos aptos para trabajar bajo este protocolo.

Es un estándar de Telecomunicaciones para sistemas de Radio Digital Móvil Privados desarrollado por la ETSI<sup>2</sup> como una respuesta para una evolución necesaria de operadores PMR<sup>3</sup>, en Europa.



Figura 1.22 La Asociación TETRA MoU celebró su 10º año en 2004

El TETRA MoU<sup>4</sup> es una asociación fundada en Diciembre de 1994 con el ánimo de promover y soportar la satisfactoria introducción de ETSI desarrollando el estándar TETRA como una solución europea para sistemas de radio troncalizado digital en el mercado de PMR y PAMR<sup>5</sup>. El Grupo MoU en 1995 tenía 10 miembros pero en el 2007 ya se encontraban con 159 miembros de 97 países los cuales 59 se encuentran fuera de Europa, como se indica en la Figura 1.24 Regiones y sus Porcentajes de Contratos realizados por TETRA MoU en el 2007 los sectores de más rápido crecimiento son el mercado del petróleo y el gas, seguido de Comercio e Industria, se visualiza de mejor

<sup>1</sup> TDMA: Acceso Múltiple por División de Tiempo

<sup>2</sup> ETSI: Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo

<sup>3</sup> PMR: Radio Móvil de Acceso Privado

<sup>4</sup> TETRA MoU: Memorandum of Understanding

<sup>5</sup> PAMR: Radio Móvil de Acceso público

manera en la Figura 1.25 Sectores y sus Porcentajes de contratos del TETRA MoU en el 2007.



Figura 1.23 Principales Miembros del TETRA MoU

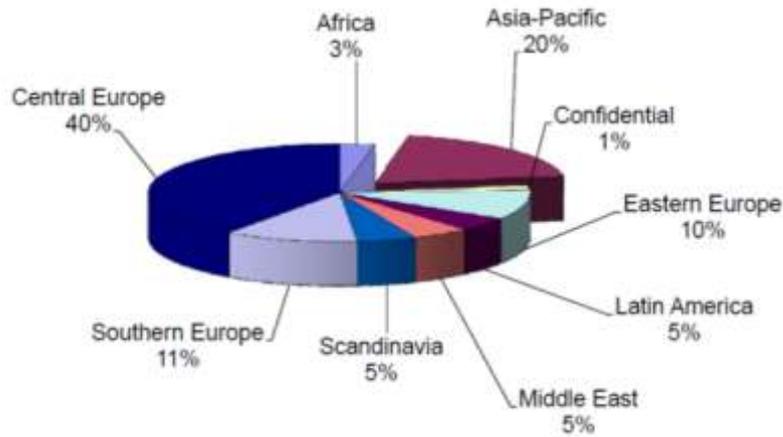


Figura 1.24 Regiones y sus Porcentajes de Contratos realizados por TETRA MoU en el 2007

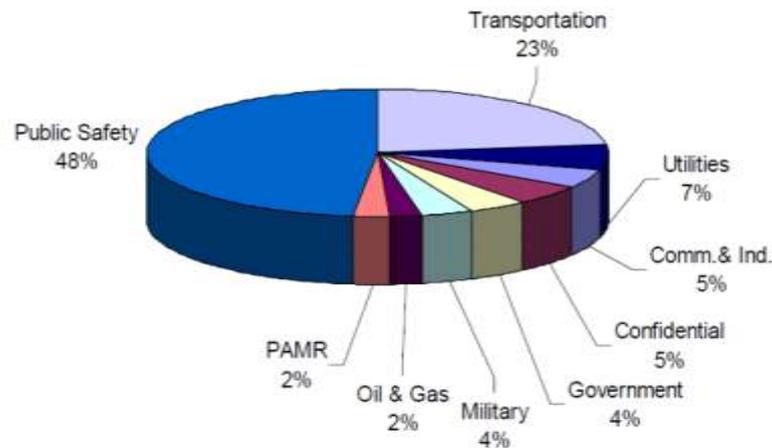


Figura 1.25 Sectores y sus Porcentajes de contratos del TETRA MoU en el 2007

Este estándar tiene las siguientes características:

- *Es el primer estándar real en sistemas de radio móvil digital hechos a la medida de usuarios profesionales.*
- *Capacidades para voz y datos con 4 canales de tráfico en 25 KHz. de espaciamiento de canal.*
- *Convergencia de voz y datos.*
- *Llamadas de voz full-Duplex con radios simples.*
- *Tasas de datos por encima de 28.8 Kbit/s.*
- *Encriptación de interface aérea y encriptación de propietarios extremo a extremo*
- *Tiempo para inicio de llamada: cerca de 300 ms.*
- *Plataforma con Multicarrier con carrier TDMA.*
- *La selección de adaptación de la modulación y codificación de acuerdo a las condiciones de propagación. Acordado esquemas de modulación:*
  - *4 QAM para vínculos eficientes en el borde de la cobertura*
  - *16 QAM para velocidades moderadas*
  - *64 QAM para la alta velocidad*
  - *$\pi / 4$  DQPSK para el canal de control común*
  - *D8PSK para la migración que requieran pequeño incremento en la velocidad*
- *Anchos de banda de canal: 25, 50, 100 y 150 Khz.*

El Sistema de Radio Troncalizado TETRA al ser diseñado completamente como un sistema digital estandarizo sus interfaces como:

- *Air I/F (Interface Aérea)*
- *ISI (Interfaz Inter – Sistema)*
- *PABX/PSTN*
- *PDN*
- *PEI (Interfaz de Equipo Periférico)*



Figura 1.26 Interfaces de TETRA

1.3.6.6.1 Bandas de Frecuencia

Las bandas de Frecuencia que utiliza este Sistema de Radio Troncalizado son cuatro principales y una quinta bajo ciertos requerimientos de usuario y se encuentran detalladas en la Tabla 1.3 Bandas de Frecuencias de TETRA

BANDAS DE FRECUENCIA	ESPACIAMIENTO (MHz)		RANGO DE FRECUENCIA (MHz)
1	10	Tx	380
		Rx	400
2	10	Tx	410
		Rx	430
3	45	Tx	806
		Rx	870
4	45	Tx	870
		Rx	921
5	10	Tx	450
		Rx	470

Tabla 1.3 Bandas de Frecuencias de TETRA

1.3.6.6.2 Servicios

Este estándar ofrece los siguientes servicios:

- *Datos*
  - *Convergencia con tráfico de voz.*
  - *Sobre los 28,8 Kbps sin protección.*
  - *Localización de móviles*

- *Suplementarios*
  - *Selección de área*
  - *Asignación dinámica de Número de Grupo*
  - *Reporte de llamadas*
  - *Llamada en espera*
  - *Escucha discreta*
  - *Advertencia de carga*

Este estándar que es para un Sistema Digital tiene ciertas ventajas en comparación con los otros estándares, las mismas que se enlistan a continuación:

- *Eficiencia Espectral*
- *Alta velocidad de transmisión de datos*
- *Uso dinámico de la capacidad de canal*
- *Autenticación de suscriptores*
- *Cifrado de alta seguridad.*

#### **1.3.6.6.3 Fabricantes**

Entre los principales fabricantes de equipos para esta tecnología se encuentran:

- *Motorola (sistemas & terminales)*
- *Nokia (sistemas & terminales)*
- *OTE spa (sistemas & terminales)*
- *Teltronic (sistemas & terminales)*
- *Cleartone (terminales)*
- *FWK/DeTeWe (terminales)*
- *Sepura (terminales)*
- *ThalesDefence(termina.)*
- *Damm Cellular (sistemas)*
- *ETELM (sistemas)*
- *Frequentis (sistemas)*
- *R&S Bick Mobilfunk (sistemas)*
- *Rohill (sistemas)*

- *Siemens (sistemas)*
- *Simoco Digital UK Ltd. (sistemas)*
- *Thales-ISR (sistemas)*
- *Zetron (sistemas)*

### 1.3.6.7 Sistema Troncalizado ASTRO® 25

El Sistema Troncalizado ASTRO® 25 de Motorola es una red de voz y datos integrados que se encuentra basada en los estándares del Proyecto 25, que brinda comunicación perfecta de misión crítica para agencias vitales de seguridad pública. Permite la interoperación entre varias agencias internas así como también con comunidades vecinas para obtener una mejor comunicación durante las operaciones diarias y la respuesta a desastres.



**Figura 1.27 Concéntrese en su misión y no en la tecnología, con ASTRO® 25 de Motorola**

El Sistema Troncalizado ASTRO® 25 es un sistema de comunicación de radio digital que permite a un usuario hacer llamadas de forma fácil sobre toda una extensión de área geográfica. El sistema incluye una red compleja de servidores y estaciones de trabajo, redes LAN de alta velocidad, redes WAN, base de datos sofisticadas, software de administración y equipos de radio frecuencias (RF). Motorola creó este sistema como una forma más eficiente de manejar sistemas de radio, para esto desarrolla dispositivos inteligentes que logren las siguientes tareas:

- *Interpretar las demandas para los servicios de radio.*
- *Verificar que los radios sean usuarios permitidos del sistema*
- *Seleccionar los apropiados recursos (repetidores)*
- *Formular y enviar mensajes a los radios informando sobre las frecuencias asignadas.*
- *Enviar una señal de activación al repetidor asignado.*

- *Monitorear el sistema para determinar cuando el sistema no está en uso.*
- *Mantener una lista de recursos disponibles.*
- *Mantener una lista de recursos asignados.*
- *Supervisar el estado de las repetidoras y toda su circuitería.*
- *Mantener una lista de radios activos en el sistema.*
- *Informar a los usuarios cuando los recursos son ocupados y asignarlos automáticamente cuando estos los requieran.*

El sistema ASTRO 25 permite comunicaciones a través de múltiples sitios en una zona y permite a usuarios de diferentes sitios estar combinados en grupos de conversación, como se observa en la Figura 1.28 Red del Sistema Troncalizado ASTRO® 25 De Motorola

ASTRO 25 comprende Simple Sitios<sup>1</sup> en donde se encuentra un solo controlador master con varios sitios de repetición, los cuales dan cobertura a una determinada área geográfica. Este controlador master es el responsable de manejar los elementos del sistema, esto incluye la configuración de la infraestructura física, la administración dentro de la zona y el procesamiento de llamadas.



Figura 1.28 Red del Sistema Troncalizado ASTRO® 25 De Motorola

<sup>1</sup> Simple Sitios: Único Lugar

Para incrementar el tamaño del área de cobertura para las comunicaciones de radio en lugares donde no se tiene acceso o para incrementar un simple sitio troncalizado este sistema define el Sistema Troncalizado de Múltiple Sitio<sup>1</sup>, el cual permite que radios se muevan a través de extensas áreas geográficas sin perder comunicación con sus grupos.

El control central es el que supervisa a los equipos y subscriptores mientras que el control centralizado es el encargado de coordinar y supervisar la operación de los simples sitios, para lo cual se requiere de dispositivos que se puedan comunicar con controladores de simple sitio.

Una primera implementación de este sistema fue la fusión de dos tecnologías: Trunking y Simulcast<sup>2</sup>.

El sistema Trunking Simulcast se limita a 10 sitios y usa las mismas bandas de frecuencias para los diferentes simples sitios y sus respectivos repetidores de frecuencia al realizar una llamada. Este sistema requiere de un equipo especializado que asegure la sincronización de activación de los transmisores de frecuencia con los radio receptores que están en el área de traslape.

#### 1.3.6.7.1 Bandas de Frecuencia

Motorola desarrollo un plan muy estructurado y controlado en la banda de los 800 Mhz. Para sistemas de Radio Troncalizado, el mismo que se encuentra detallado en la Tabla 1.4 Plan de Frecuencias en la banda de 800MHz. de ASTRO® 25

La introducción del Sistema Digital en la banda de los 800Mhz ha producido que el espaciamiento entre canales se reduzca de 25Khz. a 12.5 Khz. por lo que se duplica en número de canales disponibles. El sistema de numeración de canal, bajo las normas de APCO 25, arregla hasta 4096 números de canales y deja un espacio para futuros cambios de espaciamiento de canal.

---

<sup>1</sup> Múltiple Sitios: Es un grupo de Simples Sitios con un punto central de control y distribución de audio.

<sup>2</sup> Simulcast: Transmisión Simultanea

PARÁMETRO	RANGO DE FRECUENCIA (MHz)
Frecuencia de Recepción	806-821 Para uso General 821-825 Seguridad Publica
Frecuencia de Transmisión	851-870
Desplazamiento T/R	-45
Frecuencia de Recepción base	806.00625
Separación de Canal	12.5 Khz.
Ancho de Banda	19

Tabla 1.4 Plan de Frecuencias en la banda de 800MHz. de ASTRO® 25

ASTRO® 25 también es capaz de soportar un Sistema Troncalizado en las bandas VHF, UHF y 700 MHz con la estructura que se visualiza en la Tabla 1.5 Plan de Frecuencias en la banda de 700MHz. de ASTRO® 25 y en la Tabla 1.6 Plan de Frecuencias en VHF y UHF con posibles sub-bandas de ASTRO® 25

PARÁMETRO	RANGO DE FRECUENCIA (MHz)
Frecuencia de Recepción	794-797 Para uso General 803-806 Seguridad Publica
Frecuencia de Transmisión	764-767 773-776
Desplazamiento T/R	30
Frecuencia de Transmisión base	764.00625
Frecuencia de Recepción base	794.00625
Separación de Canal	12.5 Khz.

Tabla 1.5 Plan de Frecuencias en la banda de 700MHz. de ASTRO® 25

BANDA	RANGO DE FRECUENCIA (MHz)
VHF completo	136-174
VHF sub-banda	136-162
VHF sub-banda	146-174
UHF completo1	403-470
UHF sub-banda	403-433
UHF sub-banda	438-470
UHF completo2	450-520
UHF sub-banda	450-482
UHF sub-banda	470-520

Tabla 1.6 Plan de Frecuencias en VHF y UHF con posibles sub-bandas de ASTRO® 25

### 1.3.6.7.2 Topología de Red de ASTRO® 25

#### 1.3.6.7.2.1 Tecnología ASTRO® 25

El Sistema de Radio Troncalizado ASTRO® 25 se encuentra esencialmente estructurado con un diseño de transporte centralizado para llevar voz, datos e información de administración a través de paquetes IP, proveyendo de las siguientes características al sistema:

- **Una plataforma escalable**, soporta hasta 12 sitios RF, en el cual un sitio puede ser un subsistema Simulcast.
- **Una plataforma solo digital**, esta plataforma soporta el estándar abierto protocolo IMBE para transmisión de voz.
- **Soporte de consola basada en circuitos**, el sistema soporta el funcionamiento de consolas basadas en circuitos en un ambiente basado en paquetes.
- **Habilidad de transportar audio encriptado**, una vez encriptada la información pasa a través de la red sin ser convertida; la conversión al formato de audio original sólo se requiere en el receptor de destino.
- **Funcionamiento seguro**, el sistema ASTRO® 25 soporta un funcionamiento seguro radio a radio y radio a consola.

El sistema ASTRO® 25 incluye una infraestructura IP que provee la tecnología multicast IP para servicios de despacho, la misma que permite realizar llamadas de grupo, procesarlas y finalizar en un ambiente de paquetes, reemplazando a los métodos de conmutación de circuitos.

#### **1.3.6.7.2.2 Tecnología Multicast**

El enrutamiento multicast, es un método de transmisión de mensajes (datagramas) entre varios sitios que son parte de un grupo multicast. Esto difiere de un sistema unicast que transmite los mensajes entre dos puntos finales y broadcast, el cual transmite mensajes desde una sola fuente a todos los host de una red. Multicast emplea un concepto conocido como Punto de Unión RP<sup>1</sup> en el que uno o más ruteadores son identificados como un RP para un grupo de direcciones multicast. La función del RP es recibir las transmisiones multicast desde un sitio de origen y distribuir a otros sitios creando un multicast para cada grupo multicast. Con multicast la transmisión de audio de los radios es distribuida a los sitios apropiados por los ruteadores RP. Sin multicast la unidad transmisora tendría que enviar una copia separada de cada paquete de una transmisión a cada sitio receptor. Un rango de direcciones IP de clase "D" son designadas como direcciones de grupo multicast.

---

<sup>1</sup> RP: Rendezvous Point

### 1.3.6.7.2.3 Planos de Tráfico

Hay cuatro planos de tráfico lógicos preparados en la red de transporte que se visualizan en la Figura 1.29 Planos de Tráfico Lógicos de ASTRO® 25. Estos planos de tráfico describen los caminos de comunicaciones que existen dentro de la red y los tipos de tráfico llevados encima de esos caminos y son los siguientes:

➤ *Plano de control de voz*

Es el tráfico entre el controlador de zona y el sitio RF y es responsable de preparar el camino de audio entre el sitio de transmisión y el sitio o sitios de recepción. El plano lógico usado para transportar esta información se llama Plano de Control de Voz.

➤ *Plano de Audio*

Este plano realiza la instalación de las rutas unicast y los árboles multicast para el control de voz. Multicast es usado para transportar paquetes de audio para todos los tipos de llamadas entre los suscriptores y la consola de despacho en el sistema.

➤ *Plano de Administración de Red*

Este plano lleva todo el tráfico de administración de red unicast entre los dispositivos de red ASTRO® 25, los servidores y terminales del Sistema de Soporte de Operaciones de Red.

➤ *Plano de Datos.*

Es el tráfico que permite enviar mensajes de datos desde la Red de datos a los dispositivos de datos móviles en el sistema.

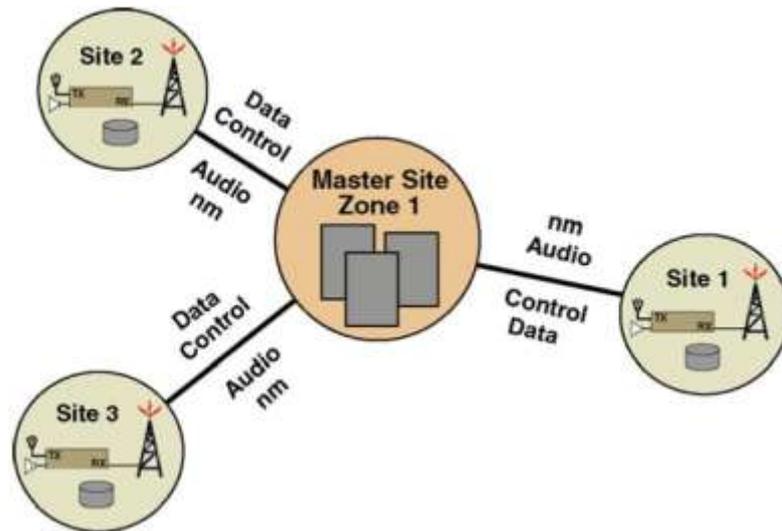


Figura 1.29 Planos de Tráfico Lógicos de ASTRO® 25

#### 1.3.6.7.2.4 Base de Datos del Sistema de Radio

Las bases de datos son los elementos organizados que transforman a las computadoras y radios del sistema en una plataforma de comunicación versátil.

El Sistema de Radio Troncalizado ASTRO® 25 de Motorola usa una variedad de base de datos para proveer servicio de comunicación a usuarios individuales, en las cuales se guardan los datos de configuración de usuarios, grupos de comunicación, infraestructura del sistema, comportamiento del sistema y los datos de falla.

La variedad de base de datos incluye información relacionada a lo siguiente:

➤ *Control de acceso del subscriptor*

En esta base de datos se incluye toda la información de control de acceso para las unidades subscriptoras, que a través de perfiles que definen las características comunes de un grupo de usuarios se configuran los permisos de usuarios individuales.

➤ *Infraestructura*

Estos datos incluyen todo el hardware, enlace, slots, conexiones y la información de configuración necesaria para proveer un proceso de llamada.

➤ *Alias*

Son los datos que proporcionan la cartografía de nombres IDs.

➤ *Estadísticas*

Esta base de datos puede recogerse para generar informes ya que provee información de los números, tipos de llamadas, asignación de recursos, ocupaciones y rechazos.

➤ *Afiliación*

Estos datos proporcionan un listado con asociaciones de radios a grupos de comunicación y localizaciones de sitio.

➤ *Fallas*

Esta base de datos proporciona el estado o información de diagnóstico en los dispositivos de manejo IP.

A continuación se especifica los tipos de datos y como son usados:

➤ *Registro de Localización de casa (HLR<sup>1</sup>)*

Es una base de datos del controlador de zona y del ruteador de paquetes de datos. La zona de casa es responsable de controlar la voz de las llamadas de grupo, mientras que el controlador de zona coordina la asignación de recursos basado en el plano de la zona de casa y la información guardada en su HLR y su VLR<sup>2</sup>. El ruteador de paquetes de datos usa el HLR en similar manera.

Una base de datos HLR contiene la siguiente información:

- *Privilegios y capacidades de los radios.*
- *La localización de la zona actual de los radios.*
- *Afiliaciones de grupos de comunicación de radios.*
- *Capacidades de los grupos de comunicación.*

---

<sup>1</sup>HLR: Siglas de Home Location Register

<sup>2</sup>VLR: Siglas de Visitor Location Register

- *La localización de la zona actual de los grupos de comunicación.*

El HLR es realizado en dos componentes:

- *GHLR<sup>1</sup> guarda información de los grupos.*
- *IHLR<sup>2</sup> guarda información acerca de los radio usuarios.*
- *Registro de Localización de Visitante (VLR)*

Es una base de datos del controlador de zona que contiene información actual sobre:

- *La asociación de todos los radios a los sitios de una zona, el cual maneja una copia local de la información específica de zona para individuos y grupos de comunicación.*
- *La base de datos del subscriptor*
- *La información de localización de sitio para los individuos y los grupos de comunicación.*
- *Cada zona tiene un IVLR<sup>3</sup> y un GVLR<sup>4</sup>.*
- *Información de Alerta y Alarma*

FullVision INM puede proveer la información de fallas integradas a un sistema de zona única y a todas las zonas de un sistema de zonas múltiples.

El servidor monitorea las fallas de cada una de las zonas y del equipo de la red de área local.

- *Base de Datos Alias y Consola de Información de Administración*

Cada radio móvil y cada grupo de conversación tiene un único número ID de ocho dígitos que permite a un distribuidor establecer comunicación con un grupo de comunicación o asignar al recurso de radio a un ID único y por consiguiente puede asignarse un alias.

Un alias es usado para asignar una más fácil designación, reconocible y memorable, como un nombre a los IDs.

---

<sup>1</sup> GHLR: Siglas de Group Home Location Register

<sup>2</sup> IHLR: Siglas de Individual Home Location Register

<sup>3</sup> IVLR: Siglas de Individual Visitor Location Register

<sup>4</sup> GVLR: Siglas de Group Visitor Location Register

➤ *Datos Estadísticos*

Estos datos son reunidos basados en grupos especificados por el administrador, los grupos son basados en el tipo de objetos, intervalo de tiempo y número de intervalos.

Hay dos tipos de reportes de reportes:

- *Dinámico, son actualizados por cada intervalo seleccionado por el usuario.*
- *Histórico, son estáticos, se genera una vez el reporte y no cambia.*

**1.3.6.7.2.5 Interfaz Aire**



**Figura 1.30 Logotipo CAI ASTRO 25 de Motorola**

El sistema ASTRO® 25 de Motorola es la primera plataforma de radio digital disponible que es capaz de reunir CAI<sup>1</sup> que es el punto de compatibilidad e interoperabilidad para la transmisión aérea de señales digitales de radio a radio para las organizaciones de Seguridad Públicas. Esto significa que el equipo móvil y portátil de cualquier fabricante que se encuentra con la norma de CAI puede combinarse libremente en el sistema. ASTRO® 25 está diseñado para:

- *Mejorar el control del sistema*
- *Reforzar la seguridad del usuario*
- *Aumentar al máximo la seguridad de las comunicaciones*
- *Proporcionar un excelente potencial de crecimiento del sistema.*

---

<sup>1</sup> CAI: Siglas de Common Air Interface

El elemento central de APCO 25 es el CAI, el cual define elementos que son adoptados por ASTRO® 25 y son:

➤ *Método de acceso al canal FDMA*

El método usado por ASTRO® 25 para mejorar la eficiencia del espectro es FDMA<sup>1</sup>, el cual usa menos espectro de radio por cada canal, creando más canales de radio en un bloque de espectro dado, como se observa en la Figura 1.31 FDMA.

FDMA es la manera más común de acceso troncalizado, se asigna a los usuarios un canal de un conjunto limitado de canales ordenados en el dominio de la frecuencia, cuando hay más usuarios que el suministro de canales de frecuencia puede soportar, se bloquea el acceso de los usuarios al sistema. Una característica importante de los sistemas FDMA es que una vez que se asigna una frecuencia a un usuario, ésta es usada exclusivamente por ese usuario hasta que éste no necesite el recurso.

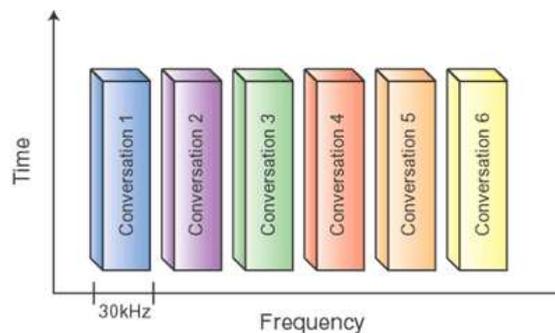


Figura 1.31 FDMA

➤ *Técnica de modulación C4FM<sup>2</sup>*

En el esquema de modulación C4FM del estándar APCO 25 los datos son procesados a 19.2 Kbps y cada dibit<sup>3</sup> es representado como una desviación fija de la frecuencia de transmisión, como se observa en la Tabla 1.7 Desviación de Frecuencia por dibit en C4FM

<sup>1</sup> FDMA: Siglas de Acceso Múltiple por División de Frecuencia.

<sup>2</sup> C4FM: Modulación de Frecuencia Compatible a 4 Niveles

<sup>3</sup> Dibit: Juego de dos bit.

INFORMACIÓN	DESVIACIÓN DE FRECUENCIA (Khz.)
00	+1.8
01	+0.6
10	-0.6
11	-1.8

Tabla 1.7 Desviación de Frecuencia por dicit en C4FM

Cuando el transmisor está funcionando apropiadamente, la desviación en el momento de medida es muy estrecha al valor nominal del dicit y el receptor puede decodificar los bits con un alto grado de exactitud.

#### 1.3.6.7.2.6 Niveles de Prioridad

Este Sistema de Radio Troncalizado tiene diez niveles de prioridad:

##### ➤ Nivel de Prioridad 1

Las llamadas de nivel de prioridad 1 son las de más alta prioridad y son reservadas para llamadas de emergencia. Para este tipo nivel no se puede asignar otro tipo de llamadas.

##### ➤ Niveles de Prioridad 2 a 10

Los niveles de prioridad en este rango son asignados a grupos de conversación, individuales o llamadas de interconexión telefónica. El nivel de prioridad 2 es la prioridad asignable más alta mientras la prioridad de nivel 10 es la prioridad puesta por defecto.

#### 1.3.7 Bandas de frecuencias

Las bandas de frecuencias comerciales que se utilizan en un Sistema de Radio Troncalizado son diferentes para cada estándar como se ha podido estudiar en el presente capítulo, sin embargo, se presenta un resumen de las diferentes bandas y sus características en la Tabla 1.8 Bandas de Frecuencia de los Sistemas de Radio Troncalizado

BANDA	FRECUENCIA (MHz)	LONGITUD DE ANTENA (cm)	CARACTERÍSTICAS
Baja VHF	30-50 (raro)	90 a 120	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ruidosa</li> <li>○ Muy susceptible de interferencia</li> </ul>
Media VHF	72-76 (raro)		
Alta VHF	136-174 (mas común)	38 a 43	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Congestionada</li> <li>○ Susceptible de interferencia.</li> <li>○ No tiene buena penetración en edificios</li> <li>○ Buen alcance.</li> </ul>
UHF 406-512	406-433 450-470 470-512	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mejor penetración en edificios</li> <li>○ Buen alcance de cobertura.</li> </ul>
UHF 800	806-824 Rx 851-869 Tx	7,6 a 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Buena penetración en edificios</li> </ul>

Tabla 1.8 Bandas de Frecuencia de los Sistemas de Radio Troncalizado

### 1.3.8 Aplicaciones de los Sistemas Troncalizados

Se utilizan para los sistemas de radio y satélite modulados digitalmente,

- *En la Industria de la Seguridad*
  - *Previene y controla las situaciones de emergencia gracias a la comunicación inmediata entre los guardias y los oficiales.*
  - *Permite comunicaciones instantáneas con oficinas locales como el departamento de seguridad o de bomberos por ejemplo.*



Reliable and dedicated communications for port security



Prisons can interoperate with state police



Campus and local police can work together to respond to emergencies

Figura 1.32 Aplicaciones en la Industria de Seguridad y Emergencia

- *Industria del Comercio*
  - *Alto nivel de satisfacción del cliente; tiempos de respuesta al cliente rápidos gracias a las comunicaciones instantáneas entre los empleados.*
  - *Coordinación mejorada de las actividades de trabajo entre el almacén y la sala de ventas, comprobaciones rápidas de precio e inventario.*
- *Industria de Hotelería y Turismo*
  - *Tiempos de respuesta más rápidos para atender las solicitudes de los clientes. Mayor Seguridad en los hoteles.*
- *Industria de Manufactura*
  - *Optimiza el transporte de materiales al lugar de trabajo y facilita las comunicaciones entre las líneas de producción y los supervisores.*
  - *Reduce el tiempo de inactividad y las demoras, lo que acelera el ciclo de trabajo.*
  - *Comunicaciones claras en lugares de producción ruidosos.*



**Figura 1.33 Aplicaciones en la Industria de Manufactura**

- *Industria de la Construcción*
  - *Reduce el “tiempo perdido” mejorando las comunicaciones entre los supervisores y los grupos de trabajo.*
  - *Permite coordinar las tareas de manera eficiente y entregar más rápidamente los materiales.*
  - *Optimiza el transporte de materiales de construcción al lugar de trabajo para obtener ciclos más rápidos.*

En general son muchas las aplicaciones de los sistemas Troncalizados en la actualidad pues permiten manejar grandes volúmenes de usuarios y un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico.

### **1.3.9 Reglamento y Norma Técnica**

A continuación se presenta los artículos de mayor interés para el proyecto del REGLAMENTO Y NORMA TÉCNICA PARA LOS SISTEMAS TRONCALIZADOS promulgada según Registro Oficial No. 832 del 29 de noviembre de 1995.

#### **1.3.9.1 Título I: Reglamento**

##### **1.3.9.1.1 Capítulo I: Disposiciones Generales**

###### **1.3.9.1.1.1 Art.1.-Objetivo**

Regular la instalación, operación y explotación de los sistemas Troncalizados, así como la distribución y procedimientos para la asignación de las frecuencias que para ello se requiere.

###### **1.3.9.1.1.2 Art.2.-Régimen Legal**

La instalación, operación y explotación de los Sistemas Troncalizados se rigen por las disposiciones contenidas en la Ley Especial de Telecomunicaciones, Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, Reglamento General de Radiocomunicaciones, Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias, por el presente reglamento y norma técnica y por los demás reglamentos, normas y planes expedidos sobre la materia por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).

###### **1.3.9.1.1.3 Art.3.-Definición de Sistema Troncalizado**

Sistema de Radiocomunicación de los Servicios Fijo y Móvil terrestre, que utiliza múltiples pares de frecuencias, en que las estaciones establecen comunicación mediante el acceso en forma automática a cualquiera de los canales que estén disponibles.

#### **1.3.9.1.1.4 Art.4.-Tipo de Tráfico**

La autorización para operar Sistemas Troncalizados será fundamentalmente para transmisión y recepción de tráfico de despacho. Para la transmisión de otros tipos de tráfico se requerirá la autorización previa y expresa y el pago de los valores que correspondan por dicha autorización.

#### **1.3.9.1.1.5 Art.5.-Libre Competencia**

Se establece la libre y leal competencia entre los Concesionarios de Sistemas Troncalizados.

### **1.3.9.1.2 Capítulo II: De las Concesiones**

#### **1.3.9.1.2.1 Art.7.-La Concesión**

Para la operación de Sistemas Troncalizados se requiere de la concesión del servicio, otorgado por la SNT, previa autorización del CONATEL. Las concesiones se legalizarán mediante contrato elevado a escritura pública, que será suscrito por el Secretario y el Concesionario.

#### **1.3.9.1.2.2 Art.8.-Los Concesionarios**

Podrán celebrar contratos de concesión de Sistemas Troncalizados, las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, que tengan capacidad jurídica para hacerlo, expresen su consentimiento y cumplan con los requisitos generales previstos en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, Reglamento General de Radiocomunicaciones, Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias, en el presente reglamento y norma técnica y en las normas técnicas, planes y resoluciones expedidos sobre la materia por el CONATEL.

#### **1.3.9.1.2.3 Art.9.-Solicitud para la Concesión**

Para la concesión de Sistemas Troncalizados, el interesado debe presentar a la SNT una solicitud por escrito y cumplir con los requisitos de carácter legal, técnico y económico que establezca el CONATEL para el efecto. La solicitud de concesión debe ser presentada conjuntamente con la solicitud

de autorización de uso de frecuencias, de manera que el trámite sea tratado en forma simultánea.

#### **1.3.9.1.2.4 Art. 10.- Requisitos para la Concesión**

Para obtener la concesión de Sistemas Troncalizados, el solicitante deberá presentar en la SNT los siguientes requisitos:

Información Legal:

- a. *Solicitud de concesión por escrito dirigida al Secretario detallando el tipo de servicio;*
- b. *Nombre y dirección del solicitante (Para personas jurídicas, de la compañía y de su representante legal);*
- c. *Copia autenticada del testimonio de la escritura constitutiva de la compañía solicitante (Para personas jurídicas);*
- d. *Nombramiento del representante legal debidamente inscrito (Para personas jurídicas);*
- e. *Copia de la cédula de ciudadanía (Para personas jurídicas, del representante legal);*
- f. *Copia del certificado de votación del último proceso electoral (Para personas jurídicas, del representante legal);*
- g. *Certificado de cumplimiento de obligaciones otorgado por la Superintendencia de Compañías (Para personas jurídicas);*
- h. *Registro Único de Contribuyentes (Para personas jurídicas, de la compañía);*
- i. *Otros documentos que la SNT solicite por escrito.*

Información Técnica y Operativa para personas naturales y jurídicas:

Memoria técnica del sistema, elaborada y suscrita por un Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, inscrito en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador (CIEEE); en el que se indicará entre otros los siguientes aspectos:

- *Descripción de los servicios que ofrecerá, con los detalles de las facilidades y limitaciones del sistema;*

- *El proyecto técnico, identificando el área de cobertura, la capacidad de abonados del sistema, el plazo de puesta en operación del sistema, características de los equipos a instalar, etc.;*
- *Análisis económico de factibilidad para la implementación del sistema;*
- *Procedimientos de administración, operación, mantenimiento y gestión del sistema que se propone instalar;*
- *Descripción del sistema de facturación y atención al cliente que se propone instalar;*
- *Descripción de los procedimientos que propone, para facilitar el control técnico que la SUPTEL debe realizar.*

Estos requisitos deberán ser presentados para la operación inicial del sistema. En caso de requerir sistemas auxiliares como enlaces radioeléctricos, la autorización de las frecuencias necesarias para la operación de estos sistemas, las solicitará siguiendo el trámite regular, conforme a los respectivos reglamentos y normas vigentes.

#### **1.3.9.1.2.5 Art. 11.- Contenido del Contrato de Concesión**

El contrato de concesión contendrá los siguientes elementos:

- a. *Período de vigencia de la concesión;*
- b. *Descripción de los servicios objeto de la concesión;*
- c. *Parámetros técnicos establecidos en el presente reglamento y en sus normas;*
- d. *Limitaciones de transferencia de la concesión;*
- e. *Derechos y obligaciones de las partes y las sanciones por incumplimiento del contrato;*
- f. *Garantía de fiel cumplimiento del contrato, determinada por el CONATEL;*
- g. *Potestad del Estado de revocar la concesión cuando no se cumpla con el contrato;*
- h. *Forma de extinción del contrato, sus causales y consecuencias;*
- i. *Cualquier otro que el CONATEL establezca;*
- j. *Las demás que se determinen en la legislación ecuatoriana.*

#### **1.3.9.1.2.6 Art. 12.- Duración del Contrato de Concesión**

Los contratos de concesión de los Sistemas Troncalizados tendrán una duración de diez (10) años y podrán ser renovados previa solicitud del Concesionario dentro de los ciento ochenta (180) días anteriores a su vencimiento, siempre y cuando se haya cumplido los requisitos establecidos por el CONATEL.

#### **1.3.9.1.2.7 Art. 13.- Modificaciones del Contrato de Concesión**

De surgir causas imprevistas o técnicas que obliguen a ampliar, modificar o restringir las estipulaciones de los contratos de concesión de los Sistemas Troncalizados dentro de una misma área, se procederá a la suscripción de un contrato modificatorio, siguiendo el procedimiento establecido en la ley.

En el caso de que el Concesionario requiera ampliar el área geográfica de la cobertura del servicio, deberá presentar la solicitud correspondiente a la SNT para su autorización, la misma que se sujetará al presente reglamento y norma técnica, lo cual corresponde a una concesión adicional.

#### **1.3.9.1.2.8 Art. 14.- Terminación del Contrato**

Los contratos de concesión celebrados con la SNT pueden legalmente terminar por las siguientes causas:

- a. Cumplimiento del término del período del contrato, si éste no ha sido renovado;*
- b. Mutuo acuerdo de las partes, siempre que no se afecte a terceros;*
- c. Sentencia ejecutoriada que declare la terminación o nulidad del contrato a pedido de cualquiera de las partes;*
- d. Disolución legal de la persona jurídica del Concesionario;*
- e. Muerte de la persona natural Concesionada; y,*
- f. Por fuerza mayor o caso fortuito, que hagan imposible la ejecución del contrato. En este supuesto se deberá proceder con la terminación de mutuo acuerdo.*

#### **1.3.9.1.2.9 Art. 15.- Terminación Unilateral del Contrato de Concesión**

La SNT podrá declarar terminada, anticipada y unilateralmente los contratos a que se refiere este reglamento, en los siguientes casos:

- a. *En caso de incumplimiento del Concesionario de una o más cláusulas contractuales o disposiciones legales, expresamente indicadas en el contrato, previo informe de la SUPTEL;*
- b. *Quiebra o insolvencia del Concesionario;*
- c. *Traspasar, ceder, arrendar o enajenar total o parcialmente a terceras personas, los derechos establecidos en el contrato, sin autorización previa de la SNT;*
- d. *Violación comprobada del secreto de las comunicaciones por parte del Concesionario;*
- e. *Por las causas establecidas en el Reglamento General de Radiocomunicaciones y en el contrato de concesión; y,*
- f. *Cuando el interés público lo exija.*

#### **1.3.9.1.2.10 Art. 17.- Requisitos para la Renovación del Contrato de Concesión**

Los requisitos debidamente actualizados, para solicitar la renovación del contrato de concesión para la explotación son los mismos que para la concesión inicial. En caso de que el Sistema Troncalizado no haya sido modificado, se puede presentar copia del contrato que está por caducarse.

### **1.3.9.1.3 Capítulo III: De las Autorizaciones de Uso de Frecuencias**

#### **1.3.9.1.3.1 Art. 18.- La Autorización**

Es un acto jurídico mediante el cual la SNT por delegación del CONATEL suscribe un contrato de autorización de uso de frecuencias para que la persona natural o jurídica opere Sistemas de Radiocomunicaciones.

#### **1.3.9.1.3.2 Art. 19.- Las Personas Autorizadas**

Podrán celebrar contratos de autorización de uso de frecuencias para operar Sistemas Troncalizados, las personas naturales o jurídicas, nacionales o

extranjeras, que tengan capacidad jurídica para hacerlo, expresen su consentimiento y cumplan con los requisitos previstos en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, Reglamento General de Radiocomunicaciones, Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias, en el presente reglamento y norma técnica, y en los planes y resoluciones expedidos sobre la materia por el CONATEL, previa la suscripción del contrato de concesión.

#### **1.3.9.1.3.3 Art. 20.- Grupos de Frecuencias**

El CONATEL a través de la SNT podrá autorizar a una misma persona natural o jurídica, la operación de uno o más grupos de frecuencias, los que podrán estar interconectados entre sí.

#### **1.3.9.1.3.4 Art. 21.- Solicitud para la Autorización**

El Concesionario de Sistemas Troncalizados, previo a la operación y explotación del sistema, debe suscribir el respectivo contrato de autorización de uso de frecuencias con la SNT.

#### **1.3.9.1.3.5 Art. 22.- Requisitos para la Autorización**

Para obtener la autorización de uso de frecuencias para Sistemas Troncalizados, el solicitante deberá presentar a la SNT los siguientes requisitos:

- a. *Solicitud dirigida al Secretario;*
- b. *Estudio técnico del sistema elaborado en formulario disponible en la SNT y suscrito por un Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, inscrito en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador (CIEEE);*
- c. *Copia certificada de la escritura de constitución y reformas en caso de haberlas. (Para personas jurídicas);*
- d. *Copia certificada del nombramiento del representante legal debidamente inscrito en el Registro Mercantil. (Para personas jurídicas);*
- e. *Copia de la cédula de ciudadanía. (Para personas jurídicas, del representante legal);*

- f. Copia del certificado de votación del último proceso electoral. (Para personas jurídicas, del representante legal);*
- g. Certificado actualizado de cumplimiento de obligaciones y existencia legal conferido por la Superintendencia de Compañías o Superintendencia de Bancos según el caso. (Para personas jurídicas);*
- h. Copia del Registro Único de Contribuyentes;*
- i. Fe de presentación al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas para que otorgue el certificado de antecedentes personales del solicitante. (Para personas jurídicas, del representante legal); y,*
- j. Otros documentos que la SNT solicite por escrito.*

#### **1.3.9.1.3.6 Art. 23.- Duración del Contrato de Autorización**

Los contratos de autorización de uso de frecuencias para los Sistemas Troncalizados tendrán una duración de cinco (5) años, renovables previa solicitud del Concesionario dentro de los noventa (90) días anteriores a su vencimiento. Dichas autorizaciones tendrán garantía de renovación mientras dure la concesión.

#### **1.3.9.1.3.7 Art. 24.- Modificaciones del Contrato de Autorización**

Cualquier ampliación o modificación que requiera hacer el Concesionario y que afecte al contrato, requerirá de una nueva autorización por parte de la SNT.

#### **1.3.9.1.3.8 Art. 25.- Terminación del Contrato**

Los contratos de autorización de uso de frecuencias celebrados por la SNT pueden legalmente terminar además de las causales establecidas en el artículo 14 aplicables a los contratos de autorización, por las siguientes causas:

- a. Incumplimiento de los plazos establecidos en el contrato de autorización, respecto a la operación e instalación del sistema;*
- b. Mora en el pago a la SNT por más de noventa (90) días, de las obligaciones económicas que le corresponda; y,*
- c. Terminación del contrato de concesión.*

#### **1.3.9.1.3.9 Art. 26.- Terminación Unilateral del Contrato de Autorización**

La SNT podrá declarar terminados, anticipada y unilateralmente los contratos de autorización de uso de frecuencias en los siguientes casos:

- a. *En caso de incumplimiento del Concesionario de una o más cláusulas contractuales o disposiciones legales, expresamente indicadas en el contrato, previo informe de la SUPTEL;*
- b. *Mora en el pago a la SNT por más de noventa (90) días, de las obligaciones económicas que le corresponda;*
- c. *Quiebra o insolvencia del Concesionario;*
- d. *Traspasar, ceder, arrendar o enajenar total o parcialmente a terceras personas, los derechos establecidos en el contrato, sin previa autorización de la SNT;*
- e. *Incumplimiento en la instalación dentro del plazo concedido en el contrato;*
- f. *No utilizar o suspender las operaciones por un período de seis (6) meses consecutivos, sin autorización de la SNT;*
- g. *Violación comprobada del secreto de las comunicaciones por parte del Concesionario;*
- h. *Por las causas establecidas en el Reglamento General de Radiocomunicaciones y contrato de autorización; e,*
- i. *Cuando el interés público lo exija.*

#### **1.3.9.1.3.10 Art. 28.- Requisitos para la Renovación del Contrato de Autorización**

Los requisitos, debidamente actualizados, para solicitar la renovación de los contratos de autorización de uso de frecuencias son los mismos que para la autorización inicial.

Las características técnicas del Sistema Troncalizado deberán ser actualizadas en el formulario correspondiente.

#### 1.3.9.1.4 Capítulo V: De la Instalación y Operación

##### 1.3.9.1.4.1 Art. 33.- Instalación y Operación

Los Sistemas Troncalizados serán instalados y puestos en operación en todas las áreas autorizadas, dentro del plazo de 180 días establecidos en los contratos de concesión y autorización, prorrogables por el mismo período y por una sola vez, previa solicitud del Concesionario. Si cumplido el plazo, no han iniciado la operación, las frecuencias serán revertidas al Estado.

El Concesionario deberá certificar el inicio de operación del servicio, mediante la firma de un acta de puesta en operación conjuntamente con la SUPTEL,

Los funcionarios técnicos que designe la SUPTEL debidamente identificados, tendrán libre acceso a todas las instalaciones del sistema incluyendo a la unidad de control central y su programación.

##### 1.3.9.1.4.2 Art. 34.- Interconexión y Conexión de Redes

Todos los Concesionarios están en la obligación de permitir la interconexión a otros Concesionarios de redes públicas y conexión de redes privadas que lo soliciten, tal como lo establece el Reglamento de Interconexión y Conexión, y las leyes vigentes.

Los proveedores de servicios de acuerdo a sus requerimientos, deberán solicitar se les incluya en el Plan Nacional de Numeración.

##### 1.3.9.1.4.3 Art. 35.- Interferencias

El Concesionario será el único responsable por las interferencias radioeléctricas o por daños que puedan causar sus instalaciones a otros Sistemas de Radiocomunicaciones o a terceros, por lo cual está obligado a solucionarlos a su costo y en el tiempo que determine la SUPTEL.

#### **1.3.9.1.4.4 Art. 36.- Servicio de Larga Distancia**

Para proporcionar el servicio de larga distancia nacional o internacional a sus abonados, el Concesionario requerirá de una concesión expresa otorgada por el CONATEL, y podrá realizar la interconexión a la red pública fija de la empresa que explote el servicio, de acuerdo a lo establecido en las leyes vigentes, o mediante los equipos de su propia red previamente autorizados por el CONATEL.

### **1.3.9.2 Título II: Norma Técnica**

#### **1.3.9.2.1 Capítulo I: De las Características Técnicas de los Sistemas**

##### **1.3.9.2.1.1 Art.1.-Área de Cobertura**

El área de cobertura de un Sistema Troncalizado se halla definida por el contorno donde la intensidad de campo eléctrico nominal utilizable sea de  $38,5 \text{ dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$

Las estaciones fijas deben emplear antenas direccionales orientadas hacia la estación repetidora. La antena que se utilice deberá producir una radiación que permita la cobertura mínima necesaria para establecer un enlace satisfactorio, limitando la radiación en otras direcciones.

##### **1.3.9.2.1.2 Art.2.-Potencia**

Las características de potencia radiada aparente y de altura efectiva de la antena transmisora para una zona de asignación, están dadas en la curva del Anexo 1 al presente reglamento y norma técnica.

##### **1.3.9.2.1.3 Art.3.-Condiciones Adicionales**

Los Sistemas Troncalizados se regirán por las siguientes condiciones técnicas:

- a. *La SNT autorizará otras características de altura efectiva de antena transmisora y potencia radiada aparente, siempre que en el estudio de*

- ingeniería se demuestre no sobrepasar los bordes de la zona de asignación con valores de intensidad de campo mayores a  $38,5 \text{ dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$
- b. En las zonas fronterizas, el CONATEL a través de la SNT establecerá la potencia radiada aparente necesaria, las condiciones de directividad y ubicación de la antena con el fin de evitar interferencias a los sistemas de radiocomunicaciones de los países vecinos;
  - c. La distancia mínima referencial entre estaciones cocanal es de 120 Km, pudiendo el CONATEL a través de la SNT permitir distancias menores, siempre que en el estudio de ingeniería se establezcan las condiciones técnicas necesarias que garanticen que no sobrepase la zona de operación autorizada y no interfiera a otros sistemas de radiocomunicaciones;
  - d. La relación de protección en RF en el contorno de protección del área de cobertura será de 24 dB para sistemas analógicos y de 17 dB para sistemas digitales, en consecuencia, la intensidad de las señales interferentes cocanal en dicho contorno, no podrá exceder de  $5,3 \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$
  - e. Si la instalación de un nuevo Sistema Troncalizado o una nueva estación fija de un sistema existente, causa interferencia a otras estaciones autorizadas, este nuevo sistema o estación no podrá continuar en funcionamiento mientras no se solucionen las incompatibilidades técnicas detectadas;
  - f. En caso de existir dos o más transmisores que alimenten a un sistema radiante común que puede estar compuesto por más de una antena, deberán instalarse los multiacopladores y los filtros necesarios para que la relación de productos de intermodulación radiada sea mejor que (-75 dB) con respecto a la portadora de menor nivel. En general, este nivel se aplicará a los sistemas de repetidoras que se encuentran en las proximidades;
  - g. La instalación de las antenas deberá cumplir además con las regulaciones de la Dirección General de Aviación Civil en materia de ubicación y señalización para protección de la aeronavegación;
  - h. Sin perjuicio del control que realiza la SUPTEL, la persona autorizada a operar uno o varios Sistemas Troncalizados, efectuará la comprobación del funcionamiento de sus sistemas a intervalos que no excedan de cuatro (4) meses y deberá mantener en sus archivos los resultados de

las mediciones realizadas en los dos últimos años, con indicación de los instrumentos y procedimientos utilizados; e,

- i. Los responsables de estos sistemas están en la obligación de proporcionar la información y registros necesarios que sean requeridos por la SNT y por la SUPTEL.

### 1.3.9.2.2 Capítulo II: Del Plan de Canalización de Bandas

El Plan establece las bandas de frecuencias para los Sistemas Troncalizados, la canalización y distribución de frecuencias para asignación y uso en el territorio nacional en concordancia con el Plan Nacional de Frecuencias.

#### 1.3.9.2.2.1 Art.4.-Bandas de Frecuencias

Para la instalación y operación de los Sistemas Troncalizados se establecen las siguientes bandas, atribuidas a título primario a los Servicios Fijo y Móvil Terrestre:

BANDA (MHz)	TECNOLOGÍA ANCHO DE BANDA DEL CANAL (KHz.)
806-811/851-855	Digital25*
811-824/856-869	Analogica25
896-898/835-937	Digital25*
902-904/932-934	Digital25*

\*El CONATEL podrá reducir la canalización de estas bandas a 12.5 KHz. en caso que la tecnología lo permita.

Tabla 1.9 Bandas de Frecuencia

#### 1.3.9.2.2.2 Art.5.-Bandas adicionales

El CONATEL aprobará la operación de Sistemas Troncalizados en bandas distintas a las indicadas en el artículo 4 de la presente norma técnica, cuando lo crea conveniente para los intereses del país. Asimismo, el CONATEL aprobará también las características técnicas de los equipos en bandas distintas a las indicadas.

### **1.3.9.2.2.3 Art.6.-Canalización de las Bandas**

#### *a. BANDAS DE 806-811 MHz y 851-856 MHz*

Las bandas de frecuencias de 806-811 MHz y 851-856 MHz, se dividen en 200 canales tanto para transmisión (Tx) como para recepción (Rx), con separación entre transmisión y recepción de 45 MHz.

La banda de 806-811 MHz será utilizada para transmisión y la banda de 851-856 MHz será utilizada para recepción en la estación de abonado o estación terminal.

#### *b. BANDAS DE 811-824 MHz y 856-869 MHz*

Las bandas de frecuencias de 811 - 824 MHz y 856 - 869 MHz, se dividen en 500 canales tanto para transmisión (Tx) como para recepción (Rx), con separación entre transmisión y recepción de 45 MHz.

La banda de 811 - 824 MHz será utilizada para transmisión y la banda de 856 – 869 MHz será utilizada para recepción en la estación de abonado o estación terminal.

#### *c. BANDAS DE 896-898 MHz y 935-937 MHz*

Las bandas de frecuencias de 896 - 898 MHz y 935 - 937 MHz, se dividen en 80 canales tanto para transmisión (Tx) como para recepción (Rx), con separación entre transmisión y recepción de 39 MHz.

La banda de 896 - 898 MHz será utilizada para transmisión y la banda de 935 – 937 MHz será utilizada para recepción en la estación de abonado o estación terminal.

#### *d. BANDAS DE 902-904 MHz y 932-934 MHz*

Las bandas de frecuencias de 902 - 904 MHz y 932 - 934 MHz, se dividen en 80 canales tanto para transmisión (Tx) como para recepción (Rx), con separación entre transmisión y recepción de 30 MHz.

La banda de 902 - 904 MHz será utilizada para transmisión y la banda 932 - 934 MHz será utilizada para recepción en la estación de abonado o estación terminal.

### 1.3.9.2.3 Capítulo III: Del Plan de Distribución de Frecuencias

Las frecuencias para operar Sistemas Troncalizados están conformadas por bloques, cada uno de los cuales posee cuatro (4) grupos, cada grupo tiene cinco (5) canales radioeléctricos y cada canal se forma con dos frecuencias.

#### 1.3.9.2.3.1 Art.7.-Bandas de 800 MHz y 900 MHz

Para la distribución de estas frecuencias se conforman 44 bloques.

Para los Sistemas Troncalizados Digitales, la separación entre canales de un mismo grupo es de 25 KHz. y 12,5 KHz. entre grupos, se destinan los bloques del 1 al 10 y del 37 al 44 con los pares de frecuencias del No. 1 al No. 200 y del No. 721 al No. 880, que corresponden a las bandas de:

- 806-811 MHz y 851-856 MHz;
- 896-898 MHz y 935-937 MHz;
- 902-904 MHz y 932-934 MHz.

#### 1.3.9.2.3.2 Art.8.-Bases para la Distribución de Frecuencias en el Territorio Nacional

- a. *Una separación mínima entre grupos de canales de 250 KHz. y 1 MHz entre canales de un mismo grupo, para la asignación de frecuencias en una misma zona para Sistemas Troncalizados con tecnología analógica;*
- b. *Una separación mínima entre grupos de canales de 125 KHz. y 25 KHz. entre canales del mismo grupo, para la asignación de frecuencias en una misma zona para Sistemas Troncalizados con tecnología digital.*

#### 1.3.9.2.3.3 Art.9.-Asignación y Uso de Frecuencias

La asignación de frecuencias se hará por grupos.

Se tiene 880 canales radioeléctricos que pueden ser asignados y distribuidos en el territorio nacional.

### **1.3.10 Propagación Radioeléctrica**

#### **1.3.10.1 Definiciones.**

En esta sección se describirá la teoría necesaria sobre Propagación de Ondas para realizar los cálculos y diagramas de cobertura de Sistemas de Radio Troncalizado.

1. Cuando se ha suscrito un contrato de concesión de frecuencias, la SENATEL le asignará un código, correspondiente al tomo y hojas en las que se ha registrado el contrato. Este campo debe ser llenado únicamente en casos de renovación o modificación de un contrato.
2. En el mapa cartográfico tomando como centro la repetidora, identificar la ubicación de la repetidora (coordenadas de latitud y longitud). Debe ingresarse, en la tabla correspondiente, los datos de altura sobre el nivel del mar, de los puntos correspondientes a distancias cada 5 kilómetros (modificable) y para radiales cada 30°, debe tomarse como referencia 0° el norte geográfico y moverse en el sentido de las manecillas del reloj; la escala de distancias puede modificarse de acuerdo al área de cobertura estimada, sin embargo, la tabla debe llenarse completamente.
3. Se deben incluir los gráficos de los perfiles cada 30°, los que deben coincidir con la información ingresada en la tabla correspondiente.
4. Debe ingresarse, en la tabla correspondiente, los datos de nivel de campo eléctrico en dB $\mu$ V/m, de los puntos correspondientes a distancias cada 5 kilómetros (modificable) y para radiales cada 30°, debe tomarse como referencia 0° el norte geográfico y moverse en el sentido de las manecillas del reloj; la escala de distancias puede modificarse de acuerdo al área de cobertura estimada.

5. Se debe incluir el gráfico del área de cobertura en una copia de un mapa cartográfico de escala adecuada, se deben trazar los radiales cada 30° en el diagrama.
6. Deben ingresarse, en la tabla correspondiente, los datos de distancia en kilómetros, de los puntos correspondientes a un nivel de campo eléctrico de 38.5 dB $\mu$ V/m, para radiales cada 30°, debe tomarse como referencia 0° el norte geográfico y moverse en el sentido de las manecillas del reloj.
7. Se debe realizar un esquema explicativo del sistema

### 1.3.10.2 Cálculos de Propagación y Cobertura

Las principales magnitudes físicas y radioeléctricas que intervienen en un proceso de cálculo de cobertura en comunicaciones móviles, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- *Parámetros ambientales:*
  - *Medio rural, urbano o mixto*
  - *Ruido eléctrico industrial*
  - *Orografía del terreno*
  - *Pérdidas por difracción, vegetación, edificios, etc.*
- *Parámetros del sistema:*
  - *Frecuencia*
  - *Polarización*
  - *Distancia*
  - *Alturas efectivas del transmisor y receptor*
- *Parámetros de los equipos:*
  - *Potencia*
  - *Ganancia de las antenas*
  - *Sensibilidad de los receptores*
  - *Pérdidas en componentes del sistema (cables, conectores, filtros, etc.)*

Hay varios tipos de valores medios de potencia suministrada por el transmisor a una carga (antena) siendo los más comunes:

➤ *Potencia de cresta*

Producido por el valor más alto de la envolvente de modulación. Se utiliza en modulaciones de amplitud.

