



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y  
Telecomunicaciones”**  
**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TELEFONÍA  
INALÁMBRICA CDMA-450 EN EL SECTOR RURAL DEL CANTÓN CUMANDÁ.

**Autor: (es)** DUCHI DUCHI LUIS ERNESTO  
**E-MAIL:** [duchilui@hotmail.com](mailto:duchilui@hotmail.com)  
UVIDIA BORJA DANILO FERNANDO  
**E-MAIL:** [danil\\_013@hotmail.com](mailto:danil_013@hotmail.com)

**Director:** Ing. Hugo Moreno

Riobamba, Julio del 2010

## CALIFICACIÓN

Los miembros del tribunal, luego de haber receptado la Defensa de trabajo escrito, hemos determinado la siguiente calificación.

Para constancia de lo expuesto firman:

-----  
Presidente (nombre)

-----  
Firma

-----  
Director (nombre)

-----  
Firma

-----  
Miembro (nombre)

-----  
Firma

## **DERECHO DE AUTOR**

Nosotros, Luis Ernesto Duchi y Danilo Fernando Uvidia Borja somos responsables de las ideas, doctrinas, resultados y propuestas expuestas en el presente trabajo de investigación, y los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Nacional de Chimborazo

## **DEDICATORIA**

Para las presentes y futuras generaciones, como un aporte para su formación y como un ejemplo de que la constancia nos permite alcanzar nuevas metas y forjar todos nuestros ideales

Luis Ernesto Duchi

y

Danilo Fernando Uvidia

## **DEDICATORIA**

Para las presentes y futuras generaciones, como un aporte para su formación y como un ejemplo de que la constancia nos permite alcanzar nuevas metas y forjar todos nuestros ideales

Luis Ernesto Duchi

y

Danilo Fernando Uvidia

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro especial agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo por habernos brindado todos los conocimientos para una educación integral tanto en lo profesional como en lo personal.

Al ingeniero Hugo Moreno por su acertada labor en la dirección de este proyecto, por toda la ayuda prestada para culminar con éxito este proyecto, así como por su constancia apoyo y comprensión.

A todo el personal de la CNT Chimborazo que nos brindaron su apoyo y colaboración durante el desarrollo de este proyecto, especialmente al Ing. Marco Nolivos por su ayuda incondicional en proporcionarnos todas las facilidades para la realización de este proyecto.

Luis Ernesto Duchi

y

Danilo Fernando Uvidia

## INDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
SUMARY.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	16
MARCO REFERENCIAL.....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.2. OBJETIVOS .....	17
1.2.1. GENERAL .....	17
1.2.2. ESPECÍFICOS .....	17
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	17
CAPÍTULO II.....	18
2.1. INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA INALÁMBRICA. ....	18
2.2. LAS GENERACIONES DE LA TELEFONÍA INALÁMBRICA .....	19
2.2.1. La primera generación 1G.....	19
2.2.2. La segunda generación 2G. ....	19
2.2.3. La generación 2.5G .....	19
2.2.4. La tercera generación 3G.....	20
2.2.5. La cuarta generación 4G.....	20
2.3. CDMA.....	21

2.3.1. ¿Cómo funciona?.....	21
2.3.2. ALGUNAS VENTAJAS Y BENEFICIOS DE CDMA. ....	22
2.3.1. 1. Información paquetizada.....	22
2.3.1. 2. Seguridad y privacidad .....	22
2.3.1. 3. Control del nivel de potencia .....	23
2.3.1.4. Bajo consumo de potencia y baterías más duraderas en las terminales.....	23
2.3.1. 5. Amplia cobertura con pocas celdas .....	23
2.3.1. 6. Pocas llamadas caídas. ....	24
2.3.1. 7. Resistencia a la interferencia, ruido del ambiente y multitrayectorias. ....	24
2.3.1. 8. Implantación más rápida. ....	24
2.3.1. 9. Ancho de banda en demanda .....	25
2.3.1. 10. Calidad de voz mejorada.....	25
2.3.1. 11. Tecnología ampliamente reconocida. ....	25
2.3.2.2. Conmutación de circuitos versus conmutación de paquetes.....	25
2.3.4. CDMA DE BANDA ANCHA. ....	27
2.3.4.1. Las vertientes en CDMA de banda ancha.....	27
2.4. CDMA 450 <sup>[1-2]</sup> . ....	30
2.4.1. VENTAJAS DE CDMA450 <sup>[7-8]</sup> . ....	32
2.4.2. COBERTURA <sup>[6]</sup> . ....	33
2.4.3. SERVICIOS <sup>[9]</sup> . ....	35
2.4.4. APLICACIONES <sup>[9]</sup> . ....	36
2.4.5. CDMA 450 Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIA <sup>[5]</sup> . ....	37
2.4.6. FASES DEL DESPLIEGUE DE UNA RED IMT-MC-450 <sup>[11-12]</sup> . ....	38
2.4.6.1. Primera Fase: Despliegue Inicial. ....	39

2.4.6.2. Segunda Fase: Crecimiento de la Red. ....	40
2.4.6.3. Tercera Fase: Gran Demanda de Servicios de Datos.....	41
2.4.7. DESPLIEGUES DE CDMA450 <sup>[10]</sup> .....	42
2.4.8. EQUIPAMIENTO CDMA450 <sup>[10]</sup> .....	42
2.4.8.1. Terminales. ....	43
2.5. INTERCONEXIÓN CON LA RED DE CNT.....	44
2.6. POLÍTICAS REGULATORIAS PARA TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS EN EL ECUADOR <sup>[14]</sup> .....	44
2.6.1. MARCO REGULATORIO DE LA BANDA DE LOS 450 MHZ EN EL ECUADOR.....	46
2.6.2. ESTADO ACTUAL DE LA BANDA DE FRECUENCIA DE LOS 450 MHZ. .....	46
CAPÍTULO III.....	48
DISEÑO DE LA RED CDMA 450.....	48
3.1. SITUACIÓN GEOGRÀFICA DEL CANTÒN CUMANDÀ.....	48
3.1.1. Población y densidad.....	50
3.1.2. Economía <sup>[16]</sup> .....	50
3.2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	50
3.3. CENSO.....	51
3.4. ESTUDIO DE LA DEMANDA.....	52
3.5. DEMANDA DE LAS LÍNEAS TELEFÓNICAS PROYECTADAS A CINCO AÑOS.....	53
3.6. ESTUDIO DE TRÁFICO <sup>[17]</sup> .....	54
3.7. CÁLCULO DEL NÚMERO DE RADIO BASES. ....	59
3.8. DISEÑO POR CAPACIDAD <sup>[18]</sup> .....	59

