

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERÍA**

**“ESTUDIO Y ANALISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA MIGRACION  
HACIA NUEVOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LA  
RED DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACION MÓVIL DEL  
COMANDO CONJUNTO DE LAS FF.AA.”**

**REALIZADO POR:**

**MARCO A. VINUEZA C.  
TNTE DE COM.**

**SANGOLQUÍ - ECUADOR  
2009**

---

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>1. C APÍTULO I: EL SISTEMA TRONCALIZADO DIGITAL</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Arquitectura</b>	<b>3</b>
<b>1.1.1. La Arquitectura de la red TETRA</b>	<b>3</b>
<b>1.1.2. Interfaces del estándar TETRA</b>	<b>4</b>
<b>1.1.3. Descripción</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Bandas de frecuencia en las que opera TETRA</b>	<b>7</b>
<b>1.3. Características generales</b>	<b>7</b>
<b>1.4. Potencia de transmisión</b>	<b>8</b>
<b>1.4.1. Control de Potencia</b>	<b>9</b>
<b>1.5. Modulación</b>	<b>10</b>
<b>1.5.1. Modulación Binaria Diferencial de Fase (DPSK)</b>	<b>10</b>
<b>1.6. Recepción en TETRA</b>	<b>13</b>
<b>1.7. Relaciones de protección</b>	<b>14</b>
<b>1.8. Multiacceso en TETRA</b>	<b>15</b>
<b>1.9. Jerarquía de Tramas</b>	<b>15</b>
<b>1.10. Sincronización</b>	<b>16</b>
<b>1.11. Canales y ráfagas</b>	<b>17</b>
<b>1.11.1. Modos de funcionamiento</b>	<b>17</b>
<b>1.11.2. Proceso de conformación de la señal digital</b>	<b>18</b>
<b>1.11.3. Canales lógicos</b>	<b>18</b>
<b>1.11.4. Canales Físicos</b>	<b>20</b>
<b>1.11.5. Ráfagas</b>	<b>21</b>
<b>1.12. Modo directo de operación en TETRA</b>	<b>27</b>
<b>1.13. Protocolos</b>	<b>29</b>
<b>1.14. Servicios</b>	<b>30</b>
<b>1.14.1. Prestaciones TETRA</b>	<b>30</b>
<b>1.14.2. Servicios TETRA</b>	<b>31</b>
<b>2. CAPÍTULO II: SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DEL SISTEMA TRONCALIZADO DEL COMANDO CONJUNTO</b>	<b>34</b>
<b>2.1. Arquitectura</b>	<b>38</b>
<b>2.1.1. Enlace de Tx. PDH</b>	<b>39</b>
<b>2.1.2. Enlace de Tx. Multiacceso</b>	<b>40</b>
<b>2.1.3. Integración al MODE</b>	<b>41</b>
<b>2.1.4. La arquitectura de las bases de datos</b>	<b>41</b>
<b>2.1.4.1. Autenticación</b>	<b>41</b>
<b>2.1.4.2. Localización</b>	<b>42</b>
<b>2.1.5. Las interfaces de transmisión</b>	<b>42</b>
<b>2.2. Descripción de los equipos</b>	<b>43</b>
<b>2.2.1. Centro de Gestión de la red (MAMC)</b>	<b>44</b>

---

2.2.2. BTS	45
2.2.3. Terminales de la red	47
2.3. Despliegue en territorio nacional	50
2.3.1. Infraestructura del sistema TETRA a nivel nacional	50
2.4. Software de Gestión y de Control	52
<b>3. CAPÍTULO III: ANÁLISIS PARA LA MIGRACIÓN HACIA NUEVOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES</b>	<b>54</b>
3.1. Análisis de los actuales servicios TETRA del COMACO	54
3.1.1. Cobertura	54
3.1.2. Capacidad	101
3.1.3. Calidad de Servicio (QoS)	107
3.2. Rediseño de la red actual en función de los nuevos servicios	110
3.2.1. Cálculo de frecuencias	117
3.3. Diseño de la nueva red, fundamentada en los nuevos servicios propuestos	119
3.3.1. Cálculo de frecuencias	123
3.3.2. Arquitectura de la red	125
3.3.2.1. Protocolos	125
3.3.2.2. Infraestructura	125
3.3.3. Descripción de los equipos a utilizarse	128
3.3.4. Análisis de los nuevos servicios	128
3.3.4.1. Cobertura	128
3.3.4.2. Capacidad	131
3.3.4.3. Calidad de servicio	131
3.3.5. Análisis de la plataforma propuesta y compatibilidad con TETRA-1	131
<b>4. CAPÍTULO IV: ANÁLISIS ECONÓMICO</b>	<b>134</b>
4.1. Análisis del costo de la nueva infraestructura	134
4.1.1. Costo de la instalación de una nueva BTS en Condorcocha	135
4.2. Análisis Costo-Beneficio	136
<b>5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>137</b>
Conclusiones	137
Recomendaciones	139

---

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 1

Tabla N°	Página
1.1 Características técnicas de TETRA	8
1.2 Ráfagas TETRA	24
1.3 Correspondencia entre ráfagas y canales lógicos	25
1.4 Canales de tráfico	26
1.5 Canales de control	26
1.6 Canales no asignados	27
1.7 Modelo de referencia OSI	29

### CAPÍTULO 2

Tabla N°	Página
2.1 Parámetros TETRA del COMACO	34-5
2.2 Comparativo de las características de los <i>vocoders</i>	37
2.3 Servicios suplementarios	38
2.4 Especificaciones técnicas CGR	45
2.5 Especificaciones técnicas BTS	46
2.6 Especificaciones técnicas del equipo portátil	48
2.7 Especificaciones técnicas del móvil	49

### CAPÍTULO 3

Tabla N°	Página
3.1 Duración promedio de los servicios TETRA	101
3.2 Número de terminales por BTS	103
3.3 Detalle del cálculo de tráfico en cada una de las estaciones	105
3.4 Mean Opinion Score TETRA	107
3.5 Detalle de la calidad de servicio en cada una de las estaciones	108-9
3.6 Cálculos de dimensionamiento de acuerdo a los objetivos de diseño	113
3.7 Estandarización de las estaciones	116
3.8 Rangos de potencia medidas por radio portátiles en las unidades de la Plaza de Quito	120
3.9 Distribución de frecuencias para la nueva Red	124
3.10 Modelo de referencia OSI	125
3.11 Comparativo de las versiones TETRA	132

## **CAPÍTULO 4**

Tabla N°		Página
4.1	Costos de la nueva infraestructura	135
4.2	Costos de la nueva infraestructura para Condorcocha	135,136

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura N°	Página
1.1 Arquitectura de la red TETRA	4
1.2 Modelo de sistema celular	5
1.3 Modulación DPSK	11
1.4 Señal Modulada en Fase Diferencial (DPSK)	12
1.5 Mecanismo de Codificación y Decodificación Diferencial en Modulación DPSK	12
1.6 Ejemplo de estados de fase en la transmisión TETRA	13
1.7 Jerarquía de tramas TETRA	16

### CAPÍTULO 2

Figura N°	Página
2.1 Principio del vocoder	36
2.2 Procesamiento de la voz en TETRA	36
2.3 Arquitectura general DIGICOM 25	38
2.4 Arquitectura PDH	39
2.5 Arquitectura Multiacceso	40
2.6 Integración al MODE	41
2.7 Las interfaces de transmisión	42
2.8 PEI	43
2.9 Configuración del material	43
2.10 Centro de Gestión de la Red	44
2.11 BTS (Fabricante Thales)	45
2.12 Equipos terminales SIMOCO	47
2.13 Despliegue del sistema en el Ecuador	50

### CAPÍTULO 3

Figura N°	Página
3.1 San Lorenzo. Okumura Hata (Sirenet)	58
3.2 San Lorenzo. Okumura Hata (Google Earth)	59
3.3 San Lorenzo. Rec.526 (Sirenet)	59
3.4 San Lorenzo. Rec.526 (Google Earth)	60
3.5 Cerro Zapallo. Okumura Hata (Sirenet)	62
3.6 Cerro zapallo. Okumura Hata (Google Earth)	63
3.7 Cerro Zapallo. Rec.526 (Sirenet)	63
3.8 Cerro Zapallo. Rec.526 (Google Earth)	64
3.9 Jaboncillo. Okumura Hata (Sirenet)	66
3.10 Jaboncillo. Okumura Hata (Google Earth)	67
3.11 Jaboncillo. Rec. 526 (Sirenet)	67

---

3.12 Jaboncillo. Rec. 526 (Google Earth)	68
3.13 Cerro Cabuyas. Okumura Hata (Sirenet)	70
3.14 Cerro Cabuyas. Okumura Hata (Google Earth)	71
3.15 Cerro Cabuyas. Rec. 526 (Sirenet)	71
3.16 Cerro Cabuyas. Rec. 526 (Google Earth)	72
3.17 Salinas. Okumura Hata (Sirenet)	74
3.18 Salinas. Okumura Hata (Google Earth)	75
3.19 Salinas. Rec. 526 (Sirenet)	75
3.20 Salinas. Rec. 526 (Google Earth)	76
3.21 Cerro Animas. Okumura Hata (Sirenet)	78
3.22 Cerro Animas. Okumura Hata (Google Earth)	79
3.23 Cerro Animas. Rec.526 (Sirenet)	79
3.24 Cerro Animas. Rec.526 (Google Earth)	80
3.25 Cerro Azul. Okumura Hata (Sirenet)	82
3.26 Cerro Azul. Okumura Hata (Google Earth)	83
3.27 Cerro Azul. Rec. 526 (Sirenet)	83
3.28 Cerro Azul. Rec. 526 (Google Earth)	84
3.29 Base Sur. Okumura Hata (Sirenet)	86
3.30 Base Sur. Okumura Hata (Google Earth)	87
3.31 Base Sur. Rec. 526 (Sirenet)	87
3.32 Base Sur. Rec. 526 (Google Earth)	88
3.33 Balao Chico. Okumura Hata (Sirenet)	90
3.34 Balao Chico. Okumura Hata (Google Earth)	91
3.35 Balao Chico. Rec. 526 (Sirenet)	91
3.36 Balao Chico. Rec. 526 (Google Earth)	92
3.37 Machala. Okumura Hata (Sirenet)	94
3.38 Machala. Okumura Hata (Google Earth)	95
3.39 Machala. Rec. 526 (Sirenet)	95
3.40 Machala. Rec. 526 (Google Earth)	96
3.41 Cruz Loma. Okumura Hata (Sirenet)	98
3.42 Cruz Loma. Okumura Hata (Google Earth)	99
3.43 Cruz Loma. Rec. 526 (Sirenet)	99
3.44 Cruz Loma. Rec. 526 (Google Earth)	100
3.45 Condorcocha. Okumura Hata (Sirenet)	121
3.46 Condorcocha. Okumura Hata (Google Earth)	122
3.47 Condorcocha. Rec. 526 (Sirenet)	122
3.48 Condorcocha. Rec. 526 (Google Earth)	123
3.49 Compartición del sistema radiante por 2 Tx.	127
3.50 Cobertura múltiple Cruz Loma-Condorcocha. Okumura Hata (Sirenet)	129
3.51 Cob. Múltiple Cruz Loma-Condorcocha. Okumura Hata (Google Earth)	129
3.52 Cobertura múltiple Cruz Loma-Condorcocha. Rec. 526 (Sirenet)	130
3.53 Cobertura múltiple Cruz Loma-Condorcocha. Rec. 526 (Google Earth)	130
3.54 Cobertura Quito	131

---

## ABREVIATURAS Y GLOSARIO

### Unidades

dB	Decibel
dBm	dB/1 mW
GHz	Gigahertz
Hz	Hertz
Kbps	Kilobits por segundo (o kbit/s)
Kbyte	Kilobyte
Khz	Kilohertz
Mbits/s	Mega bits por segundo (=Mbps)
Mb	Megabyte
Mhz	Megahertz

### Abreviaturas

AACH	Assign and Access Channel
ACCH	Associated Control Channel
ACT	Alcatel Crystal Technology
ASCCH	Associated Control Channel
BCCH	Broadcast Common Channel
BCU	BTS Control Unit (Unidad de control de BTS)
BER	Bit Error Rate (Tasa de Errores Bit)
BNA	BTS Network Access (Enrutador BTS)
BNCH	Broadcast Network Channel
BS	Base Station
BSC	Base Site Controller
BSCH	Broadcast Synchronisation Channel
BTS	Base Transmission (or Transceiver) Station
CLCH	Common Linearisation Channel
CN	Centro Nodal
CSMA/CD	Carrier Sensed Multiple Access with Collision Detection
CSU	Channel Service Unit
DC	Direct Courant (alimentación continua - 48 Voltios)
DQPSK	Differential Quadrature Phase Shift Keying (modulación TETRA)
DRAM	Dynamic Random Access Memory
DSP	Digital Signal Processor
ECCH	Extended Control Channel
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FACCH	Fast Association Control Channel
FDMA	Frequency Division Multiple Accesss
GPS	Global Positioning System



---

GSM	Global System Mobil
IDE	Integrated Drive Electronics
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IHM	Interfaz Hombre-Máquina
I/O	Input/Output
IP	Internet Protocol
ISI	Inter System Interface
IRSR	Interfaz Red Sitio Radio
ISA	Industry Standard Architecture
ISDN	Integrated Services Data Network
ISO	International Standardization Organization
LAN	Local Area Network
LCH	Linearisation Channel
LED	Light Emitting Diode (diodo electroluminescente)
LLC	Logical Link Control
LNA	Low Noise Amplifier (amplificador de bajo ruido)
MAC	Medium Access Control
MAMC	Multimedia Access Management Center (CGAM)
MCCH	Main Control Channel
MS	Mobile Station
$\mu$ P	Microprocesador
OIHM	Interfaz Hombre Máquina
OMC	Operation Maintenance Center
PABX	Private Autocommutator Branch Exchange (autoconmutador privado) o Voice Hub
PC	Personal Computer (computadora personal)
PEI	Peripheral Equipment Interface
PMR	Private Mobile Radio
PSTN	Public Switched Telephone Network (RTCP) Red Telefónica Pública Conmutada
PSU	Power Supply Unit (alimentación ya sea AC/DC o bien DC/DC)
PTT	PushToTalk
RAM	Random Access Memory
RF	Radio Frequency
RIC	Respuesta Impulsional del Canal
RISC	Reduce Instruction-Set Computer
ISDN	Red Digital de Integración de Servicios
RX	Señal recepción alta frecuencia (HF)
SACCH	Slow Associated Control Channel
SCCH	Secondary Control Channel
SCH	Signalling Channel
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SDRAM	Static Dynamic Random Access Memory
SDS	Short Data Service

SNMP	Simple Network Management Protocol
SSI	Short Subscriber Identity
STCH	Stealing Channel
TCH	Traffic Channel
TCP	Transmission Control Protocol
TDMA	Time Division Multiple Access
TETRA	Trans European (o Terrestrial) Trunked Radio
TX	Señal emisión alta frecuencia (HF)
UDP	User Datagram Protocol.
UHF	Ultra Alta Frecuencia (300 a 3000 MHz)
UMTS	Universal Mobile Transmission System
URL	Uniform Resource Locator (dirección única de una página Web)
USB	Universal Serial Bus
WAN	Wide Area Network

### **Glosario**

**10base-T:** Norma IEEE para cables Ethernet (pares torsionados a 10 Mbps) sobre una distancia máxima de 100 m.

**100base-TX:** Norma IEEE para cables Fast Ethernet (pares torsionados 5 UTP o STP a 100 Mbps).

**Llamada entrante:** llamada proveniente del exterior (PABX, PSTN) y con destino a un abonado de la red.

**Llamada individual:** llamada interna a la red TETRA entre dos terminales de radio.

**Llamada intersitio:** los participantes están localizados en 2 sitios diferentes. El tráfico generado por un móvil situado en un sitio se encamina al segundo sitio, e inversamente.

**Llamada local:** conjunto de los participantes localizado en un mismo sitio geográfico (1BTS)

**Llamada multisitios:** los participantes están localizados en más de 2 sitios diferentes. El tráfico generado por un móvil situado en un sitio es encaminado a los otros sitios, e inversamente. Un equipo del sitio central garantiza la interconexión de los sitios.

**Llamada saliente:** llamada de un abonado de la red hacia el exterior (PABX o PSTN).

**Llamada telefónica:** llamada externa a la red TETRA hacia un puesto telefónico.

**Autenticación:** procedimiento de verificación de un terminal, de un abonado o de una red.

**Base Estación (BS):** Equipo de base (capa 1 y 2) de una BTS que incluye las funciones de emisor/receptor.

**Base Site Controller (BSC):** Unidad de control y de gestión de las diferentes estaciones base (BS) conforme a las especificaciones del bastidor BTS, definido como un simple sitio operacional en modo Estación aislada o en modo Estación en red.

**Base Transceiver Station (BTS):** Bastidor de transmisión que incluye las estaciones de base (BSC) y el controlador de estación (BS).

**Canal:** canal de comunicación constituido de un par de frecuencias emisión/recepción.

**Canal de Señalización:** canal lógico que conduce la señalización entre el terminal de radio y la BSC

**Canal de Tráfico:** canal lógico que conduce el tráfico (voz o datos) entre el terminal de radio y la BSC

**Célula:** zona geográfica bajo cobertura de una estación de repetición (emisores - receptores)

**Codificación:** operación que transforma un mensaje binario en otro mensaje conforme a una clave y a un algoritmo.

**Datos dinámicos:** datos resultantes de la implantación de los servicios del sistema. Tienen la misma vida útil que una comunicación (contexto de las comunicaciones), que la inscripción de un terminal (localización) o que la transmisión temporal de un abonado, etc.

**Datos estadísticos:** datos no modificables por el explotador. Se definen durante el diseño del sistema.

**Dispositivo de Protección (DONGLE):** dispositivo que permite protegerse de una utilización ilegal del software OIHM. Se pueden efectuar copias del software pero no se podrán ejecutar sin este dispositivo, dedicado a esta única versión. Este dispositivo se debe instalar en el puerto paralelo de su PC, en el momento del lanzamiento, y luego en el transcurso de la ejecución del software.

**Extremo de comunicación:** una llamada establecida en n sitios es una comunicación de n extremos. Un extremo de comunicación puede ser: un sitio de radio, un abonado alámbrico (LS, PABX, RTCP).

**Grupo:** abonado de radio cuyo número es común a un conjunto de terminales de radio. Permite poner en comunicación a un conjunto de equipos de radio.

**Half Dúplex:** capacidad de transmitir y recibir en un solo sentido a la vez.

**Hub:** concentrador de red local.

**Intersitio:** comunicación entre dos terminales situados en dos sitios distintos de una misma región.

**Mensaje corto:** funcionalidad DIGICOM 25 que permite intercambiar mensajes de datos

(32 bytes máximo) entre dos móviles de radio.

**Monitoring:** que evalúa después de 1 minuto, los enlaces con las únicas células vecinas (procedimiento « background »).

**Número de Identificación de Radio:** números utilizados entre las diferentes unidades DIGICOM 25 para reconocer los terminales en la inscripción y en las solicitudes de llamada.

Los números ya definidos se pueden visualizar en el plano de marcación.

**Portadora (radio):** par de frecuencias.

**Protocolo:** que define reglas de comunicación en el interior de una red. Aún reconocido hoy en día como modelo de referencia, el OSI define 7 capas de protocolos (físico, enlace, red, transporte, sesión, presentación y aplicaciones).

**Red monositio:** la configuración de la red se limita a una sola BTS.

**Red multisitios:** la configuración de la red se compone de varias BTS conectadas entre sí por un Centro Nodal.

**RJ 45:** conector 8 puntos para red 10base-T.

**Scanning:** procedimiento de evaluación del enlace con una de las estaciones de base según tres modos: « foreground », « background » e « interruption ».

**Sitio:** localización geográfica de una estación repetidora.

**Terminal:** un terminal corresponde al puesto físico atribuido a un abonado. Los terminales son de dos tipos:

- Terminal de radio : portátil, móvil o fijo
  - Portátil: terminal de radio individual de pequeñas dimensiones.
  - Móvil: terminal de radio instalado en un vehículo.
  - Fijo: instalación de radio implantada en un local.
- Puesto telefónico, conectado al PABX.

**«Trunking»:** modo de comunicación en el cual los canales sólo se asignan cuando un interlocutor habla. Se produce una asignación de canal durante cada toma de la palabra y liberación de este mismo canal durante cada soltado del alternante.

**Voice Hub:** denominación del PABX

# **CAPÍTULO I**

## **EL SISTEMA TRONCALIZADO DIGITAL**

### **Introducción**

Los sistemas de comunicación móvil han experimentado en las dos últimas décadas avances significativos, las ventajas que se derivan de dicha evolución afectan a aspectos tales como tráfico y calidad de servicio, mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, mayor número de servicios ofrecidos, aumento de cobertura adaptable a las necesidades de cada usuario, mantenimiento de las comunicaciones en el traspaso entre células, localización y registro correspondiente del usuario en amplias zonas de cobertura, esto sumado a las transmisiones de datos permite un óptimo aprovechamiento de la capacidad de transmisión de los sistemas móviles.

Dentro de los sistemas móviles privados, la evolución ha permitido el paso desde sistemas convencionales en los que cada grupo homogéneo de usuarios utiliza un canal radioeléctrico en una determinada área de cobertura, a los sistemas troncales en los que varios usuarios o grupos de usuarios no necesariamente homogéneos emplean un conjunto de canales radio comunes, todos ellos accesibles por los diferentes grupos de usuarios. TETRA se encuentra dentro de este desarrollo.

---

El estándar TETRA atiende a las siglas de *Trans European Trunking* Radio, TETRA es un estándar ETSI de segunda generación de los sistemas PMR<sup>1</sup> (Radio Móvil Privado), convirtiéndose así en un sistema troncal PAMR<sup>2</sup>(*Public Access Mobile Radio*).

Este sistema puede ser implementado indistintamente en entornos públicos y privados, con la flexibilidad que esta circunstancia ofrece desde el punto de vista del despliegue a medida del operador y de las empresas particulares.

La tecnología utilizada es de este modo digital, y el estándar se configura como el equivalente al GSM en el mundo de los sistemas de despacho. Mas aún, TETRA es posterior en el tiempo a GSM y se beneficia de la circunstancia de que ya fue pensado específicamente para la transmisión de datos.

Aunque el concepto de troncal (*trunking*) no es nuevo, pues es el fundamento de los concentradores de enlaces telefónicos, que se dimensionan en base a parámetros de tráfico telefónico. La tecnología troncal está aceptada como un método de mejorar la carga por canal y, en consecuencia, la eficiencia espectral.

TETRA, suple las limitaciones de los sistemas troncales analógicos, y en base a la tecnología digital ofrece una amplia variedad de facilidades y servicios, entre otros el de conexión a otras redes.

### **Historia del estándar TETRA**

TETRA tiene como origen el año de 1989 en el marco de los trabajos del ETSI en torno a los sistemas troncales. En ese tiempo TETRA llevaba el nombre del proyecto que lo desarrollaba, el MDTRS (*Mobile Digital Trunked Radio System* o sistema radio troncal digital móvil).

---

<sup>1</sup>PMR es la abreviación de "Private Mobile Radio", lo que significa que se trata de un mercado de sistemas de radio, operado por el propio usuario. Estas redes son principalmente redes simples de radio de dos vías.

<sup>2</sup>Las redes de radio móvil de acceso público PAMR son redes PMR no operadas por la organización de usuarios o por el usuario mismo, sino por un operador público o privado independiente, de forma comparable a las redes telefónicas públicas celulares.

---

A pesar del temprano avance de la definición del estándar. Es necesario señalar 1993 como la fecha que supuso el impulso definitivo para el TETRA. En ese año se obtuvo por parte de los fabricantes el compromiso de desarrollar sistemas para el estándar. La especificación del interfaz aire, fundamental en la creación del estándar como tal, fue definitivamente aceptada y promovida a estándar (*European Telecommunication Estándar*, ETS) en 1995.

TETRA es uno de los grandes proyectos financiados por la Comisión Europea, que se beneficia de un MoU<sup>3</sup> (*Memorandum of Understanding*) de fecha 1 de diciembre de 1994, firmado ya por 63 miembros a finales de 1995, de los cuales 28 son fabricantes y el resto operadores y usuarios.

A diferencia de GSM, TETRA ya tuvo fases, y ahora se habla de versiones, siendo la más actualizada la versión 2

## **1.1 Arquitectura**

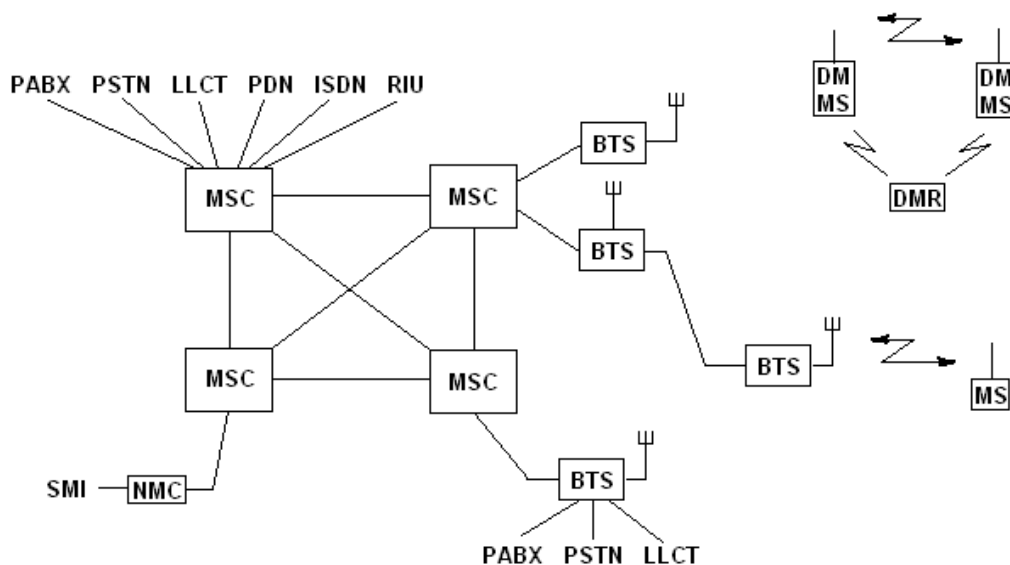
### **1.1.1 La Arquitectura de la red TETRA**

El estándar presenta una gran variedad de configuraciones posibles en su arquitectura.

En la figura 1.1 vemos un ejemplo en donde cabe incluso la posibilidad de que las propias estaciones base (BTS) se conecten con redes externas (este es un aspecto novedoso que no es habitual en otros estándares y que facilitará la posibilidad de desplegar redes tan pequeñas como sea necesario).

---

<sup>3</sup> MoU Memorandum de desarrollo tanto del estándar como de los equipos



**Figura. 1.1. Arquitectura de la red TETRA**

No debemos olvidar que el sistema define fundamentalmente interfaces y como tal deja en libertad muchos otros aspectos del diseño, la idea es que los fabricantes sigan incorporando tecnología y que trabajen como deseen dentro de la definición de los estándares en las interfaces.

### 1.1.2 Interfaces del estándar TETRA

Varias son las interfaces definidas en el sistema:

- Interfaz aire, que define el funcionamiento entre las estaciones base del sistema y los terminales.
- Interfaz DMO (*Direct Mode Operation* u operación en modo directo), uno de los grandes avances de TETRA respecto de otras plataformas troncales.
- Interfaz intersistema, que permite la conexión con sistemas TETRA de diferentes fabricantes, donde a nivel de infraestructura de red no definida en el estándar, cada uno diseña como mas le conviene. Este hecho facilitará la introducción de los avances tecnológicos en las plataformas TETRA.
- Interfaz de equipamiento periférico, para la conexión de terminales a otros dispositivos externos y que sea de esta forma posible el diálogo a nivel de aplicaciones en la transmisión de datos.



- Interfaz hombre-máquina, definiendo fundamentalmente la presentación de teclados en los terminales.
- Interfaz de pasarela hacia PSTN/ISDN/PABX, permitiendo la comunicación de los sistemas TETRA con el exterior, bien sea a sistemas de naturaleza pública o privada.

### 1.1.3 Descripción

La infraestructura básica de un sistema TETRA no difiere en mucho de la estructura de cualquier red celular. La mayoría de los elementos implicados son compartidos con otros servicios, por lo que nos centraremos principalmente en aquellos específicos para el servicio de datos.

El sistema consiste en una red de radio-células contiguas para cubrir una determinada área de servicio. Cada célula tiene una BTS (*Base Transceiver Station*) que opera con un conjunto de canales diferentes de los utilizados por las células adyacentes, como se visualiza en la figura 1.2

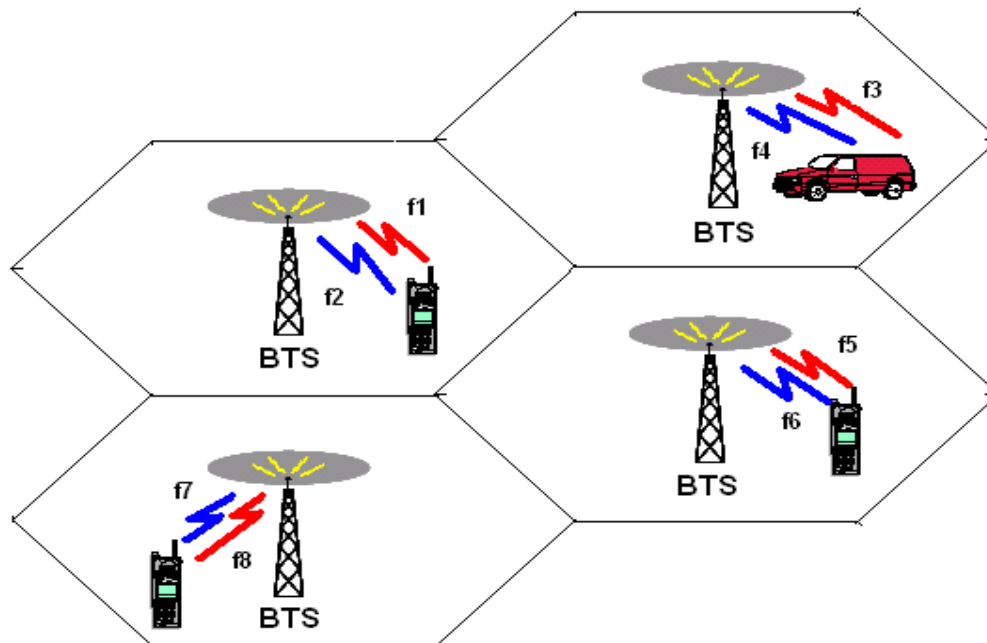


Figura. 1.2. Modelo de sistema celular

---

Un determinado conjunto de BTSs es controlado por una BSC (*Base Station Controller*). Un grupo de BSCs es a su vez controlado por una MSC (*Mobile Switching Centre*) que enruta llamadas hacia y desde redes externas (R.T.B., R.D.S.I., etc.) públicas o privadas (referencia figura.1.1).

#### *Base Transceiver Station. (BTS)*

La función principal de una BTS es proporcionar un número de canales radio a la zona a la que da servicio. La antena es omnidireccional. Una BTS con un transceptor y con codificación "full rate" proporciona 4 canales en el enlace radio, uno de los cuales se utiliza para señalización.

#### *Base Station Controller. (BSC)*

La función primaria de una BSC es el mantenimiento de la llamada, así como la adaptación de la velocidad del enlace radio al estándar de 64 Kbit/s. utilizado por la red. Desde el momento en que el usuario es móvil, éste puede estar cambiando con más o menos frecuencia de celda; el procedimiento por el que la llamada se mantiene en estas condiciones sin que se produzcan interrupciones importantes se conoce con el nombre de "handover". TETRA proporciona unos tiempos de conmutación mucho más bajos que otros sistemas celulares.

En TETRA, durante una llamada, la estación móvil está continuamente "escuchando" a una serie de estaciones base así como informando a la BSC de la calidad de la señal con que está trabajando. Esto permite a la BSC tomar la decisión de cuando iniciar un *handover* y a qué célula. La BSC controla a su vez la potencia de trabajo de la estación móvil para minimizar la interferencia producida a otros usuarios y aumentar la duración de la batería.

#### *Mobile Switching Center. (MSC)*

La MSC es el corazón del sistema TETRA. Es el centro de control de llamadas, responsable del establecimiento, enrutamiento y terminación de cualquier llamada,

control de los servicios suplementarios y del *handover* entre MSCs. También actúa de interfaz entre la red TETRA y cualquier otra red pública o privada de telefonía o datos.

#### *Network Management Center.* (NMC)

El NMC contiene información de estado (nivel de suscripción, servicios suplementarios, etc.) de cada usuario asignado al mismo, así como información sobre la posible área visitada, a efectos de enrutar llamadas destinadas al mismo (terminadas en el móvil). Además contiene información de estado de todos los usuarios que en un momento dado están registrados dentro de su zona de influencia; información que ha sido requerida y obtenida a partir de los datos contenidos en la BTS del que depende el usuario. Contiene información sobre si el usuario está o no activo, a efectos de evitar retardos y consumo de recursos innecesarios cuando la estación móvil esta apagada.

### **1.2 Bandas de frecuencia en las que opera TETRA**

A diferencia de lo ocurrido en el caso de los estándares GSM, DCS, y DECT, para TETRA no ha existido nunca un acuerdo de bandas de frecuencia único a nivel internacional. Ante esta situación solo se cuenta a nivel europeo con la recomendación de ETSI, que establece:

- Para sistemas de emergencia en Europa las bandas de frecuencia 380 – 383 y 390 - 393 Mhz han sido ubicadas para uso de los sistemas móviles terrestres digitales en virtud de la decisión (96) 01. De forma adicional, toda o parte de las bandas 383 – 395 y 393 – 395 Mhz podrían ser utilizadas si se necesitara el ancho de banda.
- Para los sistemas civiles en Europa se han ubicado las bandas de frecuencia 410 – 430 870-876/915-921, 450-470, 385-390/395-399,9 Mhz en virtud de la decisión (96)04.

### **1.3 Características Generales**

Algunas de las características más destacadas que distinguen al TETRA de otros estándares en lo que a parámetros físicos se refiere son:

**Tabla. 1.1. Características técnicas de TETRA**

Espaciamiento de canal	25 KHz (con opción de reducción a 12.5 KHz como modo de optimizar la ocupación espectral)
Modulación	$\pi/4$ DQPSK (Differential Quaternary Phase Shift Keying, phase shifts of $\pi/4$ ), con filtrado banda base coseno levantado de parámetro $\alpha = 0.35$
Velocidad de Modulación	36 Kbps
Bits por símbolo	2
Formato de acceso	TDMA (time-division multiple access) TDD/FDD (time and frequency division duplex)
Número de canales por portadora	4 time slots por trama TDMA (56.67 ms) 14.167 ms por time slot contiene 255 símbolos, BCCH en time slot 1
Control de potencia	Sí, en 5 dB con pasos de 15 dBm a 45 dBm
Retardo de multitrayecto tolerado	Máximo de $5 \mu s$
Relación señal deseada a interferente en el canal deseado	$CI_{COCANAL} = 19 dB.$

#### 1.4 Potencia de transmisión

En la cuantificación de los límites de potencia, debemos en primer lugar definir donde mediremos la potencia. En este caso la potencia de transmisión se define como el valor medio de la potencia media en los bits útiles de una ráfaga transmitida.

Con respecto a las clases de potencia con que se fabricarán las diferentes estaciones:

- Para las estaciones base, los diferentes tipos o clases vienen definidos por la transmisión de potencia nominal o máxima, defintoria de los nueve diferentes tipos de equipos que estarán entre los 28 y los 44 dBm, en intervalos de 2dB (es decir, desde 0.6 hasta 25 W).
- Para las estaciones móviles, los diferentes tipos o clases vienen definidos por la transmisión de potencia nominal o máxima defintoria de los tres diferentes tipos de

equipos que estarán entre los 30 y los 40 dBm, en intervalos de 5 dB (es decir, de 1 a 10W).

- El control de potencia en la estación móvil se realiza en pasos de 5 dB desde 15 hasta 40 dBm.

#### 1.4.1 Control de potencia

La duración de las baterías y las interferencias en el sistema son aspectos que requieren un control específico en los sistemas móviles. En concreto, se debe conseguir que el terminal emita en todo momento la potencia que sea necesaria para mantener un enlace de calidad. Esto se logra con el control de potencia adaptativo.

En TETRA se definen dos métodos de control de potencia:

- Control de potencia de bucle abierto, implementado en el móvil. Este método consiste en que el móvil adapta su potencia en función de las medidas de calidad que tenga en la recepción de la señal que le llega de la estación base (enlace descendente, donde se asume que la situación en el será reflejo de la situación en el enlace ascendente). Este mecanismo se denomina de bucle abierto, en tanto que es una forma aproximada de adaptar la potencia, que no cuenta con realimentación de la estación base, que es la que realmente podría indicarle al móvil como se encuentra su trayecto ascendente, que en definitiva es el que deberíamos controlar. Este método es adecuado en el acceso aleatorio al sistema.
- Control de potencia en bucle cerrado, soportado por el móvil pero implementado en la estación base. En este caso, existe un bucle de realimentación según el cual la estación base indica a la estación móvil la potencia a la que debe transmitir, tomando como datos la potencia que recibe y la potencia que el móvil envía y ya conoce.

Cuando se habla del control del enlace radio, se habla del control adaptativo de la potencia transmitida, proceso realizado por la estación móvil en el acceso inicial a la red y por la estación base en las etapas siguientes (esto será aplicado al modo V + D).

Cabe mencionar además que la selección de la célula la realiza la estación móvil en el acceso al sistema, y una vez inscrita en el puede hacer nuevas selecciones, bien en modo tráfico o en modo desocupado.

## 1.5 Modulación

La modulación utilizada por el estándar TETRA, como ya se especifico en el cuadro anterior es la  $\pi/4 - DQPSK$ . Por consiguiente, la detección de fase será diferencial, es decir, se detectará el salto de fase con respecto a la del dicit anterior, entendido sin solapamiento:

Bits ráfaga		$Tx \text{ fase } D_{\phi}(k)$
$B(2k-1)$	$B(2k)$	
1	1	$-3\pi/4$
0	1	$3\pi/4$
0	0	$\pi/4$
1	0	$-\pi/4$

$$\begin{cases} s(k) = s(k-1) * e^{[j * D_{\phi}(k)]} \\ s(0) = 1 \end{cases}$$

La velocidad de modulación es de 36 Kbps, como se adelanto anteriormente.

A fin de comprender el tipo de modulación desarrollado por el estándar, se presenta a continuación el formato de la modulación diferencial de fase:

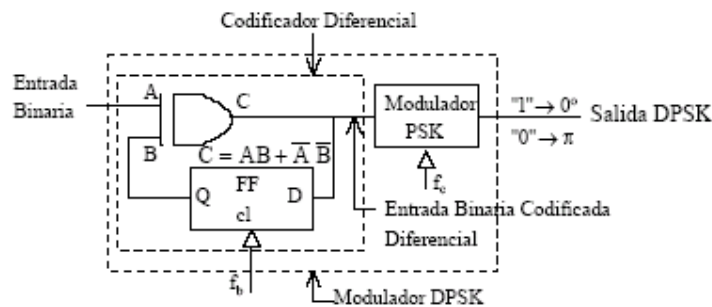
### 1.5.1 Modulación Binaria Diferencial de Fase (DPSK)

En los sistemas de modulación binaria de fase, la referencia de fase para la demodulación se deriva a partir de la fase de la portadora en el intervalo de señalización anterior, y el receptor decodifica la información digital basada en esa diferencia de fase. Si las perturbaciones en el canal y otros factores como la estabilidad de los osciladores son lo suficientemente estables y no afectan la fase entre dos intervalos adyacentes, entonces la fase se puede codificar, no con respecto a un valor absoluto, por ejemplo,  $0^\circ$  para un “1” y

$180^\circ$  para un “0”, que es el caso PSK, sino más bien por codificación diferencial en términos del cambio de fase entre intervalos sucesivos. Por ejemplo,  $0^\circ$  de desfase desde el intervalo anterior puede designar un “1”, mientras que un desfase de  $180^\circ$  puede designar un “0”. En la Figura. 1.3 se muestra el diagrama de bloques de un modulador DPSK, el cual es la combinación de un codificador diferencial y un modulador PSK.