➤ *Potencia media*

Evaluado durante un tiempo varias veces mayor que el correspondiente al periodo de la frecuencia de modulación más baja. Se utiliza en modulaciones de amplitud.

➤ *Potencia de portadora*

Durante un ciclo de radiofrecuencia en ausencia de modulación. Se utiliza en modulaciones angulares (frecuencia o fase).

Pero la potencia de un transmisor no necesariamente la potencia de emisión, aunque guardan una estrecha relación. Para evaluar la potencia de emisión se emplean conceptos como la PRA<sup>1</sup> y la PIRE<sup>2</sup> que tienen en cuenta no solo la potencia del transmisor, sino también las pérdidas en la línea de transmisión y la ganancia de la antena.

Para calcular el Campo Eléctrico en dB $\mu$ V/m se involucran la distancia del enlace (D) y la PIRE en las siguientes formulas:

$$E_o \left( \frac{V}{Km} \right) = \frac{\sqrt{30 PIRE}}{D}$$

$$20 \log \left[ E_o \left( \frac{\mu V}{m} \right) \right] = 20 \log \left[ \frac{\sqrt{30 PIRE}}{D} * 10^3 \right]$$

$$E_o \left( dB \frac{\mu V}{m} \right) = 20 \log [\sqrt{30} * 10^3] + 20 \log \left[ \frac{\sqrt{PIRE}}{D} \right]$$

<sup>1</sup> PRA: Potencia Radiada Aparente

<sup>2</sup> PIRE: Potencia Isotrópica Radiada Equivalente.

$$E_o \left( \frac{dB \mu V}{m} \right) = 74.77121 + 10 \log[PIRE(W)] - 20 \log[D(Km)]$$

Entre las atenuaciones se tomara en cuenta el Margen de Desvanecimiento, atenuaciones en el espacio libre y por obstáculos.

La intensidad de campo eléctrico, en el caso de que el trayecto de propagación esté bloqueado por una cumbre, es igual a la intensidad de campo eléctrico en el espacio libre menos la atenuación debido a obstáculos.

$$E = E_o - \text{Atenuaciones}$$

La atenuación debido a obstáculos se obtiene mediante el monograma. Para el caso en que exista más de un obstáculo la atenuación total se obtiene sumando todas las atenuaciones debidas a múltiples cumbres.

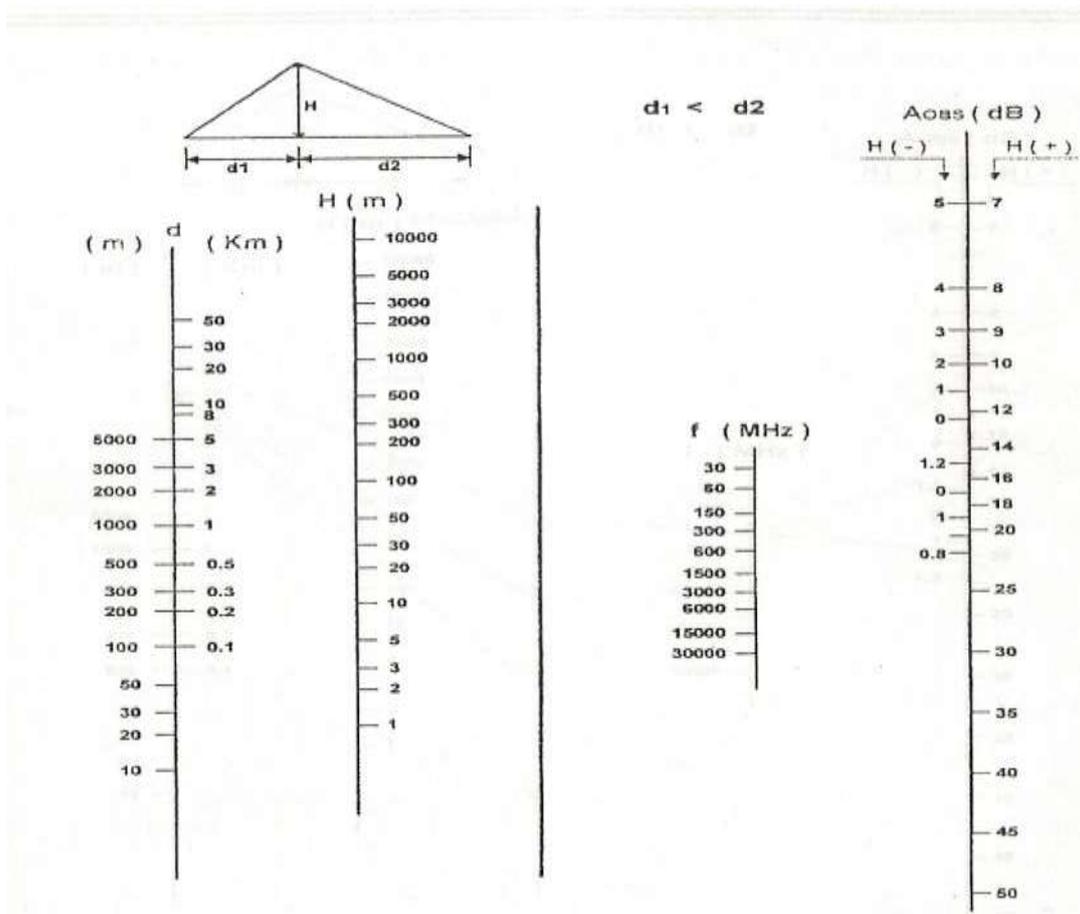


Figura 1.34 Monograma para el cálculo de la Atenuación por Difracción sobre obstáculos en relación al Espacio Libre

El Margen de Desvanecimiento se lo obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$FM(dB) = 30\log[D(Km)] + 10\log[6ABf(GHz)] - 10\log[1 - R] - 70$$

Donde:

- *FM = Margen de Desvanecimiento*
- *D = Distancia del Enlace*
- *A = Factor de Rugosidad*
- *B = Factor de Probabilidad Climática*
- *f = Frecuencia de Trabajo*
- *R = Factor de Conversión de Probabilidad*

Los valores que pueden tomar el Factor de Rugosidad del Terreno y Factor de Probabilidad climática se detallan en la Tabla 1.10 Valores característicos de A y B

FACTOR DE RUGOSIDAD DEL TERRENO		FACTOR DE PROBABILIDAD CLIMÁTICA	
4	Espejos de agua, ríos muy anchos	1	Área marina o condiciones de peor mes
3	Sembrados densos, pastizales, arenales	0,5	Prevalecen áreas calientes y húmedas
2	Bosques	0,25	Áreas mediterráneas de clima normal
1	Terreno normal	0,125	Áreas montañosas de clima seco y fresco
0,25	Terreno Rocoso		

Tabla 1.10 Valores característicos de A y B

Para calcular el valor del Campo Eléctrico se utiliza la siguiente fórmula:

$$E \left( dB \frac{\mu V}{m} \right) = P_r (dBm) + 20\log[f(GHz)] + 167.21$$

Donde:

- *E = Campo Eléctrico en Espacio Libre*
- *Pr = Potencia de Recepción*
- *f = Frecuencia de Recepción*

El valor de la Potencia de Recepción se calcula con la Ecuación General del Enlace:

$$P_r(\text{dBm}) = P_t(\text{dB}) + G_t(\text{dBi}) + G_r(\text{dBi}) - FLS - \Delta$$

Donde:

- $P_t$  = Potencia de Transmisión
- $G_t$  = Ganancia de la Antena de Transmisión
- $G_r$  = Ganancia de la Antena de Recepción
- $FLS$  = Pérdidas por Espacio Libre
- $\Delta$  = Atenuaciones

Para calcular el valor de Pérdidas en el Espacio Libre

$$FLS(\text{dB}) = 32.44 + 20\log[D(\text{Km})] + 20\log[f(\text{MHz})]$$

## 1.4 REFERENCIAS

➤ *Tesis*

- [1.1] Andrade Geovany y Valle Edwin, Estudio y Diseño de un Sistema de Comunicación Digital de Voz con Tecnología Trunking para los Poliductos de PETROCOMERCIAL Regional Norte, EPN, 2008.

➤ *Libros Digitales*

- [1.2] Principios de Comunicaciones Móviles, José Valenzuela, UPC<sup>1</sup>, 2003, [http://books.google.com.ec/books?id=GAf5BKJOfUwC&printsec=frontcover&source=gbs\\_v2\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=GAf5BKJOfUwC&printsec=frontcover&source=gbs_v2_summary_r&cad=0#v=onepage&q=&f=false)

Ultimo acceso: 27-11-2009

- [1.3] Introducción a la Telefonía Celular, Renzo Mare, UNR<sup>2</sup>, 2003 <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~comunica/apuntesTBA/Introduccion%20a%20la%20telefon%C3%ADa%20celular.pdf>

Ultimo acceso: 27-11-2009

- [1.4] Formulas de Radiopropagación en Decibelios, Juan Murillo, Universidad de Sevilla, 2007

<http://personal.us.es/murillo/docente/radio/documentos/decibelios.pdf>

Ultimo acceso: 27-11-2009

➤ *Páginas en Internet*

- [1.5] SIMRAD, <http://www.simrad-yachting.com/es/Productos/Comunicacion-y-AIS/Sistemas-de-Radio-VHF/Sistema-de-VHF-RS81/>

Ultimo acceso: 27-11-2009

---

<sup>1</sup> UPC: Universidad Politécnica de Cataluña, España

<sup>2</sup> UNR: Universidad Nacional de Rosario, Argentina

[1.6] Rômulo Guidugli

<http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/guidugli/trunking.html>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.7] RadioReference <http://wiki.radioreference.com/index.php/Failsoft>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.8] Satelca <http://www.satelca.com.ve/Productos/Productos.swf>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.9] TOMAS SANCHEZ,

<http://web.madritel.es/personales3/tsgnet/trunking.htm>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.10] TopBits,

<http://es.tech-faq.com/trunking.shtml&prev=hp&rurl=translate.google.com>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.11] Robust Erlang B Calculator,

<http://www.cas.mcmaster.ca/~qiao/publications/erlang/newerlang.html>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.12] Comunidad Contac Center,

<http://www.comunidadcc.com/CGI-BIN/boletin/pdfs/9f.pdf>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.13] [http://people.seas.harvard.edu/~jones/cscie129/nu\\_lectures/lecture7/cellular/handoff/handoff.html](http://people.seas.harvard.edu/~jones/cscie129/nu_lectures/lecture7/cellular/handoff/handoff.html)

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.14] Boddunan, <http://www.boddunan.com/component/content/article/19-engineering/4115-cellular-system-basic-concepts.html?directory=3>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.15] GsmFavorites, <http://www.gsmfavorites.com/documents/introduction/gsm/>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.16] Althos, <http://www.althosbooks.com/intowc.html>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.17] UPV<sup>1</sup>, <http://www.upv.es/satelite/trabajos/pracGrupo3/handoff.htm>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.18] Motorola, <http://www.motorola.com/co/cgiss/troncalizado.html>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.19] Movitel, <http://www.movitel.com.ve/servicios.htm>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.20] Sicom, [http://www.google.com.ec/url?sa=t&source=web&ct=res&cd=2&ved=0CA4QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.syscom.com.mx%2FPPT%2FMPT1327withKenwood.ppt&rct=j&q=MPT1327&ei=Uvr-SpoFytSUB52FkJ0L&usq=AFQjCNEoT-CIMNnYqIrH5\\_8zNxkiED-3A](http://www.google.com.ec/url?sa=t&source=web&ct=res&cd=2&ved=0CA4QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.syscom.com.mx%2FPPT%2FMPT1327withKenwood.ppt&rct=j&q=MPT1327&ei=Uvr-SpoFytSUB52FkJ0L&usq=AFQjCNEoT-CIMNnYqIrH5_8zNxkiED-3A)

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.21] APCO, <http://www.apco911.org/frequency/project25/information.html>

Ultimo acceso: 27-11-2009

---

<sup>1</sup> UPV: Universidad Politécnica de Valencia, España

[1.22] TETRA, <http://www.tetramou.com/>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.23] EADS, [http://www.eads.net/1024/es/businet/defence/dcs/solutions/pmr/products\\_services/tetra\\_definition/tetra\\_definition.html](http://www.eads.net/1024/es/businet/defence/dcs/solutions/pmr/products_services/tetra_definition/tetra_definition.html)

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.24] Willtek, <http://www.willtek.com/spanish/technologies/tetra>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.25] TETRA,  
[http://www.tetraforum.hu/dokumentumok/2008/ENG/Professional%20Mobile%20Telecommunications%20Day%202008%20Presentations/Phil%20Godfrey\\_presentation\\_EDR\\_Day\\_2008\\_ENG.pdf](http://www.tetraforum.hu/dokumentumok/2008/ENG/Professional%20Mobile%20Telecommunications%20Day%202008%20Presentations/Phil%20Godfrey_presentation_EDR_Day_2008_ENG.pdf)

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.26] Sovereign Publications,

<http://www.sovereign-publications.com/tetramou.htm>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.27] Motorola,

<http://www.motorola.com/Business/XL-ES/Product+Lines/Red+ASTRO+25>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.28] [http://www.motorolanext.com/newsletter\\_march08/spanish/landing/astro/articles/article1.html](http://www.motorolanext.com/newsletter_march08/spanish/landing/astro/articles/article1.html)

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.29] <http://www.vsp.state.va.us/downloads/STARSCONTRACT/Appendix%2005%20-%2002%20-%20ASTRO%2025%20Digital%20Trunking%20Description.pdf>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.30] [http://www.commgrouper.com/ed/SMARTNET\\_OVERVIEW.pdf](http://www.commgrouper.com/ed/SMARTNET_OVERVIEW.pdf)

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.31] [http://www.google.com.ec/url?sa=t&source=web&ct=res&cd=1&ved=0CAcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fmediacenter.motorola.com%2Fimagelibrary%2Fdownloadmedia.ashx%3FMediaDetailsId%3D643&rct=j&q=Motorola+Understanding+Your+ASTRO%C2%AE+25+Trunking+System&ei=-tIBS-OBMZC9IAel8oyPCw&usq=AFQjCNFM84-0e4Z-GvR9fM\\_aLdaDkoo7GQ](http://www.google.com.ec/url?sa=t&source=web&ct=res&cd=1&ved=0CAcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fmediacenter.motorola.com%2Fimagelibrary%2Fdownloadmedia.ashx%3FMediaDetailsId%3D643&rct=j&q=Motorola+Understanding+Your+ASTRO%C2%AE+25+Trunking+System&ei=-tIBS-OBMZC9IAel8oyPCw&usq=AFQjCNFM84-0e4Z-GvR9fM_aLdaDkoo7GQ)

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.32] SALLE, <http://www.salle.url.edu/~carlesv/dsp/documentacio/s3.doc>

Ultimo acceso: 27-11-2009

[1.33] CONATEL,  
[http://www.conatel.gov.ec/site\\_conatel/index.php?option=com\\_content&view=article&id=110%3Areglamento-y-norma-tecnica-para-los-sistemas-troncalizados&Itemid=104](http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=110%3Areglamento-y-norma-tecnica-para-los-sistemas-troncalizados&Itemid=104)

Ultimo acceso: 27-11-2009

## **2 SISTEMA ACTUAL DE RADIO DE PETROECUADOR Y SUS FILIALES**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se analiza las características de los Sistemas de Radio Actual de cada una de las filiales de PETROECUADOR, así como el lugar geográfico de las repetidoras, la ubicación de estaciones, terminales y la infraestructura en general de la Empresa Estatal de Petróleos del Ecuador, para identificar los equipos, cobertura y tráfico necesarios para un diseño óptimo del Sistema de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y sus filiales a realizarse posteriormente.

## 2.2 SISTEMA ACTUAL DE RADIO DE PETROECUADOR

### 2.2.1 Introducción



Figura 2.1 Logotipo de PETROECUADOR



Figura 2.2 Matriz de PETROECUADOR

PETROECUADOR la Empresa Estatal de Petróleos del Ecuador, genera riqueza para los ecuatorianos mediante la exploración, explotación, transporte, industrialización y comercialización de hidrocarburos, con recurso humano idóneo y comprometido con el desarrollo del país.

Tiene por objeto el desarrollo de actividades en todas las fases de la industria petrolera en el país y como tal es la matriz ejecutiva de las empresas filiales especializadas en las siguientes actividades hidrocarburíferas:

- *Exploración y explotación*
- *Industrialización*
- *Comercialización y transporte.*

El edificio Matriz se encuentra ubicado en la provincia de Pichincha, en la ciudad de Quito, en la Av. 6 de Diciembre y Alpallana.

A continuación se analizará cada una de las filiales

## 2.3 SISTEMA ACTUAL DE RADIO DE PETROPRODUCCIÓN

### 2.3.1 Introducción



Figura 2.3 Logotipo de PETROPRODUCCIÓN



Figura 2.4 Matriz de PETROPRODUCCIÓN

PETROPRODUCCIÓN, tiene como objetivo explorar, explotar, operar las cuencas sedimentarias o yacimientos hidrocarburíferos asignados a PETROECUADOR y transportar el petróleo y gas hasta los principales centros de almacenamiento.

Los centros de trabajo donde PETROPRODUCCIÓN cumple sus funciones están ubicados en las tres regiones del país:

- *Distrito Amazónico, donde se realiza la extracción y producción.*
- *Región Quito, donde se encuentran las instalaciones administrativas más importantes de esta institución, también se menciona dentro de esta*

*región al Laboratorio de Geología y Yacimientos que está localizado en San Rafael en el Valle de los Chillos*

- *Región costa, que cuenta con el Centro de Investigaciones Geológicas en la ciudad de Guayaquil.*

Por las grandes distancias que existen entre las diferentes instalaciones mencionadas, es de principal interés tener un Servicio de Comunicaciones eficiente, rápido, cómodo, privado y completo que interconecte oriente, sierra y costa.

En esta sección se describe y detalla el Sistema de Comunicaciones de PETROPRODUCCIÓN, que está dividido en las siguientes áreas:

- *Quito*
- *Valle de los Chillos*
- *Distrito Amazónico*

Estas áreas se encuentran conectadas a través de Enlaces de Microondas. Las instalaciones en Guayaquil donde funciona el Centro de Investigaciones Geológicas, se conectan a través del Sistema de Telecomunicaciones de PETROCOMERCIAL.

A continuación se describe el sistema de comunicaciones actual de cada uno de los distritos citados.

### **2.3.2 Región Quito**



Figura 2.5 Región Quito

Los edificios que se encuentran en la ciudad de Quito son de gran relevancia, ya que concentran la mayor parte de la información que entra y sale desde y hasta todas las dependencias del país.

En la zona Quito existen 2 edificios, donde se realizan las actividades administrativas de la empresa y estos son:

- *Edificio VILLAFUERTE*
- *Edificio LA TRIBUNA*

También se tomará en cuenta debido a la cercanía del Laboratorio de Geología y Yacimientos localizado en San Rafael, con respecto a la Ciudad de Quito como parte de la Región Quito.

### 2.3.2.1 Edificio Villafuerte o Matriz



Figura 2.6 Edificio Villafuerte

El Edificio Villafuerte, se localiza en la Av. 6 de Diciembre 4226 y Gaspar Cañero, aquí se encuentra la Unidad de Telecomunicaciones, desde la cual se supervisa todos los procesos relacionados con el Sistema de Comunicaciones, se encuentra a una altura de 2.828 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

Se encuentra geográficamente en el punto  $00^{\circ}10'47''$  S y  $78^{\circ}28'34''$  W y posee una torre de 35m.

### 2.3.2.2 Edificio La Tribuna



**Figura 2.7 Edificio La Tribuna**

El Edificio La Tribuna se localiza en la Av. de los Shyris N34-382 y Av. Portugal, aquí se encuentra la Vicepresidencia de PETROPRODUCCIÓN, también presenta un enlace para la red de Comunicaciones. Este edificio se encuentra a 2.800 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

Se encuentra geográficamente en el punto  $00^{\circ} 11'40''$  S y  $78^{\circ}24'14''$  W y posee una torre de 30m.

### 2.3.2.3 Laboratorio de Geología y Yacimientos



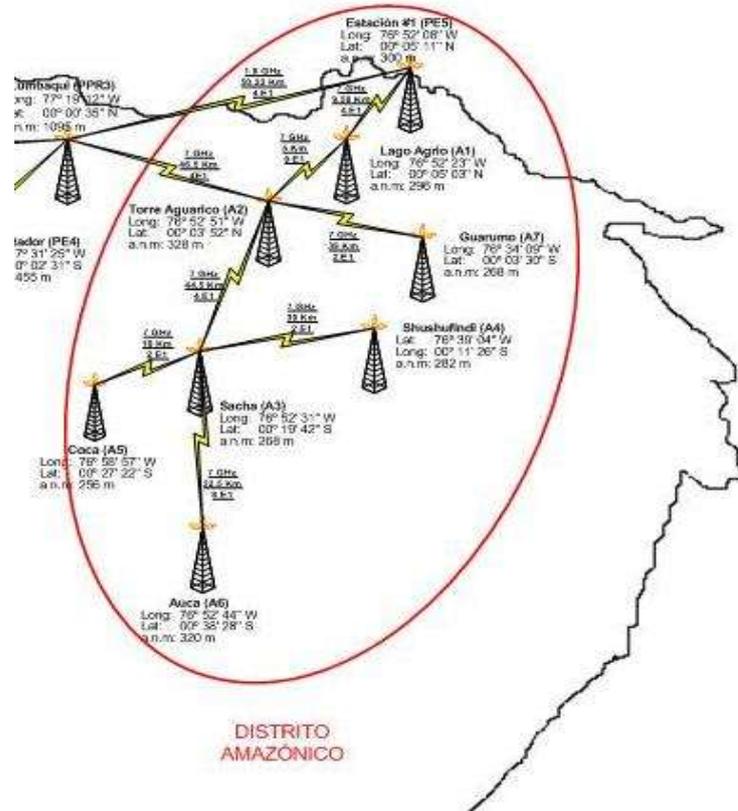
**Figura 2.8 Laboratorio de Geología y Yacimientos**

El Laboratorio de Geología y Yacimientos está ubicado en la Av. el Progreso S/N junto a la Ex-fábrica El Progreso en el Valle de los Chillos al sur-orienté de Quito, en la localidad de San Rafael a una altura de 2.505 msnm

➤ *Lugar geográfico.*

Se encuentra geográficamente en el punto 00° 18'51" S y 78°28'70" W y posee una torre de 18m.

**2.3.3 Distrito Amazónico**



**Figura 2.9 Distrito Amazónico**

En la Amazonía se encuentra los campos de exploración y explotación de petróleo, debido a esto, es necesario tener una red de comunicaciones que abarque la mayoría de campamentos.

Para la interconexión de instalaciones de mayor importancia, dentro de los cuales tenemos Lago Agrio, Guarumo, Aguatico, Shushufindi, Coca, Auca, Sacha se encuentra habilitada la red digital de radio microonda punto a punto. Finalmente para los campamentos de menor importancia o lejanos se encuentra implementado el sistema de comunicaciones punto multipunto.

### **2.3.3.1 Lago Agrio**

El campamento Lago Agrio se encuentra en la provincia de Sucumbíos a una altura de 296 msnm ubicada geográficamente en el punto 00° 05'03" N y 76°52'22" W, el campamento posee una torre de 35m de altura.

### **2.3.3.2 Guarumo**

La Estación Guarumo se encuentra en la provincia de Orellana a una altura de 268 msnm ubicada geográficamente en el punto 00° 03'30" S y 76°34'9" W, el campamento posee una torre de 60m de altura.

### **2.3.3.3 Aguarico**

La Estación Aguarico se encuentra en la provincia de Sucumbíos a una altura de 328 msnm ubicada geográficamente en el punto 00° 03'52" S y 76°52'50" W, el campamento posee una torre de 45m de altura.

### **2.3.3.4 Shushufindi**

La Estación Shushufindi se encuentra en la provincia de Sucumbíos a una altura de 282 msnm ubicada geográficamente en el punto 00° 11'26" S y 76°39'4" W, el campamento posee una torre de 65m de altura.

### **2.3.3.5 Coca**

La Estación del Coca se encuentra en la provincia de Orellana, a una altura de 256 msnm ubicada geográficamente en el punto 00°27'22" S y 76°58'56" W, el campamento posee una torre de 45m de altura.

### **2.3.3.6 Auca**

La Estación Auca se encuentra en la provincia de Orellana, a una altura de 320 msnm ubicada geográficamente en el punto 00°38'29" S y 76°52'44" W, el campamento posee una torre de 125m de altura.

### 2.3.3.7 Sacha

La Estación Sacha se encuentra en la provincia de Orellana, a una altura de 268 msnm ubicada geográficamente en el punto  $00^{\circ}19'43''$  S y  $79^{\circ}56'30''$  W, el campamento posee una torre de 125m de altura.

### 2.3.4 Región Costa

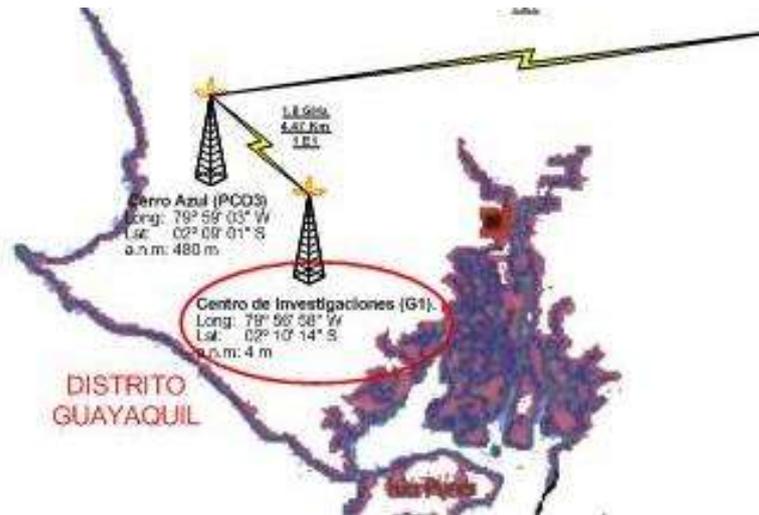


Figura 2.10 Región Costa

### 2.3.4.1 Guayaquil

En esta ciudad se encuentra el Centro de Investigaciones Geológicas en Los Ceibos Km 6½ vía a la costa, a una altura de 4 msnm, ubicada geográficamente  $02^{\circ}10'14''$  S y  $76^{\circ}52'58''$  W, el campamento posee una torre de 30m de altura.

La transmisión de información se la realiza a través del Backbone<sup>1</sup> Quito – Guayaquil perteneciente a PETROCOMERCIAL.

La conexión, en la ciudad de Quito, entre los sistemas de comunicaciones de PETROCOMERCIAL y PETROPRODUCCIÓN se la realiza en las instalaciones del Cerro Pichincha mediante la conexión de los equipos de radio de las dos filiales como se observa en la Figura 2.11 **Esquema de Conexión PCO-PRR.**

<sup>1</sup> Backbone: Enlace de gran caudal o una serie de nodos de conexión que forman un eje de conexión principal. Es la columna vertebral de una red

Desde el Edificio La Tribuna se envía un E1 hacia el Cerro Pichincha donde se conecta con el equipo de radio de PETROCOMERCIAL, a través del cual pasa a la red de PETROCOMERCIAL, cuyo destino final es la ciudad de Guayaquil.

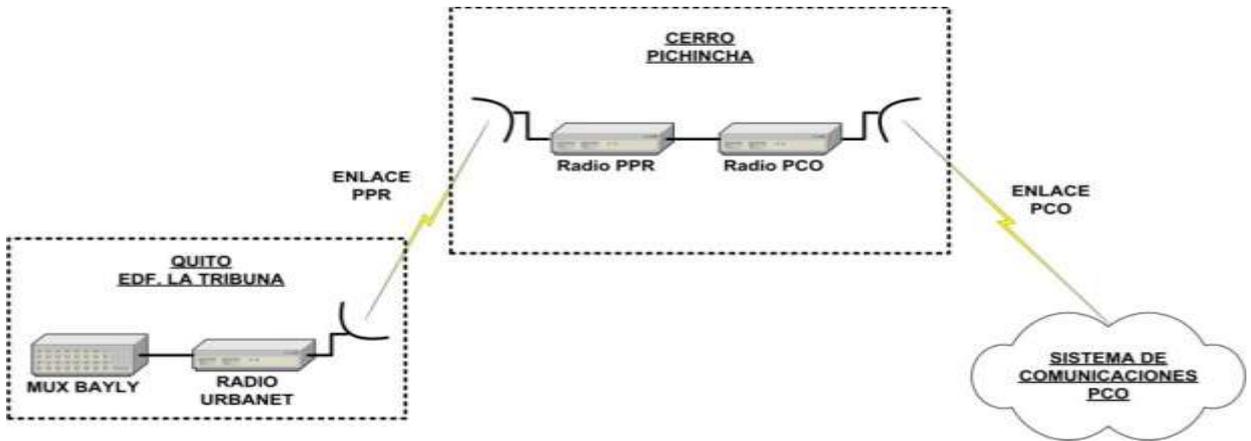


Figura 2.11 Esquema de Conexión PCO-PRR

En la Figura 2.12 **Diagrama de Ruta PCO** se muestra detalladamente la ruta principal de interconexión entre las ciudades de Quito y Guayaquil.

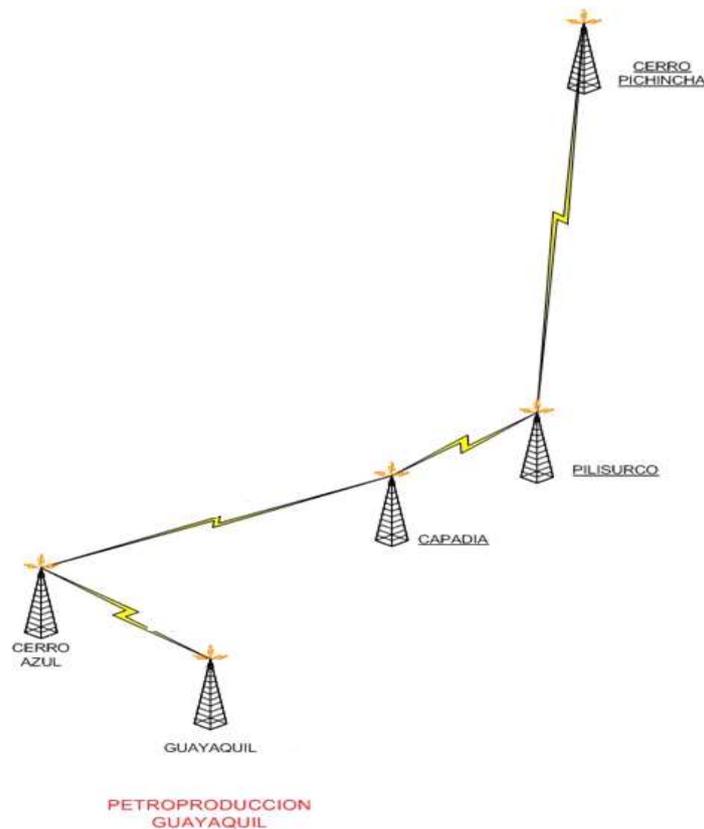


Figura 2.12 Diagrama de Ruta PCO

### 2.3.5 Información de Repetidoras

El Sistema actual de Radio se encuentra en funcionamiento únicamente en el Distrito Amazónico, proporcionando un servicio de comunicación de tipo móvil tanto para radios de vehículos como para radios portátiles, con frecuencias distintas para el área de PRODUCCIÓN y el área de PERFORACIÓN.

#### 2.3.5.1 Lago Agrio

La repetidora Lago Agrio se encuentra en la provincia de Sucumbíos a una altura de 296 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

La Repetidora Lago Agrio, se encuentra geográficamente en el punto 00°05'03" N y 76°52'22" W

➤ *Altura de la torre.*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en el Lago Agrio es de 35m.

➤ *Banda de operación.*

La Frecuencia de Producción de la repetidora Lago Agrio es de 162.175 MHz para Tx y 167.175 MHz para Rx

➤ *Cobertura*

Radiales	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Distancia. (Km)	45.3	333.3	41.4	52	32.7	32.8	31.3	32	68.5	68.5	68.5	68.5

Tabla 2.1 Distancias para E=38.5dBμV/m de la Repetidora Lago Agrio

#### 2.3.5.2 Guarumo

La repetidora Guarumo se encuentra en la provincia de Orellana a una altura de 268 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

La Repetidora Guarumo, se encuentra geográficamente en el punto 00°03'30" S y 76°34'9" W

➤ *Altura de la torre.*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en el Guarumo es de 60m.

➤ *Banda de operación.*

En la repetidora Guarumo la Frecuencia de Producción es de 142.250 MHz para Tx y 142.850 MHz para Rx, y la Frecuencia de Perforación es de 142.750 MHz para Tx y 143.400 MHz para Rx

➤ *Cobertura*

Radiales	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Distancia. (Km)	37	43.5	38	54	52	54	62	54	38.5	47.5	52.5	43.5

Tabla 2.2 Distancias para E=38.5dB $\mu$ V/m de la Repetidora Guarumo

### 2.3.5.3 Auca

La repetidora Auca se encuentra en la provincia de Orellana a una altura de 320 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

La Repetidora Auca, se encuentra geográficamente en el punto 00°38'29"S y 76°52'44" W

➤ *Altura de la torre.*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en el Auca es de 125m.

➤ *Banda de operación.*

En la repetidora Auca la Frecuencia de Producción es de 162.075 MHz para Tx y 167.075 MHz para Rx, y la Frecuencia de Perforación es de 162.125 MHz para Tx y 167.125 MHz para Rx

➤ *Cobertura*

Radiales	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Distancia. (Km)	63.5	53	63.5	50.5	55.5	63.5	57	63.5	42.5	63.5	63.5	63.5

Tabla 2.3 Distancias para E=38.5dB $\mu$ V/m de la Repetidora Auca

#### 2.3.5.4 Sacha

La repetidora Sacha se encuentra en la provincia de Orellana a una altura de 268 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

La Repetidora Sacha, se encuentra geográficamente en el punto 00°19'43"S y 79°56'30" W

➤ *Altura de la torre.*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en el Sacha es de 125m.

➤ *Banda de operación.*

En la repetidora Sacha la Frecuencia de Producción es de 162.100 MHz para Tx y 167.100 MHz para Rx, y la Frecuencia de Perforación es de 162.050 MHz para Tx y 167.050 MHz para Rx

➤ *Cobertura*

Radiales	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Distancia. (Km)	43	44	48.5	48.5	56	53	48.5	60.8	63.8	63.8	63.8	46.2

Tabla 2.4 Distancias para E=38.5dB $\mu$ V/m de la Repetidora Sacha

#### 2.3.5.5 Shushufindi

La repetidora Shushufindi se encuentra en la provincia de Sucumbíos a una altura de 282 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

La Repetidora Shushufindi, se encuentra geográficamente en el punto 00°11'26" S y 76°39'4" W

➤ *Altura de la torre.*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en el Shushufindi es de 65m.

➤ *Banda de operación.*

En la repetidora Shushufindi la Frecuencia de Producción es de 162.200 MHz para Tx y 167.200 MHz para Rx

➤ *Cobertura*

<b>Radiales</b>	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
<b>Distancia. (Km)</b>	47	43.5	47.2	43.2	47.5	43	51.5	37.5	34.1	47.1	47.1	47

**Tabla 2.5 Distancias para E=38.5dB $\mu$ V/m de la Repetidora Shushufindi**

<b>LUGAR</b>	<b>PRODUCCIÓN</b>		<b>PERFORACIÓN</b>	
	TX (MHZ)	RX (MHZ)	TX (MHZ)	RX (MHZ)
<b>Lago Agrio</b>	162.175	167.175	-----	-----
<b>Guarumo</b>	142.250	142.850	142.750	143.400
<b>Auca</b>	162.075	167.075	162.125	167.125
<b>Sacha</b>	162.100	167.100	162.050	167.050
<b>Shushufindi</b>	162.200	167.200	-----	-----

**Tabla 2.6 Frecuencias de Operación de Sistema de Radio Actual**

## 2.4 SISTEMA ACTUAL DE RADIO DE PETROINDUSTRIAL.

### 2.4.1 Introducción



Figura 2.13 Logotipo de PETROINDUSTRIAL



Figura 2.14 Matriz de PETROINDUSTRIAL

PETROINDUSTRIAL, encargada de transformar los hidrocarburos mediante procesos de refinación para producir derivados que satisfagan la demanda interna del país.

PETROINDUSTRIAL está conformada por la oficina Matriz, ubicada en la Alpallana E8-30 y Diego de Almagro, Quito; y por tres complejos industriales, localizados en las provincias de Esmeraldas, Santa Elena y Sucumbíos, en el territorio nacional.

PETROINDUSTRIAL, al no poseer un Sistema de Comunicaciones propio, el servicio es prestado por PETROCOMERCIAL DN, en los casos de la Refinería Estatal Esmeraldas y el Complejo Industrial Shushufindi, y por PETROCOMERCIAL DS, en el caso de la Refinería La Libertad.

Sin embargo para el presente estudio es importante saber la localización geográfica de las instalaciones de PETROINDUSTRIAL, para realizar los cálculos de cobertura correctos.

### 2.4.2 Refinería Estatal Esmeraldas



Figura 2.15 Refinería Estatal Esmeraldas



Figura 2.16 Refinería Estatal Esmeraldas

La Refinería de Esmeraldas, está situada en la provincia de Esmeraldas en el sector noroccidental del país, a 3.8 Km. de distancia del Océano Pacífico. Se encuentra a una distancia de 7 Km de la ciudad de Esmeraldas, en la vía hacia Atacames, está a 300 m en línea recta al Río Teaone, 3 Km al Río Esmeraldas y 3,8 Km al Océano Pacífico.

Fue diseñada y construida entre 1975 y 1977 para procesar 55.600 bl/d, en 1987 se amplió a 90.000 bl/d, luego de 20 años en 1997 amplió sus instalaciones para procesar 110.000 bl/d, adaptándose para procesar crudos más pesados, incorporando nuevas unidades para mejorar la calidad de los combustibles y minimizar el impacto ambiental.

La Refinería Estatal Esmeraldas se encuentra a una altura de 18 msnm ubicada geográficamente en el punto 00°56'38" N y 79°41'30" W, el campamento posee una torre de 18m de altura



Figura 2.17 Torre de Comunicaciones de la Refinería Estatal Esmeraldas

### 2.4.3 Refinería La Libertad



Figura 2.18 Refinería La Libertad

Está situada en la Provincia de Santa Elena, Cantón La Libertad. En el mes de noviembre de 1989, se revertieron al Estado Ecuatoriano las instalaciones de la Refinería Anglo Ecuadorian Oil Fields Ltda., y en el año 1990 la refinería Repetrol, al concluir los contratos de operación con éstas compañías.

La Refinería La Libertad (RLL) está diseñada para procesar 45000 bls/d de petróleo crudo extraído del Oriente Ecuatoriano y produce los siguientes derivados: LPG, Gasolina, Diesel No. 1, Diesel No. 2, Jet Fuel, JP1, Fuel Oil No. 6, Solvente No. 1, Solvente No. 2, Spray Oil y Mineral Turpentine.

La Refinería La Libertad con 60 años de operación en la península de Santa Elena es el centro refinador más antiguo del Ecuador, y ahora el segundo por su capacidad de producción.

#### 2.4.4 Complejo Industrial Shushufindi

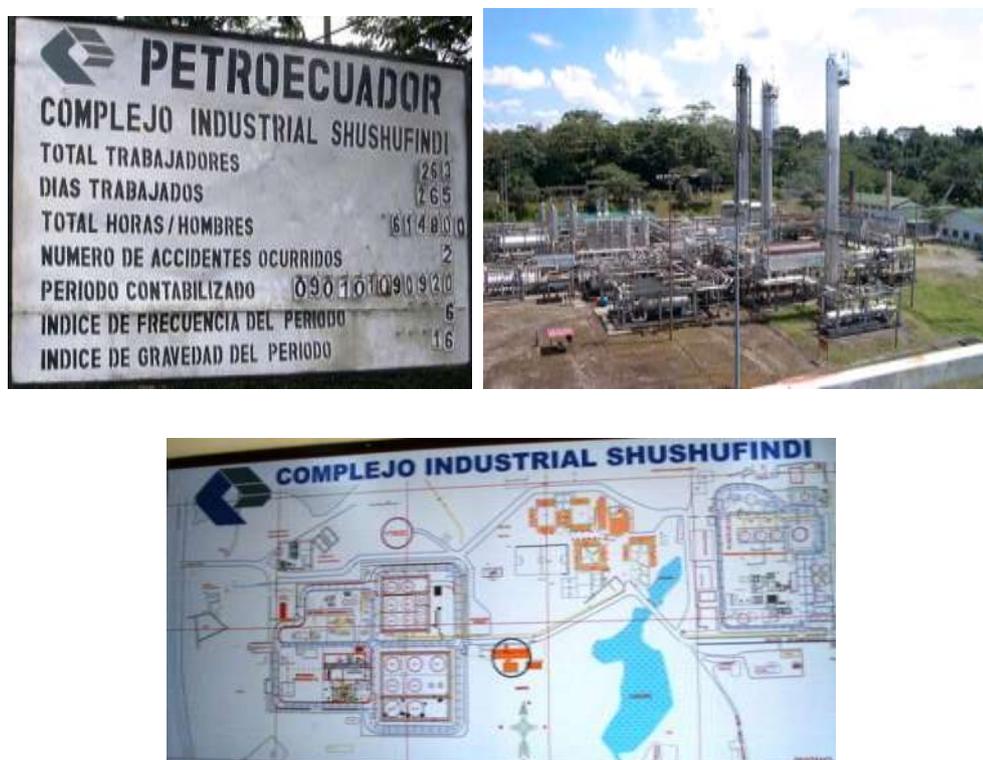


Figura 2.19 Complejo Industrial Shushufindi

Está ubicado en la Provincia de Sucumbíos en la región Oriental del País, está formado por:

- Refinería Amazonas, que arrancó en 1987 con una capacidad de 10.000 bls/d, en 1995 se duplicó su capacidad a 20.000 bls/d.
- Planta de gas de Shushufindi, que se diseñó para aprovechar el gas natural asociado al Crudo extraído en los campos y producir GLP y gasolina natural. Su máxima carga es de 25 millones de pies cúbicos

*estándar de gas asociado, tiene capacidad para producir hasta 500 Tm/día de GLP y 2800 BPD de gasolina.*

El complejo Industrial Shushufindi se encuentra a una altura de 272 msnm ubicada geográficamente en el punto 00°11'54" S y 76°39'25" W, el campamento posee una torre de 60m de altura.



**Figura 2.20 Torre de Comunicaciones del Complejo Industrial Shushufindi**



**Figura 2.21 Cuarto de Comunicaciones del Complejo Industrial Shushufindi**

## 2.5 SISTEMA ACTUAL DE RADIO DE PETROCOMERCIAL

### 2.5.1 *Introducción.*



Figura 2.22 Logotipo de PETROCOMERCIAL

PETROCOMERCIAL, dedicada a transportar, almacenar y comercializar productos derivados del petróleo, a fin de satisfacer la demanda a nivel nacional e incursionando en la comercialización en mercados internacionales.

Fundada el 26 de septiembre de 1989, estructuralmente se encuentra fraccionada en dos grandes sectores de comercialización denominados Distrito Norte (DN) y el Distrito Sur (DS).

Actualmente PETROCOMERCIAL dispone de un sistema de comunicación analógico basado en equipos repetidores, móviles, bases y portátiles instalados en los Poliductos (Estaciones, Depósitos y Terminales), por medio de los cuales se dispone de una comunicación de voz en modo de operación Simplex y Half-Duplex, que brindan de forma eficiente la comunicación vía radio a todo el personal que labora en los Poliductos.

Los Poliductos que conforman PETROCOMERCIAL, se encuentran detallados en la Figura 2.23 Poliductos de PETROCOMERCIAL

A continuación se detallara el Sistema de Comunicaciones VHF que posee cada una de las distritales de PETROCOMERCIAL.

### 2.5.2 *Sistema actual de radio de PETROCOMERCIAL (Distrital Norte).*

#### 2.5.2.1 *Introducción.*

La Distrital Norte, de PETROCOMERCIAL, es la encargada de los Poliductos:

- Shushufindi – Quito
- Esmeraldas – Quito
- Quito – Ambato

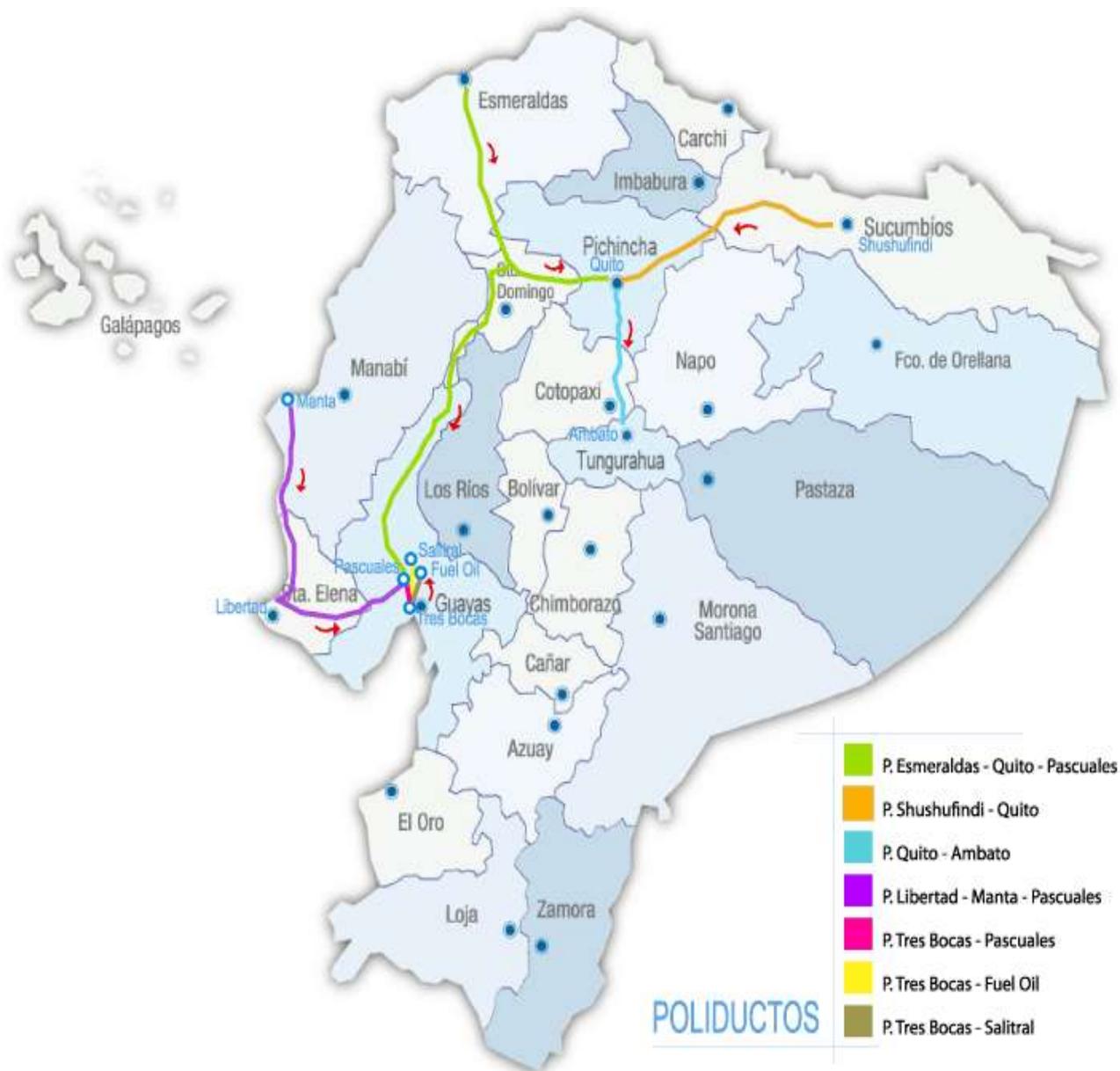


Figura 2.23 Poliductos de PETROCOMERCIAL

### 2.5.2.2 Poliducto Shushufindi - Quito



Figura 2.24 Poliducto Shushufindi - Quito

El Poliducto Shushufindi-Quito se origina en la Provincia de Sucumbíos, ciudad de Shushufindi, Cabecera Shushufindi y tiene como destino la Provincia de Pichincha, ciudad de Quito, Terminal Beaterio, tiene una extensión de 305 Km. por el cual se transporta GLP, NAFTA Base, Destilado1, Diesel 2, Jet Fuel.

#### 2.5.2.2.1 Descripción de Tramos

TRAMOS	LONGITUD (Km.)
Shushufindi-Quijos	122+007
Quijos-Osayacu	85+004
Osayacu-Chalpi	35+126
Chalpi-Oyambaro	36+513
Oyambaro-Ushimana	9+050
Ushimana-Beaterio	17+115

Tabla 2.7 Descripción de Tramos del Poliducto Shushufindi - Quito

#### 2.5.2.2.2 Estaciones

##### 2.5.2.2.2.1 Cabecera de Shushufindi

Se encuentra en la ciudad de Shushufindi, provincia de Sucumbíos a una altura de 215 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

La Estación Cabecera Shushufindi, se encuentra geográficamente en el punto 00° 11' 43" S y 76°39'14" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 10m.*



Figura 2.25 Torre de la Estación Cabecera de Shushufindi

➤ *Cuarto de Equipos*



Figura 2.26 Cuarto de Equipos de la Estación Cabecera de Shushufindi

### 2.5.2.2.2 Quijos



Figura 2.27 Estación Quijos

Se encuentra ubicada en Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos, Vía Quito – Quijos a una altura de 987 msnm

➤ *Lugar geográfico.*

La Estación Quijos, se encuentra geográficamente en el punto 00°00'55" S y 77°26'22" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 18m.*



Figura 2.28 Torre de la Estación Quijos

➤ *Cuarto de Equipos*



Figura 2.29 Cuarto de Equipos de la Estación Quijos

### 2.5.2.2.3 Osayacu

Se encuentra ubicada en la Parroquia de Baeza, provincia del Napo a una altura de 1840 msnm



Figura 2.30 Estación Osayacu

➤ *Lugar geográfico.*

La Estación Osayacu, se encuentra geográficamente en el punto  $00^{\circ}26'37''$  S y  $77^{\circ}52'26''$  W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*



**Figura 2.31 Torre de la Estación Osayacu**

➤ *Cuarto de Equipos*



**Figura 2.32 Cuarto de Equipos de la Estación Osayacu**

#### 2.5.2.2.4 Chalpi



Figura 2.33 Estación Chalpi

Se encuentra ubicada en la Parroquia de Papallacta, provincia del Napo a una altura de 2860 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

La Estación Chalpi, se encuentra geográficamente en el punto  $00^{\circ}22'05''$  S y  $78^{\circ}06'49''$  W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 15m.*



Figura 2.34 Torre de la Estación Chalpi

➤ *Cuarto de Equipos*



Figura 2.35 Cuarto de Equipos de la Estación Chalpi

**2.5.2.2.2.5 Oyambaro**



Figura 2.36 Estación Oyambaro

El Terminal de GLP Oyambaro, se ubica al nor-oriente de la ciudad de Quito, en la vía Pifo – Sangolquí km 13 ½. Tiene como actividades importantes la recepción, el almacenamiento y despacho de GLP para uso doméstico e industrial. La altura de la torre que se encuentra ubicada en el terminal es de 18m, se encuentra geográficamente en el punto 00°18'22" S y 78°21'45" W a 2700 msnm.

### 2.5.2.2.6 Terminal Beaterio

El Terminal Beaterio se encuentra en la ciudad de Quito en el Km 11.5, Panamericana Sur, en la provincia de Pichincha a una altura de 2910 msnm



Figura 2.37 Terminal Beaterio

➤ *Lugar geográfico.*

El Terminal Beaterio, se encuentra geográficamente en el punto  $00^{\circ}22'44''$  S y  $78^{\circ}08'38''$  W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada del terminal es de 18m.*



Figura 2.38 Torre del Terminal Beaterio

➤ *Cuarto de Equipos*



Figura 2.39 Cuarto del Terminal Beaterio

**2.5.2.3 Poliducto Esmeraldas – Quito**



Figura 2.40 Poliducto Esmeraldas - Quito

El Poliducto Esmeraldas – Quito se origina en la provincia de Esmeraldas, ciudad de Esmeraldas, Cabecera Esmeraldas y tiene como destino la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Terminal Santo Domingo, para posteriormente llegar a su destino final en la Provincia de Pichincha, ciudad de Quito, Terminal Beaterio. Tiene una extensión total de 252 + 87 km.

Está conformado por dos tramos:

- *Esmeraldas - Santo Domingo que inicio sus operaciones en 1979*
- *Santo Domingo – Beaterio que inicio sus operaciones el 26 de septiembre de 1980*

El caudal de operación promedio es de 2.500 bls/hora, los productos que transporta son: Gasolina Súper, Gasolina Extra, Diesel 1 y Diesel 2

### 2.5.2.3.1 Descripción de Tramos

TRAMOS	LONGITUD (Km.)
Esmeraldas - Santo Domingo	164
Santo Domingo - Beaterio	88,87

Tabla 2.8 Descripción de Tramos del Poliducto Esmeraldas - Quito

### 2.5.2.3.2 Estaciones

#### 2.5.2.3.2.1 Cabecera de Esmeraldas



Figura 2.41 Estación Cabecera Esmeraldas

Se encuentra en la ciudad de Esmeraldas, provincia de Esmeraldas a una altura de 38 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

La Estación Cabecera Esmeraldas, se encuentra geográficamente en el punto 00°55'52" N y 79°41'22" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada del terminal es de 10m.*



Figura 2.42 Torre de Estación Cabecera Esmeraldas

### 2.5.2.3.2.2 Santo Domingo



Figura 2.43 Estación Santo Domingo

Se encuentra en la ciudad de Santo Domingo, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas a una altura de 566 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

La Estación Santo Domingo, se encuentra geográficamente en el punto  $00^{\circ}16'01''$  S y  $79^{\circ}04'41''$  W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*



Figura 2.44 Torre de la Estación Santo Domingo

### 2.5.2.3.2.3 Faisanes



Figura 2.45 Estación Faisanes

Se encuentra en Parroquia de Alluriquín, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas a una altura de 1500 msnm.

➤ *Lugar geográfico*

La Estación Faisanes, se encuentra geográficamente en el punto  $00^{\circ}17'48''$  S y  $78^{\circ}53'10''$  W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 10m.*



Figura 2.46 Torre de la Estación Faisanes

➤ *Cuarto de Equipos*



Figura 2.47 Cuarto de Equipos de la Estación Faisanes

**2.5.2.3.2.4 Corazón**



Figura 2.48 Estación Corazón

Se encuentra en Parroquia de Ulloa, provincia de Pichincha a una altura de 2560 msnm. La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 10m.

**2.5.2.4 Poliducto Quito - Ambato**

El Poliducto Quito - Ambato se origina en el Terminal Beaterio en la ciudad de Quito en la provincia de Pichincha y tiene como destino el Terminal Ambato, ubicado en la ciudad de Ambato en la provincia de Tungurahua. Tiene una extensión total de 110.4 km.

Este poliducto inició sus operaciones en el año 1985. El caudal de operación promedio es de 20.495 bls/hora, los productos que transporta son: Gasolina Súper, Gasolina Extra, Diesel 1 y Diesel 2

#### 2.5.2.4.1 Estaciones

##### 2.5.2.4.1.1 Ambato

Se encuentra en el Sector Huachi La Joya de la ciudad de Ambato en la provincia de Tungurahua, a una altura de 2750 msnm.



Figura 2.49 Estación Ambato

➤ *Lugar geográfico*

La Estación Ambato, se encuentra geográficamente en el punto 01°16'09" S y 78°37'20" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 12m.*



Figura 2.50 Torre de la Estación Ambato

➤ *Cuarto de Equipos*



Figura 2.51 Cuarto de Equipos de la Estación Ambato

### 2.5.2.5 Información de Repetidoras

PETROCOMERCIAL DN, tiene infraestructura de comunicaciones propia con caseta, sistemas de alimentación y acceso vial en las siguientes elevaciones:

- *Pichincha*
- *Pilisurco*
- *Capadia*
- *Balao PCO*
- *Tres Cruces*

Al no tener infraestructura propia en el oriente del país, PETROCOMERCIAL DN hace uso de la infraestructura del SOTE, para la instalación de sus equipos en las siguientes elevaciones:

- *Guamaní*
- *Lumbaqui*
- *Atacazo*

Por lo cual en esta sección solo se analizará la banda de operación y cobertura de PETROCOMERCIAL de cada una de estas repetidoras, para posteriormente, analizar todas las características del sitio en el Sistema de radio actual del SOTE. Capadia es utilizada solo para enlaces microonda por lo que no es necesario un análisis del sitio.

### 2.5.2.5.1 Pichincha



Figura 2.52 Repetidora Pichincha

➤ *Lugar geográfico*

La Repetidora Pichincha, se encuentra geográficamente en el punto  $00^{\circ}09'57''$  S y  $78^{\circ}31'47''$  W a una altura de 3850 msnm

➤ *Altura de la torre*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en el Pichincha es de 48m.



Figura 2.53 Torre de la Repetidora del Pichincha

➤ *Cuarto de Equipos*



Figura 2.54 Cuarto de Equipos de la Repetidora del Pichincha

➤ *Banda de operación.*

La Frecuencia operación de la repetidora Pichincha es de 167,975 MHz para Tx y 168,475 MHz para Rx

### 2.5.2.5.2 Pilisurco



Figura 2.55 Repetidora Pilisurco

➤ *Lugar geográfico.*

La Repetidora Pilisurco, se encuentra geográficamente en el punto  $01^{\circ}08'43''$  S y  $78^{\circ}40'54''$  W a una altura de 4200msnm

➤ *Altura de la torre.*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en el Pilisurco es de 42m.