3.9. DISEÑO POR COBERTURA.....	60
3.10. PLAN DE NUMERACIÓN.....	63
3.11. ESTRUCTURA GENERAL DE LA RED .....	65
3.12. ANÁLISIS DE RADIO-PROPAGACIÓN PARA LOS ENLACES DE LA RED UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO.....	65
3.12.1. RED DE ACCESO.....	67
3.12.2. ANALISIS DE RADIO PROPAGACIÓN PARA LOS ENLACES UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO.....	68
CAPÍTULO IV .....	77
4.1. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA RED CDMA 450 .....	77
4.2. DETERMINACIÓN DEL EQUIPAMIENTO Y LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA. ....	77
4.2.1. Determinación del equipamiento.....	77
4.2.1.1. Equipamiento de red .....	77
4.2.1.2. HUAWEI y ZTE <sup>[19-20]</sup> .....	78
4.2.2. Equipamiento de usuario. ....	79
4.2.2.2.1. Telefonía .....	79
4.2.2.2.2. Voz y Datos.....	80
4.3. PROPUESTA FINAL PARA EL DISEÑO DE LA RED CDMA 450.....	81
4.4. PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CDMA 450.....	81
4.4.1. Costos de interconexión .....	83
4.4.2. Costo total del proyecto.....	83
4.4.3. Costo de operación y mantenimiento. ....	84
4.4.4. Tiempo de recuperación del capital.....	84

CAPÍTULO V .....	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	85
5.1. CONCLUSIONES. ....	85
5.2. RECOMENDACIONES. ....	88
BIBLIOGRAFÍA .....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO II.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO III .....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO IV .....	90
ANEXOS .....	91
Anexo 1. ....	91
RESOLUCION 245-11-CONATEL-2009.....	91
Anexo 2. ....	95
ENCUESTA.....	95
Anexo 3.....	96
CANTÓN CUMANDÁ (PROVINCIA DE CHIMBORAZO).....	96
Anexo 4 .....	97
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	97

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Comparación entre las Tecnologías Inalámbricas [1].....	12
Tabla 2.2: Características del CDMA 450[6].....	17
Tabla 2.3: Coberturas Teóricas de Celdas [5].....	19
Tabla 2.4: Bandas de Frecuencia de Operación del CDMA450 [5].....	22
Tabla 2.5: Sub-bandas de Operación del CDMA450 [5].....	31

Tabla 3.1: Densidad poblacional del Cantón Cumandá [15].....	36
Tabla 3.2: Puntos referenciales de ubicación de los sectores rurales del Cantón Cumandá.....	37
Tabla 3.3: Demanda inicial de telefonía en los sectores rurales del Cantón Cumandá...	39
Tabla 3.4: Demanda inicial proyectada a cinco años.....	40
Tabla 3.5: Tráfico total en Erlang.....	43
Tabla 3.6: Número de celdas con una calidad de tráfico del 1%.....	45
Tabla 3.7: Número de celdas por el Método de Cobertura.....	46
Tabla 3.8: Número disponibles asignados a la central del Cantón Cumandá.....	48
Tabla 3.9: Información geográfica de las poblaciones del Cantón Cumandá.....	51
Tabla 4.1: Equipos HUAWEI Y ZTE para la infraestructura de red.....	63
Tabla 4.2: Equipos HUAWEI Y ZTE para telefonía fija inalámbrica [21-22].....	64
Tabla 4.3: Equipos HUAWEI Y ZTE para acceso a la red de datos [23-24].....	65
Tabla 4.4: Costos de equipamiento.....	67
Tabla 4.5: Costos de interconexión.....	68
Tabla 4.6: Costos de inversión.....	68
Tabla 4.7: Costos de operación y mantenimiento.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Principales vertientes en CDMA450.....	13
Figura 2.2: Esquema de Red CDMA450 [4].....	16
Figura 2.3: Cobertura de Red CDMA450 [4].....	19
Figura 2.4: Cantidad de BTSs requeridas para cubrir la misma área en diferentes frecuencias [5].....	20
Figura 2.5: CDMA2000 1x en la Banda de 450 MHz (Sub-banda clase A) [10].....	23
Figura 2.6: Utilización del espectro (banda BS Tx) en una evolución de la red en 3 etapas [11].....	24

Figura 2.7: Primera Fase: Despliegue Inicial [12].....	25
Figura 2.8: Segunda Fase: Crecimiento de la Red [12].....	26
Figura 2.9: Tercera Fase: Gran demanda de Servicios de Datos [12].....	27
Figura 2.10: Estructura de una red WLL CDMA450 [13].....	30
Figura 3.1: Mapa de ubicación general [13].....	35
Figura 3.2: Cuarto de equipos de CNT del Cantón Cumandá.....	46
Figura 3.3: Torre de transmisión CNT del Cantón Cumandá.....	47
Figura 3.4: Estructura del Sistema CDMA450 WLL en el Sector Rural del Cantón Cumandá.....	49
Figura 3.5: Estructura de la red CDM4540.....	50
Figura 3.6: Enlace entre la BTS y las diferentes localidades utilizando el software RADIO MOBILE.....	52
Figura 3.7: Enlace entre la BTS y las diferentes localidades utilizando el software GOOGLE EARTH.....	53
Figura 3. 8 Resultados del Radio enlace Cumandá – La Victoria.....	53
Figura 3.9: Resultados del Radio enlace Cumandá – Cascajal.....	54
Figura 3.10: Resultados del Radio enlace Cumandá – Jumcamal.....	54
Figura 3.11: Resultados del Radio enlace Cumandá – Naranja Pata.....	55
Figura 3.12: Resultados del Radio enlace Cumandá – H. San Ramón.....	55
Figura 3.13: Resultados del Radio enlace Cumandá – H. La Delicia.....	56
Figura 3.14:Resultados del Radio enlace Cumandá – Buenos Aires.....	56
Figura 3.15: Resultados del Radio enlace Cumandá – El Sural.....	57
Figura 3.16 Resultados del Radio enlace Cumandá – La Unión.....	57
Figura 3.17: Resultados del Radio enlace Cumandá – Laureles.....	58
Figura 3.18: Resultados del Radio enlace Cumandá – Isla 87.....	58
Figura 3.19: Resultados del Radio enlace Cumandá – Guayacanes.....	59
Figura 3.20: Resultados del Radio enlace Cumandá – La Resistencia.....	59
Figura 3.21: Resultados del Radio enlace Cumandá – Jesús del Gran poder.....	60
Figura 3.22: Resultados del Radio enlace Cumandá – San Juan de la Isla.....	60
Figura 3.23: Resultados del Radio enlace Cumandá – Producción Agrícola.....	61

Figura 3.24: Resultados del Radio enlace Cumandá – La Modelo.....	61
Figura 4.1: Diseño de la Red CDMA450 propuesta final.....	66

## **RESUMEN**

El presente proyecto tiene el propósito de brindar información pertinente sobre los últimos avances en el desarrollo de CDMA-450, y describir las ventajas fundamentales que puede alcanzar la operadora CNT al migrar a una solución basada en la norma CDMA2000, con el fin de brindar un acceso inalámbrico fijo a soluciones de voz y datos, en forma generalizada, económica y con un alto rendimiento. A demás, en este proyecto presenta el diseño de la red inalámbrica fija con una proyección de demanda a cinco años para brindar el servicio de Telefonía Fija Inalámbrica a los sectores rurales del Cantón Cumandá, provincia de Chimborazo.

En el capítulo uno se da a conocer el planteamiento del problema, objetivo general y específicos por el cual hemos creído conveniente realizar este trabajo.

En el capítulo dos se realiza un estudio de las generaciones de la telefonía, los conceptos de CDMA y el análisis de CDMA450, sus ventajas, servicios que ofrece y además se da a conocer el estado actual de la banda de los 450MHz.

En el capítulo tres se diseña la red inalámbrica fija para lo cual se realizan el estudio de la demanda como el tráfico, y se hace un análisis de enlaces utilizando un SOFTWARE entre la BTS y las diferentes localidades a la cual se quiere llegar con el servicio.