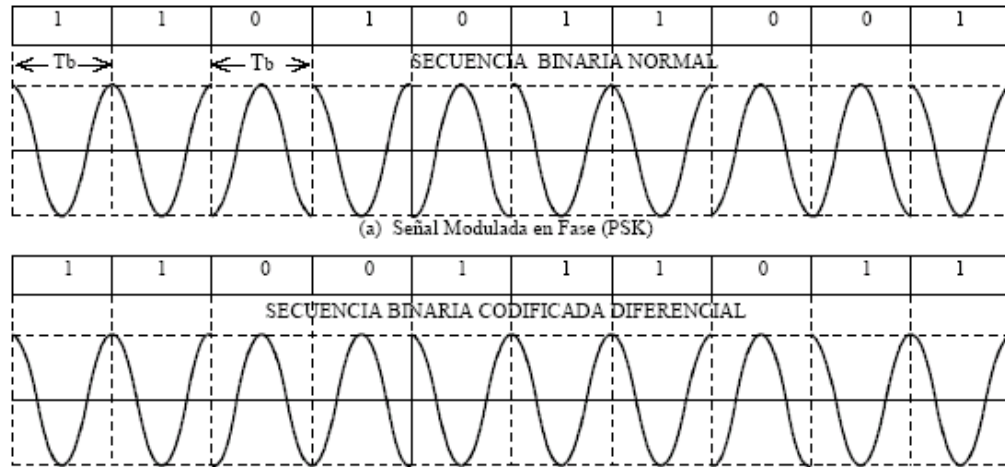
En la Figura. 1.4 se muestra la forma de onda de la señal DPSK, a diferencia de PSK en DPSK hay una disminución en la complejidad de los circuitos de detección.

Nótese también que la codificación diferencial, en sí misma, se puede utilizar en cualquier sistema digital y no es privativa del sistema DPSK.



**Figura.1.3. Modulación DPSK**

En la Figura. 1.4 se muestra la forma de onda de la señal modulada DPSK para la secuencia de entrada dada. Nótese que el número de transiciones en DPSK ha disminuido; en efecto, en la corta secuencia de 10 dígitos binarios una señal PSK realiza 6 transiciones y al codificarla diferencialmente el número de transiciones disminuye a cuatro. Como ya se conoce, las transiciones producen transientes indeseables que pueden perjudicar la sincronización de temporización y su disminución es muy deseable. Para facilitar el dibujo de la forma de onda, en la Fig. 1.4 se supone que la frecuencia de portadora es igual a la frecuencia de señalización, es decir,  $f_c = f_b$ .



**Figura. 1.4. Señal Modulada en Fase Diferencial (DPSK)**

En la Figura. 1.5 se muestra el mecanismo de codificación y decodificación diferencial tanto en el transmisor como en el receptor.

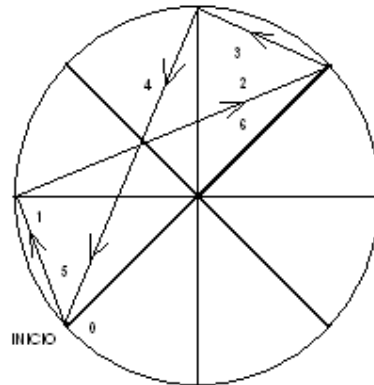
Transmisor	Secuencia Binaria de Entrada	1 1 0 1 0 1 1 0 0 1
	Mensaje Codificado Diferencial	1 1 0 0 1 1 1 0 1 1
	Fase Transmitida $\phi_n$	$0^\circ$ $0^\circ$ $0^\circ$ $\pi$ $\pi$ $0^\circ$ $0^\circ$ $0^\circ$ $0^\circ$ $\pi$ $0^\circ$ $0^\circ$
Receptor	Fase Recibida y Retardada $\phi_{n-1}$	$0^\circ$ $0^\circ$ $0^\circ$ $0^\circ$ $\pi$ $\pi$ $0^\circ$ $0^\circ$ $0^\circ$ $\pi$ $0^\circ$
	$\Delta\phi =  \phi_n - \phi_{n-1} $	$0^\circ$ $0^\circ$ $\pi$ $0^\circ$ $\pi$ $0^\circ$ $0^\circ$ $\pi$ $\pi$ $0^\circ$
	Secuencia Binaria de Salida	1 1 0 1 0 1 1 0 0 1

○ Valores Arbitrarios

**Figura. 1.5. Mecanismo de Codificación y Decodificación Diferencial en Modulación DPSK.**

A continuación se presenta un ejemplo de codificación que muestra el proceso diferencial  $\pi/4 - DPSK$ , que es el utilizado en TETRA:





K	Bits	Fase Diferencial
0	1 1	$-3\pi/4$
1	1 0	$-\pi/4$
2	1 1	$-3\pi/4$
3	0 0	$\pi/4$
4	0 1	$3\pi/4$
5	1 0	$-\pi/4$
6	1 1	$-3\pi/4$

**Figura. 1.6. Ejemplo de estados de fase en la transmisión TETRA**

## 1.6 Recepción en TETRA

Como compromiso entre la complejidad y las necesidades de rendimiento del estándar TETRA se definen en él, tres tipos de receptores. Cada receptor se diseña para un tipo de entorno concreto, que se define con una serie de modelos que dan idea de todas las circunstancias de propagación que pueden afectarle negativamente:

- Receptores clase A, diseñados para funcionar en entornos de propagación complicados, con grandes componentes multitrayecto. Entre ellos pueden encontrarse los urbanos y los montañosos.
- Receptores clase B, diseñados para funcionar en entornos favorables urbanos y suburbanos sin grandes componentes multitrayecto.
- Receptores clase E, diseñados con ecualizador para tratar de superar situaciones de multitrayecto en que el retardo sea del orden de dos símbolos de duración. Estos

son los receptores lógicamente más caros, pero preparados para funcionar en la mayor parte de las situaciones.

Con respecto a la sensibilidad, y para la determinación de los valores concretos, se consideraran niveles de señal referidos al conector de antena del receptor, siempre con impedancia de entrada de  $50\Omega$ . En resumen, se habla de dos tipos de sensibilidades:

- Sensibilidad estática, con propagación exenta de multitrayecto, donde los valores a considerar son:
  - Receptor en la estación base, -115 dBm.
  - Receptor en el móvil, -113 dBm.
  - Receptor en el portátil, -112 dBm.
- Sensibilidad dinámica, supuestas condiciones de propagación simuladas, tratando de definir el entorno real:
  - Receptor en la estación base, -106 dBm.
  - Receptor en el móvil, -104 dBm.
  - Receptor en el portátil, -103 dBm.

Se definen además tres parámetros de calidad relacionados con la sensibilidad:

- BER (*Bit Error Rate*), definido como límite del cociente de bits erróneos recibidos y el total transmitido en un canal lógico.
- MER (*Message Error Rate*), definido como el límite de cociente de mensajes con errores detectados y el número total de mensajes.
- PUEM (*Probability of Undetected Error Messages*), definido como límite del cociente entre el número de mensajes erróneos detectados como válidos y el número total de mensajes.

## 1.7 Relaciones de protección

Los niveles de relación señal a ruido quedan fijados en el estándar como:

- Interferencia cocanal,  $CI_{COCANAL} = 19\text{ dB}$ , definido sobre un nivel de señal deseada superior a -85 dBm (sensibilidad)

- Interferencia adyacente,  $C/I_{ADYACENTE} = -45 \text{ dB}$ , definido sobre 3 dB del nivel de sensibilidad dinámica.

## 1.8 Multiacceso en TETRA

El acceso en el estándar TETRA es FDMA en primera instancia. Es decir, dentro de una portadora frecuencial (FDMA) se realiza un acceso concreto para hacer que varias señales se acomoden en la portadora. Este modo de acceso secundario puede ser de dos tipos:

- Multiacceso V+D. El acceso se realiza según la división TDMA/TDM. De este modo, un radiocanal ofrece cuatro intervalos de tiempo, y en ellos se podrán acomodar hasta cuatro canales físicos, que pueden o no agruparse, ocupándose hasta un total de los cuatro intervalos disponibles para proporcionar capacidades mayores.

Los móviles en los sistemas TETRA no incorporan duplexores, y es por ello que el intervalo correspondiente al enlace ascendente y descendente no coincide en el tiempo, sino que están desplazados un total de dos intervalos.

- Multiacceso PDO. Existe un doble método de acceso que por tratarse de datos, y en este caso optimizados, no se realiza del modo tradicional:
  - Enlace sentido estación móvil a estación base, que presenta un acceso múltiple estadístico (STMA).
  - Enlace sentido estación base a estación móvil, incorporando la multiplexación estadística (STM).

Los recursos básicos para el PDO son subráfagas por las que se transmite información a 36 Kbps, con cuatro clases de subráfagas para enlace ascendente y dos para el descendente.

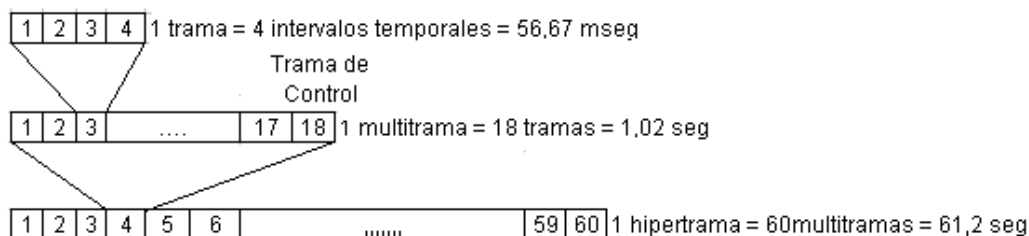
## 1.9 Jerarquía de Tramas

La figura 1.7 recoge la estructura de tramas, multitrmas e hipertramas que componen la secuencia TETRA referida al multiacceso TDMA/TDM.

Se hace notar que si bien esta estructura es aplicable de modo general, la estructura de hipertrama no es utilizada en el modo directo de operación.

De cualquier forma, tal como se aprecia en la figura 1.7, en la estructura de multitrama se dedica la trama número 18 a trama de control, es decir, se vacía de todo contenido de datos de usuario y se dedica únicamente al transporte de información típica de baliza. Para permitir esto las 17 tramas anteriores se hacen cargo de la información de usuario que debería haber sido transmitida en esa posición. Además la información de voz del usuario dura 30 mseg y se combina la información de dos de esos elementos en una única ráfaga de transmisión.

Además se debe considerar otro mecanismo que es el que permite la comunicación dúplex. Básicamente consiste en el desplazamiento de los bits de transmisión y recepción entre sí. Existe un desfase de dos intervalos temporales en las tramas de transmisión y recepción, de modo que la transmisión pueda ser dúplex sin ser simultánea en el tiempo, y que además se justifica también dado que se transmite en sentido descendente antes que en sentido ascendente, con lo que el terminal puede decodificar AACH y actuar según este le indique (detalle mas adelante). Estas circunstancias permiten usar el mismo sistema radiante sin necesidad de un *duplexor* y dan la posibilidad al sistema de conocer que tipo de trama está y que se deberá transmitir.



**Figura. 1.7. Jerarquía de tramas TETRA**

### 1.10 Sincronización

La función de sincronización se corresponde con:

- Adquisición del receptor de la frecuencia (FDM) y la temporización (TDM).
- Ajuste de la trama temporal para enlace descendente (modo V+D).

- Ajuste de la base de tiempos de la estación móvil (modo V+D)

Por tanto:

- La estación móvil ajusta sus constantes para generar tramas y sus derivadas a partir de unos contadores que siempre corren en las estaciones bases, los publicite o no.
- El ajuste adaptativo de la trama consiste en el envío por parte de la estación base de una señal de avance temporal tal que , emitiendo ese tiempo antes, la señal de la estación móvil alejada no colisiona con otras más cercanas.

## **1.11 Canales y Ráfagas**

### **1.11.1 Modos de funcionamiento**

Los modos de funcionamiento son dos:

- Modo de transmisión con las variantes:
  - Transmisión de la señal de forma continua desde la estación base hacia la estación móvil, emitiendo sin interrupción las tramas de información por el radio canal principal (en los intervalos libres del mismo).
  - Compartición temporal de la portadora desde varias estaciones base hacia las estaciones móviles, con varias estaciones base emitiendo con ráfagas discontinuas en una portadora compartida temporalmente (se asignan los cuatro intervalos disponibles).
  - Compartición temporal del canal de control principal desde varias estaciones base hacia las estaciones móviles, donde varias estaciones base emiten con ráfagas discontinuas, compartiendo las tramas (de modo independiente, una a cada uno) del canal de control principal (se asignan tramas).
  - Múltiples intervalos usándose de dos a cuatro intervalos por portadora para la misma comunicación (esto es habitual en las comunicaciones de voz + datos).
- Modo de control con dos variantes:
  - Modo de control normal, que requiere asignación de un canal de control principal.

- Modo de control mínimo, donde todos los canales físicos de cada portadora se dedican a tráfico.

### 1.11.2 Proceso de conformación de la señal digital

Con la idea que tiene TETRA de dificultar la escucha intencionada, adecuar la señal al tipo de modulación utilizada y proteger la señal en su propagación por el canal, contempla los siguientes elementos:

- Codificación de canal, en que se utiliza un código de bloque y un código convolucional con entresacado (*puncturing*) que añaden bits complementarios a la señal original a transmitir. Con esta estrategia se consigue detectar y corregir errores fruto de la transmisión en si misma.
- Reordenación de bits, realizada por medio de una matriz que sirve como preparación para el entrelazado posterior.
- Entrelazado, en que los bits se extraen de la matriz anterior en un cierto orden, y se intercalan los bits anteriores y posteriores.
- Aleatorización o *scrambling*, por medio del cual los bits entrelazados se transmiten ahora de un modo aparentemente desordenado.
- Multiplexación de la señal generada hasta ahora, junto con los bits de linealización del canal (a esta estructura de bits se le añade los bits oportunos para llegar a tener una de las ráfagas citadas anteriormente)
- Codificador diferencial, encargado de implementar la modulación  $\pi/4 - DPSK$ , con agrupación de dos bits en un símbolo y que se traduce en la señal destino en una variación de fase con respecto al símbolo anterior.
- Modulador, que termina de situar la señal en el canal adecuado para la salida al aire.

### 1.11.3 Canales lógicos

Sobre los canales físicos se disponen los canales lógicos oportunos, que son:

- Canales de tráfico (TCH). Transportarán información vocal o de datos en modo conmutación de circuitos. En este sentido se tendrán en concreto los siguientes canales:

- Canales telefónicos, dedicados para sólo voz (TCH/S).
- Canales mixtos dedicados a la transmisión de voz y datos (TCH/X, X):
  - TCH/7.2 (velocidad neta 7.2 Kbps).
  - TCH/4.8 (velocidad neta 4.8 Kbps).
  - TCH/2.4 (velocidad neta 2.4 Kbps).

Se debe mencionar que agrupando los cuatro intervalos se puede lograr velocidades de 28.8 Kbps.

- Canales de control (CCH). Se utilizarán estos canales para la transmisión de mensajes de señalización e información de datos en modo paquetes. Entre ellos, se cuentan los siguientes:
  - Canal de control de difusión (BCCH), transmitido de estación base a estación móvil, de uso común para todas las estaciones móviles, por el que se transporta información general. Dos serán los tipos de BCCH:
    - Canal de difusión de red (BNCH), transportando información sobre la red e identidad de estaciones base.
    - Canal de difusión de sincronización (BSCH), en el que se envía información sobre frecuencias, sincronismo temporal y secuencias de aleatorización.
  - Canal de linealización (LCH), periodo de tiempo reservado para las estaciones móviles y las estaciones base para que linealicen sus transmisores. Serán de dos tipos con el objetivo de limitar interferencias en los canales adyacentes:
    - Canal de linealización común (CLCH), compartido por todas las estaciones móviles.
    - Canal de linealización de estación base (BLCH), usado por todas las estaciones base.
  - Canal de señalización (SCH), compartido por todas las estaciones móviles, aunque en cada caso transporte mensajes concretos de una de ellas o de un grupo. Un sistema TETRA requiere para funcionar de al menos un SCH por cada estación base. Se establecen tres categorías:
    - Canal de señalización completo (SCH/F), canal bidireccional que transporta paquetes de datos del máximo tamaño permitido.

- Canal de señalización descendente de tamaño mitad (SCH/HD), transmitido en sentido estación base a estación móvil.
- Canal de señalización ascendente de tamaño mitad (SCH/HU), transmitido en sentido estación móvil a estación base.
- Canal de asignación de acceso (AACH), transmitido en sentido estación base a estación móvil por donde se indica para cada canal físico la asignación de los intervalos ascendentes y descendentes.
- Canal sustraído (STCH), en el que se intercambia señalización urgente asociada a cada llamada, y por tanto de TCH. Esta capacidad de señalización se logra robando bits de información de la ráfaga del TCH para la señalización. El canal es unidireccional y en el mismo sentido que el TCH al que está asociado.

#### 1.11.4 Canales físicos

Con relación al Multiacceso FDM/TDMA, un canal físico se conforma en el estándar TETRA con una portadora y en un instante de tiempo elegido de entre los cuatro posibles (cuatro canales físicos disponibles por portadora).

De este modo, cualquier estación base al servicio de una célula dispone de al menos dos frecuencias, una de ellas en la banda alta para el enlace descendente y otra en la banda baja para el enlace ascendente. De entre esta dotación, existe una pareja de frecuencias en cuyo primer intervalo se insertan los canales de control. Este es el denominado radiocanal principal de la célula.

Con todo ello se definen tres clases de canales físicos:

- Canal físico de control. Este canal estará dedicado en exclusiva al canal CCH, es decir, a los canales lógicos de control. Existen dos tipos:
  - Canal de control principal, establecido en el primer intervalo de la trama del radiocanal principal de la célula.
  - Canal de control ampliado, utilizado de forma auxiliar y complementaria al canal principal cuando se precisa más capacidad de señalización.
- Canal físico de tráfico. Canal dedicado en exclusiva al TCH, es decir, a los canales lógicos de tráfico.



- Canal físico no asignado. Canal no atribuido a ninguna estación móvil en particular, y que por ello se emplea para la transmisión de información de difusión y mensajes de relleno.

La asociación de canales físicos y lógicos se muestra a continuación:

Canales físicos	Canales lógicos
Tráfico	TCH
Control	CCH
No asignados	Difusión y relleno

### 1.11.5 Ráfagas

Las ráfagas o *bursts* son el modo en que se transmiten los bits dentro de del intervalo de tiempo destinado para su transmisión. De este modo tenemos las siguientes ráfagas, hasta un número de siete:

- Ráfagas ascendentes (transmitido en sentido estación móvil a estación base):
  - Ráfaga de control (CB).
  - Ráfaga de linealización de estación móvil (LB).
  - Ráfaga normal (NUB).
- Ráfagas descendentes (transmitidas en sentido estación base a estación móvil). En los dos tipos que se enuncian a continuación , podremos hablar de transmisión continua o discontinua:
  - Ráfaga normal (NDB continua y discontinua).
  - Ráfaga de sincronización (SDB continua y discontinua).

Cada una de estas ráfagas tiene el sentido y la descripción que se incluye a continuación:

- Ráfaga de control (CB), ráfaga corta de 206 bits, utilizada por las estaciones móviles para la transmisión de mensajes de control a las estaciones base, por medio de dos campos de información de 84 bits. Presenta además una secuencia de ajuste

mayor que la del resto de ráfagas (30 bits), por las especiales circunstancias en las que se utilizan.

- Ráfaga de linealización (LB), propiamente definida como un tiempo muerto sin transmisión con una duración equivalente a 255 periodos de bit. Este tiempo es aprovechado por las estaciones móviles para la linealización de sus transmisores. En el caso de las estaciones base, no existe ninguna ráfaga específica para esta actividad, sino que se aprovechan los tiempos sin transmisión previstos al comienzo de las ráfagas descendentes discontinuas.
- Ráfaga ascendente normal (NUB), de 472 bits con dos campos (216 bits cada uno) para la transmisión de la información. Se emplean desde las estaciones móviles para la transmisión de mensajes de tráfico y señalización, una vez que se encuentran preparadas para ello (ya temporizadas y con el avance temporal ya tenido en cuenta).
- Ráfaga continua descendente y normal (NDB continua), sin periodo de guarda, tiene una duración de 510 bits, con dos bloques de datos (216 bits cada uno), un bloque de difusión (BBK) y una serie de bits de ajuste de fase. Lo utilizan las estaciones base que funcionan en modo continuo para el envío de mensajes de tráfico y control a las estaciones móviles.
- Ráfaga continua descendente de sincronización (SDB continua), como la anterior, tiene 510 bits y carece de bits de guarda. La utilizan las estaciones base para la transmisión de mensajes de sincronización y señales de control a las estaciones móviles. Presenta también un campo FC para la transmisión de la información de la corrección de frecuencia.
- Ráfaga discontinua descendente y normal (NDB discontinua), conteniendo 492 bits y con periodo de guarda y tiempo para la subida de potencia. Esta ráfaga es utilizada por las estaciones base que funcionan en modo compartido para la transmisión de mensajes de tráfico y control a las estaciones móviles.
- Ráfaga discontinua descendente de sincronización (SDB discontinua), similar a la anterior de la misma manera en que la SDCB lo era ala NDCB. Es empleada por las estaciones base en modo compartido para la difusión de mensajes de corrección de frecuencia, sincronización y transmisión de información de control.

Como corolario:

- 
- Todas las ráfagas menos las continuas tienen periodos de guarda:
    - Ubicado al comienzo, será un margen de linealización de transmisores.
    - Ubicado al final, tendrá como objeto la reducción de las colisiones entre ráfagas.
    - El resto no constituido por periodos de guarda implica periodo de bits activos.
  - Todas las ráfagas incorporan secuencias de aprendizaje o ajuste, precisas para funcionamiento del receptor y su decodificador, así como para informar sobre los tipos de canales lógicos en la ráfaga.
  - Las ráfagas ascendentes transmiten información por los campos SSN1 Y SSN”.
  - Las ráfagas descendentes transmiten información del canal lógico AACH.

**Tabla. 1.2. Ráfagas TETRA**

Ráfaga ascendente control	34 R&LPA	4 TB	84			30 ETS	84	4 TB	15 GP		
Ráfaga ascendente linealiz.	240 R&LPA							15 GP			
Ráfaga ascendente normal	34 R&LPA	4 TB	216 SSN1	22 TS	10 SP	216 SSN2		4 TB	4 GP		
Ráfaga continua descendente normal	BBK										
	12 TS	2 pa	216 BKN1	14	22 TS	16	216 BKN2	2 pa	10 TS		
Ráfaga continua descendente sincron	12 TS	2 pa	80 FC	Synch.120 BKN1	38 TS	30 BBK	216 BKN2	2 pa	10 TS		
Ráfaga discontinua descendente normal	BBK										
	10 R&LPA	2 TS	2 pa	216 BKN1	14	22 TS	16	216 BKN2	2 pa	2 TS	8 GP
Ráfaga discontinua descendente sincron	10 R&LPA	2 TS	2 pa	80 FC	Synch.120 BKN1	38 TS	30 BBK	216 BKN2	2 pa	2 TS	8 GP

BBK:	Bloque difusión
BKN1,2:	Bloque datos 1,2
ETS:	Secuencia ajuste ampliada
FC:	Corrección frecuencia
GP:	Periodo de guarda
LPA:	Linealiz.amplific. Potencia
pa:	Ajuste de fase
R:	Margen subida potencia
SB:	Bits de sincronización
SP:	Bits de reserva
SSN1,2:	Subintervalo 1,2
TB:	Bits de cola
TS:	Secuencia ajuste normal

### Correspondencia entre canales lógicos y físicos

Para terminar de concretar la naturaleza de la asignación de unos tipos de canales con otros, se considera una serie de reglas generales:

- La estructura de trama tiene una entidad coordinadora que se encuentra en un nivel superior, la multitrama, utilizada para establecer esta correspondencia.

- Asimismo, el intervalo primero del radiocanal principal de una estación base se utiliza para habilitar los canales de control, y el resto para canales de tráfico. En todos los casos la trama 18 se usa solo para canales de control, de aquí que lleva su nombre.
- El canal AACH se establece en el bloque BBK de cada enlace descendente, de modo que indica que tipo de canal se usará en el siguiente sub intervalo de enlace ascendente (este canal AACH es transmitido en el enlace descendente). El tipo de canal lógico del que estamos hablando se especifica en la secuencia de entrenamiento (*Training Sequence*) del correspondiente canal descendente. De este modo:
  - Los canales lógicos en el enlace ascendente vienen indicados en el campo BBK del AACH transmitido en sentido descendente.
  - Los canales lógicos en el enlace descendente vienen indicados en la secuencia de entrenamiento del enlace descendente.
- Los canales BSCH y BNCH, así como el canal CLCH, son transmitidos sobre la trama número 18 el canal BLCH puede reemplazar a SCH/HD en BKN2.

**Tabla. 1.3. Correspondencia entre ráfagas y canales lógicos**

Canal lógico	Tipo ráfaga	Utilización
BSCH BNCH	SDB (d)	Control de difusión
AACH	NDB (d),SDB (d)	Asignación acceso
BLCH CLCH	NDB (d),SDB (d)	Linealización
SCH/F	NDB (d),NUB (a)	Señalización
SCH/HD SCH/HU	NDB (d),SDB (d) CB (a)	Señalización
TCH/STCH	NDB (d),NUB (a)	Tráfico
	(a)Ascendente (b)Descendente	

En el siguiente bloque se incorpora la correspondencia entre canales lógicos y físicos, en sentido vertical descendente se incorpora la progresión de tramas, y en sentido horizontal se disponen los intervalos temporales según el tiempo aumenta, y únicamente los que son de interés:

- Canales de tráfico

**Tabla. 1.4. Canales de tráfico**

Número de trama	Enlace ascendente		Enlace descendente	
	Subinterv.1	Subinterv.2	Bloque BKN1	Bloque BKN2
1 a 17	TCH		TCH	
	TCH+STCH		TCH+STCH	
18	SCH/F		SCH/F	
	SCH/HU	SCH/HU	SCH/HD	SCH/HD
	CLCH	SCH/HU	BSCH	SCH/HD
			SCH/HD	BNCH

- Canales de control

**Tabla. 1.5. Canales de control**

Número de trama	Enlace ascendente		Enlace descendente	
	Subinterv.1	Subinterv.2	Bloque BKN1	Bloque BKN2
1 a 17	SCH/F		SCH/F	
	SCH/HU	SCH/HU	SCH/HD	SCH/HD
	CLCH	SCH/HU	SCH/HD	BNCH
18	SCH/F		BSCH	SCH/HD
	SCH/HU	SCH/HU		
	CLCH	SCH/HU		

- Canales no asignados

**Tabla. 1.6. Canales no asignados**

Número de trama	Enlace ascendente		Enlace descendente	
	Subinterv.1	Subinterv.2	Bloque BKN1	Bloque BKN2
1 a 18	CLCH		SCH/HD	SCH/HD
			BSCH	BNCH

Las conclusiones en cuanto a esta descripción son:

- El canal de control principal es el intervalo primero de la pareja de frecuencias asignada como dotación mínima a una estación base.
- La trama de control es la trama 18 de la estructura de multitrama y se utiliza en su totalidad para canales de control (todos los de control menos el STCH).
- En el canal de control principal se envían los canales lógicos SCH, BSCH, BNCH y LCH para el contacto con las estaciones móviles en las maniobras previas a la conversación.
- Por intervalos de tráfico se envían los canales TCH y STCH. La información de señalización asociada al TCH oportuno transita por canales en la trama 18, en forma de SCH.

### 1.12 Modo directo de operación en TETRA

Se denomina funcionamiento en modo directo (DMO) en el ámbito de influencia del sistema TETRA a la facilidad con que cuentan los móviles definidos en este sistema para funcionar directamente los unos contra los otros, sin mediación de la red en esta comunicación.

Como podemos apreciar, esta es una situación que puede solucionar situaciones de indisponibilidad de la red, sin que los terminales dejen de funcionar (no en vano el denominado DMO ha sido un requisito en los sistemas PMR más clásicos). Factores adicionales como la necesidad de equilibrar la forma de lograr una cobertura necesaria a un coste razonable terminan de consolidar la idea de la utilización del modo DMO.

Son 4 las aplicaciones en este modo:

- Comunicaciones DMO de área local. En ubicaciones donde no existe cobertura de red troncal, los terminales que los usuarios transportan son capaces de comunicar entre sí sin intervención de la red. Esta situación puede utilizarse también cuando sí existe cobertura de la red troncal pero no deseamos cargar esta red con un tráfico local que podemos gestionar de esta otra manera.
- Extensión de la cobertura de la red troncal con DMO. La cobertura de los sistemas PMR se suele diseñar para sistemas a bordo de vehículo, los verdaderos móviles. Para extender la cobertura a portátil se utiliza un repetidor a bordo de vehículo que es el que retransmite la señal de la red a los usuarios. Este vehículo será lógicamente el mismo que el que trasladó a los usuarios hasta la ubicación donde se encuentran.
- Comunicaciones entre usuarios DMO y usuarios en la red troncal. Este caso es un tanto especial. El funcionamiento del repetidor DMO es en modo pasarela, que une redes locales DMO con la red troncal cuando se requiere.
- Mejora de la cobertura con DMO. En ocasiones donde debemos mejorar la cobertura de zonas muy localizadas (interior de un edificio) se puede utilizar un vehículo móvil TETRA en modo directo para cubrir con potencia suficiente las zonas de sombra relativa de la red principal.

En funcionamiento en modo directo, a nivel físico, se puede lograr utilizando una o dos portadoras de radiofrecuencia:

- DMO con una portadora de radiofrecuencia, donde este modo de funcionamiento se basa en elegir de forma manual una frecuencia libre de entre las que el sistema utiliza en su funcionamiento normal, y en ausencia de interferencia utilizarla para la comunicación. Aunque la elección de la frecuencia se puede elegir de cualquier banda, es conveniente elegirla de la banda de transmisión de la estación base para minimizar las interferencias.
- DMO con dos portadoras de radiofrecuencia, utilizada en los casos en los que se requiere que el móvil se utilice para mejorar la cobertura de la red. La forma de selección de frecuencias consiste en tomar la transmisión de la banda de recepción de la estación base y la de recepción de la banda de transmisión. Esta opción puede parecer absurda (ver punto anterior), pero es más razonable que la opción alternativa porque de este modo la fuente de interferencia en el sistema será sólo



una (el repetidor DMO) por contraposición a tantas como terminales tengamos en caso de haber realizado la elección en sentido contrario.

### 1.13 Protocolos

En la especificación del protocolo se utiliza una estructura de capas, conforme al modelo de referencia OSI. De este modo se consiguen grupos aislados de funciones que permiten su descripción como una sucesión de capas independientes, en la que cada una de ellas ofrece su servicio de comunicación a la capa superior en diferentes puntos de acceso de servicio.

**Tabla. 1.7. Modelo de referencia OSI**

N.- Capa	Nombre de la Capa	Servicios efectuados
7	Aplicación	Protocolos de soporte para los servicios de datos y voz y para señalización y control
6	Presentación	
5	Sesión	
4	Transporte	
3	Red	
2	Enlace de datos	LLC: Enlace entre móvil y base
		MAC: TDMA
1	Física	Parámetros RF

Capa 1. Define los parámetros RF, tipo de modulación y codificación de datos. Representa las funciones necesarias para transferir las ráfagas de bits sobre los enlaces físicos radio.

Capa 2. Está subdividida en capa baja MAC y la capa alta LLC.

MAC: en ella se definen el método de acceso TDMA y la codificación de canal.

Ofrece un conjunto de canales lógicos a las capas superiores. Cada uno de ellos tiene su propio punto de acceso de servicio.

LLC: la capa dos tiene que proporcionar un enlace fiable entre el móvil y la base.

A cada canal lógico de control se le asigna una entidad separada. La señalización está basada en los principios del protocolo ISDN/LAPD. No obstante se modifica basándose en requisitos celulares específicos.

Capas 3-7. Se definen tres estructuras de protocolo en orden a soportar los protocolos de datos de servicios, tráfico de fonía y protocolo de señalización y control.

## 1.14 Servicios

### 1.14.1 Prestaciones TETRA

El estándar TETRA se define teniendo en cuenta los servicios que se van a proporcionar. Un listado de las prestaciones incorporadas para poder proporcionar los servicios es:

- Prestaciones clásicas de los sistemas PMR
- Diseño específico para permitir comunicaciones dúplex de voz y datos, o *semidúplex* de voz y datos por el mismo equipo, a costa de necesitar canales digitales  $n \times 64$  Kbps en las uniones de las estaciones bases con la red.
- Alta velocidad de transmisión de datos (hasta 28.8 Kbps uniendo recursos temporales en el TETRA estándar)
- Diseño específico para la transmisión PDO (*Packet Data Optimizad*, o transmisión optimizada de datos por paquetes), también conocida como DAWS su versión mejorada (*enhanced*).
- Gran calidad de las señales de voz y datos, fruto de su diseño digital.
- Prestaciones propias del mundo de la red digital de servicios integrados:
  - Amplia gama de interfaces para interfuncionamiento con PSTN e ISDN (RDSI).
  - Funcionalidades como la identificación, Re encaminamiento de llamadas, bloqueos...
- Seguridad de las comunicaciones (existirá la posibilidad de cifrado en la interfaz aire).
- Posibilidad de aplicaciones como la transmisión de video de baja resolución (en general de datos).

- Flexibilidad en los despliegues:
  - Diversidad de configuraciones, desde mono-repetidor en la transmisión radio, hasta complejas redes públicas con cobertura de ámbito nacional.
  - Posibilidad de comunicaciones sin apoyo en la red.
  - Posibilidad de combinación de coberturas entre redes públicas y privadas.
- Posibilidad de utilización de núcleos de red con tecnologías de conmutación típicamente del mundo de los datos (IP, o protocolo de Internet).

### 1.14.2 Servicios TETRA

Los servicios TETRA están divididos en teleservicios, servicios de portadora, y servicios adicionales. He aquí una perspectiva general de los servicios más importantes de TETRA:

#### **Teleservicios (Servicios de interés para el usuario ):**

**Llamada individual:** Conecta a un usuario de la red con otro usuario, de forma similar a un sistema de telefonía pública.

**Llamada de grupo:** Conecta a un usuario de la red con un grupo de otros usuarios. Los grupos no tienen por qué ser fijos, pudiendo formarse dinámicamente. Se puede configurar la llamada de grupo que resulta necesaria para que cada usuario pueda confirmar la recepción de la llamada, lo cual permite a la estación llamante asegurarse de que todos los usuarios la han recibido.

**Llamada de difusión:** Las llamadas de difusión se transmiten desde el centro de control con el fin de informar a todos los usuarios, los cuales no necesitan confirmar la llamada.

**Llamada de emergencia:** Son tratadas con alta prioridad por el MSC TETRA para permitir una rápida conexión con un expedidor o con un grupo.

**Operación en modo directo (DMO):** Dos usuarios se conectan directamente entre sí en modo simplex y sin utilizar una red TETRA.

**Canal abierto:** Servicio cuyo comportamiento es muy similar a un canal de radio analógica de dos vías, donde cada participante puede hablar o escuchar libremente.

---

**Inclusión de llamada:** Permite añadir usuarios a una llamada de grupo que ya ha sido establecida y que está en ejecución.

**Servicios de portadora (Servicios Portadores):**

Transporte de información entre transmisor y receptor en el caso de servicios portadores (niveles 1,2 y 3 de la pila OSI). Existen tres servicios portadores:

- Servicio en modo circuito (voz y datos).
- Servicio de datos en modo paquete.
- Servicio de mensajes de datos cortos.

Los tres tipos de sistemas TETRA que se verán a continuación utilizan estos servicios basados en diferentes interfaces radio, todos ellos especificados por la ETSI:

- Voz y datos (V+D): Transmisión de voz y datos a través de circuitos conmutados. (ETS 300 392)
- Paquete optimizado de datos (PDO): Tráfico de datos basado en la conmutación de paquetes. (ETS 300 393)
- Modo directo (DMO): Transmisión de voz unidireccional (simplex) entre dos sistemas móviles sin utilizar una red. Sobre un canal físico se pueden establecer dos llamadas DMO simultáneas. (ETS 300 396)

**Transmisión del estado de usuario:** Es comparable a los sistemas de mensajes de estado basados en datos FSK, utilizados para transmitir mensajes de estado breves y predefinidos, tales como “coche patrulla de servicio“, “petición de trabajo recibida“, o “vehículo de bomberos regresando a la central“, del usuario hacia el centro de control, o viceversa.

**Servicio de datos breves:** Transmite breves mensajes de texto entre los usuarios (como los mensajes SMS en GSM).

**Servicio de datos sobre circuitos conmutados:** Se utiliza en modo no protegido (7,2 Kbit/s por ranura de tiempo), con codificación estándar (4,8 Kbit/s por ranura de tiempo), y con codificación de rango superior (2,4 Kbit/s por ranura de tiempo).

---

**Servicio de datos sobre paquetes conmutados:** Basado en los protocolos TCP/IP o X.25, dependiendo de la aplicación, con una velocidad máxima de datos de 28,8 Kbit/s.

**Servicios adicionales:**

**Servicios esenciales y de prevención:** Prioridad de acceso, escucha discreta, llamada prioritaria de prevención, selección de área, llamada autorizada por el expedidor, última entrada, escucha de ambiente, asignación dinámica del número de grupo, retención de llamada, transferencia de control, servicios de expedición y de excepción.

**Servicios Suplementarios,** como los conocidos del sistema RDSI y GSM, de la presentación del número llamante, los desvíos de llamada, la puesta en espera, el buzón de voz, la prohibición de realizar y recibir llamadas, identificación de los participantes de una llamada, restricciones de llamada, tarifación, inclusión en conversación, etc.

## CAPÍTULO II

### SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DEL SISTEMA TRONCALIZADO DEL COMANDO CONJUNTO

#### El sistema troncalizado digital Digicom 25

Es un sistema de Radiocomunicación de los servicios fijo y móvil terrestre, que está conformado por pares de frecuencias, en el que las estaciones establecen comunicación mediante el acceso en forma automática a cualquiera de los canales y frecuencias asignadas al sistema que esté disponible. El sistema puede estar conformado por estaciones fijas, móviles, repetidoras y centros de conmutación.

El sistema troncalizado se caracteriza por la seguridad y confiabilidad con varias opciones de cobertura, operación rápida y eficiente aún con un gran número de usuarios. Brinda comunicaciones avanzadas con encriptación y codificación de mensajes.

A continuación un recapitulativo de los parámetros TETRA del COMACO

**Tabla. 2.1. Parámetros TETRA del COMACO**

Parámetros TETRA	Valor del parámetro
Ancho de Banda	380 a 400 MHz

Espaciamiento de los canales	25 KHz
Tipo de modulación	DQPSK (Modulación de fase)
Composición de una trama	Técnica TDMA
N. de canales por portadora	4
Señales de emisión/recepción	TX / RX
Velocidad máxima de datos	28,8 Kbit/s
Velocidad de datos no protegidos	7,2/14,4/21,6/28,8 Kbit/s
Velocidad de datos protegidos	4,8/9,6/14,4/19,2 Kbit/s
Longitud de los mensajes	16 a 2047 bits
Tipo de comunicación	Full o Half dúplex
Codificación de la palabra	ACELP - 4,8 Kbit/s
Dirección SSI del móvil	24 bits
Dirección de un equipo	15 bits

Un aspecto importante que incluye TETRA es la Codificación y compresión de la voz ACELP (*Algebraic Code Excited Linear Prediction*)

La codificación y la compresión de la voz son efectuadas por el *vocoder*, que transforma las señales de la palabra, muestreadas a 8khz (calidad telefónica) y codificadas sobre 8 bits (64 Kb/s), en bloque de 137 bits cada 30 ms (4,56Kb/s).

El *vocoder* comprende:

- 1- una tabla de predicción a largo plazo (periodicidad de los impulsos de excitación que pasarán dentro del filtro de predicción a corto plazo),
- 2- una tabla algebraica (impulsos de excitación pre-calibrados),
- 3- un filtro de predicción a corto plazo,
- 4- un filtro de paso alto digital,
- 5- compresión en amplitud según el país (Europa, Estados Unidos).

En tráfico normal, la codificación se efectúa directamente sobre dos tramas de fonía consecutivas: 2 x 30 ms, o sea 2 x 137 bits.

El tiempo de transmisión de la palabra (56 ms) que no es uniforme se añade al tiempo de tratamiento del *vocoder* (103 ms para el tiempo de análisis, el tiempo de compresión y los tiempos de decodificación).

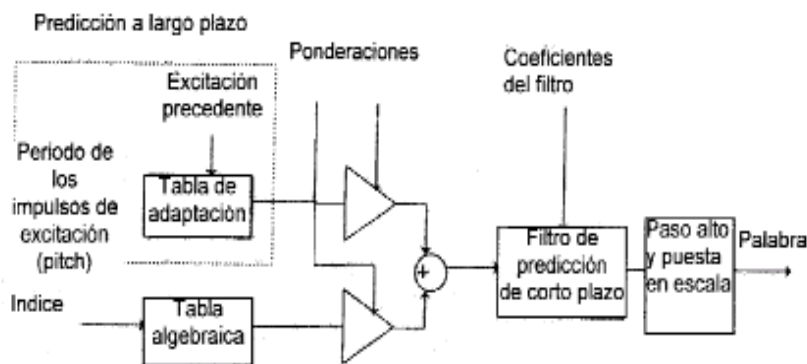


Figura. 2.1. Principio del vocoder

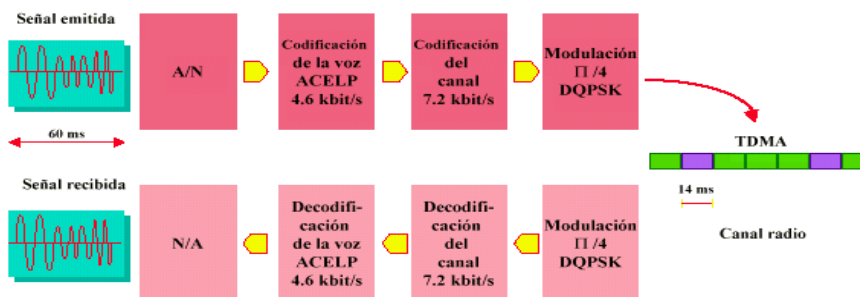


Figura 2.2. Procesamiento de la voz en TETRA

En total, el retraso para un enlace móvil/móvil monositio es de alrededor de 200 milisegundos.