Figura 2.56 Torre de la Repetidora de Pilisurco

➤ *Cuarto de Equipos*



Figura 2.57 Cuarto de Equipos de la Repetidora Pilisurco

➤ *Banda de operación.*

La Frecuencia operación de la repetidora Pilisurco es de 168,550 MHz para Tx y 168,000 MHz para Rx

➤ *Cobertura.*

La repetidora de Pilisurco se enlaza con Atacazo a través de un modulo RA asociada a una Yagui en canal 2 la misma que usa un circuito acoplador para unirse a un modulo RT que trabaja en canal 3, el cual irradia a todo el sector del Terminal Ambato.

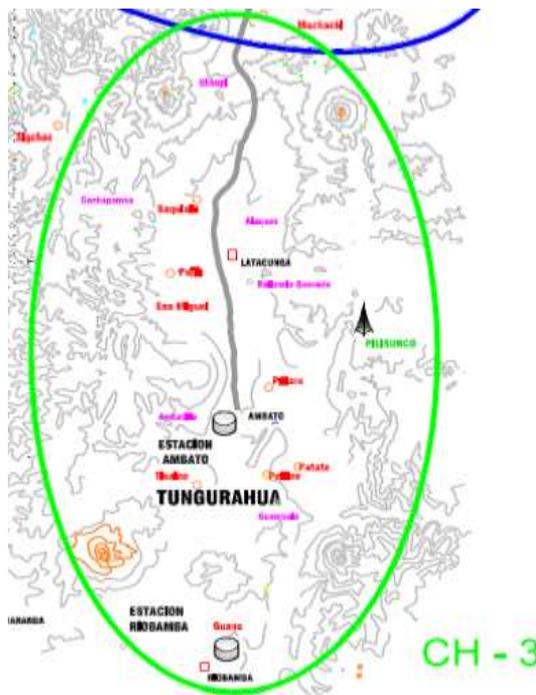


Figura 2.58 Diagrama aproximado de Cobertura de la Repetidora Pilisurco

### 2.5.2.5.3 Balao PCO



Figura 2.59 Repetidora Balao PCO

➤ *Lugar geográfico.*

La Repetidora Pichincha, se encuentra geográficamente en el punto  $00^{\circ}57'11''$  N y  $79^{\circ}41'54''$  W a una altura de 268 msnm

➤ *Altura de la torre.*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en el Balao es de 42m.

➤ *Cuarto de Equipos*



Figura 2.60 Cuarto de Equipos de la Repetidora del Balao PCO

➤ *Banda de operación.*

La Frecuencia operación de la repetidora Balao PCO es de 173,900 MHz para Tx y 172,400 MHz para Rx

**2.5.2.5.4 Guamaní**

➤ *Banda de operación.*

La Frecuencia operación de la repetidora Guamaní es de 167,925 MHz para Tx y 168,525 MHz para Rx

➤ *Cobertura.*

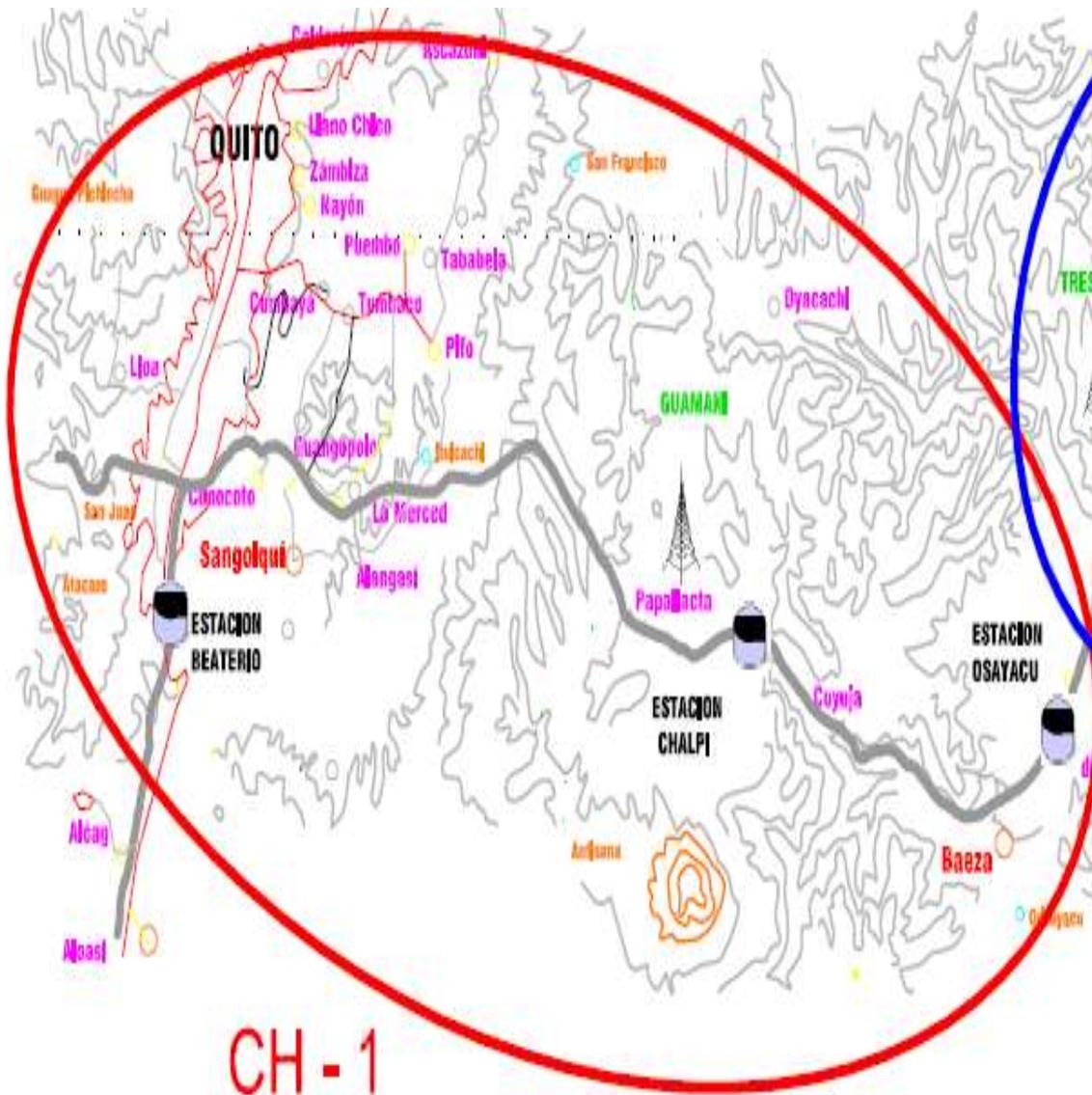


Figura 2.61 Diagrama aproximado de Cobertura de la Repetidora Guamaní

### 2.5.2.5.5 Lumbaqui

➤ *Banda de operación.*

La Frecuencia operación de la repetidora Lumbaqui es de 167,975 MHz para Tx y 168,475 MHz para Rx

➤ *Cobertura.*

Por la amplia longitud y las variaciones geográficas existentes entre la repetidora de Guamaní y el Terminal de Shushufindi se tiene un enlace entre repetidoras en el cerro Lumbaqui con el cerro Guamaní de la siguiente forma:

La repetidora de Lumbaqui se enlaza con Guamaní a través de un modulo RA<sup>1</sup> asociada a una Yagui en canal 1 la misma que usa un circuito acoplador para unirse a un modulo RT<sup>2</sup> que trabaja en canal 2, el cual irradia a todo el sector de Lago Agrio y Shushufindi.

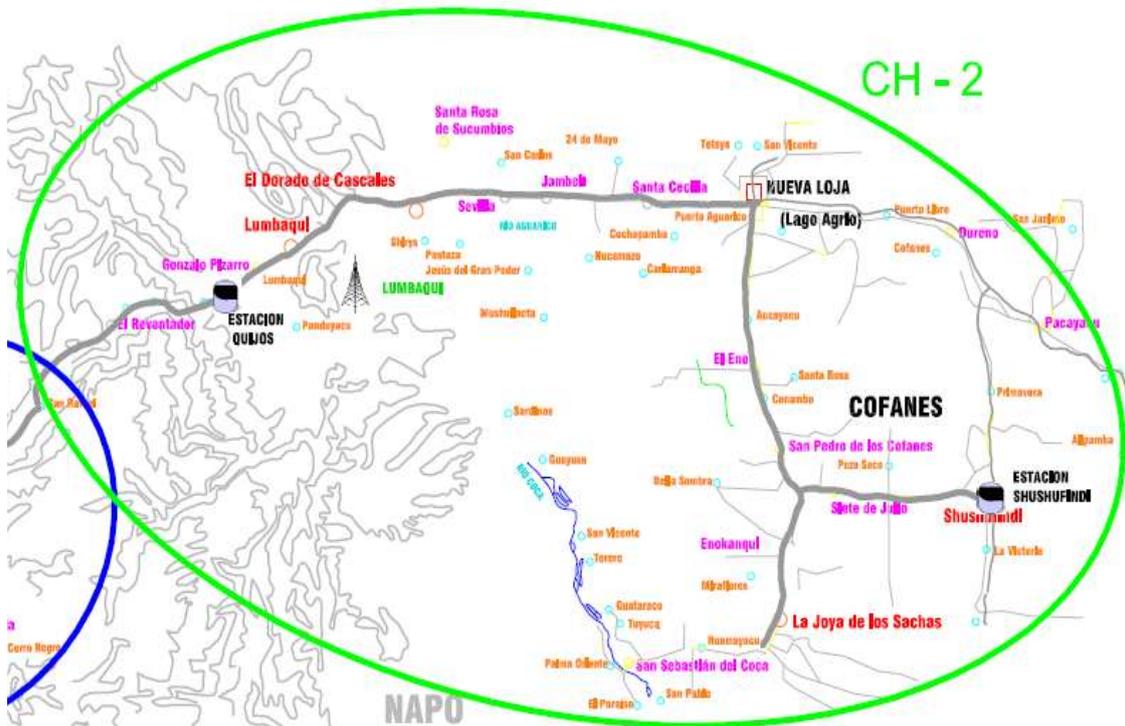


Figura 2.62 Diagrama aproximado de Cobertura de la Repetidora Lumbaqui

<sup>1</sup> RA: Radio Access, recepta señales de voz que están siendo radiadas por y hacia otras repetidoras, internamente realiza el traslado de frecuencias para cambiarse de una canal a otro.

<sup>2</sup> RT: Radio Transmit, retransmite las señales de voz hacia los equipos de la zona de cobertura.

### 2.5.2.5.6 Tres Cruces

➤ *Banda de operación*

La Frecuencia operación de la repetidora Tres Cruces es de 168,550 MHz para Tx y 168,000 MHz para Rx

➤ *Cobertura.*

Debido a las grandes imperfecciones que presenta el terreno entre las repetidoras de Guamaní y Lumbaqui, no se tiene señal en todo el camino desde el cantón el Chaco hasta la Parroquia el Reventador, para lo cual se tiene implementado un arreglo RA – RT de la siguiente forma:

La repetidora de Lumbaqui se enlaza con la de Tres cruces a través de un modulo RA asociada a una Yagui en canal 2 la misma que usa un circuito acoplador para unirse a un modulo RT que trabaja en canal 3.

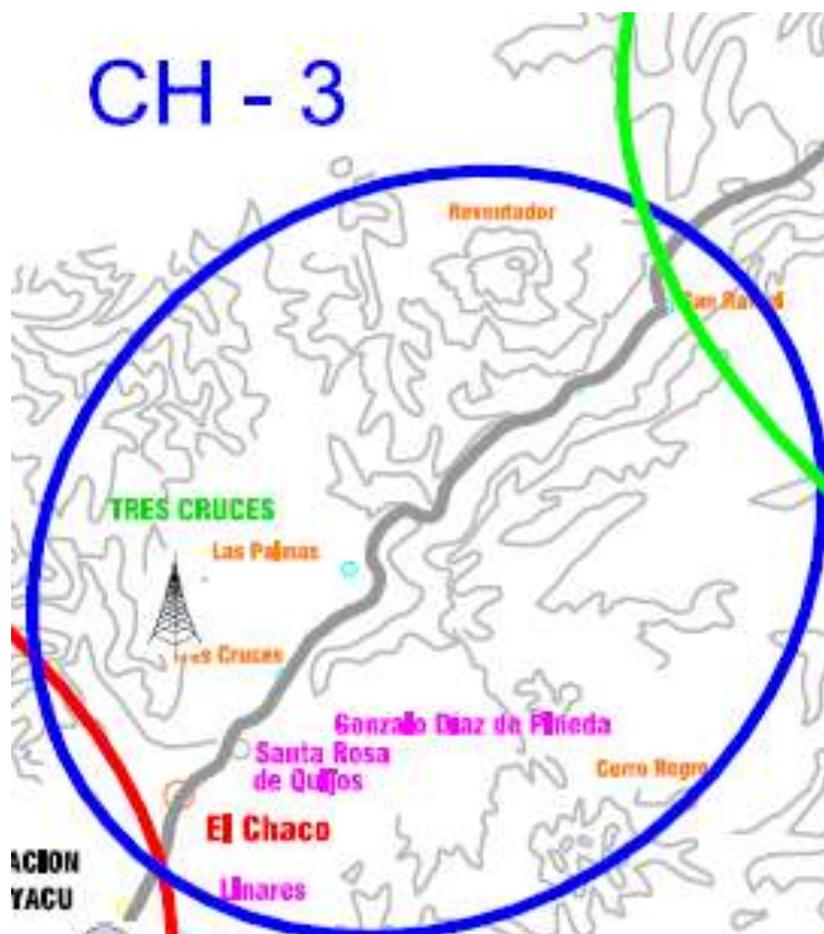


Figura 2.63 Diagrama aproximado de Cobertura de la Repetidora Tres Cruces

2.5.2.5.7 Atacazo

➤ *Banda de operación*

La Frecuencia operación de la repetidora Atacazo es de 167,975 MHz para Tx y 168,475 MHz para Rx

➤ *Cobertura.*

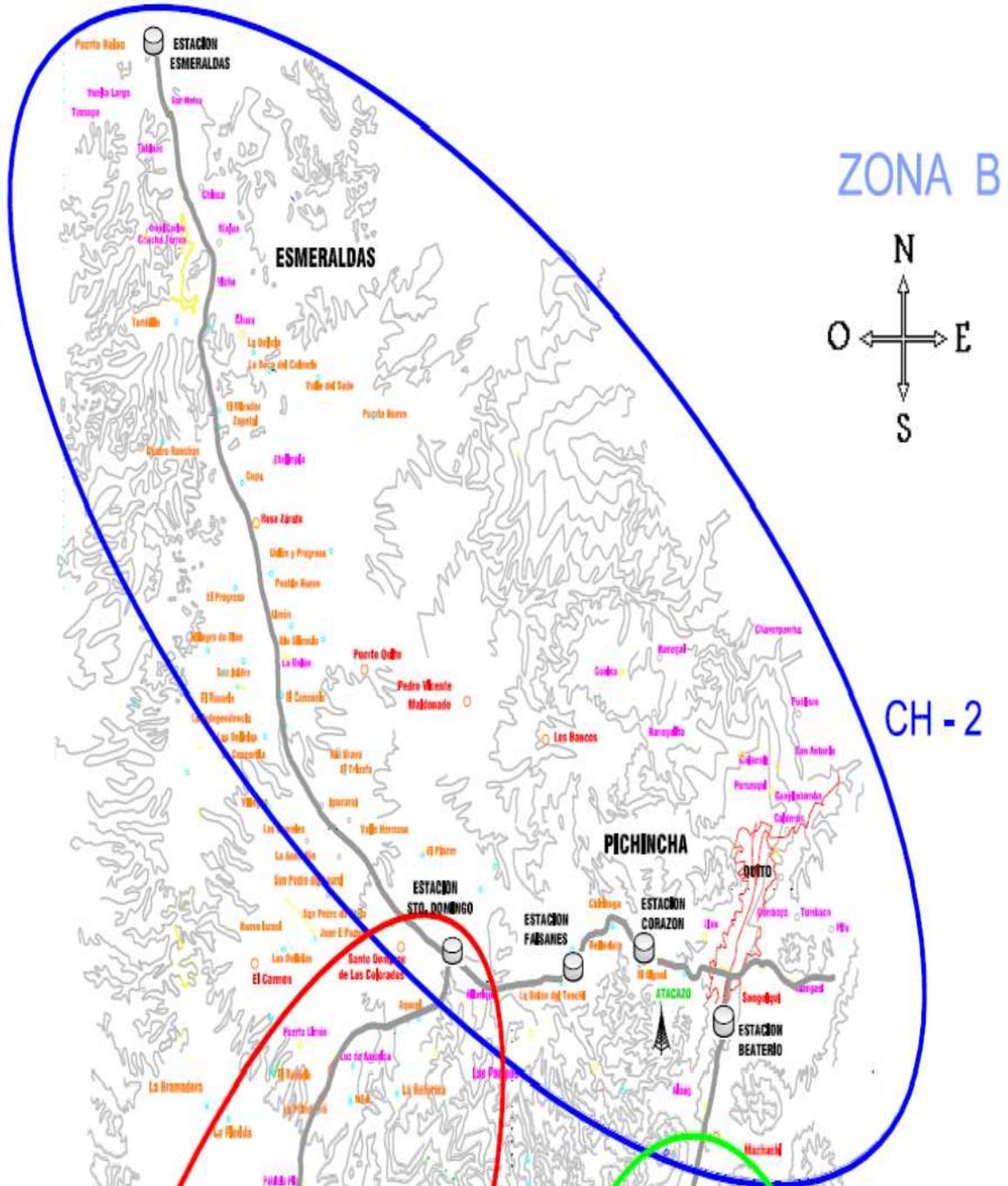


Figura 2.64 Diagrama aproximado de Cobertura de la Repetidora Atacazo

Las frecuencias de operación del Sistema de Radio actual de PETROCOMERCIAL DN, se encuentran resumidas en la Tabla 2.9 Frecuencias de Operación del Sistema de Radio Actual

LUGAR	CANAL	TX (MHZ)	RX (MHZ)
Guamaní	1	167,925	168,525
Pichincha	2	167,975	168,475
Atacazo	2	167,975	168,475
Lumbaqui	2	167,975	168,475
Tres Cruces	3	168,550	168,000
Pilisurco	3	168,550	168,000
Local	4	168,075	168,075
Balao	5	173,900	172,400

Tabla 2.9 Frecuencias de Operación del Sistema de Radio Actual

### 2.5.2.6 Equipos utilizados

En la Tabla 2.10 Cuantificación de Equipos de Radio de PCO-DN, se detalla los modelos de repetidoras y radios que posee PETROCOMERCIAL DN, con la finalidad de obtener una cuantificación de usuarios de este sistema pertenecientes a esta filial.

#	EQUIPO	MARCA	DESCRIPCIÓN
51	RADIO	MOTOROLA	MARATRAC
68	RADIO	MOTOROLA	ASTRO
29	RADIO	MOTOROLA	PRO 5100
56	RADIO	MOTOROLA	XTL 5000
179	RADIO	MOTOROLA	PORTÁTILES
8	REPETIDORA	MOTOROLA	QUANTAR
383	USUARIOS		

Tabla 2.10 Cuantificación de Equipos de Radio de PCO-DN

### 2.5.3 Sistema actual de radio de PETROCOMERCIAL (Distrital Sur).

#### 2.5.3.1 Introducción.

La Distrital Sur, se encuentra encargada de los Poliductos:

- *Santo Domingo – Pascuales*
- *Libertad - Manta - Pascuales*
- *Tres Bocas – Pascuales*
- *Tres Bocas - Fuel Oil*
- *Tres Bocas - Salitral*

#### 2.5.3.2 Poliducto Santo Domingo- Pascuales

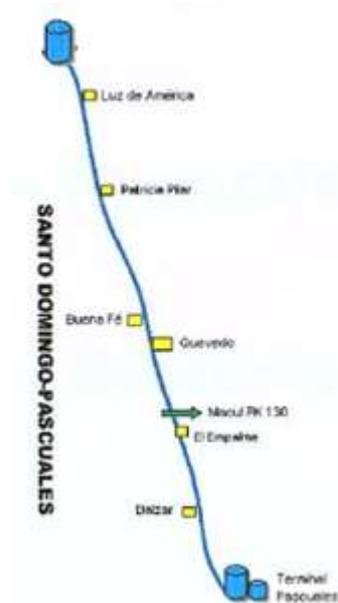


Figura 2.65 Poliducto Santo Domingo - Pascuales

El Poliducto Santo Domingo - Pascuales se origina en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Terminal Santo Domingo y tiene como destino la Provincia del Guayas, ciudad de Guayaquil, Terminal Pascuales. Tiene una extensión de 276,48 Km. por el cual se transporta: Gasolina Súper, Gasolina Extra, Diesel 1 y Diesel 2

### 2.5.3.2.1 Estaciones

#### 2.5.3.2.1.1 Pascuales



Figura 2.66 Estación Pascuales

Se encuentra en el sector de Pascuales en la ciudad de Guayaquil en la provincia del Guayas a una altura de 5 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

La Estación Pascuales, se encuentra geográficamente en el punto 02° 04' 07" S y 79°56'57" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

### 2.5.3.3 Poliducto Libertad - Manta - Pascuales

El Poliducto Libertad – Manta - Pascuales se origina en la Provincia de Santa Elena, La Libertad, Estación Cabecera La Libertad y tiene como destino la Provincia del Guayas, Guayaquil, Terminal Pascuales, y la provincia de Manabí, Manta, Terminal Barbasquillo.

#### 2.5.3.3.1 Descripción de Tramos

TRAMOS	LONGITUD (Km.)	PRODUCTOS
Libertad - Manta	170 + 644	Gasolina Extra, Destilado1, Diesel 2
Libertad - Pascuales	126 + 627	Gasolina Extra, NAFTA Base, Destilado1, Diesel 2, JET A1.

Tabla 2.11 Descripción de Tramos del Poliducto Libertad - Manta - Pascuales

### 2.5.3.3.2 Estaciones

#### 2.5.3.3.2.1 Cabecera La Libertad



Figura 2.67 Estación Cabecera La Libertad

Se encuentra en el sector La Crucita en la ciudad La Libertad en la provincia de Santa Elena a una altura de 215 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

La Estación Cabecera La Libertad, se encuentra geográficamente en el punto  $02^{\circ} 12' 38''$  S y  $80^{\circ} 53' 15''$  W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

#### 2.5.3.3.2.2 Manta



Figura 2.68 Estación Manta

Se encuentra en el Terminal Barbasquillo en la ciudad de Manta en la provincia de Manabí a una altura de 40 msnm.

➤ *Lugar geográfico.*

La Estación Manta, se encuentra geográficamente en el punto 00° 56' 15" S y 80°45'54" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

### 2.5.3.4 Poliducto Tres Bocas - Pascuales

El Poliducto Tres Bocas – Pascuales se origina en la Provincia de Guayas, Guayaquil, Estación Tres Bocas y tiene como destino la Provincia del Guayas, Guayaquil, Terminal Pascuales.

#### 2.5.3.4.1 Estaciones

##### 2.5.3.4.1.1 Tres Bocas



Figura 2.69 Estación Tres Bocas

El Terminal Tres Bocas, está ubicado al sudoeste de la ciudad de Guayaquil, en el sitio donde confluyen los esteros Plano Seco, Mongón y Salado. El acceso marítimo es directo por el Estero Salado, en el sitio denominado Cuarentena (Boca del Rosario).

El TERMINAL MARÍTIMO TRES BOCAS, inició sus operaciones en el año de 1980. A través de este puerto ingresan los combustibles importados para cubrir la demanda de más del 47% de productos limpios que requiere el país diariamente.

El estero se encuentra balizado e iluminado en una longitud de 7,2 millas náuticas, que permiten las operaciones nocturnas con total seguridad, sin que afecte el nivel de las mareas o las condiciones atmosféricas imperantes.

➤ *Lugar geográfico.*

El Terminal Tres Bocas, se encuentra geográficamente en el punto 02° 14' 58" S y 79°57'10" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

### 2.5.3.5 Fuelducto Tres Bocas – Fuel Oil

El Poliducto Tres Bocas – Fuel Oil se origina en la Provincia de Guayas, Guayaquil, Estación Tres Bocas y tiene como destino la Provincia del Guayas, Guayaquil, Terminal Fuel Oil

#### 2.5.3.5.1 Estaciones

##### 2.5.3.5.1.1 Fuel Oil



Figura 2.70 Estación Fuel Oil

El Terminal de Fuel Oil está ubicado en la parroquia Pascuales sector El Salitral del cantón Guayaquil, Provincia del Guayas, en una extensión aproximada de 6 ha.

El Terminal de Fuel Oil inició sus operaciones en 1989, almacena y distribuye Fuel Oil, mineral Turpentine<sup>1</sup> y Rubber Solvent<sup>2</sup>, los mismos que son abastecidos desde la Refinería de Esmeraldas y Libertad por medio de cabotajes<sup>3</sup>, respecto a Fuel Oil y vía terrestre desde la Refinería La Libertad para el Mineral Turpentine y Rubber Solvent. El buque tanque que transporta

<sup>1</sup> Mineral Turpentine: Es un petróleo de bajo costo, es comúnmente usado como diluyente de pintura

<sup>2</sup> Rubber Solvent: Destilado de petróleo utilizado en cementos compuestos de caucho

<sup>3</sup> Cabotajes: Buques Tanques

Fuel Oil acodera en Tres Bocas y de allí es bombeado al Terminal de Fuel Oil por medio del Poliducto.

➤ *Lugar geográfico.*

El Terminal Fuel Oil, se encuentra geográficamente en el punto 02° 10' 18" S y 80°00'18" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

### 2.5.3.6 Gasoducto Tres Bocas – Salitral

El Poliducto Tres Bocas – Salitral se origina en la Provincia de Guayas, Guayaquil, Estación Tres Bocas y tiene como destino la Provincia del Guayas, Guayaquil, Terminal El Salitral

#### 2.5.3.6.1 Estaciones

##### 2.5.3.6.1.1 Salitral



Figura 2.71 Estación El Salitral

El Terminal El Salitral, se encuentra ubicado en Km. 7 ½ vía a la Costa, cantón Guayaquil, provincia del Guayas, el mismo posee un área física aproximada de 9,2 ha entre áreas verdes e instalaciones de almacenamiento, envasado, despacho y oficinas.

El Salitral tiene una importancia preponderante en la recepción, almacenamiento, envasado y distribución del gas licuado de petróleo debido a que cubre el 85% de la demanda nacional con producto de importación.

La zona de influencia la conforman las provincias del centro-sur del país, que son abastecidas por medio de autotanques. Además este Terminal es el responsable de asumir el 15% de la demanda de la zona norte del país que recibe el combustible proveniente de las refinerías y que en el caso de que éstas suspendan sus actividades operativas.

El Terminal de Gas Licuado de Petróleo “El Salitral”, inició sus operaciones en abril de 1976, recibe el GLP a través del gasoducto proveniente del Terminal Marítimo Tres Bocas a donde llega diariamente uno de los dos buques: Sir Ivor y Lyne, cada uno con capacidad de almacenamiento de 2.500 toneladas métricas (TM); estos a su vez transportan el combustible desde el buque tanque de almacenamiento flotante Berge Racine, que tiene una capacidad aproximada de 45.000 TM y que está anclado permanentemente en Punta Arenas.

➤ *Lugar geográfico.*

El Terminal El Salitral, se encuentra geográficamente en el punto 02° 07' 07" S y 79°56'47" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

### **2.5.3.7 Información de Repetidoras.**

#### **2.5.3.7.1 Cerro Azul**

➤ *Lugar geográfico*

La Repetidora Cerro Azul, se encuentra geográficamente en el punto 02°09'01" S y 79°59'03" W a una altura de 480 msnm

➤ *Altura de la torre*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en el Cerro Azul es de 35m.

### 2.5.3.7.2 Cerro Salango

➤ *Lugar geográfico*

La Repetidora Cerro Salango, se encuentra geográficamente en el punto 01°35'03" S y 80°40'34" W a una altura de 834 msnm

➤ *Altura de la torre*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en el Cerro Salango es de 36m.

Las frecuencias de operación del Sistema de Radio actual de PETROCOMERCIAL DS, se encuentran resumidas en la Tabla 2.12 Frecuencias de Operación del Sistema de Radio Actual

LUGAR	CANAL	TX (MHZ)	RX (MHZ)
CAPADIA / TPL	1	155.775	154.875
POLIDUCTO / TPL	2	148.725	149.775
SALANGO / TPL	3	170.750	169.750
CANAL LOCAL	5	167.750	167.750
MARINO 6	6	156.300	156.300

Tabla 2.12 Frecuencias de Operación del Sistema de Radio Actual

### 2.5.3.8 Equipos utilizados

En la Tabla 2.13 Cuantificación de Equipos de Radio de PCO-DS, se detalla los modelos de repetidoras y radios que posee PETROCOMERCIAL DS, con la finalidad de obtener una cuantificación de usuarios de este sistema pertenecientes a esta filial.

#	EQUIPO	MARCA	DESCRIPCIÓN
47	RADIO	MOTOROLA	MARATRAC
94	RADIO	MOTOROLA	ASTRO
32	RADIO	MOTOROLA	PRO 5100
79	RADIO	MOTOROLA	XTL 5000
93	RADIO	MOTOROLA	PORTÁTILES
2	REPETIDORA	MOTOROLA	QUANTAR
345	USUARIOS		

Tabla 2.13 Cuantificación de Equipos de Radio de PCO-DS

## 2.6 SISTEMA ACTUAL DE RADIO DEL OLEODUCTO SOTE

### 2.6.1 Introducción



Figura 2.72 Logotipo del SOTE

El Sistema de Oleoducto Transecuatoriano, constituye la línea de transporte de 503 kilómetros de extensión; la tubería tiene un diámetro de 26 pulgadas en 429.4 kilómetros (desde Lago Agrio hasta San Juan y desde Santo Domingo hasta Balao) y en un tramo de 68.2 kilómetros (desde la Estación San Juan hasta Santo Domingo) tiene una tubería de 20 pulgadas. Atraviesa tres regiones naturales del país Amazonía, Sierra y Costa.

El ducto de acero cruza la cordillera de los Andes y llega hasta una altura máxima de 4.064 metros, cerca de La Virgen en Papallacta.

La construcción del Oleoducto Transecuatoriano, una de las más grandes obras de la ingeniería de la industria petrolera, concibe acciones integrales donde se sincronizan actividades de diferente orden, para lograr los objetivos de convertir el recurso petrolero en un bien de utilidad económica y de bienestar humano.



Figura 2.73 Infraestructura del SOTE

El Sistema del Oleoducto Transecuatoriano está constituido por:

- *Centros de almacenamiento en Lago Agrio y Balao*
- *El ducto propiamente dicho*
- *Estaciones de bombeo reductoras de presión*
- *Las monoboyas para el amarre de los buque-tanqueros.*

## 2.6.2 Estaciones

### 2.6.2.1 Lago Agrio



Figura 2.74 Estación Lago Agrio

El trabajo de bombeo se inicia en Lago Agrio, Estación No. 1, cabecera de la operación de bombeo del SOTE, es la responsable de coordinar toda la operación.

Localizada en la provincia de Sucumbíos, cantón Nueva Loja, a una altitud de 297 msnm, y en un área aproximada 6 ha de terreno:

### 2.6.2.2 Lumbaqui



Figura 2.75 Estación Lumbaqui

La Estación de Lumbaqui es la encargada de coordinar con la Estación Lago Agrio la inyección en el kilómetro 51 de la producción de 8500 BPPD de 31.5° API de la compañía TECPEC; y la Estación Baeza, la inyección de 39.00

BPPD de 19.1º API correspondientes a la producción del Bloque 10 (compañía AGIP OIL), en el kilómetro 151

La Estación No. 2, Lumbaqui es una estación de bombeo, localizada en la provincia de Sucumbíos, cantón Gonzalo Pizarro, situada a una altitud de 850 msnm, y en un área aproximada de 40.000 m<sup>2</sup> de terreno.

➤ *Lugar geográfico.*

La estación Lumbaqui, se encuentra geográficamente en el punto 00º 01' 08" S y 77º 19' 11" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

### 2.6.2.3 El Salado



**Figura 2.76 Estación El Salado**

La Estación de El Salado es una de las arterias necesarias para que el crudo llegue a su destino, trabaja con una potencia de 12.950 HP

La Estación No. 3, El Salado, es una estación de bombeo, localizada en la provincia del Napo, cantón El Chaco, situada a una altitud de 1289 msnm, y en un área aproximada de 40.000 m<sup>2</sup> de terreno.

➤ *Lugar geográfico.*

La estación El Salado, se encuentra geográficamente en el punto 00º 11' 59" S y 77º 40' 06" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

#### 2.6.2.4 Baeza



Figura 2.77 Estación Baeza

Baeza, sede de la cuarta estación del SOTE, trabaja con una potencia de 20.300 HP.

Baeza, es una estación de bombeo, localizada en la provincia del Napo, cantón Quijos, situado a una altitud de 2002 msnm, y en un área de 42.000 m<sup>2</sup> de terreno.

➤ *Lugar geográfico.*

La estación Baeza, se encuentra geográficamente en el punto 00° 26' 44" S y 77°57'14" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

#### 2.6.2.5 Papallacta



Figura 2.78 Estación Papallacta

Papallacta, la estación de bombeo más alta del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano. Desde esta estación el crudo desciende hasta la Estación reductora de presión San Juan.

Estación No. 5, es una estación de bombeo, localizada en la provincia del Napo, cantón Quijos, situado a una altitud de 4064 msnm, y en un área de 10.265 m<sup>2</sup> de terreno.

➤ *Lugar geográfico.*

La estación Papallacta, se encuentra geográficamente en el punto 00° 22' 38" S y 78°07'52" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*



**Figura 2.79 Torre de Comunicaciones de Papallacta**



**Figura 2.80 Cuarto de Comunicaciones de Papallacta**

### 2.6.2.6 San Juan



Figura 2.81 Estación San Juan

El SOTE cuenta con cuatro Estaciones Reductoras de Presión en el declive occidental de la cordillera, San Juan es la primera de ellas. Las válvulas reductoras de presión operadas automáticamente a través de un sistema hidráulico, ubicadas en cada una de las Estaciones de este tipo, protegen a la tubería principal de las sobre presiones.

Estación No. 6, está localizada en la provincia de Pichincha, cantón Quito, situada a una altitud de 3497 msnm, y en un área aproximada de 6.000 m<sup>2</sup> de terreno.

➤ *Lugar geográfico.*

La estación San Juan, se encuentra geográficamente en el punto 00°17' 13"S y 78°07'52"W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

### 2.6.2.7 Chiriboga



Figura 2.82 Estación Chiriboga

Chiriboga es la segunda estación reductora de presión del SOTE. Se encuentra a 273.62 km. de Lago Agrio

La Estación No. 7, es una estación reductora de presión, localizada en la provincia de Pichincha, cantón Quito, situada a una altitud de 1998 msnm, y en un área aproximada de 10.200 m<sup>2</sup> de terreno.

➤ *Lugar geográfico.*

La estación Chiriboga, se encuentra geográficamente en el punto 00° 14' 35" S y 78°43'27" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

#### 2.6.2.8 La Palma



**Figura 2.83 Estación La Palma**

La penúltima estación reductora de presión La Palma se encuentra a 295.96 kilómetros de la Estación No. 1 Lago Agrio

La Estación No. 8, esta, localizada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo, situada a una altitud de 1613 msnm, y en un área aproximada de 6.000 m<sup>2</sup> de terreno.

➤ *Lugar geográfico.*

La estación La Palma, se encuentra geográficamente en el punto 00° 17' 11" S y 78°51'17" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

### 2.6.2.9 Santo Domingo



Figura 2.84 Estación Santo Domingo

Santo Domingo, la última estación reductora de presión, se encuentra el grupo de apoyo del área occidental de la Superintendencia de Mantenimiento de Línea y Carretera. Además, realiza los trabajos de mantenimiento en las estaciones reductoras, tubería, y la antigua vía Quito - Santo Domingo.

La Estación No. 9, es una estación reductora, localizada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo, situada a una altitud de 566 msnm, y en un área aproximada de 28.412 m<sup>2</sup> de terreno.

➤ *Lugar geográfico.*

La estación Santo Domingo, se encuentra geográficamente en el punto 00° 15' 50''S y 79°05'24'' W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

### 2.6.2.10 Quinindé



Figura 2.85 Estación Quinindé

La Estación de Bombeo, Quinindé, fue construida por la compañía ARCO ORIENTE en 1999 - 2000, la cual impulsa el crudo mediante 3 unidades Caterpillar, conectadas en serie, dos de las cuales funcionan simultáneamente efectuando una acción de alivio en las pérdidas por fricción a lo largo de la tubería, que es prácticamente horizontal, desde Quinindé hacia Balao.

Quinindé, la estación No. 10, es una estación de bombeo, localizada en la provincia de Esmeraldas, cantón Quinindé, situada a una altitud de 97 msnm, y en un área aproximada de 56.000m<sup>2</sup> de terreno.

➤ *Lugar geográfico.*

La estación Quinindé, se encuentra geográficamente en el punto 00° 18' 45"S y 78°26'34" W

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

### 2.6.2.11 Terminal Marítimo de Balao



**Figura 2.86 Terminal Marítimo de Balao**

El Terminal Marítimo de Balao es el primer Terminal petrolero en el Pacífico Sudamericano que tiene un sistema de gestión ambiental con certificación ISO 14001.

La Estación No. 11, terminación del SOTE, es la responsable de coordinar la operación de entrega de crudo a la Refinería Esmeraldas y de embarcar el crudo oriente para su exportación, localizado en la provincia de Esmeraldas, cantón Esmeraldas, a una altitud de 183 msnm, y en un área aproximada de

141.3 ha de terreno, se encuentra a 497.622 metros de distancia con relación a Lago Agrio.

➤ *Lugar geográfico.*

El Terminal Marítimo de Balao, se encuentra geográficamente en el punto  $00^{\circ} 57' 11''\text{S}$  y  $79^{\circ}41'54''\text{W}$

➤ *Altura de la torre*

*La altura de la torre que se encuentra ubicada en la estación es de 21m.*

La embarcación del crudo a los diversos buques se la realiza de manera submarina, en alta mar las monoboyas en el sector conocido como La Y



**Figura 2.87 Barcos Santiago (Ecuador) y Nedimar (Filipinas), cargando Petróleo para su exportación**



**Figura 2.88 Buque Petrolero**

La localización geográfica de lugar de embarcación del petróleo es en el punto  $01^{\circ}01'47''\text{N}$  y  $79^{\circ}40'27''\text{W}$  y la altura de la cubierta es de 25msnm.

### 2.6.3 Información de Repetidoras.

#### 2.6.3.1 Guamaní

➤ *Lugar geográfico.*

La Repetidora Guamaní, se encuentra geográficamente en el punto  $00^{\circ}19'00''$  S y  $78^{\circ}11'22''$  W a una altura de 4361msnm

➤ *Altura de la torre.*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en Guamaní es de 25m.

➤ *Banda de operación.*

La Frecuencia operación de la repetidora Guamaní es de 167,125 MHz para Tx, 167,125 MHz para Rx y 100MHz de PL<sup>1</sup>

#### 2.6.3.2 Lumbaqui



Figura 2.89 Repetidora Lumbaqui

➤ *Lugar geográfico*

La Repetidora Lumbaqui, se encuentra geográficamente en el punto  $00^{\circ}00'34''$  N y  $77^{\circ}19'32''$  W a una altura de 1068 msnm

---

<sup>1</sup> PL: Línea Privada

➤ *Altura de la torre.*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en Lumbaqui es de 42m.



**Figura 2.90 Torre de la Repetidora de Lumbaqui**

➤ *Cuarto de Equipos*



**Figura 2.91 Cuarto de Equipos de la Repetidora de Lumbaqui**

➤ *Banda de operación.*

La Frecuencia operación de la repetidora Lumbaqui es de 162,100 MHz para Tx, 167,100 MHz para Rx y 162,200MHz de PL

### 2.6.3.3 Tres Cruces



Figura 2.92 Repetidora Tres Cruces

➤ *Lugar geográfico.*

La Repetidora Tres Cruces, se encuentra geográficamente en el punto  $00^{\circ}16'12''$  S y  $77^{\circ}46'05''$  W a una altura de 1983 msnm

➤ *Altura de la torre.*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en Tres Cruces es de 36m.



Figura 2.93 Torre de la Repetidora Tres Cruces

➤ *Cuarto de Equipos*



Figura 2.94 Cuarto de Equipos de la Repetidora del Tres Cruces

➤ *Banda de operación*

La Frecuencia operación de la repetidora Tres Cruces es de 161,750 MHz para Tx, 166,750 MHz para Rx y 151,400MHz de PL

#### 2.6.3.4 Atacazo

➤ *Lugar geográfico.*

La Repetidora Atacazo, se encuentra geográficamente en el punto 00°18'30" S y 78°36'37" W a una altura de 4340 msnm

➤ *Altura de la torre.*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en el Atacazo es de 42m.

➤ *Banda de operación.*

La Frecuencia operación de la repetidora Atacazo es de 162,000 MHz para Tx y 167,000 MHz para Rx y 118,800MHz de PL

#### 2.6.3.5 Balao SOTE

➤ *Lugar geográfico.*

La Repetidora Pichincha, se encuentra geográficamente en el punto 00°57'52" N y 79°41'37" W a una altura de 192 msnm

➤ *Altura de la torre.*

La altura de la torre que se encuentra ubicada en el Balao es de 42m.



Figura 2.95 Torre de la Repetidora del Balao SOTE

➤ *Banda de operación.*

La Frecuencia operación de la repetidora Balao SOTE es de 162,050 MHz para Tx, 167,050 MHz para Rx y 82,500MHz de PL.

Las frecuencias de operación del Sistema de Radio actual del SOTE, se encuentran resumidas en la Tabla 2.14 Frecuencias de Operación del Sistema de Radio Actual

LUGAR	CANAL	TX (MHZ)	RX (MHZ)	PL (MHZ)
Atacazo	1	162,000	167,000	118,800
Lumbaqui	2	162,100	167,100	162,200
Tres Cruces	3	161,750	166,750	151,400
Balao	4	162,050	167,050	82,500
Guamaní	5	167,125	167,125	100,000

Tabla 2.14 Frecuencias de Operación del Sistema de Radio Actual

A continuación se presenta una tabla en la que resume las provincias que se necesitan cobertura del Sistema de Radio Troncalizado a diseñarse:

<b>FILIAL</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>PROVINCIA</b>
<b>PETROCOMERCIAL</b>	CHALPI	NAPO
<b>PETROCOMERCIAL</b>	BEATERIO	PICHINCHA
<b>PETROCOMERCIAL</b>	FAISANES	SANTO DOMINGO
<b>PETROCOMERCIAL</b>	CORAZÓN	PICHINCHA
<b>PETROCOMERCIAL</b>	AMBATO	TUNGURAGUA
<b>PETROCOMERCIAL</b>	OYAMBARO	PICHINCHA
<b>PETROCOMERCIAL</b>	OSAYACU	NAPO
<b>PETROCOMERCIAL</b>	SHUSHUFINDI SUC.	SUCUMBÍOS
<b>PETROCOMERCIAL</b>	SHUSHUFINDI CAB.	SUCUMBÍOS
<b>PETROCOMERCIAL</b>	QUIJOS	SUCUMBÍOS
<b>PETROCOMERCIAL</b>	GASPETSA	ESMERALDAS
<b>PETROCOMERCIAL</b>	ESMERALDAS CAB.	ESMERALDAS
<b>PETROCOMERCIAL</b>	MARÍTIMA	ESMERALDAS
<b>PETROCOMERCIAL</b>	SANTO DOMINGO	SANTO DOMINGO
<b>PETROCOMERCIAL</b>	ED. EL ROCÍO	PICHINCHA
<b>PETROCOMERCIAL</b>	PASCUALES	GUAYAS
<b>PETROCOMERCIAL</b>	LIBERTAD CAB.	SANTA ELENA
<b>PETROCOMERCIAL</b>	MANTA	MANABÍ
<b>PETROCOMERCIAL</b>	TRES BOCAS	GUAYAS
<b>PETROCOMERCIAL</b>	SALITRAL	GUAYAS
<b>PETROCOMERCIAL</b>	FUEL OIL	GUAYAS
<b>PETROECUADOR</b>	MATRIZ	PICHINCHA
<b>PETROINDUSTRIAL</b>	C. I. SHUSHUFINDI	SUCUMBÍOS
<b>PETROINDUSTRIAL</b>	MATRIZ	PICHINCHA
<b>PETROINDUSTRIAL</b>	R. LA LIBERTAD	SANTA ELENA
<b>PETROINDUSTRIAL</b>	R. E. ESMERALDAS	ESMERALDAS
<b>PETROPRODUCCIÓN</b>	ED. VILLAFUERTE	PICHINCHA
<b>PETROPRODUCCIÓN</b>	ED. LA TRIBUNA	PICHINCHA
<b>PETROPRODUCCIÓN</b>	LAB. GEOLOGÍA	PICHINCHA
<b>PETROPRODUCCIÓN</b>	LAGO AGRIO	SUCUMBÍOS
<b>PETROPRODUCCIÓN</b>	GUARUMO	ORELLANA
<b>PETROPRODUCCIÓN</b>	AGUARICO	SUCUMBÍOS
<b>PETROPRODUCCIÓN</b>	SHUSHUFINDI	SUCUMBÍOS
<b>PETROPRODUCCIÓN</b>	COCA	ORELLANA
<b>PETROPRODUCCIÓN</b>	AUCA	ORELLANA
<b>PETROPRODUCCIÓN</b>	SACHA	ORELLANA
<b>PETROPRODUCCIÓN</b>	GUAYAQUIL	GUAYAS
<b>SOTE</b>	BOYA Y	ESMERALDAS
<b>SOTE</b>	PAPALLACTA	NAPO
<b>SOTE</b>	LAGO AGRIO	SUCUMBÍOS
<b>SOTE</b>	LUMBAQUI	SUCUMBÍOS

<b>SOTE</b>	EL SALADO	NAPO
<b>SOTE</b>	BAEZA	NAPO
<b>SOTE</b>	SAN JUAN	PICHINCHA
<b>SOTE</b>	CHIRIBOGA	PICHINCHA
<b>SOTE</b>	LA PALMA	SANTO DOMINGO
<b>SOTE</b>	SANTO DOMINGO	SANTO DOMINGO
<b>SOTE</b>	QUININDÉ	ESMERALDAS
<b>SOTE</b>	T. M. BALAO	ESMERALDAS

Tabla 2.15 Estaciones que necesitan cobertura

En la Tabla 2.16 Características Técnicas de La Repetidoras se resume los las características técnicas de las repetidoras que posee el sistema de PETROECUADOR.

FILIAL	NOMBRE	COORDENADAS		ALTURA DE LA TORRE(m)	ALTURA msnm
		LATITUD	LONGITUD		
PETROCOMERCIAL	PICHINCHA	00°09'57" S	78°31'47" W	48	3850
PETROCOMERCIAL	BALAO	00°57'11" N	79°41'54" W	42	268
PETROCOMERCIAL	PILISURCO	01°08'43" S	78°40'54" W	42	4200
PETROCOMERCIAL	C. AZUL	02°09'01" S	79°59'03" W	35	480
PETROCOMERCIAL	CAPADIA	01°25'42" S	78°56'10" W	42	4320
PETROCOMERCIAL	C. SALANGO	01°35'03" S	80°40'34" W	834	94
PETROPRODUCCIÓN	PICHINCHA	00°09'52" S	78°31'14" W	60	3770
PETROPRODUCCIÓN	LAGO AGRIO	00°05'03" N	76°52'22" W	35	296
PETROPRODUCCIÓN	GUARUMO	00°03'30" S	76°34'8.9" W	60	268
PETROPRODUCCIÓN	SHUSHUFINDI	00°11'26" S	76°39'3.6" W	65	282
PETROPRODUCCIÓN	AUCA	00°38'29" S	76°52'44" W	125	320
PETROPRODUCCIÓN	SACHA	00°19'43" S	76°52'30" W	125	268
SOTE	GUAMANÍ	00°19'00" S	78°11'22" W	25	4361
SOTE	TRES CRUCES	00°16'12" S	77°46'05" W	36	1983
SOTE	LUMBAQUI	00°00'34" N	77°19'32" W	42	1068
SOTE	BALAO	00°57'52" N	79°41'37" W	35	192
SOTE	ATACAZO	00°18'30" S	78°36'37" W	42	4340
SOTE	REVENTADOR	00°02'31" S	77°31'27" W	42	1455
SOTE	CONDIJUA	00°28'50" S	77°54'00" W	42	2532

Tabla 2.16 Características Técnicas de La Repetidoras

## 2.7 REFERENCIAS

➤ *Tesis*

[2.1] Andrade Geovany y Valle Edwin, Estudio y Diseño de un Sistema de Comunicación Digital de Voz con Tecnología Trunking para los Poliductos de PETROCOMERCIAL Regional Norte, EPN, 2008.

[2.2] Díaz Aída y Ibarra Juan, Estudio Técnico de Factibilidad y Diseño para la Implementación de un Sistema de Radio Troncalizado y su Sistema de Gestión para PETROPRODUCCIÓN, ESPE, 2006

➤ *Páginas en Internet*

[2.3] PETROECUADOR,

<http://www.petroecuador.com.ec/InformacionTecnica/index.htm1>

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.4] PETROPRODUCCIÓN,

<http://www.petroproduccion.com.ec/www/frontEnd/main.php?idSeccion=285>

Ultimo acceso: 21-01-2010

PETROINDUSTRIAL,

[2.5] <http://www.petroindustrial.com.ec/frontEnd/main.php?idSeccion=118>

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.6] <http://www.petroindustrial.com.ec/frontEnd/main.php?idSeccion=33>

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.7] <http://www.petroindustrial.com.ec/frontEnd/main.php?idSeccion=84>

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.8] <http://www.petroindustrial.com.ec/frontEnd/main.php?idSeccion=85>

Ultimo acceso: 21-01-2010

PETROCOMERCIAL,

[2.9] [http://www.petrocomercial.com/wps/portal/TRANS\\_TRANSPORTE](http://www.petrocomercial.com/wps/portal/TRANS_TRANSPORTE)

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.10] [http://www.petrocomercial.com/wps/portal/!ut/p/c1/04\\_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os\\_jQAN9AQzcPIwN3N0dzA0\\_3UGMPp2BLAwMfY6B8pFm8n79RqJuJp6GhhZmroYGRmYeJk0-Yp4G7izEB3eEg-5BU-Bu6WRoYuZn7e\\_gFexv4e5tD5PGZD5I3wAEcDdDMx3SBn0d-bqp-QW6EQaanriMA4ou4WQ!!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUFTGSDIwR0ZBNzBJR1UzSEJTOTBHMTY!/](http://www.petrocomercial.com/wps/portal/!ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os_jQAN9AQzcPIwN3N0dzA0_3UGMPp2BLAwMfY6B8pFm8n79RqJuJp6GhhZmroYGRmYeJk0-Yp4G7izEB3eEg-5BU-Bu6WRoYuZn7e_gFexv4e5tD5PGZD5I3wAEcDdDMx3SBn0d-bqp-QW6EQaanriMA4ou4WQ!!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUFTGSDIwR0ZBNzBJR1UzSEJTOTBHMTY!/)

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.11] [http://www.petrocomercial.com/wps/portal/!ut/p/c1/hY3LDolwFES\\_yPTelrSyLNE-ArYaUgU2pAtjmgj4MH6\\_EHcm6MzyzOSQjswd4yvd4jNNY7yThnS8D8fDCZWWhoJUUYHVgpqhz0Mhn3vLeeRpUZhg3fI9AucmK6mxB79if92XxrS6gYlco8qBKuGNq0vwpfjwX\\_6Fw0okEGem4UoeQwPJbuQbR8pJOQ!!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUFTGSDIwR0ZBNzBJR1UzSEJTOTBHUDA!/](http://www.petrocomercial.com/wps/portal/!ut/p/c1/hY3LDolwFES_yPTelrSyLNE-ArYaUgU2pAtjmgj4MH6_EHcm6MzyzOSQjswd4yvd4jNNY7yThnS8D8fDCZWWhoJUUYHVgpqhz0Mhn3vLeeRpUZhg3fI9AucmK6mxB79if92XxrS6gYlco8qBKuGNq0vwpfjwX_6Fw0okEGem4UoeQwPJbuQbR8pJOQ!!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUFTGSDIwR0ZBNzBJR1UzSEJTOTBHUDA!/)

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.12] [http://www.petrocomercial.com/wps/portal/!ut/p/c1/04\\_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os\\_jQAN9AQzcPIwN3N0dzA0\\_3UGMPp2BLAwMfY6B8pFm8n79RqJuJp6GhhZmroYGRmYeJk0-Yp4G7izEB3eEg-5BU-Bu6WRoYuZn7e\\_gFexv4e5tD5PGZD5I3wAEcDdDMx3SBn0d-bqp-QW6EQaanriMA4ou4WQ!!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUFTGSDIwR0ZBNzBJR1UzSEJTOTBHVDY!/](http://www.petrocomercial.com/wps/portal/!ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os_jQAN9AQzcPIwN3N0dzA0_3UGMPp2BLAwMfY6B8pFm8n79RqJuJp6GhhZmroYGRmYeJk0-Yp4G7izEB3eEg-5BU-Bu6WRoYuZn7e_gFexv4e5tD5PGZD5I3wAEcDdDMx3SBn0d-bqp-QW6EQaanriMA4ou4WQ!!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUFTGSDIwR0ZBNzBJR1UzSEJTOTBHVDY!/)

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.13] [http://www.petrocomercial.com/wps/portal/!ut/p/c1/hY5BDolwEEWP1GIL2rIEcWhDaTUERTaEhTE1Ai6M5xfixpCoM8v3\\_5shLZI37J\\_h0j\\_CNPY30pBW](http://www.petrocomercial.com/wps/portal/!ut/p/c1/hY5BDolwEEWP1GIL2rIEcWhDaTUERTaEhTE1Ai6M5xfixpCoM8v3_5shLZI37J_h0j_CNPY30pBW)

[dPWu3FPUDBSmGRglubJYciXkzE-ic57VGBIKldhSYEJHqT0YyDP-p31c7n0kPMUYGEqvXVWAL-Sb\\_lvHL5MAit\\_jokEk9dcp1UMYPmKrZ7ccOL0NjzJfWggmGv0Am-J5fQ!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUFTFGSDlwR0ZBNzBJR1UzSEJTOTBHMz!//](http://www.petrocomercial.com/wps/portal!/ut/p/c1/hY5BDolwEEWP1GIL2rlEcWhDoRKCAhvCwpgaARfG8wtxY0jUmeX7_82Qjiw7DU9_GR5-noYbaUgn-vgQlxQ1A4VxAkZJrizmXJWw8Fb0hWM1BoZSJfYUmNBBbl8G0oT_aZ_Wex8JRzEEhtLposrAZfLNf_IXDI8mgo0_xUiCSWuu4yoEsHzDNx_uOCn0PJ7JfWzAm2vwAhweEaw!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUFTFGSDlwR0ZBNzBJR1UzSEJTOTBHMz!/)

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.14] [http://www.petrocomercial.com/wps/portal!/ut/p/c1/hY5BDolwEEWP1GIL2rlEcWhDoRKCAhvCwpgaARfG8wtxY0jUmeX7\\_82Qjiw7DU9\\_GR5-noYbaUgn-vgQlxQ1A4VxAkZJrizmXJWw8Fb0hWM1BoZSJfYUmNBBbl8G0oT\\_aZ\\_Wex8JRzEEhtLposrAZfLNf\\_IXDI8mgo0\\_xUiCSWuu4yoEsHzDNx\\_uOCn0PJ7JfWzAm2vwAhweEaw!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUFTFGSDlwR0ZBNzBJR1UzSEJTOTBHSjQ!//](http://www.petrocomercial.com/wps/portal!/ut/p/c1/hY5BDolwEEWP1GIL2rlEcWhDoRKCAhvCwpgaARfG8wtxY0jUmeX7_82Qjiw7DU9_GR5-noYbaUgn-vgQlxQ1A4VxAkZJrizmXJWw8Fb0hWM1BoZSJfYUmNBBbl8G0oT_aZ_Wex8JRzEEhtLposrAZfLNf_IXDI8mgo0_xUiCSWuu4yoEsHzDNx_uOCn0PJ7JfWzAm2vwAhweEaw!/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUFTFGSDlwR0ZBNzBJR1UzSEJTOTBHSjQ!/)

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.15] [http://www.petrocomercial.com/wps/portal!/ut/p/c1/hY7LDolwEEU\\_qdNH2rlEcdrKoxqClhvCwhiMgAvj9wtxoyTqzPLce2ZITaYd2kd3bu\\_dOLRXUpFaNuU221G0DAyGCpwpuY2KAMxGTPwom9yzEoWjVMs1BSatiNK9AxPzP-3DfO8t4SkGwFB5mxcJ-ES9-C\\_zOHLhLDwf34AKV9wjVEMTiuuU8y4XnGS27E\\_kvtfQecu4gnJVht\\_/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUFTFGSDIwOEZCRDBJODczOExGTTM4Nj!//](http://www.petrocomercial.com/wps/portal!/ut/p/c1/hY7LDolwEEU_qdNH2rlEcdrKoxqClhvCwhiMgAvj9wtxoyTqzPLce2ZITaYd2kd3bu_dOLRXUpFaNuU221G0DAyGCpwpuY2KAMxGTPwom9yzEoWjVMs1BSatiNK9AxPzP-3DfO8t4SkGwFB5mxcJ-ES9-C_zOHLhLDwf34AKV9wjVEMTiuuU8y4XnGS27E_kvtfQecu4gnJVht_/dl2/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfVVBNUFTFGSDIwOEZCRDBJODczOExGTTM4Nj!/)

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.16] [http://www.petrocomercial.com/wps/portal/ne\\_gst\\_oya](http://www.petrocomercial.com/wps/portal/ne_gst_oya)

Ultimo acceso: 21-01-2010

SOTE

[2.17] <http://www.sote.com.ec/sote/portal/main.do?code=21>

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.18] <http://www.sote.com.ec/sote/portal/main.do?code=4165>

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.19] <http://www.sote.com.ec/sote/portal/main.do?code=4062>

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.20] <http://www.sote.com.ec/sote/portal/main.do?code=4063>

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.21] <http://www.sote.com.ec/sote/portal/main.do?code=4064>

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.22] <http://www.sote.com.ec/sote/portal/main.do?code=4065>

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.23] <http://www.sote.com.ec/sote/portal/main.do?code=4180>

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.24] <http://www.sote.com.ec/sote/portal/main.do?code=4181>

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.25] <http://www.sote.com.ec/sote/portal/main.do?code=4182>

Ultimo acceso: 21-01-2010

[2.26] <http://www.sote.com.ec/sote/portal/main.do?code=4185>

Ultimo acceso: 21-01-2010

## 3 DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIO TRONCALIZADO DE PETROECUADOR Y SUS FILIALES

### 3.1 INTRODUCCIÓN

El diseño de un Sistema de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y sus Filiales nace como una alternativa viable, para unificar las comunicaciones vía radio entre todas las filiales de manera confiable y que utilizando el menor número de frecuencias posible abarque gran cantidad de usuarios y posea la cobertura necesaria.