En el capítulo cinco se realiza un estudio de factibilidad de la red, se analizan los equipos disponibles en el mercado que satisfagan las exigencias, costos referenciales de la implementación.

En el capítulo cinco se indican las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido a través del desarrollo del presente proyecto.

## **ABSTRACT**

This project aims to provide relevant information on the latest advances in the development of CDMA-450, and describe the key advantages that can reach the operator CNT to migrate to a solution based on the CDMA2000 standard, to provide a fixed wireless voice and data solutions, across the board, economic and high performance. In addition, this project presents the design of fixed wireless network with a projection of demand for the five years to provide fixed wireless telephony services to rural areas Cumandá Canton province of Chimborazo.

In chapter one there is to know the problem statement, general and specific purpose for which we have seen fit to do this work.

In Chapter Two is a study of generations of telephony, the concepts of CDMA and CDMA450 analysis, their benefits, services offered and also unveils the current state of the band of 450MHz.

Chapter three is designed for fixed wireless network which carried out the study of demand and traffic, and an analysis using a software link between the BTS and the different locations to which you want bus service.

In chapter five is performed a feasibility study of the network, analyzes the available equipment to meet market demands, benchmark costs of implementation.

In chapter five shows the conclusions and recommendations that have been achieved through the development of this project.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de satisfacer los requerimientos de las poblaciones rurales del Cantón Cumandá, de telefonía inexistente, ha hecho que las empresas líderes en telecomunicaciones desarrollen nuevos sistemas con tecnologías avanzadas, que ofrecen diferentes servicios con mayor agilidad y flexibilidad, la telefonía inalámbrica precisamente, es un sistema que está teniendo gran auge en diferentes partes del mundo, y con buenos resultados, debido a que presenta una solución ideal a la sección de la red que parte desde la central telefónica local hasta la oficina u hogar del abonado, con tecnología que permite una inversión inicial baja, costos bajos de operación, mantenimiento y

administración de la telefonía inalámbrica, cuyos principios básicos son los mismos de la telefonía móvil celular pero con ciertas diferencias.

El proveer el acceso a los servicios de comunicación (acceso de voz y de Internet) es una prioridad clave para los gobiernos y entes reguladores alrededor del mundo, especialmente en países en vías de desarrollo como lo es Ecuador.

Estos beneficios de costos son consideraciones importantes para los países en vías de desarrollo, los cuales pueden tener varias bandas de frecuencias diferentes disponibles, pero no pueden tener los recursos para desplegar los sistemas en rangos de frecuencia más altos a escala nacional.

Por tales razones se considera este proyecto, desarrollado con la finalidad de presentar a CDMA 450 como una solución eficaz al momento de dar el acceso inalámbrico fijo a voz y datos especialmente en un entorno rural, como son los sectores rurales del Cantón Cumandá en la provincia de Chimborazo, el cuál servirá como una herramienta de referencia para mejorar el sector de telecomunicaciones en estos sectores menos favorecidos.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La infraestructura de telefonía fija con la que cuenta este sector está limitada al sector urbano del Cantón en la que podría incrementarse el área de cobertura utilizando tecnología CDMA450.

En la actualidad, la implementación de nuevas tecnologías en telefonía nos permita reducir costos, ayuda al desarrollo de la población, es por eso que se ha visto la necesidad de realizar un estudio para la implementación de telefonía inalámbrica, brindando la oportunidad de comunicarse en el sector rural aprovechando la nueva tecnología.

El estudio estuvo enfocado a los sectores rurales del Cantón Cumandá ya que posee una irregularidad en su área geográfica lo cual nos impide llegar con el servicio de telefonía fija con cableado apropiado, y en la distancia que representa respecto a la central para solucionar este problema hemos planteado la tecnología mencionada que cubrirá las necesidades de la población.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. GENERAL**

Realizar el estudio de factibilidad para la implementación de telefonía Inalámbrica para los sectores rurales del Cantón Cumandá.

### **1.2.2. ESPECÍFICOS**

- ▶ Analizar la tecnología Inalámbrica CDMA450.
- ▶ Determinar la demanda y zonas de cobertura del sistema.
- ▶ Establecer un análisis operativo técnico desde el punto de vista técnico-teórico, asociado al estándar de Telefonía, al sector rural, considerando su geografía, número de habitantes y peculiaridades de Cumandá.
- ▶ Dejar planteado el estudio para una implementación a futuro
- ▶ Realizar un estudio económico del sistema.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Con el pasar del tiempo la tecnología sigue avanzando y nos va preparando a un futuro lleno de muchos recursos para podernos adaptar y aprovechar de los mismos

El propósito de este estudio que se ha realizado es ofrecer una tecnología inalámbrica que tiene mucha aplicación en zonas rurales por su población dispersa, pero como se conoce la economía en el país es posible reducir costos y lograr que las personas de zonas más alejadas puedan tener acceso a los servicios básicos de telecomunicaciones.

En este punto se enfocó en describir el porqué de la tecnología CDMA 450 se debería usar en las zonas rurales al representar un costo menos elevado que otras tecnologías y al tener un mayor alcance y rápida implementación.

También es necesario resaltar que debido a la frecuencia de trabajo de esta tecnología se utiliza menos estaciones base que otras para cubrir similares áreas.

Para realizar todo este estudio hemos tenido el apoyo de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT Chimborazo.

## **CAPÍTULO II**

### **2.1. INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA INALÁMBRICA.**

Las tecnologías inalámbricas están teniendo mucho auge y desarrollo en estos últimos años, una de las que ha tenido un gran desarrollo ha sido la telefonía celular, desde sus inicios a finales de los 70s ha revolucionado enormemente las actividades que realizamos diariamente. Los teléfonos celulares se han convertido en una herramienta primordial para la gente común y de negocios, las hace sentir más segura y las hace más productivas. A

pesar que la telefonía celular fue concebida para la voz únicamente, debido a las limitaciones tecnológicas de esa época, la tecnología celular de hoy en día es capaz de brindar otro tipo de servicios tales como datos, audio y video con algunas limitaciones, pero la telefonía inalámbrica del mañana hará posible aplicaciones que requieran un mayor consumo de ancho banda.

## **2.2. LAS GENERACIONES DE LA TELEFONÍA INALÁMBRICA**

### **2.2.1. La primera generación 1G**

La 1G de la telefonía móvil hizo su aparición en 1979, se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces de voz era muy baja, baja velocidad [2400 bauds], la transferencia entre celdas era muy imprecisa, tenían baja capacidad [basadas en FDMA, Frequency Division Multiple Access] y la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System).

### **2.2.2. La segunda generación 2G.**

La 2G arribó hasta 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y son los sistemas de telefonía celular usados en la actualidad. Las tecnologías predominantes son: GSM (Global System for Mobile Communications); IS-136 (conocido también como TIA/EIA-136 o ANSI-136) y CDMA (Code Division Multiple Access).

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas para voz pero limitados en comunicaciones de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares tales como datos, fax y SMS [Short Message Service]. La mayoría de los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación. En los Estados Unidos y otros países se le conoce a 2G como PCS (Personal Communications Services).