**Tabla. 2.2. Comparativo de las características de los vocoders**

<b>Características</b>	<b>GSM</b>	<b>TETRA</b>
Horizonte del análisis	20 ms	30 ms
Número de parámetros	260	137
Relación bit MIC / bits vocoder	4,92	14,01
No. de bits transmitidos	456	432
No. de bits transmitidos/No. de bits vocoder	1,75	3,15
Velocidad de transmisión	22,8 Kb/s	14,4 Kb/s

**Funcionalidades de *Digicom Digital 25***

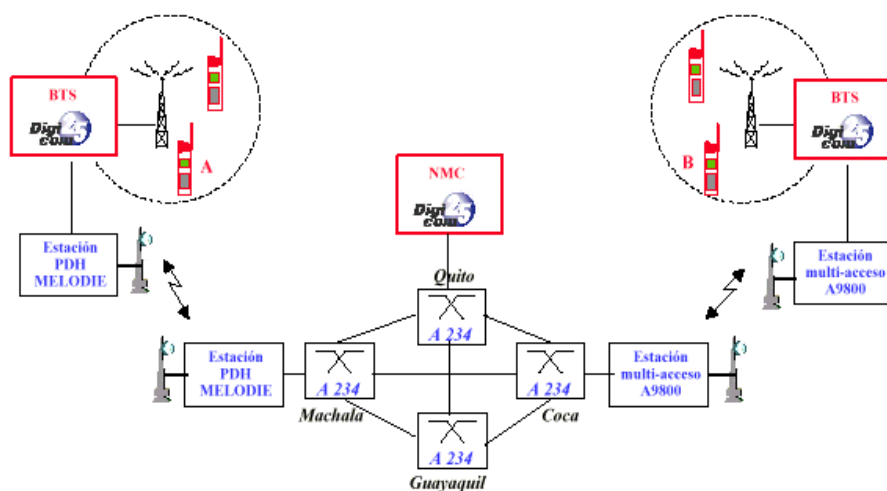
- Llamada vocal individual (monositio o intersitio), llamada que se realiza de un usuario a otro.
- Llamadas de grupo (monositio o multisitio), es la que se realiza de un usuario a varios usuarios, llamadas Mode y Línea 500.
- Llamada de emergencia
- Llamadas PABX y PSTN.
- Datos cortos (SDS) y datos modo circuito.
- Gestión de fila de espera.
- Inscripción y localización, permite a la infraestructura en todo momento conocer en que célula está inscrito el terminal.
- Memoria de llamadas, el terminal tiene la capacidad de grabar las 20 últimas.
- Modo directo, permite comunicarse a los terminales sin utilizar los recursos de la infraestructura, de acuerdo al límite del alcance de los terminales.
- Transferencia de llamada incondicional.
- Supervisión técnica, permite al técnico conocer el estado de la red.
- Terminal robado, es posible invalidar un terminal.
- Criptofonía dinámica con 7 llaves, dinámica con 7 llaves, el sistema permite transmitir con seguridad.
- Identificación de llamada, permite al usuario saber quien esta llamando.

**Tabla. 2.3. Servicios suplementarios**

<i>Servicios Suplementarios</i>	<i>Propiedades</i>
<i>Direccionamiento abreviado</i>	<i>Para definir las direcciones abreviadas y la lista de sus usuarios</i>
<i>Asignación dinámica de grupo</i>	<i>Para crear, modificar o suprimir un grupo por un operador autorizado</i>
<i>Llamadas prioritarias</i>	<i>Para efectuar un pedido de llamada con uno de los 8 niveles de prioridad</i>
<i>Llamadas prioritarias preferentes</i>	<i>Para efectuar inmediatamente un pedido de llamada prioritaria</i>
<i>Entrada tardía</i>	<i>Para reunir los retardatarios en una comunicación de grupo</i>
<i>Identificación de los emisores</i>	<i>Para identificar los participantes en una comunicación multipunto</i>

## 2.1 Arquitectura

El sistema presenta la siguiente *Arquitectura General*



**Figura. 2.3 Arquitectura General DIGICOM 25**

La arquitectura general se define en relación con las funciones principales de los equipos instalados.

De esta manera, se distingue la siguiente jerarquía funcional:

- 1- El centro de gestión, que incluye las consolas (OIHM, OADB), el servidor OMC y la pasarela PABX,
- 2- Los sitios radio (BTS), que incluyen el BCU, la BSC y las BS,
- 3- Los equipos de interconexión (enrutador, hub, PABX),
- 4- Los enlaces fijos (privados o públicos),
- 5- Los terminales (portátiles, móviles y estaciones sobre sitios).

Al interior de esta arquitectura general se distingue dos tipos de arquitectura de transmisión:

- 1- La arquitectura de transmisión PDH « Mélodie »,
- 2- La arquitectura de transmisión Multi-acceso « A9800 ».

Cada arquitectura presenta sus equipos y su tipo de enlaces.

### 2.1.1 Enlace de Tx. PDH

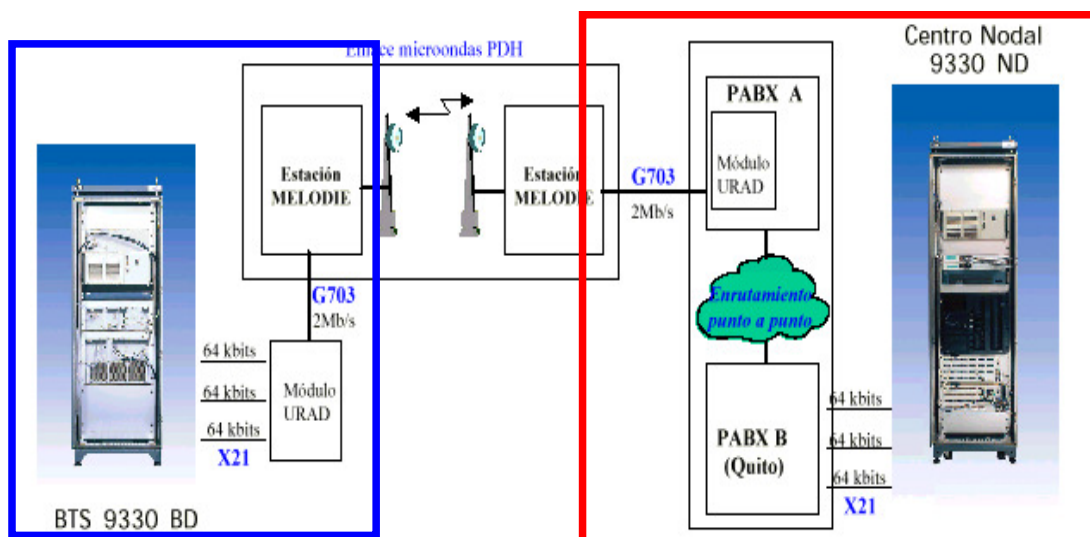
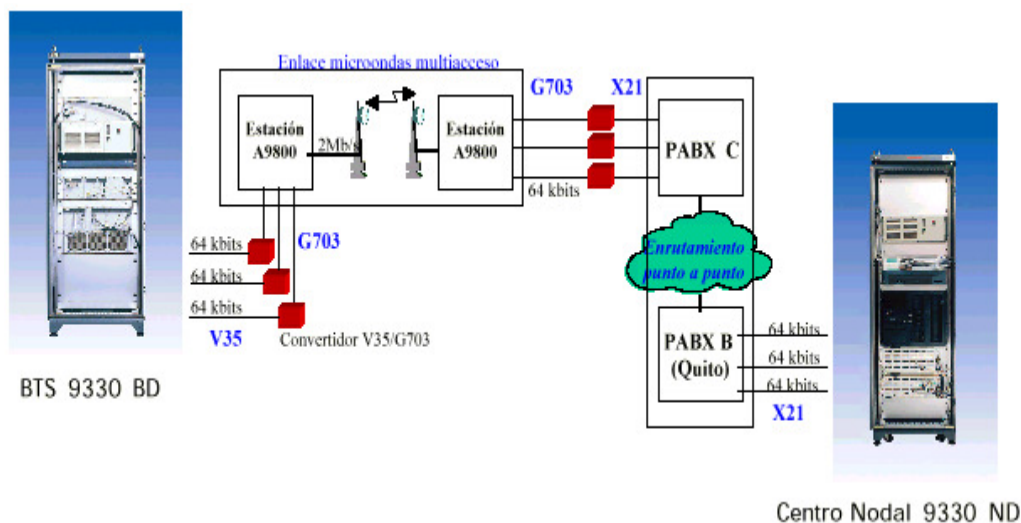


Figura. 2.4. Arquitectura PDH

Este enlace brinda el canal de comunicación desde la BTS con la estación del centro Nodal. Mediante la implementación de 3 canales de 64 Kbps, uno de los cuales es utilizado para control y los otros dos son para el envío y recepción de tráfico de voz y datos; los mismos que son enrutados por medio de módulos TA hacia un ACT que da acceso por medio de un canal de 2 Mbits (canal E1) al sistema PDH, y este enruta a Quito al Centro Nodal por medio de la Central A4400.

### 2.1.2 Enlace de Tx. MULTIACCESO



**Figura. 2.5. Arquitectura Multiacceso**

Este enlace brinda el canal de comunicación desde la BTS con la estación del centro Nodal mediante la implementación de 3 canales de 64 Kbps, uno de los cuales es utilizado para control y los otros dos son para el envío y recepción de tráfico de voz y datos; los mismos que son enrutados por medio de módulos G703 al Sistema Multiacceso A9800 y este enruta los canales directamente a Quito al Centro Nodal por medio de la Central telefónica A4400.

### 2.1.3 Integración al MODE

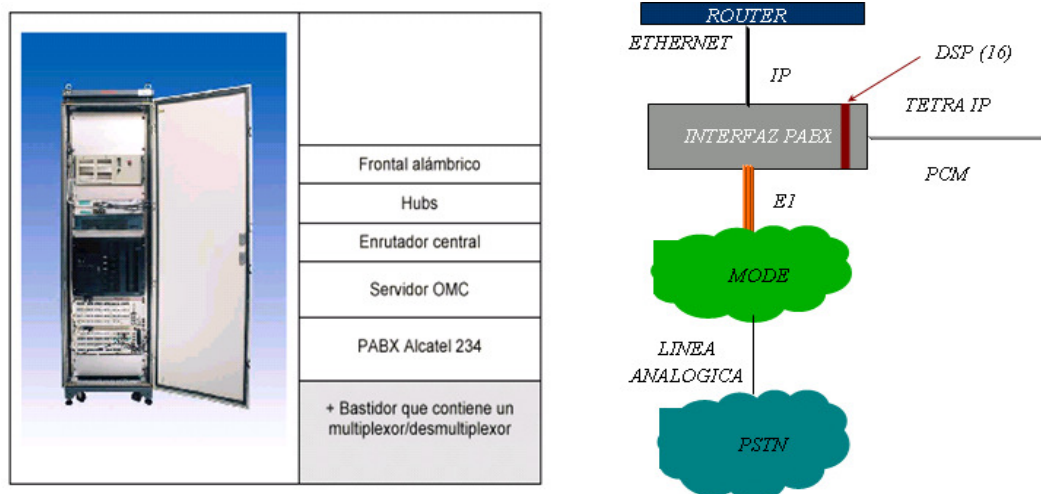


Figura. 2.6. Integración al Mode

### 2.1.4 La arquitectura de las bases de datos

#### Contenido de las bases de datos

La base de datos principal de una red contiene principalmente a los abonados de esta red (terminales fijos, móviles).

Esta base agrupa los siguientes elementos (OIHM):

- 1- Las identidades del terminal (alámbrico, radio, grupo),
- 2- Las características del terminal (clase de móvil, cobertura),
- 3- Los derechos del terminal (clase de servicio),
- 4- Las mensajerías del terminal (voz, datos),
- 5- El estado actual del terminal del terminal (localización, errores).

Normalmente, un móvil sólo puede constar en una sola base de datos de una misma red.

#### 2.1.4.1 Autenticación

Un móvil visitante es un móvil gestionado por el mismo operador, mientras que el móvil extranjero es gestionado por otro operador. Cuando el móvil es visitante dentro de una zona, su base de datos será actualizada de manera regular (autenticación, derechos por defecto).

### 2.1.4.2 Localización

La base de datos existe principalmente sobre el servidor del Centro de Gestión de la red. Se tiene la posibilidad de volver a crear localmente bases de datos « hijas » al nivel de las estaciones base (BTS).

### 2.1.5 Las interfaces de transmisión

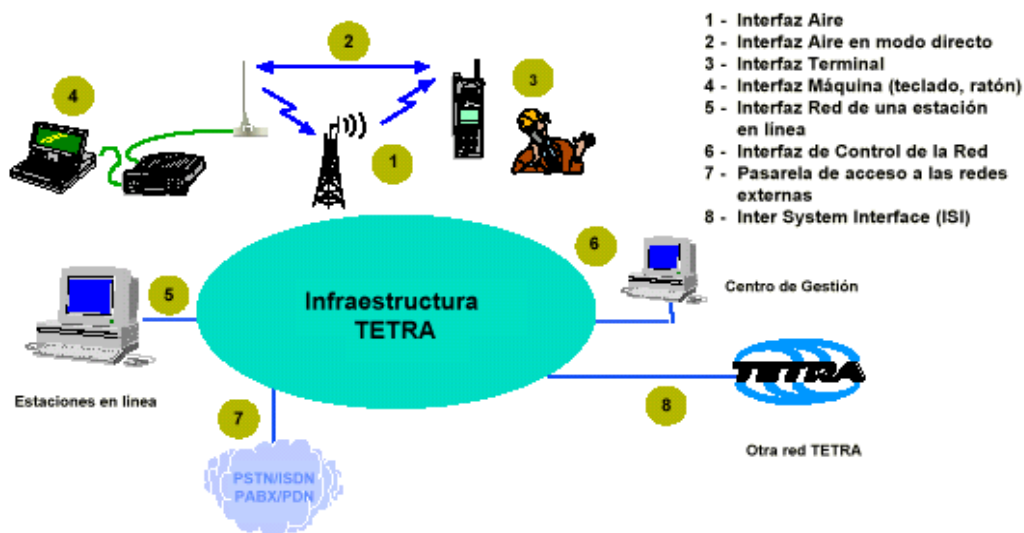


Figura. 2.7. Las interfaces de transmisión

#### La interfaz aire

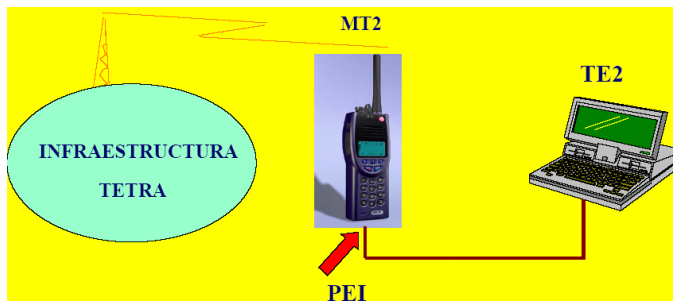
En el aire los intercambios de señalización abarcan todas las transmisiones, salvo los canales de tráfico.

En modo base, existe dos tipos de intercambios:

- 1.- Las transmisiones de datos no liberadas
- 2.- Las transmisiones de datos liberadas

En modo avanzado, un cierto número de parámetros suplementarios determinan la calidad de servicio junto con la complejidad del tratamiento (parada temporal, corte de la transmisión)

**La interfaz PEI (Interfaz de equipos periféricos)**



**Figura. 2.8. PEI**

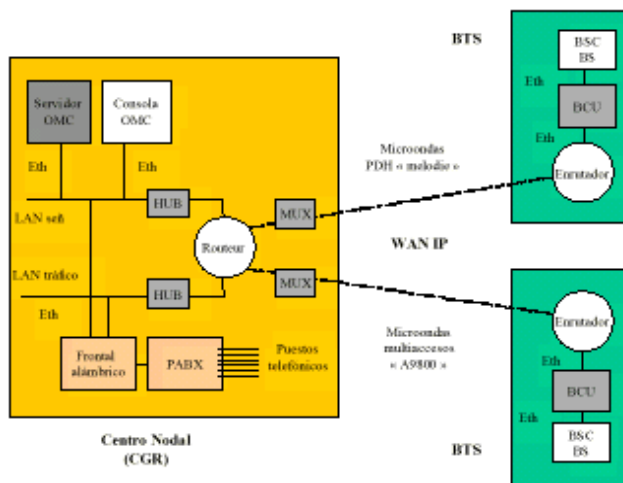
Unión serial compatible V24 o V28, la interfaz PEI de los móviles puede realizar todas las funciones de telemando, teleseñalizaciones y transmisión de datos.

**2.2 Descripción de los equipos**

**Configuración del material**

*Los equipos*

- las consolas
- el servidor OMC
- el frontal alámbrico
- los frontales BCU
- los BSC y BS
- los enrutadores
- los HUB
- los enlaces PDH y multiaccesos



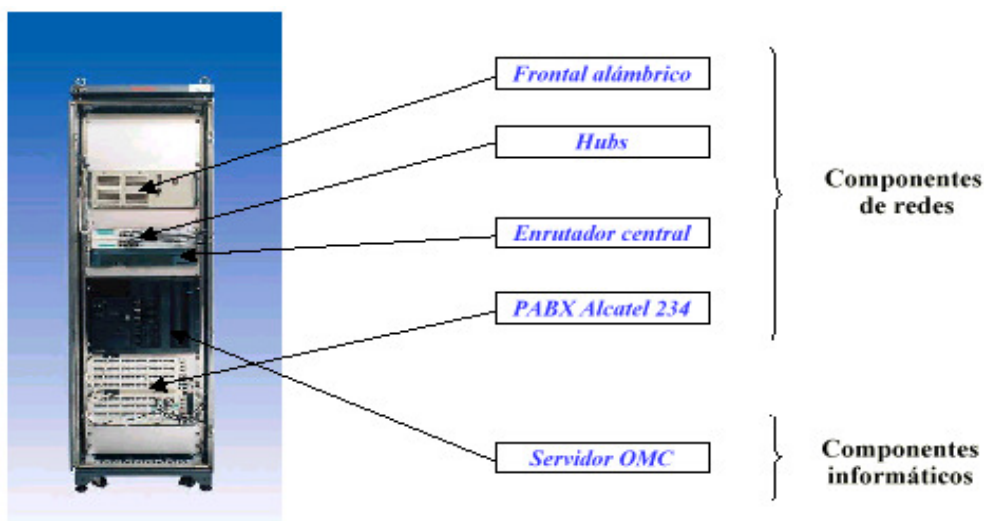
**Figura. 2.9. Configuración del Material**

<sup>4</sup>La configuración del material para el proyecto TETRA COMACO incluye los siguientes equipos:

- El centro de gestión de la red (MAMC, CGR) dotado de una consola CGR, del servidor OMC y de la pasarela PABX,
- Los sitios radios BTS, dotados de una frontal radio (BCU), de una estación de control (BSC), de una estación base (BS) y de un módulo OPTO 22,
- Los equipos de conexión (enrutador, hub, PABX),
- Los enlaces fijos (privados o públicos),
- Los terminales (portátiles, móviles y estaciones sobre sitios).

### 2.2.1 Centro de Gestión de la red (MAMC).

Se encuentra dotado de una consola Centro de Gestión de Red (CGR), del servidor Centro de Operación y Mantenimiento desde Consola (OMC) y la pasarela PABX.



**Figura. 2.10. Centro de Gestión de la Red**

El Centro de Gestión y de Acceso Multimedia (MAMC) agrupa los elementos centrales de una red troncalizada TETRA. Esta conectado a las estaciones repetidoras (BTS) distantes mediante una red privada, que utiliza el protocolo IP. Se encarga de las

<sup>4</sup> Todo lo relacionado a la administración y control de la red será tratado en lo referente al Software de gestión y de control.



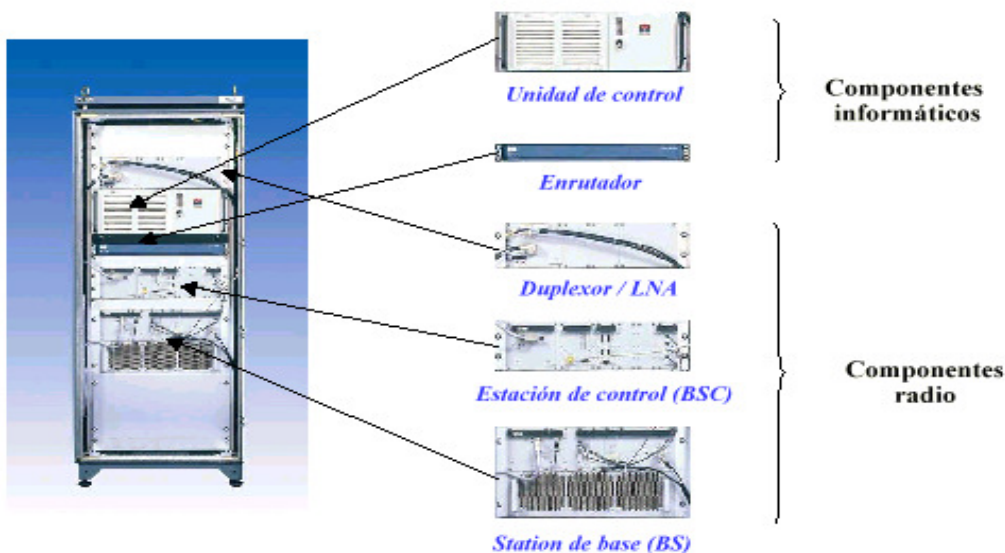
funciones de gestión de la red y de pasarelas hacia las redes telefónicas e informáticas (datos) externas.

Su versión de base consta de un bastidor electrónico que incluye el servidor de gestión central, el enrutador de acceso a la red y una pasarela de acceso telefónico: se pueden conectar una o varias consolas CGR a la red local.

**Tabla. 2.4 Especificaciones técnicas CGR**

Especificaciones Técnicas del Centro de Gestión de Red	
Cantidad máxima de BTS	256
Cantidad máxima de terminales alámbricos	32 por pasarela
Cantidad máxima de abonados TETRA	500.000
Sistema Operativo	Windows NT
Alimentación	110/220 v
Temperatura de utilización	0°C a +50°C
Humedad relativa	90%

**2.2.2 BTS**



**Figura. 2.11. BTS (Fabricante THALES)**

**Tabla. 2.5. Especificaciones técnicas BTS**

Especificaciones técnicas BTS	
Gama de frecuencia	380 – 400 Mhz.
Diferencia dúplex	10 Mhz
Método de acceso	TDMA
Modulación	$\pi/4$ DQPSK
Espaciamiento de frec.	25 Khz
Canales por portadora	4
Sensibilidad estática en RX	-115dBm
Sensibilidad dinámica en RX.	-106dBm
Potencia	25 watt
Alimentación	48 v CC nominal
Temperatura utilización	0°C a +50°C
Humedad relativa	90%

La estación repetidora (BTS) es el elemento base de la red troncalizada TETRA.

Cada estación repetidora controla una célula de radio y opera en las bandas mostradas en la tabla 2.2.

El módulo de control (BSC) efectúa la gestión de los recursos de radio y la transferencia de llamadas locales: esta conectado al centro nodal mediante enlaces dedicados de 64 Kbps, utilizando el protocolo TCP/IP para la voz y los datos (multiplex de 4 canales), de tipo X21/V35 o V11.

Según el tráfico la estación repetidora puede incluir hasta cinco emisores/receptores: esta conectada a la antena mediante un acoplador híbrido.

## Equipos de una estación BTS

- BTS.- Bastidor de transmisión que incluye las estaciones de base (BSC) y el controlador de Estación (CS).
- BSC.- Unidad de control y de gestión de las BS.
- BS.- Equipo base de una BTS, incluye funciones de emisor/receptor.
- Ruteador.- es el encargado de enrutar las llamadas, a, y desde el Centro de Gestión
- Duplexor.- Es el equipo de acoplamiento del sistema de transmisión y recepción.
- Enlaces sitios (BTS)-Centro Nodal.- 64 Kbps. por cada canal suministrados por los sistemas de TRANSMISION PDH y MULTIACCESO de la Red MODE - DIGITAL.

### 2.2.3 Terminales de la red



**Figura. 2.12. Equipos Terminales SIMOCO**

#### Parámetros de la estación base transceptora

Potencia de emisión: 10w en la salida de la antena

Potencia sobre canal adyacente: -65dBc

Sensibilidad dinámica: > 104 dBm (depende de las condiciones)

Temperaturas de funcionamiento: 0 C hasta + 55 C

#### Características generales de los terminales

- Interfaz usuario
- Visualizador
- Cristales líquidos retro-iluminados con 6 líneas de 20 caracteres aproximadamente.
- Diodos de colores electro-luminiscentes

- Mandos
- Control Marcha - Parada/Volumen,
- Tecla de navegación en los menús,
- Teclado numérico,
- Selección creciente/decreciente de los canales,
- Tecla alarma,
- Teclas programables

### Características técnicas

**Tabla. 2.6. Especificaciones técnicas del equipo portátil**

Especificaciones Técnicas del portátil 9230 HD	
Gama de frecuencias	380 - 400, 410 - 430, 870 - 876, 915 - 921 MHZ
Diferencia Dúplex	10 MHZ
Método de acceso	TDMA
Modulación	PI/4 DQPSK
Espaciamiento de frecuencias	25 Khz
Canales por portadora	4
Banda pasante	20 Mhz(Banda total)
Sensibilidad en recepción	-112 dBm
Potencia de salida	3 W y 1 W(hasta 5 pasos)
Alimentación	7,2 V nominal
Autonomía(ciclo de carga 5/20/75)	10,9 horas(3W), 16,6 horas(1W)
Dimensiones (AxLxP)	165mm x 62mm x 46mm
Masa	398g sin batería, 647 con batería
Robustez	IEC529 IP54, IEC68
Temperatura de utilización	-20g Ca + 60g C

**Tabla. 2.7. Especificaciones técnicas del móvil**

Especificaciones Técnicas del móvil 9230 MD	
Gama de frecuencias	380 - 400, 410 - 430, 870 - 876, 915 - 921 MHZ
Diferencia Dúplex	10 MHZ
Método de acceso	TDMA
Modulación	PI/4 DQPSK
Espaciamiento de frecuencias	25 Khz
Canales por portadora	4
Banda pasante	20 Mhz(Banda total)
Sensibilidad en recepción	-112 dBm
Potencia de salida	10 W(hasta 6 pasos)
Alimentación	12 V nominal
Dimensiones (AxLxP)	60mm x 180mm x 175mm
Masa	1395g con consola
Robustez	IEC529 IP54, IEC68
Temperatura de utilización	-20g Ca + 60g C

## 2.3 Despliegue en el territorio nacional

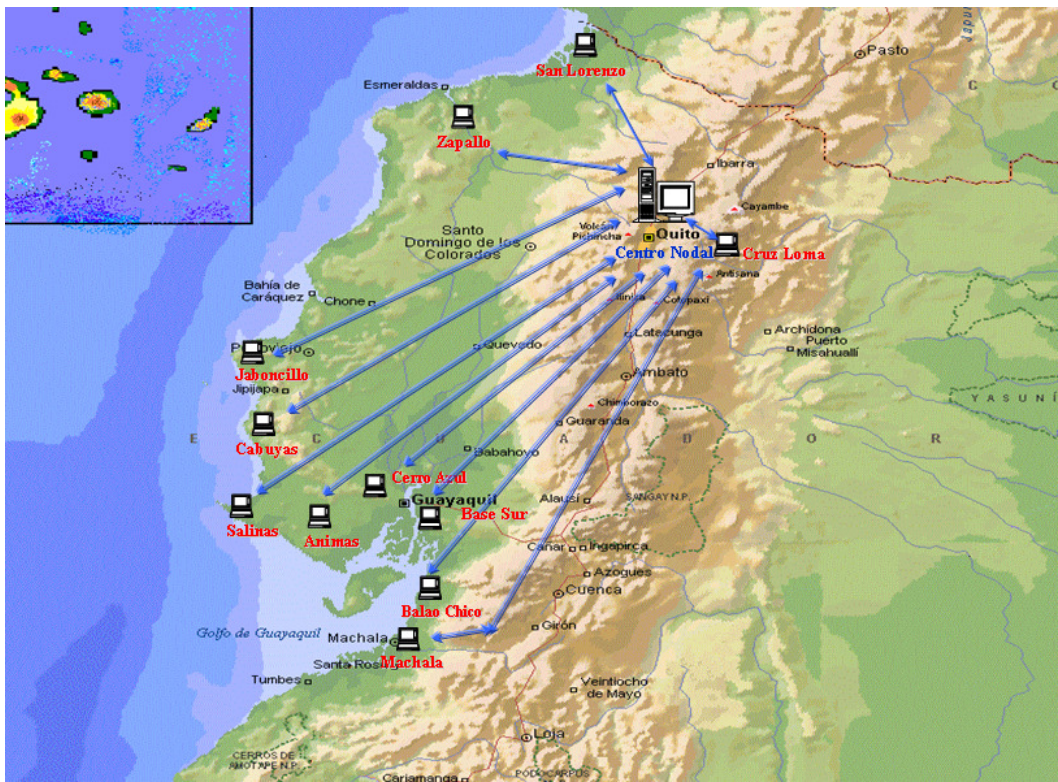


Figura. 2.13. Despliegue del sistema en el Ecuador

### 2.3.1 Infraestructura del sistema TETRA a nivel nacional

El sistema consta de la siguiente infraestructura:

- 1 Centro Nodal.
- 11 Estaciones radio BTS
- 203 terminales:
  - Fuerza Terrestre: 58 portátiles.
  - Fuerza Naval: 56 bases, 2 vehiculares, 44 portátiles.
  - Fuerza Aérea: 33 portátiles
- Interfaces con el sistema MODE
  - Enlace PDH “Melodie”
  - Enlace multiacceso “A9800”
  - PABX “A234”

---

### Topología de la Red.-

01 Centro Nodal Instalado en Grupo de Telemática

11 Sitios de repetición ubicados en:

<b>ESTACION</b>	<b>INTERFAZ</b>
San Lorenzo	Multiacceso
Cerro Zapallo	Multiacceso
Base Sur	PDH
Cerro Cruz Loma	PDH
Cerro Jaboncillo	PDH
Salinas	PDH
Cerro Animas	PDH
Cerro 507	PDH
Balao Chico	PDH
Machala	PDH
Cerro Cabuyas	PDH

01 Centro de Gestión

Terminales fijos móviles SRM-1000, portátiles SRP-1000 y SRP-2000.

- Periféricos asociados a la gestión de la red, compatibles que constituyen el producto los cuales están dotados de software de Sistemas disponibles en el mercado, para el público en general; además posee software específicos de su fabricante.

Parámetros de la infraestructura PMR

- Banda de frecuencias: 380-400 Mhz
- Amplitud de banda por 4 canales: 25 Khz
- Distancia entre frecuencias transmitidas: 50 Khz
- Distancia E/R: 10 Mhz
- Modulación:  $\pi/4$  DQPSK
- Velocidad del Canal: 36 Kbits/s
- Velocidad de codificación de la voz: apr. 4.8 Kbits/s.
- Método de Acceso: TDMA (4 time slot)
- Codificación de la voz: ACELP (7.2 Kbits/s por time slot)
- Velocidad Variable: Máximo 28.8 Kbits/s.

---

## 2.4 Software de Gestión y de Control

### Centro de Gestión de Red (CGR)

Asegura la administración de la red de los sitios radio, terminales móviles y abonados, que se comunican sobre esta red

### Servidor OMC (Centro de Operación y Mantenimiento).

Es un PC donde esta la base de datos de todo el Sistema Troncalizado el cual esta conectado en red gestionado por la consola (CGR).

### Consola CGR

Es una micro-computadora conectado sobre la red y sobre el servidor OMC, la consola es un terminal de administración y de supervisión técnica del Sistema.

### Estación OIHM (OMC Interfaz Hombre Maquina)

Esta aplicación nos permite administrar la red como (abonados, Infraestructura, etc.). Está instalada en el puesto de operación (Centro Nodal).

Realiza las siguientes aplicaciones:

Administración de abonados individuales, además permite la visualización, definición, modificación y suspensión de los mismos

- Clases de servicio que habilita en los terminales:
  - Clase 1.- Acceso Troncalizado - Troncalizado
  - Clase 2.- Acceso Troncalizado -Mode
  - Clase 3.- Acceso Troncalizado Mode, PSTN.
- Permite asignar la cobertura de acuerdo a las necesidades del usuario.
- Permite la invalidación, la validación y la supresión de los terminales robados.
- Administra a los usuarios:
  - Permite la definición de los accesos funcionales de los usuarios.
- Visualizar el diario de los errores:
  - Permite la explotación de los mensajes de error



---

## **Supervisión Técnica HP Open View**

En el año 2006 se adquirió el software HP Open View para la supervisión y control de la red. Por medio de este software, podemos realizar las siguientes gestiones:

- Verificar remotamente las fallas de cada uno de los módulos de las estaciones (BTS).
- Nos permite controlar las interfaces de enlace con los Sistemas, PDH y Multiacceso.
- Nos permite tener una visualización grafica del Sistema.
- En el reporte de alarmas nos permite ver:
  - El tipo de alarma suscitada en el sitio (BTS).
  - La hora y el día en que sucedió la novedad.

## **PABX 4400**

Gestiona y Supervisa las llamadas de los terminales como:

- Configuración PABX 4400
- Facturación
- Estadísticas de utilización del Sistema
- Estadísticas de utilización por sitio (BTS)

## **Dispatcher**

Es un PC que utiliza un software para realizar el monitoreo directo del tráfico de los usuarios como:

- Escucha de llamadas
- Cancelar las llamadas
- Ingreso personalizado a la comunicación.

## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISIS PARA LA MIGRACIÓN HACIA NUEVOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES**

#### **3.1 Análisis de los actuales servicios TETRA del COMACO**

En la actualidad el Sistema TETRA del COMACO ofrece teleservicios como: Telefonía móvil, servicios de despacho y seguridad (como son las llamadas de grupo), además de ofrecer servicios portadores como: servicio en modo circuito (voz y datos) y servicio de mensajes de datos cortos.

A continuación se presenta un análisis de los servicios en cada una de las estaciones bases, dispuestas a lo largo del territorio nacional, examinando a profundidad los tres aspectos principales del sistema:

- Cobertura
- Capacidad
- Calidad de Servicio (QoS)

##### **3.1.1 Cobertura**

Dentro del estudio de cobertura realizado, se utilizó el software licenciado SIRENET, el mismo que, considerando el medio donde se encuentran instaladas las estaciones bases (urbano, rural, etc.), permite configurar los diferentes parámetros necesarios para el cálculo de coberturas (como son: transmisores (BTS), receptores (móviles), antenas, frecuencias de trabajo, métodos de propagación, etc.).

Para el análisis de la cobertura en cada uno de las estaciones donde funciona actualmente el sistema, se realizó dos estudios en cada sitio: el primero referido al modelo de propagación de Okumura-Hata que se aplica al servicio móvil, en donde los edificios y el terreno no se consideran determinísticamente, lo que indica , por ejemplo, que dos ciudades diferentes mostrarán los mismos patrones teóricos de cobertura independientemente de su relieve, alcance o edificación; el segundo estudio y como contraposición al primero, se basó en el método de propagación recomendado por la ITU-R para comunicaciones móviles PMR en la banda de los 400 Mhz, hablamos de la REC.526 UIT-R que es un modelo determinístico que además de las pérdidas por espacio libre, define las pérdidas adicionales, debidas a la difracción de la señal en los diferentes obstáculos existentes entre el transmisor y el receptor.

Un detalle importante por el que se aplicó el modelo de Okumura-Hata, es que, a diferencia de las redes celulares públicas como las de Porta o las de Movistar, (que ubican sus BTS en sitios donde les permite cumplir con el rehúso de frecuencias y mantener la estructura de celdas) la red TETRA del COMACO ubica sus estaciones en las montañas o sitios más altos del área donde se da servicio.

Consideraciones generales:

1) Las estaciones que se encuentran en funcionamiento son las siguientes:

SAN LORENZO

ZAPALLO

JABONCILLO

CABUYAS

SALINAS

CERRO ANIMAS

CERRO AZUL(507)

BASE SUR

BALAO CHICO

1-BI "EL ORO"

CRUZ LOMA

Las mismas que dependiendo del sector al que dan servicio, se ha calificado el medio (urbano, suburbano y rural) y el tipo de ciudad (grande y pequeña) para el cálculo del modelo de propagación.

2) Con el objeto de interpretar de mejor manera los rangos de potencia que alcanza una estación en el sitio donde se la analiza, se ha establecido la siguiente tabla:

### **Rangos de potencia y su valoración**

<i>Potencia en dBm</i>	<i>Valoración</i>
Pot. $\geq -82$ dBm	Eficiente
$-92$ dBm $\leq$ Pot. $< -82$ dBm	Buena
$-102$ dBm $\leq$ Pot. $< -92$ dBm	Regular
<sup>5</sup> P $< -102$ dBm	Deficiente

**Tabla. 3.1. Valoración de los rangos de potencia**

3) Las gráficas obtenidas en el software Sirenet han sido trasladadas al programa Google Earth, con el fin de visualizar de mejor manera la cobertura que ofrece la estación analizada.

A continuación se presenta el detalle del estudio realizado en cada sitio:

<sup>5</sup> La potencia de recepción de los equipos portátiles, es decir, los niveles de sensibilidad de los mismos, se estiman aceptables cuando su nivel no sobrepasa el límite máximo de potencia en recepción que es de  $-102$  dBm.