Además un Sistema de Radio Troncalizado elimina principalmente problemas como: el tiempo excesivo de espera para poder realizar una llamada a las horas pico, la falta de privacidad de conversaciones e interconexiones defectuosas entre estaciones debido a las interferencias que se han presentado en las frecuencias asignadas.

El diseño de este sistema con parámetros bien definidos es uno de los pasos más importantes dentro del desarrollo del proyecto, para lo cual, se debe considerar factores muy importantes de una Arquitectura de Red como: el Estándar que se va a utilizar para que se adapte de mejor manera al lugar en donde se requiere implementar, los equipos que estén disponible en el Ecuador y que posean las mejores prestaciones, la Ingeniería de Trafico, para manejar con una organización óptima los canales y grupos, la cobertura necesaria para llegar a todos los lugares donde se debe tener una comunicación de forma eficiente, el diagrama de la Red, la descripción de los elementos e infraestructura de la Red.

## **3.2 EVALUACIÓN DE LOS TIPOS DE SISTEMAS DE RADIO TRONCALIZADO**

Dentro del diseño del Sistema de Radio Troncalizado, para PETROECUADOR y sus filiales; uno de los pasos más importantes es decidir el estándar que se va a utilizar.

En el primer capítulo de este proyecto se analizó los diferentes estándares que existen para sistemas troncalizado, observando que existen cinco estándares que proporcionan las condiciones y prestaciones más convenientes para el diseño de la red. Los estándares de norma europea que se van a evaluar son el MPT 1327 y el TETRA, mientras que dentro de los estándares americanos a evaluarse son el SmartNet, APCO 25 y ASTRO@25.

Es importante evaluar todos los parámetros, que presentan estas tecnologías, pero principalmente se priorizará las condiciones geográficas, climáticas, económicas y jurídicas que poseen los lugares de nuestro país en los cuales se desea implementar el Sistema Troncalizado para poder escoger la mejor opción costo – beneficio existente en el mercado.

### ***3.2.1 Prestaciones del Estándar MPT 1327***

Este estándar maneja una norma abierta ofreciendo una gran variedad de marcas de equipos y proveedores, también se debe mencionar que el manejo de potencias altas da la posibilidad de tener coberturas adecuadas para funcionar en áreas geográficas adversas, en cuanto al tamaño de los terminales, presenta un tamaño medio pero sus conversaciones son analógicas.

Su forma de acceso es FDMA reduciendo la eficiencia del espectro electromagnético, la velocidad de transmisión de datos es de 1.2 Kbps [3.3]

### ***3.2.2 Prestaciones del Estándar SmartNet de Motorola***

Es un sistema troncalizado de un solo sitio diseñado para cumplir con las mayores exigencias, el sistema SmartNet de Motorola es una opción inigualable si sus comunicaciones necesitan de un control mejorado, de una

operación eficiente para un gran número de usuarios, de características de seguridad y privacidad, de opciones de cobertura. SmartNet es un sistema flexible, permitiéndole configurar su sistema para una determinada ocasión en específico y luego poder regresar al que se utiliza normalmente.

SmartNet trabaja con hasta 28 canales de comunicación, hasta 3000 usuarios, tiempo de acceso a canal de comunicación 300 ms., y cumple con el estándar americano APCO16. [3.4] [3.5] [3.6]

### **3.2.3 Prestaciones del Estándar APCO 25**

Una de las principales ventajas de APCO 25, es el manejo de potencias de transmisión altas, favoreciendo así su empleo en la cobertura de territorios irregulares y con densa vegetación como es el caso del Ecuador, además su modo de operación puramente asíncrono permite que sea menos sensible a pérdida de tramas de información al atravesar áreas con gran cantidad de obstáculos.

Por otro lado, APCO 25, al poseer menos fabricantes y distribuidores ocasiona que sus equipos sean más costosos. Se puede mencionar también que tiene una velocidad de transmisión de datos de 9.6 Kbps en modo de trabajo Half – Duplex y que el tipo de acceso es FDMA lo que reduce la eficiencia del espectro electromagnético. [4.1]

### **3.2.4 Prestaciones del Estándar TETRA**

Debido a que TETRA se maneja bajo una norma abierta, este estándar nos ofrece una mayor cantidad de proveedores de sistemas y equipos lo cual nos proporciona precios más competitivos y mayor variedad de equipos, sus terminales son pequeños aproximándose al tamaño de los terminales de tecnología celular, posee una gran eficiencia en el manejo del espectro debido a que utiliza TDMA como tipo de acceso y para este caso se tiene 4 slots de tiempo por cada canal de 25 MHz. TETRA ofrece una velocidad de transferencia de hasta 28.8 Kbps en modo Full – Duplex.

Este estándar se desarrollo para dar cobertura en áreas planas y relativamente pequeñas debido a sus bajas potencias y a poseer mayor

probabilidad de pérdida de sincronismo en las tramas de información debido a la geografía de nuestro país. [4.1] [3.20] [3.21]

### 3.2.5 Prestaciones del Estándar ASTRO®25

ASTRO®25 es un estándar escalable, capaz de trabajar con equipos analógicos y digitales, lo cual económicamente es favorable, de esta manera se realizaría una inversión periódica y no total, sin dejar de ser operativo el sistema de radio.

Al poseer un sistema de sitios simples en donde se encuentra un solo controlador máster con varios sitios de repetición, proporciona una gran cobertura a una determinada área geográfica, ya que al igual que APCO 25 maneja potencias de transmisión altas, ideal para el territorio ecuatoriano, ya que al estar rodeado de extensas selva y un ambiente húmedo es propenso a grandes atenuaciones de potencia. [3.1]

Como se analizó en el primer capítulo de este proyecto el tipo de acceso de ASTRO®25 es FDMA y sus costos se incrementan al poseer menos fabricantes y distribuidores q los demás estándares evaluados.

	MPT 1327	SmartNet	APCO 25	TETRA	ASTRO® 25
<b>Norma</b>	Europea	Americana	Americana	Europea	Americana
<b>Tipo de Acceso</b>	FDMA	FDMA	FDMA	TDMA	FDMA
<b>Potencia de Trabajo [W]</b>	25, 50,100	50	50, 100	10, 25	100
<b>Velocidad de Datos [Kbps]</b>	1.2	3.6	9.6	28.8	19.2
<b>Precio</b>	Bajo	Alto	Alto	Medio	Alto
<b>Sensibilidad a perdida de tramas</b>	Baja	Baja	Medio	Alto	Baja
<b>Tamaño de Radio Terminales</b>	Medio	Grande	Grande	Pequeño	Grande

**Tabla 3.1** Comparación de Estándares

### 3.2.6 Estándar Elegido

Debido a la importancia del Sistema de Comunicación en la Empresa Estatal de Petróleos del Ecuador, el diseño del Sistema de Radio Troncalizado, debe cumplir requerimientos importantes como los que se observa en la Tabla 3.2 Jerarquía de Requerimientos

Los cinco estándares de sistemas de radio troncalizado presentados anteriormente cumplen en mayor o menor proporción cada uno de estos

requerimientos, por lo tanto, para poder escoger la tecnología adecuada, se los ha ordenado con respecto a su grado de importancia para finalmente evaluar cual de las tecnologías cumple con los principales requerimientos.

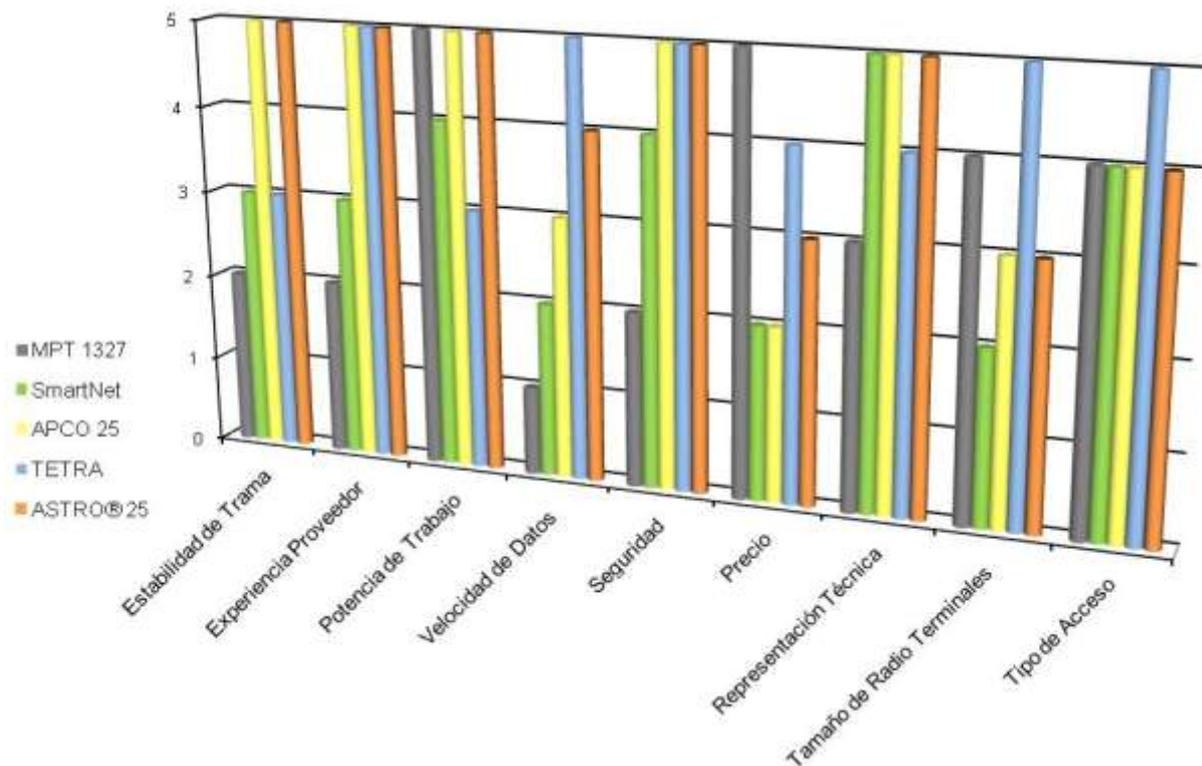
Requerimiento	Orden de Importancia
Estabilidad de Trama	1
Experiencia Proveedor	2
Potencia de Trabajo	3
Velocidad de Datos	4
Seguridad	5
Precio	6
Representación Técnica	7
Tamaño de Radio Terminales	8
Tipo de Acceso	9

Tabla 3.2 Jerarquía de Requerimientos

Para determinar el estándar que más se ajusta a este orden de requerimientos, se evaluó en qué proporción se cumple cada uno de ellos en donde 1 es la calificación más baja y 5 es la mejor calificación, como se observa en los histogramas de la Figura 3.1 Evaluación de los Estándares y sus Requerimientos basados en la Tabla 3.1 Comparación de Estándares y la Tabla 3.3 Evaluación de los Estándares

	MPT 1327	SmartNet	APCO 25	TETRA	ASTRO® 25
Estabilidad de Trama	2	3	5	3	5
Experiencia Proveedor	2	3	5	5	5
Potencia de Trabajo	5	4	5	3	5
Velocidad de Datos	1	2	3	5	4
Seguridad	2	4	5	5	5
Precio	5	2	2	4	3
Representación Técnica	3	5	5	4	5
Tamaño de Radio Terminales	4	2	3	5	3
Tipo de Acceso	4	4	4	5	4

Tabla 3.3 Evaluación de los Estándares



**Figura 3.1** Evaluación de los Estándares y sus Requerimientos

Al analizar la grafica se puede observar que los estándares ASTRO@25 y TETRA, poseen una puntuación total similar, sin embargo, TETRA es descartado debido a que es más sensible a la perdida de tramas y al manejar potencias bajas sería necesario mayor cantidad de repetidoras para obtener la cobertura necesaria, lo que elevaría el costo de implementación.

Si el sistema fuera diseñado para dar servicio al público en general y no a una empresa en particular este incremento en el costo de implementación por concepto de mayor cantidad de repetidoras, sería compensado con el bajo costo de los radios terminales, facilitando su compra a los diferentes usuarios.

Al finalizar la Evaluación, el estándar elegido para realizar el diseño del Sistema de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y sus Filiales es ASTRO@25 de Motorola, debido a que supera los requerimientos necesarios, permite una fácil actualización del Sistema de Radio y es respaldado por Motorola, una de las empresas con mayor experiencia en sistemas de radio a nivel mundial ofreciéndose una garantía y asesoría técnica altamente confiables.

### 3.3 EQUIPOS DISPONIBLES EN ECUADOR

Entre las características que se deben considerar en el momento de elegir los equipos con los cuales se va diseñar el Sistema de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y sus filiales, principalmente se encuentran que deben ser configurables para trabajar con Sistemas Troncalizados en la banda de 800MHz, compatibles con la tecnología ASTRO®25 y ofrezcan una garantía de funcionamiento en el país.

A continuación se detalla las repetidoras o estaciones base, antenas, radios móviles y radios portátiles.

#### 3.3.1 Sitio Master

➤ *Sitio Maestro ARC4000*



**Figura 3.2** Sitio Maestro ARC4000 más adelante [3.17]

El Sitio Maestro ARC4000 de Motorola es trabaja con Sistemas Troncalizados ASTRO®25 en la banda de 700MHz., 800MHz, UHF y VHF. Consolida las aplicaciones NM<sup>1</sup> y ZC<sup>2</sup> en un servidor Sun Netra T2000 que utiliza sistema operativo Solaris 10, emplea una PDG<sup>3</sup> para la información en los sistemas IV&D<sup>4</sup>. Es compatible con Consolas CENTRACOM™, Consola MCC 7500, Repetidores Serie GTR 8000 y todos los suscriptores y consolas ASTRO 25.

---

<sup>1</sup> NM: Administración de Red

<sup>2</sup> ZC: Controlador de Zona

<sup>3</sup> PDG: Gateway de Paquete de Datos

<sup>4</sup> IV&D: Voz y Datos Integrados

Ofrece un diseño compacto y versátil capaz de que en el gabinete almacena todo el hardware que el sitio maestro y está disponible en una configuración redundante que proporciona un segundo conjunto de hardware y software para la aplicación del controlador de zona, el ruteador consolidado principal, gateway y conmutador de Ethernet. El servidor Sun™ Netra™ T2000 permite que se coloquen las diversas aplicaciones requeridas por el controlador de zona y de administración de red en una cantidad mínima de hardware.

El equipo de transporte de la red incluye al conmutador de Ethernet HP2650 y al ruteador consolidado principal, gateway de Motorola. El equipo de servicio permite el acceso al sistema a través del servidor terminal de 8 puertos y de la compuerta/firewall de VPN. La compuerta PDG utiliza dos servidores HP DL360.

Los Sistemas Troncalizados ASTRO 25 con el sitio maestro ARC 4000 tienen la capacidad de soportar hasta 12 sitios del repetidor de IV&D, 120 canales, 5 sitios de despacho y 10 consolas para posiciones de operador.

Soporta los siguientes servicios de voz: llamada privada, llamada a grupos múltiples, alerta de llamada, llamada de emergencia, rastreo (no prioritario) de los grupos de conversación afiliados al sitio, monitoreo prioritario de todos los grupos de conversación afiliados al sitio, interrupción de audio en dos configuraciones (nunca interrumpir y siempre interrupción), y en alerta de llamada durante una conversación.

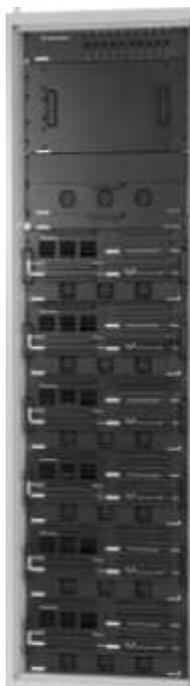
En la siguiente tabla se encuentran detalladas las características técnicas del Sitio Master ARC4000 de Motorola.

<b>RENDIMIENTO GENERAL</b>	
<b># de Canales</b>	1 a 120
<b>Dim. Gabinete (cm)</b>	133 x 60 x 98
<b>Frecuencias (MHZ)</b>	700, 800, UHF, VHF
<b>Sitios de Repetición</b>	12
<b># de Canales por SR</b>	28
<b>Grupos de Conversación</b>	500
<b># de ID</b>	10000
<b>Sitios de Despacho</b>	5
<b># de Usuarios IV&amp;D</b>	2000
<b># de Mensajes por hora por canal</b>	5000

Tabla 3.4 Características Técnicas del Sitio Maestro ARC4000 [3.17]

### 3.3.2 Sitios de Repetición

➤ *Estación Base STR 3000*



**Figura 3.3** Estación Base STR 3000 con capacidad para 6 canales [3.18]

La estación Base STR 3000 de Motorola es compatible para Sistemas Troncalizados ASTRO®25 en la banda de 700MHz. y 800MHz. Tiene un diseño compacto con módulos separados para entradas de -48VDC para alimentación, amplificadores de potencia, recepción y para el Controlador, simplificando el trabajo en caso de reparación ya que no se tiene que desmontar todo el gabinete, Las repetidoras y el RFDS<sup>1</sup>, vienen pre-empaquetados e integrados en fabrica, soporta un total de 6 repetidoras, pero se puede agregar Bastidores de expansión para repetidoras adicionales hasta un total de 30 estaciones base, soporta comunicación encriptada, posee FLASHport® lo que permite que el software se lo puede descargar directamente a la repetidora, eliminando la necesidad de actualizar cada radio individualmente y permite acceder desde un lugar remoto para realizar diagnósticos de información y operación del sitio.

En la siguiente tabla se encuentran detalladas las características técnicas de la estación base STR 300 de Motorola.

<sup>1</sup> RFDS: Radio Frequency Distribution System

<b>RENDIMIENTO GENERAL</b>	
# de Canales	6
Dim. Gabinete (cm)	210 x 60 x 60
Alimentación (VDC)	-48
Temperatura (°C)	0 a 50
Esp. de Canal Digital (KHz)	12,5
Modo de Operación	Duplex
Modulación	C4FM
Conec. de Antena TX	7/16 Female
Conec. de Antena RX	N-Female
<b>TRANSMISIÓN</b>	
Banda de Frec. (MHz)	851-869
Potencia de Salida (W)	31
Ancho de Banda Ocupado (KHz)	8,7
Impedancia de Salida ( $\Omega$ )	50
<b>RECEPCIÓN</b>	
Banda de Frec. (MHz)	806-824
Sensibilidad BER 5% (dBm)	-121
Tasa de Error de Bit (%)	0.01
Impedancia de Entrada ( $\Omega$ )	50

**Tabla 3.5** Características Técnicas de la Estación Base STR 3000 [3.18]

➤ *Estación Base GTR8000*

La estación Base GTR8000 de Motorola es compatible para Sistemas Troncalizados ASTRO®25 en la banda de 700MHz., 800MHz., UHF y VHF, posee configuraciones para garantizar la información como: central de registro, puerto de seguridad, back up y recuperación de la información, permite una fácil actualización del software, la instalación y los costos de servicio se reducen al mínimo por poseer un hardware de plataformas común.

Soporta 6 radios base con periféricos de Tx y Rx, un Controlador del Sitio GCP 8000, un Comparador GCM 8000 en un bastidor vertical, el cual permite la instalación de inversores, cargadores de baterías, UPS, fuentes AC, DC optimizando de esta manera el espacio en el sitio.



**Figura 3.4** Bastidor Vertical del Subsistema GRT 8000 [3.12]

Posee la misma cobertura para voz y para HPD<sup>1</sup>, en el RFDS se encuentra integrado el duplexor, el preselector del sitio y el multiacoplador de recepción. A continuación sus características técnicas.

<b>Subsistema del Sitio GTR 8000</b>	
<b>RENDIMIENTO GENERAL</b>	
<b># de Canales</b>	1 a 6
<b>Dim. Gabinete (cm)</b>	230 x 52 x 58
<b>Alimentación (VAC)</b>	90 a 264
<b>Alimentación (VDC)</b>	43,2 a 60
<b>Temperatura (°C)</b>	-30 a 60
<b>Esp. de Canal Digital (KHz)</b>	12,5
<b>Modo de Operación</b>	Duplex
<b>Modulación</b>	C4FM
<b>Conec. de Antena TX</b>	7/16 Female
<b>Conec. de Antena RX</b>	N-Female
<b>TRANSMISIÓN</b>	
<b>Banda de Frec. (MHz)</b>	851-870
<b>Potencia de Salida (W)</b>	40
<b>Impedancia de Salida (<math>\Omega</math>)</b>	50
<b>RECEPCIÓN</b>	
<b>Banda de Frec. (MHz)</b>	792-824
<b>Sensibilidad BER 5% (dBm)</b>	-123
<b>Impedancia de Entrada (<math>\Omega</math>)</b>	50

**Tabla 3.6** Características Técnicas de la Estación Base GTR 8000 [3.12]

<sup>1</sup> HPD: High Performance Data



Figura 3.5 Radio Base GTR 8000 de Motorola [3.12]

La Radio Base GTR 8000, puede reemplazar una Quantar o una STR 3000, dependiendo de la compatibilidad del software por poseer una gran variedad de configuraciones. En la siguiente tabla se encuentran detalladas sus características técnicas.

<b>Radio Base GTR 8000</b>	
<b>RENDIMIENTO GENERAL</b>	
# de Canales	1 a 6
Dim. Gabinete (mm)	133 x 483 x 457
Alimentación (VAC)	90 a 264
Alimentación (VDC)	43,2 a 60
Temperatura (°C)	-30 a 60
Esp. de Canal Digital (KHz)	12,5
Modo de Operación	Duplex
Modulación	C4FM
Conec. de Antena TX	N-Female
Conec. de Antena RX	N-Female
<b>TRANSMISIÓN</b>	
Banda de Frec. (MHz)	851-870
Potencia de Salida (W)	2 a 100
Impedancia de Salida ( $\Omega$ )	50
<b>RECEPCIÓN</b>	
Banda de Frec. (MHz)	792-824
Sensibilidad BER 5% (dBm)	-118
Impedancia de Entrada ( $\Omega$ )	50

Tabla 3.7 Características Técnicas de la Radio Base GTR 8000 [3.12]

El Controlador del Sitio GCP 8000, mantiene la comunicación entre la RNG<sup>1</sup> y los radios base del sitio, poseer un controlador redundante asegura la continuidad de la cobertura de radio. En la siguiente tabla se encuentran detalladas sus características técnicas.

<sup>1</sup> RNG: Radio Network Gateway

<b>Controlador GCP 8000</b>	
<b>RENDIMIENTO GENERAL</b>	
# de Canales	1 a 30
Dim. Gabinete (mm)	133 x 483 x 457
Alimentación (VAC)	90 a 264
Alimentación (VDC)	43,2 a 60
Temperatura (°C)	-30 a 60

Tabla 3.8 Características Técnicas del Controlador GCP 8000 [3.12]

El Comparador GCM 8000, asegura el broadcast<sup>1</sup> de la señal de voz con la mejor calidad posible, mediante la combinación de las mejores partes de una sola señal que ha sido recibida por varios sitios del sistema. A continuación se encuentran detalladas sus características técnicas.

<b>Comparador GCM 8000</b>	
<b>RENDIMIENTO GENERAL</b>	
# de Canales	1 a 2
Dim. Gabinete (mm)	133 x 483 x 457
Alimentación (VAC)	90 a 264
Alimentación (VDC)	43,2 a 60
Temperatura (°C)	-30 a 60

Tabla 3.9 Características Técnicas del Comparador GCM 8000[3.12]

### 3.3.3 Móviles

#### ➤ Radio Móvil Digital ASTRO XTL 5000



Figura 3.6 Radio Móvil Digital ASTRO XTL 5000 [3.13]

El radio móvil digital ASTRO XTL 5000 es compatible para Sistemas Troncalizados ASTRO®25 en la banda de 800MHz y para sistemas analógicos, posee 48 claves de encriptación, integra voz y datos, posee botones programables, es configurable remotamente, es programable bajo ambiente Windows, soporta FLASHport®, debido a su robustez asegura la comunicación

<sup>1</sup> Broadcast: Señal o mensaje que uno solo transmite y varios reciben

continua de alta calidad. Las características técnicas se la encuentran en la siguiente tabla:

RENDIMIENTO GENERAL	
Banda de Frec. (MHz)	764-870
Alimentación (VDC)	-12
# de Canales	512
Temperatura (°C)	-30 a 60
Modulación	C4FM
Ancho de Banda (KHz)	12,5
Capacidad de ID	48000
Códigos de Acceso a la Red Dig.	4096 direcciones al sitio de la red
Direcciones de Usuarios de Grupo	4094
TRANSMISIÓN	
Banda de Frec. (MHz)	806-825
Potencia de Salida (W)	10 a 35
RECEPCIÓN	
Banda de Frec. (MHz)	851-870
Sensibilidad BER 5% (dBm)	-119

Tabla 3.10 Características Técnicas ASTRO del XTL 5000 [3.14]

➤ *Radio Móvil Digital ASTRO SPECTRA PLUS*



Figura 3.7 Radio Móvil Digital ASTRO SPECTRA PLUS[3.15]

El radio móvil digital ASTRO SPECTRA PLUS es compatible para Sistemas Troncalizados ASTRO®25 en la banda de 800MHz y para sistemas analógicos, posee 48 claves de encriptación y ECDV<sup>1</sup>, integra voz y datos, posee botones programables, es configurable remotamente y soporta FLASHport®. A continuación se presenta una tabla con las principales características técnicas:

<sup>1</sup> ECDV: Error Corrected Digital Voice

RENDIMIENTO GENERAL	
Banda de Frec. (MHz)	806 - 869
Alimentación (VDC)	-12
# de Canales	512
Temperatura (°C)	-30 a 60
Modulación	C4FM
Ancho de Banda (KHz)	12,5
Capacidad de ID	48000
Códigos de Acceso a la Red Dig.	4096 direcciones al sitio de la red
Direcciones de Usuarios de Grupo	4094
TRANSMISIÓN	
Banda de Frec. (MHz)	806-824
Potencia de Salida (W)	15 a 35
RECEPCIÓN	
Banda de Frec. (MHz)	851-869
Sensibilidad BER 5% (dBm)	-119

Tabla 3.11 Características Técnicas ASTRO SPECTRA PLUS [3.15]

### 3.3.4 Portátiles

#### ➤ Radio Portátil Digital ASTRO XTS 5000



Figura 3.8 Radio Portátil Digital ASTRO XTS 5000 [3.16]

El radio portátil digital ASTRO XTS 5000 es compatible para Sistemas Troncalizados ASTRO®25 en la banda de VHF, 700MHz y 800MHz posee AGC<sup>1</sup>, ECDV, 48 claves de encriptación, identificador de llamada, un botón de naranja de emergencia, un led indicador de transmisión, listas pre-almacenadas, teclas programables y fácil acceso al menú, puede ser programado bajo ambiente Windows soporta comunicaciones mediante puerto USB, FLASHport® y RSR- 232. A continuación se presenta una tabla con las principales características técnicas:

<sup>1</sup> AGC: Audio Gain Control

RENDIMIENTO GENERAL	
Banda de Frec. (MHz)	136-174 y 764-870
Duración de Batería (h)	8
# de Canales	512
Temperatura (°C)	-30 a 60
Modulación	C4FM
Ancho de Banda (KHz)	12,5 y 25
TRANSMISIÓN	
Banda de Frec. (MHz)	806-851
Potencia de Salida (W)	1 a 3
RECEPCIÓN	
Banda de Frec. (MHz)	851-870
Sensibilidad BER 5% (dBm)	-119

Tabla 3.12 Características Técnicas ASTRO XTS 5000 [3.16]

➤ *Radio Portátil Digital ASTRO XTS 2500*



Figura 3.9 Radio Portátil Digital ASTRO XTS 2500 [3.19]

El radio portátil digital ASTRO XTS 2500 es compatible para Sistemas Troncalizados ASTRO®25 en la banda de 700MHz y 800MHz posee AGC, identificador de llamada, un botón de naranja de emergencia, un led indicador de transmisión, listas pre-almacenadas, teclas programables y fácil acceso al menú, puede ser programado bajo ambiente Windows soporta comunicaciones mediante puerto USB, FLASHport® y RSR- 232.

RENDIMIENTO GENERAL	
Banda de Frec. (MHz)	764-870
Duración de Batería (h)	8
# de Canales	160
Temperatura (°C)	-30 a 60
Modulación	C4FM
Ancho de Banda (KHz)	12,5 20 y 25
TRANSMISIÓN	
Banda de Frec. (MHz)	806-824
Potencia de Salida (W)	1 a 3
RECEPCIÓN	
Banda de Frec. (MHz)	851-870
Sensibilidad BER 5% (dBm)	-119

Tabla 3.13 Características Técnicas ASTRO XTS 2500 [3.19]

### 3.3.5 Antenas

➤ *Antena Omnidireccional para Estación Base*



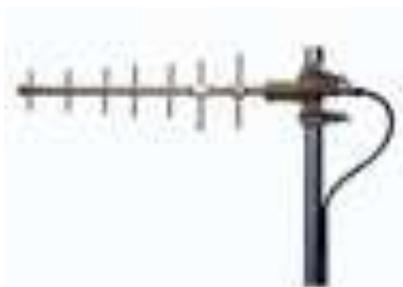
**Figura 3.10** Antenas Omnidireccionales RFS para Sistemas de Radio Móvil [3.22]

Para la estación base se ha elegido una antena omnidireccional de RFS, que irradia potencia máxima todas las direcciones en el plano horizontal, el fed garantiza la ganancia de la antena y la impedancia constante en todas las bandas de frecuencia para una amplia variedad de aplicaciones incluyendo los servicios de radio móvil de 806 - 960MHz., está fabricada con una elección cuidadosa de materiales para maximizar el rendimiento del sistema y reducir al mínimo la posibilidad de intermodulación, posee las siguientes características técnicas:

<b>Serie</b>	<b>AO8410M</b>
<b>Modelo</b>	24T0
<b>Banda de Frecuencia (MHz)</b>	806 - 869
<b>Ganancia (dBi)</b>	12,1
<b>Longitud (m)</b>	4,72
<b>Conector</b>	N - Female

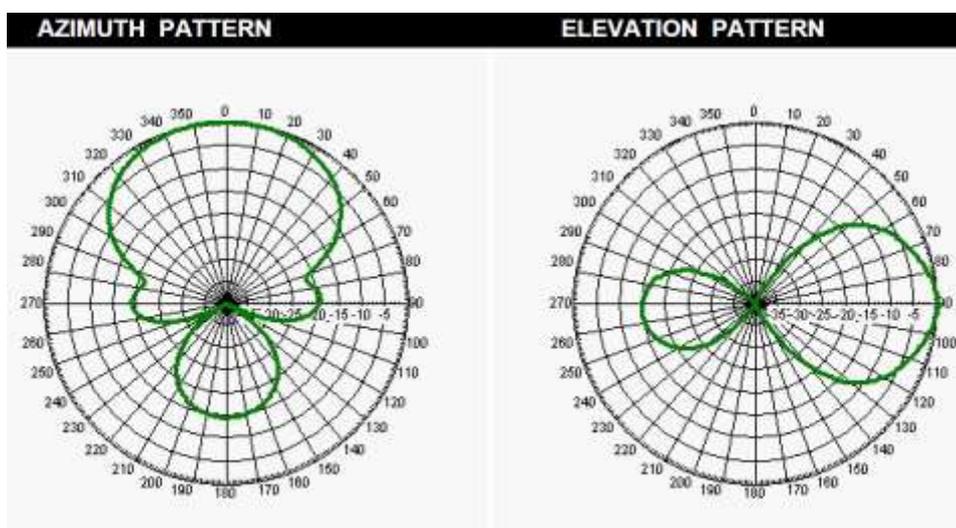
**Tabla 3.14** Características Técnicas de la Antena Omnidireccional [3.22]

➤ *Antena Yagui para Estación Base*



**Figura 3.11** Antena Yagui Andrew para Estación Base [3.23]

Para estaciones base en las que se necesita mayor direccionalidad de la señal se ha elegido una antena Yagui de Andrew, que irradia con el siguiente patrón:



**Figura 3.12** Parámetros de Radiación de la Antena Andrew DB499-A [3.23]

Esta fabricada de acero galvanizado es de color dorado y posee las siguientes características técnicas:

<b>Modelo</b>	DB499-A
<b>Banda de Frecuencia (MHz)</b>	806 - 869
<b>Ganancia (dBi)</b>	12,1
<b>Dimensiones (LxWxD) (mm)</b>	787 x 152 x 25
<b>Azimet (Deg)</b>	60
<b>Elevación (Deg)</b>	0
<b>Conector</b>	N - Female

**Figura 3.13** Características Técnicas de la Antena Yagui [3.23]

### **3.4 ESTRUCTURA DE LA RED**

Debido a las características de centralización de toda la información que maneja el estándar ASTRO 25, se necesita de un Sitio Master el cual administrará todo el tráfico entrante y saliente de la red, los Sitios Remotos o también llamados estaciones Base serán los encargados de recoger todo el audio de los usuarios en sus respectivas zonas de cobertura a través de la repetidora, la misma que será conectado a los enlaces microonda ya existentes, mediante los cuales todo el tráfico será dirigido a hasta el Sitio Master, donde se procesará y administrará el audio, para hacer posible la comunicación entre Sitios Remotos.

#### **3.4.1 Sitio Master**

Para el Sitio Master se ha tomado en consideración el centro de comunicaciones operativas del TIC's<sup>1</sup> de PETROCOMERCIAL, en el Terminal Beaterio ya que se encuentra localizado de manera central en relación al diagrama general de la red, lo que minimizará el tiempo de respuesta en las comunicaciones entre Sitios Remotos, además, posee línea de vista directa con los cerros Pichincha, Guamaní y Atacazo facilitando el acceso. Desde aquí se monitoreará, administrará y realizará todo el mantenimiento del funcionamiento del sistema, para su correcto desempeño.

#### **3.4.2 Despachador Remoto**

El Despachador Remoto ayuda al monitoreo y programación de los recursos de la red realizando un trabajo en conjunto con el Sitio Master, el Despachador remoto será ubicado en el área de TIC's, en el Edificio El Rocío, Matriz de PETROCOMERCIAL.

#### **3.4.3 Sitios de Repetición**

Los diferentes Sitios de Repetición son ubicados estratégicamente de forma que se pueda dar una completa cobertura en las estaciones y en sus principales vías de acceso; cada uno de estos Sitios estarán conectados hacia el Sitio Master, a través de enlaces microondas ya existentes.

---

<sup>1</sup> TIC's: Departamento de Tecnologías de Información y Comunicaciones

### **3.4.4 Ingeniería de Tráfico**

En el Sistema de Radio Troncalizado, debido a que maneja niveles de prioridad y grupos de conversación se puede planificar eficientemente el tráfico, determinando el número de canales por Sitio de Repetición. En el sistema de radio troncalizado se puede realizar un manejo eficaz de canales por medio de la asignación dinámica en el momento en el que se requiera.

Es importante mencionar que debido a que en este sistema posee una lista de espera para llamadas que no se les asigne un canal libre para comunicarse, para el cálculo de tráfico se consideraran los Erlang C, y cuyo GOS indica la probabilidad de que una llamada bloqueada deba esperar en la cola más allá de un intervalo especificado.

#### **3.4.4.1 Análisis de Tráfico de Voz**

Para el análisis del Tráfico de voz se ha considerado parámetros estadísticos como el número de llamadas por hora y el tiempo de duración de las mismas, para el cálculo de la intensidad de tráfico, este cálculo se lo encuentra detallado de mejor manera en el ANEXO C: ANÁLISIS DE TRÁFICO DEL SISTEMA VHF DE PETROCOMERCIAL, utilizando las fórmulas analizadas en la sección 1.3.4.4.7 del primer capítulo del presente proyecto.

Hay que tomar en cuenta que para realizar este análisis se ha considerado la hora con mayor tráfico desde las 7:00 hasta las 8:00, ya que en esta hora se realizan reportes producción y condiciones de bombeo de crudo y derivados desde y hacia todas las estaciones.

En el Anexo C, al realizar el cálculo del tráfico en el sistema VHF de PETROCOMERCIAL y realizar una proyección para el diseño del Sistema de Radio Troncalizado, tomando en consideración un factor GOS de 2%, se obtiene el número de canales necesarios para cada Sitio de Repetición mediante una calculadora de Erlang C.

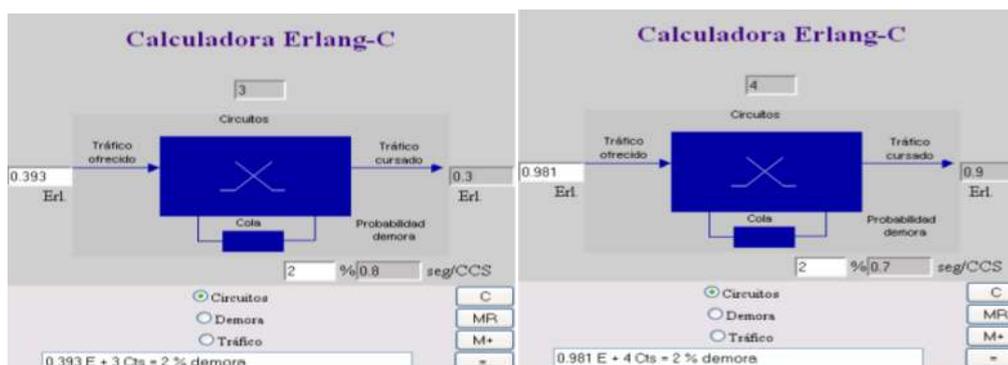


Figura 3.14 Calculadora de Erlang C [3.29]

En la gráfica se observa que para calcular el número de canales se necesita ingresar el tráfico en Erlang y el GOS en porcentaje.

### 3.4.4.2 Análisis de Tráfico de Datos

Para realizar un análisis del tráfico de datos, es necesario recordar que ASTRO 25 necesita un canal para el control de voz, administración de la red y el canal propiamente de datos, utilizado para enviar mensajes de datos desde la red a sus terminales, el dimensionamiento de este canal depende del tamaño de los paquetes, por lo que se le va a añadir un canal mas a cada Sitio de Repetición a excepción de Guamaní, Condijua y Tres Cruces ya que poseen un numero bajo de usuarios.

El dimensionamiento total del número de canales de cada sitio se encuentra detallado en la Tabla 3.15 Número de canales en cada Sitio de Repetición

	$\bar{u}$	A	$A_T$	# Ch Voz	# Ch Total
<b>BALAO</b>	30	0,131	0,393	3	4
<b>ATACAZO</b>	30	0,118	0,354	3	4
<b>PICHINCHA</b>	35	0,126	0,378	3	4
<b>GUAMANÍ</b>	10	0,033	0,099	2	2
<b>CONDIJUA</b>	10	0,04	0,12	2	2
<b>TRES CRUCES</b>	5	0,017	0,051	2	2
<b>LUMBAQUI</b>	30	0,327	0,981	4	5
<b>SHUSHUFINDI</b>	5	0,017	0,051	2	3
<b>PILISURCO</b>	10	0,04	0,12	2	3
<b>CERRO AZUL</b>	25	0,099	0,297	3	4
<b>CERRO SALANGO</b>	15	0,06	0,18	2	3

Tabla 3.15 Número de canales en cada Sitio de Repetición

### **3.4.5 Estudio Radioeléctrico**

En esta sección se determina la ubicación de las estaciones base en todo el Ecuador y los parámetros de propagación, con la finalidad de calcular el área a la cual se va a brindar cobertura.

Para ubicar las elevaciones en donde se van a colocar las repetidoras se ha considerado los lugares en donde ya existe infraestructura propia de PETROECUADOR, para de esta manera, evitar elevar los costos del proyecto innecesariamente, ya que se evitaría rubros como el levantamiento de torres, construcción de casetas, alquiler del terreno, acometidas eléctricas e incluso la elaboración de vías de acceso.

#### **3.4.5.1 Definición y Parámetros de Propagación.**

##### **3.4.5.1.1 Banda de Frecuencia**

Los equipos disponibles para sistemas de radio troncalizado ASTRO®25, como ya se analizó en el primer capítulo del proyecto pueden trabajar dentro de la banda VHF, UHF, de 700MHz y de 800 MHz, pero La Secretaria Nacional de Telecomunicaciones establece que las bandas de frecuencias para los Sistemas Troncalizados Digitales, la canalización y distribución de frecuencias para asignación y uso en el territorio nacional en concordancia con el Plan Nacional de Frecuencias son:

- *806-811 MHz y 851-856 MHz;*
- *896-898 MHz y 935-937 MHz;*
- *902-904 MHz y 932-934 MHz.*

Debido a que la banda de 806-811 MHz y 851-856 MHz de la SENATEL, se encuentra dentro de la banda de 806-821 MHz y 851-870 MHz con la que funciona ASTRO®25 de Motorola, es la elegida para realizar la posterior simulación del proyecto, de tal manera que se asemeje lo más posible a la implementación del sistema.

### 3.4.5.1.2 Consideraciones de Potencia

Como se analizó en la sección 3.3, la potencia de los radios portátiles XTS5000 y XTS2500 para la banda de 800 MHz., es de 3W, su sensibilidad digital al 1% BER es de -115dBm y al 5% BER es de -119dBm. En los radios móviles XTL5000 y ASTRO® Digital Spectra Plus™ la potencia para la banda de 800 MHz., es de 35W, su sensibilidad digital al 1% BER es de -117dBm y al 5% BER es de -119dBm. En las estaciones bases STR 3000 la potencia para la banda de 800 MHz., es de 31W y su sensibilidad digital al 5% BER es de -121dBm, y en la GTR8000 Base Radio la potencia para la banda de 800 MHz., es de 100W y su sensibilidad digital al 5% BER es de -118dBm.

### 3.4.5.1.3 Ganancia de Antenas

Para las estaciones base se coloca dos antenas omnidireccionales, con 12.1dBi de ganancia y 4,72m de largo; una antena receptora en la parte más alta de la torre, y aproximadamente 5,62 m (15λ) por debajo la antena transmisora.

Las antenas para los radios móviles y bases en las estaciones de PETROECUADOR, son de tipo látigo con ganancia de 5 dB; mientras que las antenas de los radios portátiles poseen ganancia unitaria 0 dB.

### 3.4.5.1.4 Consideraciones de Atenuación

Entre las principales consideraciones de atenuación que se debe tomar en cuenta están la abundante vegetación en la región oriental del país, en la Recomendación UIT-R P.833-6 Atenuación debido a la Vegetación, se indica que para valores de frecuencia menores de 1 GHz. y cuyos dos terminales no se encuentran inmersos en la vegetación esta atenuación puede simularse de forma aproximada en términos de atenuación específica con la siguiente ecuación:

$$A_v = d * \gamma$$

Donde:

- $d$  (m) es la longitud de del trayecto a través de las copas de los arboles,
- $\gamma$  (dB/m) es la atenuación específica para trayectos en vegetación que para la banda de 800MHz es de 0,2 dB/m.[3.24]

La absorción y dispersión ocasionadas por la lluvia, el granizo o la niebla no son consideradas por ser despreciables para frecuencias inferiores a 5 GHz [3.25].

La atenuación producida por lo edificios en las zonas urbanas como Quito, Guayaquil y Ambato, también es despreciable debido a que se utiliza una frecuencia menor a 1 GHz. [3.26].

En el sector de Esmeraldas, específicamente en la boya Y, lugar donde se embarca el crudo, hay que tomar en cuenta la propagación por difracción en el mar, el mismo que será calculado mediante monogramas de la recomendación UIT-R P 526 Propagación por Difracción. [3.27].

También hay que tomar en cuenta las atenuaciones  $q$  se producen en las líneas de transmisión, es decir, las pérdidas de señal producidas en los cables y conectores, para minimizar en lo posible estas atenuaciones se ha escogido un conector N Macho 7/8" marca ANDREW y un cable con las siguientes características:

<b>MARCA</b>	Andrew
<b>MODELO</b>	LDF5-50A Heliax
<b>TIPO</b>	Corrugado 7/8"
<b>FRECUENCIA (MHz)</b>	800
<b>ATENUACIÓN (dB/m)</b>	0,0363

Tabla 3.16 Características Técnicas de la línea de Transmisión [3.28]



Figura 3.15 Cable Heliax LDF5-50A [3.28]

### 3.4.5.2 Cobertura

Para realizar un correcto cálculo del área de de cobertura de las diferentes Estaciones Base del Sistema, es necesario, tomar en cuenta los parámetros analizados en la sección 3.4.5.1, las fórmulas del cálculo de cobertura y el Reglamento y Norma Técnica de la SENATEL, analizadas en el primer capítulo del presente proyecto, que en el Art. 1 del Capítulo I del Título II menciona que el área de cobertura de un Sistema Troncalizado se halla definida por el contorno donde la intensidad de campo eléctrico nominal utilizable sea de  $38,5 \text{ dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$ .

Para determinar el área de cobertura que posee cada repetidora, se va evaluar la distancia cada  $30^\circ$  en la que la intensidad del campo eléctrico nominal de la señal sea de  $38,5 \text{ dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$  y mediante la simulación en el programa Radio Mobile para Windows, versión 9.9.5 se puede determinar la intensidad del campo eléctrico de manera más apreciable y didáctica, mediante la siguiente escala de colores:



**Figura 3.16** Escala de Colores que simboliza el nivel de la Intensidad del Campo Eléctrico

Como se puede observa la intensidad del campo eléctrico se encuentra delimitada entre 90 y  $38 \text{ dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$ , esta opción se la encuentra en la herramienta que se observa en la Figura 3.17 Single Polar Radio Coverage

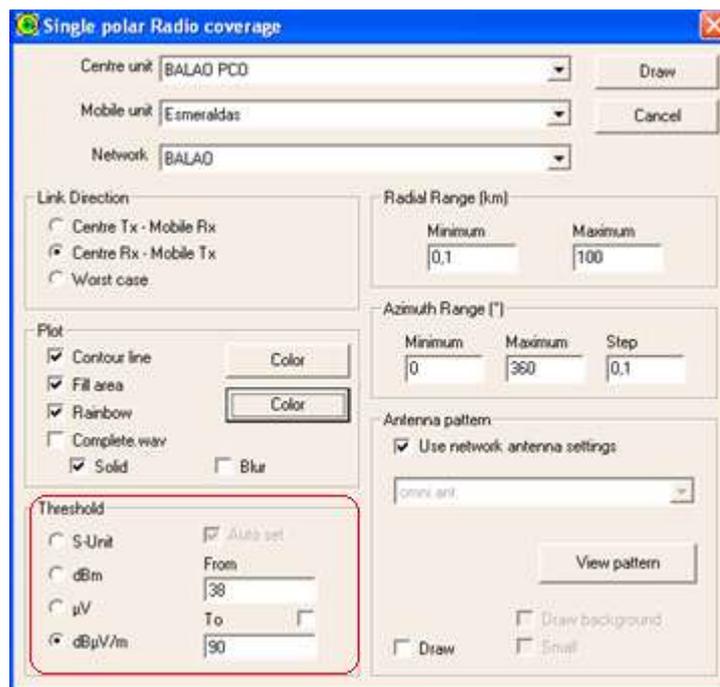


Figura 3.17 Single Polar Radio Coverage

### 3.4.5.2.1 Sitios de Repetición

Para el cálculo del radio de cobertura es necesario tomar en cuenta los siguientes datos:

$P_{TX}$	100	W
$G_{TX}$	12,1	dBi
$\Delta_{TX}$	0,0363	dB/m
$F$	0,806	GHz
$R$	0,999	
$P_{TX}$	20	dB

Tabla 3.17 Datos fijos en todas las repetidoras

En donde:

- $P_{TX}$  es la potencia de transmisión expresada en W y en dB.
- $G_{TX}$  es la ganancia de la antena expresada en dBi.
- $\Delta_{TX}$  es la atenuación en las líneas de transmisión.
- $F$  es la frecuencia expresada en GHz.
- $R$  es el factor de conversión de probabilidad igual a 99.9%

También hay que considerar datos que van a variar dependiendo del clima, tipo de terreno y altura del lugar donde se encuentra ubicada la repetidora como:

$L_{TX}$ =	42	m
$A$ =	2	
$B$ =	0,5	
$P_{RAD}$ =	30,5754	dB

**Tabla 3.18** Datos que dependen del lugar de la repetidora

En donde:

- $L_{TX}$  es la longitud de la línea de transmisión.
- $A$  es el factor de rugosidad del terreno.
- $B$  es el factor de probabilidad climática.
- $P_{RAD}$  es la potencia radiada y es variable ya que depende directamente del valor de  $L_{TX}$ .

$$P_{RAD} = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} * \Delta_{TX}$$

Los diferentes valores de los factores A y B, se encuentran detallados en la Tabla 1.10 **Valores Característicos de A y B**.

Tomando en cuenta las formulas de la intensidad del campo eléctrico en el espacio libre  $\epsilon_0$ , y el margen de desvanecimiento FM se realizara el cálculo del radio máximo de cobertura de cada estación base del sistema.

#### 3.4.5.2.1.1 Balao

Los datos para el cálculo de radio de cobertura de la repetidora Balao son:

$P_{TX}$ =	100	W
$G_{TX}$ =	12,1	dBi
$L_{TX}$ =	42	m
$\Delta_{TX}$ =	0,0363	dB/m
$F$ =	0,806	GHz
$A$ =	2	
$B$ =	0,5	
$R$ =	0,999	
$P_{TX}$ =	20	dB
$P_{RAD}$ =	30,5754	dB

**Tabla 3.19** Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Balao

Distancia (Km)	$\epsilon_0$ (dB $\mu$ V/m)	MF (dB)	$\epsilon$ (dB $\mu$ V/m)
5	91,36721	-12,18604	91,36721
10	85,34661	-3,15514	85,34661
15	81,82478	2,12760	79,69718
20	79,32601	5,87576	73,45025
25	77,38781	8,78306	68,60475
30	75,80418	11,15850	64,64568
35	74,46525	13,16690	61,29834
40	73,30541	14,90666	58,39875
45	72,28236	16,44124	55,84112
50	71,36721	17,81396	53,55325
55	70,53936	19,05574	51,48361
60	69,78358	20,18940	49,59418
65	69,08834	21,23226	47,85608
70	68,44465	22,19780	46,24685
75	67,84538	23,09670	44,74868
80	67,28481	23,93756	43,34725
85	66,75823	24,72743	42,03080
90	66,26176	25,47214	40,78962
95	65,79214	26,17657	39,61557
100	65,34661	26,84486	38,50175
105	64,92282	27,48054	37,44228

Tabla 3.20 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Balao

Como se puede observar el radio de cobertura máximo es de 100Km.

0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
60,25	23,6	14,34	95,84	100	100	52,32	9,92	57,39	100	100	100

Tabla 3.21 Distancias en Km para  $\epsilon=38,5 \text{ dB } \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$

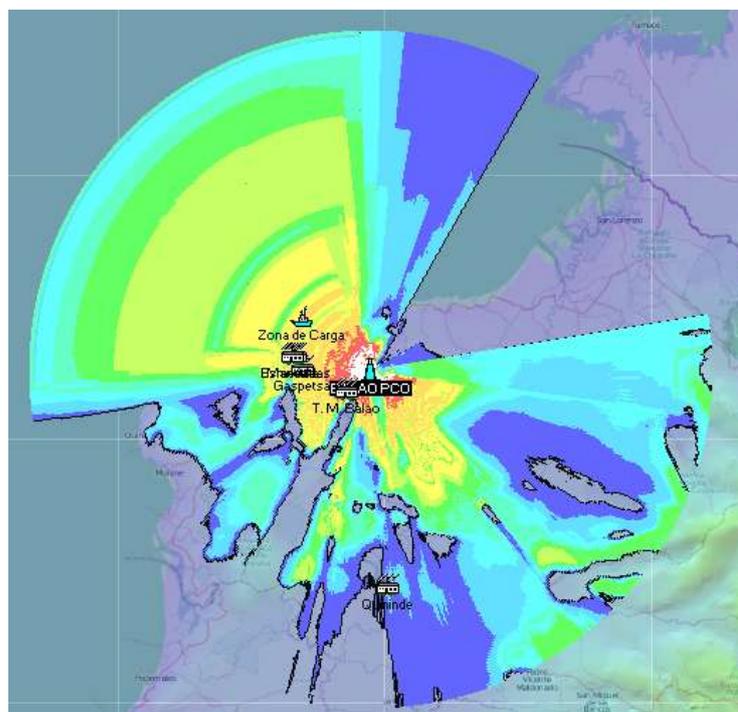


Figura 3.18 Área de Cobertura de la Repetidora Balao

Al realizar un acercamiento al área de cobertura se puede apreciar de mejor manera las estaciones que se encuentran dentro de la cobertura de la repetidora Balao.

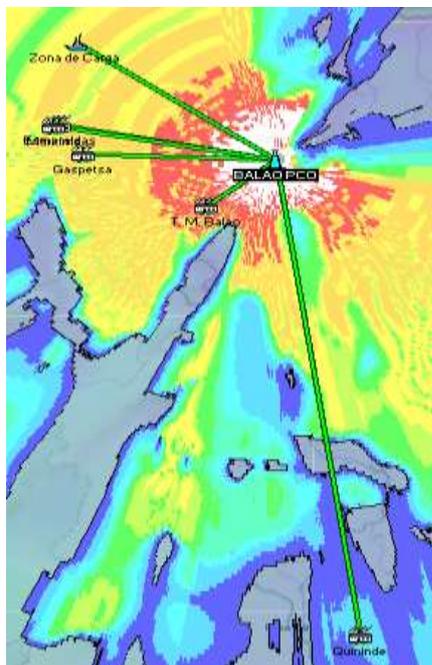


Figura 3.19 Repetidora Balao y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura

### 3.4.5.2.1.2 Atacazo

Los datos para el cálculo de radio de cobertura de la repetidora Atacazo son:

$P_{TX}$	100	W
$G_{TX}$	12,1	dBi
$L_{TX}$	42	m
$\Delta_{TX}$	0,0363	dB/m
$F$	0,806	GHz
$A$	2	
$B$	0,5	
$R$	0,999	
$P_{TX}$	20	dB
$P_{RAD}$	30,5754	dB

Tabla 3.22 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Atacazo

Distancia (Km)	$\epsilon_o$ (dB $\mu$ V/m)	MF (dB)	$\epsilon$ (dB $\mu$ V/m)
5	91,36721	-12,18604	91,36721
10	85,34661	-3,15514	85,34661
15	81,82478	2,12760	79,69718
20	79,32601	5,87576	73,45025
25	77,38781	8,78306	68,60475
30	75,80418	11,15850	64,64568
35	74,46525	13,16690	61,29834
40	73,30541	14,90666	58,39875
45	72,28236	16,44124	55,84112
50	71,36721	17,81396	53,55325
55	70,53936	19,05574	51,48361
60	69,78358	20,18940	49,59418
65	69,08834	21,23226	47,85608
70	68,44465	22,19780	46,24685
75	67,84538	23,09670	44,74868
80	67,28481	23,93756	43,34725
85	66,75823	24,72743	42,03080
90	66,26176	25,47214	40,78962
95	65,79214	26,17657	39,61557
100	65,34661	26,84486	38,50175
105	64,92282	27,48054	37,44228

Tabla 3.23 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Atacazo

Como se puede observar el radio de cobertura máximo es de 100Km.

0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
17,69	70,26	82,83	65,84	57,79	58,78	100	73,18	34,40	100	100	100

Tabla 3.24 Distancias en Km para  $\epsilon=38,5 \frac{dB}{m}$

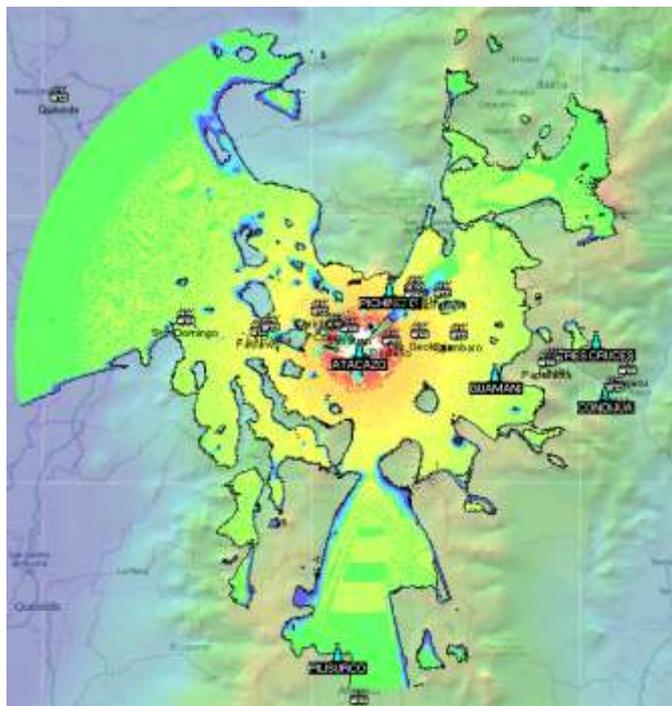


Figura 3.20 Área de Cobertura de la Repetidora Atacazo

Al realizar un acercamiento al área de cobertura se puede apreciar de mejor manera las estaciones que se encuentran dentro de la cobertura de la repetidora Atacazo.