### **2.2.3. La generación 2.5G**

Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones se moverán a las redes 2.5G antes de entrar masivamente a 3G. La tecnología 2.5G es más rápida y más económica para actualizar a 3G. La generación 2.5G ofrece características extendidas para ofrecer capacidades adicionales que los sistemas 2G tales como GPRS (General Packet Radio System), HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), IS-136B, IS-95B, entre otros. Los proveedores europeos y de Estados Unidos se movieron a 2.5G en el 2001. Mientras que Japón fue directo de 2G a 3G también en el 2001.

#### **2.2.4. La tercera generación 3G**

La 3G es tipificada por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan más altas velocidades de información enfocados para aplicaciones mas allá de la voz tales como audio (MP3), video en movimiento, video conferencia y acceso rápido a Internet, 3G empieza a operar en el 2001.

Los sistemas 3G alcanzan velocidades de hasta 384 Kbps permitiendo una movilidad total a usuarios viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores y alcanza una velocidad máxima de 2 Mbps permitiendo una movilidad limitada a usuarios caminando a menos de 10 kilómetros por hora en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores. Entre las tecnologías contendientes de la tercera generación se encuentran UMTS (Universal Mobile Telephone Service), cdma2000, IMT-2000, ARIB[3GPP], UWC-136, entre otras. El impulso de los estándares de la 3G está siendo apoyado por la ITU (International Telecommunications Union) y a este esfuerzo se le conoce como IMT-2000 (International Mobile Telephone).

#### **2.2.5. La cuarta generación 4G**

La cuarta generación es un proyecto a largo plazo que será 50 veces más rápida en velocidad que la tercera generación. Se planean hacer pruebas de esta tecnología hasta el 2005 y se espera que se empiecen a comercializar la mayoría de los servicios hasta el 2010.

## 2.3. CDMA

Code Division Multiple Access o Acceso Múltiple por División de Código, es una técnica de Acceso Múltiple que utiliza modulación de espectro ensanchado entre cada usuario, que es propietario de un único código expandido, con todos los usuarios compartiendo el mismo espectro, proporcionando una mejor relación costo beneficio, calidad de voz cristalina, privacidad, escalabilidad y flexibilidad en comparación con otras tecnologías, así como también es capaz de proporcionar servicios de valor agregado como mensajes de texto, correo electrónico y acceso a internet.

### 2.3.1. ¿Cómo funciona?

La tecnología CDMA utiliza códigos para realizar la conversión entre las señales de voz analógica y digital así como también emplea códigos para “separar” la voz de la información de control dentro de flujos de datos denominados canales (diferentes a los canales de frecuencia).

La señal CDMA es generada de la siguiente manera:

**Conversión analógica – digital.-** Se hace mediante la utilización de la técnica conocida como PCM o modulación por código de pulsos.

**Compresión de voz.-** CDMA emplea un dispositivo denominado vocoder, el cual se encuentra en los teléfonos y en los Controladores de Estaciones Base (BSC).

**Codificación e interpolación.-** Con la finalidad de introducir redundancia dentro de la señal para posibilitar la recuperación de la información perdida durante la transmisión, los dispositivos encargados de esta función, codificadores e interpoladores, se encuentran dentro de las Estaciones Base (BTS) y los teléfonos.

**Canalización.-** Separa los datos de voz codificada unos de otros, luego los símbolos codificados son esparcidos en todo el ancho de banda del canal CDMA. El receptor conoce el código y lo usa para recuperar la señal de voz.

**Conversión digital a radio frecuencia.-** Las Estaciones Base (BTS), combinan la data de canalización de todas las llamadas dentro de una sola señal la cual es convertida a una señal de RF para su transmisión.

Para la recepción, se realiza el proceso inverso:

Conversión de la señal de radiofrecuencia a señal digital.

Des-canalización.

Des-interpolación y decodificación.

Descompresión de voz.

Recuperación de la señal analógica (conversión digital-analógica).

### **2.3.2. ALGUNAS VENTAJAS Y BENEFICIOS DE CDMA.**

A continuación se listan algunas ventajas y beneficios de la tecnología de CDMA, que la ponen muy por encima de su competidor TDMA.

#### ***2.3.1. 1. Información paquetizada.***

Las redes basadas en CDMA están construidas bajo protocolos basados en IP. En otro tipo de redes, el añadir equipo que soporte paquetes de datos es costoso y requerirá también equipo terminal que lo soporte. El estándar cdmaOne ya incorpora en sus terminales los protocolos TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol) y PPP (point to point protocol).

#### ***2.3.1. 2. Seguridad y privacidad***

La técnica de espectro extendido es muy utilizada para aplicaciones militares donde la seguridad de las conversaciones y protección de los datos es importante. En un ambiente de negocios también es vital los aspectos de seguridad y privacidad. Diseñado con alrededor de 4.4 trillones de códigos, CDMA virtualmente elimina la clonación de dispositivos y es muy difícil capturar y descifrar una señal.

### *2.3.1. 3. Control del nivel de potencia*

El control de la potencia es otro beneficio de los sistemas de CDMA. Empleando técnicas de procesamiento de señales, corrección de error, etc. CDMA supera el problema de la potencia con una serie de ciclos de retroalimentación. Con un control automático de la ganancia en las terminales y una supervisión constante del nivel de señal a ruido y tasas de error en la radio base, picos en el nivel de potencia son regulados con circuitería electrónica que ajusta la potencia a una razón de 800 veces en un segundo. Esto tiene gran repercusión en *el ajuste dinámico del tamaño de las celdas*. En una celda congestionada, la potencia de todas las terminales se elevaría creando interferencia mutua. En el margen, las transmisiones a alta potencia inundarían a las celdas vecinas donde estas podrían ser tomadas por la radio base adyacente. En una celda con poca densidad, la potencia es tan baja que la celda se reduce efectivamente, transmitiendo sin interferencia hacia las celdas vecinas mejorando el desempeño de las mismas. Este tipo de ajustamiento dinámico en el tamaño de las celdas es imposible en TDMA, donde las celdas adyacentes utilizan diferentes frecuencias. Se ha comprobado en diversos estudios, que CDMA es ciento de veces más eficiente en potencia que TDMA.

### *2.3.1.4. Bajo consumo de potencia y baterías más duraderas en las terminales*

Debido al sistema de retroalimentación de CDMA que mantiene la potencia al más bajo nivel permisible, las terminales consumen menos potencia y son más pequeñas y las baterías de CDMA duran más tiempo que las de TDMA.

### *2.3.1. 5. Amplia cobertura con pocas celdas*

La señal de espectro extendido de CDMA provee gran cobertura en la industria inalámbrica, permitiendo a los *carriers* la instalación de menos celdas para cubrir un área más extensa. Pocas celdas significan para los *carriers* mucho ahorro en infraestructura de radio bases. Dependiendo de la carga del sistema y de la interferencia, la reducción de

celdas es 50% menor en CDMA que en sistemas como GSM basado en TDMA. Es preciso notar que la reducción de celdas sólo es válida para operadores que empezaron desde un principio con CDMA. Operadores que utilizan sistemas analógicos o basados en otras tecnologías deberán redistribuir las celdas CDMA con las celdas ya existentes.