*Estación San Lorenzo*

PARÁMETROS CONFIGURADOS			
Cálculos de propagación	Método Okumura Hata	Factor $K=4/3$ Método de combinación: - Ubicaciones - Tiempo	
		Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB
	Variación estimada total: -10.48 dB Medio: Rural Tipo de ciudad: Pequeña		
	Método Rec.526 UIT-R	Factor $K=4/3$ Atenuación por gases -Densidad vapor de agua: $0.1 \text{ gr}/\text{m}^3$ Atenuación por lluvia -Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): 0.01mm/h -Tiempo asegurado: 0.01% Método de combinación: Suma cuadrática	
Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB		Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	
Variación estimada total: -7.4105 Db			

TRANSMISOR				
Parámetros Radio	Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo(Mhz)	Canales
	Vertical	TETRA(Down)(Base-Móvil)	394.150	4
Parámetros de Antena	Potencia(W)	Pérdidas(dB)	Antena TETRA	Altura(m)
	25	1	Omni 5 dBi_380Mhz	45

RECEPTOR						
Parámetros Radio						
Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo (Mhz)	Canales	Potencia Umbral (dBm)	Impedancia (ohmios)	C/N (dB)
Vertical	TETRA (Down) Base-Móvil	394.150	4	-102	50	8
Parámetros de Antena						
Antena			Altura(m)			
Isótropa			1.5			

GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO OKUMURA HATA)

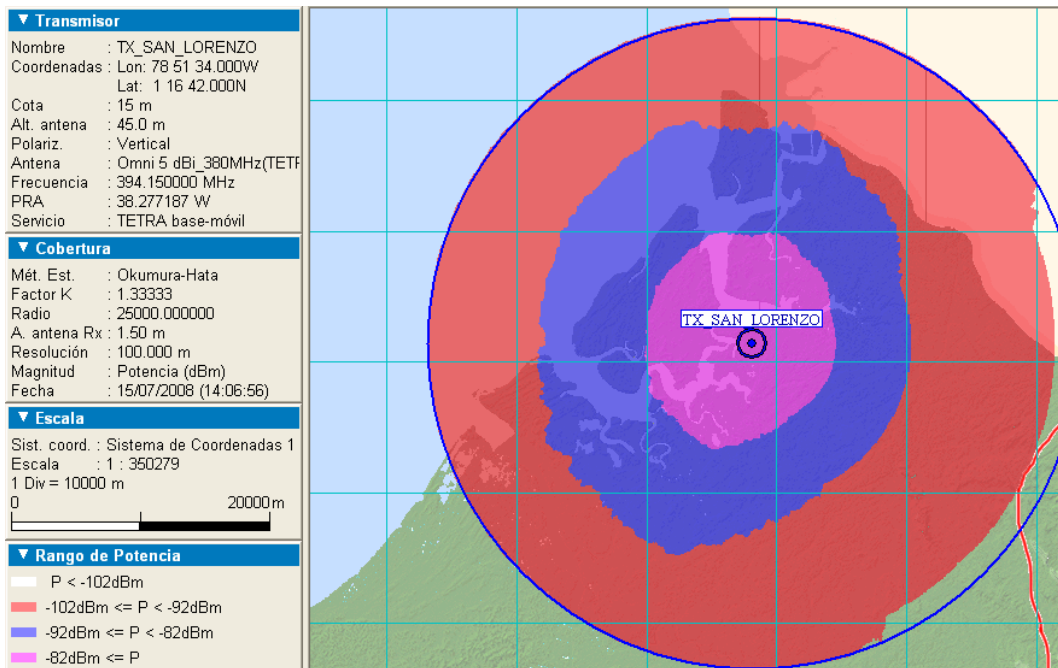


Figura. 3.1. San Lorenzo. Okumura Hata (Sirenet)

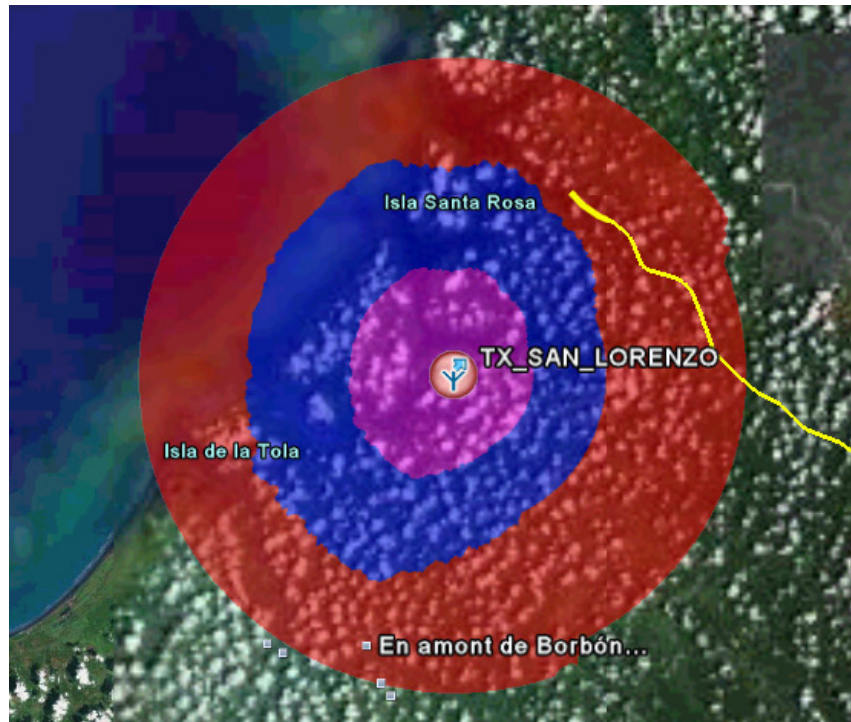


Figura. 3.2. San Lorenzo. Okumura Hata (Google Earth)

GRÁFICA DE LA COBERTURA (MODELO REC.526 ITU-R)

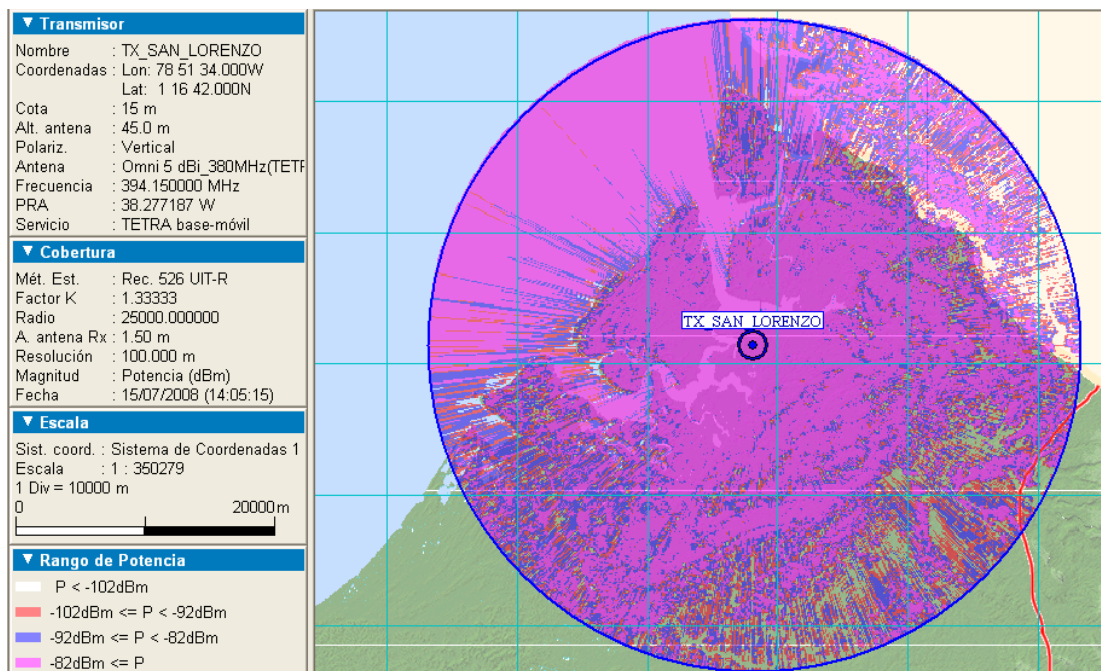
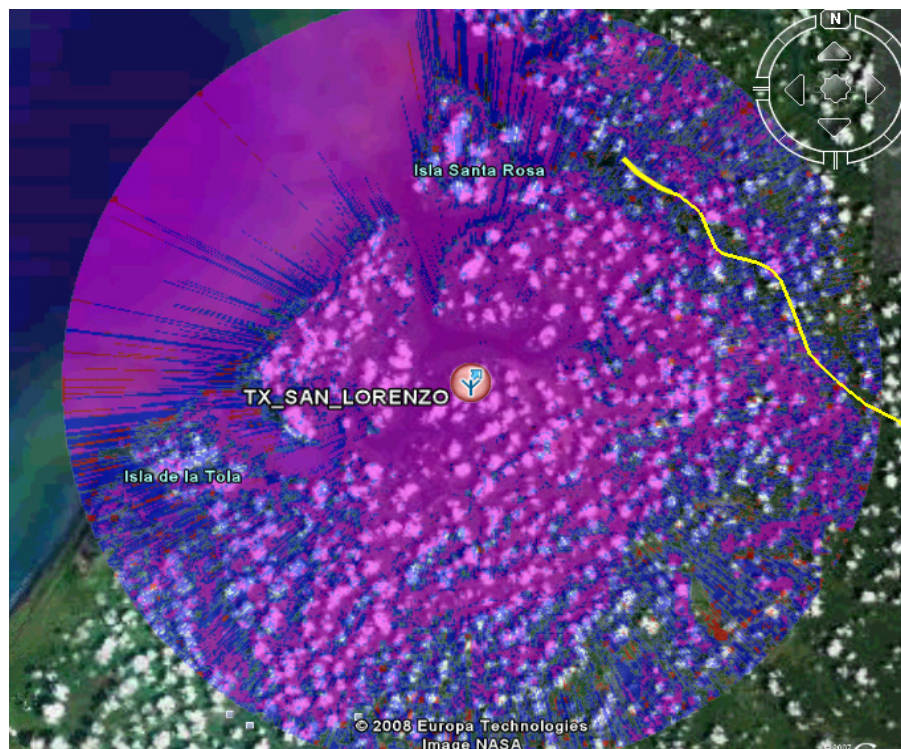


Figura. 3.3. San Lorenzo. Rec.526 (Sirenet)



**Figura. 3.4. San Lorenzo. Rec.526 (Google Earth)**

Consideraciones para la estación San Lorenzo

1) El trabajo que debe cumplir la BTS en este sector es: proporcionar comunicación a las lanchas y buques de la Fuerza Naval, además de permitir la comunicación de los miembros del ejército que patrullan esta zona de frontera.

Análisis de las gráficas de cobertura:

*Modelo Okumura Hata*

- Se aprecia en la gráfica que la señal es eficiente alrededor de la BTS, en un radio de 8 Km. aproximadamente; es buena hasta los 12 Km. por el oriente y 16 Km. por el Occidente (Mar); a partir de estas distancias y hasta los 25 Km. la señal se degrada a regular, llegando a perderse en distancias mayores sobretodo al lado oriental (hacia la Provincia del Carchi).

*Modelo Rec. 526 ITU-R*

- Se aprecia en la gráfica que la señal es eficiente, en un radio de 25 Km., alrededor de la BTS, observándose pérdidas de la señal en la vegetación y elevaciones ubicadas en el sector oriental.



Conclusión: la cobertura que presta la BTS es adecuada para el trabajo de la marina, en lo que respecta a las actividades de patrullaje en la línea de frontera, la degradación de la señal puede dificultar estas tareas (cobertura entre 30 y 40 %).

**Estación Cerro Zapallo**

PARÁMETROS CONFIGURADOS			
Cálculos de propagación	Método Okumura Hata	Factor $K=4/3$ Método de combinación: - Ubicaciones - Tiempo	
		Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB
		Variación estimada total: -10.48 dB Medio: Rural Tipo de ciudad: Pequeña	
	Método Rec.526 UIT-R	Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: 0.1 gr/m <sup>3</sup> Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): 0.01mm/h - Tiempo asegurado: 0.01% Método de combinación: Suma cuadrática	
	Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Variación estimada total: -7.4105 dB

TRANSMISOR				
Parámetros Radio	Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo(Mhz)	Canales
	Vertical	TETRA(Down)(Base-Móvil)	399.250	4
Parámetros de Antena	Potencia(W)	Pérdidas(dB)	Antena TETRA	Altura(m)
	25	1	Omni 5 dBi_380Mhz	25

RECEPTOR						
Parámetros Radio						
Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo (Mhz)	Canales	Potencia Umbral (dBm)	Impedancia (ohmios)	C/N (dB)
Vertical	TETRA (Down) Base-Móvil	399.250	4	-102	50	12
Parámetros de Antena						
Antena			Altura(m)			
Isótropa			1.5			

GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO OKUMURA HATA)

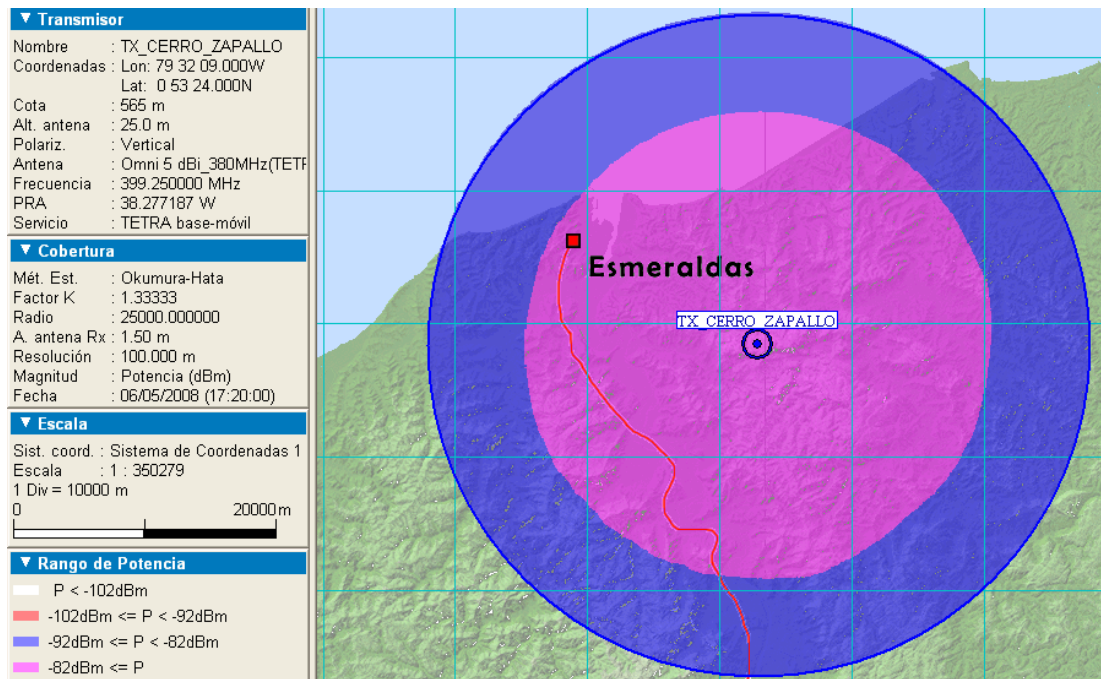


Figura. 3.5. Cerro Zapallo. Okumura Hata (Sirenet)

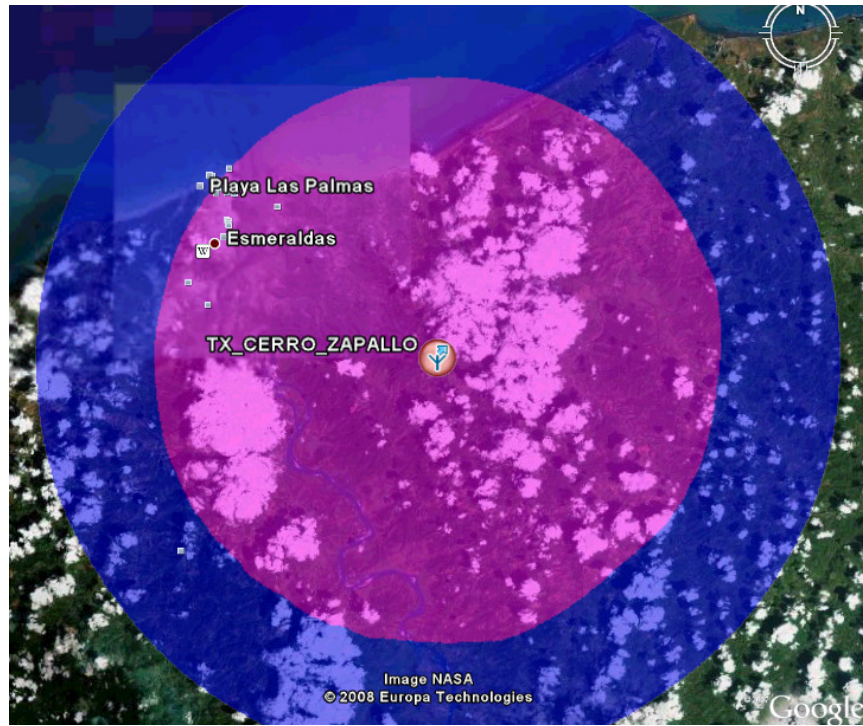


Figura. 3.6 Cerro Zapallo. Okumura Hata (Google Earth)

GRÁFICA DE LA COBERTURA (MODELO REC.526 ITU-R)

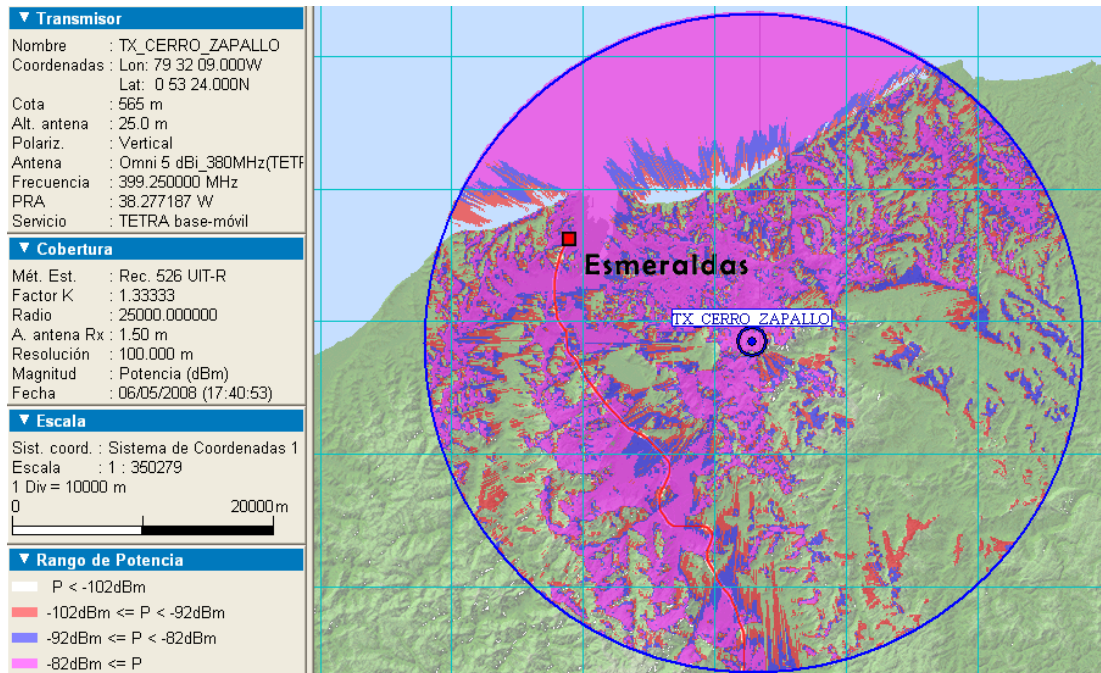
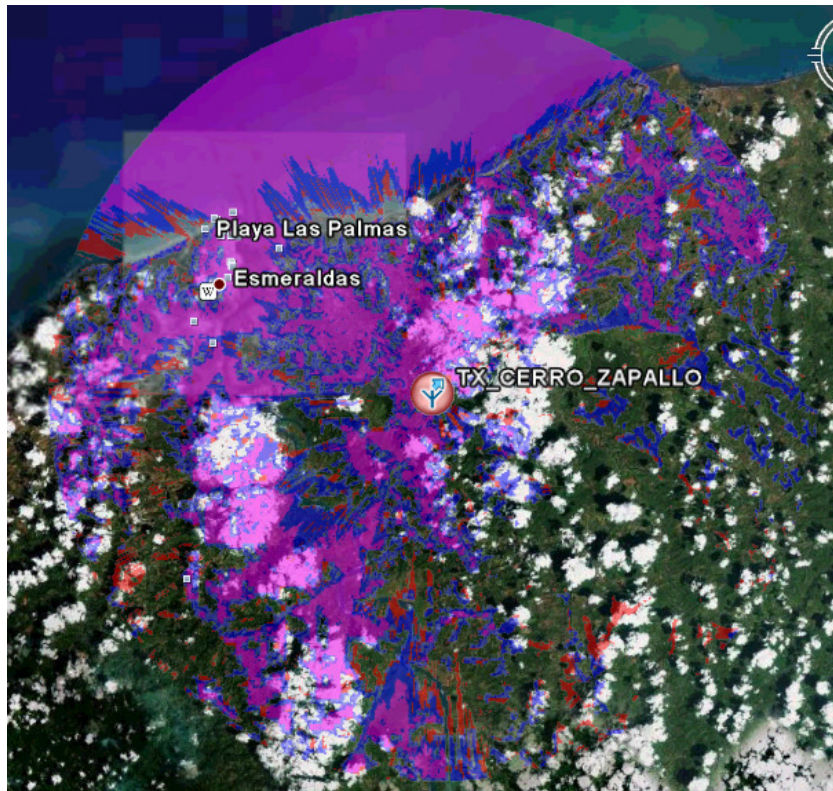


Figura. 3.7. Cerro Zapallo. Rec. 526 (Sirenet)



**Figura. 3.8. Cerro Zapallo. Rec. 526 (Google Earth)**

#### Consideraciones para la estación Cerro Zapallo

1) El trabajo que debe cumplir la BTS en este sector es: proporcionar comunicación al grupo de Fuerzas Especiales N.- 25 y a las lanchas y buques de la Fuerza Naval

#### Análisis de las gráficas de cobertura:

##### *Modelo Okumura Hata*

- Se aprecia en la gráfica que la señal es eficiente alrededor de la BTS, en un radio de 17 Km. aproximadamente; es buena hasta los 25 Km y no presenta degradación.

##### *Modelo Rec. 526 ITU-R*

- Se observa en la gráfica que la señal es eficiente en un radio de 25 Km., orientándose al perfil costanero, sin embargo, se produce una perdida de señal en las elevaciones que forman los acantilados; existe una considerable pérdida de señal en la espesa vegetación y elevaciones ubicadas en el sector sur oriental de la BTS.

Conclusión: la BTS cumple con la función de dar servicio a la Fuerza Naval y cubrir la ciudad de Esmeraldas donde se encuentra acantonado el Grupo de F.F.E.E. N.-26.

**Estación Jaboncillo**

PARÁMETROS CONFIGURADOS				
Cálculos de propagación	Método Okumura Hata	Factor $K=4/3$ Método de combinación: - Ubicaciones - Tiempo		
		<table border="1"> <tr> <td>Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB</td> <td>Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB</td> </tr> </table>	Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB
		Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	
	Variación estimada total: -10.48 dB Medio: Rural Tipo de ciudad: Pequeña			
Método Rec.526 UIT-R	<table border="1"> <tr> <td>Factor <math>K=4/3</math> Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: 0.1 gr/m<sup>3</sup> Atenuación por lluvia - Precipitaciones (<math>R_{0.01\%}</math>): 0.01mm/h - Tiempo asegurado: 0.01% Método de combinación: Suma cuadrática</td> <td>Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB</td> </tr> </table>	Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: 0.1 gr/m <sup>3</sup> Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): 0.01mm/h - Tiempo asegurado: 0.01% Método de combinación: Suma cuadrática	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	
Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: 0.1 gr/m <sup>3</sup> Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): 0.01mm/h - Tiempo asegurado: 0.01% Método de combinación: Suma cuadrática	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB			
		Variación estimada total: -7.4105 dB		

TRANSMISOR				
Parámetros Radio	Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo(Mhz)	Canales
	Vertical	TETRA(Down)(Base-Móvil)	392.375	4
Parámetros de Antena	Potencia(W)	Pérdidas(dB)	Antena TETRA	Altura(m)
	25	1	Omni 5 dBi_380Mhz	30

RECEPTOR						
Parámetros Radio						
Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo (Mhz)	Canales	Potencia Umbral (dBm)	Impedancia (ohmios)	C/N (dB)
Vertical	TETRA (Down) Base-Móvil	392.375	4	-102	50	12
Parámetros de Antena						
Antena			Altura(m)			
Isótropa			1.5			

GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO OKUMURA HATA)

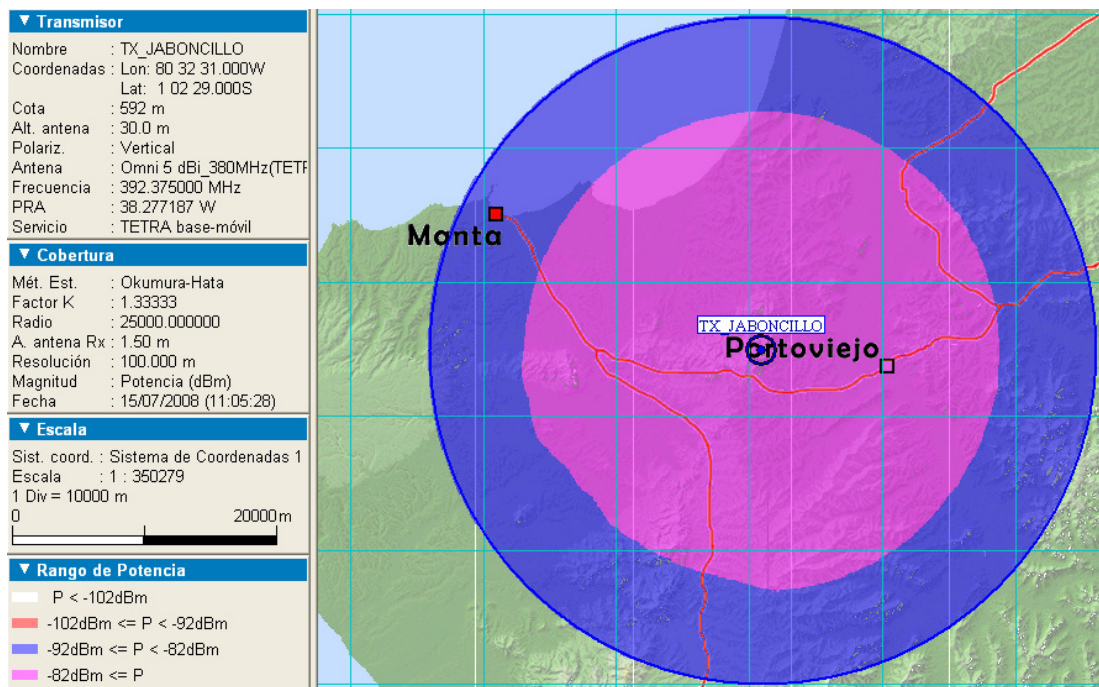


Figura. 3.9. Jaboncillo. Okumura Hata (Sirenet)

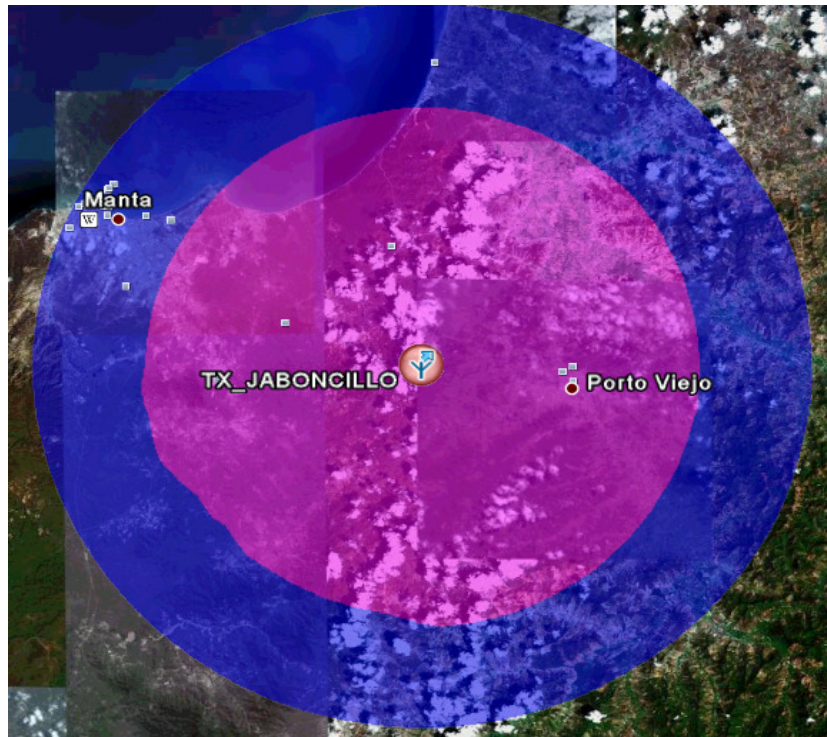


Figura. 3.10. Jaboncillo. Okumura Hata (Google Earth)

GRÁFICA DE LA COBERTURA (MODELO REC.526 ITU-R)

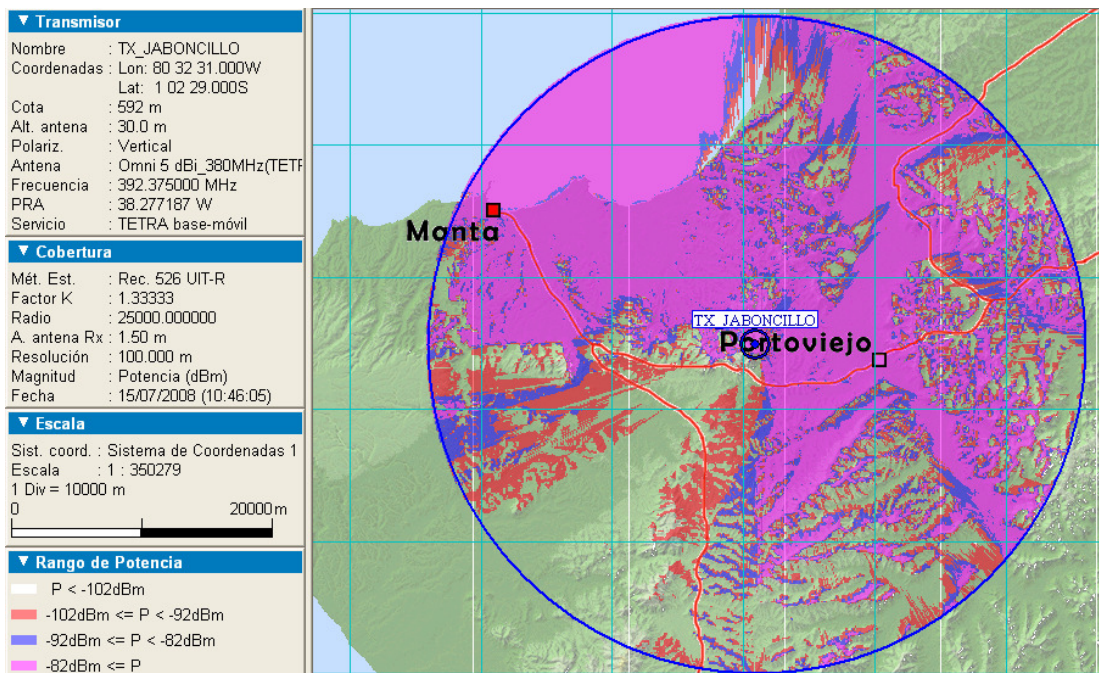
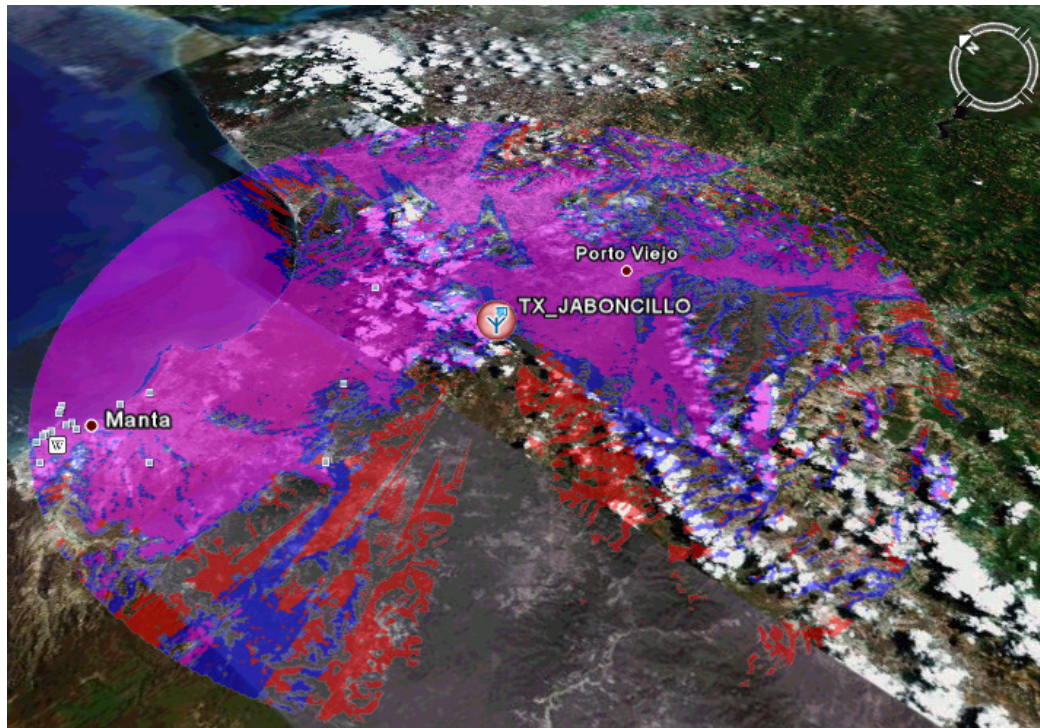


Figura. 3.11. Jaboncillo. Rec.526 (Sirenet)



**Figura. 3.12. Jaboncillo. Rec.526 (Google Earth)**

#### Consideraciones para la estación Jaboncillo

1) El trabajo que debe cumplir la BTS en este sector es: proporcionar comunicación a las embarcaciones de la Fuerza Naval y dar cobertura al Fuerte Militar Manabí.

Análisis de las gráficas de cobertura:

##### *Modelo Okumura Hata*

- Se aprecia en la gráfica que la señal alrededor de la BTS, es eficiente en un radio de 18 Km.; y buena hasta los 25 Km., no existe degradación.

##### *Modelo Rec. 526 ITU-R*

- Se observa en la gráfica que la señal es eficiente, en un radio de 25 Km., orientando la cobertura tanto al sector noroccidental de la estación (en dirección a Manta) como al sector oriental mas específicamente a la ciudad de Portoviejo ubicada a 10 Km. de la BTS.
- La señal se pierde en el sector suroccidental por las elevaciones contiguas al cerro Jaboncillo.



Conclusión: la cobertura es adecuada para el servicio que presta la BTS, los sitios en los que presenta degradación y pérdida de señal no afectan la función que cumple.

**Estación Cerro Cabuyas**

PARÁMETROS CONFIGURADOS				
Cálculos de propagación	Método Okumura Hata	Factor $K=4/3$ Método de combinación: - Ubicaciones - Tiempo		
		<table border="1"> <tr> <td>Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB</td> <td>Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB</td> </tr> </table>	Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB
		Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	
	Variación estimada total: -10.48 dB Medio: Rural Tipo de ciudad: Pequeña			
Método Rec.526 UIT-R	<table border="1"> <tr> <td>Factor <math>K=4/3</math> Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: <math>0.1 \text{ gr/m}^3</math> Atenuación por lluvia - Precipitaciones (<math>R_{0.01\%}</math>): 0.01mm/h - Tiempo asegurado: 0.01% Método de combinación: Suma cuadrática</td> <td>Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB</td> </tr> </table>	Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: $0.1 \text{ gr/m}^3$ Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): 0.01mm/h - Tiempo asegurado: 0.01% Método de combinación: Suma cuadrática	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	
Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: $0.1 \text{ gr/m}^3$ Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): 0.01mm/h - Tiempo asegurado: 0.01% Método de combinación: Suma cuadrática	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB			
		Variación estimada total: -7.4105 dB		

TRANSMISOR				
Parámetros Radio	Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo(Mhz)	Canales
		Vertical	TETRA(Down)(Base-Móvil)	395.500
Parámetros de Antena	Potencia(W)	Pérdidas(dB)	Antena TETRA	Altura(m)
	25	1	Omni 5 dBi_380Mhz	30

RECEPTOR						
Parámetros Radio						
Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo (Mhz)	Canales	Potencia Umbral (dBm)	Impedancia (ohmios)	C/N (dB)
Vertical	TETRA (Down) Base-Móvil	395.500	4	-102	50	8
Parámetros de Antena						
Antena			Altura(m)			
Isótropa			1.5			

GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO OKUMURA HATA)

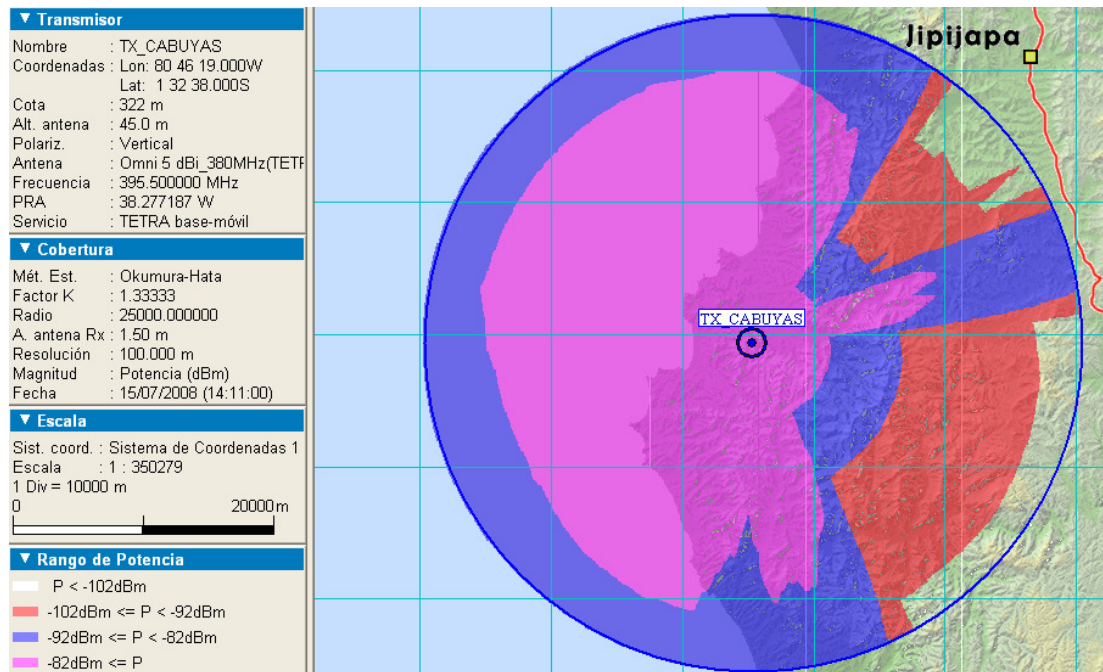


Figura. 3.13. Cerro Cabuyas. Okumura Hata (Sirenet)

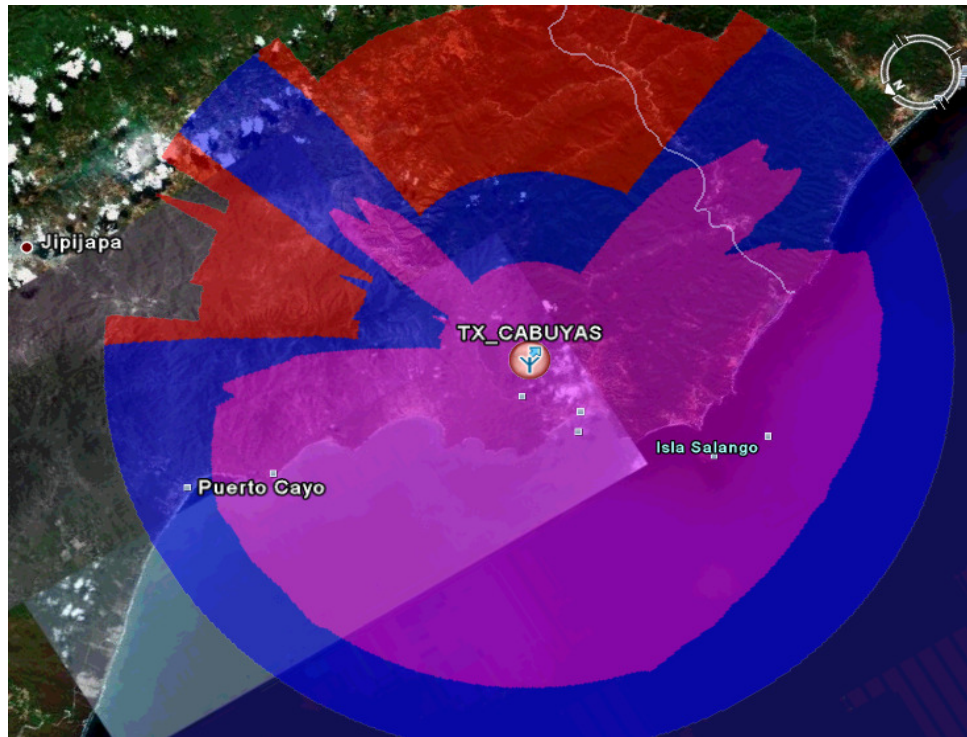


Figura. 3.14. Cerro Cabuyas. Okumura Hata (Google Earth)

GRÁFICA DE LA COBERTURA (MODELO REC.526 ITU-R)

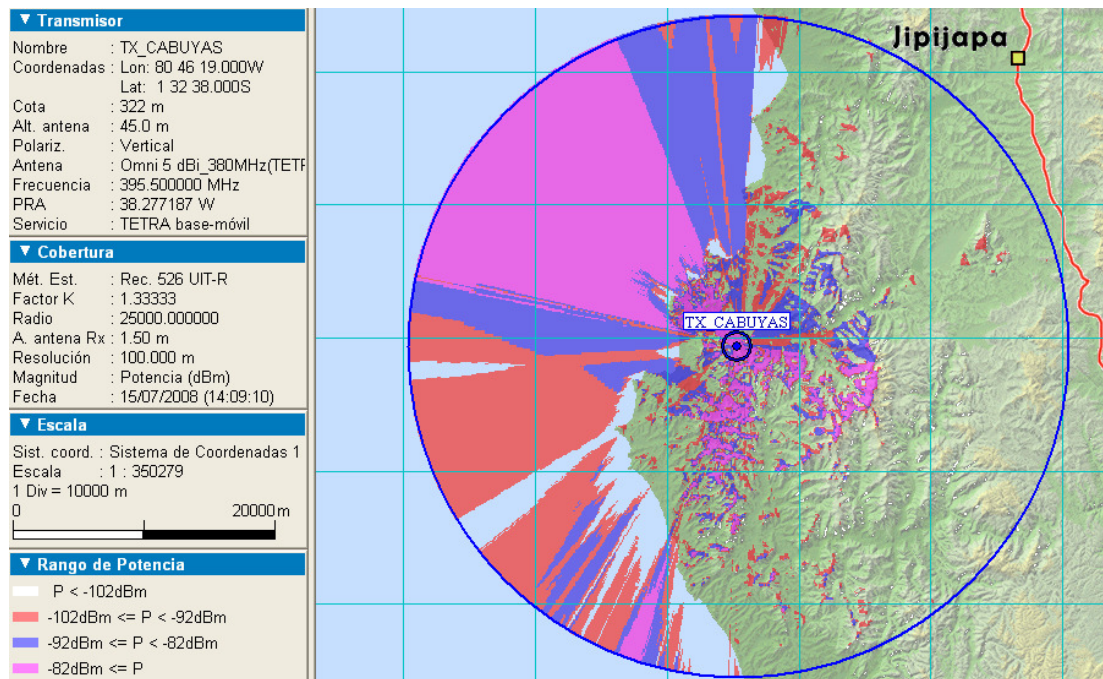
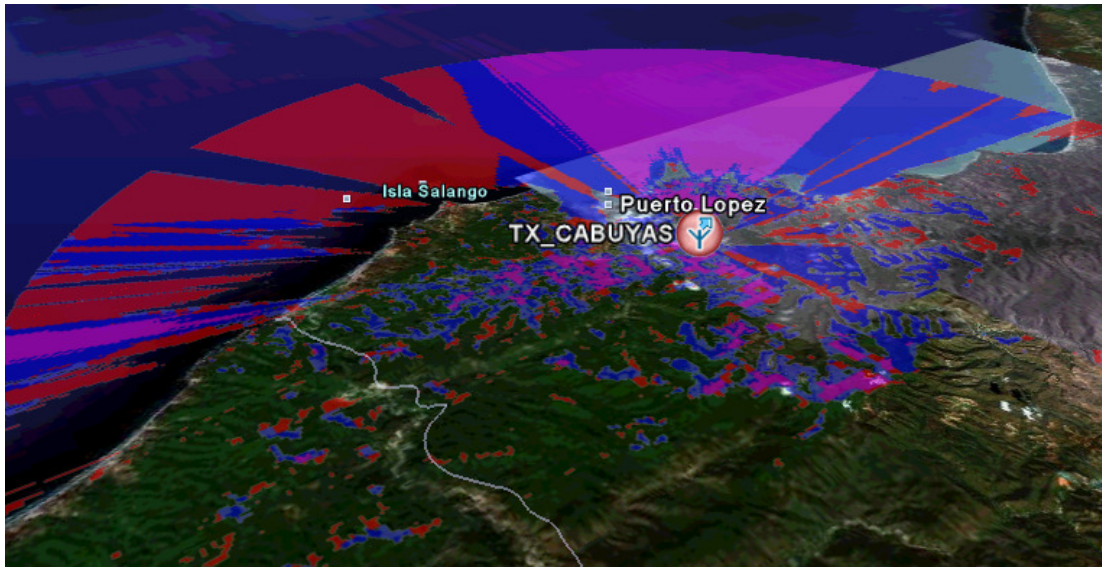


Figura. 3.15. Cerro Cabuyas. Rec.526 (Sirenet)



**Figura. 3.16. Cerro Cabuyas. Rec. 526 (Google Earth)**

Consideraciones para la estación Cerro Cabuyas

1) El trabajo que debe cumplir la BTS en este sector es: proporcionar comunicación a las embarcaciones de la Fuerza Naval.