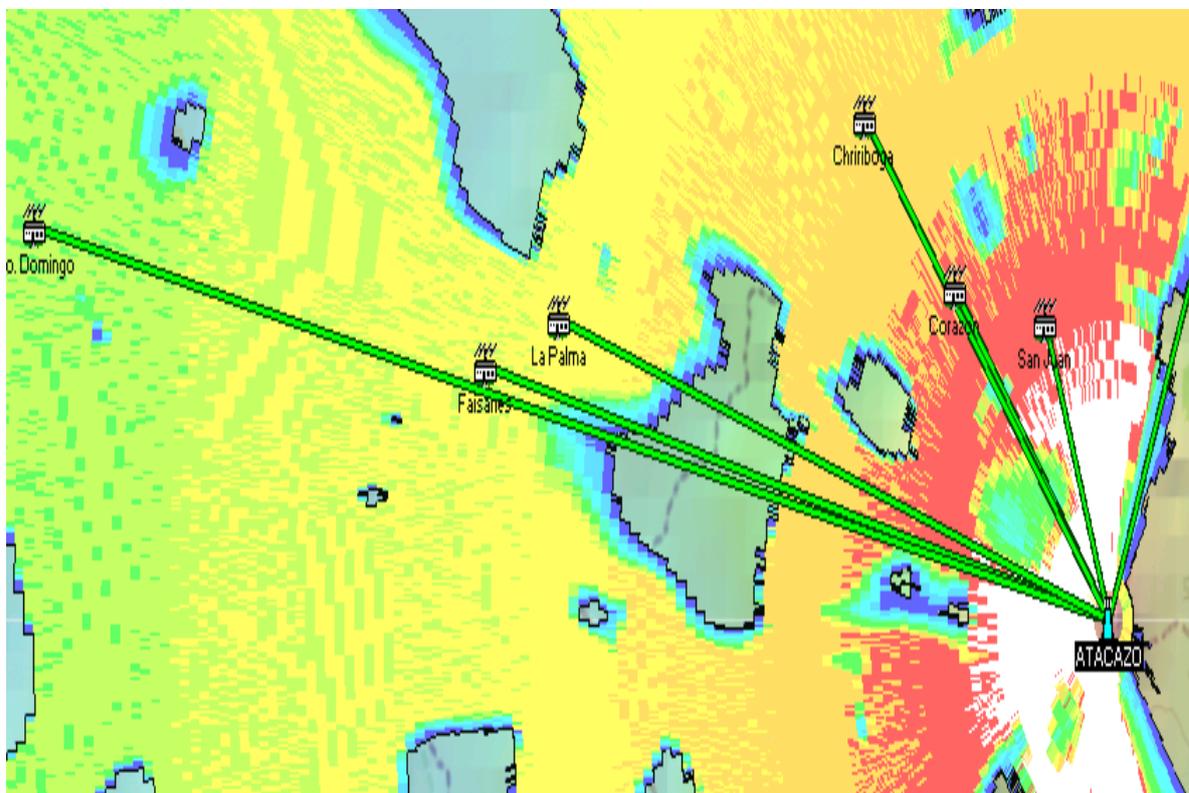


Figura 3.21 Repetidora Atacazo y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura

### 3.4.5.2.1.3 Pichincha

Los datos para el cálculo de radio de cobertura de la repetidora Pichincha son:

$P_{TX}$ =	100	W
$G_{TX}$ =	12,1	dBi
$L_{TX}$ =	48	m
$\Delta_{TX}$ =	0,0363	dB/m
$F$ =	0,806	GHz
$A$ =	1	
$B$ =	0,25	
$R$ =	0,999	
$P_{TX}$ =	20	dB
$P_{RAD}$ =	30,3576	dB

Tabla 3.25 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Pichincha

Distancia (Km)	$\epsilon_o$ (dB $\mu$ V/m)	MF (dB)	$\epsilon$ (dB $\mu$ V/m)
5	91,14941	-18,20664	91,14941
10	85,12881	-9,17574	85,12881
15	81,60698	-3,89300	81,60698
20	79,10821	-0,14484	79,10821
25	77,17001	2,76246	74,40755
30	75,58638	5,13790	70,44848
35	74,24745	7,14630	67,10114
40	73,08761	8,88606	64,20155
45	72,06456	10,42064	61,64392
50	71,14941	11,79336	59,35605
55	70,32156	13,03514	57,28641
60	69,56578	14,16880	55,39698
65	68,87054	15,21166	53,65888
70	68,22685	16,17720	52,04964
75	67,62758	17,07610	50,55148
80	67,06701	17,91696	49,15005
85	66,54043	18,70683	47,83360
90	66,04396	19,45154	46,59242
95	65,57434	20,15597	45,41837
100	65,12881	20,82426	44,30455
105	64,70502	21,45994	43,24508
110	64,30096	22,06604	42,23491
115	63,91485	22,64520	41,26965
120	63,54519	23,19970	40,34548
125	63,19061	23,73156	39,45905
130	62,84994	24,24256	38,60738
135	62,52213	24,73428	37,78786

Tabla 3.26 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Pichincha

Como se puede observar el radio de cobertura máximo es de 130Km.

0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
4,13	49,68	73,18	36,40	40,04	54,00	46	21,07	64,61	7,66	5,16	3,87

Tabla 3.27 Distancias en Km para  $\epsilon=38,5 \text{ dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$

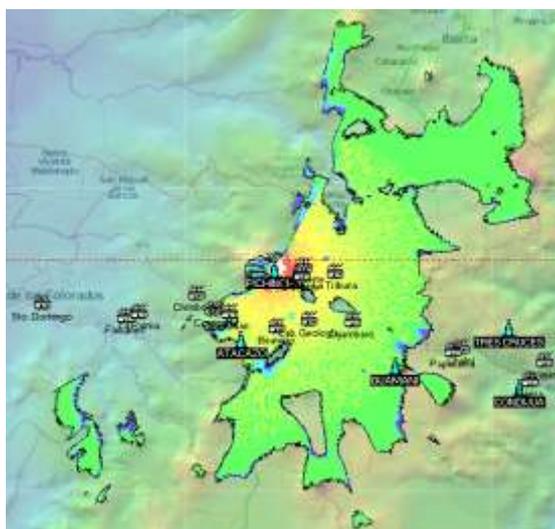


Figura 3.22 Área de Cobertura de la Repetidora Pichincha

Al realizar un acercamiento al área de cobertura se puede apreciar de mejor manera las estaciones que se encuentran dentro de la cobertura de la repetidora Pichincha.

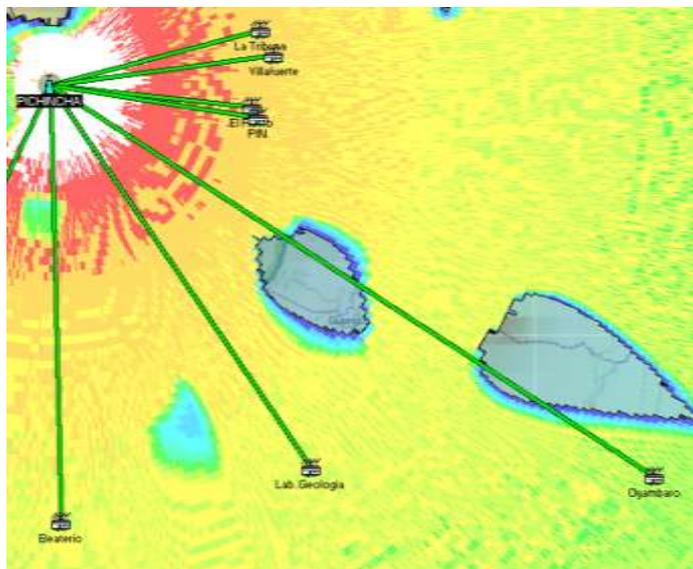


Figura 3.23 Repetidora Pichincha y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura

#### 3.4.5.2.1.4 Guamaní

La repetidora Guamaní es utilizada para dar cobertura, a las estaciones de Papallacta, Chalpi y a la carretera hacia el oriente, todos estos puntos se encuentran a 70°, por lo que se va a utilizar una antena con mayor direccionalidad, como es la antena Yagui modelo DB499-A marca Andrew.

Los datos para el cálculo de radio de cobertura de la repetidora Guamaní son:

$P_{TX}$ =	100	W
$G_{TX}$ =	12,1	dBi
$L_{TX}$ =	25	m
$\Delta_{TX}$ =	0,0363	dB/m
$F$ =	0,806	GHz
$A$ =	4	
$B$ =	1	
$R$ =	0,999	
$P_{TX}$ =	20	dB
$P_{RAD}$ =	31,1925	dB

Tabla 3.28 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Guamaní

Distancia (Km)	$\epsilon_0$ (dB $\mu$ V/m)	MF (dB)	$\epsilon$ (dB $\mu$ V/m)
5	91,98431	-6,16544	91,98431
10	85,96371	2,86546	83,09825
15	82,44188	8,14820	74,29368
20	79,94311	11,89636	68,04675
25	78,00491	14,80366	63,20125
30	76,42128	17,17910	59,24218
35	75,08235	19,18750	55,89484
40	73,92251	20,92726	52,99525
45	72,89946	22,46184	50,43762
50	71,98431	23,83456	48,14975
55	71,15646	25,07634	46,08011
60	70,40068	26,21000	44,19068
65	69,70544	27,25286	42,45258
70	69,06175	28,21840	40,84335
75	68,46248	29,11730	39,34518
80	67,90191	29,95816	37,94375

Tabla 3.29 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Guamaní

Como se puede observar el radio de cobertura máximo es de 75Km.

0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
25,60	26,86	28,29	37,18	15,89	1,90	2,33	2,36	34,37	27,98	38,71	10,00

Tabla 3.30 Distancias en Km para  $\epsilon=38,5 \text{ dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$

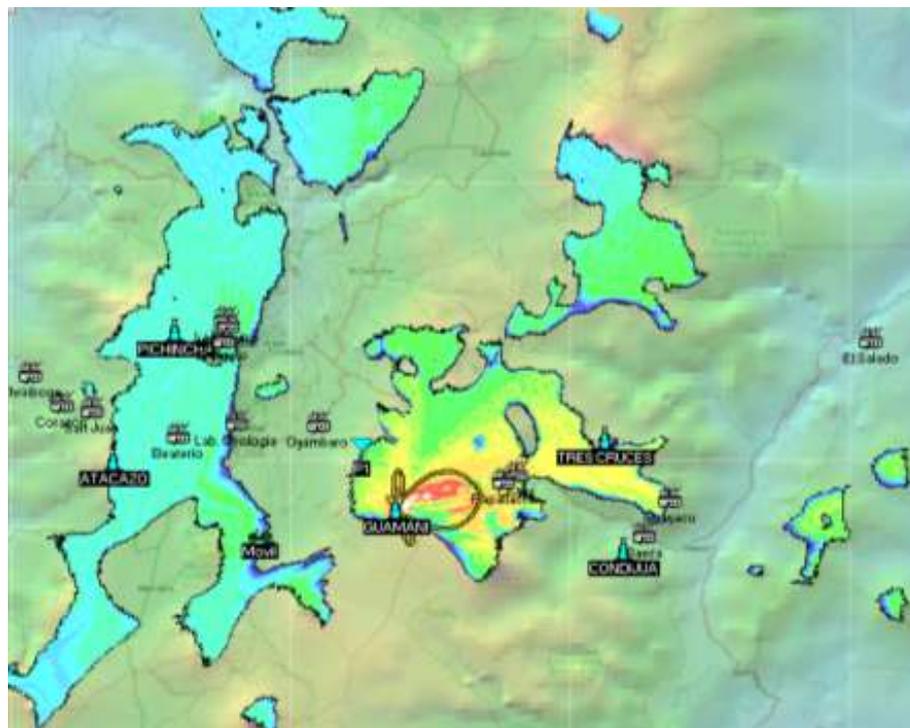


Figura 3.24 Área de Cobertura de la Repetidora Guamaní

Al realizar un acercamiento al área de cobertura se puede apreciar de mejor manera que las estaciones de Papallacta y Chalpi se encuentran con una

intensidad de campo eléctrico de  $64 \text{ dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$ , también se aprecia la direccionalidad de la antena.

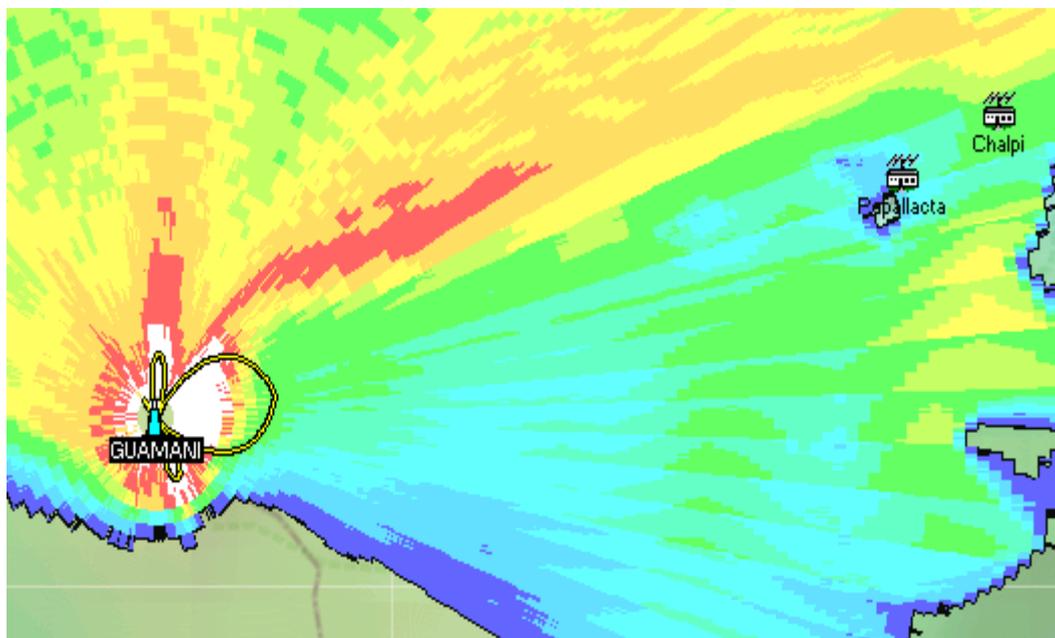


Figura 3.25 Repetidora Guamaní y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura

### 3.4.5.2.1.5 Condijsua

La repetidora Condijsua es utilizada para dar cobertura, a las estaciones de Baeza, Osayacu y parte de la carretera hacia el oriente, estos puntos se encuentran a  $70^\circ$ , por lo que se va a utilizar una antena con mayor direccionalidad, como es la antena Yagui modelo DB499-A marca Andrew.

Los datos para el cálculo de radio de cobertura de la repetidora Condijsua son:

$P_{TX}$ =	100	W
$G_{TX}$ =	12,1	dBi
$L_{TX}$ =	42	m
$\Delta_{TX}$ =	0,0363	dB/m
$F$ =	0,806	GHz
$A$ =	2	
$B$ =	0,5	
$R$ =	0,999	
$P_{TX}$ =	20	dB
$P_{RAD}$ =	30,5754	dB

Tabla 3.31 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Condijsua

Distancia (Km)	$\epsilon_0$ (dB $\mu$ V/m)	MF (dB)	$\epsilon$ (dB $\mu$ V/m)
5	91,36721	-12,18604	91,36721
10	85,34661	-3,15514	85,34661
15	81,82478	2,12760	79,69718
20	79,32601	5,87576	73,45025
25	77,38781	8,78306	68,60475
30	75,80418	11,15850	64,64568
35	74,46525	13,16690	61,29834
40	73,30541	14,90666	58,39875
45	72,28236	16,44124	55,84112
50	71,36721	17,81396	53,55325
55	70,53936	19,05574	51,48361
60	69,78358	20,18940	49,59418
65	69,08834	21,23226	47,85608
70	68,44465	22,19780	46,24685
75	67,84538	23,09670	44,74868
80	67,28481	23,93756	43,34725
85	66,75823	24,72743	42,03080
90	66,26176	25,47214	40,78962
95	65,79214	26,17657	39,61557
100	65,34661	26,84486	38,50175
105	64,92282	27,48054	37,44228

Tabla 3.32 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Condijua

Como se puede observar el radio de cobertura máximo es de 100Km.

0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
11,91	8,98	44,17	27,72	22,02	6,48	10,12	8,84	17,64	2,22	14,23	16,51

Tabla 3.33 Distancias en Km para  $\epsilon=38,5 \text{ dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$

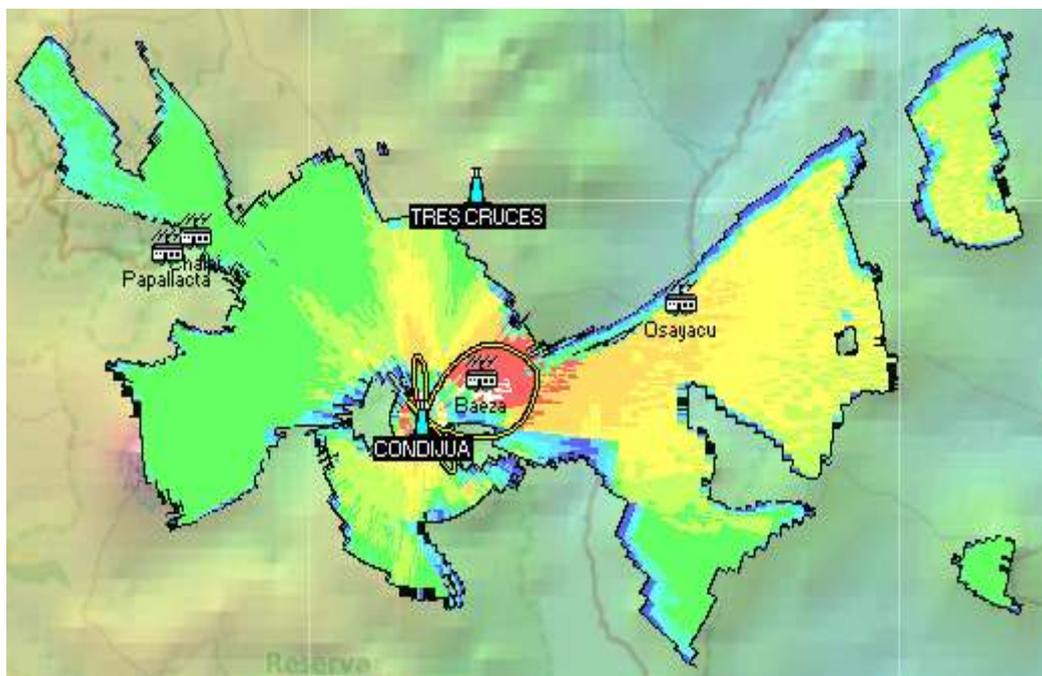


Figura 3.26 Área de Cobertura de la Repetidora Condijua

Al realizar un acercamiento al área de cobertura se puede apreciar de mejor manera que las estaciones de Baeza y Osayacu se encuentran con una intensidad de campo eléctrico de  $79 \text{ dB } \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$ , también se aprecia la direccionalidad de la antena.

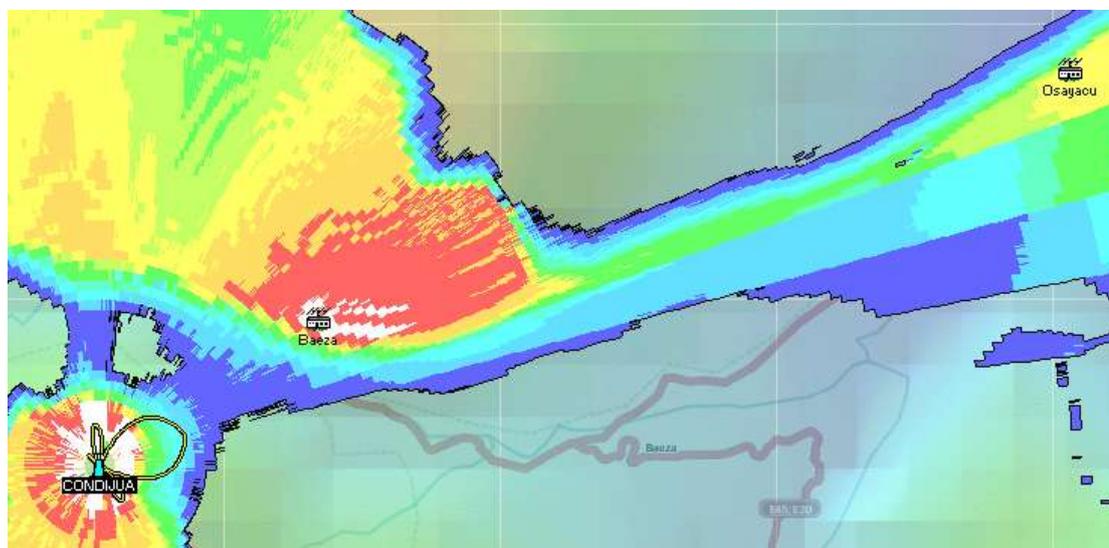


Figura 3.27 Repetidora Condijua y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura

### 3.4.5.2.1.6 Tres Cruces

La repetidora Tres Cruces es utilizada para dar cobertura, a la vía desde Osayacu a Lumbaqui, la cual se encuentra a  $90^\circ$ , por lo que se va a utilizar una antena con mayor direccionalidad, como es la antena Yagui modelo DB499-A marca Andrew.

Los datos para el cálculo de radio de cobertura de la repetidora Tres Cruces son:

$P_{TX}$	100	W
$G_{TX}$	12,1	dBi
$L_{TX}$	36	m
$\Delta_{TX}$	0,0363	dB/m
$F$	0,806	GHz
$A$	2	
$B$	0,5	
$R$	0,999	
$P_{TX}$	20	dB
$P_{RAD}$	30,7932	dB

Tabla 3.34 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Tres Cruces

Distancia (Km)	$\epsilon_0$ (dB $\mu$ V/m)	MF (dB)	$\epsilon$ (dB $\mu$ V/m)
5	91,58501	-12,18604	91,58501
10	85,56441	-3,15514	85,56441
15	82,04258	2,12760	79,91498
20	79,54381	5,87576	73,66805
25	77,60561	8,78306	68,82255
30	76,02198	11,15850	64,86348
35	74,68305	13,16690	61,51614
40	73,52321	14,90666	58,61655
45	72,50016	16,44124	56,05892
50	71,58501	17,81396	53,77105
55	70,75716	19,05574	51,70141
60	70,00138	20,18940	49,81198
65	69,30614	21,23226	48,07388
70	68,66245	22,19780	46,46465
75	68,06318	23,09670	44,96648
80	67,50261	23,93756	43,56505
85	66,97603	24,72743	42,24860
90	66,47956	25,47214	41,00742
95	66,00994	26,17657	39,83337
100	65,56441	26,84486	38,71955
105	65,14062	27,48054	37,66008

Tabla 3.35 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Tres Cruces

Como se puede observar el radio de cobertura máximo es de 100Km.

0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
41,88	37,19	56,24	35,61	41,25	30,00	27,62	29,27	27,65	38,44	18,90	26,97

Tabla 3.36 Distancias en Km para  $\epsilon=38,5 \text{ dB } \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$

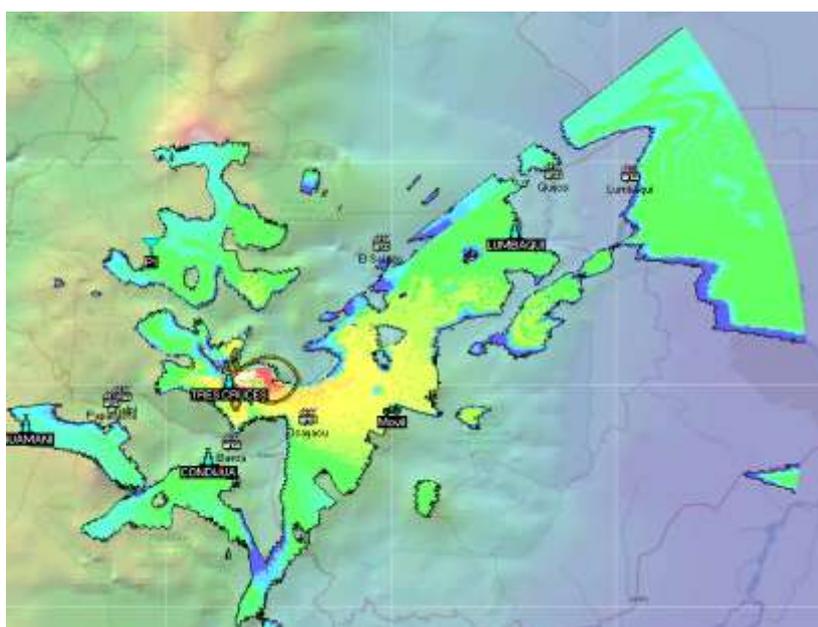


Figura 3.28 Área de Cobertura de la Repetidora Tres Cruces

Al realizar un acercamiento y graficar de manera transparente el área de cobertura se puede apreciar de mejor manera que la carretera entre Osayacu y Lumbaqui se encuentra cubierta con una intensidad de campo eléctrico de  $64 \text{ dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$ .

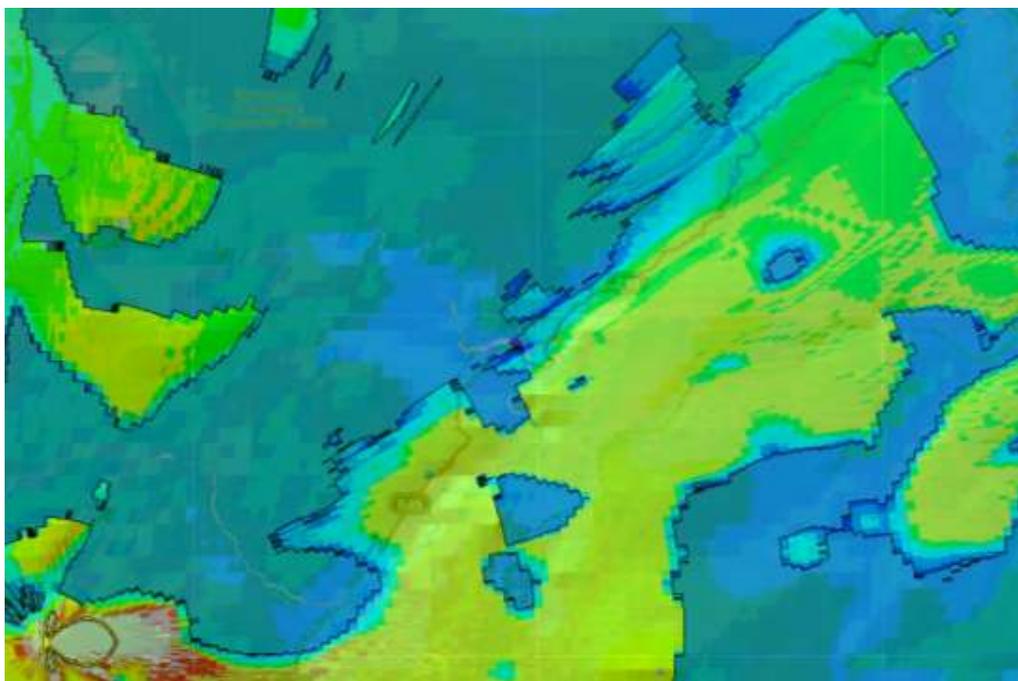


Figura 3.29 Repetidora Tres Cruces y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura

### 3.4.5.2.1.7 Lumbaqui

Los datos para el cálculo de radio de cobertura de la repetidora Lumbaqui son:

$P_{TX}$ =	100	W
$G_{TX}$ =	12,1	dBi
$L_{TX}$ =	42	m
$\Delta_{TX}$ =	0,0363	dB/m
$F$ =	0,806	GHz
$A$ =	2	
$B$ =	0,5	
$R$ =	0,999	
$P_{TX}$ =	20	dB
$P_{RAD}$ =	30,5754	dB

Tabla 3.37 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Lumbaqui

Distancia (Km)	$\epsilon_0$ (dB $\mu$ V/m)	MF (dB)	$\epsilon$ (dB $\mu$ V/m)
5	91,36721	-12,18604	91,36721
10	85,34661	-3,15514	85,34661
15	81,82478	2,12760	79,69718
20	79,32601	5,87576	73,45025
25	77,38781	8,78306	68,60475
30	75,80418	11,15850	64,64568
35	74,46525	13,16690	61,29834
40	73,30541	14,90666	58,39875
45	72,28236	16,44124	55,84112
50	71,36721	17,81396	53,55325
55	70,53936	19,05574	51,48361
60	69,78358	20,18940	49,59418
65	69,08834	21,23226	47,85608
70	68,44465	22,19780	46,24685
75	67,84538	23,09670	44,74868
80	67,28481	23,93756	43,34725
85	66,75823	24,72743	42,03080
90	66,26176	25,47214	40,78962
95	65,79214	26,17657	39,61557
100	65,34661	26,84486	38,50175
105	64,92282	27,48054	37,44228

Tabla 3.38 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Lumbaqui

Como se puede observar el radio de cobertura máximo es de 100Km.

0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
94,98	97	100	99,36	100	100	31,82	31,9	25	45,8	53,4	58,9

Tabla 3.39 Distancias en Km para  $\epsilon=38,5 \frac{\mu V}{m}$

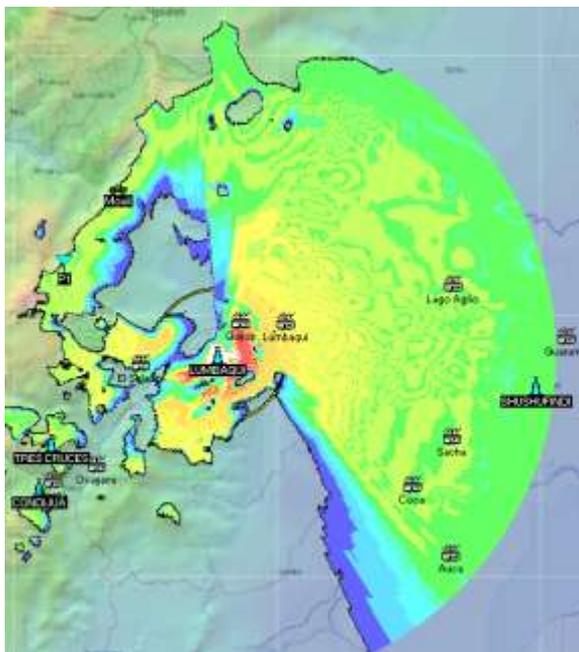


Figura 3.30 Área de Cobertura de la Repetidora Lumbaqui

Al realizar un acercamiento al área de cobertura se puede apreciar de mejor manera las estaciones que se encuentran dentro de la cobertura de la repetidora Lumbaqui.

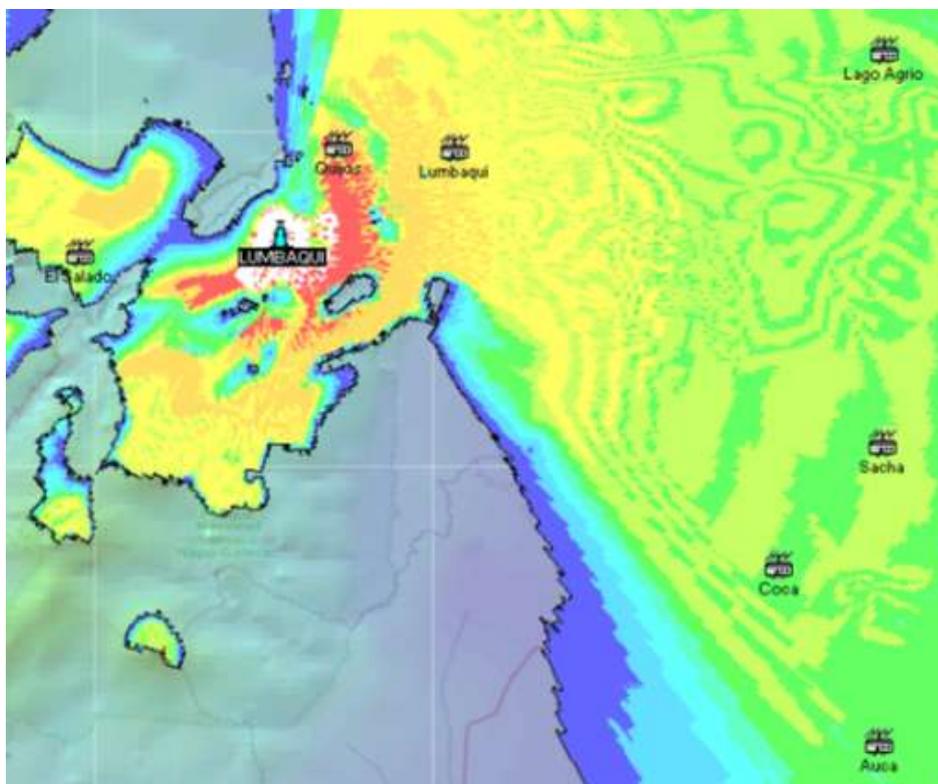


Figura 3.31 Repetidora Lumbaqui y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura

### 3.4.5.2.1.8 Shushufindi

Los datos para el cálculo de radio de cobertura de la repetidora Shushufindi son:

$P_{TX}$ =	100	W
$G_{TX}$ =	12,1	dBi
$L_{TX}$ =	65	m
$\Delta_{TX}$ =	0,0363	dB/m
$F$ =	0,806	GHz
$A$ =	2	
$B$ =	0,5	
$R$ =	0,999	
$P_{TX}$ =	20	dB
$P_{RAD}$ =	29,7405	dB

Tabla 3.40 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Shushufindi

Distancia (Km)	$\epsilon_0$ (dB $\mu$ V/m)	MF (dB)	$\epsilon$ (dB $\mu$ V/m)
5	90,53231	-12,18604	90,53231
10	84,51171	-3,15514	84,51171
15	80,98988	2,12760	78,86228
20	78,49111	5,87576	72,61535
25	76,55291	8,78306	67,76985
30	74,96928	11,15850	63,81078
35	73,63035	13,16690	60,46344
40	72,47051	14,90666	57,56385
45	71,44746	16,44124	55,00622
50	70,53231	17,81396	52,71835
55	69,70446	19,05574	50,64871
60	68,94868	20,18940	48,75928
65	68,25344	21,23226	47,02118
70	67,60975	22,19780	45,41195
75	67,01048	23,09670	43,91378
80	66,44991	23,93756	42,51235
85	65,92333	24,72743	41,19590
90	65,42686	25,47214	39,95472
95	64,95724	26,17657	38,78067
100	64,51171	26,84486	37,66685

Tabla 3.41 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Shushufindi

Como se puede observar el radio de cobertura máximo es de 95Km.

0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
94,24	95	74,95	90,72	79,9	83,8	87,17	85,6	94,45	85,9	95	95

Tabla 3.42 Distancias en Km para  $\epsilon=38,5 \text{ dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$

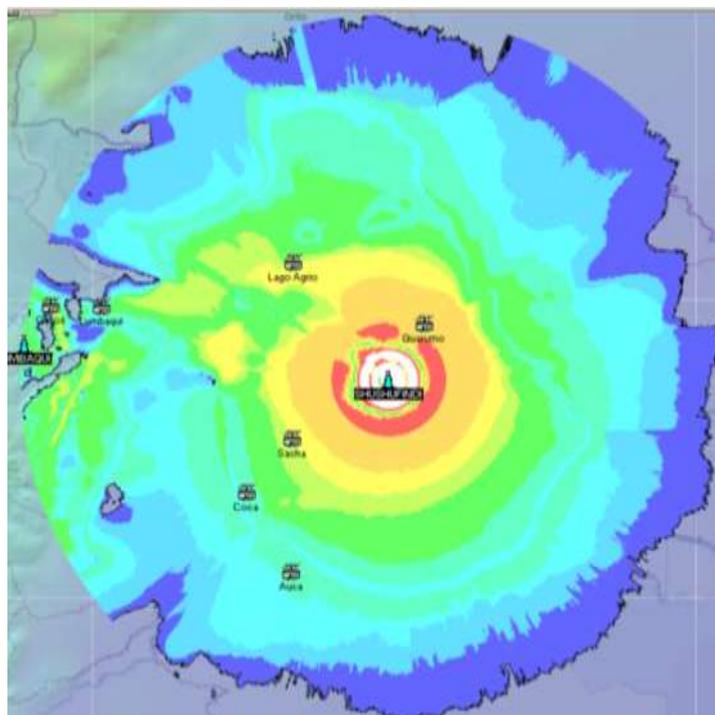


Figura 3.32 Área de Cobertura de la Repetidora Shushufindi

Al realizar un acercamiento al área de cobertura se puede apreciar de mejor manera que, además de dar la cobertura a la estación de Guarumo, también brinda una mejor señal a la estación del Coca y la carretera.

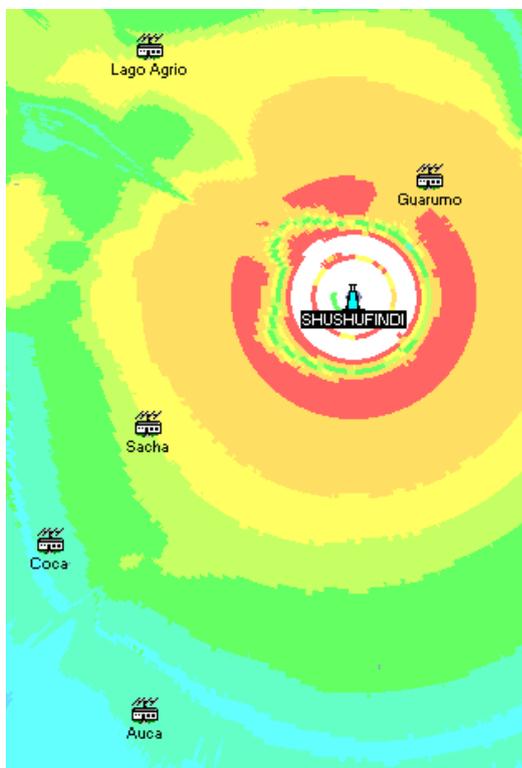


Figura 3.33 Repetidora Shushufindi y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura

### 3.4.5.2.1.9 Pilisurco

Los datos para el cálculo de radio de cobertura de la repetidora Pilisurco son:

$P_{TX}$ =	100	W
$G_{TX}$ =	12,1	dBi
$L_{TX}$ =	42	m
$\Delta_{TX}$ =	0,0363	dB/m
$F$ =	0,806	GHz
$A$ =	1	
$B$ =	0,25	
$R$ =	0,999	
$P_{TX}$ =	20	dB
$P_{RAD}$ =	30,5754	dB

Tabla 3.43 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Pilisurco

Distancia (Km)	$\epsilon_0$ (dB $\mu$ V/m)	MF (dB)	$\epsilon$ (dB $\mu$ V/m)
5	91,36721	-18,20664	91,36721
10	85,34661	-9,17574	85,34661
15	81,82478	-3,89300	81,82478
20	79,32601	-0,14484	79,32601
25	77,38781	2,76246	74,62535
30	75,80418	5,13790	70,66628
35	74,46525	7,14630	67,31894
40	73,30541	8,88606	64,41935
45	72,28236	10,42064	61,86172
50	71,36721	11,79336	59,57385
55	70,53936	13,03514	57,50421
60	69,78358	14,16880	55,61478
65	69,08834	15,21166	53,87668
70	68,44465	16,17720	52,26744
75	67,84538	17,07610	50,76928
80	67,28481	17,91696	49,36785
85	66,75823	18,70683	48,05140
90	66,26176	19,45154	46,81022
95	65,79214	20,15597	45,63617
100	65,34661	20,82426	44,52235
105	64,92282	21,45994	43,46288
110	64,51876	22,06604	42,45271
115	64,13265	22,64520	41,48745
120	63,76299	23,19970	40,56328
125	63,40841	23,73156	39,67685
130	63,06774	24,24256	38,82518
135	62,73993	24,73428	38,00566

Tabla 3.44 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Pilisurco

Como se puede observar el radio de cobertura máximo es de 130Km.

0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
68,93	57,90	40,47	31,89	58,28	51,36	40,29	39,10	29,95	12,18	31,80	32,11

Tabla 3.45 Distancias en Km para  $\epsilon=38,5 \text{ dB } \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$

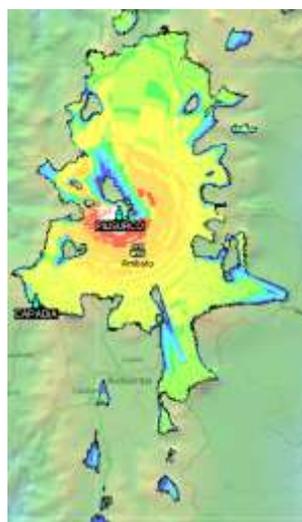


Figura 3.34 Área de Cobertura de la Repetidora Pilisurco

Al realizar un acercamiento al área de cobertura se puede apreciar de mejor manera que cubre toda la ciudad de Ambato y la carretera.

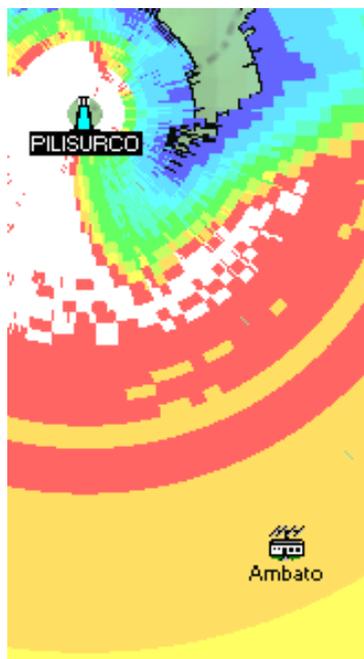


Figura 3.35 Repetidora Pilisurco y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura

### 3.4.5.2.1.10 Cerro Azul

Los datos para el cálculo de radio de cobertura de la repetidora Cerro Azul son:

$P_{TX}$ =	100	W
$G_{TX}$ =	12,1	dBi
$L_{TX}$ =	35	m
$\Delta_{TX}$ =	0,0363	dB/m
$F$ =	0,806	GHz
$A$ =	4	
$B$ =	0,5	
$R$ =	0,999	
$P_{TX}$ =	20	dB
$P_{RAD}$ =	30,8295	dB

Tabla 3.46 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Cerro Azul

Distancia (Km)	$\epsilon_0$ (dB $\mu$ V/m)	MF (dB)	$\epsilon$ (dB $\mu$ V/m)
5	91,62131	-9,17574	91,62131
10	85,60071	-0,14484	85,60071
15	82,07888	5,13790	76,94098
20	79,58011	8,88606	70,69405
25	77,64191	11,79336	65,84855
30	76,05828	14,16880	61,88948
35	74,71935	16,17720	58,54214
40	73,55951	17,91696	55,64255
45	72,53646	19,45154	53,08492
50	71,62131	20,82426	50,79705
55	70,79346	22,06604	48,72741
60	70,03768	23,19970	46,83798
65	69,34244	24,24256	45,09988
70	68,69875	25,20810	43,49065
75	68,09948	26,10700	41,99248
80	67,53891	26,94786	40,59105
<b>85</b>	<b>67,01233</b>	<b>27,73773</b>	<b>39,27460</b>
90	66,51586	28,48244	38,03342

Tabla 3.47 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Cerro Azul

Como se puede observar el radio de cobertura máximo es de 85Km.

0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
85,00	85,00	85,00	85,00	41,82	78,68	68,49	85	61,13	34,85	17,64	52,25

Tabla 3.48 Distancias en Km para  $\epsilon=38,5 \frac{\mu V}{m}$

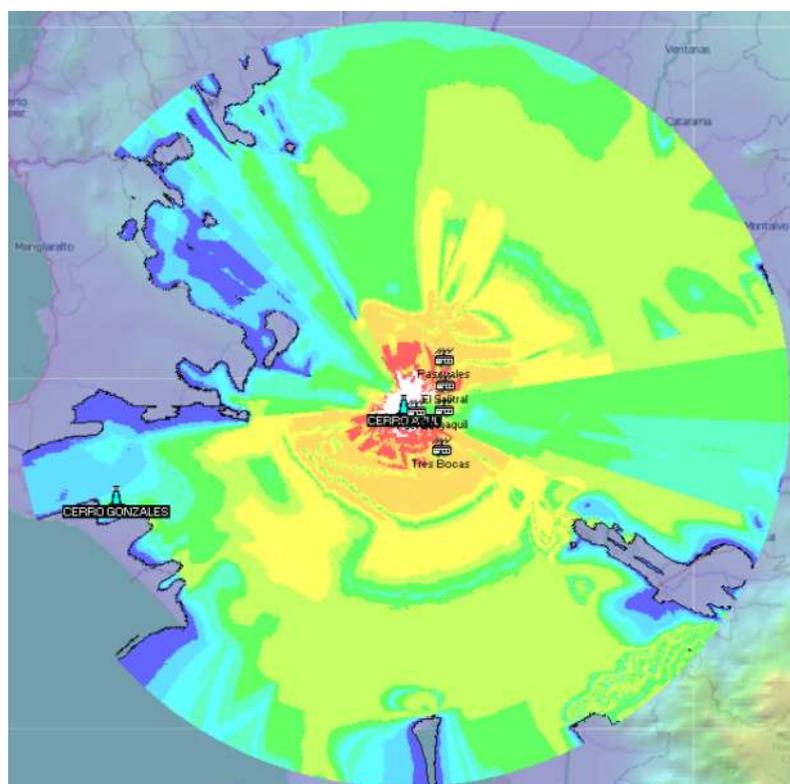


Figura 3.36 Área de Cobertura de la Repetidora Cerro Azul

Al realizar un acercamiento al área de cobertura se puede apreciar de mejor manera que cubre toda la ciudad de Guayaquil y todas las estaciones.

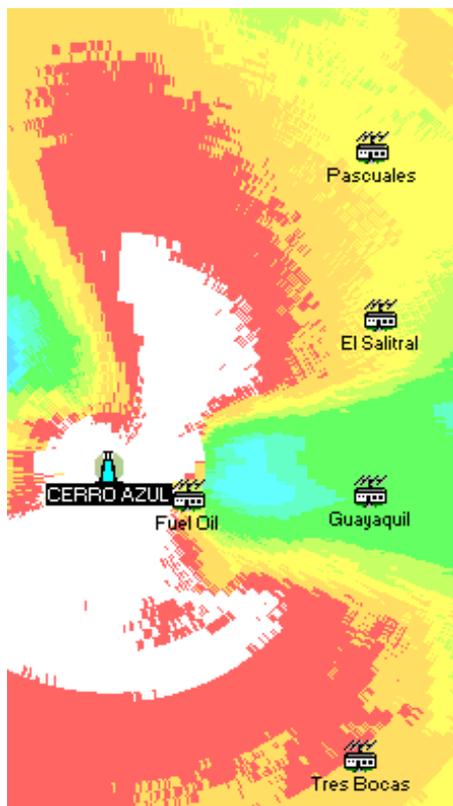


Figura 3.37 Repetidora Cerro Azul y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura

### 3.4.5.2.1.11 Cerro Salango

La repetidora ubicada en el Cerro Salango es utilizada para dar cobertura, a las estaciones La Libertad, Manta y la vía a la costa.

Los datos para el cálculo de radio de cobertura de la repetidora Cerro Salango son:

$P_{TX}$ =	100	W
$G_{TX}$ =	12,1	dBi
$L_{TX}$ =	36	m
$\Delta_{TX}$ =	0,0363	dB/m
$F$ =	0,806	GHz
$A$ =	4	
$B$ =	1	
$R$ =	0,999	
$P_{TX}$ =	20	dB
$P_{RAD}$ =	30,7932	dB

Tabla 3.49 Datos para el cálculo de Cobertura de la repetidora Cerro Salango

Distancia (Km)	$\epsilon_o$ (dB $\mu$ V/m)	MF (dB)	$\epsilon$ (dB $\mu$ V/m)
5	91,58501	-6,16544	91,58501
10	85,56441	2,86546	82,69895
15	82,04258	8,14820	73,89438
20	79,54381	11,89636	67,64745
25	77,60561	14,80366	62,80195
30	76,02198	17,17910	58,84288
35	74,68305	19,18750	55,49554
40	73,52321	20,92726	52,59595
45	72,50016	22,46184	50,03832
50	71,58501	23,83456	47,75045
55	70,75716	25,07634	45,68081
60	70,00138	26,21000	43,79138
65	69,30614	27,25286	42,05328
70	68,66245	28,21840	40,44405
75	68,06318	29,11730	38,94588
80	67,50261	29,95816	37,54445

Tabla 3.50 Valores de la Intensidad de Campo Eléctrico para la repetidora Cerro Salango

Como se puede observar el radio de cobertura máximo es de 75Km.

0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
58,17	64,86	74,50	74,23	73,65	40,44	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00

Tabla 3.51 Distancias en Km para  $\epsilon=38,5 \text{ dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$

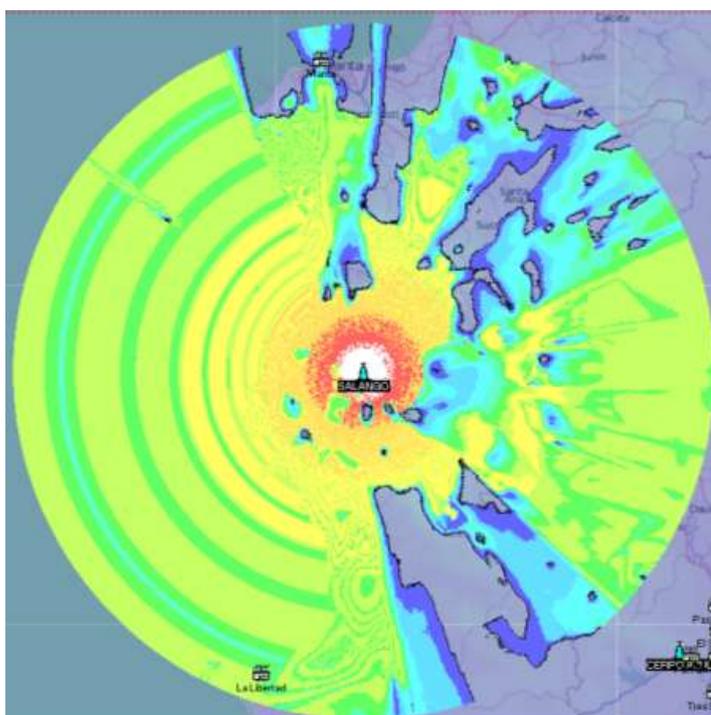
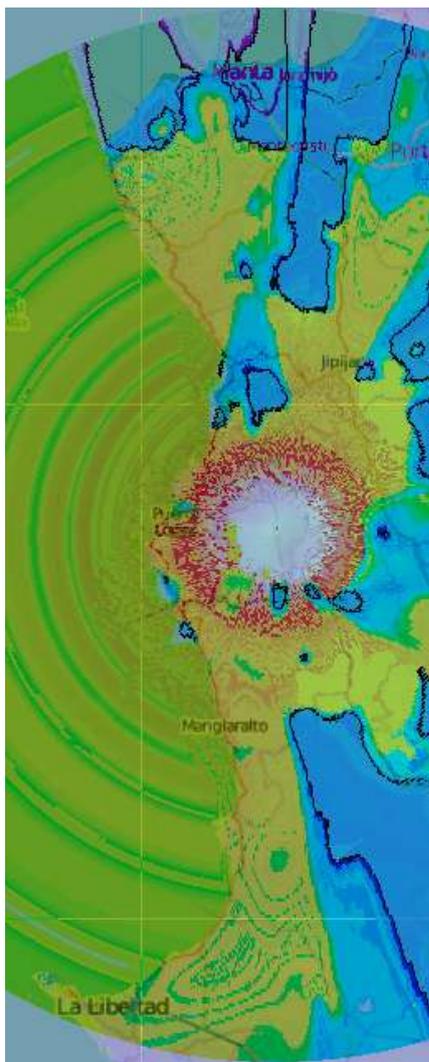


Figura 3.38 Área de Cobertura de la Repetidora Cerro Salango

Al realizar un acercamiento y graficar de manera transparente el área de cobertura se puede apreciar de mejor manera que cubre toda vía a la costa.



**Figura 3.39** Repetidora Cerro Salango y Estaciones que se encuentran dentro de su cobertura

A continuación se observa la cobertura que tendrá el Sistema de Radio Troncalizado de PETROECUADOR y sus Filiales.

En la Figura 3.40 Cobertura del Sistema de Radio Troncalizado de PETROECUADOR y sus Filiales, se observa que todas las estaciones y sus principales vías de acceso se encuentran cubiertas en su totalidad por el sistema.

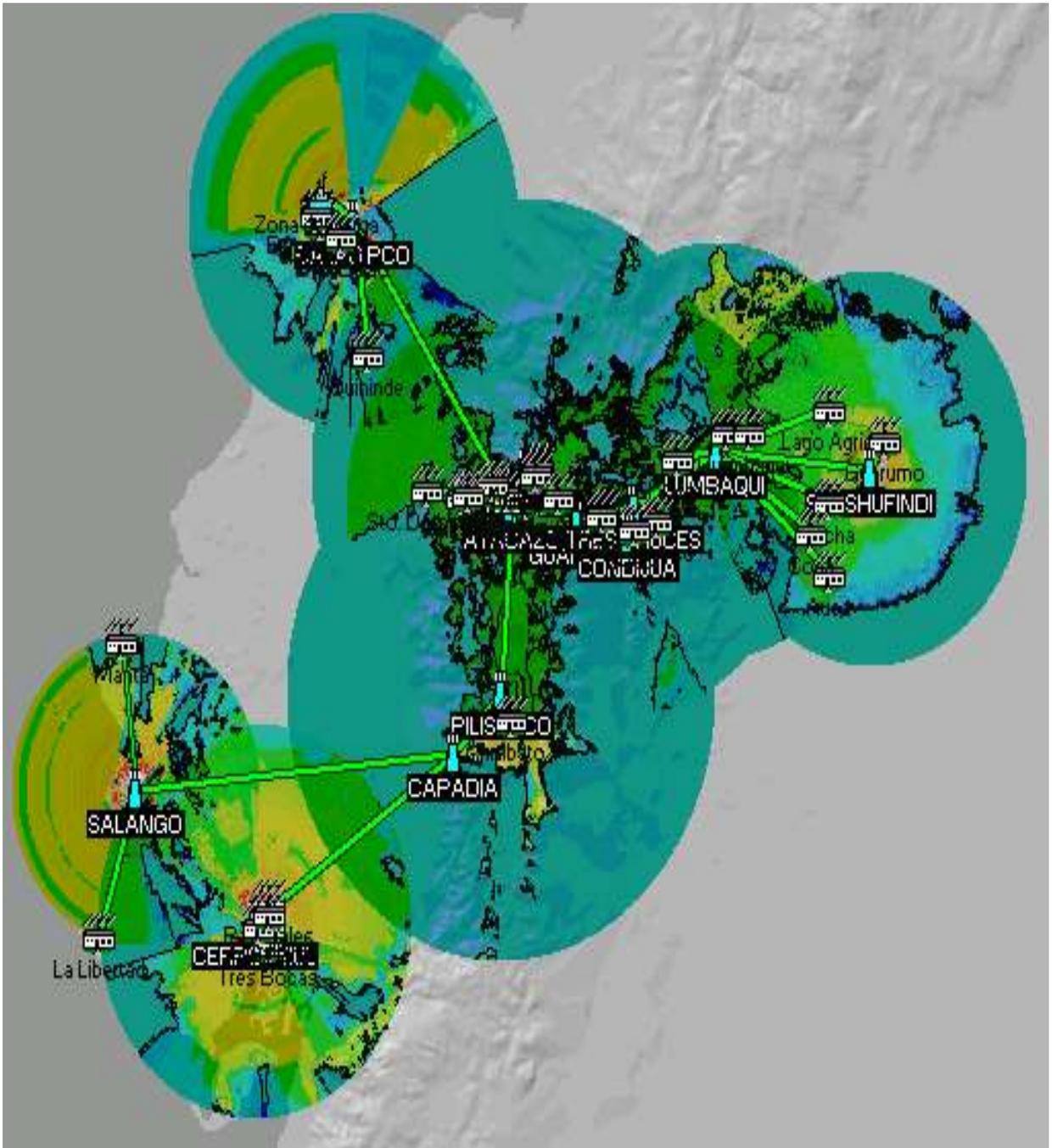


Figura 3.40 Cobertura del Sistema de Radio Troncalizado de PETROECUADOR y sus Filiales

### 3.4.5.2.2 Estaciones

Dentro de las estaciones se encuentran las radios base y los radios portátiles, por lo cual, se va a analizar el nivel de señal de este tipo de radios en ambos sentidos, es decir, que el nivel de recepción no sea menor a la sensibilidad de la repetidora o a la sensibilidad del radio, de esta manera se garantiza la comunicación, la sensibilidad de los equipos se encuentra detallada en la sección 3.4.5.1.2.