#### *2.3.1. 6. Pocas llamadas caídas.*

La transferencia de celdas (handoff) de CDMA, método para transferir llamadas entre celdas reduce inteligentemente el riesgo de interrumpirlas durante una transferencia. El proceso conocido como transferencia suave o transparente (soft handoff) entre celdas conduce a pocas llamadas caídas ya que 2 o 3 celdas están monitoreando la llamada todo el tiempo. La transferencia entre celdas es transparente al usuario debido a que como todos los usuarios están utilizando el mismo espectro, es más fácil moverse de una celda a otra sin que el subscriptor se de cuenta.

#### *2.3.1. 7. Resistencia a la interferencia, ruido del ambiente y multitrayectorias.*

Las multitrayectorias en CDMA en vez de ocasionar problemas con la señal, la fortalece más. Esto conduce a una casi eliminación de la interferencia y desvanecimiento. Ambos, el ruido eléctrico de fondo y ruido acústico de fondo son filtrados al usar ancho de banda angosta que corresponde a la frecuencia de la voz humana. Esto mantiene al ruido de fondo fuera de las conversaciones. En TDMA por el contrario, por ser basada en el tiempo, las multitrayectorias son un problema. Señales que vienen de distintas trayectorias desfasadas en el tiempo ocasionan que están interfieran a las ranuras adyacentes haciendo que se interfieran las llamadas y se caigan.

#### *2.3.1. 8. Implantación más rápida.*

Los sistemas CDMA pueden ser implantados y expandidos más rápidamente debido a que requieren de menos celdas. Pocas celdas significan para los operadores menor gasto de inversión y operación.

### *2.3.1. 9. Ancho de banda en demanda*

El canal de 1.25 MHz de CDMA provee un recurso común a todas las terminales en un sistema de acuerdo a sus propias necesidades, como podría ser voz, fax, datos u otras aplicaciones. En un tiempo dado, la porción de este ancho de banda que no sea usada por una terminal, estará disponible para otro usuario. Debido a que CDMA utiliza una porción grande de espectro repartida entre varios usuarios, provee flexibilidad en el ancho de banda para permitir servicios en demanda. Bajo TDMA donde los canales son fijos y pequeños, esto no es posible. En forma general, está comprobado que CDMA es de 3 a 6 veces más eficiente en ancho de banda que TDMA.

### *2.3.1. 10. Calidad de voz mejorada.*

Sofisticados esquemas de control y corrección de error hace que las tramas de información sean interpretadas correctamente. Por otro lado, sofisticados codificadores de voz (vocoders) la codifican a altas velocidades y reducen el ruido de fondo. La transferencia suave entre celdas es otro factor que eleva la calidad de la voz en una conversación. El control preciso de los niveles de potencia asegura que todas las terminales cercanas al nivel óptimo provean la calidad de voz más alta posible.

### *2.3.1. 11. Tecnología ampliamente reconocida.*

Existen más de 75 fabricantes de tecnología CDMA en el mundo, además existen hoy en día más de 80 millones de usuarios que utilizan la tecnología de CDMA.

### *2.3.2.2. Conmutación de circuitos versus conmutación de paquetes.*

Muchas de las redes y tecnologías celulares están basadas en conmutación de circuitos. Este tipo de redes establece circuitos continuos de transmisión que permiten a la red enrutar datos a una localidad específica. La conmutación de circuitos requiere de un canal

dedicado, incluso cuando no se estén enviando datos. Las redes de conmutación de circuitos permiten a los operadores celulares la transmisión de voz y datos a velocidades de hasta 14 Kbps.

Las redes de conmutación de paquetes trabajan de manera diferente a la conmutación de circuitos. Con conmutación de paquetes se envían y reciben ráfagas de datos. Cada ráfaga contiene un número secuencial permitiendo la recreación de bloques de datos una vez que todos los datos son enviados. Un canal es ocupado sólo por la duración de la transmisión de los datos en vez de usarse de manera continua. Las redes de conmutación de circuitos permiten a los operadores celulares la transmisión de voz y datos a velocidades desde 64 Kbps hasta 2 Mbps.

Tecnología	Generación	Tipo de transmisión	Velocidad máxima
TDMA IS-136	2G	Conmutación de circuitos	9.6 Kbps
GSM	2G	Conmutación de circuitos	9.6 Kbps
PDC	2G	Conmutación de circuitos	9.6 Kbps
CDMA IS-95A	2G	Conmutación de circuitos	14.4 Kbps
CDMA IS-95B	2G	Conmutación de paquetes	64 Kbps
GPRS	2.5G	Conmutación de paquetes	115 Kbps
EDGE	2.5G	Conmutación de paquetes	384 Kbps
CDMA 2000 1X	2.5G	Conmutación de paquetes	144 Kbps

CDMA 2000	3G	Conmutación de paquetes	2.0 Mbps
WCDMA	3G	Conmutación de paquetes	2.0 Mbps

Tabla 2.1: Comparación entre las Tecnologías Inalámbricas <sup>[1]</sup>

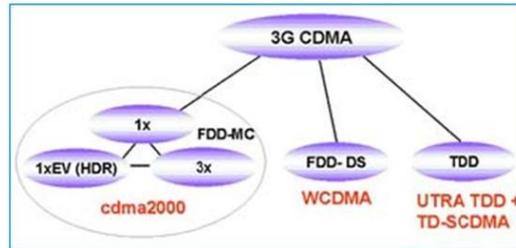
### 2.3.4. CDMA DE BANDA ANCHA.

Los esquemas de CDMA de banda ancha utilizan dos modos diferentes para transmitir, FDD (frequency-division-duplex) y TDD (time-division-duplex). En el modo FDD, una frecuencia es usada para el enlace de subida y otra para el de bajada. En el modo TDD, el enlace de subida y bajada comparten la misma frecuencia. La frecuencia es dividida en ranuras de tiempo, usadas para la subida y otras para la bajada. En 3GPP, un enlace de subida está definido como la frecuencia en la cual la terminal transmite y la radio base recibe. De la misma manera, el enlace de bajada es en donde la radio base transmite y la unidad terminal recibe. FDD se subdivide en DS-SS (FDD-DS) y MC-SS (FDD-MC), es decir FDD puede ser en secuencia directa o multiportadora.

A su vez, MC-SS se divide en dos sistemas dependiendo del chip rate en el enlace de subida. El sistema que emplea 1.2288 Mcps es llamado 1x y el que adopta 3.6864 Mcps es llamado 3x.

#### 2.3.4.1. Las vertientes en CDMA de banda ancha.

La ITU a través del IMT-2000, grupo que tiene como finalidad de impulsar estos servicios y la convergencia de los estándares para servicios de 3G ha aceptado tres vertientes basadas en CDMA: cdma2000, WCDMA y TD-SSDMA.



**Figura 2.1:** Principales vertientes en CDMA <sup>[1]</sup>.

En la Figura 2.1 se muestra las vertientes más importantes bajo CDMA para una solución de 3G. Por un lado cdma2000 con sus diferentes fases conocidas como 1x, 1xEV (evolución de 1x) y por último la última fase llamada 3x. cdma2000 utiliza el modo FDD-MC, es decir el enlace de bajada y subida comparten la misma frecuencia, pero soporta múltiples portadoras (MC multicarriers). WCDMA en cambio utiliza FDD-DS, es decir FDD con secuencia directa.