Análisis de las gráficas de cobertura:

*Modelo Okumura Hata*

- Se aprecia en la gráfica que la señal de la BTS, es eficiente en un radio de 18 Km. orientada hacia el perfil costanero; es buena hasta los 25 Km. siguiendo la orientación anterior y se degrada en el sector oriental de acuerdo al crecimiento de las elevaciones.

*Modelo Rec. 526 ITU-R*

- Se observa en la gráfica que la señal es eficiente hasta los 25 Km., orientando la cobertura al sector noroccidental; al oriente en cambio, las pérdidas por difracción hacen que la señal se degrade hasta los 10 Km. y a partir de allí se pierda totalmente.
- Al contrario de la mayoría de estaciones (en las que la señal en el mar es eficiente), en esta, la señal es regular en el sector suroccidental, debido a las elevaciones presentes.

Conclusión: la cobertura para las embarcaciones se ve ligeramente limitada en el sector suroccidental de la estación.

**Estación Salinas**

PARÁMETROS CONFIGURADOS				
Cálculos de propagación	Método Okumura Hata	Factor $K=4/3$ Método de combinación: - Ubicaciones - Tiempo		
		<table border="1"> <tr> <td>Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB</td> <td>Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB</td> </tr> </table>	Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB
		Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	
	Variación estimada total: -10.48 dB Medio: Urbano Tipo de ciudad: Pequeña			
Método Rec.526 UIT-R	<table border="1"> <tr> <td>Factor <math>K=4/3</math> Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: 0.1 gr/m<sup>3</sup> Atenuación por lluvia - Precipitaciones (<math>R_{0.01\%}</math>): 0.01mm/h - Tiempo asegurado: 0.01% Método de combinación: Suma cuadrática</td> <td>Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB</td> </tr> </table>	Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: 0.1 gr/m <sup>3</sup> Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): 0.01mm/h - Tiempo asegurado: 0.01% Método de combinación: Suma cuadrática	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	
Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: 0.1 gr/m <sup>3</sup> Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): 0.01mm/h - Tiempo asegurado: 0.01% Método de combinación: Suma cuadrática	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB			
		Variación estimada total: -7.4105 dB		

TRANSMISOR				
Parámetros Radio	Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo(Mhz)	Canales
	Vertical	TETRA(Down)(Base-Móvil)	392.375	4
Parámetros de Antena	Potencia(W)	Pérdidas(dB)	Antena TETRA	Altura(m)
	25	1	Omni 5 dBi_380Mhz	17

RECEPTOR						
Parámetros Radio						
Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo (Mhz)	Canales	Potencia Umbral (dBm)	Impedancia (ohmios)	C/N (dB)
Vertical	TETRA (Down) Base-Móvil	392.375	4	-102	50	12
Parámetros de Antena						
Antena			Altura(m)			
Isótropa			1.5			

GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO OKUMURA HATA)

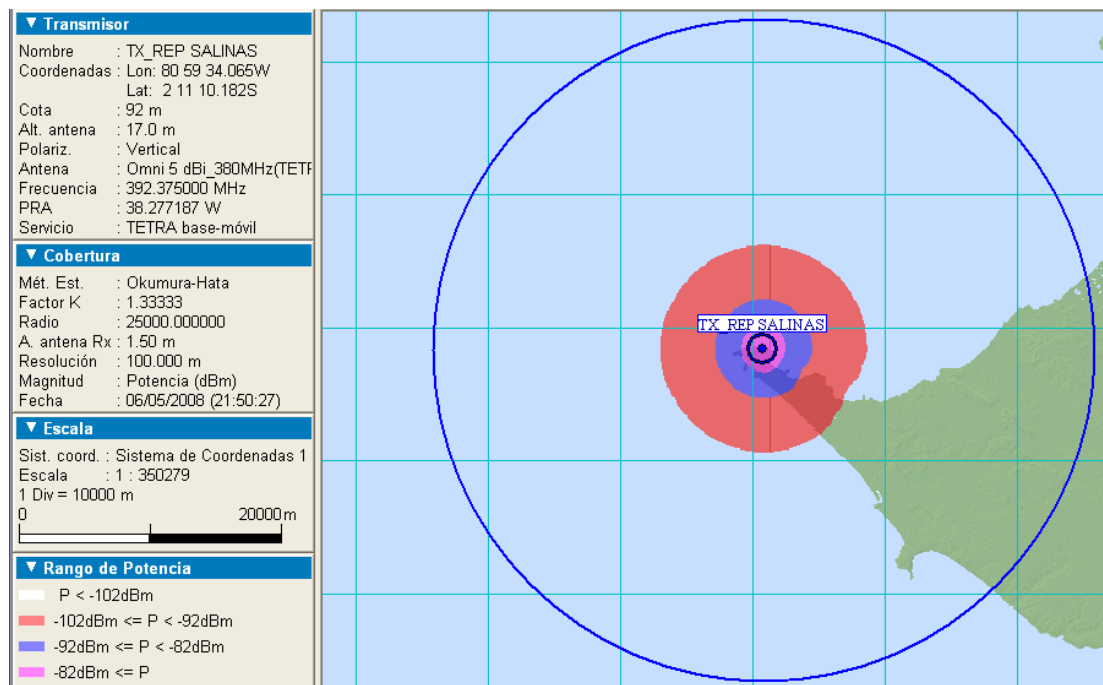


Figura. 3.17. Salinas. Okumura Hata (Sirenet)



Figura. 3.18 Salinas. Okumura Hata (Google Earth)

GRÁFICA DE LA COBERTURA (MODELO REC.526 ITU-R)

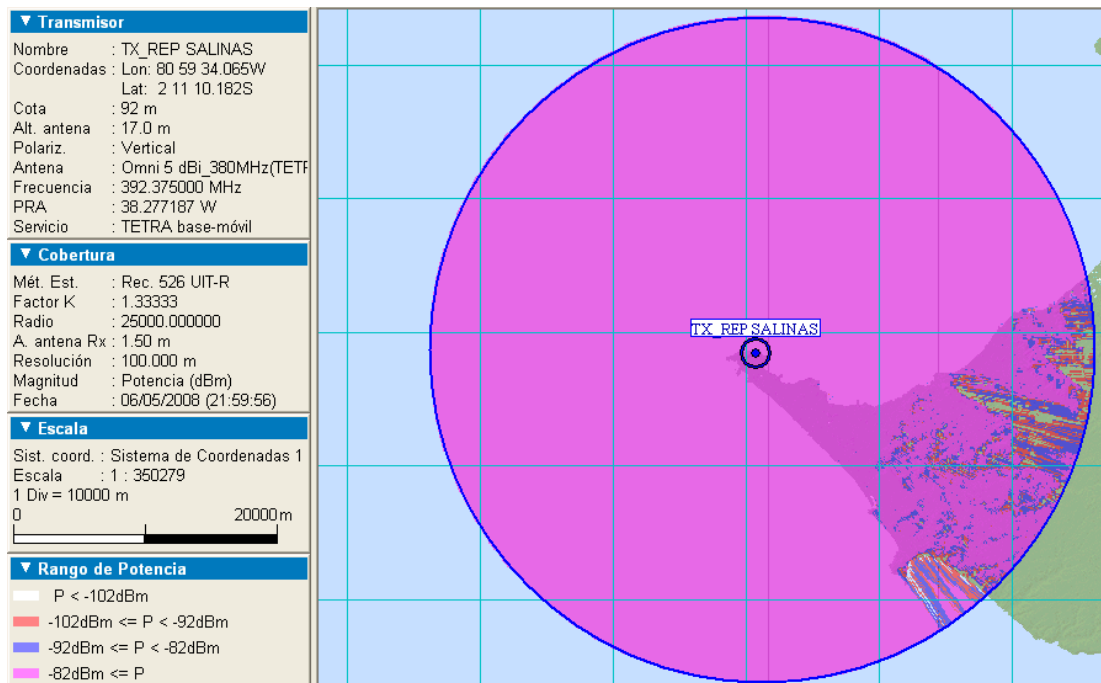
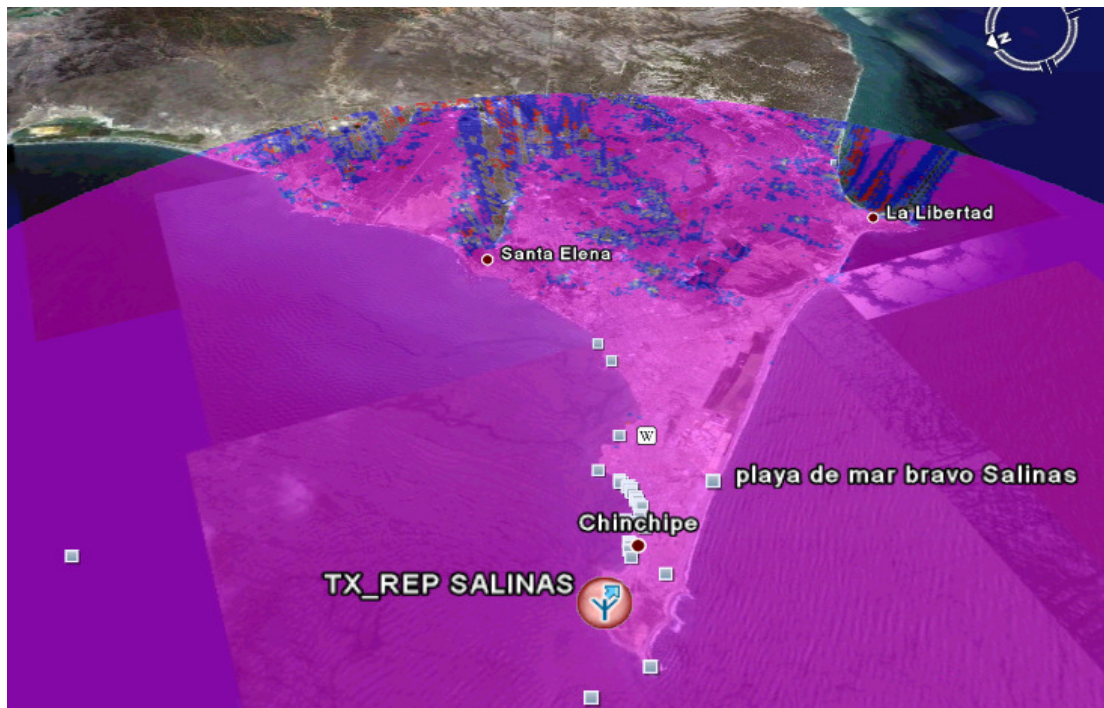


Figura. 3.19. Salinas. Rec.526 (Sirenet)



**Figura. 3.20. Salinas. Rec.526 (Google Earth)**

#### Consideraciones para la estación Salinas

1) El trabajo que debe cumplir la BTS en este sector es: proporcionar comunicación a las embarcaciones de la Fuerza Naval y al Batallón de Infantería “Libertad”.

#### Análisis de las gráficas de cobertura:

##### *Modelo Okumura Hata*

- Se aprecia en la gráfica que la señal es eficiente en un radio de 2 Km. alrededor de la BTS; es buena hasta los 4 Km y regular hasta los 8 Km; a partir de allí se pierde completamente.

##### *Modelo Rec. 526 ITU-R*

- Se observa en la gráfica que la señal es eficiente alrededor de la BTS hasta los 25 Km.

Conclusión: la cobertura para las embarcaciones es eficiente, al contrario de lo que es para el Batallón de Infantería, en el cual según el modelo de Okumura Hata toda la señal la absorbe la urbe de Salinas impidiendo que la señal llegue hasta Libertad.

##### *Estación Cerro Ánimas*



PARÁMETROS CONFIGURADOS				
Cálculos de propagación	Método Okumura Hata	Factor $K=4/3$ Método de combinación: - Ubicaciones - Tiempo		
		<table border="1"> <tr> <td>Tiempo Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b></td> <td>Ubicaciones Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b></td> </tr> </table>	Tiempo Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>	Ubicaciones Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>
		Tiempo Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>	Ubicaciones Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>	
	Variación estimada total: <b>-10.48 dB</b> Medio: <b>Rural</b> Tipo de ciudad: <b>Pequeña</b>			
Método Rec.526 UIT-R	<table border="1"> <tr> <td>Factor <math>K=4/3</math> Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: <b>0.1 gr/ m<sup>3</sup></b> Atenuación por lluvia - Precipitaciones (<math>R_{0.01\%}</math>): <b>0.01mm/h</b> - Tiempo asegurado: <b>0.01%</b> Método de combinación: <b>Suma cuadrática</b></td> <td>Ubicaciones Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b></td> </tr> </table>	Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: <b>0.1 gr/ m<sup>3</sup></b> Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): <b>0.01mm/h</b> - Tiempo asegurado: <b>0.01%</b> Método de combinación: <b>Suma cuadrática</b>	Ubicaciones Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>	
Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: <b>0.1 gr/ m<sup>3</sup></b> Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): <b>0.01mm/h</b> - Tiempo asegurado: <b>0.01%</b> Método de combinación: <b>Suma cuadrática</b>	Ubicaciones Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>			
Variación estimada total: <b>-7.4105 dB</b>				

TRANSMISOR				
<b>Parámetros Radio</b>	<b>Polarización</b>	<b>Banda</b>	<b>Frecuencia de Trabajo(Mhz)</b>	<b>Canales</b>
	Vertical	TETRA(Down)(Base-Móvil)	394.175	4
<b>Parámetros de Antena</b>	<b>Potencia(W)</b>	<b>Pérdidas(dB)</b>	<b>Antena TETRA</b>	<b>Altura(m)</b>
	25	1	Omni 5 dBi_380Mhz	25

RECEPTOR						
Parámetros Radio						
Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo (Mhz)	Canales	Potencia Umbral (dBm)	Impedancia (ohmios)	C/N (dB)
Vertical	TETRA (Down) Base-Móvil	394.175	4	-102	50	12
Parámetros de Antena						
Antena			Altura(m)			
Isótropa			1.5			

GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO OKUMURA HATA)

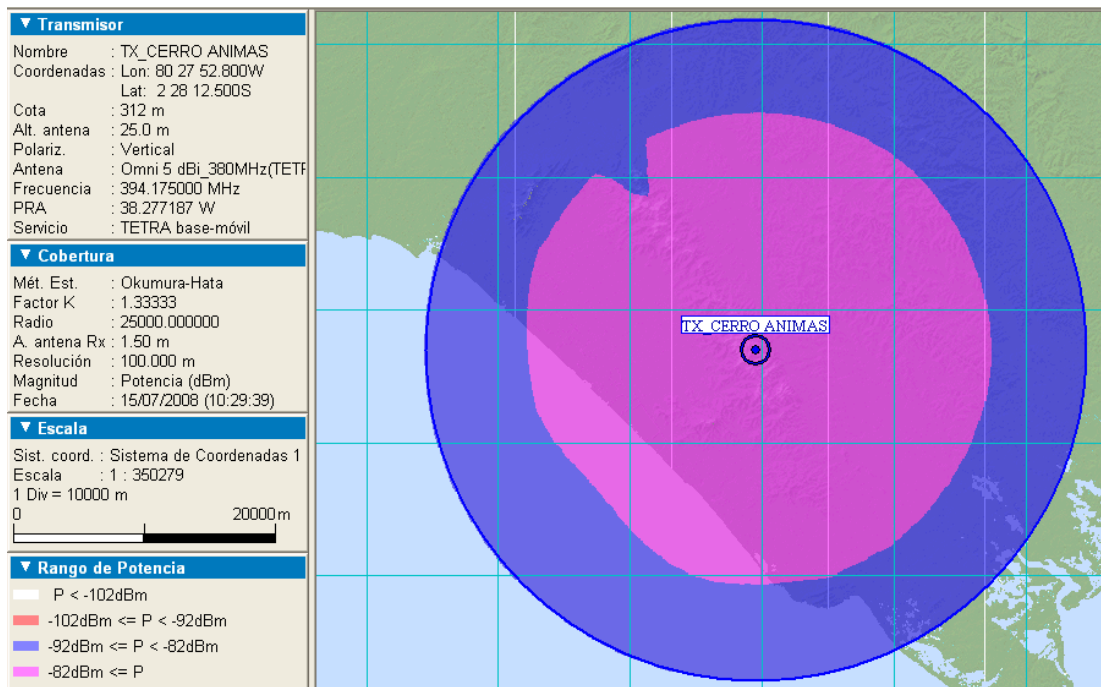


Figura. 3.21. Cerro Ánimas. Okumura Hata (Sirenet)

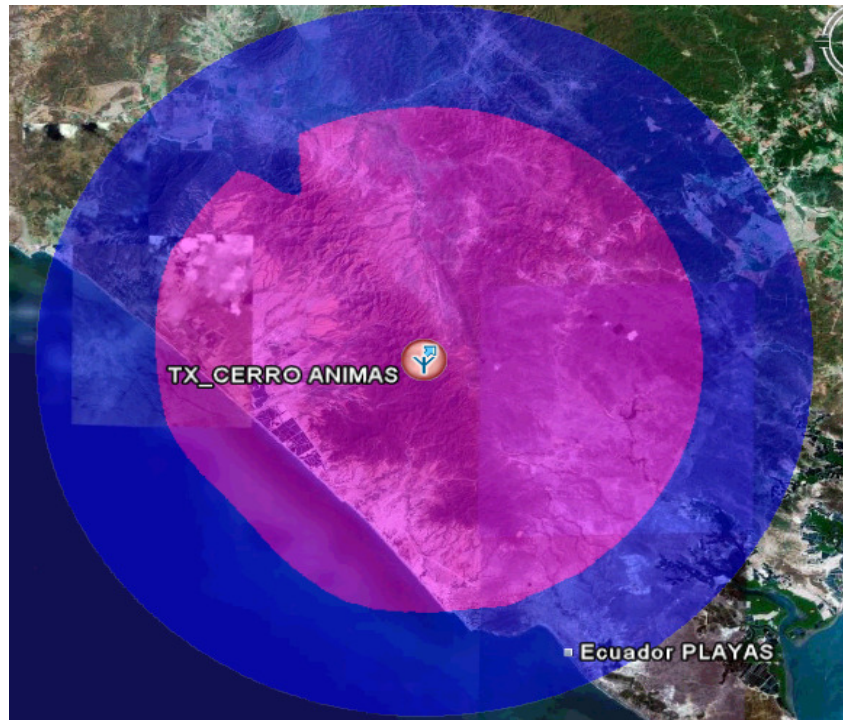


Figura. 3.22. Cerro Ánimas. Okumura Hata (Google Earth)

GRÁFICA DE LA COBERTURA (MODELO REC.526 ITU-R)

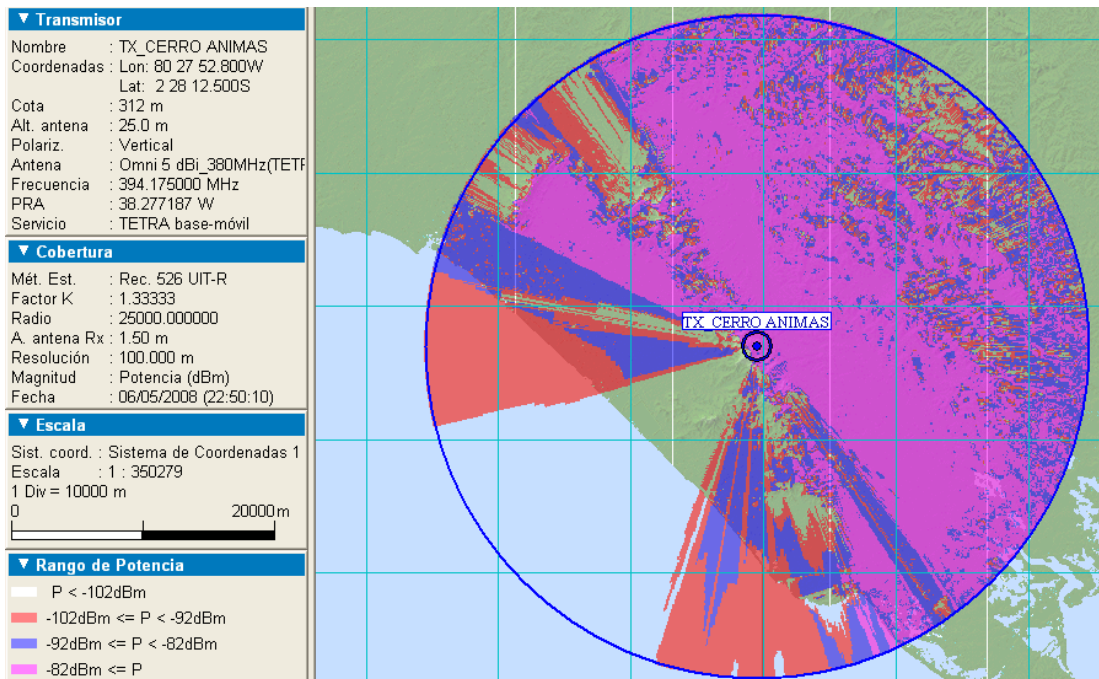
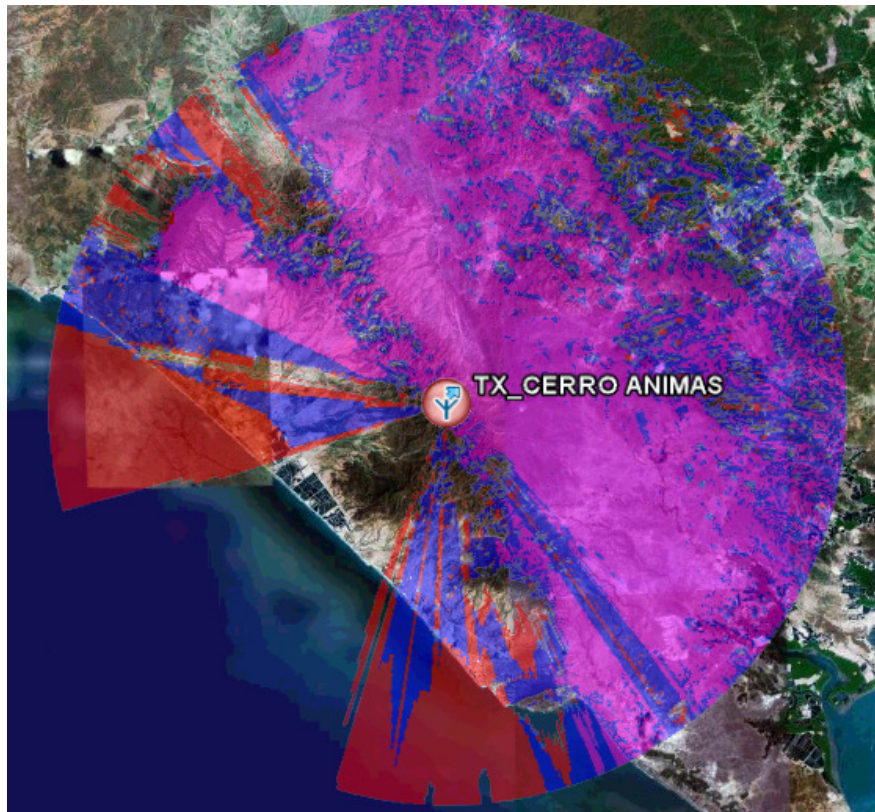


Figura. 3.23. Cerro Ánimas. Rec. 526 (Sirenet)



**Figura. 3.24. Cerro Ánimas. Rec.526 (Google Earth)**

Consideraciones para la estación Cerro Ánimas

1) El trabajo que debe cumplir la BTS en este sector es: proporcionar comunicación a las embarcaciones de la Fuerza Naval y al Grupo de Caballería Mecanizado N.-16 ubicado en “Playas”.

Análisis de las gráficas de cobertura:

*Modelo Okumura Hata*

- Se aprecia en la gráfica que la señal es eficiente en un radio de 17 Km. alrededor de la BTS y es buena hasta los 25 Km.

*Modelo Rec. 526 ITU-R*

- Se observa en la gráfica que la señal tiene problemas de degradación en el perfil costanero por la presencia de elevaciones mayores que en la que se encuentra la BTS.
- Hacia el sector de Playas la señal es eficiente.

Conclusión: la cobertura para las embarcaciones es deficiente, según el modelo Rec. 526, lo contrario sucede en el sector de Playas donde la señal se encuentra entre eficiente y buena.

**Estación Cerro 507 (Azul)**

PARÁMETROS CONFIGURADOS				
Cálculos de propagación	Método Okumura Hata	Factor $K=4/3$ Método de combinación: - Ubicaciones - Tiempo		
		<table border="1"> <tr> <td>Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB</td> <td>Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB</td> </tr> </table>	Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB
		Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	
	Variación estimada total: -10.48 dB Medio: Urbano Tipo de ciudad: Grande			
Método Rec.526 UIT-R	Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: $0.1 \text{ gr}/m^3$ Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): $0.01 \text{ mm}/h$ - Tiempo asegurado: $0.01\%$ Método de combinación: Suma cuadrática			
	<table border="1"> <tr> <td>Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB</td> <td>Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB</td> </tr> </table>	Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	
Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB			
	Variación estimada total: -7.4105 dB			

TRANSMISOR				
Parámetros Radio	Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo(Mhz)	Canales
	Vertical	TETRA(Down)(Base-Móvil)	399.250	4
Parámetros de Antena	Potencia(W)	Pérdidas(dB)	Antena TETRA	Altura(m)
	25	1	Omni 5 dBi_380Mhz	23

RECEPTOR						
Parámetros Radio						
Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo (Mhz)	Canales	Potencia Umbral (dBm)	Impedancia (ohmios)	C/N (dB)
Vertical	TETRA (Down) Base-Móvil	399.250	4	-102	50	12
Parámetros de Antena						
Antena			Altura(m)			
Isótropa			1.5			

GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO OKUMURA HATA)

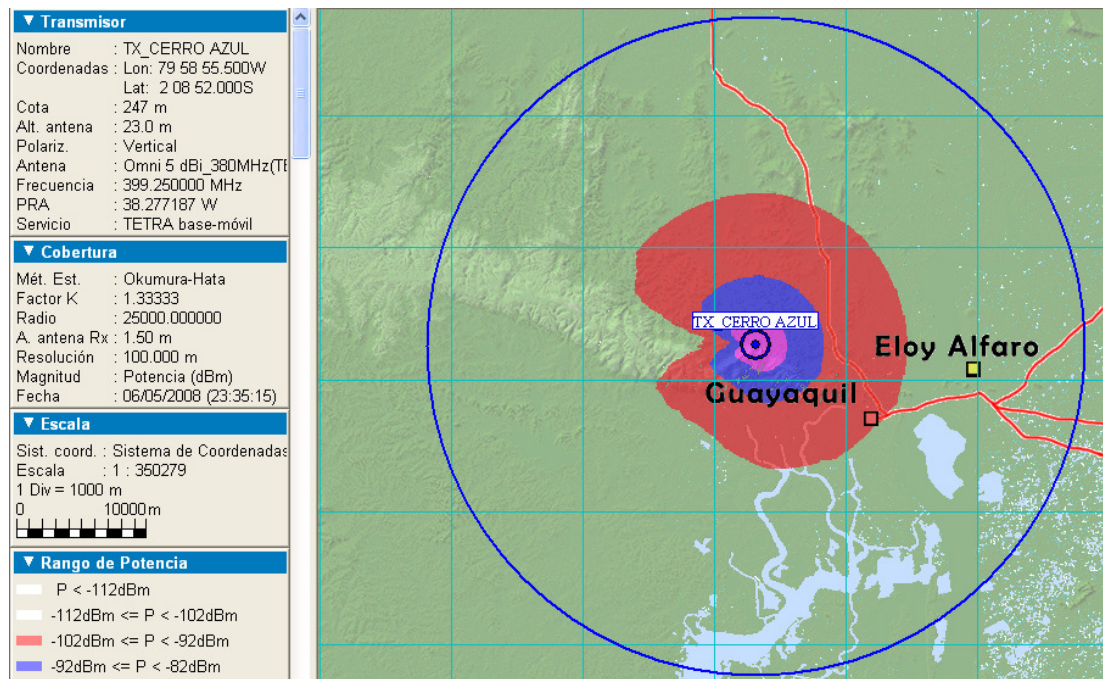


Figura. 3.25. Cerro Azul. Okumura Hata (Sirenet)

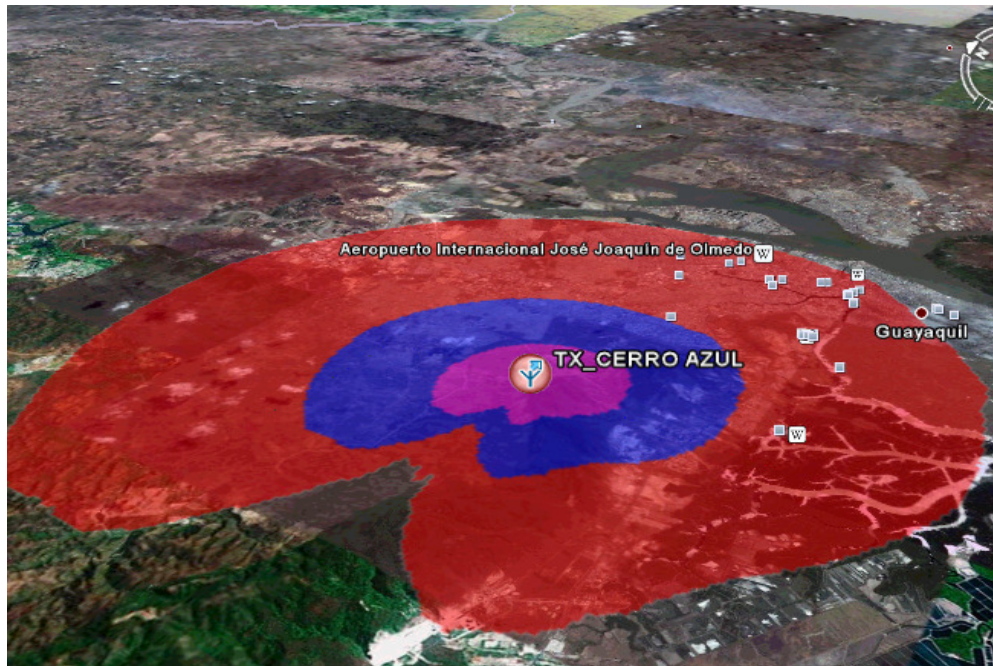


Figura. 3.26. Cerro Azul. Okumura Hata (Google Earth)

GRÁFICA DE LA COBERTURA (MODELO REC.526 ITU-R)

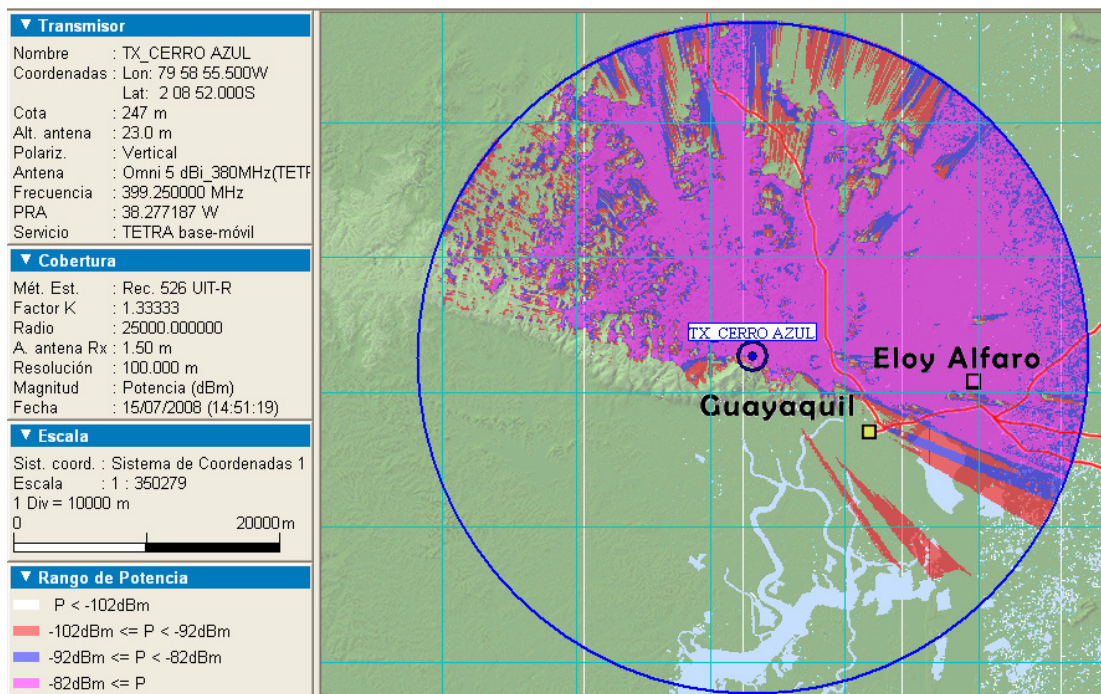
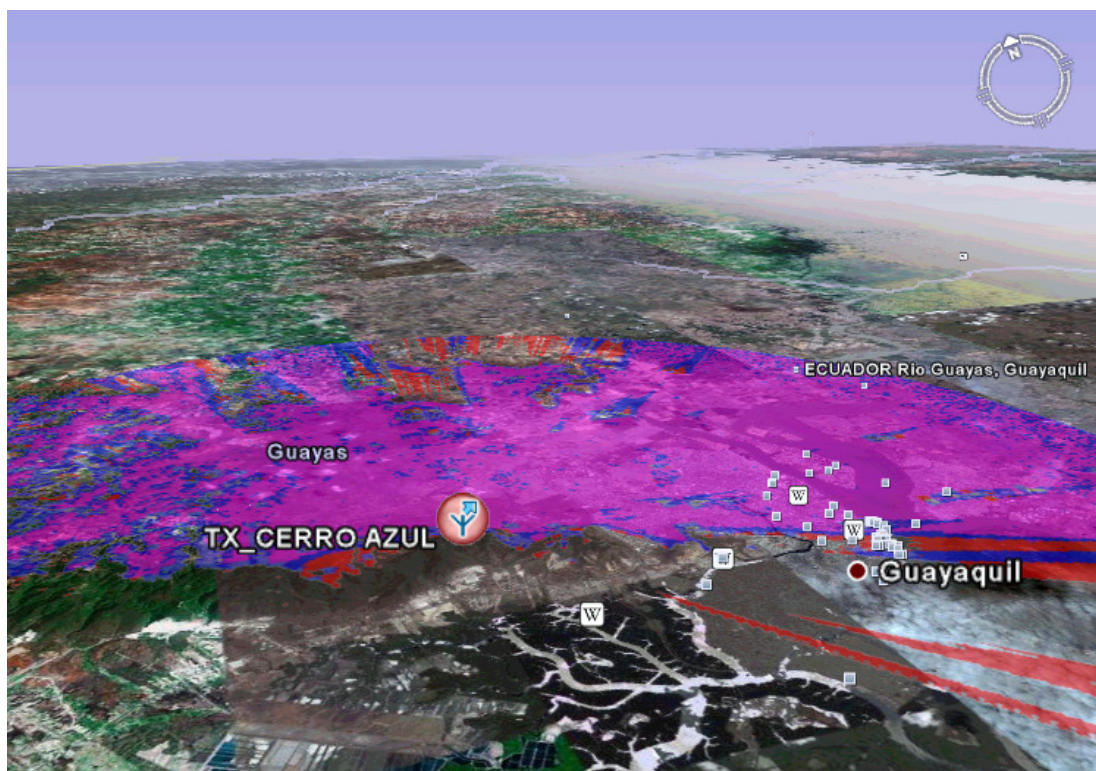


Figura. 3.27. Cerro Azul. Rec. 526 (Sirenet)



**Figura. 3.28. Cerro Azul. Rec. 526 (Google Earth)**

Consideraciones para la estación Cerro 507 (Azul)

1) El trabajo que debe cumplir la BTS en este sector es: proporcionar comunicación a las diferentes unidades de las Fuerzas Armadas acantonadas en Guayaquil.

Análisis de las gráficas de cobertura:

*Modelo Okumura Hata*

- Se aprecia en la gráfica que la señal es eficiente en un radio de 3 Km.; es buena hasta los 6 Km. y regular hasta los 12 Km. orientando su cobertura principalmente al norte y al este de la ciudad.

*Modelo Rec. 526 ITU-R*

- Se observa en la gráfica que la señal es eficiente sobretudo al norte de la ciudad, al sur por efecto de las elevaciones la señal se pierde.

Conclusión: la cobertura en Guayaquil, abarca al Norte sectores como: Pascuales, Colina del Sol, Flor de Bastión, Durán, Alfaro, Parque Centenario, Río Guayas, etc.; al Oeste,



Estadio de Barcelona, Lérida, Pyc, todos estos sectores aledaños a unidades militares como la II Zona Militar, La Brigada Guayas, etc., sin embargo, las unidades militares ubicadas frente a las costas no tienen señal.