Mediante la herramienta Radio Link del programa radio Mobile se puede obtener estos datos de manera más precisa y gráfica, simplemente seleccionando si el elemento del enlace es un radio portátil o un radio base de igual manera se puede cambiar de Rx a Tx como se observa a continuación:



Figura 3.41 Herramienta Radio Link

Los datos obtenidos se encuentran consolidados en la Tabla 3.52 Niveles de Rx de Radios Base y Radios Portátiles

LUGAR	REPETIDORA	RX REP.	RX BASE	RX REP.	RX PORTÁTIL
Quinindé	Balao	-94,5	-89,9	-111,1	-95,8
T.M. Balao	Balao	-52,1	-47,5	-73,1	-57,8
GASPETSA	Balao	-52,8	-48,3	-91,8	-76,6
Marítima	Balao	-54,6	-50,0	-81,9	-66,6
Esmeraldas	Balao	-54,5	-50,0	-79,3	-64,1
Zona de Carga	Balao			-80,6	-65,4
Sto. Domingo	Atacazo	-65,1	-60,5	-80,1	-64,9
Faisanes	Atacazo	-57,1	-52,6	-79,6	-64,4
La Palma	Atacazo	-60,0	-55,4	-73,8	-57,8
Chiriboga	Atacazo	-56,7	-52,2	-73,0	-57,8
Corazón	Atacazo	-48,1	-43,5	-63,8	-48,5
San Juan	Atacazo	-48,0	-43,4	-64,1	-48,9
Beaterio	Pichincha	-54,5	-49,9	-70,1	-54,9
Lab. Geología	Pichincha	-62,2	-57,7	-76,0	-60,8
Oyambaro	Pichincha	-60,5	-56,0	-84,5	-69,3
PIN	Pichincha	-52,7	-48,1	-65,5	-50,3
El Roció	Pichincha	-48,9	-44,3	-64,5	-49,2
Villafuerte	Pichincha	-50,9	-46,3	-72,7	-57,5
La Tribuna	Pichincha	-60,3	-55,7	-75,1	-59,9
Papallacta	Guamaní	-96,9	-92,3	-110,6	-104,4
Chalpi	Guamaní	-76,4	-71,8	-92,7	-77,4
Baeza	Condijua	-43,4	-38,8	-60,3	-45,1
Osayacu	Condijua	-58,6	-54,1	-76,2	-61,0
El Saldo	Lumbaqui	-66,2	-61,6	-82,5	-67,3
Quijos	Lumbaqui	-54,8	-50,3	-65,8	-50,5
Lumbaqui	Lumbaqui	-57,2	-52,6	-77,9	-62,7
Lago Agrio	Lumbaqui	-64,2	-59,6	-89,9	-74,7
Sacha	Lumbaqui	-64,6	-60,0	-83,9	-68,6
Coca	Lumbaqui	-64,6	-60,0	-83,0	-67,7
Auca	Lumbaqui	-66,1	-61,6	-88,8	-73,6
Guarumo	Shushufindi	-61,6	-57,1	-86,4	-71,2
Ambato	Pilisurco	-50,5	-46,0	-65,8	-50,5
Fuel Oil	C. Azul	-51,4	-46,9	-71,0	-55,8
Pascuales	C. Azul	-49,9	-45,4	-83,6	-68,4
El Salitral	C. Azul	-48,9	-44,3	-85,1	-69,8
Guayaquil	C. Azul	-72,2	-67,6	-89,9	-74,7
Tres Bocas	C. Azul	-50,0	-45,4	-74,7	-59,4
La Libertad	C. Salango	-64,2	-59,7	-88,8	-73,6
Manta	C. Salango	-93,6	-89,1	-100,8	-95,6

Tabla 3.52 Niveles de Rx de Radios Base y Radios Portátiles

Como se puede apreciar ningún equipo sobrepasa el valor umbral de Rx, por lo tanto se encuentran dentro de cobertura y la comunicación es viable en ambos sentidos.

### 3.4.5.2.3 Móviles

De manera similar a los datos obtenidos con los radios base y portátiles, se obtiene la Tabla 3.53 Niveles de Rx de Radios Móviles y distancia a la Repetidora indicada, con la diferencia que estos radios fueron ubicados en ciudades o carreteras con la finalidad de verificar la cobertura en la principales vías que conducen a cada una de las estaciones.

LUGAR	REPETIDORA	RX REPETIDORA	RX MÓVIL	DISTANCIA
<b>Concordia</b>	Balao	-106,7	-102,1	98,14
<b>P. V. Maldonado</b>	Balao	-99,6	-95,1	102,67
<b>Los Bancos</b>	Balao	-74,5	-69,9	109,82
<b>Saquisilí</b>	Atacazo	-62,9	-58,4	55,21
<b>San Jacinto</b>	Atacazo	-104,1	-99,6	115,64
<b>Balsar</b>	Atacazo	-92,4	-87,8	171,14
<b>Pifo</b>	Pichincha	-69,4	-64,9	22,27
<b>Cayambe</b>	Pichincha	-69,2	-64,7	50,86
<b>Otavalo</b>	Pichincha	-92,3	-87,7	48,95
<b>Cuyuja</b>	Guamaní	-109,6	-117,9	22,15
<b>El Chaco</b>	Guamaní	-111,8	-107,3	23,31
<b>Antisana</b>	Guamaní	-92,8	-88,2	11,97
<b>Vía al Tena</b>	Condijua	-117,1	-115,6	25,86
<b>P. N. Napo- Sumaco</b>	Condijua	-57,4	-52,8	25
<b>Vía a Lumbaqui</b>	Tres Cruces	-70,4	-69,9	60
<b>Loreto</b>	Lumbaqui	-104,6	-102,6	65,92
<b>R. San Miguel</b>	Lumbaqui	-62,4	-57,8	57,81
<b>R. Napo</b>	Lumbaqui	-75,2	-70,6	100,31
<b>Vía a la Frontera</b>	Shushufindi	-90,4	-90,4	89,59
<b>Yasuni</b>	Shushufindi	-117,0	-114,6	81,75
<b>Guano</b>	Pilisorco	-110,9	-106,3	47,18
<b>Cajabamba</b>	Pilisorco	-114,9	-110,4	63,17
<b>Riobamba</b>	Pilisorco	-100,6	-96,8	58,5
<b>Ventanas</b>	C. Azul	-85,6	-81,0	98,56
<b>Guaranda</b>	C. Azul	-72,8	-68,2	128,86
<b>La Troncal</b>	C. Azul	-84,3	-88,9	81,3
<b>Pto. López</b>	C. Salango	-87,6	-83,1	80,81
<b>Pedro Carbo</b>	C. Salango	-11,5	-107,7	71,58
<b>Posorja</b>	C. Salango	-114,4	-109,8	55,19

Tabla 3.53 Niveles de Rx de Radios Móviles y distancia a la Repetidora indicada

Como se puede observar inclusive en los lugares más lejanos no se pierde comunicación en ambos sentidos.

### 3.4.6 Grupo de Usuarios

#### 3.4.6.1.1 Descripción

El número total de usuarios entre radios portátiles, móviles y base del sistema de radio actual de PETROECUADOR y sus filiales se encuentra detallado en la siguiente tabla:

<b>PCO-DN</b>	383
<b>PCO-DS</b>	345
<b>SOTE</b>	403
<b>PIN</b>	58
<b>PPR</b>	573
<b>TOTAL</b>	<b>1762</b>

**Tabla 3.54** Número de Usuarios de cada Filial

Para estimar el número de usuarios mínimo que el Sistema de Radio Troncalizado necesita soportar se sobredimensionara solo con un 13%, ya que no se ha conocido nuevas contrataciones sino por lo contrario, al unificar las filiales en una sola empresa se va a recortar el personal, cabe recalcar que el personal de operaciones que es el que tiene mayor necesidad del sistema es el necesario y difícilmente la empresa dispondría de ellos por lo que el número total de radios que soportará el sistema es de 2000 usuarios distribuidos alrededor de todo el país.

Este número de usuarios debe ser organizado por grupos los cuales cumplan funciones específicas independientes de su situación geográfica. Un canal será asignado a cada grupo, también existirán canales de uso común para ciertos grupos y un canal general al cual podrán acceder las autoridades para realizar comunicados generales a todos los usuarios

#### 3.4.6.1.2 División por Grupos

La división de los grupos se los va a realizar en base a la estructura orgánica de la empresa para de esa manera realizar la división de los niveles de prioridad y privacidad del sistema.

Se recalca que no todos los empleados del sistema PETROECUADOR tendrán equipos terminales, ya que muchos no lo necesitan por las funciones

que realizan dentro de la empresa, de esta manera se les entregara radios solo al personal que necesita desplazarse a través de las diferentes estaciones, al que se encargue de la seguridad física, a jefes de áreas técnicas y personal operativo encargado del mantenimiento del Sistema, de igual manera se les entregará equipos terminales a las máximas autoridades, para garantizar la privacidad de la comunicaciones y evitar que información confidencial sea interceptada como puede ocurrir en el caso de comunicación telefónica fija o móvil.

Como ya se analizó en el primer capítulo del presente proyecto, el Sistema Troncalizado ASTRO@25 permite tener 10 niveles de prioridad de llamadas, donde el nivel de prioridad 1 es la prioridad asignable más alta mientras la prioridad de nivel 10 es la prioridad puesta por defecto. A continuación se presenta los niveles conformados, los grupos que se encuentran dentro de los mismos y una breve descripción de los mismos.

#### **3.4.6.1.2.1 Nivel 1**

Las llamadas de nivel de prioridad 1 son las de más alta prioridad y son reservadas para llamadas de emergencia, para este tipo nivel no se puede asignar otro tipo de llamadas.

#### **3.4.6.1.2.2 Nivel 2**

Este nivel va a estar conformado por las máximas autoridades como:

- *Presidente Ejecutivo de PETROECUADOR*
- *Consejo de Administración*
- *Vicepresidente de Gestión Empresarial*
- *Vicepresidente de PETROPRODUCCIÓN*
- *Vicepresidente de PETROINDUSTRIAL*
- *Vicepresidente de PETROCOMERCIAL*
- *Vicepresidente de la VAS<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> VAS: Vicepresidencia Corporativa de Ambiental, Responsabilidad Social, Seguridad y Salud

### **3.4.6.1.2.3 Nivel 3**

Este nivel se encuentra conformado por las diferentes gerencias de las filiales como:

- *Gerencia de Exploración y Desarrollo*
- *Gerencia de Operaciones*
- *Gerencia de Abastecimientos y Contratos*
- *Gerencia de Finanzas*
- *Gerencia de Administrativa*
- *Gerencia de Proyectos*
- *Gerencia de Operaciones*
- *Gerencia de Gestión Ambiental y Seguridad Industrial*
- *Gerencia de Comercialización Nacional*
- *Gerencia de Comercio Internacional*
- *Gerencia de Desarrollo Organizacional*

### **3.4.6.1.2.4 Nivel 4**

En este nivel se encuentran las principales unidades y jefaturas de áreas técnicas que manejan información confidencial.

- *Unidad Legal*
- *Tecnologías de la Información y Comunicaciones*
- *Control de Gestión*
- *Jefes de Estaciones*
- *Superintendentes de Poliductos*

### **3.4.6.1.2.5 Nivel 5**

Este nivel se encuentra formado por todo el personal encargado de la Seguridad Física de las estaciones y oficinas administrativas, ya que al ser encargados de la seguridad de todas las instalaciones necesitan comunicación clara y sobre todo interceptable.

#### **3.4.6.1.2.6 Nivel 6**

En este nivel se encuentran el personal técnico de la empresa, el personal operativo, ya sean en el área de poliductos, mantenimiento mecánico, mantenimiento de línea, mantenimiento de comunicaciones, de refinerías, de bombeo, de exploración y explotación

#### **3.4.6.1.2.7 Nivel 7**

En este nivel se encuentra el personal de supervisión de cuadrillas del Cuerpo de Ingenieros del Ejército y transportistas ya sea de camiones correos o tanqueros, para de cierta manera dar una mayor seguridad a su trabajo ya que al encontrarse continuamente en las vías es necesario mantenerlos comunicados

#### **3.4.6.1.2.8 Nivel 8, 9 y 10**

Los niveles 8, 9 y 10 se los va a dejar libres para dar dinamismo a la asignación de los grupos en cada nivel, es necesario tener en cuenta que estos niveles de prioridad son fácilmente manipulables mediante software obteniendo rápidamente una redistribución de la asignación de niveles si fuese necesario.

### **3.4.7 Descripción de los Elementos de la Red**

Para describir los elementos de la red, en cuanto a la configuración de hardware y software, en los Sitios de Repetición y Sitio Mater se trabajará con toda la estructura de estándar del Sistema Troncalizado ASTRO@25 de Motorola, estudiado en la sección 1.3.6.7 en el capítulo I del presente proyecto y los equipos estudiados en la sección 3.3.

#### **3.4.7.1 Sitio Master**

En el Sitio Master se consolida las aplicaciones de administración de red y del controlador de zona en un servidor Sun Netra T2000 y emplea una Gateway de paquete de datos para la información en los sistemas integrales de Voz y Datos.

También posee un ruteador consolidado principal, un conmutador de Ethernet, un servidor terminal de 8 puertos y de la compuerta firewall de VPN. Además la compuerta PDG utiliza dos servidores DL360 de HP.

A continuación se describen los equipos necesarios en el Sitio Master

SITIO MASTER			
#	Equipo	Marca	Descripción
1	Sitio Master ARC 4000	Motorola	Equipo Completo para Sitio Master ASTRO 25
1	Servidor Referencial de Tiempo de red TRACK 9100	Motorola	Unidad de tiempo de referencia basada en un GPS
1	Servidor de Señalización Adjunto CT	Pentium	Provee un enlace de control de llamada entre el controlador de zona y el PBX
1	PBX Avaya		Para atender un grupo de líneas telefónicas CO, de la PSTN
1	Cancelador de Eco		Para eliminar un posible eco y mejorar la calidad de voz

**Tabla 3.55** Equipos necesarios en el Sitio Master

### 3.4.7.2 Sitios de Repetición

El Sistema de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y sus Filiales posee 11 Sitios de Repetición para alcanzar a dar la cobertura necesaria detallada en la sección 3.4.5.2.1, a continuación se detallan los equipos necesarios en cada Sitio de Repetición.

SITIO DE REPETICION			
#	Equipo	Marca	Descripción
1	Estación Base GRT 8000	Motorola	Equipo Completo para Sitio de Repetición.
1	Switch Ethernet Procurve 2524	HP	Provee puertos 10/100 Base-T LAN
1	Ruteador de Sitio Remoto S2500	Motorola	Provee un interface WAN, para el tráfico de datos al controlador de zona

**Tabla 3.56** Equipos necesarios en el Sitio de Repetición

### **3.4.8 Diagrama de la Red de Radio Troncalizado De PETROECUADOR y sus Filiales**

El diagrama se lo encuentra en el ANEXO D: DIAGRAMA DE LA RED DE RADIO TRONCALIZADO DE PETROECUADOR Y SUS FILIALES, en donde se encuentra detallado las características técnicas de cada sitio de repetición.

### **3.4.9 Infraestructura de la Red**

El Sitio Master, el Despachador Remoto y los Sitios de Repetición, se los ha ubicado en lugares donde PETROECUADOR, ya posee una infraestructura física, de esta forma se quiere aprovechar todos los recursos que actualmente se dispone, para poder dar una solución económica basada en el rehúso de recursos, lo cual representa un ahorro de dinero a la hora de implementar una nueva red. Todos los sitios considerados en el diseño poseen las siguientes características:

- *Vía de acceso, lo cual facilita los trabajos de transporte, instalación y mantenimiento de equipo.*
- *Lugar propio de PETROECUADOR, por lo cual no se tiene que pagar alquiler del terreno.*
- *Infraestructura de comunicación, con la cual se ha venido trabajando desde ya hace varios años.*
- *Acometida de energía eléctrica por parte de la empresa suministradora, lo cual facilita la puesta a funcionamiento de los diferentes equipos de comunicación.*
- *Respaldo de energía con banco de baterías, para evitar cortes en la comunicación ocasionados por problemas eléctricos.*
- *Los terrenos de cada lugar son firmes y presentan una buena conductividad para puestas de tierra, de manera que el equipo puede ser protegido con todas las seguridades estandarizadas.*

### 3.5 REFERENCIAS

➤ *Tesis*

[3.1] Andrade Geovany y Valle Edwin, Estudio y Diseño de un Sistema de Comunicación Digital de Voz con Tecnología Trunking para los Poliductos de PETROCOMERCIAL Regional Norte, EPN, 2008.

[3.2] Díaz Aída y Ibarra Juan, Estudio Técnico de Factibilidad y Diseño para la Implementación de un Sistema de Radio Troncalizado y su Sistema de Gestión para PETROPRODUCCIÓN, ESPE, 2006.

➤ *Páginas en Internet*

[3.3] Magnitel, <http://www.magnitel.net/pages/5/pr/23.html>

Ultimo acceso: 26-01-2010

Motorola,

[3.4] <http://www.motorola.com/content.jsp?globalObjectId=869-1363>

Ultimo acceso: 26-01-2010

[3.5] [http://www.commgroupp.com/ed/SMARTNET\\_OVERVIEW.pdf](http://www.commgroupp.com/ed/SMARTNET_OVERVIEW.pdf)

Ultimo acceso: 26-01-2010

[3.6] <http://www.maritime2wayradio.com/Motorola%20SmartNet-SmartZone.htm>

Ultimo acceso: 26-01-2010

[3.7] [http://www.motorola.com/staticfiles/Business/Solutions/Business%20Solutions/Location%20Solution/ASTRO%2025%20Location%20Solutions/ Documents/Static%20files/Location\\_Tracking\\_Solutions\\_New.pdf](http://www.motorola.com/staticfiles/Business/Solutions/Business%20Solutions/Location%20Solution/ASTRO%2025%20Location%20Solutions/ Documents/Static%20files/Location_Tracking_Solutions_New.pdf)

Ultimo acceso: 26-01-2010

- [3.8] <http://www.motorola.com/Business/XL-ES/Product+Lines/Red+ASTRO+25>

Ultimo acceso: 27-01-2010

- [3.9] <http://www.vsp.state.va.us/downloads/STARSCONTRACT/Appendix%2005%20-%2002%20-%20ASTRO%2025%20Digital%20Trunking%20Description.pdf>

Ultimo acceso: 27-01-2010

- [3.10] <http://translate.google.com.ec/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.motorola.com/business/v/index.jsp%3Fvgnnextoid%3D3bc7f1e99e226110VgnVCM100008406b00aRCRD%26vgnnextchannel%3D94955289d4126110VgnVCM100008406b00aRCRD&ei=dINrS734C4KVtqe6h4GBBq&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=2&ved=0CA4Q7gEwAQ&prev=/search%3Fq%3DXTS%2B5000%2BPort%25C3%25A1til%26hl%3Des>

Ultimo acceso: 04-02-2010

- [3.11] [http://www.motorola.com/Business/XL-ES/Product+Lines/Red+ASTRO+25/Radios+Moviles/XTL+5000\\_XL-ES](http://www.motorola.com/Business/XL-ES/Product+Lines/Red+ASTRO+25/Radios+Moviles/XTL+5000_XL-ES)

Ultimo acceso: 04-02-2010

- [3.12] [http://www.motorola.com/staticfiles/Business/Products/Cellular%20Networks/Base%20Stations/GTR%208000/ Documents/Static%20Files/R3-11-2034E\\_G-Series\\_Final.pdf?localeId=110](http://www.motorola.com/staticfiles/Business/Products/Cellular%20Networks/Base%20Stations/GTR%208000/ Documents/Static%20Files/R3-11-2034E_G-Series_Final.pdf?localeId=110)

Ultimo acceso: 18-02-2010

- [3.13] [http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/Two-Way+Radios+-+Public+Safety/Digital+Mobile+Radios/XTL+5000\\_US-EN](http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/Two-Way+Radios+-+Public+Safety/Digital+Mobile+Radios/XTL+5000_US-EN)

Ultimo acceso: 18-02-2010

- [3.14] <http://www.ak-prepared.com/almr/pdf/Motorola%20Mobile%20Spec%20Sheet.pdf>

Ultimo acceso: 18-02-2010

[3.15] [http://sysdoc.doors.ch/MOTOROLA/astro\\_spectra\\_plus\\_catsheet.pdf](http://sysdoc.doors.ch/MOTOROLA/astro_spectra_plus_catsheet.pdf)

Ultimo acceso: 19-02-2010

[3.16] <http://www.alaskalandmobileradio.org/pdf/Motorola%20Portables%20Spec%20Sheets.pdf>

Ultimo acceso: 19-02-2010

[3.17] [http://www.motorolanext.com/newsletter\\_july08/pdfs/LS-ARC4000-PS-PR.pdf](http://www.motorolanext.com/newsletter_july08/pdfs/LS-ARC4000-PS-PR.pdf)

Ultimo acceso: 26-02-2010

Virginia State Police,

[3.18] <http://www.vsp.state.va.us/downloads/STARSCContract/Appendix%2005%20-%2035a%20-%20Transportable%20Equipment%20Spec%20Sheet.pdf>

Ultimo acceso: 17-02-2010

[3.19] <http://www.vsp.state.va.us/downloads/STARSCContract/Appendix%2005%20-%2006%20-%20XTS2500%20Portable%20Radio.pdf>

Ultimo acceso: 19-02-2010

EADS,

[3.20] [http://www.eads.com/1024/es/businet/defence/dcs/solutions/pmr/products\\_services/tetra\\_terminals/tetra\\_terminals.html](http://www.eads.com/1024/es/businet/defence/dcs/solutions/pmr/products_services/tetra_terminals/tetra_terminals.html)

Ultimo acceso: 26-01-2010

[3.21] <http://www.eads.com/xml/content/OF00000000400006/2/63/42352632.pdf>

Ultimo acceso: 26-01-2010

RFS,

[3.22] [http://www2.rfsworld.com/RFS\\_Edition3/pdfs/BSA\\_Omni\\_201-204.pdf](http://www2.rfsworld.com/RFS_Edition3/pdfs/BSA_Omni_201-204.pdf)

Ultimo acceso: 19-02-2010

Antennas Systems & Solutions, Inc.

[3.23] [http://www.antenasystems.com/pdfs/base\\_pdf/DB499-A.pdf](http://www.antenasystems.com/pdfs/base_pdf/DB499-A.pdf)

Ultimo acceso: 10-02-2010

Webs Uvigo

[3.24] <http://webs.uvigo.es/servicios/biblioteca/uit/rec/P/R-REC-P.833-6-200702-!!!PDF-S.pdf>

Ultimo acceso: 10-02-2010

[3.25] <http://webs.uvigo.es/servicios/biblioteca/uit/rec/P/R-REC-P.838-3-200503-!!!PDF-S.pdf>

Ultimo acceso: 10-02-2010

[3.26] <http://webs.uvigo.es/servicios/biblioteca/uit/rec/P/R-REC-P.1058-2-199910-!!!PDF-S.pdf>

Ultimo acceso: 10-02-2010

[3.27] <http://webs.uvigo.es/servicios/biblioteca/uit/rec/P/R-REC-P.526-10-200702-!!!PDF-S.pdf>

Ultimo acceso: 10-02-2010

Alprec,

[3.28] <http://www.alprec.cl/data/files/Atenuacion%20de%20Cables%20Coaxiales%20v1.pdf>

Ultimo acceso: 10-02-2010

Personal Telefónica

[3.29] <http://personal.telefonica.terra.es/web/vr/erlang/cerlangb.htm>

Ultimo acceso: 01-03-2010

## 4 ANÁLISIS ECONÓMICO

### 4.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como finalidad determinar la viabilidad del proyecto, para lo cual se analiza la totalidad de los costos del Sistema de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y sus Filiales.

Mediante un análisis numérico se determinará si es conveniente para PETROECUADOR, desde el punto de vista económico, la inversión a realizar para implementar el presente proyecto, para lo cual se analiza indicadores económicos como el TIR<sup>1</sup> y el VAN<sup>2</sup> y se obtendrá una relación Costo/beneficio.

### 4.2 COSTOS DEL SISTEMA

De acuerdo con el diseño realizado en el tercer capítulo del presente proyecto se ha determinado que se debe obtener el costo de los equipos que conformarán la Red con un Sitio Master y once Sitios de Repetición con sus respectivas distribución de canales, además se debe considerar el costo de los radios terminales entre portátiles y móviles.

La empresa Accesorios  Solutions S. A. distribuidora certificada para el Ecuador por la empresa americana Motorola, fue la encargada de realizar la cotización del proyecto, para lo cual, se le facilitó cierta información del diseño de la red, la misma que se encuentra detallada en el ANEXO E: INFORMACIÓN PARA COTIZACIÓN DEL PROYECTO.

---

<sup>1</sup> TIR: Tasa Interna de Retorno

<sup>2</sup> VAN: Valor Actual Neto

### 4.2.1 Sitio Master

Como ya se analizó en el capítulo anterior, en la sección 3.4.7.1, los equipos necesarios para un correcto funcionamiento del Sitio Master y sus costos se encuentran detallados en la siguiente tabla:

CANTIDAD	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	PRECIO U.	PRECIO T.
1	Sitio Master ARC 4000	Sistema de antena - 400 ft 7/8" línea de transmisión coaxial, Antena Omni de 12 dB - Conectores - Perchas, Jumpers - Correas de puesta a tierra, Grips, Transmisor Combinador, Receptor Multicoupler, antena, Sistema de Pararayos, Protector AC, Banco de Canales, ARC 4000, Controladores de Sitio, Routers, Licencia de Sitio, 18 kVA de alimentación ininterrumpida (UPS), Switches Ethernet, Servidor Referencial de Tiempo de red TRACK 9100, Servidor de Señalización Adjunto CT, PBX Avaya, Cancelador de Eco	407112	407112
			SUBTOTAL	407112
			IVA (12%)	48853,44
			<b>TOTAL</b>	<b>455965,44</b>

**Tabla 4.1** Cotización del Sitio Master

### 4.2.2 Sitios de Repetición

Como ya se analizó en el capítulo anterior, en la sección 3.4.7.2, los equipos necesarios para un correcto funcionamiento de los Sitios de Repetición y sus costos se encuentran detallados en la siguiente tabla:

CANTIDAD	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	PRECIO U.	PRECIO T.
1	700/800 MHz Trunking - 5 Canales	Sistema de antena - 400 ft 7/8" línea de transmisión coaxial, Antena Omni de 12 dB - Conectores - Perchas, Jumpers - Correas de puesta a tierra, Grips, Transmisor Combinador, Receptor Multicoupler, antena, Sistema de Pararayos, Protector AC, Banco de Canales, GTR 8000 700/800 Transmisores de Trunking (5), Controladores de Sitio, Routers, Licencia de Sitio, 18 kVA de alimentación ininterrumpida (UPS), Switches Ethernet, GTR Unidades Reemplazo de Campo (FRU)	366981	366981
4	700/800 MHz Trunking - 4 Canales	Sistema de antena - 400 ft 7/8" línea de transmisión coaxial, Antena Omni de 12 dB - Conectores - Perchas, Jumpers - Correas de puesta a tierra, Grips, Transmisor Combinador, Receptor Multicoupler, antena, Sistema de Pararayos, Protector AC, Banco de Canales, GTR 8000 700/800 Transmisores de Trunking (4), Controladores de Sitio, Routers, Licencia de Sitio, 18 kVA de alimentación ininterrumpida (UPS), Switches Ethernet, GTR Unidades Reemplazo de Campo (FRU)	339260	1357040
3	700/800 MHz Trunking - 3 Canales	Sistema de antena - 400 ft 7/8" línea de transmisión coaxial, Antena Omni de 12 dB - Conectores - Perchas, Jumpers - Correas de puesta a tierra, Grips, Transmisor Combinador, Receptor Multicoupler, antena, Sistema de Pararayos, Protector AC, Banco	311539	934617

3	700/800 MHz Trunking - 2 Canales	de Canales, GTR 8000 700/800 Transmisores de Trunking (3), Controladores de Sitio, Routers, Licencia de Sitio, 18 kVA de alimentación ininterrumpida (UPS), Switches Ethernet, GTR Unidades Reemplazo de Campo (FRU) Sistema de antena - 400 ft 7/8" línea de transmisión coaxial, Antena Omni de 12 dB - Conectores - Perchas, Jumpers - Correas de puesta a tierra, Grips, Transmisor Combinador, Receptor Multicoupler, antena, Sistema de Pararayos, Protector AC, Banco de Canales, GTR 8000 700/800 Transmisores de Trunking (2), Controladores de Sitio, Routers, Licencia de Sitio, 18 kVA de alimentación ininterrumpida (UPS), Switches Ethernet, GTR Unidades Reemplazo de Campo (FRU)	283818	851454
<b>SUBTOTAL</b>				3510092
<b>IVA (12%)</b>				421211,04
<b>TOTAL</b>				<b>3931303,04</b>

**Tabla 4.2** Cotización de los Sitios de Repetición

### 4.2.3 Radio Terminales

El número de terminales necesarios para todo el sistema analizados en la sección 3.4.6.1.1 es de 1762, de los cuales el 60% debe ser radios móviles y el otro 40% radios portátiles, esta consideración se la realiza en base al porcentaje de radios que poseen actualmente el sistema VHF de cada una de las filiales.

En los radios móviles hay que considerar que dentro de los sistemas VHF de cada filial existen un 40% de equipos terminales compatibles con la tecnología del Sistema Troncalizado ASTRO®25 de Motorola. En la Tabla 4.3 Número Total de Equipos Terminales se detalla los que se necesitan comprar 354 radios móviles y 704 radios portátiles de los modelos estudiados en la sección 3.3 del tercer capítulo del presente proyecto.

Radios Móviles Compatible	704
Radios Móviles a Comprar	354
Radios Portátiles a Comprar	704
<b>TOTAL</b>	<b>1762</b>

**Tabla 4.3** Número Total de Equipos Terminales

CANTIDAD	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	PRECIO U.	PRECIO T.
354	Radios Móvil Digital ASTRO XTL 5000	Incluye Antena de 5 dB, Micrófono de Mano, Parlante, Consola de Control, Cable de Alimentación, Kit de Montaje de Consola, Cable Remoto de 2 metros, Kit de Programación, Software y Cable de datos	2844	1006776
704	Radio Portátil Digital ASTRO XTS 5000	Incluye Antena, batería de de 900 mA/h, Clip de cinturón, Cargador rápido personal, Kit de Programación, Software y Cable de datos	2620	1844480
			<b>SUBTOTAL</b>	2851256
			<b>IVA (12%)</b>	342150,72
			<b>TOTAL</b>	<b>3193406,72</b>

**Tabla 4.4** Cotización de los Equipos Terminales

### 4.3 COSTO DE INSTALACIÓN

Este rubro puede minimizarse si la instalación es realizada por el personal técnico de cualquiera de las filiales, ya que se encuentran altamente capacitados en sistemas de radios Motorola, conocen todos los Sitios de Repetición y sus vías de acceso debido a la amplia experiencia adquirida con más de 17 años de en la empresa.

### 4.4 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El costo total del proyecto es la suma de todos los rubros analizados en este capítulo, como son el costo de un Sito Master, de once Sitios de Repetición y de 1058 equipos terminales, los mismos que se encuentran detallados en la siguiente tabla.

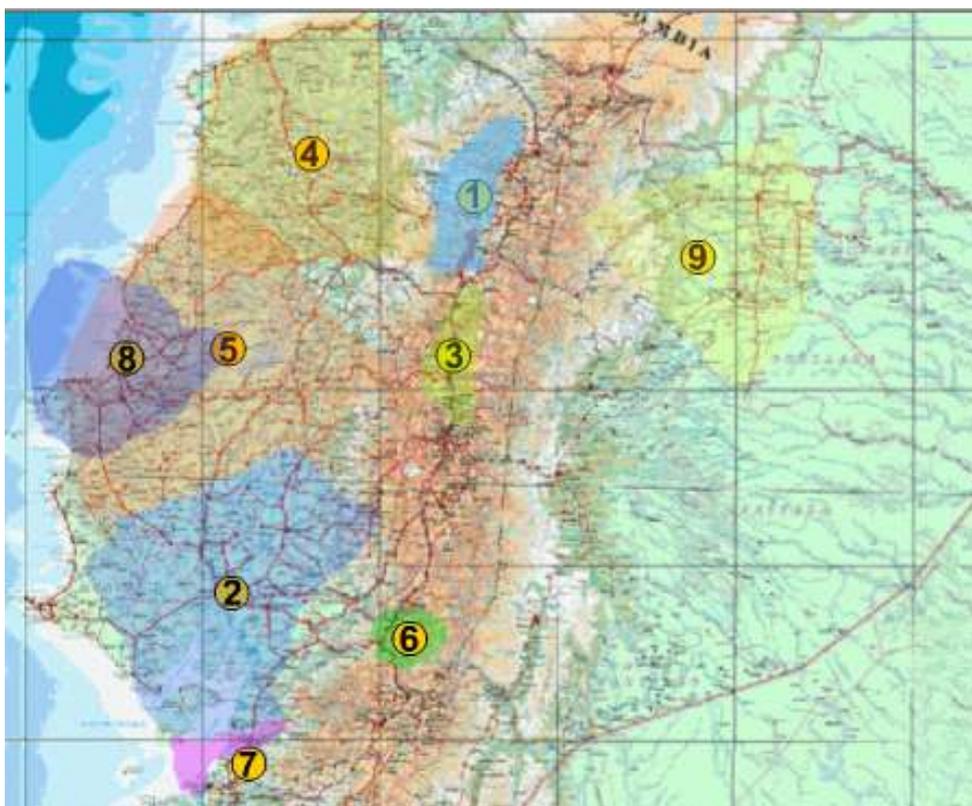
<b>Sitio Master</b>	455965,44
<b>Sitios de Repetición</b>	3931303,04
<b>Equipos Terminales</b>	3193406,72
<b>TOTAL</b>	<b>7580675,2</b>

**Tabla 4.5** Costo Total del Proyecto

Como se puede observar el valor de la inversión necesaria para la implementación de un Sistema de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y sus Filiales, con capacidad para 2000 usuarios, con cobertura total en todas las estaciones y sus vías de acceso es de USD **7'580.675,20**.

## 4.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Para determinar si la implementación del proyecto es conveniente desde el punto de vista económico, es necesario determinar índices económicos como el Valor Actual Neto VAN y la Tasa Interna de Retorno TIR, también se visualizará una grafica costo/beneficio en la cual se comparará la inversión realizada para la implementación del proyecto frente a la suscripción del servicio por parte de la empresa Marconi S.A. Comunicaciones.



**Figura 4.1** Mapa de Cobertura de la Empresa Marconi S.A.

Para obtener el VAN y el TIR, es necesario obtener la Tabla de Flujo de Fondos, en la que se detalla los Ingresos y Egresos que producirá el proyecto a lo largo de un período de tiempo.

Aunque la vida útil de los equipos Motorola sobrepasa los 15 años se tomo como referencia 10 años debido a la rapidez con que la tecnología avanza, haciendo imposible sostener una red durante demasiado tiempo porque se volvería tecnológicamente obsoleta y además luego de mucho tiempo las necesidades de los usuarios cambiarían.

### 4.5.1 Ingresos

Como el proyecto es de uso exclusivo de PETROECUADOR, y no se lo va a utilizar para servicio público, el valor de ingresos no representan una ganancia, sino el valor que se ahorraría la empresa al implementar el sistema y no al alquilar los equipos y activar el servicio con una empresa privada.

En la cotización enviada por la empresa Marconi S.A., proveedora de servicios de Radio Troncalizado en el Ecuador se detalla que el alquiler mensual de los equipos portátiles es de \$73 mientras que el alquiler de los equipos móviles es de \$73,95. El cálculo de valor total por tipo de equipos se lo realizo con la siguiente fórmula:

$$\text{Valor Total} = \text{Valor Anual de cada equipo} * \# \text{ de Equipos}$$

En la siguiente tabla se observa el ingreso anual en equipos:

INGRESOS EQUIPOS				
TIPO	# EQUIPOS	V. MENSUAL C/E	V. ANUAL C/E	V. TOTAL
MÓVIL	1200	73,95	887,4	1064880
PORTÁTIL	800	73	876	700800
<b>INGRESO ANUAL</b>				<b>1765680</b>

Tabla 4.6 Ingreso Anual en Equipos

Mientras que el costo del servicio mensual se encuentra diferenciado por el área geográfica de cobertura, el valor de cada canal interconectado en el sistema es de \$30 y para la interconexión de todo el Sistema es necesario un Back desde Quito a cada Repetidora el cual tiene un costo de \$70. Por lo que el cálculo del valor total por repetidora se lo realizó con la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} V.Total &= \text{Valor anual de la cobertura} * \# \text{Usuarios} + \text{Valor del Back} \\ &+ \text{Valor Mensual del Canal} * \# \text{de Canales} * 12 \text{ mese} \end{aligned}$$

A continuación se detalla el ingreso anual en servicios:

REGIÓN	REPETID.	U	CH	Back	V. M. COB. C/E	V. M. CANAL	V. A. COB. C/E	V. TOTAL
Esmeraldas	Balao	278	4	70	29,5	30	354	99922
Sto. Dom.	Atacazo	140	4	0	20	30	240	35040
Quito	Pichincha	244	4	0	15	30	180	45360
Oriente	Guamaní	48	2	70	35	30	420	20950
Oriente	Condijua	48	2	70	35	30	420	20950
Oriente	T. Cruces	25	2	70	35	30	420	11290
Oriente	Lumbaqui	485	5	70	35	30	420	205570
Oriente	Shushufindi	232	3	70	35	30	420	98590
Ambato	Pilisurco	48	3	70	20	30	240	12670
Guayaquil	C. Azul	290	4	70	29,5	30	354	104170
La Libertad	C. Salango	162	3	70	15	30	180	30310
<b>INGRESO ANUAL</b>								<b>684822</b>

El valor del ingreso total anual, durante cada año de vida útil de los equipos, se lo obtiene al sumar el valor de ingreso anual de equipos y el valor del ingreso anual por el servicio.

**INGRESO TOTAL ANUAL 2450502**

Se observa que el valor de ahorro anual al implementar el Sistema diseñado sería de USD **2'450.502**.

#### 4.5.2 Egresos

El valor de egresos es el valor de la salida del dinero ya sean costos o gastos.

##### 4.5.2.1 Costo de Frecuencia

A la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones le compete la recaudación económica por Derechos de Concesión, Derechos de Autorización y Tarifas por Uso de Frecuencias. Según el "REGLAMENTO DE DERECHOS POR CONCESIÓN Y TARIFAS POR USO DE FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO" expedido por el CONATEL, en el artículo 15 dice "Para el Servicio Móvil (Multiacceso), prestado mediante un Sistema Troncalizado, se aplicará la Ecuación 5 y la tabla correspondiente, considerando un mínimo de 50 Estaciones de Abonado móviles por cada par de frecuencias."

$$T (US \$) = K_a * \alpha_5 * F_d \quad (Ec.5)$$

**Figura 4.2** Ecuación para Calcular la Tarifa Mensual

Donde:

- $T (US\$)$  = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América por Estaciones de Abonado móviles y fijas activadas en el sistema.
- $K_a$  = Factor de ajuste por inflación.
- $\alpha_5$  = Coeficiente de valoración del espectro por Estaciones de Abonado móviles y fijas para el Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso) (De acuerdo a la Tabla 2, Anexo 4).
- $F_d$  = Factor de capacidad (De acuerdo al Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso), refiérase a las Tablas 3 hasta la 9, Anexo 4).

Banda de Frecuencias	30 MHz – 300 MHz	300 MHz – 512 MHz	614 MHz – 960 MHz	1427 MHz – 2690 MHz	2690 MHz – 6 GHz	6 GHz – 20 GHz	20 GHz – 30 GHz
Servicios-sistemas							
Fijo (Punto-Multipunto)	5	5	5	5	5	---	5
Fijo (Punto-Multipunto) MDBA	---	---	1	1	1	---	---
Buscapersonas Unidireccional	1	1	1	---	---	---	---
Buscapersonas Bidireccional	---	---	1	---	---	---	---
Fijo (Punto-Multipunto) WLL	---	---	---	---	1	---	---
Telefonía Móvil Celular	---	---	1	---	---	---	---
Toncalizado de Despacho	---	1	1	---	---	---	---
Servicio Móvil Avanzado	---	---	1	1	---	---	---

**Tabla 2:** Coeficiente de valoración del espectro  $\alpha_5$  por Estaciones de Abonado Móviles y Fijas para el Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso)

**Figura 4.3** Tabla 2 del Anexo 4

Tramo	Factor de capacidad (Fd)
0<N<=500	109
500<N<=1000	218
1000<N<=1500	305
1500<N<=2000	392
2000<N<=2500	479
2500<N<=3000	566
3000<N<=3500	635
3500<N<=4000	705
4000<N<=4500	775
4500<N<=5000	844
5000<N<=6000	983
6000<N<=7000	1095
7000<N<=8000	1206
8000<N<=9000	1318
9000<N<=10000	1407
10000<N<=12500	1621
12500<N<=15000	1799
N>15000	1941

Tabla 6: Servicio Móvil (Sistema Troncalizado)

Figura 4.4 Tabla 6 del Anexo 4

Al remplazar los datos en la fórmula se obtiene que la tarifa mensual es \$392, lo cual se visualiza mejor en la siguiente tabla:

E	50
Ch	36
N	1800
K <sub>a</sub>	1
α <sub>5</sub>	1
Fd	392
<b>T</b>	<b>392</b>

Tabla 4.7 Calculo de la Tarifa Mensual para el Sistema

En el artículo 31, dice “Los Derechos de Concesión para los Servicios y Sistemas contemplados en el presente Reglamento, y que requieran del respectivo título habilitante, a excepción de aquellos que se autoricen mediante Registro, deberán pagar por una sola vez por el tiempo de duración de la concesión, los valores que resulten de aplicar la Ecuación 9.”

$$D_c = T(US\$) * T_c * F_{cf} \quad (\text{Ec. 9})$$

Figura 4.5 Ecuación para el Cálculo del Valor del Derecho de Concesión

Donde:

- $T$  (US\$) = Tarifa mensual por uso de frecuencias.
- $T_c$  = Tiempo de concesión. Valor en meses de la concesión a otorgarse.
- $F_{cf}$  = Factor de concesión de frecuencias (De acuerdo a la Tabla 1, Anexo 7).
- $D_c$  = Derecho de concesión.

Servicio	Factor de Concesión de Frecuencias
Fijo y Móvil – (Bajo 30 MHz)	0.021024
Fijo y Móvil – (Sobre 30 MHz VHF 30-300 MHz)	0.022120
Fijo y Móvil – (Sobre 30 MHz UHF 300-512 MHz)	0.028500
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional VHF 137 – 300 MHz)	0.0070816
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional UHF 300 – 512 MHz)	0.00711968
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional UHF 614 – 960 MHz)	0.00710696
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Bidireccional UHF 614 – 960 MHz)	0.00710696
Fijo y Móvil – (Sistema Troncalizado UHF 400 MHz)	0.49407115
Fijo y Móvil – (Sistema Troncalizado UHF 400 MHz)	0.50403226
Fijo (Enlaces punto-punto $0 < f <= 1$ GHz)	0.054194
Fijo (Enlaces punto-punto $1 < f <= 5$ GHz)	0.0330652
Fijo (Enlaces punto-punto $5 < f <= 10$ GHz)	0.0312929
Fijo (Enlaces punto-punto $10 < f <= 15$ GHz)	0.0295017
Fijo (Enlaces punto-punto $15 < f <= 20$ GHz)	0.0294794
Fijo (Enlaces punto-punto $20 < f <= 25$ GHz)	0.0290454
Fijo (Enlaces punto-punto $f > 25$ GHz)	0.0290191
Fijo y Móvil por Satélite	0.0555096
Fijo (Enlaces punto-multipunto) (Multiacceso)	0.0477714

Tabla 1: Factor de Concesión de Frecuencias para los diferentes Servicios en las diferentes Bandas

Figura 4.6 Tabla 1 del Anexo 7

Al remplazar los datos en la fórmula se obtiene que el valor del Derecho de concesión es \$2370,97 lo cual se visualiza mejor en la siguiente tabla:

DERECHO DE CONCESIÓN	
$T$	392
$T_c$	12
$F_{ef}$	0,50403226
$D_c$	<b>2370,97</b>

Tabla 4.8 Calculo del Derecho de Concesión del Sistema

El valor del costo de la concesión anual se la obtiene al multiplicar la tarifa mensual por los doce meses y sumarle el valor del derecho de concesión.

Tarifa Anual	$D_c$ Anual	Total Anual
4704	2370,97	<b>7074,97</b>

Tabla 4.9 Costo de Frecuencia anual

#### 4.5.2.2 Costo de Servicio

En este caso será el único rubro de egreso del sistema, el valor del costo del servicio, es el rubro anual por la concesión de la frecuencia, sin embargo, siendo pesimistas en el análisis se tomara un valor del 5% de la Amortización Anual<sup>1</sup>, que es muy superior al valor de la concesión de frecuencia anual.

$$\text{Egresos} = 5\% \text{ Amortización} \gg \text{Costo de Frecuencia Anual}$$

#### 4.5.3 Costo de Operación

Es la valorización de todos los recursos empleados o gastos necesarios para la operación en términos normales, en este caso será calculado al sumar la amortización y el costo de Servicio.

$$\text{Costo de Operación} = \text{Amortización} + \text{Costo de Servicio}$$

#### 4.5.4 Utilidad

Es la ganancia obtenida por una empresa en un periodo determinado después de haber pagado impuestos y otros gastos, en este caso la utilidad se la obtiene al restar del valor de ingresos los valores del costo de operación y producción.

$$\text{Utilidad} = \text{Ingresos} - \text{Costo de Operación} - \text{Costo de Servicio}$$

#### 4.5.5 Flujo de Caja

En el flujo de caja se establece las entradas y salidas de efectivo que ha tenido o puede tener una compañía en el futuro, constituye uno de los elementos más importantes del estudio de un proyecto, y determina la realización del proyecto. En este caso este valor va ha ser calculado con la diferencia entre Ingresos y Egresos de cada período.

$$\text{Flujo de Caja} = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$

---

<sup>1</sup> AMORTIZACIÓN ANUAL: Refleja la pérdida de valor de los activos, desde el punto de vista lingüístico la expresión apropiada es depreciación

AÑO	INGRESOS	AMORTIZACIÓN	COSTO SERVICIO	COSTO OPERACIÓN	UTILIDAD	FLUJO DE CAJA
<b>2010</b>						-7580675,2
<b>2011</b>	2450502	758067,52	37903,376	795970,896	1616627,728	2412598,624
<b>2012</b>	2450502	758067,52	37903,376	795970,896	1616627,728	2412598,624
<b>2013</b>	2450502	758067,52	37903,376	795970,896	1616627,728	2412598,624
<b>2014</b>	2450502	758067,52	37903,376	795970,896	1616627,728	2412598,624
<b>2015</b>	2450502	758067,52	37903,376	795970,896	1616627,728	2412598,624
<b>2016</b>	2450502	758067,52	37903,376	795970,896	1616627,728	2412598,624
<b>2017</b>	2450502	758067,52	37903,376	795970,896	1616627,728	2412598,624
<b>2018</b>	2450502	758067,52	37903,376	795970,896	1616627,728	2412598,624
<b>2019</b>	2450502	758067,52	37903,376	795970,896	1616627,728	2412598,624
<b>2020</b>	2450502	758067,52	37903,376	795970,896	1616627,728	2412598,624
<b>TOTAL</b>	<b>24505020</b>	<b>7580675,2</b>	<b>379033,76</b>	<b>7959708,96</b>	<b>16166277,28</b>	<b>24125986,24</b>

Tabla 4.10 Flujo de Caja

#### 4.5.6 Costo/Beneficio

El análisis costo/beneficio consiste en determinar el período de tiempo en el cual la empresa se beneficia en la implementación del proyecto.

AÑO	CONTRATADO	IMPLEMENTADO
<b>2011</b>	2450502	7580675,2
<b>2012</b>	4901004	5964047,5
<b>2013</b>	7351506	4347419,7
<b>2014</b>	9802008	2730792,0
<b>2015</b>	12252510	1114164,3
<b>2016</b>	14703012	-502463,4
<b>2017</b>	17153514	-2119091,2
<b>2018</b>	19604016	-3735718,9
<b>2019</b>	22054518	-5352346,6
<b>2020</b>	24505020	-6968974,4

Tabla 4.11 Comparación Económica de la implementación o contratación del Sistema

En Figura 4.7 Gráfica Costo/Beneficio de la Contratación e Implementación del Sistema, se visualiza que al implementar y entrar en funcionamiento el presente proyecto en el año 2011, la inversión se recuperaría en su totalidad en junio del 2015, es decir en 4 años y medio, dejando de ser un gasto para convertirse en un ingreso. También se observa que al rentar los equipos y suscribirse a una empresa privada durante 2 años y medio equivale al valor de la inversión inicial del proyecto diseñado para 10 años.

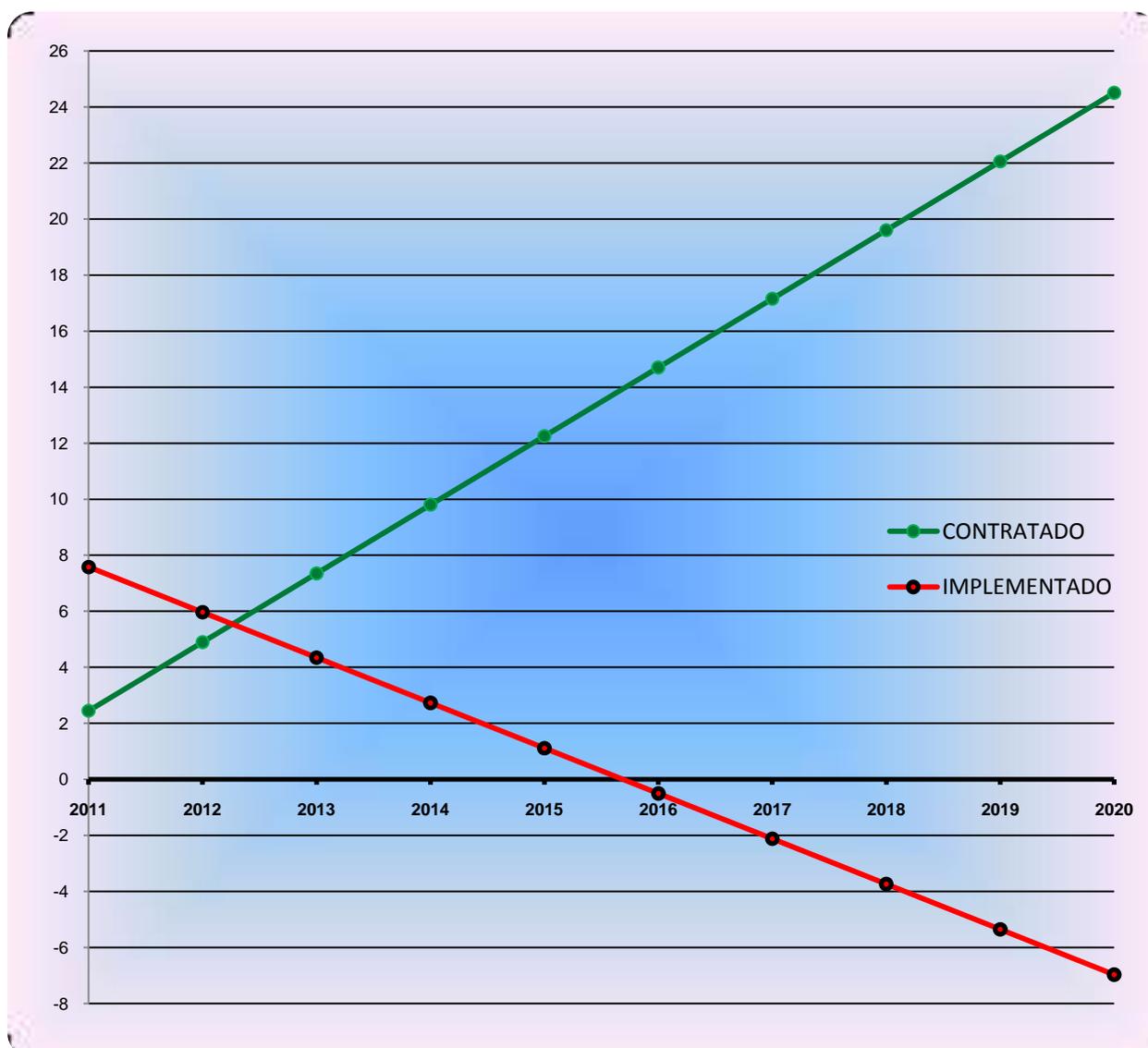


Figura 4.7 Gráfica Costo/Beneficio de la Contratación e Implementación del Sistema

#### 4.5.7 Valor Actual Neto (VAN)

Este valor representa el beneficio actual que una inversión puede generar a la empresa durante un tiempo dado. El valor actual neto es la diferencia entre todos los ingresos y todos los egresos actualizados al período actual. Según el criterio del valor actual neto el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto es positivo.

El cálculo del VAN se lo realizó usando la Función Financiera VNA en Excel cuya sintaxis es la siguiente:

VNA (tasa de descuento; flujo de caja)+ inversión inicial

AÑO	F. DE CAJA
2011	2412598,624
2012	2412598,624
2013	2412598,624
2014	2412598,624
2015	2412598,624
2016	2412598,624
2017	2412598,624
2018	2412598,624
2019	2412598,624
2020	2412598,624
<b>VAN</b>	<b>\$ 7.243.698,94</b>

Tabla 4.12 Cálculo del VAN

#### 4.5.8 Tasa de Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno equivale a la tasa de interés producida por un proyecto de inversión con pagos e ingresos que ocurren en períodos regulares. Esto significa que, se buscará una tasa que iguale la inversión inicial a los flujos netos de operación del proyecto. Es aquella tasa que hace que el valor actual neto sea igual a cero.

Cuando la TIR es mayor que la tasa de interés, el rendimiento que obtendría el inversionista realizando la inversión es mayor que el que obtendría en la mejor inversión alternativa, por lo tanto, conviene realizar la inversión. Si la TIR es menor que la tasa de interés, el proyecto debe rechazarse. Cuando la TIR es igual a la tasa de interés, el inversionista es indiferente entre realizar la inversión o no. La TIR representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero.

- $TIR > i \Rightarrow$  realizar el proyecto
- $TIR < i \Rightarrow$  no realizar el proyecto
- $TIR = i \Rightarrow$  el inversionista es indiferente entre realizar el proyecto o no.

El cálculo del TIR se lo realizó usando la Función Financiera TIR en Excel cuya sintaxis es la siguiente:

TIR (matriz de flujos de caja)

<b>AÑO</b>	<b>F. DE CAJA</b>
2010	-7580675,2
2011	2412598,624
2012	2412598,624
2013	2412598,624
2014	2412598,624
2015	2412598,624
2016	2412598,624
2017	2412598,624
2018	2412598,624
2019	2412598,624
2020	2412598,624
<b>TIR</b>	<b>29%</b>

Tabla 4.13 Cálculo del TIR

Como se observa en los resultados de los indicadores económicos del VAN y del TIR el proyecto es económicamente favorable, ya que el VAN a 10 años indica que a más de que la inversión es cubierta el proyecto se muestra rentable con un valor positivo considerable y la TIR nos da el índice en el que los ingresos serían mayores a los gastos realizados.

Se debe resaltar que debido a que el proyecto se orienta a ser de uso exclusivo de PETROECUADOR y sus Filiales; y no para dar un servicio al público lo que se ha denominado Ingresos no representa una ganancia sino un ahorro en los rubros que se hubiesen tenido que cubrir de no realizarse este proyecto.

## 4.6 REFERENCIAS

➤ *Tesis*

- [4.1] Díaz Aída y Ibarra Juan, Estudio Técnico de Factibilidad y Diseño para la Implementación de un Sistema de Radio Troncalizado y su Sistema de Gestión para PETROPRODUCCIÓN, ESPE, 2006

➤ *Páginas en Internet*

ECONLINK,

- [4.2] <http://www.econlink.com.ar/economia/criterios/tir.shtml>

Ultimo acceso: 16-03-2010

- [4.3] <http://www.econlink.com.ar/economia/criterios/van.shtml>

Ultimo acceso: 16-03-2010

Zona Económica,

- [4.4] <http://www.zonaeconomica.com/excel/van-tir>

Ultimo acceso: 16-03-2010

- [4.5] <http://www.zonaeconomica.com/inversion/metodos>

Ultimo acceso: 16-03-2010

Marconi S.A. Comunicaciones

- [4.6] <http://www.marconi.com.ec/inicio.php?idiom=1>

Ultimo acceso: 17-03-2010

[4.7] <http://www.marconi.com.ec/contenidoflash.php?menu=1&submenu1=19&idiom=1>

Ultimo acceso: 17-03-2010

MiMi.hu Economía

[4.8] <http://es.mimi.hu/economia/utilidad.html>

Ultimo acceso: 17-03-2010

[4.9] [http://es.mimi.hu/economia/flujo\\_de\\_caja.html](http://es.mimi.hu/economia/flujo_de_caja.html)

Ultimo acceso: 17-03-2010

CONATEL

[4.10] [http://www.conatel.gov.ec/site\\_conatel/index.php?option=com\\_content&view=article&id=101%3AReglamento-de-derechos-de-concesion-y-tarifas-por-el-uso-de-frecuencias-del-espectro-radioelectrico&Itemid=104](http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=101%3AReglamento-de-derechos-de-concesion-y-tarifas-por-el-uso-de-frecuencias-del-espectro-radioelectrico&Itemid=104)

Ultimo acceso: 19-03-2010

EPCOM

[4.11] [http://www.epcom.net/Productos/antenas\\_base\\_decibel.htm](http://www.epcom.net/Productos/antenas_base_decibel.htm)

Ultimo acceso: 24-03-2010

[4.12] <http://www.epcom.net/PDF/Productos/andrewconnectors.pdf>

Ultimo acceso: 24-03-2010

[4.13] [http://www.epcom.net/Productos/cable\\_coaxial\\_heliox.htm](http://www.epcom.net/Productos/cable_coaxial_heliox.htm)

Ultimo acceso: 24-03-2010

Consolidated Telecom Services

[4.14] <http://www.cts2way.com/index.php/hardware/700800-p25-trunking-site>

Ultimo acceso: 24-03-2010

[4.15] [http://www.cts2way.com/images/stories/DIR/appendixC/appendixc\\_pricing.pdf](http://www.cts2way.com/images/stories/DIR/appendixC/appendixc_pricing.pdf)

Ultimo acceso: 24-03-2010

# CONCLUSIONES

---

## CONCLUSIONES

➤ El Sistema de Radio VHF de cada una de las filiales de PETROECUADOR, no posee cobertura completa en las diferentes vías de acceso a las estaciones, ni brinda la necesaria privacidad en la comunicación y no poseen interconexión entre los diferentes Sistemas de cada una de las filiales.