UTRA TDD, es una propuesta China para 3G, está basada en una estructura fundamental TDMA con una característica de extensión del espectro, un esquema híbrido conocido como TD-CDMA. Esto significa que más de una ráfaga de información puede ser transmitida en una ranura de tiempo, cada una con un código CDMA diferente. Diferentes requerimientos de servicio deben ser conocidos al asignar una combinación de ranuras y códigos para proveer instantáneamente las tasas de información requeridas. Esta propuesta está enfocada más bien para aplicaciones de baja movilidad como WLL.

La estandarización de la interface de aire de la tercer generación para los esquemas basados en CDMA se enfoca en dos tipos de redes: redes asíncronas y redes síncronas. En esquemas de redes asíncronas las radio bases que componen el sistema inalámbrico no están sincronizadas entre sí, mientras las redes síncronas las radio bases están sincronizadas entre sí en un rango de pocos microsegundos.

De las propuestas que existen actualmente, WCDMA de ETSI/ARIB [Europa y Japón], funcionan bajo radio bases sincronizadas, de la misma manera TTA II en Corea. Los subcomités técnicos T1P1 y TR46.1 en Estados Unidos decidieron unirse al desarrollo del esquema WCDMA estadounidense (conocido como NA:WCDMA) y WIMS CDMA que

también funcionan síncronamente. En cambio cdma2000, decidió trabajar con radio bases no sincronizadas, así como su contraparte en Corea TTA I.

La selección de WCDMA como opción de 3G está siendo respaldada principalmente por los operadores actuales de GSM tanto europeos, asiáticos como estadounidenses. Corea sigue considerando dos tecnologías CDMA de banda ancha, una similar a WCDMA (TTA II) y la otra similar a cdma2000 (TTA I).

### **cdma2000**

La TTA y su subcomité TR5.5.4 fue el responsable de la selección del concepto básico y del desarrollo de cdma2000. cdma2000 opera tanto en secuencia directa como en multiportadora.

En la estructura de los canales existen dos alternativas para el enlace de bajada [radiobase al usuario]: multiportadora y secuencia directa. La opción de multiportadora mantiene ortogonalidad entre cdma2000 y las portadoras de IS-95. El enlace de bajada es más importante debido a que el control del nivel de potencia no puede balancear las potencias interferentes entre las diferentes capas, como sucede en el enlace de subida. cdma2000 está diseñado para operar con anchos de banda de 1.25, 5, 10, 15 y 20 MHz. Utiliza modulación QPSK en el enlace de bajada y BPSK en el de subida. Soporta QoS (calidad de servicio) sobre diferentes canales.

Existen varias fases de cdma2000, tales como 1x, 1xEV (HDR) y 3x. A continuación se explican las dos primeras fases de cdma2000.

#### **cdma2000 1x**

1x es un sistema desarrollado por Qualcomm para proveer servicios de datos a velocidades de 153 Kbps a dispositivos telefónicos, y hasta 307 Kbps para teléfonos y otros dispositivos. Opera sobre un canal de 1.25 MHz y es compatible con los sistemas IS-95A/B.

Este sistema fue lanzado por primera vez en Corea por el operador SK Telecom en abril del 2001 en Corea del Sur por el operador KT Freetel.

#### **cdma2000 1xEV**

Recientemente la TIA adoptó la especificación basada en HDR, conocida como TIA/EIA/IS-186 "cdma2000, High Rate Packet Data Air Interface Specification". HDR también se le conoce como 1xEV. La especificación 1xEV fue desarrollada por 3GPP2.

HDR puede proveer acceso inalámbrico a velocidades de hasta 2.4 Mbps en un ancho de banda de canal de 1.25 MHz. 1xEV está optimizado para servicios de paquetes de datos ya que incorpora una arquitectura basada en IP. 1xEV es totalmente compatible con los estándares IS-95A/B, lo cual permite ser implementado sobre las redes basadas en CDMA, como cdmaOne.

Se hicieron pruebas de este sistema en Corea del Sur (KT Freetel) y Japón (KDDI) durante el 2000. En Mayo del 2002 se lanzó el primer sistema comercial de cdma2000 1xEV-DO en Corea del Sur por KT Freetel.

#### **2.4. CDMA 450 [1-2].**

CDMA450 es un sistema EIA/TIA/IS CDMA2000 (CDMA-MC) desplegado en la banda de 450 MHz que incluyen una familia de estándares desarrollados por 3GPP2, publicado por TIA y aprobado por ITU para IMT-2000: CDMA2000 1X, CDMA2000 1xEV-DO y CDMA2000 1xEV-DV. Actualmente, CDMA2000 1X y CDMA2000 1xEV-DO están comercialmente disponible para la banda 450 MHz y CDMA2000 1xEV-DV está siendo desarrollado. CDMA450 combina las eficiencias espectrales, la mayor capacidad de voz y las altas velocidades de transmisión de datos del CDMA2000 con la amplia cobertura de la banda de 450 MHz.

CDMA450 nace como una idea específica para zonas rurales, donde la CDG (CDMA Development Group) plantea la posibilidad de utilizar CDMA2000 en los 450 MHz. Teniendo como ventaja la utilización de una sola estación base, la cual sin ningún obstáculo en su trayectoria podría alcanzar a cubrir hasta 80 Km. Además, esta solución es ideal para zonas rurales porque el espectro está libre, algo que no sucede en las grandes urbes donde está siendo intensamente utilizado por diferentes servicios y tipos de terminales.

Si bien es cierto CDMA2000 es usado por la telefonía móvil, CDMA450 nace como una forma de llevar comunicaciones inalámbricas de banda ancha a las zonas rurales. Se puede

observar que CDMA450 tiene una topología de red basada en CDMA2000, la cual se ve en la Figura 2.2.

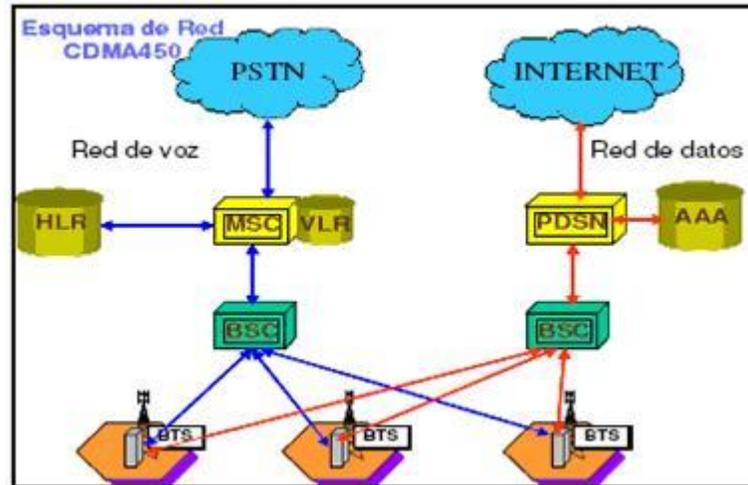


Figura 2.2: Esquema de Red CDMA450 [4].

Se observa claramente que se mantienen muchos acrónimos que son parte de los sistemas convencionales de telefonía móvil.

El sistema CDMA450 se utiliza actualmente en Europa Oriental en bandas de frecuencia que anteriormente albergaban a los sistemas analógicos NMT (Nordic Mobile Telephony) de primera generación. Las fases de estas redes están siendo modificadas para remplazarlas por una tecnología más avanzada. Los sistemas NMT se ubican en las bandas de 410-483 MHz, con esquemas de 4,5 MHz cada uno para los enlaces ascendentes y descendentes, y una separación duplex de 10 MHz.