**Estación Base Sur**

PARÁMETROS CONFIGURADOS			
Cálculos de propagación	Método Okumura Hata	Factor $K=4/3$ Método de combinación: - Ubicaciones - Tiempo	
		Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB
		Variación estimada total: -10.48 dB Medio: Urbano Tipo de ciudad: Grande	
	Método Rec.526 UIT-R	Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: $0.1 \text{ gr}/m^3$ Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): $0.01 \text{ mm}/h$ - Tiempo asegurado: $0.01\%$ Método de combinación: Suma cuadrática	
	Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Variación estimada total: -7.4105 dB

TRANSMISOR				
Parámetros Radio	Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo(Mhz)	Canales
	Vertical	TETRA(Down)(Base-Móvil)	393.100	4
Parámetros de Antena	Potencia(W)	Pérdidas(dB)	Antena TETRA	Altura(m)
	25	1	Omni 5 dBi_380Mhz	72

RECEPTOR						
Parámetros Radio						
Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo (Mhz)	Canales	Potencia Umbral (dBm)	Impedancia (ohmios)	C/N (dB)
Vertical	TETRA (Down) Base-Móvil	393.100	4	-102	50	8
Parámetros de Antena						
Antena			Altura(m)			
Isótropa			1.5			

GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO OKUMURA HATA)

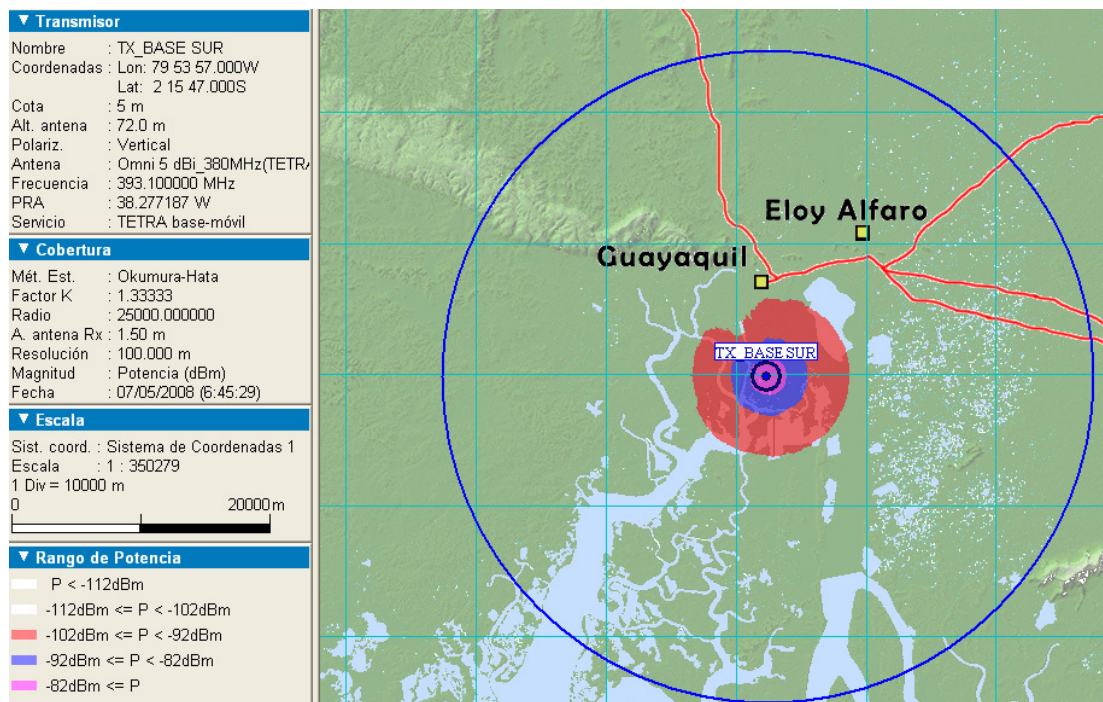


Figura. 3.29. Base Sur. Okumura Hata (Sirenet)

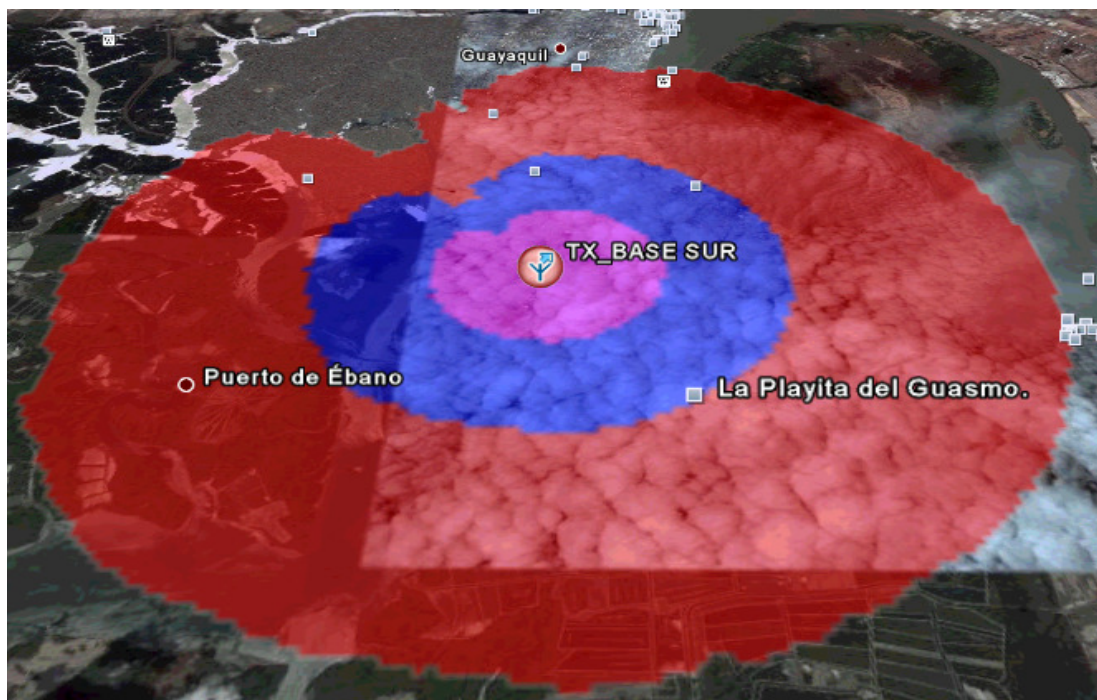


Figura. 3.30. Base Sur. Okumura Hata (Google Earth)

GRÁFICA DE LA COBERTURA (MODELO REC.526 ITU-R)

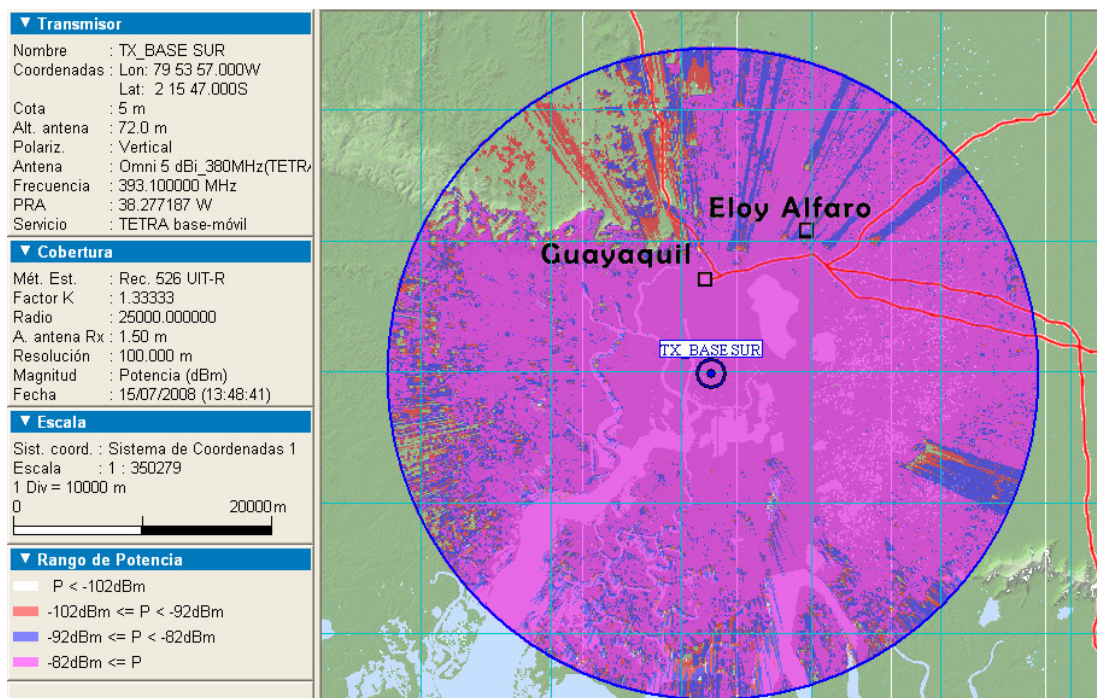
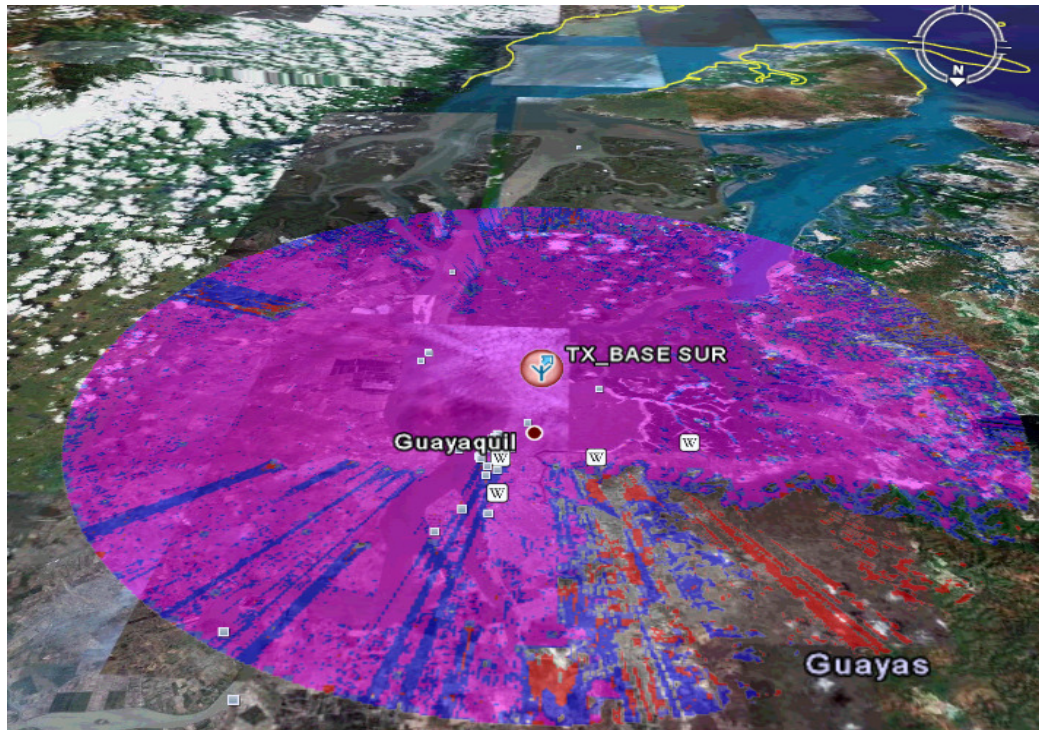


Figura. 3.31. Base Sur. Rec. 526 (Sirenet)



**Figura. 3.32. Base Sur. Rec. 526 (Google Earth)**

Consideraciones para la estación Base Sur

1) El trabajo que debe cumplir la BTS en este sector es: proporcionar comunicación a las diferentes unidades de las Fuerzas Armadas acantonadas en Guayaquil.

Análisis de las gráficas de cobertura:

*Modelo Okumura Hata*

- Se aprecia en la gráfica que la señal es eficiente en un radio de 2 Km. alrededor de la BTS; es buena hasta los 4 Km. y regular hasta los 6 Km. orienta su cobertura principalmente al sur de la ciudad

*Modelo Rec. 526 ITU-R*

- Se observa en la gráfica que la señal es eficiente en casi todo el radio de cobertura de 25Km., sobretodo al sur de la ciudad.
- Se observa una pérdida de señal al noroccidente de Guayaquil.

Conclusión: las unidades a las que no se prestaba servicio con la estación ubicada en Cerro Cruz, ahora cuentan con cobertura ya que la ubicación de Base Sur permite asegurar el servicio al sur de Guayaquil y su puerto.

**Estación Balao Chico**

PARÁMETROS CONFIGURADOS			
Cálculos de propagación	Método Okumura Hata	Factor $K=4/3$ Método de combinación: - Ubicaciones - Tiempo	
		Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB
		Variación estimada total: -10.48 dB Medio: Rural Tipo de ciudad: Pequeña	
	Método Rec.526 UIT-R	Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: $0.1 \text{ gr}/m^3$ Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): $0.01 \text{ mm}/h$ - Tiempo asegurado: 0.01% Método de combinación: Suma cuadrática	
	Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Variación estimada total: -7.4105 dB

TRANSMISOR				
Parámetros Radio	Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo(Mhz)	Canales
	Vertical	TETRA(Down)(Base-Móvil)	393.100	4
Parámetros de Antena	Potencia(W)	Pérdidas(dB)	Antena TETRA	Altura(m)
	25	1	Omni 5 dBi_380Mhz	32

RECEPTOR						
Parámetros Radio						
Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo (Mhz)	Canales	Potencia Umbral (dBm)	Impedancia (ohmios)	C/N (dB)
Vertical	TETRA (Down) Base-Móvil	393.100	4	-102	50	8
Parámetros de Antena						
Antena			Altura(m)			
Isótropa			1.5			

GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO OKUMURA HATA)

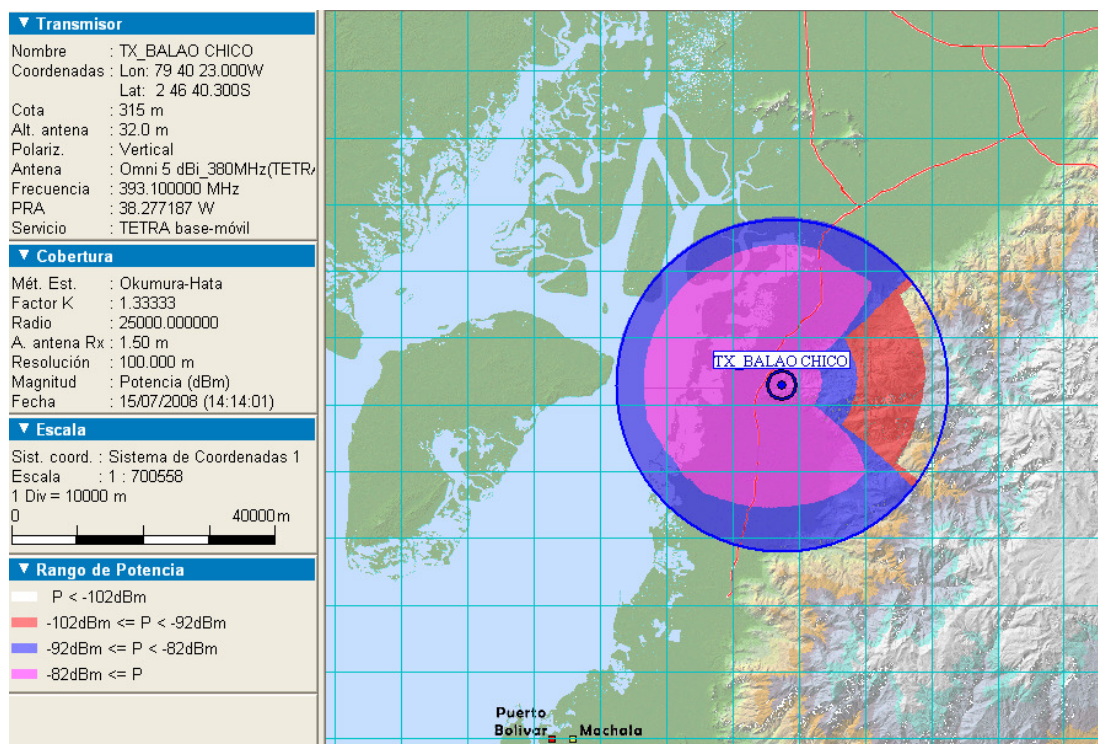


Figura. 3.33. Balao Chico. Okumura Hata (Sirenet)

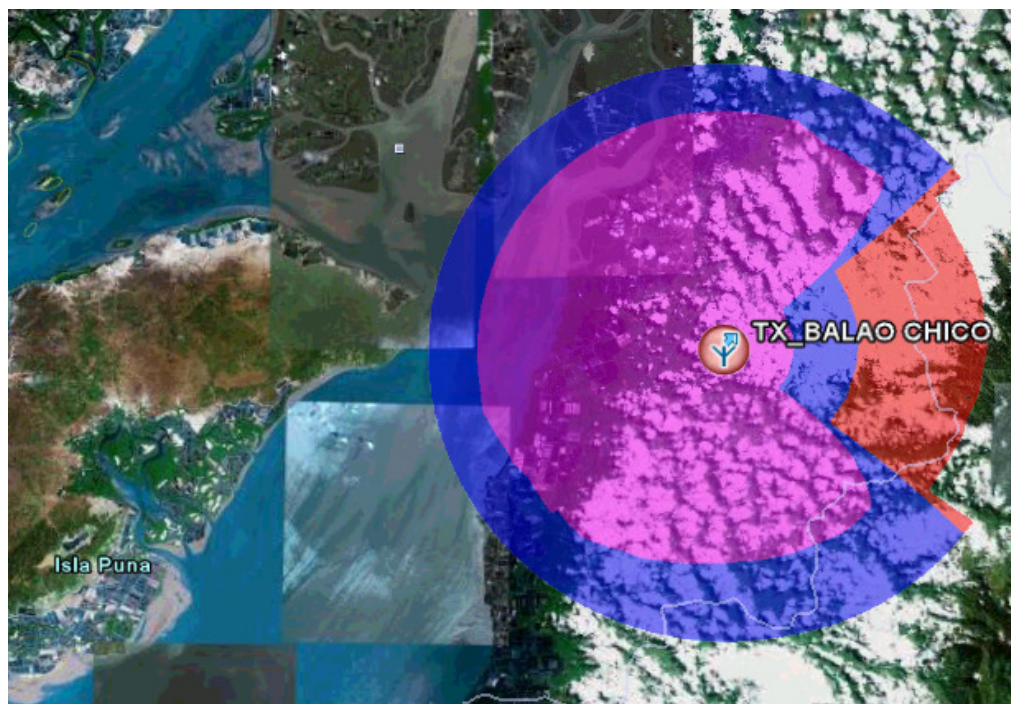


Figura. 3.34. Balao Chico. Okumura Hata (Google Earth)

GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO REC.526 ITU-R)

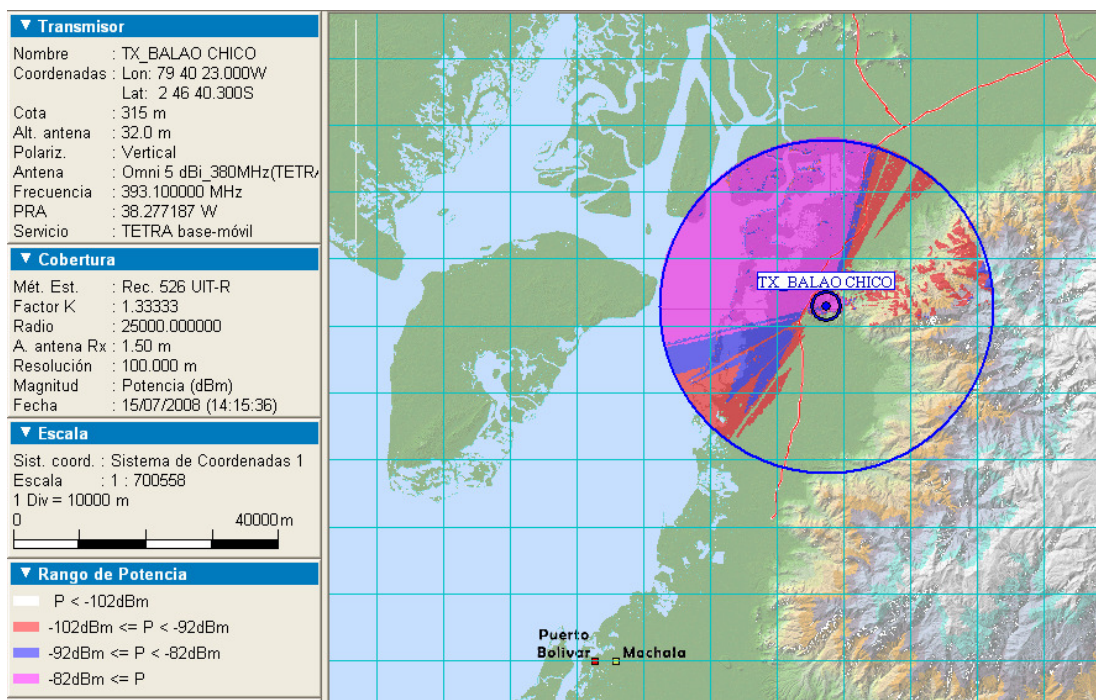
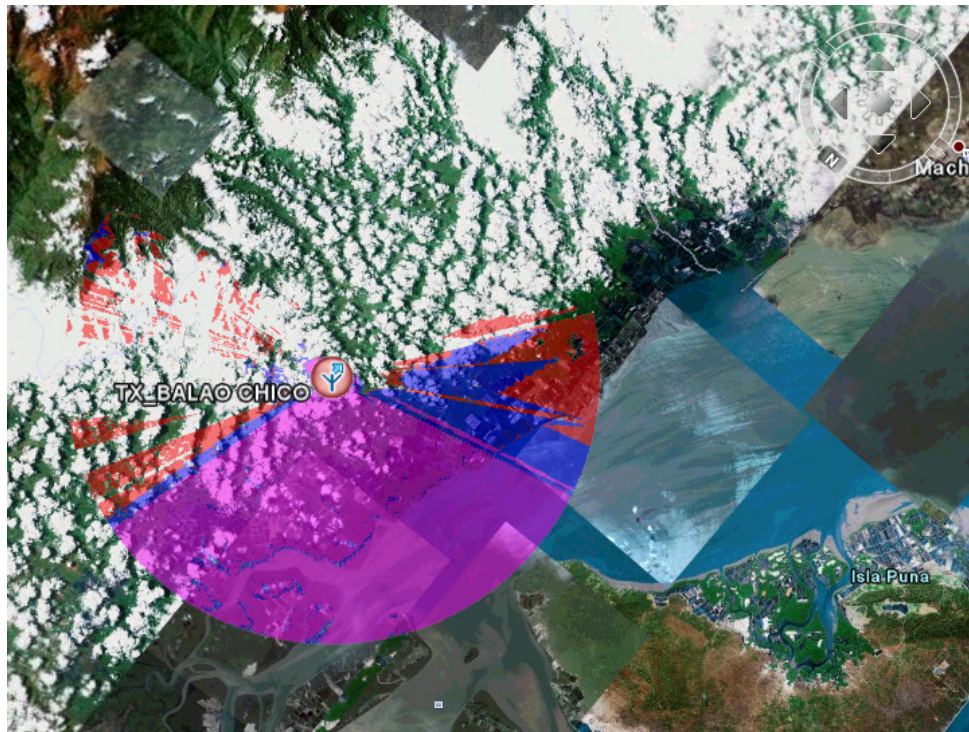


Figura. 3.35. Balao Chico. Rec. 526 (Sirenet)



**Figura. 3.36. Balao Chico. Rec.526 (Google Earth)**

#### Consideraciones para la estación Balao Chico

1) El trabajo que debe cumplir la BTS en este sector es: proporcionar comunicación a las embarcaciones de las Fuerza Naval.

#### Análisis de las gráficas de cobertura:

##### *Modelo Okumura Hata*

- Se aprecia en la gráfica que la señal es eficiente en un radio de 20 Km. y buena hasta los 25 Km. orientada hacia la Isla Puná; la señal se degrada en las elevaciones ubicadas al oriente de la BTS.

##### *Modelo Rec. 526 ITU-R*

- Se observa en la gráfica que la señal es eficiente en 25Km., orientada hacia el ingreso al Puerto de Guayaquil, por otro lado, la señal se pierde en sentido contrario.

Conclusión: la BTS cumple con su propósito.



**Estación Machala (1-B.I."El Oro")**

PARÁMETROS CONFIGURADOS				
Cálculos de propagación	Método Okumura Hata	Factor $K=4/3$ Método de combinación: - Ubicaciones - Tiempo		
		<table border="1"> <tr> <td>Tiempo Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b></td> <td>Ubicaciones Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b></td> </tr> </table>	Tiempo Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>	Ubicaciones Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>
		Tiempo Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>	Ubicaciones Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>	
	Variación estimada total: <b>-10.48 dB</b> Medio: <b>Rural</b> Tipo de ciudad: <b>Pequeña</b>			
	Método Rec.526 UIT-R	Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: <b>0.1 gr/m<sup>3</sup></b> Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): <b>0.01mm/h</b> - Tiempo asegurado: <b>0.01%</b> Método de combinación: <b>Suma cuadrática</b>		
		<table border="1"> <tr> <td>Tiempo Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b></td> <td>Ubicaciones Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b></td> </tr> </table>	Tiempo Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>	Ubicaciones Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>
Tiempo Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>		Ubicaciones Distribución: <b>Log normal</b> Porcentaje superado: <b>70%</b> Desviación típica: <b>10 dB</b> Variación estimada: <b>-5.24dB</b>		
Variación estimada total: <b>-7.4105 dB</b>				

TRANSMISOR				
Parámetros Radio	Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo(Mhz)	Canales
	Vertical	TETRA(Down)(Base-Móvil)	397.500	4
Parámetros de Antena	Potencia(W)	Pérdidas(dB)	Antena TETRA	Altura(m)
	25	1	Omni 5 dBi_380Mhz	15

RECEPTOR						
Parámetros Radio						
Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo (Mhz)	Canales	Potencia Umbral (dBm)	Impedancia (ohmios)	C/N (dB)
Vertical	TETRA (Down) Base-Móvil	397.500	4	-102	50	12
Parámetros de Antena						
Antena			Altura(m)			
Isótropa			1.5			

GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO OKUMURA HATA)

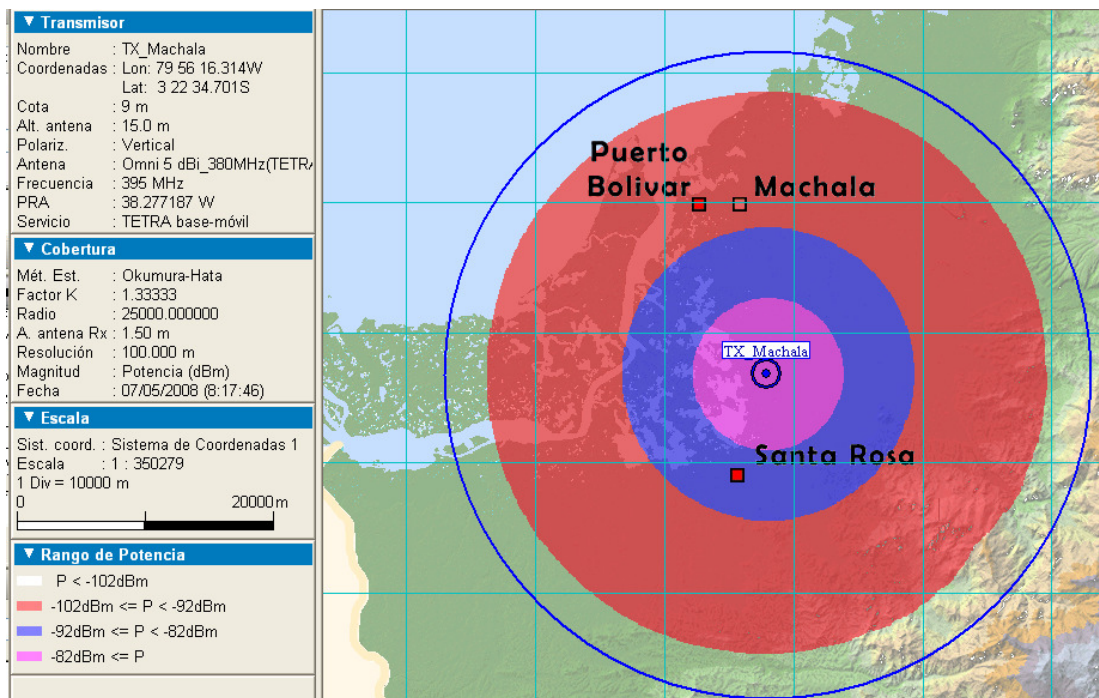


Figura. 3.37. Machala. Okumura Hata (Sirenet)

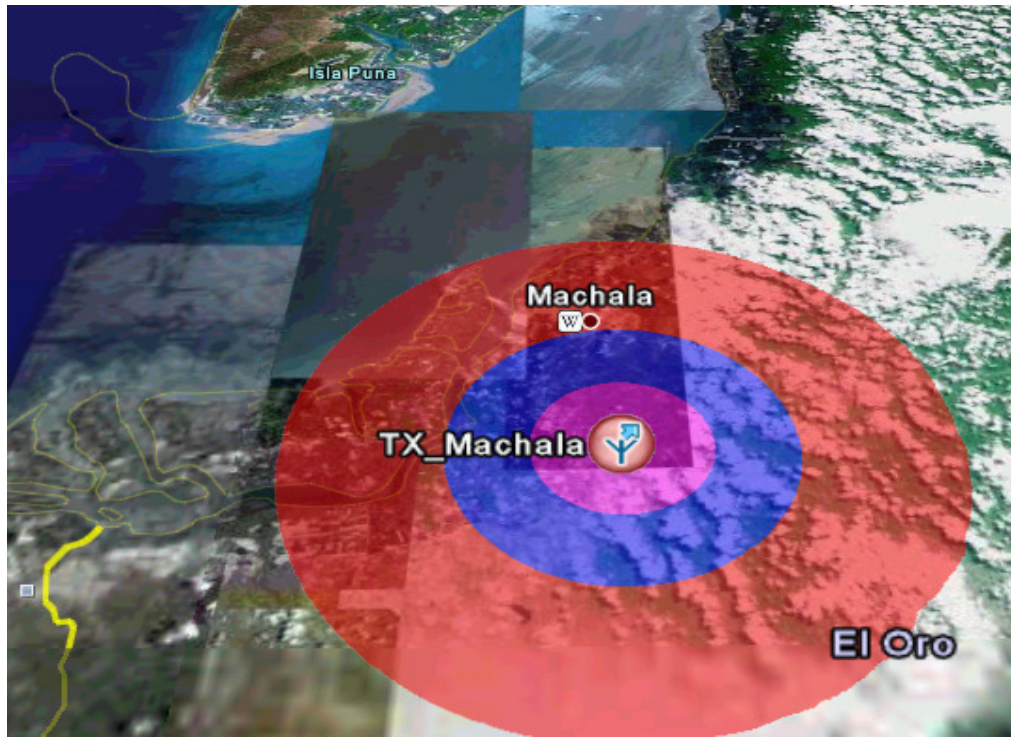


Figura. 3.38. Machala. Okumura Hata (Google Earth)

GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO REC.526 ITU-R)

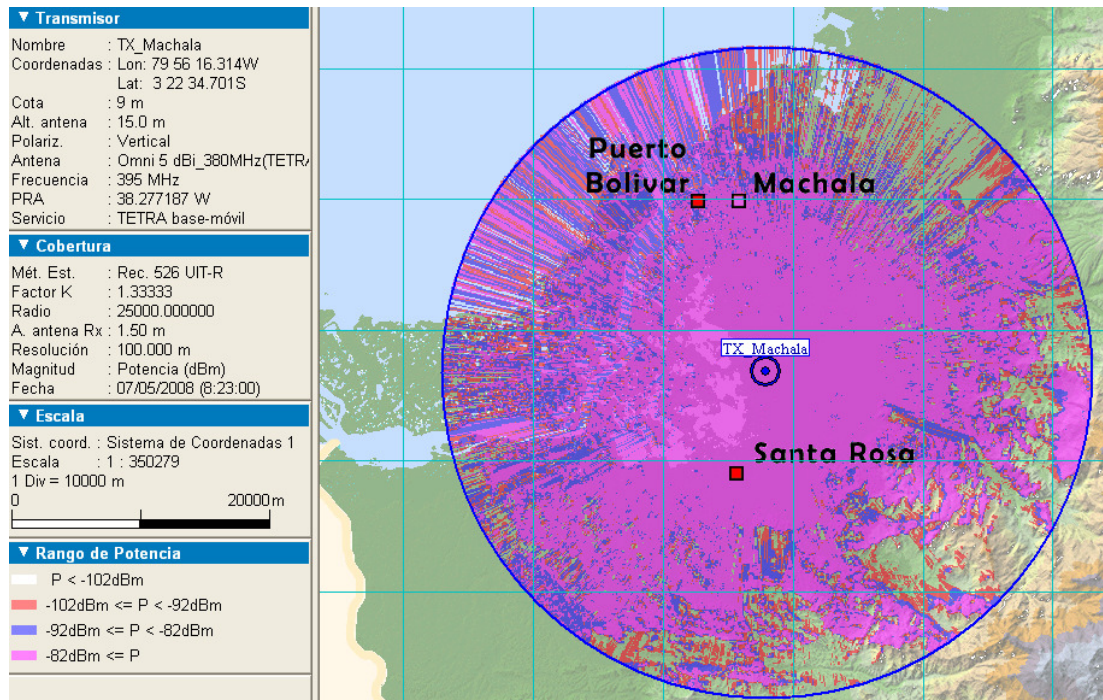
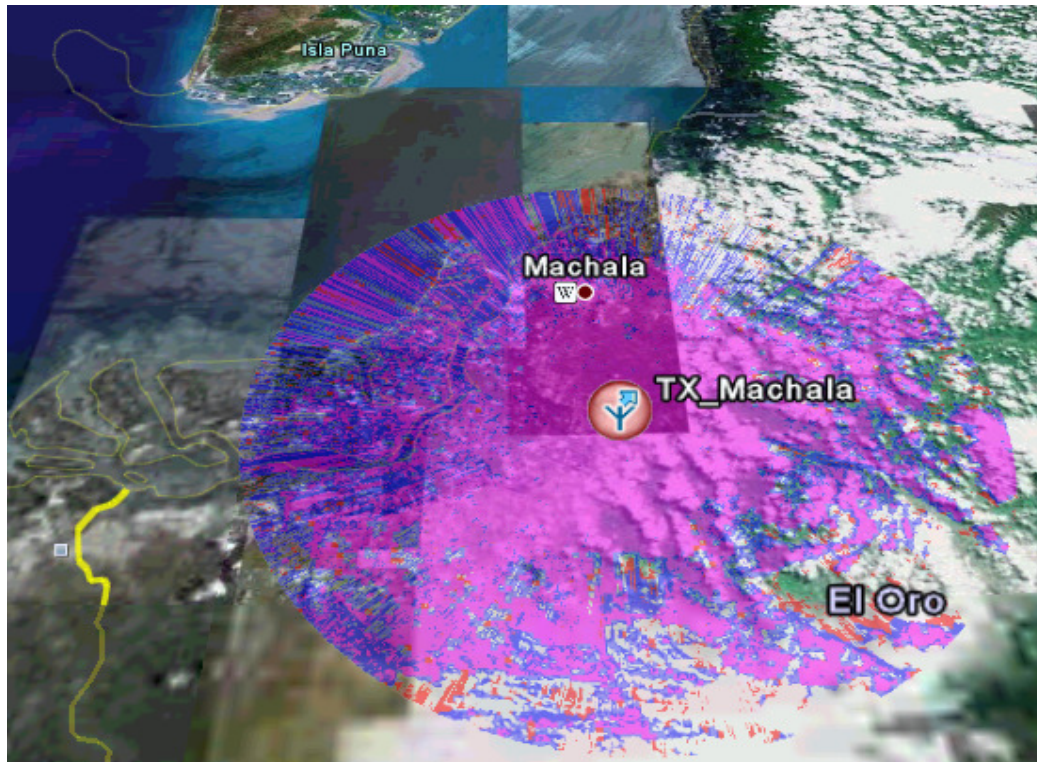


Figura. 3.39. Machala. Rec.526 (Sirenet)



**Figura. 3.40. Machala. Rec.526 (Google Earth)**

Consideraciones para la estación Machala

1) El trabajo que debe cumplir la BTS en este sector es: proporcionar comunicación a las embarcaciones de las Fuerza Naval y a las unidades de la Brigada de Infantería “El Oro”.

Análisis de las gráficas de cobertura:

*Modelo Okumura Hata*

- Se aprecia en la gráfica que la señal es eficiente alrededor de la BTS en un radio de 6 Km.; es buena hasta los 11 Km. y regular hasta los 22; la señal se pierde a partir de los 22 Km.

*Modelo Rec. 526 ITU-R*

- Se observa en la gráfica que la señal es eficiente en 25Km., con ligeras pérdidas de señal producto de las pequeñas elevaciones de la zona.

Conclusión: la BTS cumple con su propósito.