➤ Un Sistema de Radio Convencional no es capaz de soportar el tráfico requerido al unir todas las filiales en una sola empresa, ya que al incrementar el número de usuarios los canales asignados a cada repetidora no serían suficientes y al no poseer una lista de llamadas en espera se produce el inmediato rechazo de las mismas.

➤ En un Sistema de Radio Convencional el punto más débil es el portátil ocasionando que haya lugares en donde se recibe la información pero no se pueda retornar la llamada, en el Sistema de Radio Troncalizado el sistema de antenas de transmisión y de recepción es independiente, de esta manera se logra balancear la cobertura de entrada y de salida del sistema, garantizando que un portátil pueda recibir y retornar la señal para poder participar de la conversación desde cualquier lugar.

➤ Los sistemas de Radio Troncalizado poseen un uso eficiente del Espectro Radioeléctrico, privacidad en la comunicación, identificación de usuarios, asignación automática de canales, asignación dinámica de los grupos de conversación, niveles de prioridad en el acceso de llamadas, lista de espera y permiten interconexión con la PSTN.

➤ En las visitas de campo realizadas a las estaciones y repetidoras que actualmente posee el sistema de radio convencional de cada una de las filiales se pudo confirmar que existe el espacio físico y la capacidad de energía necesaria para instalar los equipos de la red diseñada en el presente proyecto.

- Al analizar el Sistema de radio actual de PETROECUADOR y sus filiales se determinó que funcionan en la banda VHF, que su cobertura es insuficiente, que existen 1762 usuarios de los cuales el 40% son radios portátiles, el 60% son radios móviles, el lugar geográfico 50 estaciones y las características técnicas de 19 repetidoras.
- Aunque existen equipos de Sistemas de Radio Troncalizado compatibles con la banda VHF lo que evitaría, la necesidad de la concesión de nuevas frecuencias por parte de la SENATEL a PETROECUADOR, esta banda se encuentra actualmente saturada en ciudades como Quito y Guayaquil, por lo que el diseño de la red se lo realizó en la banda de los 800 MHz. Banda que se encuentra normalizada en el país para servicios de Radio Troncalizado.
- En la elección del estándar del Sistema de Radio Troncalizado, se evaluaron los estándares: MPT 1327, SmartNet, APCO 25, TETRA y ASTRO®25, considerando parámetros como: Estabilidad de la Trama, Experiencia del Proveedor, Potencia de Trabajo, Velocidad de Datos, Seguridad, Precio, Representación Técnica, Tamaño de Radio Terminales y Tipo de Acceso.
- El estándar elegido es el ASTRO®25 ya que cumple con los principales requerimientos permitiendo una fácil actualización del Sistema de Radio y además es respaldado por Motorola, una de las empresas con mayor experiencia en sistemas de radio a nivel mundial ofreciéndose una garantía y asesoría técnica altamente confiables.
- Los equipos elegidos para la realización del proyecto son: un Sitio Maestro ARC4000, once Estaciones Base GTR8000, 354 Radios Móviles ASTRO XTL 5000 y 704 Radios Portátiles XTS 5000, todos los equipos son de marca Motorola, compatibles con el estándar ASTRO®25 y capaces de operar en la banda de los 800MHz.
- En el sistema diseñado, se puede realizar un manejo eficaz de los canales por medio de la asignación dinámica y debido a que posee

niveles de prioridad y grupos de conversación se puede planificar eficientemente el tráfico demandado.

➤ En la ingeniería de Tráfico se determinó que el Sitio de Repetición con mayor cantidad de canales es Lumbaqui con 6 canales ya que la Intensidad de Tráfico es de 0,981 Erlang C y los Sitio de Repetición con menor cantidad de canales son Guamaní, Condijua y Tres Cruces con una Intensidad de Tráfico menor que 0,1 Erlang C, pero necesarias para dar cobertura total en la vía al oriente.

➤ La ubicación de los Sitios de Repetición se lo realizó en lugares en donde ya existe infraestructura propia de PETROECUADOR, para de esta manera evitar elevar los costos del proyecto innecesariamente, ya que se evitaría rubros como el levantamiento de torres, construcción de casetas, alquiler del terreno, acometidas eléctricas e incluso la elaboración de vías de acceso.

➤ Para determinar el área de cobertura que posee cada Sitio de Repetición, se evaluó la distancia cada  $30^0$  en la que la intensidad del campo eléctrico nominal de la señal es de  $38,5 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$ , y mediante la simulación en el programa Radio Mobile para Windows, versión 9.9.5 se pudo determinar la intensidad del campo eléctrico de manera más apreciable.

➤ El Sistema de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y sus Filiales, diseñado en el presente proyecto tiene un área de cobertura que abarca la totalidad de estaciones y sus principales vías de acceso, manteniendo comunicación de gran calidad en todos los lugares por donde transita el área operativa y se encuentra el área administrativa de la empresa, sin importar si son radios portátiles o móviles, ya que en ningún caso se sobrepasa el nivel umbral de recepción de los equipos terminales o de las repetidoras.

➤ La red del Sistema de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y sus Filiales se encuentra diseñada por un Sitio

Master, once Sitios de Repetición alrededor del Ecuador y posee una capacidad de 2000 usuarios entre radios móviles, bases y portátiles.

➤ La división de los grupos de trabajo se realizó en base a la estructura orgánica de la empresa, realizando de esta manera la división de los niveles de prioridad y privacidad del sistema.

➤ Al analizar el sistema de radio actual de cada filial se determinó que dentro de los radios terminales existen 704 radios móviles compatibles con la tecnología de Radio Troncalizado ASTRO®25, por lo que, es necesario la compra de 354 radios móviles y 704 radios portátiles.

➤ El valor para la adquisición e implementación de un Sistema de Radio Troncalizado con el estándar ASTRO®25 de Motorola y que cumpla con las características del diseño realizado en este proyecto es de USD 7'580.675,20.

➤ El ahorro anual que representa la implementación de presente proyecto frente a una contratación del servicio a la empresa privada Marconi S. A. especialista en Sistemas de Radio Troncalizado en el Ecuador es de USD 2'450.502.

➤ La Recaudación económica por Derechos de Concesión, Derechos de Autorización y Tarifas por Uso de Frecuencias que PETROECUADOR deberá abonar anualmente a la SENATEL, es de USD 7074,97, que se encuentra muy por debajo del costo de servicio considerado en el análisis económico.

➤ La inversión del presente proyecto si bien es relativamente alta, se ve justificada por el beneficio de los nuevos servicios, privacidad, facilidades que presta este sistema, es recuperada en el lapso de 4 años y medio, dejando de ser un gasto para convertirse en un ahorro ya que la utilidad anual es de USD 1'616.627,728, además el valor en dólares de contratar el servicio con la empresa Marconi S.A. durante dos años y

medio equivale al valor de la inversión del proyecto diseñado para 10 años.

➤ El VAN y TIR, indicadores financieros que determinan la viabilidad del proyecto, muestran que el ahorro a 10 años será significativo y favorable económicamente para PETROECUADOR al adquirir el Sistema de Radio Troncalizado en lugar contratar a empresas que brinden este servicio.

# RECOMENDACIONES

---

## RECOMENDACIONES

➤ Para que todos los radios terminales funcionen adecuadamente independientemente del Sitio de Repetición en el que se encuentren asignados, se debe escoger una banda de frecuencia que no se encuentre saturada en ninguno de los Sitios de Repetición como es la banda de 800 MHz, que además se encuentra normalizada por la CONATEL para Sistemas de Radio Troncalizado en el Ecuador

➤ La utilización del estándar ASTRO®25 ya que además de ser la última tecnología en Sistemas de Radio Troncalizado de Motorola garantizaría su funcionamiento en difíciles áreas geográficas como el Ecuador, ya que otros estándares se han probado solamente en Europa donde equipos con menores potencias abarcan mayores áreas de cobertura debido a las grandes llanuras que presenta esta región.

➤ La utilización del Sitio Master ARC4000, compatible con los Sitios de Repetición GTR8000, con una capacidad de soportar 12 Sitios de Repetición de voz y datos integrados (IV&D), 120 canales, 5 sitios de despacho, y 10000 usuarios.

➤ El Sitio Master debe ser ubicado en el Terminal “Beaterio”, en el centro de comunicaciones operativas del TIC’s de PETROCOMERCIAL, ya que estaría localizado de manera central en relación al diagrama general de la red, lo que minimiza el tiempo de respuesta en las comunicaciones entre Sitios Remotos, además, posee línea de vista directa con los cerros Pichincha, Guamaní y Atacazo facilitando el acceso y obteniendo una mayor eficiencia en el monitoreo, administración y mantenimiento del funcionamiento del sistema.

➤ La preparación del personal técnico mediante cursos de capacitación que complementen su amplia experiencia en sistemas de radiocomunicaciones, para la realización de un mantenimiento preventivo con la finalidad de lograr un funcionamiento eficiente, eficaz y perdurable del Sistema de Radio Troncalizado.

- Adquirir equipos de respaldo para que las reparaciones y el mantenimiento correctivo se realice en el menor tiempo posible y evitar posibles interrupciones en la comunicación de todo el sistema.
  
- Como es un sistema fácilmente escalable y su inversión es recuperable en corto período, permite la ampliación de Sitios de Repetición para dar cobertura a futuras instalaciones de la Empresa Estatal de Petróleos del Ecuador.
  
- El ahorro anual que produce la implementación del sistema diseñado en el presente proyecto se reinvierta en la renovación de equipos o en actualizar la red, ya que actualmente a pesar de que los equipos tengan una vida útil de 15 años la tecnología avanza a una mayor velocidad.

**ANEXO A: FÓRMULAS UTILIZADAS**

A continuación se presenta las formulas utilizadas para realizar el presente proyecto.

$$P_{(dBm)} = 10 \log \left[ \frac{V^2}{50} * 10^3 \right]$$

**Ecuación 1** Transformación de Voltios a dBm, en un sistema de 50  $\Omega$

$$V = \sqrt{10^{\frac{P_{(dBm)}}{10}} * \frac{50}{10^3}}$$

**Ecuación 2** Transformación de dBm a Voltios, en un sistema de 50  $\Omega$ .

$$A_{\mu} = \mu H$$

**Ecuación 3** Intensidad de Tráfico por Usuario

$$A_{Ch} = \frac{UA_{\mu}}{Ch}$$

**Ecuación 4** Intensidad de Tráfico por Canal

$$A = UA_{\mu}$$

**Ecuación 5** Intensidad de Tráfico Total

$$A = \overline{\mu H}$$

**Ecuación 6** Intensidad de Tráfico Total en modo Estadístico

$$GOS = P_{[bloqueo]} = \frac{A^{Ch}}{\sum_{K \rightarrow 0}^{Ch} \frac{A^K}{K!}}$$

**Ecuación 7** Probabilidad de bloqueo de una llamada con Erlang B

$$GOS = P_{[retardo]} = \frac{A^{Ch}}{A^{Ch} + Ch! \left(1 - \frac{A^{Ch}}{Ch}\right) \sum_{K \rightarrow 0}^{Ch-1} \frac{A^K}{K!}}$$

**Ecuación 8** Probabilidad de Retardo de una llamada con Erlang C

$$\mathcal{E}_o \left( \frac{dB \mu V}{m} \right) = 74,77121 + 10 \log [PIRE_{(w)}] - 20 \log [D_{(Km)}]$$

**Ecuación 9** Campo Eléctrico en el espacio libre

$$\varepsilon = \varepsilon_o - \text{Atenuaciones}$$

**Ecuación 10** Campo Eléctrico en cualquier punto

$$FM_{(dB)} = 30 \log [D_{(Km)}] + 10 \log [6A * B * F_{(GHz)}] - 10 \log (1 - R) - 70$$

**Ecuación 11** Margen de Desvanecimiento

$$A_v = d * \gamma$$

**Ecuación 12** Atenuación por Vegetación

$$FLS_{(dB)} = 32,44 + 20\log[D_{(km)}] + 20\log[f_{(MHz)}]$$

**Ecuación 13** Pérdidas en el Espacio Libre

$$P_{r(dBm)} = P_{T(dB)} + G_{T(dBi)} + G_{R(dBi)} - FLS_{(dB)} - \Delta$$

**Ecuación 14** Potencia de Recepción

**ANEXO B: DATA SHEET DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN  
EL PROYECTO**

## SITIO MASTER

### ARC 4000



# Sitio Maestro ARC 4000

## Para redes troncalizadas ASTRO® 25



#### FUNCIONES DEL MODELO

- Brinda las ventajas operativas del sistema Trunking ASTRO 25
- Compatible con la operación de repetición de sitio ASTRO 25
- Consolida las aplicaciones Administración de Red (NM) y Controlador de zona (ZC) en un servidor Sun Netra T2000
- Utiliza la nueva tecnología del sistema operativo Solaris 10
- Emplea la compuerta (gateway) de paquetes de datos (PDG) para la información en los sistemas de voz y datos integrados (IV&D)

#### EL SITIO ARC 4000 ES COMPATIBLE CON

- Consolas CENTRACOM™ Gold Elite en campo
- Consola MCC 7500
- Estaciones QUANTAR™ en campo
- Repetidores Serie GTR 8000\*
- Todos los suscriptores y consolas ASTRO 25

El equipo ARC 4000 es un sitio maestro consolidado que es compatible con la plataforma troncalizada del sistema ASTRO 25. Los sistemas troncalizados ASTRO 25 con el sitio maestro ARC 4000 tienen la capacidad de soportar hasta 12 sitios del repetidor de voz y datos integrados (IV&D), 120 canales, 6 sitios de despacho, y 10 consolas para posiciones de operador.

El sitio maestro ARC 4000 ofrece al cliente la funcionalidad completa del sistema ASTRO 25 en un diseño compacto y versátil que hace uso eficiente del costoso espacio en el sitio. Soporta los siguientes servicios de voz: llamada privada, llamada a grupos múltiples, alerta de llamada, llamada de emergencia, rastreo (no prioritario) de los grupos de conversación afiliados al sitio, monitoreo prioritario de todos los grupos de conversación afiliados al sitio, interrupción de audio en dos configuraciones (nunca interrumpir y siempre interrupción), y en alerta de llamada durante una conversación.

El gabinete almacena todo el hardware que el sitio maestro requiere y está disponible en una configuración redundante o no redundante. La configuración redundante proporciona un segundo conjunto de hardware y software para la aplicación del controlador de zona, el ruteador consolidado principal/compuerta (gateway), y conmutador de Ethernet. Las aplicaciones del controlador de zona y de administración de red están almacenadas en el servidor Sun™ Netra™ T2000 que utiliza el sistema operativo Solaris™ 10, el cual permite que se coloquen las diversas aplicaciones requeridas por el controlador de zona y de administración de red en una cantidad mínima de hardware. El equipo de transporte de la red incluye el conmutador de Ethernet HP2650 y el ruteador consolidado principal/compuerta (gateway) de Motorola. El equipo de servicio permite el acceso al sistema a través del servidor terminal de 8 puertos y de la compuerta/firewall de VPN. Además, los clientes tienen la opción de adquirir la compuerta de paquetes de datos (PDG) para los sistemas de voz y datos integrados (IV&D) que utilizan la funcionalidad de datos. La compuerta de paquetes de datos (PDG) utiliza dos servidores DL380 de Hewlett-Packard® (HP).

El sitio ARC 4000 fue diseñado para una fácil instalación y un cómodo mantenimiento. La puerta delantera del gabinete permite que el personal de servicio tenga fácil acceso al equipo para mantenimiento de rutina y reparaciones.

El diseño compacto y eficiente del sitio maestro ARC 4000 es adecuado para los clientes que únicamente requieren de un sencillo sistema ASTRO 25 de una sola zona con capacidad para dar soporte a hasta 120 canales. Esta solución es proporcionada por Motorola, el fabricante líder en sistemas Proyecto 25 de misión crítica para las agencias de seguridad pública alrededor del mundo.

Dimensiones del Gabinete+	1330mm Alto x 600mm Ancho x880 mm Prof
- Frecuencias *	+ 700MHz, 800MHz + UHF - 380 to 520MHz + VHF - 136 to 174MHz
Aplicaciones soportadas	Voz y datos integrados ASTRO 25
Número de zonas	1
Número de canales totales del sistema	1 a 120
Sitios de repetición	12 máximo
Número de canales por sitio de repetición	28
Grupos de conversación	500
Número de identificaciones individuales	10,000
Sesiones simultáneas combinadas totales de administración de red (NM)	3
Número máximo de reportes dinámicos simultáneos de usuarios de aplicaciones	3
Número máximo de zonas de monitoreo simultáneo de usuarios de aplicaciones	3
Número máximo de reportes históricos simultáneos de zona de usuarios de aplicaciones	3
Número de canales convencionales analógicos a la consola de despacho MCC7500 mediante interfaz	100
Número de canales convencionales analógicos a la consola CENTRACOM Gold mediante interfaz	100
Número máximo de sitios de despacho	5
Número máximo de operadores de despacho	10
Número máximo de operadores de despacho por sitio de despacho	10
Número de canales analógicos convencionales por consola para posición de operador	60
Número de identificaciones de grupos de conversación afiliados por consola para posición de operador	60
Número de sesiones simultáneas de audio por consola para posición de operador	60
Interfaz de red para el cliente	1
Número de usuarios de voz y datos integrados ASTRO	2,000
Número máximo de mensajes por hora por sistema (Perfil de Seguridad Pública)	300,000
Número máximo de mensajes por hora por sitio	15,000
Número máximo de mensajes por hora por canal	5,000
Número máximo de datos por sitio	3

+ La altura del gabinete incluye las redes ópticas que se venán separadamente. La altura en las ruedas es 1290 milímetros.  
\* Verifique la disponibilidad de esta zona por banda de frecuencia. No todas las bandas de frecuencia están disponibles en repeticiones GTR OHIO.



*SERVIDOR DL360*

<b>FORMATO</b>	<b>1U para RACK (1U = 1.75")</b>
<b>PROCESADOR</b>	Intel Xeon Quad Core E5420 2.5GHz, 12MB Level 2 cache
<b>CRECIMIENTO</b>	Soporta hasta 2 procesador (2 socket, hasta 8 core)
<b>CHIPSET/FSB</b>	Intel 5000P / FSB (Front Side Bus) de 1333 MHz
<b>MEMORIA RAM</b>	Estándar 2GB (2 x 1 GB) expandible hasta 32 GB (8 x 4 GB) PC2-5300 Fully Buffered DIMMs DDR2 677MHz (8 DIMM slots)
<b>CONTROLADOR ESTANDAR</b>	Controlador integrado Smart Array P400i con 256MB cache, soporta RAID 0/ 1/ 1+0/ 5, y upgrade disponible a 512MB como opción.
<b>CAPACIDAD DE DISCOS</b>	876GB SAS (6 x 146GB SAS SFF) ó 720GB (6 x 120GB SATA SFF)
<b>SLOT DE AMPLIACIÓN</b>	2 Slot total: 1 slot de PCI Express x8 full-height, full length, 1 slot de PCI Express x8 low-profile.
<b>CONTROLADOR RED</b>	Integrado Dual NC373i Multifunción Gigabit Network Adapters con TCP/IP Offload Engine, incluye soporte para Accelerated iSCSI a través de opción ProLiant Essentials Licensing y TCP/IP Offload Engine (TOE) Tecnología que lleva los procesos de datos normales de la CPU del servidor hacia el propio controlador de RED, lo que permite que la CPU del servidor pueda desempeñarse en otros procesos propios del sistema
<b>PUERTOS EXTERNOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 x Serial</li> <li>1 x Mouse</li> <li>1 x Video</li> <li>1 x Teclado</li> <li>4 x USB 2.0 (1 frontales, 2 traseros y 1 internos)</li> <li>2 x RJ45</li> <li>1 x Administración iLO 2</li> </ul>

## SITIOS DE REPETICIÓN

### SRT 3000

#### Specification Sheet

#### STR 3000 Pre-packaged Digital Base Radio Sub-System



The STR 3000 provides the transmit/receive operation within the ASTRO 25 sub-system.

Its components include 1 to 6 base radios, multicoupler(s), combiner, isolator and cabling in a single cabinet.

The STR 3000 is easily configured to meet your needs for improved productivity, flexibility and value.

#### **ASTRO 25**

The STR 3000 is compatible with Project 25 700 MHz and 800 MHz trunking systems.

#### **COMPACT MODULAR DESIGN**

The base radio incorporates a modular construction with separate modules for -48VDC Input Power Supply, Exciter, Power Amplifier, Receiver and Base Radio Controller. This simplifies repair by allowing modules to be removed and serviced without having to dismantle the entire cabinet. The base radios and Radio Frequency Distribution System (RFDS) are pre-packaged in a single cabinet and are integrated in the factory. This reduces overall time and effort by simplifying site planning and installation.

#### **ADDED FLEXIBILITY**

Several configurations are available. The STR 3000 supports a total of 6 base radios in a cabinet. Up to 24 base radios can be supported on one RX antenna and up to 12 base radios on one TX antenna. Each site can have five STR 3000 sub-systems for a total of 30 base radios in a site. Customers can add expansion racks and additional base radios for site expandability.

#### **ADVANCED FEATURES**

The Simulcast and Site Repeater Base Radios are FLASHport® capable. With FLASHport capability, customers can upgrade the Base Radio software utilizing the site software download utility provided by the Software Download manager. This procedure eliminates the need to upgrade each radio individually. The 700 MHz Conventional Base Radios are FLASHport capable as well. With FLASHport capability, customers can upgrade the Base Radio software utilizing the software download utility to a single station provided by the Software Download manager.

Operational and diagnostic site information can be accessed from a remote location.

The STR 3000 supports encrypted radio communications.



Above: A six-channel 800 MHz STR 3000 sub-system

## 800 MHz STR 3000 Specifications

### GENERAL PERFORMANCE

Supemodel Number	SQM02SUM0011A	
Number of Channels	1-6	
Number of Cabinets*	1	
Cabinet Height	43 RU, 83 in. (210 cm)	
Footprint* (W x D)	24 x 24 in. (60 x 60 cm)	
System Weight*	795 lbs (361 kg)	
Power Requirements	-48 VDC (43-60 VDC)	
Temperature Range**	0° to 50° C (+32° to 122° F)	
Power Consumption*	Typical	Maximum
	2700W	3200W est.
Antenna Connectors		
Transmit	7/16 Female	
Receive	N-Female	

### TRANSMITTER

Frequency Range	851-869 MHz
Average Power Output (6 Channel Cavity Combiner)	
150 kHz	8 W-24 W per carrier
250 kHz	10 W-31 W per carrier
Occupied Bandwidth	8.7 kHz
RF Output Impedance	50 Ohm
Frequency Stability	External Reference
Modulation Fidelity	10% maximum error
Spurious and Harmonic Emissions Attenuation	85 dB
Symbol Rate Accuracy	10 PPM
Emissions Designators	8K70D1W

### RECEIVER

Frequency range	806-824 MHz
Sensitivity Static Bit Error Rate (BER) 5%	-121 dBm***
Intermodulation Rejection (Per TIA methods of measurement)	80 dB
Adjacent Channel Rejection Digital Reference	60 dB
Spurious and Image Response Rejection	100 dB****
Preselector Bandwidth	18 MHz
Bit Error Rate Floor	0.01%
Signal Displacement Bandwidth	1 kHz
Frequency Stability	External Reference Required
Intermediate Frequency	
1st	73.35 MHz
2nd	450 kHz
RF Input Impedance	50 Ohm

### FCC TYPE ACCEPTANCE

FCC Designation	Frequency Range	Type	Power Output	Type Acceptance Number
	851-869 MHz	Transmitter	100 watts	ABZ89FC5795
	806-824 MHz	Receiver	N/A	ABZ89FR5795

### SIMULCAST BASE RADIO

Dimensions	8.75 x 19 x 16.5 in. (222 x 483 x 419 mm)	
Weight	73 lbs (33 kg)	
Power Requirements	-48 VDC (41-60 VDC)	
Number of Frequencies	1	
Frequency Generation	Synthesized	
Digital Channel Spacing	12.5 kHz	
Mode of Operation	Duplex	
Digital Modulation		
Transmit	Linear Simulcast Modulation	
Receive	C4FM	
Antenna Connectors		
Transmit	SMA Female	
Receive	SMA Female	

### RADIO FREQUENCY DISTRIBUTION SYSTEM (RFDS)

#### TRANSMITTER COMBINER

Frequency Range	851-869 MHz	
Insertion Loss	Typical	Maximum
2 Port 150 kHz Cavity Transmitter Combiner	3.6 dB	4.1 dB
3 Port 150 kHz Cavity Transmitter Combiner	4.2 dB	4.7 dB
4 Port 150 kHz Cavity Transmitter Combiner	4.3 dB	4.8 dB
6 Port 150 kHz Cavity Transmitter Combiner	4.6 dB	5.1 dB
2 Port 250 kHz Cavity Transmitter Combiner	2.6 dB	3.1 dB
3 Port 250 kHz Cavity Transmitter Combiner	2.9 dB	3.4 dB
4 Port 250 kHz Cavity Transmitter Combiner	3.0 dB	3.5 dB
6 Port 250 kHz Cavity Transmitter Combiner	3.2 dB	3.7 dB

RF Connector Type	
Input	N-Female
Output	7/16 Female
Tx-Tx Isolation	14 dB

#### RECEIVER MULTICOUPLER

Frequency Range	806-824 MHz	
Noise Figure	Typical	Maximum
	3.5 dB	4.9 dB
Gain	Typical	Minimum
	11 dB	8 dB
3rd Order Input Intercept	Typical	Minimum
	14 dBm	13 dBm
Output RF Connector Type	BNC Female	

\* NOTE: The number of cabinets, footprint and system weights are stated for a 6 channel system including the RFDS without options. Some STR 3000 features require the use of additional equipment.  
 \*\* This specification is not to Project 25 TSB02.caab standard.  
 \*\*\* With multicoupler installed.  
 \*\*\*\* 80 dB at ±2.1 MHz

## GRT 8000

DATA SHEET



# G-Series Site Equipment

## for ASTRO®25 Radio Networks

Motorola's ASTRO 25 networks are designed to meet the current and future customer requirements for Project 25 solutions. The G-series portfolio of products: RF stations, site controllers and comparators, are designed with flexibility and ease of service.



GTR 8000 Expandable Site Subsystem

### Flexible configurations

The G-series stations support the following configurations:

- Project 25 Phase 1 Integrated Voice & Data (IV&D) Trunking
  - Simulcast
  - Site Repeater
- High Performance Data
- X2-TDMA and Dynamic Dual Mode
  - 2-slot TDMA capability
  - Dynamic talkgroup allocation between P25 Phase 1 and TDMA
- RF configurations
  - IP simulcast functionality reduces site complexity
  - Linear Simulcast Modulation provides industry-leading radio coverage with fewer sites in 700/800MHZ, UHF, & VHF

### Software defined architecture – easy to adapt equipment

- Base station, comparator, and site controller share common hardware
- Reconfigured hardware to meet different requirements, trunking, trunking simulcast
- Configurable Information Assurance capabilities – central logging, port security, back up and recovery
- Add new capabilities with a software download as they are developed – TDMA, mutual aid, and conventional operation
- Installation and service costs are minimized with common hardware platforms

### Compact design for efficient use of site space

- Compact and integrated hardware is designed for efficient use of site space
- Expandable Site Subsystem offers six base radios and TX & RX peripherals in one vertical rack
- Standalone configurations occupy only three rack units of site space.
- Power supply supports AC & DC in the same unit
- Standard battery revert and battery charging capability in the G-series common Power Supply eliminates the need for an uninterrupted power supply (UPS) in many installations saving valuable site space

**DATA SHEET**

G-SERIES SITE EQUIPMENT  
for ASTRO®25 Radio Systems

**Design Flexibility**

As a software-defined radio the G-series stations provide a lower total cost of ownership by offering the flexibility to add additional capabilities through software upgrades as they become available.

- Six basic modules (FRUs) create the entire G-series platform which can reduce the number of spare and replacement parts stocked
  - Transceiver, Power Amplifier, Power Supply, Fan Module, Site Controller/Comparator module, Expansion Hub
  - FRU modules are hot-swappable allowing servicing and replacement without system or site down-time

- Multisite (simulcast) systems require no field alignment<sup>1</sup> while Site Repeater systems feature greatly simplified alignment procedures with only one alignment process on the GCP 8000 Site Controller
  - Front-accessible LAN ports on G-series hardware makes it easy and efficient to service and upgrade using Customer Service Software (CSS) or Software Download Manager
- Subsystem configurations simplify initial installation and future site expansion or service

<sup>1</sup> Alignment is the tuning of the radio to the specified frequency. Traditional radios stray from the tuned frequency due to extended use or just over time and require regular alignment maintenance to ensure high signal quality and optimal performance.

**Configuration-Specific Features**

*GTR 8000 Expandable Site Subsystem*

G-series product components are uniquely configured in a flexible self-contained rack.

- Supports ASTRO 25 Integrated Voice & Data (IV&D) systems and 25 kHz High Performance Data (HPD) systems
- Space-efficient modular design integrates up to six GTR 8000 Base Radios, redundant GCP 8000 Site Controllers, and a new site reference distribution interface in one rack or cabinet
- Radio Frequency Distribution System (RFDS) can be integrated into the prepackaged system for most frequency bands

*GTR 8000 Site Subsystem*

A data-only system contained in a single, short, open rack.

- Supports ASTRO 25 25 kHz High Performance Data (HPD) systems only
- Provides HPD coverage equal to voice coverage
- Includes redundant GCP 8000 Site Controllers
- Integrates necessary Radio Frequency Distribution System (RFDS) equipment: duplexer, site preselector, and receiver multicoupler

*GCP 8000 Site Controller*

Maintains communication between Radio Network Gateway (RNG) and base radios at a site.

- Redundant GCP 8000 Site Controllers ensures continuity of radio coverage
- Supports ASTRO 25 IV&D, Multisite (simulcast) operations and HPD applications

*GCM 8000 Comparator*

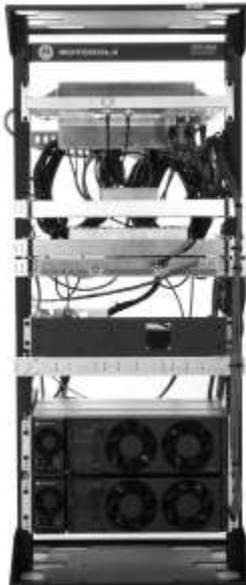
Ensures the broadcast of the best possible voice signal by combining the best parts of a single signal that has been received by multiple sites in a Multisite (simulcast) system.

- Supports ASTRO 25 Multisite (simulcast) operation across all frequency bands
- Bit Error Rate voting methodology ensures highest-quality possible voice signal is broadcast
- GPS timing ensures seamless broadcast of data packets from multiple voice signals

*GTR 8000 Base Radio*

A single rack mountable base radio.

- Supports ASTRO 25 Multisite (simulcast) IV&D and 25 kHz HPD systems
- GTR 8000 Base Radios can be used as direct replacements for QUANTAR or STR 3000 Base Radios<sup>2</sup>
- GTR 8000 Base Radios may be installed in a wide variety of configurations and are not limited to the GTR 8000 Expandable Site Subsystem or GTR 8000 Site Subsystem configurations



GTR 8000 Site Subsystem



GTR 8000 Base Radio /  
GCP 8000 Site Controller /  
GCM 8000 Comparator

<sup>2</sup> GTR 8000 Base Radio compatibility depends on system software release.

DATA SHEET

G-SERIES SITE EQUIPMENT  
for ASTRO®25 Radio Systems

**GTR 8000 Expandable Site Subsystem**

GENERAL PERFORMANCE	HPD 700/800 MHz	IV&D 700/800 MHz	IV&D UHF: 380-524 MHz	IV&D VHF: 136-174 MHz
Model Number	T7054A	T7054A	T7054A	T7054A
Number of Channels	2-5	1-6	1-6	1-6
Height*	90.4 in. (230 cm)	90.4 in. (230 cm)	90.4 in. (230 cm)	90.4 in. (230 cm)
Footprint (W x D)*	20.5 x 22.8 in. (52 x 58 cm)	20.5 x 22.8 in. (52 x 58 cm)	20.5 x 22.8 in. (52 x 58 cm)	20.5 x 22.8 in. (52 x 58 cm)
Weight (fully configured)*	475 lbs (215 kg)	475 lbs (215 kg)	UHF 380-435 MHz: 430lbs (195kg) UHF 450-512 MHz: 565lbs (260kg)	430 lbs (195 kg)
Temperature Range	-22 to 140 °F (-30 to 60°C)	-22 to 140 °F (-30 to 60°C)	-22 to 140 °F (-30 to 60°C)	-22 to 140 °F (-30 to 60°C)
Power Requirements				
AC	90-264 VAC, 47-63 Hz	90-264 VAC, 47-63 Hz	90-264 VAC, 47-63 Hz	90-264 VAC, 47-63 Hz
DC	43.2-60 VDC	43.2-60 VDC	43.2-60 VDC	43.2-60 VDC
Power Consumption (fully configured)	2500 W	C4FM: 3200 W*** LSM: 3500 W***	C4FM: 3300 W LSM: 3600 W	C4FM: 3500 W LSM: 3000 W
Input/Output Impedance	50 ohms	50 ohms	50 ohms	50 ohms
Antenna Connectors				
Tx	7/16 Female	7/16 Female	7/16 Female	N Female
Rx	N Female	N Female	N Female	BNC Female
Channel Spacing	25 kHz	12.5 kHz	12.5 kHz	12.5 kHz
Modulation				
Tx	64QAM, 16QAM, QPSK	C4FM, LSM***	C4FM, LSM	C4FM, LSM
Rx	64QAM, 16QAM, QPSK	C4FM***	C4FM	C4FM
Frequency Stability	GPS synchronized	Repeater Site: 100 ppb/2 yr Simulcast (Multisite): External	Repeater Site: 100 ppb/2 yr Simulcast (Multisite): External	Repeater Site: 100 ppb/2 yr Simulcast (Multisite): External
<b>TRANSMITTER (CABINET OUTPUT)</b>				
	<b>HPD 700/800 MHz</b>	<b>IV&amp;D 700/800 MHz</b>	<b>IV&amp;D UHF: 380-524 MHz</b>	<b>IV&amp;D VHF: 136-174 MHz</b>
Frequency Range	762-776, 851-870 MHz	762-776, 851-870 MHz	380-435, 435-524 MHz	136-174 MHz
Average Power output per channel	1-20 W	1-40 W	C4FM: 2-100W (380-450, 512-524 MHz) LSM: 2-110W (380-450, 512-524 MHz) C4FM: 1-33W (450-512 MHz) LSM: 1-30W (450-512 MHz)	C4FM: 2-100 W LSM: 2-60 W
Modulation Fidelity	N/A	5%	5%	5%
EVM	10%	N/A	N/A	N/A
Spurious and Harmonic Emissions Attenuation	90 dB	90 dB	90 dB	90 dB
Emissions Designators	17K7D7D	8K70D1W, 8K10F1E, 8K70D7WQ, 8K10F7W, 8K10F1D	8K70D1W, 8K10F1E	8K70D1W, 8K10F1E
<b>RECEIVER (TOP OF CABINET)</b>				
	<b>HPD 700/800 MHz</b>	<b>IV&amp;D 700/800 MHz</b>	<b>IV&amp;D UHF: 380-524 MHz</b>	<b>IV&amp;D VHF: 136-174 MHz</b>
Frequency Range	792-825 MHz	792-825 MHz	380-435, 435-524 MHz	136-174 MHz
Sensitivity 1% Bit Error Rate Static (BER)				
64 QAM	-101 dBm	NA	NA	NA
16 QAM	-108 dBm	NA	NA	NA
QPSK	-115 dBm	NA	NA	NA
Sensitivity 5% Bit Error Rate Static (BER)				
C4FM	NA	-123 dBm***	-115.5 dBm (380-450, 512-524MHz) -121.5 dBm (450-512 MHz)	-117 dBm
Intermodulation Rejection	75 dB**	80 dB	80 dB	80 dB
Adjacent Channel Rejection	50 dB**	60 dB	60 dB	60 dB
Spurious and Image Response Rejection	90 dB**	100 dB	85 dB (380-435 MHz) 110 dB (450-512 MHz)	90 dB
Intermediate Frequency				
1st	73.35 MHz	73.35 MHz	73.35 MHz	44.85 MHz
2nd	2.16 MHz	2.16 MHz	2.16 MHz	2.16 MHz

\* 300.2M 75 ft Open Rack Option

\*\* Reference signal is QPSK

\*\*\* Specifications apply to FDMA & X2-TDM Software operations

DATA SHEET

G-SERIES SITE EQUIPMENT  
for ASTRO<sup>®</sup>25 Radio Systems

**GTR 8000 Expandable Site Subsystem (continued)**

TRANSMITTER RF DISTRIBUTION SYSTEM		UHF: 450-512 MHz
	700/800 MHz	
Frequency Range	762-776 or 851-870 MHz	450-512 MHz
Insertion Loss (150 kHz spacing)	3.1 dB typ	4.5 dB typ
Tx-Tx Isolation (150 kHz spacing)	32 dB	32 dB

RECEIVER RF DISTRIBUTION SYSTEM		UHF: 450-512 MHz
	700/800 MHz	
Frequency Range	792-825 MHz	450-512 MHz
Noise Figure	Typical 3.8 dB Maximum 5 dB	Typical 4.6 dB Maximum 5.5 dB
Gain	13 dB -16 to 24 dB adjustable	10 dB -16 to 24 dB adjustable
3rd Order Output Intercept	21 dBm	19 dBm
Preselector Bandwidth	792-825 MHz	2 or 3.5 MHz
RF Input Connector Type	N	N
RF Output Connector Type	BNC	BNC

**GCP 8000 Site Controller**

GENERAL PERFORMANCE	HPD	IV&D
Model Number	T7038A	T7038A
Channel Capacity	5	Repeater Site: 28 Simulcast (Multicast): 30
Size (HxWxD)	5.25" x 19" x 18" (133 x 483 x 457 mm)	5.25" x 19" x 18" (133 x 483 x 457 mm)
Weight	40 lbs (18 kg)	40 lbs (18 kg)
Temperature Range	-22 to 140 °F (-30 to 60°C)	-22 to 140 °F (-30 to 60°C)
Rack Option	19" standard rack mountable	19" standard rack mountable
Frequency Stability	GPS Synchronized	Simulcast (Multisite): External Repeater Site: 100 pptb/2 yr

ELECTRICAL	HPD	IV&D
Power Requirements	AC: 90-264 VAC, 47-63 Hz DC: 43.2-60 VDC	AC: 90-264 VAC, 47-63 Hz DC: 43.2-60 VDC
Power Consumption	AC: 180 W DC: 100W	AC: 150 W DC: 80 W

**GCM 8000 Comparator**

GENERAL PERFORMANCE	IV&D	GENERAL PERFORMANCE	IV&D
Model Number	T7321A	Time Stability	External Reference
Channel Capacity	1 or 2	Power Requirements	90-264 VAC, 47-63 Hz 43.2-60 VDC
Size	5.25" x 19" x 18" (133 x 483 x 457 mm)	Power Consumption	AC, 1 module 150 W AC, 2 modules 180 W
Weight	40 lbs (18 kg)	DC, 1 module 80 W DC, 2 modules 100 W	
Operating Temperature Range	-22 to 140 °F (-30 to 60°C)		
Rack Option	19" standard rack mountable		

**DATA SHEET**

G-SERIES SITE EQUIPMENT  
for ASTRO®25 Radio Systems

**GTR 8000 Base Radio**

GENERAL PERFORMANCE	HPD 700/800 MHz	IV&D 700/800 MHz	IV&D UHF: 380-435 MHz UHF: 435-524 MHz	IV&D VHF: 136-174 MHz
Model Number	T7039A	T7039A	T7039A	T7039A
Size (HxWxD)	5.25" x 19" x 18" (133x483x457mm)	5.25" x 19" x 18" (133x483x457mm)	5.25" x 19" x 18" (133x483x457mm)	5.25" x 19" x 18" (133x483x457mm)
Weight	46 lbs (21 kg)	46 lbs (21 kg)	46 lbs (21 kg)	46 lbs (21 kg)
Temperature Range	-22 to 140 °F (-30 to 60°C)	-22 to 140 °F (-30 to 60°C)	-22 to 140 °F (-30 to 60°C)	-22 to 140 °F (-30 to 60°C)
Power Requirements				
AC	90-264 VAC, 47-63 Hz	90-264 VAC, 47-63 Hz	90-264 VAC, 47-63 Hz	90-264 VAC, 47-63 Hz
DC	43.2-60 VDC	43.2-60 VDC	43.2-60 VDC	43.2-60 VDC
Power Consumption	475 W	C4FM: 500W*** LSM: 560 W***	C4FM: 510 W LSM: 560 W	C4FM: 550 W LSM: 460 W
Input/Output Impedance	50 ohms	50 ohms	50 ohms	50 ohms
Antenna Connectors				
Tx	N female	N female	N female	N female
Rx	BNC female	BNC female N female **	BNC female N female **	BNC female N female **
Channel Spacing	25 kHz	12.5 kHz	12.5 kHz	12.5 kHz
Modulation				
Tx	64QAM, 16QAM, QPSK	C4FM, LSM***	C4FM, LSM	C4FM, LSM
Rx	64QAM, 16QAM, QPSK	C4FM***	C4FM	C4FM
Frequency Stability	External Reference	External Reference	External Reference	External Reference
TRANSMITTER	HPD 700/800 MHz	IV&D 700/800 MHz	IV&D UHF: 380-435 MHz UHF: 435-524 MHz	IV&D VHF: 136-174 MHz
Frequency Range	762-776, 851-870 MHz	762-776, 851-870 MHz	380-435, 435-524 MHz	136-174 MHz
Power output	2-50 W	2-100 W	C4FM: 2-110 W LSM: 2-100 W	C4FM: 2-100 W LSM: 2-60 W
Electronic Bandwidth	Full Bandwidth	Full Bandwidth	Full Bandwidth	Full Bandwidth
Modulation Fidelity	N/A	5%	5%	5%
EVM	10%	N/A	N/A	N/A
Spurious and Harmonic Emissions Attenuation	90 dB	90 dB	90 dB	90 dB
Emissions Designators	17K7D7D	8K70D1W, 8K10F1E 8K70D7WQ, 8K10F7W, 8K10F1D	8K70D1W, 8K10F1E	8K70D1W, 8K10F1E
RECEIVER	HPD 700/800 MHz	IV&D 700/800 MHz	IV&D UHF: 380-435 MHz UHF: 435-524 MHz	IV&D VHF: 136-174 MHz
Frequency Range	792-825 MHz	792-825 MHz	380-435, 435-524 MHz	136-174 MHz
Sensitivity 1% Bit Error Rate Static (BER)				
64 QAM	-98 dBm	NA	NA	NA
16 QAM	-104 dBm	NA	NA	NA
QPSK	-111 dBm	NA	NA	NA
Sensitivity 5% Bit Error Rate Static (BER)				
C4FM	NA	-118 dBm***	-118 dBm	-118 dBm
Intermodulation Rejection	75 dB*	80 dB	80 dB	80 dB
Adjacent Channel Rejection	50 dB*	60 dB	60 dB	60 dB
Spurious and Image Response Rejection	85 dB*	85 dB 100 dB**	85 dB 100 dB**	90 dB 95 dB**
Intermodlate Frequencies				
1st	73.35 MHz	73.35 MHz	73.35 MHz	44.85 MHz
2nd	2.16 MHz	2.16 MHz	2.16 MHz	2.16 MHz

\* Reference signal is QPSK

\*\* Optional Preselector

\*\*\* Specifications apply to FDMA & X2-IDM Software operations

**DATA SHEET**

G-SERIES SITE EQUIPMENT  
for ASTRO<sup>®</sup>25 Radio Systems

**GTR 8000 Site Subsystem**

**GENERAL PERFORMANCE INCLUDING RFDS**

Model Number	T7133A
Number of Channels	1
Height	27 RU, 50.4 in. (128 cm)
Footprint (W x D)	20.8 x 24.8 in. (52.8 x 62.9 cm)
Weight	225 lbs (102 kg)
Temperature Range	-22 to 140 °F (-30 to 60°C)
Power Requirements	AC: 90-264 VAC, 47-63 Hz DC: 43.2-60 VDC
Power Consumption	AC: 675W DC: 570W
Input/Output Impedance	50 ohms
Antenna Connectors	N Female
Channel Spacing	25 kHz
Modulation	Tx: 64QAM, 16QAM, QPSK Rx: 64QAM, 16QAM, QPSK
Frequency Stability	GPS synchronized

**TRANSMITTER INCLUDING RFDS**

Frequency Range	762-792, 851-870 MHz
Power output	1-27 W
Electronic Bandwidth	762-776, 851-870 MHz
Error Vector Magnitude	10%
Spurious and Harmonic Emissions Attenuation	90 dB
Emissions Designators	17K7D7W

**RECEIVER INCLUDING RFDS**

Frequency Range	792-825 MHz
Sensitivity 1% Bit Error Rate Static (BER)	64 QAM -101 dBm 16 QAM -108 dBm QPSK -115 dBm
Intermodulation Rejection*	75 dB
Adjacent Channel Rejection*	50 dB
Spurious and Image Response Rejection*	90 dB
Preselector Bandwidth	792-825 MHz
Intermediate Frequencies	1st: 73.35 MHz 2nd: 2.16 MHz

\* Reference signal is QPSK.

**FCC TYPE ACCEPTANCE**

FCC Designation:	Frequency Range	Type	Power Output	Type Acceptance Number
	762-776 MHz	Transmitter	HPD: 2-50 W IV&D: 2-100 W	ABZ89FC5812
	851-870 MHz	Transmitter	HPD: 2-50 W IV&D: 2-100 W	ABZ89FC5810
	792-825 MHz	Receiver	N/A	ABZ89FR5811
	406-435MHz	Transmitter	2-110 W	ABZ89FC4821
	406-435MHz	Receiver	NA	ABZ89FR4822
	435-524 MHz	Transmitter	2-110 W	ABZ89FC4819
	435-524 MHz	Receiver	N/A	ABZ89FR4820
	136-174 MHz	Transmitter	2-100 W	ABZ89FC3790
	136-174 MHz	Receiver	N/A	ABZ89FR3791



Motorola, Inc. 1301 E. Algonquin Road, Schaumburg, Illinois 60196 U.S.A. www.motorola.com/governmentandenterprise 1-800-367-2346

MOTOROLA and the Stylized M Logo are registered in the U.S. Patent and Trademark Office.  
All other product or service names are the property of their registered owners. © Motorola, Inc. 2008 08121  
R3-11-2034F

## RADIOS MÓVILES

### ASTRO XTL 5000



#### MODEL FEATURES

- 764-870 MHz Frequency Band in one radio
- 10-35 watt variable power
- Motorcycle 10-15 watt variable power configuration
- Multiple modes of operation in a single radio (ASTRO digital clear and encrypted, and Analog)
- Full 9600 Baud Features
- Limited 3600 Baud Features
- Project 25 capable on Trunking systems
- Project 25 compliance interoperable voice signaling features
- 12.5/20/25 kHz bandwidth receiver – analog
- 12.5 kHz bandwidth receiver – digital
- Encryption capability (optional):
  - ▶ 48 Encryption keys
  - ▶ DVI-XL, DVP-XL, DES, DES-XL, DES-OFB, AES
- Integrated voice and data capable
- Meets Mil Specs 810 (C, D, E and F)
- Programmable Buttons
- Dash and Remote Mount Configurations
- Utilizes Windows®-based Customer Programming Software (CPS)
- Built in FLASHport™ support
- Optional Siren/PA
- Dual Control Head Operation (optional for W4, W5, W7, W9 control heads)

Motorola's XTL 5000 Project 25 compliant Mobile Radio is one tough performer for local law enforcement groups, utility and transportation users. Whether you are enroute or on site, across the street or across the state, this robust mobile radio assures crisp, continuous and high quality communication.

The XTL 5000 digital mobile radio supports APCO Project 16 and 25 and is available in 764-870 MHz in one frequency band.

It also supports ASTRO Spectra legacy Accessories and existing ASTRO Spectra Control Heads.

Specially designed for your organization's most demanding needs the XTL 5000 digital mobile radio is the most preferred radio for users who need high performance, quality and reliability in their daily communications.



**GENERAL PERFORMANCE SPECIFICATIONS**

Frequency Range	764-776 MHz (Talk-around) 794-806 MHz 806-825 MHz 851-870 MHz (Talk-around)
Modulation	C4FM of QPSK-C family (Compatible Quadrature Phase Shift Keying)
Protocol	Project 25-CAI
Channel Bandwidth	4.4 kbps IMBE, 2.8 kbps Error Correction Coding, 2.4 kbps Embedded Signaling
Analog	12.5/20/25 kHz
Digital	12.5 kHz

**VOICE CODER**

Voice Coding Method	IMBE (CAI) CVSD
	Improved Multi Band Excitation Continuously Variable Slope Delta Modulation (for SECURENET mode)
Voice Truncation	None (250 mSec for SECURENET Mode)
Frame Re-sync Interval	180 mSec (Clear Digital Mode)
Forward Error Correction	Golay code
Error Mitigation	Project 25-CAI (IMBE)
Dual Level	Level 1: Extrapolates and replaces 20 mSec voice frames that exceed the error correction algorithm tolerance. Level 2: Progressive muting of 20 mSec voice frames that are too severely damaged for Level 1 replacement.
Code Book Structure	APCO Project-25 (IMBE): No Code book

**SIGNALLING (ASTRO MODE)**

Signalling Rate	9.6 kbps
Digital ID Capacity	10,000,000 Conventional/48,000 Trunking
Digital Network Access Codes	4,096 network site addresses
ASTRO Digital User Group Addresses	4,096 network site addresses
Project 25-CAI Digital User Group Addresses	65,000 Conventional/4094 Trunking
Error Correction Techniques	Golay, BCH, Reed-Solomon codes
Data Access Control	Slotted CSMA: Utilizes infrastructure-sourced data status bits embedded in both voice and data transmissions.

**ENCRYPTION**

Encryption Algorithm Capacity	5 algorithms per radio
Encryption Keys per Radio	48 keys (ASTRO compatible)
Encryption Frame Re-sync Interval	Project 25-CAI: 360 mSec
Encryption Keying	Key Variable Loader
Synchronization	Counter Addressing and Cipher Feedback and Output Feedback
Code Key Generator	External hand held microprocessor controlled Key Variable Loader and Key Management Controller
Encryption Key Tag Capacity per System	65,000
Number of Unique Keys	Dependent on encryption algorithm
Code Key Initialization	Internally derived pseudo-random initializing vector
Key Storage	Volatile electronic memory or non-volatile electronic memory
Key Erasure	Keyboard command and tamper detection

ANEXO B: DATA SHEET DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO

SPEAKER	
Dimensions	5.5" x 5.5" x 2.5" (139.7 x 139.7 x 63.5 mm) (Excluding mounting bracket)
Weight	1.5 lbs. (0.7 kg)

TRANSMITTER	
Frequencies	764-776 MHz (Talk-around) 794-806 MHz 806-825 MHz 851-870 MHz (Talk-around)

RF Power Output 764-870 MHz Mobile	3.5W to 30W from 764-806 MHz 3.5W to 35W from 806-869 MHz 2 watt 700 MHz (Itinerant channels)
---------------------------------------	--

Maximum Frequency Separation	Full Bandsplit
------------------------------	----------------

Frequency Stability Operating Frequency Accuracy (-30C to +60C; +25C Ref.)	1.5 ppm
--	---------

Modulation Limiting 25/20 kHz channel	±5 kHz, ± 4 kHz (NPSAQC)
12.5 kHz channel	±2.5 kHz

Modulation Fidelity (C4FM) 12.5 kHz digital channel	±2.8 kHz
--	----------

Channel Spacing Analog	12.5/20/25 kHz
------------------------	----------------

FM Hum and Noise 20/25 kHz	40 dB
12.5 kHz	34 dB

Emissions (Conducted & Radiated)	-70 dBc/-85 dBc (GNSS)
----------------------------------	------------------------

Audio Response (6 db/Octave Pre-emphasis from 300 to 3000 Hz)	+1, -3 dB (EIA)
---	-----------------

Audio Distortion per EIA	2%
--------------------------	----

POWER AND BATTERY DRAIN	
Model Type	764-870
Minimum RF Power Output	10-35 Watt
Operation	12V DC Negative Ground
Standby at 13.8V	0.7A
Receive at Rated Audio at 13.8V	3.0A
Transmit at Rated Power	8A (15W), 13A (35W)

RECEIVER	
Frequencies	764-776 MHz 851-870 MHz
Channel Spacing	12.5 / 25 kHz
Maximum Frequency Separation	Full Bandsplit
Optional Pre-Amp	No
Analog Sensitivity 20 db Quietening	.30 uV
12 db SINAD per EIA	.25 uV
Digital Sensitivity 1% BER (12.5 kHz channel)	.30 uV
5% BER (12.5 kHz channel)	.25 uV
Intermodulation	80 dB
Spurious Response Rejection	80 dB
Audio Output Power at 3% distortion	7.5W into 8 Ohm 13W into 3.2 Ohm
Adjacent Channel Rejection Selectivity (12.5 kHz/25 kHz)	65 dB / 80 dB

FCC TYPE ACCEPTANCE ID		
Band	Transmitter Power Output	Number
764-806 MHz	3.5-30 Watt	AZ492FT5823
806-869 MHz	3.5-35 Watt	AZ492FT5823
700 MHz (Itinerant Channels)	2 watt	AZ492FT5823

MODEL TYPE	W3	W4	W5	W7	W9
Display	2 Line/14- Characters per line Liquid Crystal Display	1 Line/8- Characters Vacuum Fluorescent Display	1 Line/8- Characters Vacuum Fluorescent Display	1 Line/8- Characters Vacuum Fluorescent Display	1 Line/11- Characters Vacuum Fluorescent Display
Hardware Configuration	Hand Held Control Head	Rotary Mode & Volume Select	Electronic Mode & Volume Select	Electronic Mode & Volume Select	Electronic Mode & Volume Select
Numeric Keypad	Yes	No	No	Yes	Yes
Channel Capability	512	512	512	512	512
Remote Mount Control Head Dimensions (HxWxD)	5.4" x 2.4" x 1.2" (137.2 x 60.0 x 30.7 mm)	2.0" x 7.1" x 2.2" (50.8 x 180.3 x 55.9 mm)	2.0" x 7.1" x 2.2" (50.8 x 180.3 x 55.9 mm)	2.0" x 7.1" x 2.2" (50.8 x 180.3 x 55.9 mm)	3.4" x 6.5" x 1.7" (86.4 x 165.0 x 43.2 mm)
Dash Mount Radio	NA	2.0" x 7.1" x 9.1" (50.8 x 180.3 x 231.1 mm)	2.0" x 7.1" x 9.1" (50.8 x 180.3 x 231.1 mm)	2.0" x 7.1" x 9.1" (50.8 x 180.3 x 231.1 mm)	NA
Weight*	6.1 lbs. (2.8 kg)	6.1 lbs. (2.8 kg)	6.1 lbs. (2.8 kg)	6.1 lbs. (2.8 kg)	6.1 lbs. (2.8 kg)

\* Measurement shown is without Hang-up Clip. With Hang-up Clip W3 depth increases to 1.4".

\*\* Weight is for Dash Mount configuration. Remote Mount weight represents only transceiver weight.

NOTE: Analog specifications measured per IAW/EIA 600.

Digital mode specifications measured per IAW/EIA TSB02/CAAB.

**ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS**

Operating Temperature	-30°C / +60°C
Storage Temperature	-55°C / +85°C

**MILITARY STANDARDS 810 C, D, E, & F**

	MIL-STD 810C		MIL-STD 810D		MIL-STD 810E		MIL-STD 810F	
	Method	Proc./Cat.	Method	Proc./Cat.	Method	Proc./Cat.	Method	Proc./Cat.
Low Pressure	500.1	I	500.2	II	500.3	II	500.4	II
High Temperature Storage	501.1	I	501.2	I/A1	501.3	I/A1	501.4	I/Hot
High Temperature Operational	501.1	II	501.2	II/A1	501.3	II/A1	501.4	II/Hot
Low Temperature Storage	502.1	I	502.2	I/C3	502.3	I/C3	502.4	I/C3
Low Temperature Operational	502.1	I	502.2	II/C1	502.3	II/C1	502.4	II/C1
Temperature Shock	503.1	-	503.2	I/A1-C3	503.3	I/A1-C3	503.4	I/Hot-C3
Solar Radiation	505.1	II	505.2	I	505.3	I	505.4	I
Rain Blowing	506.1	I	506.2	I	506.3	I	506.4	I
Rain Steady	506.1	II	506.2	II	506.3	II	506.4	III
Humidity	507.1	II	507.2	II	507.3	II	507.4	-
Salt Fog	509.1	-	509.2	-	509.3	-	509.4	-
Blowing Dust	510.1	I	510.2	I	510.3	I	510.4	I
Blowing Sand			510.2	II	510.3	II	510.4	II
Vibration Minimum Integrity	514.2	VIII/F, Curve-W	514.3	I/10	514.4	I/10	514.5	I/24
Vibration Loose Cargo			514.3	II/3	514.4	II/3	514.5	II/5
Shock Functional	516.2	I	516.3	I	516.4	I	516.5	I
Shock Crash Hazard	516.2	III	516.3	V	516.4	V	516.5	V
Shock Bench Handling	516.2	V	516.3	VI	516.4	VI	516.5	VI



Motorola's Commercial, Government and Industrial Solutions Sector is a recipient of the prestigious 2002 Malcolm Baldrige National Quality Award. This honor demonstrates our commitment to performance excellence and quality achievement.