En América Latina, esta solución da resultados óptimos con una atribución del espectro de 3+3 MHz (o más) (lo que permitiría, por lo menos, la operación dos portadoras CDMA de 1,25 MHz), ya sea en bandas NMT previamente designadas o en una atribución estándar. Esta tecnología puede configurarse para datos y/o voz, así como para servicios fijos o portátiles. La Tabla 2.2 indica algunas características importantes del CDMA 450.

<b>CARACTERÍSTICAS DE CDMA450</b>	
<b>Parámetros</b>	<b>CDMA450</b>
Reuso de Frecuencia	1
Ancho de banda de portadora	1,25 MHz
Espectro requerido (para 3 portadoras)	4,5 MHz
Número efectivo de portadoras por sector	3
Número de Canales de voz por sector	84 (28 x 3)
Erlang por sector (Grado de Servicio de 2%)	60,45 (20,15 x 3)
Erlang por Sector/MHz	13,4

**Tabla 2.2:** Características del CDMA 450<sup>[6]</sup>.

#### 2.4.1. VENTAJAS DE CDMA450 <sup>[7-8]</sup>.

La combinación del CDMA2000 y la banda de 450 MHz proporcionan las siguientes ventajas:

CDMA450 con su eficiencia espectral y la capacidad de datos de alta velocidad del CDMA2000 entrega una cobertura ampliada gracias a su banda de frecuencia más baja.

CDMA450 provee un tamaño de celda más grande comparado con los tamaños de celdas en otras bandas, lo que permite menores costos de infraestructura y de operación.

CDMA450 ofrece servicios de IMT-2000: la voz de buena calidad y el acceso de datos de alta velocidad:

CDMA2000 1X tiene en cuenta la capacidad de voz de hasta 20 Erlang por sector/portadora.

CDMA2000 1X soporta los datos de alta velocidad hasta 153 Kbps y CDMA2000 1xEV - DO ofrece el acceso de banda ancha a 2,4 Mbps

Ofrece un camino evolutivo claro a servicios 3G avanzados.

CDMA450 requiere solamente una pequeña cantidad del espectro (1,25 MHz), una consideración importante para operadores de NMT450 que tienen 4 a 5 MHz destinado a ellos.

Bajo costo total del sistema (equipos en red, instalación y equipos para el usuario final) en comparación con otras soluciones de acceso a transmisión de datos.

Bajo costo inicial en inversión de capital, lo que brinda la posibilidad de ajustar dicha inversión en forma simultánea al crecimiento del número de abonados. Esto se debe al rendimiento muy favorable de la propagación de las ondas radioeléctricas en este nivel de frecuencias, lo que requiere un número muy pequeño de estaciones base para cubrir una zona determinada, especialmente si se lo compara con otros sistemas ubicados en frecuencias más altas.

Se adapta en forma ideal a la cobertura rural de base amplia y baja densidad, debido a su propagación de largo alcance (normalmente, hasta 100 kilómetros).

Excelente capacidad para brindar cobertura dentro de edificios y en zonas urbanas, debido a su buena “penetración interior”, así como a sus adecuadas características de propagación “con visibilidad directa”.

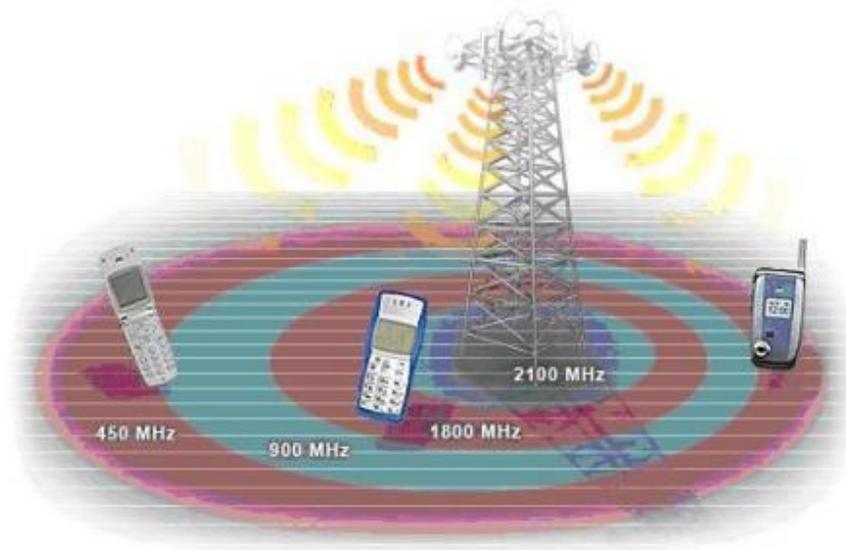
Flexibilidad en el suministro de servicios de datos y voz para instalaciones fijas o móviles mediante la misma infraestructura de red, dependiendo de los requisitos reglamentarios y comerciales en cada caso.

Normalización internacional y madurez de esta tecnología, basadas en varios años de instalación sobre el terreno, lo que asegura su continua evolución así como la reducción de sus costos mediante economías de escala.

Permite el re-uso de infraestructura existente ya que es totalmente compatible con las versiones del CDMA2000.

#### **2.4.2. COBERTURA [6].**

Esta tecnología debido a la frecuencia con que trabaja permite tener radios de cobertura mayores que otras tecnologías que trabajan a frecuencias mayores.



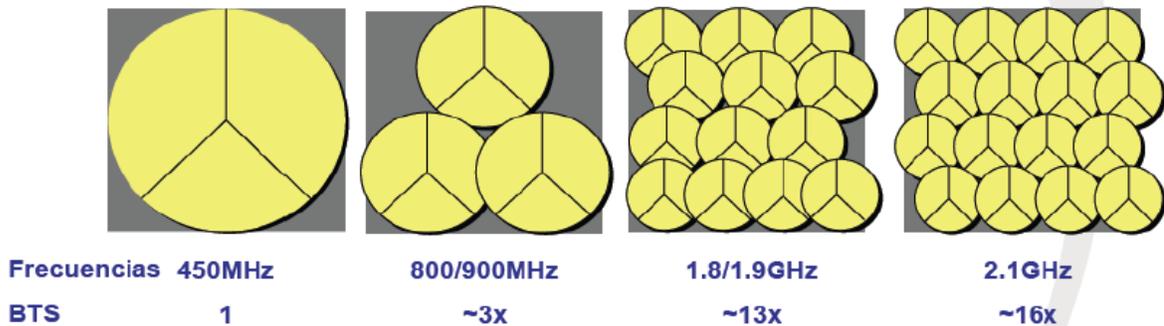
**Figura 2.3:** Esquema de Red CDMA450 <sup>[4]</sup>.

Las celdas de CDMA450 pueden tener un radio teórico que va desde los 40 a los 60 Km. Así estas celdas proveen mayores coberturas cuando se las compara con las celdas en otras bandas de frecuencias superiores, como lo indica la Tabla 2.3.