**Estación Cruz Loma**

PARÁMETROS CONFIGURADOS			
Cálculos de propagación	Método Okumura Hata	Factor $K=4/3$ Método de combinación: - Ubicaciones - Tiempo	
		Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB
		Variación estimada total: -10.48 dB Medio: Urbano Tipo de ciudad: Grande	
	Método Rec.526 UIT-R	Factor $K=4/3$ Atenuación por gases - Densidad vapor de agua: 0.1 gr/ m <sup>3</sup> Atenuación por lluvia - Precipitaciones ( $R_{0.01\%}$ ): 0.01mm/h - Tiempo asegurado: 0.01% Método de combinación: Suma cuadrática	
		Tiempo Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB	Ubicaciones Distribución: Log normal Porcentaje superado: 70% Desviación típica: 10 dB Variación estimada: -5.24dB
		Variación estimada total: -7.4105 dB	

TRANSMISOR				
Parámetros Radio	Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo(Mhz)	Canales
	Vertical	TETRA(Down)(Base-Móvil)	397.500	4
Parámetros de Antena	Potencia(W)	Pérdidas(dB)	Antena TETRA	Altura(m)
	25	1	Omni 5 dBi_380Mhz	17

RECEPTOR						
Parámetros Radio						
Polarización	Banda	Frecuencia de Trabajo (Mhz)	Canales	Potencia Umbral (dBm)	Impedancia (ohmios)	C/N (dB)
Vertical	TETRA (Down) Base-Móvil	397.500	4	-102	50	8
Parámetros de Antena						
Antena			Altura(m)			
Isótropa			1.5			

GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO OKUMURA HATA)

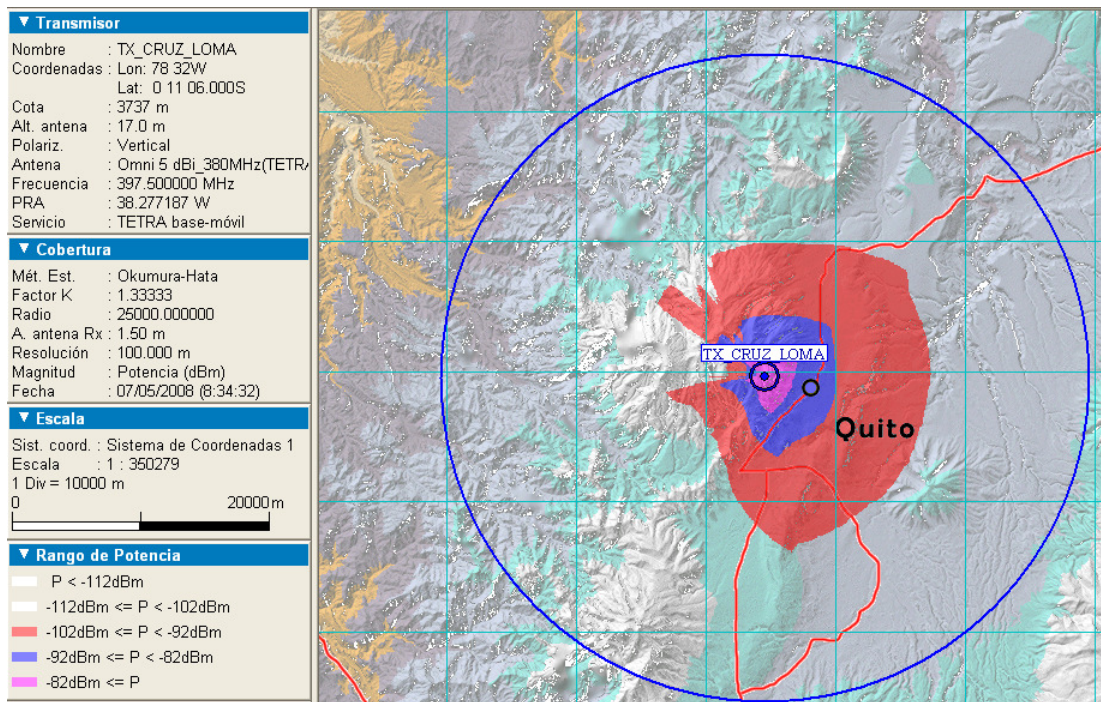


Figura. 3.41. Cruz Loma. Okumura Hata (Sirenet)

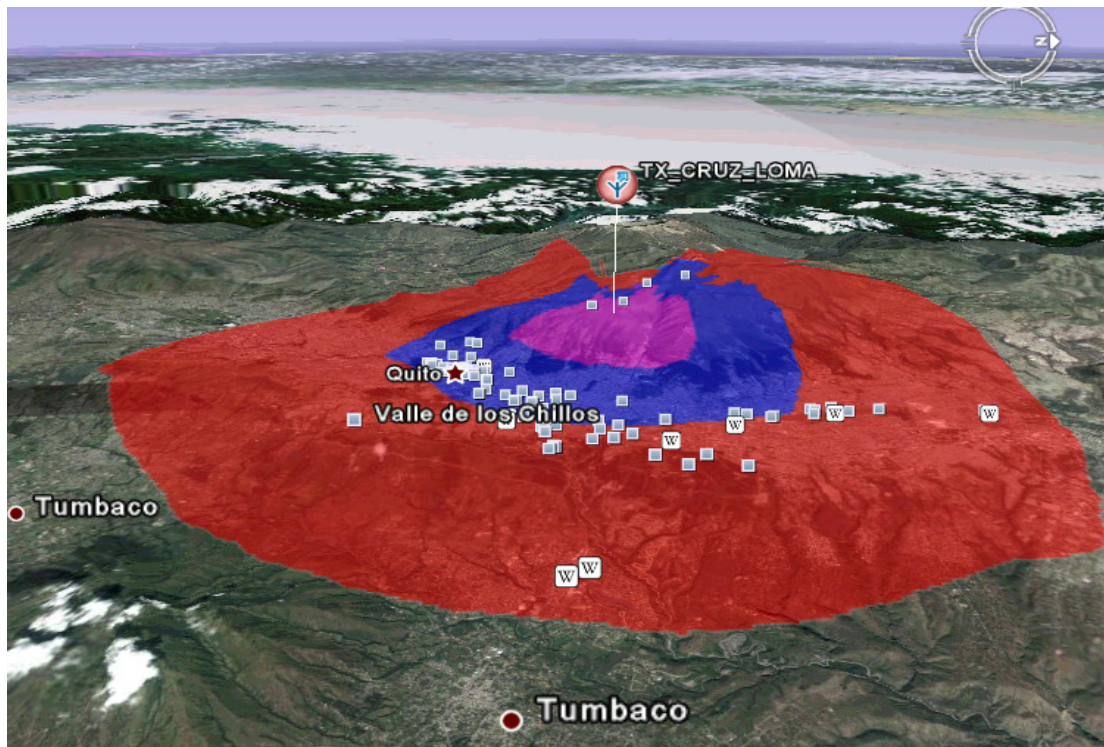


Figura. 3.42. Cruz Loma. Okumura Hata (Google Earth)

GRÁFICA DE LA COBERTURA (MODELO REC.526 ITU-R)

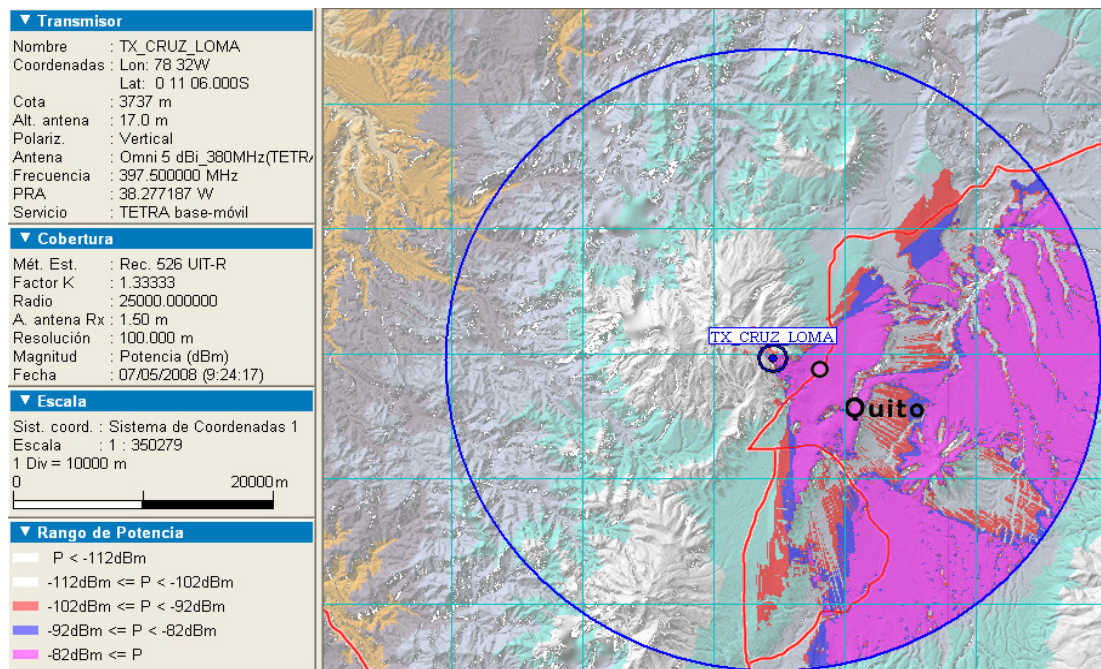
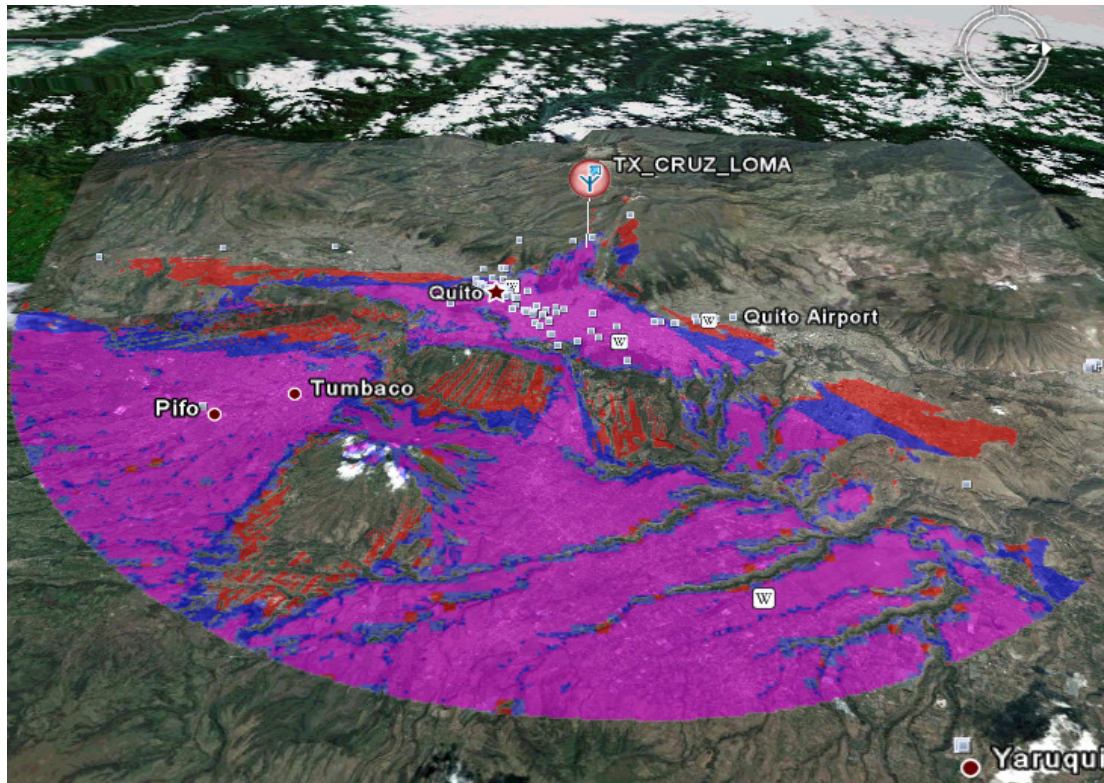


Figura. 3.43. Cruz Loma. Rec.526 (Sirenet)



**Figura. 3.44. Cruz Loma. Rec. 526 (Google Earth)**

Consideraciones para la estación Cruz loma

1) El trabajo que debe cumplir la BTS en este sector es: proporcionar comunicación a las unidades de la ciudad de Quito.

Análisis de las gráficas de cobertura:

*Modelo Okumura Hata*

- Se aprecia en la gráfica que la señal es eficiente en apenas 1.5 Km en dirección este; es buena hasta los 4 Km. en la misma dirección y es regular hasta los 13 Km.; a partir de esta distancia la señal se pierde.

*Modelo Rec. 526 ITU-R*

- Se observa en la gráfica que la señal es eficiente en 25Km., en dirección este con pérdidas de señal producto de las elevaciones de la zona.
- En las elevaciones ubicadas al oeste de la BTS no existe señal.



Conclusión: la señal que proporciona Cruz Loma soluciona el problema de comunicación en un 70%, dado que cubre sectores como: El Pintado, San Bartolo, La Recoleta, Valle de los Chillos, sitios donde funcionan unidades militares.

El Aeropuerto de Quito como se puede observar, no tiene cobertura.

### 3.1.2 Capacidad

Para determinar la capacidad actual del sistema, se tomó como referencia la duración promedio de los teleservicios y servicios portadores, en la operación normal del sistema TETRA, valores que se detallan en el siguiente cuadro:

**Tabla 3.1. Duración promedio de los servicios TETRA.**

<i>Servicios TETRA</i>	<i><sup>6</sup>Duración promedio ( en segundos)</i>
Telefonía(llamada individual)	180
Servicios de despacho(llamada de grupo)	20
Híbrido(telefonía, despacho y seguridad)	100

Los conceptos empleados en los cálculos fueron los siguientes:

Erlang (medida de la densidad de tráfico en una red de telecomunicaciones, un Erlang [E], equivale a una llamada, más los intentos sin éxito y el tiempo de espera asociado; en un canal, durante 1 hora.) y sus derivaciones, Erlang B y C.

El Erlang B nos sirve para determinar la probabilidad de bloqueo de las llamadas una vez que el sistema se ha saturado, es decir, las llamadas rechazadas cuando todos los canales del sistema han sido ocupados.

En la medida Erlang B, tres son los parámetros relevantes:

1. Cantidad de tráfico en horas pico. (número de móviles por estación base)

<sup>6</sup> Se realizó el análisis con estos tiempos promedios, porque son los tiempos que proyectó la investigación realizada.

2. Número de llamadas bloqueadas por saturación de servicio. (llamadas rechazadas)

3. Número total de líneas del sistema (canales)

Así, conociendo 2 de los parámetros se puede calcular sin problemas el tercero.

En Erlang C, se realiza el cálculo de cuantas líneas se deben tener en una red, para que dado una cantidad de llamadas por horas (con un tiempo promedio de duración), se obtenga un determinado nivel de llamadas bloqueadas. Las fórmulas empleadas fueron las siguientes:

$$A = \frac{M * L * H}{3600} [Erlang]$$

H = La media de la duración de la llamada, durante la hora ocupada.

L = El promedio de intentos de llamada en la hora ocupada. (bhca)

M = Total de terminales

La probabilidad de que una llamada tenga que esperar esta dado por la fórmula del Erlang-C

$$P_D = C(A, N) = \frac{\frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}}{\sum_{k=0}^{N-1} \frac{A^k}{k!} + \frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}}$$

Donde:

N = Número de canales o time slots

C = Erlang C

La fórmula anterior puede estar expresada en términos de la fórmula del Erlang-B.

$$C(N, A) = \frac{NB(N, A)}{N - A[1 - B(N, A)]}$$

Esta expresión permite usar las tablas del Erlang-B para el cálculo del Erlang-C

$$P(W > W_0) = P_D \exp\left[-(N - A)\frac{W_0}{H}\right]$$

Donde:

$P(W > W_0)$  = Probabilidad de que el tiempo de espera obtenido sea menor al objetivo de diseño.

$P_D$  = Probabilidad de demora

Finalmente, el promedio del tiempo de espera para cualquier llamada es:

$$W_a = \frac{P_D * H}{(N - A)}$$

En el siguiente cuadro se muestra cada una de las estaciones con el número de terminales móviles a las que dan servicio.

**Tabla. 3.2. Número de terminales por BTS**

<i>NOMBRE de la ESTACION</i>	<i># de TERMINALES en el SITIO</i>
SAN LORENZO	20
ZAPALLO	20
JABONCILLO	30
CABUYAS	30
REP SALINAS	30
CERRO ANIMAS	30
CERRO AZUL(507)	50
BASE SUR	50
BALAO CHICO	30
1-BI "El Oro"	20
CRUZ LOMA	50

En la tabla mostrada a continuación se desglosa los resultados de los cálculos realizados en cada uno de los sitios donde funcionan las BTS's, además se presenta una interpretación de los resultados.

ESTACIÓN	# DE MÓVILES	TIPO DE SERVICIO	N	H	L			ERLANG_B PB(%)	ERLANG_C	
						AI(E/M)	AT(E)		PD(%)	Wa(s)
SAN LORENZO	20	TELEFONÍA	3	180	1	0,05	1	8,9	16,01	18
	20	DESPACHO	3	20	1	0,0056	0,11111	0,1	0,01	0,0147
	20	HÍBRIDO	3	100	1	0,0278	0,55556	4,8	3,64	2,429
ZAPALLO	20	TELEFONÍA	3	180	1	0,05	1	8,9	16,01	18
	20	DESPACHO	3	20	1	0,0056	0,11111	0,1	0,01	0,0147
	20	HÍBRIDO	3	100	1	0,0278	0,55556	4,8	3,64	2,429
JABONCILLO	30	TELEFONÍA	3	180	1	0,05	1,5	19,4	36,27	51,428
	30	DESPACHO	3	20	1	0,0056	0,16667	0,2	0,028	0,0344
	30	HÍBRIDO	3	100	1	0,0278	0,83333	5,5	8,95	6,37
CABUYAS	30	TELEFONÍA	3	180	1	0,05	1,5	19,4	36,27	51,428
	30	DESPACHO	3	20	1	0,0056	0,16667	0,2	0,028	0,0344
	30	HÍBRIDO	3	100	1	0,0278	0,83333	5,5	8,95	6,37
REP SALINAS	30	TELEFONÍA	3	1180	1	0,05	1,5	19,4	36,27	51,428
	30	DESPACHO	3	220	1	0,0056	0,16667	0,2	0,028	0,0344
	30	HÍBRIDO	3	1100	1	0,0278	0,83333	5,5	8,95	6,37
CERRO ANIMAS	30	TELEFONÍA	3	180	1	0,05	1,5	19,4	36,27	51,428
	30	DESPACHO	3	20	1	0,0056	0,16667	0,2	0,028	0,0344
	30	HÍBRIDO	3	100	1	0,0278	0,83333	5,5	8,95	6,37
CERRO AZUL	50	TELEFONÍA	3	180	1	0,05	2,5	60,2	81,5	310,34
	50	DESPACHO	3	20	1	0,0056	0,27778	0,8	0,0918	0,1
	50	HÍBRIDO	3	100	1	0,0278	1,38889	17,1	27,13	23,24
BASE SUR	50	TELEFONÍA	3	180	1	0,05	2,5	60,2	81,5	310,34
	50	DESPACHO	3	20	1	0,0056	0,27778	0,8	0,0918	0,1
	50	HÍBRIDO	3	100	1	0,0278	1,38889	17,1	27,13	23,24
BALAO CHICO	30	TELEFONÍA	3	180	1	0,05	1,5	19,4	36,27	51,428
	30	DESPACHO	3	20	1	0,0056	0,16667	0,2	0,028	0,0344
	30	HÍBRIDO	3	100	1	0,0278	0,83333	5,5	8,95	6,37
1-BI-"EL ORO"	20	TELEFONÍA	3	180	1	0,05	1	8,9	16,01	18
	20	DESPACHO	3	20	1	0,0056	0,11111	0,1	0,01	0,0147
	20	HÍBRIDO	3	100	1	0,0278	0,55556	4,8	3,64	2,429
CRUZ LOMA	50	TELEFONÍA	3	180	1	0,05	2,5	60,2	81,5	310,34
	50	DESPACHO	3	20	1	0,0056	0,27778	0,8	0,0918	0,1
	50	HÍBRIDO	3	100	1	0,0278	1,38889	17,1	27,13	23,24

Tabla 3.3. Detalle del cálculo de tráfico en cada una de las estaciones

Análisis de la capacidad:

Se puede valorar claramente, que conforme se incrementa el tráfico cursado por las estaciones, es decir, a medida que aumenta el número de usuarios en las estaciones (20, 30, 50 usuarios), el servicio de telefonía presenta mayores complicaciones de rechazo, refiriéndonos con esto, a la elevada probabilidad de bloqueo (Erlang B) en este servicio:

\*20 usuarios  $\rightarrow$  PB = 8.9 %

\*30 usuarios  $\rightarrow$  PB = 19.4%

\*50 usuarios  $\rightarrow$  PB = 60.2%

Considerando que, para ser un buen servicio, la probabilidad de bloqueo no debe superar el 5%.

Por otro lado, se presentan también tiempos de espera exagerados (Erlang C), sobretodo con las estaciones que tienen entre 30 y 50 usuarios:

✓ 20 usuarios  $\rightarrow$  Wa = 18 segundos

✓ 30 usuarios  $\rightarrow$  Wa = 51.428 segundos

✓ 50 usuarios  $\rightarrow$  Wa = 310.34 segundos

Considerando que, para ser un sistema aceptable, el tiempo de espera, no debe superar los 30 segundos.

Este análisis ha claras demuestra:

- Poca capacidad del sistema en cuanto a telefonía (admite menos de 20 usuarios).

- Muy buena capacidad para los servicios de despacho (admite hasta 5% de saturación con 50 usuarios)

- Mínima capacidad para los servicios híbridos (admite hasta 20 usuarios).

### 3.1.3 Calidad de Servicio (QoS)

Para tener una idea clara de las condiciones actuales del sistema en cuanto a calidad de servicio y obtener un estimado de la misma, se utiliza un indicador para medir la calidad del sistema conocido como MOS (mean opinion score).

La puntuación media de opinión (MOS) proporciona una indicación numérica de la calidad percibida de los medios de comunicación después de recibida la compresión y/o transmisión. El MOS se expresa como un solo número en el rango de 1 a 5, donde 1 es la más baja calidad percibida, y 5 es la más alta.

Las pruebas de detección de voz son especificadas por la Recomendación UIT-T P.800. Conforme a estas condiciones, se creó la presente tabla:

**Tabla 3.4. Mean Opinion Score TETRA**

<i>Grado de Calidad de Servicio</i>	<i>Valoración</i>	<i>Rango Probabilidad de Demora (%)</i>
Pésimo	1	> 30
Malo	2	20.1 → 30
Bueno	3	10.1 → 20
Muy Bueno	4	5.1 → 10
Excelente	5	0 → 5

Basados en los resultados conseguidos en el análisis de capacidad del sistema, se presenta a continuación el detalle de la calidad de servicio de TETRA:

**Tabla. 3.5. Detalle de la calidad de servicio en cada una de las estaciones**

<i>Estación</i>	<i>Tipo de servicio</i>	<i>Probabilidad de demora (%)</i>	<i>Valoración</i>	<i>Grado de calidad de servicio</i>	<i>Observaciones</i>
<i>San Lorenzo</i>	Telefonía	16,01	3	Bueno	En términos generales la BTS no tiene problemas de saturación.
	Despacho	0,01	5	Excelente	
	Híbrido	3,64	5	Excelente	
<i>Zapallo</i>	Telefonía	16,01	3	Bueno	En términos generales la BTS no tiene problemas de saturación
	Despacho	0,01	5	Excelente	
	Híbrido	3,64	5	Excelente	
<i>Jaboncillo</i>	Telefonía	36,27	1	Pésimo	La estación presenta graves problemas en el servicio de telefonía
	Despacho	0,028	5	Excelente	
	Híbrido	8,95	4	Muy Bueno	
<i>Cabuyas</i>	Telefonía	36,27	1	Pésimo	La estación presenta graves problemas en el servicio de telefonía
	Despacho	0,028	5	Excelente	
	Híbrido	8,95	4	Muy Bueno	
<i>Rep. Salinas</i>	Telefonía	36,27	1	Pésimo	La estación presenta graves problemas en el servicio de telefonía
	Despacho	0,028	5	Excelente	
	Híbrido	8,95	4	Muy Bueno	
<i>Cerro Animas</i>	Telefonía	36,27	1	Pésimo	La estación presenta graves problemas en el servicio de telefonía
	Despacho	0,028	5	Excelente	
	Híbrido	8,95	4	Muy Bueno	
<i>Cerro Azul</i>	Telefonía	81,5	1	Pésimo	La estación presenta graves problemas de saturación en el servicio de telefonía y en el híbrido
	Despacho	0,0918	5	Excelente	
	Híbrido	27,13	2	Malo	
<i>Base Sur</i>	Telefonía	81,5	1	Pésimo	La estación presenta graves problemas de saturación en el servicio de telefonía y en el híbrido
	Despacho	0,0918	5	Excelente	
	Híbrido	27,13	2	Malo	
<i>Balao Chico</i>	Telefonía	36,27	1	Pésimo	La estación presenta graves problemas en el servicio de telefonía
	Despacho	0,028	5	Excelente	
	Híbrido	8,95	4	Muy Bueno	
<i>1-B.I."El Oro"</i>	Telefonía	16,01	3	Bueno	En términos generales la BTS no tiene problemas de saturación.
	Despacho	0,01	5	Excelente	

	Híbrido	3,64	5	Excelente	La estación presenta graves problemas de saturación en el servicio de telefonía y en el híbrido
<b><i>Cruz Loma</i></b>	Telefonía	81,5	1	Pésimo	
	Despacho	0,0918	5	Excelente	
	Híbrido	27,13	2	Malo	



### **Análisis de la Calidad de Servicio:**

Del cuadro anterior se desprende, que el sistema en general, tiene problemas de saturación sobretodo con la telefonía, de acuerdo al siguiente detalle:

- En tres de las estaciones (aquellas que tienen 20 usuarios), el sistema ofrece muy buena calidad sin problemas de saturación.
- En cinco de las estaciones (aquellas que tienen 30 usuarios), el sistema es de mala calidad con problemas de saturación en telefonía.
- En tres de las estaciones (aquellas que tienen 50 usuarios) el problema de saturación es más notorio, afectando incluso al servicio considerado como híbrido, lo que degrada completamente la calidad del servicio, pudiendo ser considerada en este caso, como pésima.

Esta evaluación permite concluir que el sistema es de mala calidad en telefonía, al contrario del servicio de despacho y seguridad que es excelente.

### **3.2 Rediseño de la red actual en función de los nuevos servicios**

Para el rediseño de la red actual del sistema TETRA del COMACO, se realizó el dimensionamiento, tomando en referencia lo siguiente:

Como el sistema actual es single slot, es decir, solo ocupa un canal para la transmisión de datos, la velocidad máxima de transmisión de datos que alcanza es de 7,2 Kbps.

Luego, los servicios considerados son los siguientes:

- Mejoramiento del sistema de despacho.
- Despacho y seguridad (duración promedio 30 segundos)
- <sup>7</sup>Envío de datos, modo circuito (transmisión de 1Mb en aproximadamente 100 segundos)
- Telefonía (llamada promedio 3 minutos)

Para el envío de mensajes cortos, el sistema utiliza el canal de control.

---

<sup>7</sup> Nuevo servicio: se considera el envío de datos, para hacer referencia a servicios como: envío de fotografías, texto, etc. Datos que no superen un Megabit de capacidad.

Dado que las redes de los sistemas troncalizados son del tipo colas, se utilizó la fórmula del Erlang-C para su cómputo.

En el dimensionamiento calculamos el número de canales requeridos para proveer una adecuada QoS para los terminales en el sistema o para resolver el número de móviles que podrán ser atendidos de acuerdo a un canal fijo manteniendo un GoS (grado de servicio) dado.

En adición al número de canales calculado, un canal de control debe ser añadido.

La QoS combina la probabilidad de que un pedido de llamada tenga que esperar para ser atendido (por que todos los canales están ocupados) y el límite para el tiempo de espera ( $W_o$ ).

Otro parámetro es el promedio de duración de una llamada. La misma que es diferente en cada aplicación (despacho, seguridad, transmisión de datos).

Algunas redes cortan la llamada si esta excede el tiempo máximo establecido de una llamada (este es el método de operación de la actual red TETRA).

Este promedio puede ser estimado antes de que empiece el funcionamiento del sistema, pero después puede ser obtenido desde las estadísticas de la red, tal como se hizo en un análisis anterior (estos datos sirven también como referencia en el presente análisis. Ref. Tabla 3.1).

### ***PARÁMETROS CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS***

W <sub>o</sub>	Límite de tiempo de espera
H	Promedio de duración de una llamada (diferente para cada aplicación, despacho, telefonía, híbrida)
L	El promedio de intentos de llamada en la hora ocupada
M	# de móviles o terminales
A	Tráfico ofrecido (Erlangs)
	Una probabilidad de exceso del tiempo de espera W <sub>o</sub> por lo menos con dos niveles de probabilidad.

---

$\%P_{wo}$	Objetivo de Diseño
$\%P_{wos}$	Nivel de sobrecarga (Diseño)
N	Número de canales de Tráfico
$P_D$	Probabilidad de demora

Para el dimensionamiento se ha considerado un objetivo de diseño ( $\% P_{wo}$ ) que no supere el 5 % y un nivel de sobrecarga ( $\% P_{wos}$ ) del 30 %; realizados estos cálculos, (considerando las fórmulas escritas anteriormente del Erlang B y C) se presenta los resultados obtenidos:

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CADA UNO DE LOS SITIOS**

ESTACIONES	# DE MÓVILES	TIPO DE SERVICIO	N	H	L	AI(E/M)	AT(E)	ERLANG C								
								ERLANG B			Objetivo de Diseño Pwo=5%			SOBRECARGA Pwos=30%		
								PB(%)	PD(%)	Wa(s)->5%	# DE MÓVILES	PD(%)	Wa(s)			
ZAPALLO	25	TELEFONÍA	4	180	1	0,05	1,24	3,7	4,8	4,32	46	29,89	38,41			
SAN LORENZO	96	DESPACHO	3	30	1	0,0083	0,8	5	2,9	1,73	151	9,8	5,4			
1-BI-"EL ORO"	23	HÍBRIDO	3	100	1	0,0277	0,64	2,7	4,98	3,38	52	29,64	26,07			
JABONCILLO																
CABUYAS	38	TELEFONÍA	5	180	1	0,05	1,94	4,6	4,9	4,06	64	29,8	36,58			
REP SALINAS	96	DESPACHO	3	30	1	0,0083	0,8	5	2,9	1,73	151	9,8	5,4			
CERRO ANIMAS	48	HÍBRIDO	4	100	1	0,0277	1,35	4,9	4,97	3,19	87	29,76	25,95			
BALAO CHICO																
CERRO AZUL	54	TELEFONÍA	6	180	1	0,05	2,66	4,2	4,95	3,87	82	29,8	34,87			
BASE SUR	96	DESPACHO	3	30	1	0,0083	0,8	5	2,9	1,73	151	9,8	5,4			
CRUZ LOMA	75	HÍBRIDO	5	100	1	0,0277	2,08	5	4,9	3,02	121	29,9	25,31			

**Tabla 3.6. Cálculos de dimensionamiento de acuerdo a los objetivos de diseño.**

De los datos obtenidos se concluye que:

#### Caso 1. Estaciones Zapallo, San Lorenzo, 1-B.I."El Oro"

- Para este caso se necesitan cuatro time slots o canales (N), para cumplir con los objetivos de diseño propuestos
- La probabilidad de bloqueo se encuentra por debajo del 5 % en todos los servicios.
- El promedio de estaciones móviles a las que se les brindaría servicio de telefonía y datos es de 24, este número se incrementa al considerar el servicio de despacho en el cual el número de abonados puede llegar a 96.
- Con el objetivo de diseño menor al 5%, el tiempo de espera se ubica en menos de 5 segundos en todos los servicios, lo que implica, que el sistema tiene una buena capacidad de respuesta cuando se encuentra saturado.
- Para un nivel de sobrecarga del 30%, el sistema podría dar servicio de telefonía y datos a alrededor de 50 estaciones móviles con un tiempo de espera de 40 segundos y para cuando se trate de servicios de despacho, las estaciones incrementan el número de abonados a 151.

#### Caso 2. Estaciones Jaboncillo, Cabuyas, Salinas, Cerro Ánimas, Balao Chico.

- Para este caso se necesitan cinco time slots o canales (N), para cumplir con los objetivos de diseño.
- La probabilidad de bloqueo se encuentra por debajo del 5 % en todos los servicios.
- El promedio de estaciones móviles a las que se les brindaría servicio de telefonía y datos es en promedio 40, este número se incrementa al considerar el servicio de despacho en el cual el número de abonados puede llegar a 96.
- Con el objetivo de diseño menor al 5%, el tiempo de espera se ubica en menos de 5 segundos en todos los servicios, lo que implica, que el sistema tiene una buena capacidad de respuesta cuando se encuentra saturado.
- Para un nivel de sobrecarga del 30%, el sistema podría dar servicio de telefonía a 64 usuarios y datos a alrededor de 87, con un tiempo de espera de 37 segundos para el primero y menos de 30 segundos para el segundo. Cuando se trate de servicios de despacho, las estaciones incrementan el número de abonados a 151.

### Caso 3. Estaciones Cerro Azul, Base Sur y Cruz Loma

- Para este caso se necesitan seis time slots o canales (N), para cumplir con los objetivos de diseño propuestos
- La probabilidad de bloqueo se encuentra por debajo del 5 % en todos los servicios.
- El promedio de estaciones móviles a las que se les brindaría servicio de telefonía es de 54 usuarios y datos a 75, este número se incrementa al considerar el servicio de despacho en el cual el número de abonados puede llegar a 96.
- Con el objetivo de diseño menor al 5%, el tiempo de espera se ubica en menos de 5 segundos en todos los servicios, lo que implica, que el sistema tiene una buena capacidad de respuesta cuando se encuentra saturado.
- Para un nivel de sobrecarga del 30%, el sistema podría dar servicio de telefonía a 82 usuarios y datos a alrededor de 121 móviles con un tiempo de espera de 35 segundos para el primero y menos de 26 segundos para el segundo. Cuando se trate de servicios de despacho, las estaciones incrementan el número de abonados a 151.

En el análisis anterior se define el número de canales (time slots) necesarios, para proporcionar un servicio de calidad para cada requerimiento (voz, datos, despacho) en cada estación, sin embargo, se debe mencionar que el sistema no permite adicionar solo un time slot, (que sería la solución para las estaciones analizadas) en razón de que el mejoramiento del sistema se da a través de portadoras las mismas que manejan individualmente cuatro time slots, por tanto, la adición o incremento de una portadora nos permitirá tener 8 time slots en total, de los cuales se descarta un time slot que funciona como canal de control (CCH)

Los siete time slots que se obtienen con el incremento de una portadora, nos permiten estandarizar las estaciones, es decir, todas las estaciones pueden prestar los mismos servicios y con la misma calidad; a continuación se presentan los cálculos que sustentan este mejoramiento.

**Tabla 3.7. Estandarización de las estaciones**

RESULTADOS DEL ANÁLISIS CON 7 TIME SLOTS																
								ERLANG C								
								ERLANG B			Objetivo de Diseño <i>Pwo=5%</i>			SOBRECARGA <i>Pwos=30 %</i>		
ESTACIONES	# DE MÓVILES	TIPO DE SERVICIO	N	H	L	A1(E/M)	AT(E)	PB(%)	PD(%)	Wa(s)->5%	# DE MÓVILES	PD(%)	Wa(s)			
	67	TELEFONÍA	7	180	1	0,05	3.35	4.1	4.65	3.44	99	28.7	31.72			
<b>TODAS LAS ESTACIONES</b>	420	DESPACHO	7	30	1	0,0083	3.5	5	0.82	0.73	600	9.88	5.62			
	126	DATOS	7	100	1	0,0277	3.5	5	4.2	2.43	180	25.13	18.75			

Con siete time slots, cada estación puede ofrecer los siguientes servicios:

- Telefonía a 67 usuarios, con una probabilidad de bloqueo de menos del 5%, una probabilidad de demora del 4.65% y un tiempo de espera de 3.44 segundos.
  - o En sobrecarga, el número de abonados puede llegar a 99, con una probabilidad de demora del 28.7% y un tiempo de espera de 31.72 segundos.
- Despacho a 420 usuarios, con una probabilidad de bloqueo del 5%, una probabilidad de demora del 0.82% y un tiempo de espera de 0.73 segundos.
  - o En sobrecarga, el número de abonados puede llegar a 600, con una probabilidad de demora del 9.88% y un tiempo de espera de 5.62 segundos.
- Datos a 126 usuarios, con una probabilidad de bloqueo del 5%, una probabilidad de demora del 4.2% y un tiempo de espera de 2.43 segundos.
  - o En sobrecarga, el número de abonados puede llegar a 180, con una probabilidad de demora del 25.13% y un tiempo de espera de 18.75 segundos.

El rediseño de la red consiste entonces, en incrementar una portadora en todos los sitios, de esta manera se puede cumplir con los nuevos servicios propuestos y atender a mayor número de abonados eficaz y eficientemente.

Dentro de este rediseño se toma en cuenta también una nueva distribución de frecuencias, en virtud de que se tendrá dos pares de frecuencias trabajando en una misma BTS.

### 3.2.1 Cálculo de frecuencias

La fórmula que permite calcular la frecuencia real utilizada en función del número del canal declarado en el BSC o en el radio frontal es la siguiente:

$$Frecuencia = (n^{\circ} \text{ de canal} * 25 * 10^{-3} \text{ Mhz}) + 380 \text{ Mhz}$$

En TETRA la separación duplex es de 10 Mhz. y 25 Khz es el ancho de banda del canal, por tanto se generan alrededor de 400 canales a ser distribuidos entre los diferentes



sitios donde se encuentran instaladas las BTS. Para la infraestructura la emisión está en frecuencia alta (390), la recepción está en frecuencia baja (380).

En la infraestructura actual los canales que se encuentran asignados a las estaciones son los siguientes:

<i>Estación Base</i>	<i>Canal</i>
Balao Chico	124
Machala	300
Cerro 507	370
Cruz Loma	300
San Lorenzo	166
Zapallo	370
Cabuyas	220
Jaboncillo	95
Salinas	95
Animas	167

Como se puede ver, la distribución de los canales a las estaciones base se repite entre Machala y Cruz Loma y entre Jaboncillo y Salinas, pero por la separación que existe entre las estaciones no se genera ni interferencia adyacente (Cuando la señal de un canal invade el espacio de frecuencia de un canal vecino. Puede ser por una emisión con demasiada potencia o por un corrimiento de la frecuencia nominal), ni interferencia co-canal (cuando en un canal de cierta polarización aparecen vestigios de la señal que se encuentra en la misma frecuencia pero que originalmente viajaba en la polarización contraria).

En el diseño de la nueva red (punto tratado a continuación), se especificará las nuevas frecuencias asignadas, también se tratará acerca de la nueva infraestructura para el acoplamiento de las frecuencias en una sola antena, todo esto con el objeto de complementar todo el estudio.

### 3.3 Diseño de la nueva red, fundamentada en los nuevos servicios propuestos

El propósito del COMACO es actualizar el sistema de radiocomunicación móvil, manteniendo las mismas estaciones, es decir, se quiere una plataforma que contenga a la ya existente y que no presente problemas de incompatibilidad.

El estándar que cumple con este requerimiento es el denominado TETRA-2, que es la segunda fase del sistema TETRA y que brinda mayor capacidad de transmisión de datos y mejores servicios, sin embargo, cabe mencionar en este punto, que el estándar TETRA-2, se encuentra en desarrollo en el seno del ETSI pese a que ya está definido, por esta razón, no se puede plantear todavía una plataforma basada en este estándar puesto que no existe en el mercado equipos que manejen esta tecnología.

Por las consideraciones anteriores, la tecnología que se plantea para el diseño de la nueva red para la ciudad de Quito, se encuentra en los mismos términos que la actual red, es decir, se utilizaría los mismos interfaces y se mantendría el criterio de compatibilidad entre los equipos.

Para el diseño de la nueva red se debe tomar en cuenta nuevas ubicaciones para las BTS, las mismas que permitan cumplir con los requerimientos de cobertura para las unidades militares acantonadas en Quito; es necesario indicar, que el sistema actual TETRA que tiene el COMACO no tiene la capacidad de realizar hand off, es decir, es un sistema pre-celular que no tiene traspaso entre celdas, pese a esto lo que se ha buscado en el diseño de la red para Quito es que el sistema tenga cobertura en casi toda la ciudad priorizando a las unidades militares de la plaza como son:

- Ministerio de Defensa (Complejo ministerial “La Recoleta”)
- Casa Presidencial (Plaza Grande)
- Brigada Reino de Quito (“El Pintado”)
- I Zona Militar (Cuartel Eplicachima)
- Escuela Superior Militar “Eloy Alfaro”(Parcayacu)
- Batallón de Comunicaciones “Rumiñahui” (La Keneddy)
- Base Aérea Mariscal Sucre (Aeropuerto)

Tomando en cuenta estas unidades, se procedió a verificar la cobertura que tiene el cerro de Cruz Loma, (sitio donde se encuentra instalada una de las BTS que conforman la red actual TETRA) esta verificación consistió en medir el nivel de sensibilidad (rango de potencia) con el software Sirenet (proceso realizado anteriormente) y también realizando una medición práctica con dos estaciones móviles de 1 y 3 W, este procedimiento arrojó los siguientes resultados:

**Tabla. 3.8. Rangos de potencia medidos por radios portátiles en las unidades de la plaza de Quito.**

<i>Unidad</i>	<i>Rango de Potencia Radio 1W</i>	<i>Rango de Potencia Radio 3W</i>
Brigada Reino de Quito	-99 dBm	-91 dBm
I Zona Militar	-82 dBm	-78 dBm
Ministerio de Defensa	-80 dBm	-75 dBm
Casa Presidencial	-80 dBm	-75 dBm
Batallón de Comunicaciones	-92 dBm	-88 dBm
Aeropuerto (Cabecera Sur)	-105 dBm	-102 dBm
Aeropuerto (Cabecera Norte)	Sin Señal	Sin Señal
Escuela Superior Militar "Eloy Alfaro"	Sin Señal	Sin Señal

Comparados los resultados del cuadro anterior con los obtenidos mediante la utilización del software, se concluye que tanto el Aeropuerto Mariscal Sucre como la Escuela Militar tienen problemas de cobertura, en el resto de unidades la recepción de la señal es eficiente.

Para dar solución a este inconveniente, se buscó un lugar donde se pueda emplazar una BTS y dar cobertura a estos sitios, para cumplir con este objetivo se deben observar ciertos lineamientos para la seguridad y tomar ciertos criterios utilizados en la instalación de las BTS del actual sistema.

## Seguridad:

- La BTS debe tener vigilancia las 24 horas.
- La BTS debe estar ubicada en lo posible en un destacamento militar o dentro de una unidad militar.

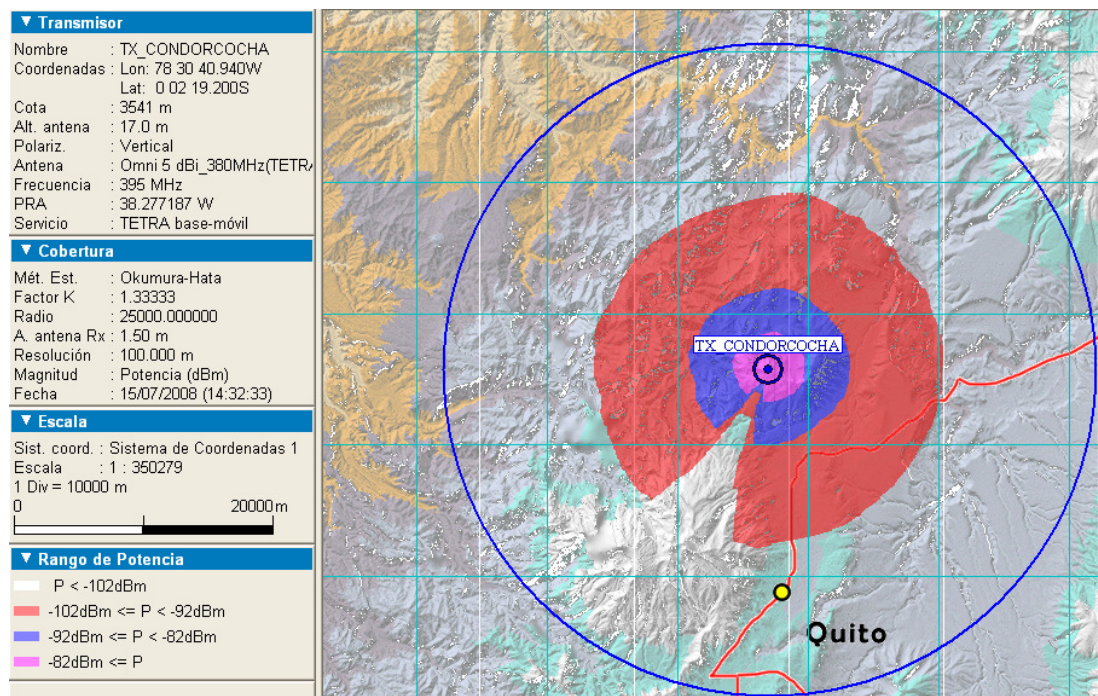
## Criterios utilizados en la instalación de la red actual:

- BTS ubicadas en los cerros o montañas más altas del sector de cobertura.
- BTS ubicadas en sitios donde la energía de alimentación no sea un problema.