MOTOROLA, ASTRO and the stylized M Logo are registered in the U.S. Patent and Trademark Office. All other product or service names are the property of their respective owners. ©Motorola, Inc. 2003 (0304) VPS

Specifications subject to change without notice.

R3-1-2008

ASTRO SPECTRA PLUS



ASTRO models shown clockwise from top left are: Spectra W5, W3, W9, W7 and W4.



MODEL FEATURES

**SPECTRA W3**

- ▶ 512 Modes/Channels
- ▶ 2-Line/14-character alphanumeric display
- ▶ Electronic mode and volume control
- ▶ 3 x 6 Keypad with programmable soft keys

**SPECTRA W4**

- ▶ 128 Modes/Channels
- ▶ 8-Character alphanumeric display
- ▶ Rotary mode and volume control
- ▶ Dialing from prestored lists

**SPECTRA W5**

- ▶ 128 Modes/Channels
- ▶ 8-Character alphanumeric display
- ▶ Electronic mode and volume control
- ▶ Dialing from prestored lists

**SPECTRA W7**

- ▶ 512 Modes/Channels
- ▶ 8-Character alphanumeric display
- ▶ 3 x 4 Keypad for direct dialing
- ▶ Electronic mode and volume control

**SPECTRA W9**

- ▶ 512 Modes/Channels
- ▶ 11-Character alphanumeric display
- ▶ 3 x 4 Keypad for direct dialing
- ▶ Electronic mode and volume control

FEATURES

- ▶ Full 9600 Baud Features
- ▶ Limited 3600 Baud Features
- ▶ 800 MHz Band
- ▶ Multiple modes of operation in a single radio (ASTRO digital clear and encrypted, and Analog)
- ▶ Project 25 capable on Trunking systems
- ▶ Project 25 compliant interoperable voice signalling features
- ▶ **FLASHport™** capable
- ▶ 20/25 kHz bandwidth receiver – analog
- ▶ 12.5 kHz bandwidth receiver – digital
- ▶ Enhanced encryption capability (optional):
  - 48 Encryption keys
  - 5 Encryption algorithms
- ▶ ASTRO data capable
- ▶ High quality, error corrected digital voice
- ▶ High speed and embedded digital signalling (ASTRO)
- ▶ Meets Mil Specs 810 (C, D, and E)
- ▶ Programmable buttons
- ▶ Dash and remote mount configurations
  - W3: handheld control head
  - W9: remote mount only
- ▶ Optional Siren/PA (W4, W5, W7, W9)

**ANEXO B: DATA SHEET DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO**

<b>MODEL TYPE</b>	<b>W3</b>	<b>W4</b>	<b>W5</b>	<b>W7</b>	<b>W9</b>
<b>Display</b>	2 Line/14-Characters per line Liquid Crystal Display	1 Line/8-Characters Vacuum Fluorescent Display	1 Line/8-Characters Vacuum Fluorescent Display	1 Line/8-Characters Vacuum Fluorescent Display	1 Line/11-Characters Vacuum Fluorescent Display
<b>Hardware Configuration</b>	Hand Held Control Head	Rotary Mode & Volume Select	Electronic Mode & Volume Select	Electronic Mode & Volume Select	Electronic Mode & Volume Select
<b>Numeric Keypad</b>	Yes	No	No	Yes	Yes
<b>Channel Capability</b>	512	128	128	512	512
<b>Remote Mount Control Head Dimensions (HxWxD)</b>	5.4"x2.4"x1.2" <sup>**</sup> (137.2x60.0 x30.7 mm)	2.0"x7.1"x2.2" (50.8x180.3 x55.9 mm)	2.0"x7.1"x2.2" (50.8x180.3 x55.9 mm)	2.0"x7.1"x2.2" (50.8x180.3 x55.9 mm)	3.4"x6.5"x1.7" (86.4x165.0 x43.2 mm)
<b>Dash Mount Radio</b>	NA	2.0"x7.1"x8.6" (50.8x180.3 x218.4 mm)	2.0"x7.1"x8.6" (50.8x180.3 x218.4 mm)	2.0"x7.1"x8.6" (50.8x180.3 x218.4 mm)	NA
<b>Weight (Mid Power)</b>	6.1 lbs. (2.8 kg)	6.1 lbs. (2.8 kg)	6.1 lbs. (2.8 kg)	6.1 lbs. (2.8 kg)	6.1 lbs. (2.8 kg)
<b>Weight (High Power)</b>	11.2 lbs. (5.1 kg)	11.2 lbs. (5.1 kg)	11.2 lbs. (5.1 kg)	11.2 lbs. (5.1 kg)	11.2 lbs. (5.1 kg)

**Metering** All adjustments and alignments are performed electronically using an IBM compatible Personal Computer, a Radio Interface Cable and field maintenance software.

*\* Measurement shown is without a hang-up clip. With a hang-up clip, the WD depth increases to 1.4.*

**SPEAKER**

<b>Dimensions</b>	5.5"x5.5"x2.5" (139.7x139.7x63.5 mm) (Excluding mounting bracket)
<b>Weight</b>	1.5 lbs. (0.7 kg)

**FCC TYPE ACCEPTANCE ID**

<b>Band</b>	<b>Transmitter Power Output</b>	<b>Number</b>
800 (806-869)	15 Watts	AZ492FT5759
800 (806-869)	35 Watts**	AZ492FT5751

*\*\* 30 Watts Maximum in Talkaround*

**APPLICABLE MIL-STD 810E TESTING**

<b>Standard</b>	<b>Method</b>	<b>Procedure</b>	<b>Test</b>	<b>Radio Performance</b>
MIL-STD 810E	514.4	II Category 3	Vibration (Loose cargo transport)	Meets or exceeds published specs following vibration testing.
MIL-STD 810E	514.4	I Category 10	Vibration (Minimum integrity)	Meets or exceeds published specs following vibration testing.
MIL-STD 810E	516.4	VI	Shock (Bench Handling)	Meets or exceeds specs following shock testing.
MIL-STD 810E	516.4	I	Shock (Functional)	Meets or exceeds specs following shock testing.
MIL-STD 810E	516.4	V	Shock (Crash hazard)	Meets or exceeds specs following shock testing.
MIL-STD 810E	506.3	I	Rain (Wind driven)	Meets or exceeds specs following rain testing.
MIL-STD 810E	509.3	I	Salt Fog	Meets or exceeds specs following salt fog testing.
MIL-STD 810E	510.3	I	Blowing Dust	Meets or exceeds specs following dust testing.

*ASTRO Spectra Plus mobile radios also meet or exceed applicable requirements for MIL-STD 810C and 810D.*

**GENERAL PERFORMANCE SPECIFICATIONS**

<b>Modulation</b>	C4FM or QPSK-C family (Compatible Quadrature Phase Shift Keying)
<b>Protocol Project 25-CAI</b>	4.4 kbps IMBE, 2.8 kbps Error Correction Coding, 2.4 kbps Embedded Signalling
<b>Channel Bandwidth</b>	
<b>Analog</b>	20/25 kHz
<b>Digital</b>	12.5 kHz

**VOICE CODER**

<b>Voice Coding Method</b>	IMBE (CAI): Improved Multi Band Excitation
<b>Voice Truncation</b>	None
<b>Frame Re-sync Interval</b>	180 mSec (Clear Digital Mode)
<b>Forward Error Correction</b>	Golay code
<b>Error Mitigation</b>	
<b>Project 25-CAI (IMBE)</b>	
<b>Dual Level</b>	Level 1: Extrapolates and replaces 20 mSec voice frames that exceed the error correction algorithm tolerance. Level 2: Progressive muting of 20 mSec voice frames that are too severely damaged for Level 1 replacement.
<b>Code Book Structure</b>	APCO Project-25 (IMBE): No Code book

**SIGNALLING (ASTRO MODE)**

<b>Signalling Rate</b>	9.6 kbps
<b>Digital ID Capacity</b>	10,000,000 Conventional/48,000 Trunking
<b>Digital Network</b>	
<b>Access Codes</b>	4,096 network site addresses
<b>ASTRO Digital User</b>	
<b>Group Addresses</b>	4,096
<b>Project 25-CAI Digital</b>	
<b>User Group Addresses</b>	65,000 Conventional/4094 Trunking
<b>Error Correction</b>	
<b>Techniques</b>	Golay, BCH, Reed-Solomon codes
<b>Data Access Control</b>	Slotted CSMA: Utilizes infrastructure-sourced data status bits embedded in both voice and data transmissions.

**ENCRYPTION**

<b>Encryption Algorithm</b>	
<b>Capacity</b>	5 algorithms per radio
<b>Encryption Keys per Radio</b>	48 keys (ASTRO compatible)
<b>Encryption Frame</b>	
<b>Re-sync Interval</b>	Project 25-CAI: 360 mSec
<b>Encryption Keying</b>	Key Variable Loader
<b>Synchronization</b>	Counter Addressing and Cipher Feedback and Output Feedback
<b>Code Key Generator</b>	External hand held microprocessor controlled Key Variable Loader and Key Management Controller
<b>Encryption Key Tag</b>	
<b>Capacity per System</b>	65,000
<b>Number of Unique Keys</b>	Dependent on encryption algorithm
<b>Code Key Initialization</b>	Internally derived pseudo-random initializing vector
<b>Key Storage</b>	Volatile electronic memory or non-volatile electronic memory
<b>Key Erasure</b>	Keyboard command and tamper detection

**POWER AND BATTERY DRAIN**

<b>Model Type</b>	806-869
<b>Minimum RF Power Output</b>	15W-35W
<b>Operation</b>	12V DC Negative Ground
<b>Standby at 13.8V</b>	0.7A
<b>Receive at Rated Audio at 13.8V</b>	3.0A
<b>Transmit at Rated Power</b>	8A (15W), 13A (35W)

**800 MHZ TRANSMITTER**

<b>Frequency Range/Bandsplits</b>	806-824, 851-869 MHz
<b>Channel Spacing</b>	12.5/20/25 kHz
<b>Maximum Frequency Separation</b>	Full Bandsplit
<b>Frequency Stability†</b>	
<b>Operating Frequency Accuracy* (-30°C to +60°C; +25°C Ref.)</b>	±0.00015%
<b>Modulation Limiting†</b>	
25 kHz channel	±5.0 kHz
20 kHz channel	±4.0 kHz (NPSPEC)
<b>Modulation Fidelity (C4FM)*</b>	
12.5kHz Digital Channels	±2.8 kHz
<b>FM Hum &amp; Noise†</b>	
20/25 kHz	40 dB
12.5 kHz	NA
<b>Emissions (Conducted &amp; Radiated)†*</b>	-60 dBC
<b>Audio Response† (6 dB/Octave Pre-emphasis from 300 to 3000 Hz)</b>	+1, -3 dB (EIA)
<b>Audio Distortion per EIA†</b>	2%

**800 MHZ RECEIVER**

<b>Frequency Range/Bandsplits</b>	851-869 MHz
<b>Channel Spacing</b>	12.5/20/25 kHz
<b>Maximum Frequency Separation</b>	Full Bandsplit
<b>Optional Pre-Amp</b>	No
<b>Analog Sensitivity†</b>	
20 dB Quieting (20/25 kHz channel)	0.30 µV
12 dB SINAD per EIA (20/25 kHz channel)	0.25 µV
<b>Digital Sensitivity*</b>	
1 % BER (12.5 kHz channel)	0.30 µV
5% BER (12.5 kHz channel)	0.25 µV
<b>Adjacent Channel Rejection (Selectivity)†</b> (20/25 kHz channel)	80 dB
(12.5 kHz channel)	65 dB
<b>Intermodulation Rejection* (20/25 kHz channel)</b>	80 dB
<b>Spurious Response Rejection*</b>	83 dB
<b>Audio Output Power* (@ 3% Electrical Distortion)</b>	5W

† Measured in the analog mode per TIA/EIA 603.  
\* Measured in digital mode per TIA/EIA 158102 CAAB.  
All specifications are typical.



MOTOROLA and the stylized M Logo are registered in the U.S. Patent and Trademark Office. All other product or service names are the property of their respective owners.  
©Motorola, Inc. 2001

## RADIOS PORTÁTILES

### ASTRO XTS 5000

#### Specification Sheet

#### ASTRO XTS 5000™ Digital Portable Radio



#### MODEL I:

- ▶ Large PTT button
- ▶ Angled On/Off volume knob
- ▶ Orange emergency button
- ▶ Illuminated 16 position top mounted rotary knob
- ▶ 2 position concentric switch
- ▶ 3 position toggle switch
- ▶ Programmable monitor button
- ▶ 2 programmable side buttons
- ▶ Transmit LED indicator
- ▶ No keypad / No display
- ▶ Up to 48 channels

#### MODEL II:

- ▶ Same as XTS Model I features plus the following:
  - ▶ 512 channels
  - ▶ Dial from pre-stored lists
  - ▶ Programmable soft keys for easy access to radio menu
  - ▶ Backlit Keypad
    - 3 soft keys
    - 3 navigation keys
  - ▶ Full Bitmap Display
    - 2 lines icons
    - 4 lines w/12 characters per line
    - Status icons including battery and power indicator

#### MODEL III:

- ▶ Same as XTS Model I features plus the following:
  - ▶ 512 channels
  - ▶ Dial from pre-stored lists
  - ▶ Programmable soft keys for easy access to radio menu
  - ▶ Backlit Keypad
    - 3 soft keys
    - 3 navigation keys
    - 4 x 3 DTMF
  - ▶ Full Bitmap Display
    - 2 lines icons
    - 4 lines w/12 characters per line
    - Status icons including battery and power indicator

- ▶ Available in the 700/800 MHz and VHF bands
- ▶ Trunking standards supported: clear or encrypted APCO P16 and APCO P25
- ▶ Capable of Smartzone, Smartzone Omnilink, SMARTNET, and Conventional System Configurations and ASTRO 25 Trunked Operation
- ▶ Narrow and wide bandwidth digital receiver (12.5 kHz / 25 kHz)
- ▶ High speed and embedded digital signalling (ASTRO & ASTRO 25)
- ▶ Enhanced audio features
  - High quality, error corrected digital voice
  - Noise Reduction Software
  - Audio Gain Control
- ▶ Convenience Features
  - Time / Date
  - Caller ID
- ▶ Ruggedized housing option available in traditional black or public safety yellow
- ▶ Enhanced encryption capability (optional)
- ▶ Utilizes Windows-Based Customer Programming Software (CPS)
  - Supports USB and RS-232 communications
  - Built in FLASHport support
- ▶ Meets Applicable Mil Specs 810C, D, E and F
- ▶ Compatible with most MTS and XTS accessories
- ▶ Interchangeable display labels

TRANSMITTER			RECEIVER		
	Typical Performance Specifications			Typical Performance Specifications	
	700/800 MHz	VHF		700/800 MHz	VHF
Frequency Range/Bandsplits	700 MHz: 764-776, 773-797, 803-806 800 MHz: 806-824, 851-870	136-174 MHz	Frequency Range/Bandsplits	700 MHz: 764-767, 773-776 800 MHz: 851-870	136-174 MHz
Channel Spacing	12.5 / 25 kHz	12.5 / 25 kHz	Channel Spacing	12.5 / 25 kHz	12.5 / 25 kHz
Maximum Frequency Separation	Full Bandsplit	Full Bandsplit	Maximum Frequency Separation	Full Bandsplit	Full Bandsplit
Rated RF Output Power Adj*	764-806 MHz: 1 to 2.5 W 806-870 MHz: 1 to 3 W	1 to 6 W	Audio Output Power at Rated*	500 mW	500 mW
Frequency Stability* (-30°C to +60°C; +25°C Ref.)	±0.00015%	±0.00020%	Frequency Stability* (-30°C to +60°C; 25°C Ref.)	±0.00015%	±0.00020%
Modulation Limiting*			Analog Sensitivity*		
25 kHz chnl	±5.0 kHz	±5.0 kHz	12 dB SINAD	.25 µV	.20 µV
NPSAC chnl	±4.0 kHz	N/A	Digital Sensitivity**		
12.5 kHz chnl	±2.5 kHz	±2.5 kHz	1% BER	.40 µV	.25 µV
			5% BER	.25 µV	.20 µV
Emissions* (Conducted & Radiated)	-75 dBc	-75 dBc	Selectivity*		
Audio Response* (6 dB/Octave Pre-emphasis from 300 to 3000 Hz)	+1, -3 dB	+1, -3 dB	25 kHz chnl	-72 dB	-80 dB
FM Hum & Noise Radio*			12.5 kHz chnl	-63 dB	-63 dB
25 kHz	-45 dB	-48 dB	Intermodulation*	-75 dB	-78 dB
12.5 kHz	-40 dB	-42 dB	Spurious Rejection*	-75 dB	-80 dB
Audio Distortion*	1.5%	1%	FM Hum and Noise*		
			25 kHz	-48 dB	-56 dB
			12.5 kHz	-40 dB	-50 dB
			Audio Distortion*	1.5%	1%

\* Measured in the analog mode per IIA / EIA 803 under nominal conditions.  
\*\* Measured in digital mode per IIA / EIA IS 102.C.4AA under nominal conditions.

RADIO MODELS						
	Display	Keypad	Channel Capacity	FLASHport Memory	700/800 MHz Band (764-870 MHz)	VHF (136-174 MHz)
Model I	None	None	16/48	8MB	H18UCC9PW5_N	H18KEC9PW5_N
Model II	2 lines of icons 4 lines of text 12 characters per line LCD	3x2	512	8MB	H18UCF9PW6_N	H18KEF9PW6_N
Model III	2 lines of icons 4 lines of text 12 characters per line LCD	3x6	512	8MB	H18UCH9PW7_N	H18KEH9PW7_N
FCC Designation					AZ489FT5806	VHF: AZ489FT3804
FCC Emissions Designators	8K10F1E, 20K0F1E, 16K0F3E, 8K10F1D, 11K0F3E					
Power Supply	700/800MHz: One rechargeable nickel-cadmium, or one optional nickel-metal hydride or lithium ion battery VHF: One rechargeable nickel-metal hydride, or one optional nickel cadmium or lithium ion battery					
Dimensions without battery (HxWxL)	6.58" x 2.44" x 1.83"					
Weight without battery	12.62 oz					

<b>BATTERIES FOR ASTRO DIGITAL XTS 5000</b>					
Battery Capacity / Type	Dimensions (HxWxD)	Weight	Battery Part Numbers	Battery Capacity	Duty Cycle
High Capacity NiCD	6.15" x 2.3" x .92"	11.10 oz	NTN8294	1525 mAh	5-5-90 / 8 hr.
High Capacity NiCD FM	6.15" x 2.3" x .92"	11.10 oz	NTN8295	1525 mAh	5-5-90 / 8 hr.
High Capacity NiCD Rugged FM	6.15" x 2.3" x .92"	11.10 oz	NTN8297	1525 mAh	5-5-90 / 8 hr.
High Capacity NiMH	6.15" x 2.3" x .92"	9.53 oz	NTN8923	1800 mAh	5-5-90 / 9 hr.
High Capacity NiMH FM	6.15" x 2.3" x .92"	9.53 oz	NTN8299	1750 mAh	5-5-90 / 8 hr.
High Capacity Lithium Ion	6.15" x 2.3" x .60"	6.98 oz	NTN8610	1650 mAh	5-5-90 / 8 hr.

<b>PORTABLE MILITARY STANDARDS 810 C, D, E &amp; F</b>								
	MIL-STD 810C		MIL-STD 810D		MIL-STD 810E		MIL-STD 810F	
	Method	Proc./Cat.	Method	Proc./Cat.	Method	Proc./Cat.	Method	Proc./Cat.
Low Pressure	500.1	I	500.2	II	500.3	II	500.4	II
High temperature	501.1	I, II	501.2	I/A1, II/A1	501.3	I/A1, II/A1	501.4	I/Hot, II/Hot
Low Temperature	502.1	I	502.2	I/C3, II/C1	502.3	I/C3, II/C1	502.4	I/C3, II/C1
Temperature Shock	503.1	-	503.2	I/A1C3	503.3	I/A1C3	503.4	I
Solar Radiation	505.1	II	505.2	I	505.3	I	505.4	I
Rain	506.1	I, II	506.2	I, II	506.3	I, II	506.4	I, III
Humidity	507.1	II	507.2	II	507.3	II	507.4	-
Salt Fog	509.1	-	509.2	-	509.3	-	509.4	-
Blowing Dust	510.1	I	510.2	I	510.3	I	510.4	I
Immersion*	512.1	I	512.2	I	512.3	I	512.4	I
Vibration	514.2	VII/F, Curve-W	514.3	I/10, II/3	514.4	I/10, II/3	514.5	I/24
Shock	516.2	I, II	516.3	I, IV	516.4	I/IV	516.5	I, IV

<b>ENCRYPTION</b>	
Supported Encryption Algorithms	AES, DES-XL and DES-OFB, DVP-XL, DVI-XL
Encryption Algorithm Capacity	8
Encryption Keys per Radio	48 common Key Reference (CKR) Encryption Keys 16 Physical Identifier (PID) Encryption Keys
Encryption Frame	
Re-sync Interval	P25 CAI 360 msec
Encryption Keying	Key Loader
Synchronization	CFB - Cipher Feedback XL - Counter Addressing OFB - Output Feedback
Vector Generator	National Institute of Standards and Technology (NIST) approved random number generator
Encryption Type	Digital
Key Storage	Tamper protected volatile or non volatile memory
Key Erasure	Keyboard command and tamper detection
Standards	FIPS 46-2 FIPS 81 FIPS 140-1 Level 1

\* For rugged models only.

<b>ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS</b>	
Operating Temperature	-30°C / +60°C
Storage Temperature	-40°C / +85°C
Humidity	Per MIL-STD
ESD	IEC 801-2KV
Water & Dust Intrusion	IP54, IPX7*, MIL-STD

<b>RUGGED OPTION SPECIFICATIONS</b>	
Leakage (immersion)	MIL-STD-810 C, D, E, F Method 512.X Procedure I: IPX7*

ASTRO XTS 2500



**MODEL I:**

- ▶ PTT button
- ▶ On/Off volume knob
- ▶ Programmable orange emergency button
- ▶ 16-position top mounted rotary knob
- ▶ 3 position concentric switch
- ▶ Programmable monitor button
- ▶ 2 programmable side buttons
- ▶ Transmit LED indicator
- ▶ No keypad / No display
- ▶ Up to 48 channels

**MODEL II:**

- Same as XTS Model I features plus the following:
- ▶ 160 channels
  - ▶ Dial from pre-stored lists
  - ▶ Programmable soft keys for easy access to radio menu
  - ▶ Backlit Keypad
    - 3 soft keys
    - 3 navigation keys
  - ▶ Large Bitmap Display
    - 2 lines icons
    - 4 lines with 12 characters per line
    - Status icons including battery and received signal strength indicator

**MODEL III:**

- Same as XTS Model I features plus the following:
- ▶ 160 channels
  - ▶ Dial from pre-stored lists
  - ▶ Programmable soft keys for easy access to radio menu
  - ▶ Backlit Keypad
    - 3 soft keys
    - 3 navigation keys
    - 4 x 3 alphanumeric keypad
  - ▶ Large Bitmap Display
    - 2 lines icons
    - 4 lines with 12 characters per line
    - Status icons including battery and received signal strength indicator

- ▶ 700/800 MHz band
- ▶ Trunking standards supported
  - APCO Project 16 (3600 control channel)
  - or
  - APCO Project 25 (9600 control channel)
- ▶ System configurations
  - ASTRO® Analog and Digital Trunking with Mutual Aid
  - or
  - ASTRO®25 Digital Trunking with Mutual Aid
- ▶ Narrow and wide bandwidth digital receiver (12.5 kHz, 20 kHz, 25 kHz)
- ▶ High speed and embedded digital signalling (ASTRO)
- ▶ Enhanced Audio Features
  - High quality, error corrected digital voice
  - Noise Reduction Software
  - Audio Gain Control
- ▶ Convenience Features
  - Time / Date
  - Caller ID
- ▶ Utilizes Windows-Based Customer Programming Software (CPS)
  - Supports USB and RS-232 communications
  - Built in FLASHport support
- ▶ Meets Mil Specs 810 C, D, E and F
- ▶ Compatible with most MTS and XTS accessories

TRANSMITTER		RECEIVER	
Typical Performance Specifications		Typical Performance Specifications	
<b>Frequency Range</b>	700 MHz: 764-776, 773-797, 803-806 800 MHz: 806-824, 851-870	<b>Frequency Range</b>	700 MHz: 764-767, 773-776 800 MHz: 851-870
<i>Note: Radio covers entire 700 MHz and 800 MHz frequency ranges.</i>		<i>Note: Radio covers entire 700 MHz and 800 MHz frequency ranges.</i>	
<b>Channel Spacing</b>	12.5 / 20 / 25 kHz	<b>Channel Spacing</b>	12.5 / 20 / 25 kHz
<b>Maximum Frequency Separation</b>	Full Band	<b>Maximum Frequency Separation</b>	Full Band
<b>Rated RF Output Power Adj*</b>	764-806 MHz: 1 to 2.5 W 806-870 MHz: 1 to 3 W	<b>Audio Output Power at Rated*</b>	500 mW
<b>Frequency Stability*</b> (-30°C to +60°C; +25°C Ref.)	±0.00015%	<b>Frequency Stability*</b> (-30°C to +60°C; 25°C Ref.)	±0.00015%
<b>Modulation Limiting*:</b>		<b>Analog Sensitivity*</b>	
25 kHz chnl	±5.0 kHz	12 dB SINAD	.25 µV
NPSAC chnl	±4.0 kHz	<b>Digital Sensitivity**</b>	
12.5 kHz chnl	±2.5 kHz	1% BER	.40 µV
<b>Emissions*</b> (Conducted & Radiated)	-75 dBc	5% BER	.25 µV
<b>Audio Response*</b> (6 dB/Octave Pre-emphasis from 300 to 3000 Hz)	+1, -3 dB	<b>Selectivity*</b>	
<b>FM Hum &amp; Noise Radio*</b>		25 kHz chnl	-72 dB
25 kHz	-43 dB	12.5 kHz chnl	-63 dB
12.5 kHz	-40 dB	<b>Intermodulation*</b>	-74 dB
<b>Audio Distortion*</b>	2.0%	<b>Spurious Rejection*</b>	-75 dB
		<b>FM Hum and Noise*</b>	
		25 kHz	-47 dB
		12.5 kHz	-40 dB
		<b>Audio Distortion*</b>	2.5%

\* Measured in the analog mode per TIA / EA 603  
 \*\* Measured in digital mode per TIA/EIA IS 102.CAAA  
 Specifications subject to change without notice.

RADIO MODELS					
	Display	Keypad	Channel Capacity	FLASHport Memory	700/800 MHz Band (764-870 MHz)
<b>Model I</b>	None	None	16/48	4MB	H46UCC9PW5_N
<b>Model II</b>	2 lines of icons 4 lines 12 characters per line LCD	3x2	160	4MB	H46UCF9PW6_N
<b>Model III</b>	2 lines of icons 4 lines 12 characters per line LCD	3x6	160	4MB	H46UCH9PW7_N
<b>FCC Designation</b>	AZ489FT5804				
<b>FCC Emissions Designators</b>	11K0F3E, 16K0F3E, 8K10F1E, 8K10F1D				
<b>Power Supply</b>	One rechargeable nickel-cadmium, or nickel-metal hydride				
<b>Dimensions without battery (HxWxL)</b>	6.00" x 2.30" x 1.50"				
<b>Weight without battery</b>	11.0 oz				

<b>BATTERIES FOR ASTRO DIGITAL XTS 2500</b>					
Battery Capacity / Type	Dimensions (HxWxD)	Weight	Battery Part Numbers	mAH	Duty Cycle
High Capacity NiCD	4.86" x 2.37" x .968"	8.85 oz	NTN9815	1525	5-5-90 / 8 hr.
High Capacity NiCD FM	4.86" x 2.37" x .968"	8.85 oz	NTN9816	1525	5-5-90 / 8 hr.
High Capacity NiMH	4.86" x 2.37" x .968"	9.63 oz	NTN9858	1800	5-5-90 / 9 hr.
High Capacity NiMH FM	4.86" x 2.37" x .968"	9.63 oz	NTN9857	1750	5-5-90 / 8 hr.

<b>PORTABLE MILITARY STANDARDS 810 C, D, E &amp; F</b>								
	MIL-STD 810C		MIL-STD 810D		MIL-STD 810E		MIL-STD 810F	
	Method	Proc./Cat.	Method	Proc./Cat.	Method	Proc./Cat.	Method	Proc./Cat.
Low Pressure	500.1	I	500.2	II	500.3	II	500.4	II
High temperature	501.1	I, II	501.2	I/A1, II/A1	501.3	I/A1, II/A1	501.4	I/Hot, II/Hot
Low Temperature	502.1	I	502.2	I/C3, II/C1	502.3	I/C3, II/C1	502.4	I/C3, II/C1
Temperature Shock	503.1	I*	503.2	I/A1C3	503.3	I/A1C3	503.4	I
Solar Radiation	505.1	II	505.2	I	505.3	I	505.4	I
Rain	506.1	I, II	506.2	I, II	506.3	I, II	506.4	I, III
Humidity	507.1	II	507.2	II	507.3	II	507.4	I*
Salt Fog	509.1	I*	509.2	I*	509.3	I*	509.4	I*
Blowing Dust	510.1	I	510.2	I	510.3	I	510.4	I
Vibration	514.2	VII/VF, Curve-W	514.3	I/10, IV/3	514.4	I/10, IV/3	514.5	I/24
Shock	516.2	I, II	516.3	I, IV	516.4	I/IV	516.5	I, IV

\*Military Standards specify a single procedure for this test.

<b>ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS</b>	
Operating Temperature	-30°C / +60°C
Storage Temperature	-40°C / +85°C
Humidity	Per MIL-STD
ESD	IEC 801-2KV
Water & Dust Intrusion	IP54, MIL-STD

## ANTENAS

### ANTENA OMNIDIRECCIONAL PARA ESTACIÓN BASE



Omni Antennas

25-1990 MHz



#### Applications

Omnidirectional antennas radiate maximum power uniformly in all directions, in the horizontal plane. These center-fed collinear antennas ensure consistent gain and impedance across the frequency band for a wide variety of applications, including land mobile radio services from 806-960 MHz. RFS has been supplying omni antennas since the early days of radio communication. The portfolio includes antennas for extensive rural coverage.

Antenna Brands:

- Super Stationmaster™
- Stationmaster II®
- Storm Chief™

#### Features & Benefits

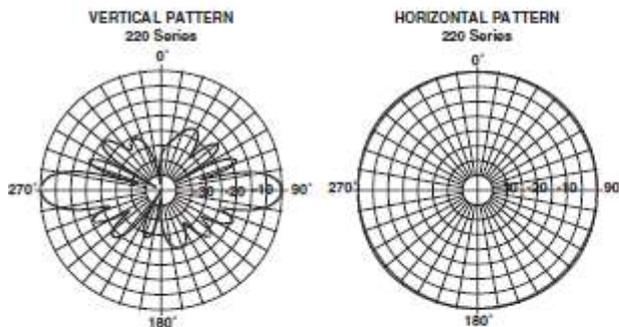
- Rugged construction assures system reliability in most environments
- Broad range of product families from 25 MHz to 1990 MHz
- Broadband options reduce backup inventory and the need for multiple antennas
- Careful choice of materials maximize system performance while minimizing the possibility of intermod.



Tower with RFS Omni Antennas

BASE STATION ANTENNAS

#### Typical Patterns



220 Series



## Omni Antennas



BASE STATION  
ANTENNAS

2

### Selection Guide by Frequency Range

Antenna Series	Model Number	Frequency Range, MHz	Gain, dBi (dBd)	Overall Length, m (ft)	Vertical Beamwidth, deg	Connector Type
<b>406-512 MHz OMNIDIRECTIONAL ANTENNAS</b>						
BA6012 Series	BA6012-0	406-512	2.1 (0)	1.13 (3.7)	67	N Female
BA6012 Series	BA6012-1	449-471	2.1 (0)	0.82 (2.7)	67	N Female
BA6012 Series	BA6012-2	468-492	2.1 (0)	0.82 (2.7)	67	N Female
<b>746-960 MHz SUPER STATIONMASTER™ OMNI ANTENNAS</b>						
AO7606 Series	AO7606-24T0	746-776	8.1 (6.0)	2.62 (8.6)	12	N Female
AO7606 Series	AO7606-54T0	746-776	8.1 (6.0)	2.62 (8.6)	12	7-16 DIN Female
AO7806 Series	AO7806-24T0	764-806	8.1 (6.0)	2.62 (8.6)	12	N Female
AO7806 Series	AO7806-54T0	764-806	8.1 (6.0)	2.62 (8.6)	12	7-16 DIN Female
10017 Series	10017-1	800-836	12.1 (10)	4.56 (14.96)	5.5	N Female
10017 Series	10017-2	820-855	12.1 (10)	4.47 (14.67)	6	N Female
10017 Series	10017-3	845.5-880.5	12.1 (10)	4.36 (14.29)	6	N Female
10017 Series	10017-4	865-900	12.1 (10)	4.29 (14.06)	6	N Female
10017 Series	10017-4E	865-900	12.1 (10)	4.29 (14.06)	6	7/8 EIA Flange
10017 Series	10017-5	862-898	12.1 (10)	4.29 (14.06)	6	N Female
10017 Series	10017-6	925-960	12.1 (10)	4.05 (13.28)	6	N Female
10017 Series	10017-7	806-841	12.1 (10)	4.53 (14.87)	6	N Female
10017 Series	10017-8	900-935	12.1 (10)	4.14 (13.58)	6	N Female
10017 Series	10017-9	831-866	12.1 (10)	4.42 (14.5)	6	N Female
1108 Series	1108-1	806-869	8.1 (6)	2.47 (8.09)	12	N Female
1108 Series	1108-3	900-960	8.1 (6)	2.27 (7.46)	12	N Female
1109 Series	1109-1	806-869	10.1 (8)	3.14 (10.3)	8	N Female
1109 Series	1109-6	895-960	10.1 (8)	2.89 (9.47)	8	N Female
1110 Series	1110-1	800-836	11.1 (9)	3.54 (11.61)	6	N Female
1110 Series	1110-5	925-960	11.1 (9)	3.46 (11.34)	6	N Female
1110 Series	1110-6	806-841	11.1 (9)	3.86 (12.65)	6	N Female
1110 Series	1110-7	831-866	11.1 (9)	3.76 (12.34)	6	N Female
1110 Series	1110-8	862-898	11.1 (9)	3.65 (11.98)	6	N Female
1110 Series	1110-11	890-960	11.1 (9)	3.54 (11.61)	6	N Female
AO8410M Series	AO8410M-24T0	806-869	12.1 (10)	4.72 (15.5)	5.5	N Female
AO8410M Series	AO8410M-24T3	806-869	12.1 (10)	4.72 (15.5)	5.5	N Female
AO8410M Series	AO8410M-54T0	806-869	12.1 (10)	4.72 (15.5)	5.5	7-16 DIN Female
AO8410M Series	AO8410M-54T3	806-869	12.1 (10)	4.72 (15.5)	5.5	7-16 DIN Female
AO8609 Series	AO8609-24T0	824-894	11.1 (9)	3.69 (12.1)	6	N Female
AO8609 Series	AO8609-54T0	824-894	11.1 (9)	3.69 (12.1)	6	7-16 DIN Female
<b>806-960 MHz OMNIDIRECTIONAL ANTENNAS</b>						
AO8610 Series	AO8610-2T0	824-894	12.1 (10)	5.03 (16.5)	4.5	N Female
AO8610 Series	AO8610-5T0	824-894	12.1 (10)	5.03 (16.5)	4.5	7-16 DIN Female
10022 Series	10022-1	806-880	2.1 (0)	0.52 (1.7)	80	N Female
10022 Series	10022-2	836-896	2.1 (0)	0.52 (1.7)	80	N Female
10022 Series	10022-3	880-960	2.1 (0)	0.52 (1.7)	80	N Female
AO9009-3	AO9009-3	890-960	10.5 (8.4)	3.11 (10.2)	6.5	7-16 DIN Female
<b>806-960 MHz OMNIDIRECTIONAL COLLINEAR ANTENNAS</b>						
1610 Series	1610-1	806-866	6.1 (4)	1.07 (3.5)	25	N Female
1610 Series	1610-2	820-880	6.1 (4)	1.04 (3.4)	25	N Female
1610 Series	1610-3	836-896	6.1 (4)	1.01 (3.3)	25	N Female
1610 Series	1610-4	896-960	6.1 (4)	0.94 (3.1)	25	N Female
<b>1710-1880 MHz OMNIDIRECTIONAL ANTENNAS</b>						
AO1803-1	AO1803-1	1710-1880	5.5 (3.4)	0.63 (2.08)	20	N Female
<b>1850-1990 MHz OMNIDIRECTIONAL ANTENNAS</b>						
AO1903-1	AO1903-1	1850-1990	5.5 (3.4)	0.63 (2.08)	20	N Female

*ANTENA Yagui PARA ESTACIÓN BASE*

	<p><b>DB499-A</b> Yagi Antenna</p>	<p><b>Decibel®</b> Base Station Antennas</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Rugged, heavy-duty designs for years of trouble-free service</li> <li>■ Enclosed driven element protects against icing, water penetration and corrosion</li> <li>■ Unique mounts allows vertical or horizontal polarization</li> <li>■ Easily phased together for traditional gain</li> </ul>		
<p><b>ELECTRICAL</b></p>		
<p>Frequency (MHz) : 808 - 809                  Polarization : Vertical                  Gain (dBd/dBi) : 10/12.1                  Azimuth BW (Deg.): 60                  Elevation BW (Deg.): 30                  Beam Tilt (Deg.): 0                  Front-To-Back Ratio* (dB) : 15                  VSWR : &lt;1.5:1                  Max. Input Power (Watts) : 150                  Impedance (Ohms) : 50                  Lightning Protection : DC Ground</p>		
<p><b>MECHANICAL</b></p>		
<p>Weight : 2.2 kg (5 lb)                  Dimensions (LxWxD) : 787 x 152 x 25 mm                  (31 x 6 x 1 in)                  Max. Wind Speed : 201 km/h (125 mph)                  Hardware Material : Galvanized Steel                  Connector Type : N - Type Female                  (1, Bottom)                  Color : Gold                  Standard Mounting Hardware : V-Bolts</p>		

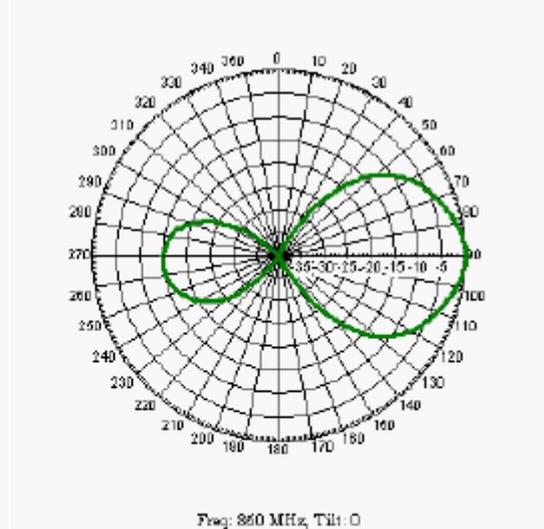
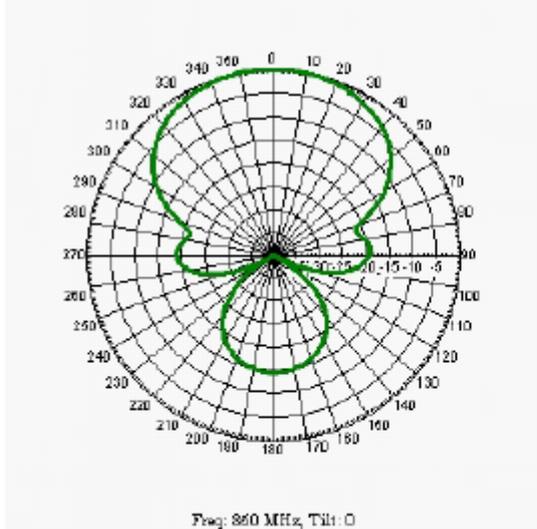
Andrew Corporation  
 2601 Telecom Parkway  
 Richardson, Texas U.S.A 75082-3521  
 Tel: 214.631.0310

Fax: 214.631.4706  
 Toll Free Tel: 1.800.676.5342  
 Fax: 1.800.229.4706  
 www.andrew.com

\* - Indicates Typical  
 4/24/2007  
 dbtech@andrew.com

*Information correct at date of issue but may be subject to change without notice.*

	<b>DB499-A</b> Yagi Antenna	<b>Decibel®</b> Base Station Antennas
<b>AZIMUTH PATTERN</b>		<b>ELEVATION PATTERN</b>



Andrew Corporation  
 2601 Telecom Parkway  
 Richardson, Texas U.S.A 75082-3521  
 Tel: 214.631.0310

Fax: 214.631.4706  
 Toll Free Tel: 1.800.676.5342  
 Fax: 1.800.229.4706  
 www.andrew.com

\* - Indicates Typical  
 4/24/2007  
 dbtech@andrew.com

*Information correct at date of issue but may be subject to change without notice.*

**ANEXO C: ANÁLISIS DE TRÁFICO DEL SISTEMA VHF DE  
PETROCOMERCIAL**

Para realizar el cálculo de tráfico que tiene que soportar el Sistema de Radio Troncalizado, se va a calcular el tráfico que soporta el Sistema VHF de PETROCOMERCIAL, para luego proyectarlo y así tener un estimado del tráfico a soportar por el sistema diseñado.

Para el cálculo de tráfico primero se necesita saber el número de llamadas que se realizan en una hora ( $\bar{\mu}$ ) y su duración promedio en segundos ( $\bar{H}$ ), para lo cual se a tomado en cuenta las horas con mayor tráfico, estas son a la hora de entrada y de salida que es donde los operadores reportan las condiciones de bombeo. A continuación se presentan tablas en las que se calcula la intensidad de tráfico (A) de cada Sitio de Repetición, para luego mediante una calculadora de Erlang C, determinar el número de canales por Sitio de Repetición.

### BALAO

Llamadas	7:00 -8:00	16:00 -17:00
1	1	18
2	21	16
3	22	9
4	9	27
5	18	22
6	12	20
7	11	7
8	8	28
9	1	22
10	1	25
11	4	6
12	12	6
13	12	16
14	29	9
15	20	13
16	24	17
17	8	15
18	18	27
19	25	20
20	9	14
21	28	26
22	2	1
23	18	6
24	29	2
25	15	0
26	20	0
27	26	0
28	18	0
29	25	0

<b>30</b>	29	0
$\bar{\mu}$	30	24
$\bar{H}$	15,83	15,50
<b>A=</b>	0,13194	Erlang

## ATACAZO

Llamadas	7:00 -8:00	16:00 -17:00
1	14	7
2	9	27
3	28	2
4	20	10
5	22	8
6	29	25
7	4	21
8	21	16
9	26	24
10	22	25
11	17	11
12	3	26
13	14	4
14	1	4
15	26	18
16	2	1
17	7	7
18	6	29
19	24	11
20	7	17
21	19	28
22	24	21
23	3	19
24	18	6
25	6	0
26	19	0
27	4	0
28	3	0
29	21	0
30	7	0
$\bar{\mu}$	30	24
$\bar{H}$	14,20	15,29
<b>A=</b>	0,11833	Erlang

## PICHINCHA

Llamadas	7:00 -8:00	16:00 -17:00
1	11	26
2	2	12
3	12	4
4	29	4
5	24	3
6	29	16

7	20	6
8	19	9
9	16	16
10	28	7
11	19	9
12	6	16
13	3	14
14	5	23
15	9	14
16	27	20
17	24	10
18	2	22
19	25	2
20	20	24
21	4	27
22	20	24
23	12	16
24	21	6
25	10	7
26	5	11
27	23	1
28	2	17
29	12	0
30	15	0
31	27	0
32	27	0
33	18	0
34	3	0
35	4	0
$\bar{\mu}$	35	28
$\bar{H}$	13,00	11,32
A=	0,12639	Erlang

## GUAMANÍ

Llamadas	7:00 -8:00	16:00 -17:00
1	4	21
2	8	15
3	11	17
4	2	18
5	20	18
6	18	28
7	10	18
8	6	22
9	17	0
10	26	0
$\bar{\mu}$	10	8
$\bar{H}$	12,20	19,63
A=	0,03389	Erlang

**CONDIJUA**

Llamadas	7:00 -8:00	16:00 -17:00
1	23	4
2	3	11
3	11	16
4	20	10
5	5	1
6	4	23
7	29	11
8	26	23
9	8	0
10	15	0
$\bar{\mu}$	10	8
$\bar{H}$	14,40	12,38
A=	0,04000	Erlang

**TRES CRUCES**

Llamadas	7:00 -8:00	16:00 -17:00
1	13	4
2	11	7
3	8	7
4	27	23
5	3	0
$\bar{\mu}$	5	4
$\bar{H}$	12,40	10,25
A=	0,01722	Erlang

**LUMBAQUI**

Llamadas	7:00 -8:00	16:00 -17:00
1	24	19
2	15	4
3	15	28
4	12	20
5	22	28
6	22	23
7	5	17
8	6	9
9	24	21
10	12	3
11	2	7
12	9	1
13	21	12
14	7	14
15	21	27
16	29	6
17	28	25
18	1	24

19	15	26
20	25	13
21	6	17
22	9	23
23	17	8
24	17	26
25	23	0
26	9	0
27	26	0
28	9	0
29	16	0
30	13	0
$\bar{\mu}$	30	24
$\bar{H}$	15,33	16,71
A=	0,32778	Erlang

**SHUSHUFINDI**

Llamadas	7:00 -8:00	16:00 -17:00
1	16	22
2	16	6
3	7	27
4	20	15
5	5	0
$\bar{\mu}$	5	4
$\bar{H}$	12,80	17,50
A=	0,01778	Erlang

**PILISURCO**

Llamadas	7:00 -8:00	16:00 -17:00
1	12	20
2	16	11
3	2	6
4	27	25
5	15	8
6	26	18
7	9	21
8	2	29
9	15	0
10	22	0
$\bar{\mu}$	10	8
$\bar{H}$	14,60	17,25
A=	0,04056	Erlang

**CERRO AZUL**

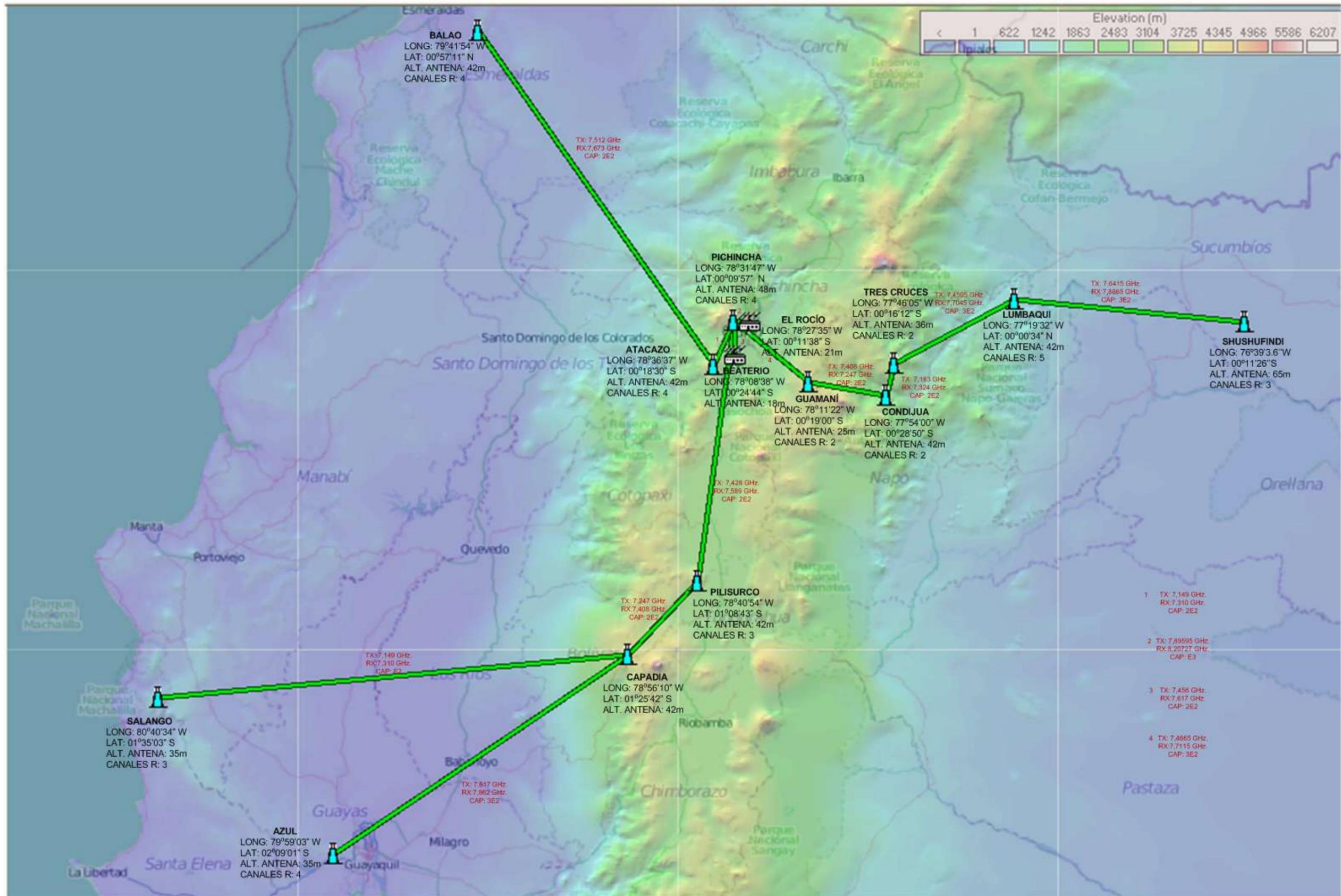
Llamadas	7:00 -8:00	16:00 -17:00
1	20	22

2	16	5
3	6	9
4	3	23
5	23	3
6	21	5
7	21	21
8	11	5
9	4	25
10	12	14
11	28	8
12	4	1
13	4	7
14	21	3
15	21	29
16	13	21
17	22	27
18	20	3
19	4	26
20	23	3
21	5	0
22	25	0
23	10	0
24	19	0
25	3	0
$\bar{\mu}$	25	20
$\bar{H}$	14,36	13,00
A=	0,09972	Erlang

**CERRO SALANGO**

Llamadas	7:00 -8:00	16:00 -17:00
1	2	1
2	9	5
3	13	1
4	11	13
5	3	17
6	28	10
7	12	10
8	21	17
9	24	11
10	12	10
11	15	27
12	20	11
13	25	0
14	16	0
15	5	0
$\bar{\mu}$	15	12
$\bar{H}$	14,40	11,08
A=	0,06000	Erlang

**ANEXO D: DIAGRAMA DE LA RED DE RADIO  
TRONCALIZADO DE PETROECUADOR Y SUS FILIALES**



**ANEXO E: INFORMACIÓN PARA COTIZACIÓN DEL  
PROYECTO**

Para que la empresa proveedora de los equipos del presente proyecto realice una correcta cotización de los mismos, es necesario, proporcionar información de la estructura y características del diseño de la red.

El Sistema de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y sus Filiales se encuentra diseñado con la tecnología ASTRO 25 de Motorola, en la banda de los 800MHz.

### **SITIO MASTER**

Sitio Master ARC 4000

En el Sitio Master se consolida las aplicaciones de administración de red y del controlador de zona en un servidor Sun Netra T2000 y emplea una Gateway de paquete de datos para la información en los sistemas integrales de Voz y Datos.

También posee un ruteador consolidado principal, un conmutador de Ethernet, un servidor terminal de 8 puertos y de la compuerta firewall de VPN. Además la compuerta PDG utiliza dos servidores DL360 de HP.

<b>SITIO MASTER</b>			
<b>#</b>	<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>
1	Sitio Master ARC 4000	Motorola	Equipo Completo para Sitio Master ASTRO 25
1	Servidor Referencial de Tiempo de red TRACK 9100	Motorola	Unidad de tiempo de referencia basada en un GPS
1	Servidor de Señalización Adjunto CT	Pentium	Provee un enlace de control de llamada entre el controlador de zona y el PBX
1	PBX Avaya		Para atender un grupo de líneas telefónicas CO, de la PSTN
1	Cancelador de Eco		Para eliminar un posible eco y mejorar la calidad de voz
2	Antena Omnidireccional	RFS 24TO	
4	Conectores N-Macho		
36m	Cable LDF5-50A Heliax corrugado 7/8"(m)		

## SITIO DE REPETICIÓN

El Sistema de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y sus Filiales posee 11 Sitios de Repetición para alcanzar a dar la cobertura necesaria.

SITIO DE REPETICIÓN			
#	Equipo	Marca	Descripción
1	Estación Base GTR 8000	Motorola	Equipo Completo para Sitio de Repetición.
1	Switch Ethernet Procurve 2524	HP	Provee puertos 10/100 Base-T LAN
1	Ruteador de Sitio Remoto S2500	Motorola	Provee un interface WAN, para el tráfico de datos al controlador de zona

Las características de cada Sitio de Repetición se detallan a continuación:

	# Ch	# Antenas	Antena	# conectores	Conector	Cable LDF5-50A Heliax corrugado 7/8"(m)
<b>BALAO</b>	4	2	Omnidireccional RFS 24TO	4	N-Macho	84
<b>ATACAZO</b>	4	2	Omnidireccional RFS 24TO	4	N-Macho	84
<b>PICHINCHA</b>	4	2	Omnidireccional RFS 24TO	4	N-Macho	96
<b>GUAMANÍ</b>	2	2	Yagui Andrew DB499-A	4	N-Macho	50
<b>CONDIJUA</b>	2	2	Yagui Andrew DB499-A	4	N-Macho	84
<b>TRES CRUCES</b>	2	2	Yagui Andrew DB499-A	4	N-Macho	72
<b>LUMBAQUI</b>	5	2	Omnidireccional RFS 24TO	4	N-Macho	84
<b>SHUSHUFINDI</b>	3	2	Omnidireccional RFS 24TO	4	N-Macho	130
<b>PILISURCO</b>	3	2	Omnidireccional RFS 24TO	4	N-Macho	84
<b>CERRO AZUL</b>	4	2	Omnidireccional RFS 24TO	4	N-Macho	70
<b>CERRO SALANGO</b>	3	2	Omnidireccional RFS 24TO	4	N-Macho	72

Los Sitios de Repetición considerados en el diseño poseen las siguientes características:

- *Vía de acceso, lo cual facilita los trabajos de transporte, instalación y mantenimiento de equipo.*
- *Lugar propio de PETROECUADOR, por lo cual no se tiene que pagar alquiler del terreno.*

- *Infraestructura de comunicación, con la cual se ha venido trabajando desde ya hace varios años.*
- *Acometida de energía eléctrica por parte de la empresa suministradora, lo cual facilita la puesta a funcionamiento de los diferentes equipos de comunicación.*
- *Respaldo de energía con banco de baterías, para evitar cortes en la comunicación ocasionados por problemas eléctricos.*
- *Los terrenos de cada lugar son firmes y presentan una buena conductividad para puestas de tierra, de manera que el equipo puede ser protegido con todas las seguridades estandarizadas.*

### **RADIOS TERMINALES**

#	Equipo	Marca	Modelo
354	Radios Móvil Digital	Motorola	ASTRO XTL 5000
704	Radio Portátil Digital	Motorola	ASTRO XTS 5000 III
354	Antenas 5dBi		Látigo

### **COSTO DE INSTALACIÓN**

También es necesario analizar los costos de instalación, capacitación, transporte y puesta en marcha de todo el sistema, considerando que se lo realice por la empresa proveedora de los equipos

Los equipos a cotizar se encuentran resumidos en la siguiente tabla:

#	Equipo	Marca
1	Sitio Master ARC 4000	Motorola
1	Servidor Referencial de Tiempo de red TRACK 9100	Motorola
1	Servidor de Señalización Adjunto CT	Pentium
1	PBX Avaya	
1	Cancelador de Eco	
11	Switch Ethernet Procurve 2524	HP
11	Ruteador de Sitio Remoto S2500	Motorola
1	Estación Base GTR 8000 para 5 canales	Motorola
4	Estación Base GTR 8000 para 4 canales	Motorola
3	Estación Base GTR 8000 para 3 canales	Motorola
3	Estación Base GTR 8000 para 2 canales	Motorola
6	Yagui DB499-A	Andrew
18	Antena Omnidireccional	RFS 24TO
354	Antenas 5dBi Látigo	
48	Conectores N-Macho	Andrew

<b>946 m</b>	Cable LDF5-50A Heliac corrugado 7/8”(m)	
<b>354</b>	Radios Móvil Digital ASTRO XTL 5000	Motorola
<b>704</b>	Radio Portátil Digital ASTRO XTS 5000 III	Motorola
	Instalación	
	Capacitación	
	Transporte	
	Puesta en Marcha	

---

Cualquier Información extra que sea necesaria para la cotización por favor hacérmela saber lo más pronto posible.

*ATT. Christian Viñachi*

171717968-1

[ctviniachi@hotmail.com](mailto:ctviniachi@hotmail.com)

084688685

3132123