Luego de un análisis de los lugares desde donde se pudiera dar cobertura a las unidades que no tienen señal y considerando los criterios arriba mencionados, se determinó que el mejor sitio para cumplir con este objetivo, es la instalación de una BTS en el sector de Condorcocha, sitio donde inclusive existe la infraestructura para ubicar la antena.

A continuación se presentan las gráficas de <sup>8</sup> cobertura para Condorcocha

## GRÁFICAS DE LA COBERTURA (MODELO OKUMURA HATA)



**Figura. 3.45. Cobertura Condorcocha. Okumura Hata (Sirenet)**

<sup>8</sup> Para este estudio se tomo las mismas consideraciones que para Cruz Loma, en cuanto a cálculos de propagación, adicionalmente la frecuencia utilizada fue 395 Mhz que para el caso no produce interferencia co-canal o canal adyacente.

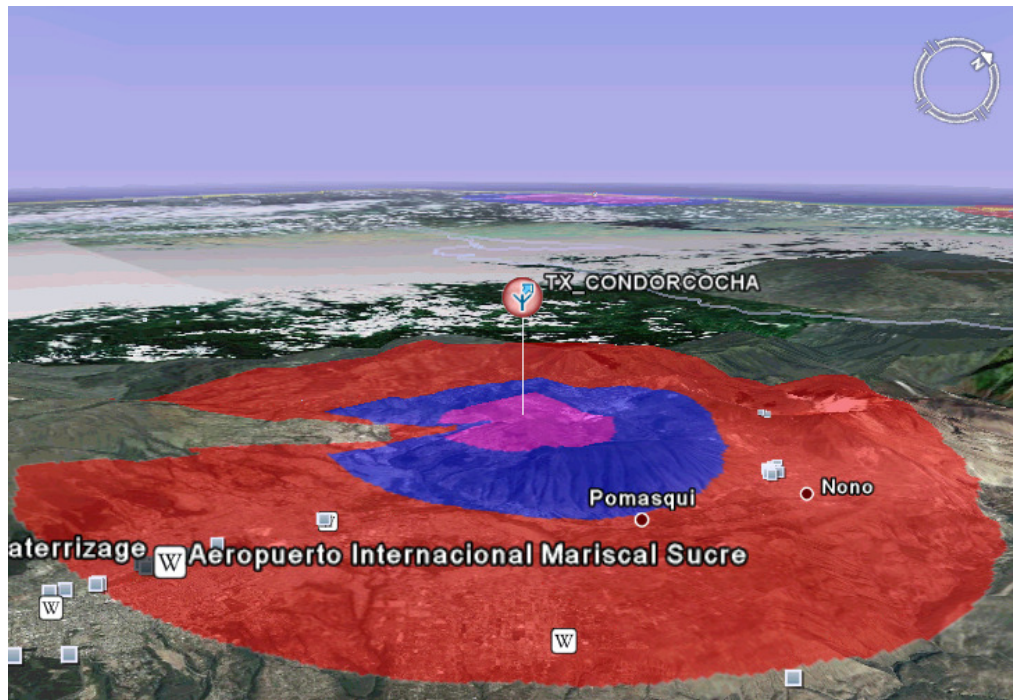


Figura. 3.46. Cobertura Condorcocha. Okumura Hata (Google Earth)

GRÁFICA DE LA COBERTURA (MODELO REC.526 ITU-R)

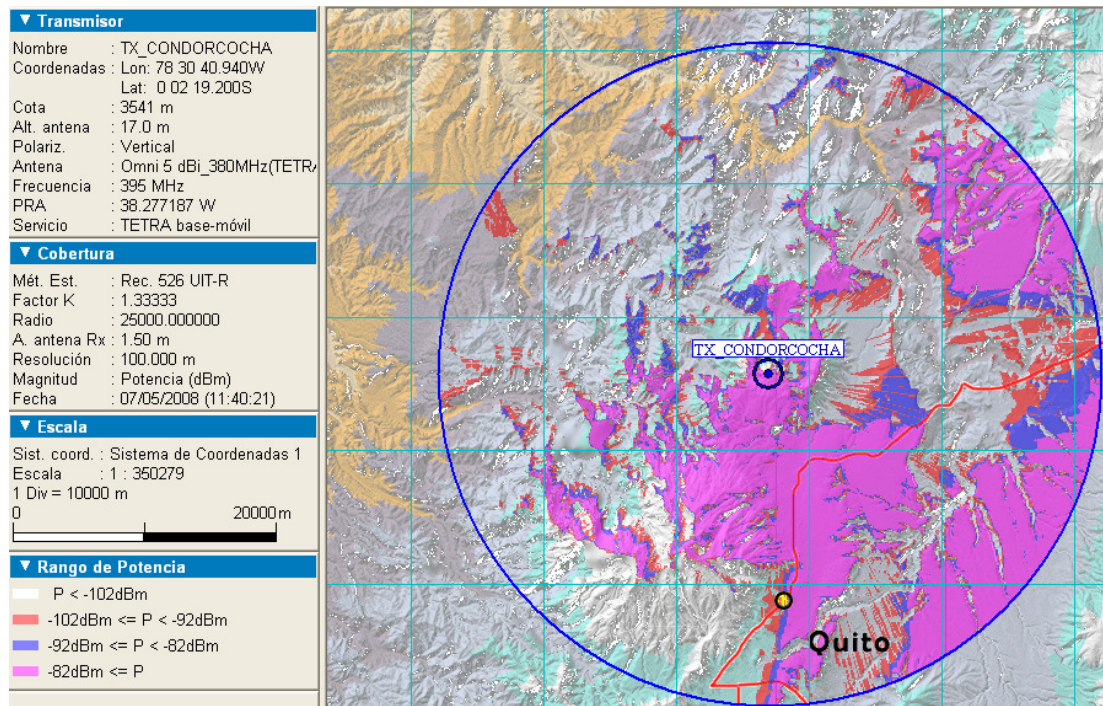


Figura. 3.47. Cobertura Condorcocha. Rec.526 (Sirenet)



**Figura. 3.48. Cobertura Condorcocha. Rec.526 (Google Earth)**

Análisis de las gráficas:

- Como se observa claramente los sitios que no tenían cobertura con la estación de Cruz Loma como el aeropuerto y la Escuela Militar, son ahora cubiertos por la estación de Condorcocha.

Solucionado el problema de cobertura, para la siguiente etapa del diseño, se considera el resultado de los anteriores análisis:

- Siete time slots para el tráfico de telefonía, datos y despacho, es decir, dos portadoras para cada BTS.

Es importante tener en cuenta que en este estudio, sólo se utilizó antenas omnidireccionales, por que con la cobertura que generan se cumple con los objetivos propuestos.

### 3.3.1 Cálculo de frecuencias

Complementando al estudio anterior, se va a generar nuevos pares de frecuencias para todo el sistema, para lo cual se han considerado las siguientes recomendaciones:

- En un mismo sitio o sitios adyacentes con una gran zona de recubrimiento, no utilizar canales consecutivos. Dejar al menos dos o tres canales para evitar perturbaciones entre ellos.

- Teniendo en cuenta el consejo precedente hay que tratar de agrupar los canales del mismo sitio (si todas las BS están acopladas juntas) para poder utilizar un filtro en la banda de recepción la más estrecha posible para protegerse contra perturbaciones exteriores.

En esta nueva distribución se debe considerar que la separación entre Condorcocha y Cruz Loma es aproximadamente 18 Km, lo que conlleva problemas de interferencia sino se observan los consejos anteriores, para el resto de estaciones no existe problemas, ya que la separación entre ellas es bastante considerable (en algunos casos supera los 80 Km). Las frecuencias que tiene asignadas el sistema actualmente, han sido aprobadas por el CONATEL, por tanto, se mantendrá estas en la nueva distribución; solo queda entonces buscar los canales apropiados para el acoplamiento:

### Distribución de frecuencias para la nueva red

**Tabla. 3.9. Distribución de frecuencias para la nueva red**

Estaciones	Canal 1	Frecuencia Tx	Frecuencia Rx	Canal 2	Frecuencia Tx'	Frecuencia Rx'
Balao Chico	124	394,200	384,200	127	393,175	383,175
Machala	300	394,250	384,250	303	397,575	387,575
Cerro 507	370	393,100	383,100	373	399,325	389,325
Cruz Loma	300	397,500	387,500	303	397,575	387,575
San Lorenzo	166	399,250	389,250	169	394,225	384,225
Zapallo	370	397,500	387,500	373	399,325	389,325
Cabuyas	220	394,150	384,150	223	395,575	385,575
Jaboncillo	95	399,250	389,250	98	392,45	382,45
Salinas	95	395,500	385,500	98	392,45	382,45
Animas	167	392,375	382,375	170	394,25	384,25
Condorcocha	*290	392,375	382,375	*293	397,325	387,325
Base Sur	124	393,100	383,100	127	393,175	383,175

\*Nuevas frecuencias a utilizarse en Condorcocha

### 3.3.2 Arquitectura de la red

La arquitectura que maneja esta red, es la misma que la revisada en el capítulo 2, con el propósito de mantener la compatibilidad entre los equipos.

Como se conoce, se manejan interfaces con: el sistema multiacceso A9800 y el sistema PDH.

#### 3.3.2.1 Protocolos.

Los protocolos de las capas OSI

Los diferentes niveles de tratamiento de las tareas han sido agrupados en las 7 capas OSI:

**Tabla. 3.10. Modelo de referencia OSI**

N.- Capa	Nombre de la Capa	Servicios efectuados
7	Aplicación	Mensajería, reenvío, etc
6	Presentación	Representación de los datos
5	Sesión	Gestión del diálogo
4	Transporte	Integridad de los datos
3	Red	Gestión de la movilidad, protocolos de adaptación a las interfaces externas.
		Gestión de las transferencias de datos, inscripciones, recursos internos
2	Enlace de datos	LLC: gestión de los encadenamientos
		MAC: codificación, entrelazamiento, coloreado, cifrado, asignación IP
1	Física	Conexión entre los equipos

Entre las capas, aparecen diferentes interfaces: interfaz física, interfaz con uniones, interfaz con los sistemas externos, uniones de señales vocales y toda señalización.

#### 3.3.2.2 Infraestructura

La infraestructura ha utilizarse es la siguiente:

- BTS montada ya en Cruz Loma que consta de los siguientes elementos:



<b>CRUZ LOMA</b>			
<b>Constatación física de la BTS con Interfaz PDH</b>			
<b>Material</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Comentario</b>
Bastidor de la BTS	Thomson	1	Con techo ventilado
Acoplador Radio 3db	K&L	1	Dos entradas, una salida
Duplexor	K&L	1	
Controlador de sitio	Texas Micro	1	Características: P.C. con dos tarjetas Ethernet Marca 3com, 64Mb Ram memoria, Disco duro SCSI 4 Go, CDROM, fuente de poder 48VDC.
Enrutador 2600	Cisco	1	Con tarjetas adicional WIC1T, WIC2T y Ethernet NM-1E, fuente de poder 48VDC
Controlador de Estación Base	Alcatel	1	
Modulo de control remoto	Opto 22	1	Incluido un modulo digital de Entrada salida y un modulo de control
Estación Base	Alcatel	1	Con un modulo de ventiladores
ACT 4400	Alcatel	1	WM1 con tarjetas UA et RT2 con fuente de poder 48VDC
Terminal Adaptador	Alcatel	3	Con interfaz X21
Antena Omni 5dbi	Kathrein	1	

- BTS que se ubicaría en Condorcocha con los siguientes elementos:

#### **BTS con Interfaz MULTIACCESO**

<b>Material</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Comentario</b>
Bastidor de la BTS	Thomson	1	Con techo ventilado
Acoplador Radio 3db	K&L	1	Dos entradas, una salida
Duplexor	K&L	1	
Controlador de sitio	Texas Micro	1	Características: P.C. con dos tarjetas Ethernet Marca 3com, 64Mb Ram memoria, Disco duro SCSI 4 G, CDROM, fuente de poder 48VDC.

Enrutador 2600	Cisco	1	Con tarjetas adicional WIC1T WIC2T y Ethernet NM-1E, fuente de poder 48VDC
Controlador de Estación Base	Alcatel	1	
Modulo de control remoto	Opto 22	1	Incluido un modulo digital de Entrada salida y un modulo de control
Estación Base	Alcatel	1	Con un modulo de ventiladores
Cable Red V35		3	Con conectores para enrutador CISCO
Adaptador de interfaz G703	DYCEC	3	Con fuente de poder 48VDC
Antena Omni 5dbi	Kathrein	1	
Cable Heliax		22 mts	Bajada de antena
Torre para ubicación de la antena		1	Existente en este sitio
Conectores		6	
Cable UTP		10 mts	

- Adicionalmente a las BTS y como complemento de las mismas se debe instalar un pequeño sistema que permita el funcionamiento de dos frecuencias en la misma infraestructura de antena, que consta de:

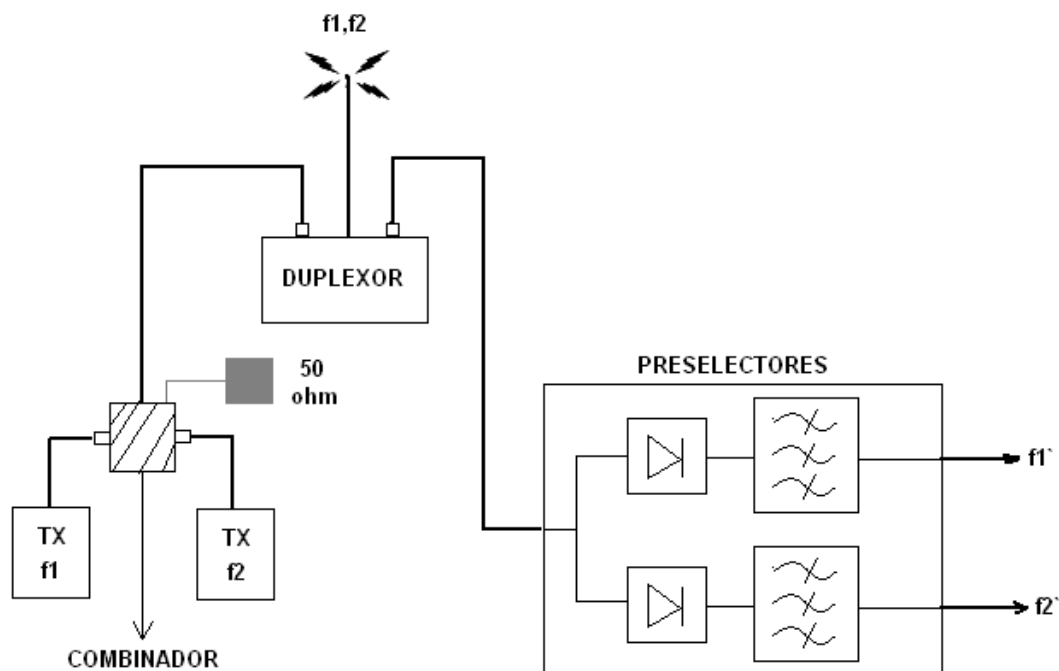


Figura.3.49. Compartición del sistema radiante por dos TX.

- Combinador
- Preselectores

Esta es la infraestructura necesaria para el funcionamiento de la red.

### **3.3.3 Descripción de los equipos a utilizarse**

Ya que la mayoría de equipos necesarios para la nueva red, son utilizados actualmente, su descripción y funcionamiento se detallan en el capítulo 2, sin embargo, existen dos acoples adicionales al sistema que se describen a continuación:

Combinador.- Dispositivo encargado de acoplar en una sola señal de salida, las señales emitidas por dos o más transmisores.

Preselectores.- Son dispositivos que se conectan a la antena de recepción para discriminar las señales de entrada.

### **3.3.4 Análisis de los nuevos servicios**

El análisis realizado en el rediseño de la red actual, es aplicable a esta red, pues se consideró los mismos objetivos.

#### **3.3.4.1 Cobertura**

Se aplicó el estudio de cobertura múltiple de Sirenet en el que se toma en cuenta a las dos estaciones para medir la cobertura total.

Los parámetros de estas estaciones fueron detallados anteriormente.

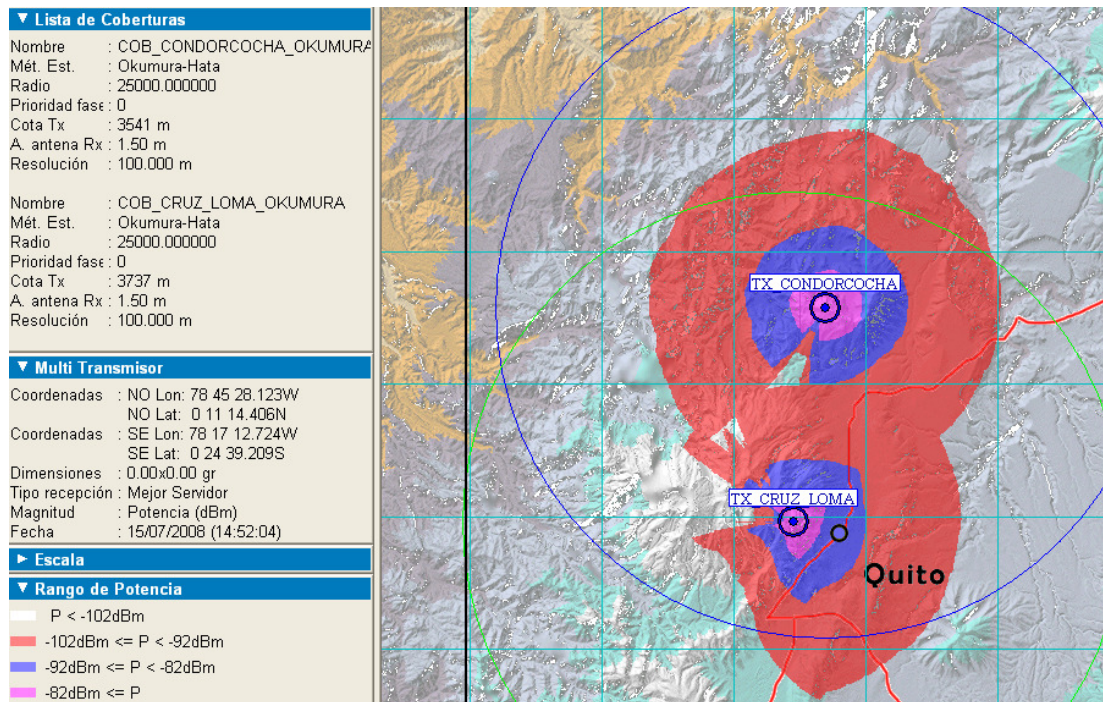


Figura.3.50. Cobertura Múltiple Cruz Loma-Condorcocha. Okumura Hata (Sirenet)

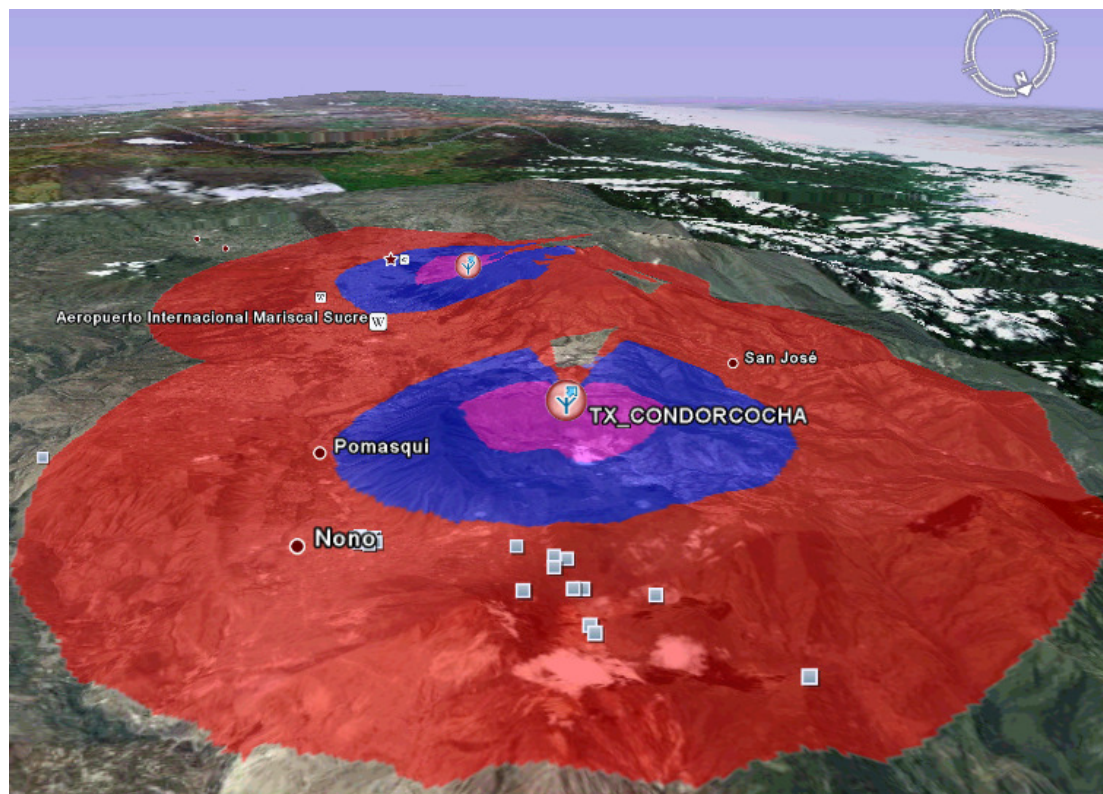


Figura. 3.51. Cobertura Múltiple Cruz Loma-Condorcocha. Okumura Hata (Google Earth)

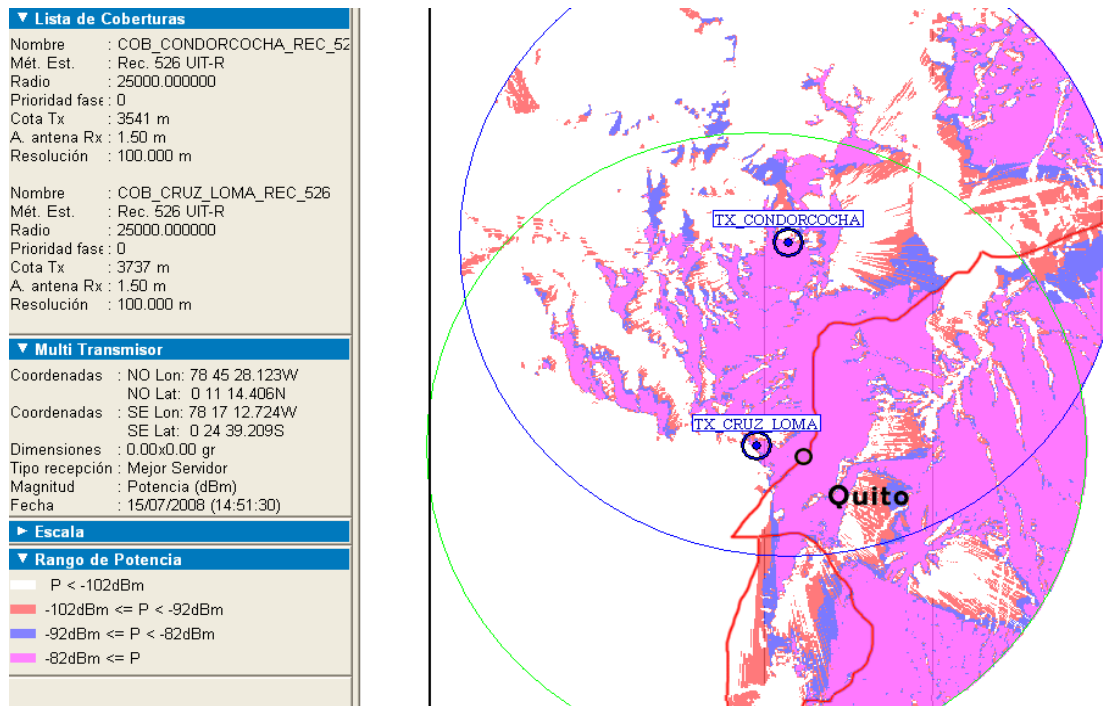


Figura. 3.52. Cobertura Múltiple Cruz Loma-Condorcocha. Rec. 526 (Sirenet)

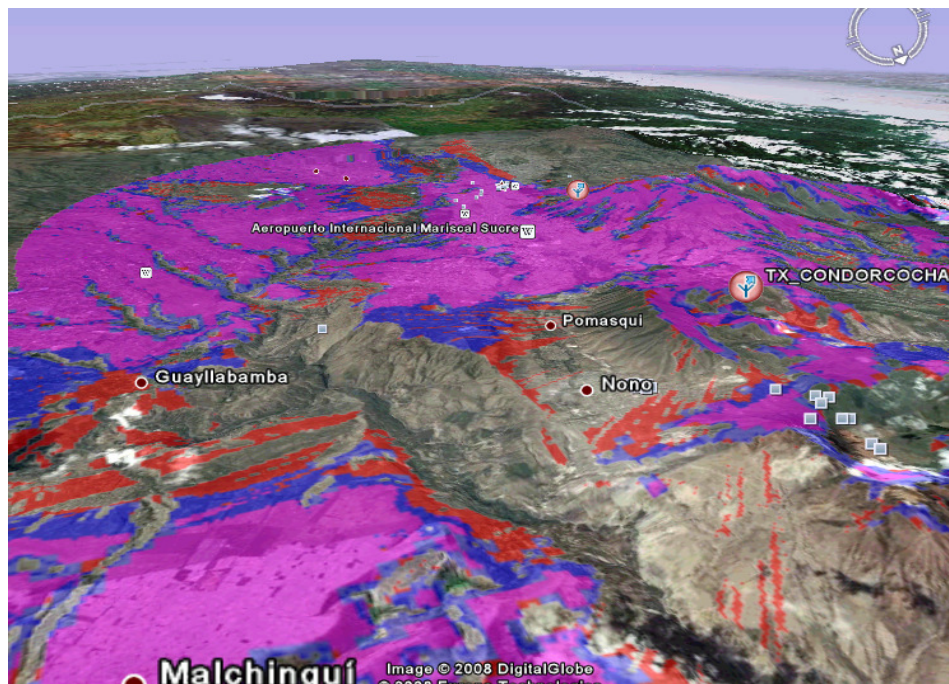
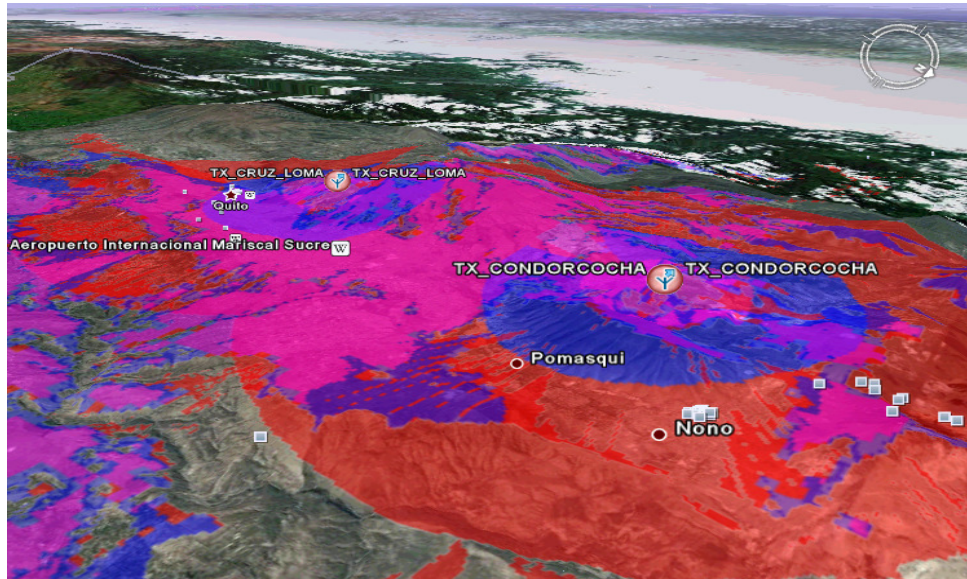


Figura.3.53. Cobertura Múltiple Cruz Loma-Condorcocha. Rec.526 (Google Earth)

Conclusión: Cruz Loma junto a la BTS en Condorcocha (que da cobertura tanto a la Escuela Militar como al aeropuerto Mariscal Sucre) cubren la mayor parte de Quito tal como se aprecia en la siguiente gráfica en la que se conjugan las dos coberturas:



**Figura. 3.54. Cobertura Quito (Google Earth)**

#### **3.3.4.2 Capacidad**

La capacidad ya fue analizada anteriormente, para el detalle de resultados remitirse a la tabla 3.5.

#### **3.3.4.3 Calidad de servicio**

En base a los resultados anteriores y haciendo referencia a la tabla 3.3 MOS, la calidad de servicio es Excelente.

### **3.4 Análisis de la plataforma propuesta y compatibilidad con TETRA-1**

A continuación se presenta, las características más relevantes del estándar en desarrollo (TETRA-2), las cuales darán una idea clara de las nuevas potencialidades que prestaría una plataforma basada en este estándar.

**Tetra 2**

- Proveerá un mayor ancho de banda para servicios multimedia.
- Prolongará el ciclo de vida de la tecnología Tetra 1, permite la coexistencia de las 2 tecnologías.
- Mejorará el camino hacia los usuarios de voz+datos Tetra.
- Facilitará la interconexión con redes publicas de telefonía, 2,5G/3G (ancho de banda).
- Asegurará las inversiones a futuro de los usuarios Tetra.
- Proveerá transmisión de datos a más velocidad que el actual estándar.
- Seleccionará y estandarizará adicionales: codificadores de voz. (algoritmo que utiliza el terminal para comprimir la voz).
- Mejorará todavía más, la interfaz aire Tetra.
- Producirá y adoptará estándares para implementar la interconexión y roaming con GSM. 2.5G/3G redes.

La siguiente tabla muestra las capacidades de las versiones del estándar TETRA

**Tabla 3.11. Comparativo de las versiones de TETRA**

	TETRA 1 Circuito de datos	TETRA 1 Servicios de datos cortos	TETRA 1 Paquetes de datos single slot	TETRA 1 Paquete de datos Multi-slot	TETRA 2 Datos Alta velocidad
Búsqueda de Base de datos		★	★	★	★
AVL		★	★	★	★
Email			★	★	★
TransferenciaArchiv os ej. Imágenes			★	★	★
Vídeo lento				★	★
Vídeo con calidad QoS					★

No disponible
  Disponible
 ★ Efectivo

**HOY**

Como se puede ver TETRA 2 es totalmente compatible con TETRA 1 y ofrece más y mejores servicios de los que se tiene al momento (considerando que la versión que tiene el COMACO es Single Slot).



## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO**

Dentro de la configuración que tendría la nueva infraestructura total del sistema, es conveniente analizar, por un lado, el incremento de una portadora en las estaciones ya instaladas y por otro lado, el costo de la instalación de una nueva BTS, que es la propuesta para la red TETRA de la ciudad de Quito.

#### **4.1 Análisis del costo de la nueva infraestructura**

##### **Incremento de una portadora en las estaciones del actual sistema**

El incremento de una portadora en las estaciones, acarrea la compra de equipos que permitan la utilización de una sola antena para los dos transmisores; en la siguiente tabla se desglosa los equipos y el costo de cada uno, al final se detalla el costo global que tendría para la red:

**Tabla. 4.1. Costos de la nueva infraestructura**

<i>Equipos</i>	<i>Características</i>	<i>Costo unitario (dólares)</i>	<i>Cantidad de equipos</i>	<i>Costo final (dólares)</i>
Combinadores		2000	11	22000
Preselectores		1500	11	16500
Cableado		1000	11	11000
Costo Total				USD 49500

Este sería el valor aproximado para mejorar el rendimiento del sistema (Incremento del número de usuarios y acceso a nuevos servicios).

#### 4.1.1 Costo de la instalación de una nueva BTS en Condorcocha

Para instalar una nueva BTS en este sector, se necesitan equipos que ya fueron detallados en el capítulo 3 en la sección correspondiente a infraestructura.

A continuación se presenta el detalle de los equipos y el costo:

**Tabla. 4.2. Costos de la nueva infraestructura para Condorcocha**

<i>Equipos</i>	<i>Características</i>	<i>Costo unitario (dólares)</i>	<i>Cantidad de equipos</i>	<i>Costo final (dólares)</i>
Bastidor de la BTS	Thomson	2000	1	2000
Acoplador Radio 3db	K&L	1500	1	1500
Duplexor	K&L	4000	1	5000
Controlador de sitio	Texas Micro	2000	1	3000
Enrutador 2600	Cisco	1500	1	1500
Controlador de Estación Base	Alcatel	2000	1	2000
Modulo de control remoto	Opto 22	1500	1	1500
Estación Base	Alcatel	8000	1	8000
Cable Red V35		20	3	60
Adaptador de interfaz G703	DYCEC	30	3	120
Antena Omni 5dbi	Kathrein Fibra de carbono	1000	1	2000

Cable Heliac		1000	22 mts	1000
Conectores		10	6	10
Cableado		1000		1000
Combinadores		2000	1	2000
Preselectores		1500	1	1500
			Costo Total	USD 31200

#### 4.2 Análisis Costo-Beneficio

Como se puede apreciar el costo en el que tiene que incurrir el COMACO es de alrededor de USD 82000, valor mínimo, si consideramos que el número de abonados en el actual sistema apenas si alcanza a los 300 abonados con mala calidad de servicio, mientras que la propuesta realizada alcanza los 737 abonados garantizando mayor capacidad y excelente calidad de servicio.

Si bien es cierto, el sistema no generará réditos económicos (por pertenecer al COMACO que es un ente de seguridad nacional), con los cuales se pueda hacer un análisis de tiempo de recuperación de la inversión, esta queda compensada con la garantía de que el sistema será seguro, confiable y está a la altura de las redes GSM de la telefonía pública celular.

Además hay que tener en cuenta que una inversión en el sistema troncalizado es necesaria, ya que como se ha analizado, la actual infraestructura no tiene una capacidad acorde a las actuales necesidades.

La inversión que se puede realizar en este sistema siempre va a ser mucho menor, si se compara con la implementación de un nuevo sistema, hay que considerar que el estándar TETRA se encuentra en desarrollo y que la segunda versión que tiene muchas más ventajas, está próxima a salir y por ser un estándar creado por la ETSI contará con interfaces hacia otras redes, lo que certifica una larga duración del sistema.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones:

- TETRA es un estándar europeo digital de segunda generación (TDMA), que fue desarrollado pensando en la transmisión de datos; bajo este precepto, TETRA maneja conexiones con redes IP.
- TETRA fue desarrollado desde sus inicios, pensando en la transmisión de datos, de ahí que maneja paquetes de datos IP, lo que le hace compatible con otros tipos de redes digitales; al ser un sistema 100% digital los beneficios que presta son innumerables, por ejemplo, el sistema puede operar flexiblemente TETRA sobre IP e IP sobre TETRA.
- La frecuencia en la que trabaja TETRA (380 – 400 Mhz), le permite tener un mayor alcance en cuanto a cobertura (en comparación con GSM por ejemplo) y por ende una disminución del número de BTS para dar servicio en un determinado sector.
- TETRA utiliza 4 canales por portadora, cada uno de ellos con una capacidad de transmisión de datos de 7,2 Kbps sin seguridad criptográfica (4,8 Kbps con

---

seguridad) en el modo *Single Slot* y de 28,8 Kbps en el modo *Multi Slot* (ocupando los 4 canales).

- La red Tetra del COMACO consta de 1 centro nodal, 11 estaciones radio BTS y 203 terminales, distribuidas a lo largo del perfil costanero y en las ciudades de Quito y Guayaquil, priorizando el servicio a la Fuerza Naval.
- La red TETRA del COMACO funciona en el modo Single Slot, es decir, la velocidad máxima de transmisión de datos es de 7,2 Kbps.
- La red TETRA del COMACO es del tipo *precelular*, lo que significa que no tiene la capacidad de realizar traspaso entre celdas (*hand-off*).
- La actual estructura del sistema TETRA no aplica un esquema de celdas, la cobertura es limitada a una sola BTS, ubicada en el sector más alto del lugar al cual se da servicio.
- La cobertura que ofrecen las BTS en los sitios donde han sido instaladas en su mayoría cumplen con la función para la que fueron instaladas.
- La capacidad del actual sistema muestra poca capacidad del sistema en cuanto a telefonía (admite menos de 20 usuarios), muy buena capacidad para los servicios de despacho (admite hasta 5% de saturación con 50 usuarios), mínima capacidad para los servicios híbridos (admite hasta 20 usuarios).
- La calidad de servicio QoS del sistema es mala en cuanto a telefonía y excelente en cuanto a los servicios de despacho y seguridad.
- Con el incremento de una portadora el sistema incrementa el número de abonados de 300 a 730.
- TETRA ya proporciona un conjunto de servicios completo y suficiente, sin embargo, TETRA RELEASE 2 (versión en desarrollo), plantea ciertos objetivos de mejora como:

- Provisión de velocidades de datos 10 veces mayores de las TETRA RELEASE 1.
  - Definición de un mayor número de *códecs* para el inter-funcionamiento con otros sistemas sin necesidad de conversiones intermedias.
  - Mejora de la eficiencia en el funcionamiento de la interfaz aire (ocupación espectral, alcance, etc.).
  - Permitirá la coexistencia de TETRA1,
- Actualmente TETRA 2 se encuentra en la etapa de desarrollo de equipos por parte de los fabricantes.
- El cálculo de propagación se lo hizo mediante dos métodos: uno determinístico, como es el método REC 526 UIT-R en el cual se calcula las pérdidas por difracción y el otro no determinístico aplicado al servicio móvil en el cual no se toman en cuenta las pérdidas por difracción en edificios y elevaciones.

### **Recomendaciones:**

- Para mejorar la capacidad y calidad de servicio del sistema TETRA del COMACO, se recomienda incrementar una portadora en todas las estaciones base, con un costo aproximado de USD 50.000, (compra de combinadores y preselectores), este incremento proporcionaría siete time slots, con lo que cada estación puede ofrecer los siguientes servicios:
- Telefonía a 67 usuarios, con una probabilidad de bloqueo de menos del 5%, una probabilidad de demora del 4.65% y un tiempo de espera de 3.44 segundos.
    - En sobrecarga, el número de abonados puede llegar a 99, con una probabilidad de demora del 28.7% y un tiempo de espera de 31.72 segundos.
  - Despacho a 420 usuarios, con una probabilidad de bloqueo del 5%, una probabilidad de demora del 0.82% y un tiempo de espera de 0.73 segundos.

- 
- En sobrecarga, el número de abonados puede llegar a 600, con una probabilidad de demora del 9.88% y un tiempo de espera de 5.62 segundos.
  - Datos a 126 usuarios, con una probabilidad de bloqueo del 5%, una probabilidad de demora del 4.2% y un tiempo de espera de 2.43 segundos.
    - En sobrecarga, el número de abonados puede llegar a 180, con una probabilidad de demora del 25.13% y un tiempo de espera de 18.75 segundos.
- Para que la red TETRA tenga cobertura en las unidades militares de la ciudad de Quito, se recomienda instalar una nueva BTS en el sector de Condorcocha cuya red de transporte estará integrada a la red PDH, el costo de esta infraestructura es de alrededor de USD 32.000 (Costo de la BTS)
- Se recomienda mantener el estándar TETRA como plataforma de comunicaciones móviles para las Fuerzas Armadas, por ser 100% digital y además, por ser el más adecuado para el manejo de la información confidencial de Fuerzas Armadas, en razón de que utiliza seguridad criptográfica y sobretodo es administrada por el COMACO, lo que permite identificar cualquier acción de interferencia intencionada o de infiltración con la que se quiera atentar al sistema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Muñoz, David, *Sistemas Inalámbricos de Comunicación Personal*, tomo I, primera edición, editorial ALFAOMEGA, México septiembre 2001.

Sendín, Alberto, *Fundamentos de los sistemas de comunicaciones móviles*, primera edición, editorial MacGrawHill, España febrero 2004.

Calculadora Erlang B y C, [www.personal.telefonica.terra.es/web/erlang/index.htm](http://www.personal.telefonica.terra.es/web/erlang/index.htm), agosto 2008.

Mundo Electrónico, cefisa, marzo 2004.

DIGICOM DIGITAL Proyecto Mode Troncalizado, Quito agosto del 2000