FRECUENCIA (MHz)	RADIO DE CELDA (Km.)	ÁREA DE CELDA (Km <sup>2</sup> )	CELDAS NECESARIAS PARA COBERTURA EQUIVALENTE
450	48,9	7521	1
850	29,4	2712	2,8
950	26,9	2269	3,3
1800	14,0	618	12,2
1900	13,3	553	13,6
2500	10,0	312	24,1

**Tabla 2.3:** Coberturas Teóricas de Celdas <sup>[5]</sup>.

Con una mayor propagación, CDMA450 utiliza menor número de BTS para cubrir su zona de cobertura, la Figura 2.4 indica la cantidad de BTSs requeridas para cubrir la misma área en diferentes frecuencias. Esta característica hace que los requerimientos de transmisión sean reducidos y se utilicen menos equipos de infraestructura, teniendo como resultado un mayor ingreso posible con un mínimo requerimiento de inversión.



**Figura 2.4:** Cantidad de BTSs requeridas para cubrir la misma área en diferentes frecuencias <sup>[5]</sup>.

Actualmente el sistema CDMA450 representa la tecnología con mayor eficacia en términos de costos para brindar acceso inalámbrico a voz y datos, especialmente en un entorno rural. Este costo competitivo de su infraestructura reviste particular importancia en un momento como el actual, en que se ve reducida la disponibilidad global de capital para inversiones en telecomunicaciones y en Internet/transmisión inalámbrica de datos. La disponibilidad de la banda de 450 MHz asegurará a inversionistas y operadores la posibilidad de atraer el capital de inversión necesario para una instalación de redes de amplia base.

### 2.4.3. SERVICIOS <sup>[9]</sup>.

CDMA450 utiliza tecnologías CDMA2000 1X y 1xEV-DO por lo que provee servicios como:

#### **CDMA2000 1X:**

Alta capacidad de voz: 26 a 29 Erlangs/sector/1,25 MHz (equivalente de 35 a 38 canales telefónicos/sector/1,25 MHz)

Altas velocidades de transmisión de datos hasta 153 Kbps

#### **CDMA 2000 1xEV-DO:**

Muy altas velocidades de transmisión de datos: 2,4 Mbps (Release 0) y 3,1 Mbps (ReleaseA).

Con estos servicios, CDMA450 es ideal para:

Nuevos entrantes urbanos.

Telefonía rural.

Conectividad para acceso a Internet.

Servicios de emergencia.

Servicios fijos y móviles – WLL de baja movilidad.

Facilitar la conectividad e inclusión social:

Servicio Universal.

Telefonía

Internet

Escuela en red

Hospitales en red

Policía en red

Comunidad en red.

#### 2.4.4. APLICACIONES <sup>[9]</sup>.

Algunas de las aplicaciones actualmente disponibles para los sistemas CDMA450 incluyen:

Servicios de localización de posición

Pulse para hablar

Mensajería instantánea Móvil

Aplicaciones de seguridad pública

Tele-medicina

Comercio Móvil

Servicio de trenes video

Administración de Activos

Telemática

Información y diversión

Descargar Música/ringtones

Juegos para jugadores múltiples

### 2.4.5. CDMA 450 Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIA <sup>[5]</sup>.

La Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) y la Organización de los Estados Americanos (OEA) en la Recomendación CCP.II/REC.10 (V-05) de Abril del 2005 exhorta el uso de las bandas 410-430 MHz y 450-470 MHz para América Latina. La Tabla 2.4 muestra las diferentes sub-bandas de frecuencias donde puede operar el sistema CDMA450.

<b>BANDAS DE FRECUENCIAS DE TRANSMISIÓN (MHZ)</b>		
<b>Sub-banda</b>	<b>Estación terminal</b>	<b>Estación base</b>
<b>A</b>	452.500-457.475	462.500-467.475
<b>B</b>	452.000-456.475	462.000-466.475
<b>C</b>	450.000-454.800	460.000-464.800
<b>D</b>	411.675-415.850	421.675-425.850
<b>E</b>	415.500-419.975	425.500-429.975
<b>F</b>	479.000-483.480	489.000-493.480
<b>G</b>	455.230-459.990	465.230-469.990
<b>H</b>	451.310-455.730	461.310-465.730

**Tabla 2.4:** Bandas de Frecuencia de Operación del CDMA450 <sup>[5]</sup>.

Los requerimientos espectrales para IS-2000 1x en la banda de 450 MHz son:  
Requerimiento claro mínimo de 1,8 MHz por una portadora.

La 2da y 3ra portadora requiere cada una adicionalmente 1,25 MHz.

3,05 MHz para dos portadoras

4,3 MHz para tres portadoras.

Flexibilidad importante en la portadora colocada dentro de la banda asignada. FA's (las portadoras de frecuencias disponibles) son espaciados sobre un barrido de 20 o 25 KHz, dependiendo de la banda IS-2000 clase 5 y su clase de sub-banda.

Las portadoras de frecuencias pueden ser elegidas para que eviten emisiones de interferencias conocidas.

El espaciamiento de portadora puede ser modificado en algo, con un mínimo impacto sobre el rendimiento de la banda clase 5/ sub-banda clase A.

La Figura 2.5 muestra la distribución las portadoras tanto en el enlace directo como en el enlace reverso con sus respectivas bandas de guarda en la sub banda clase A.

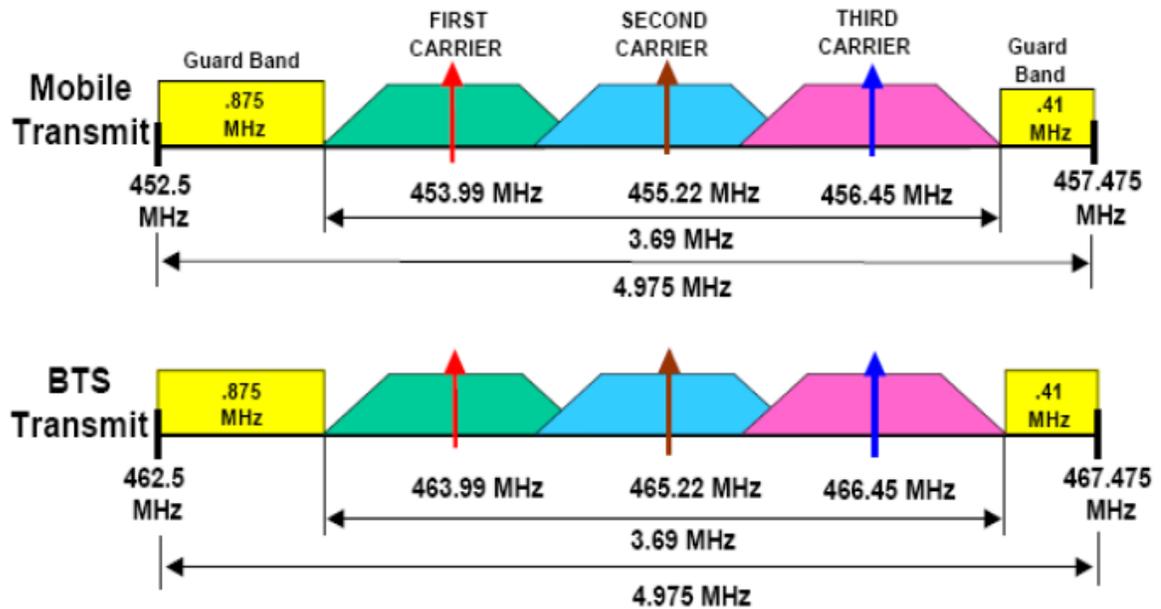
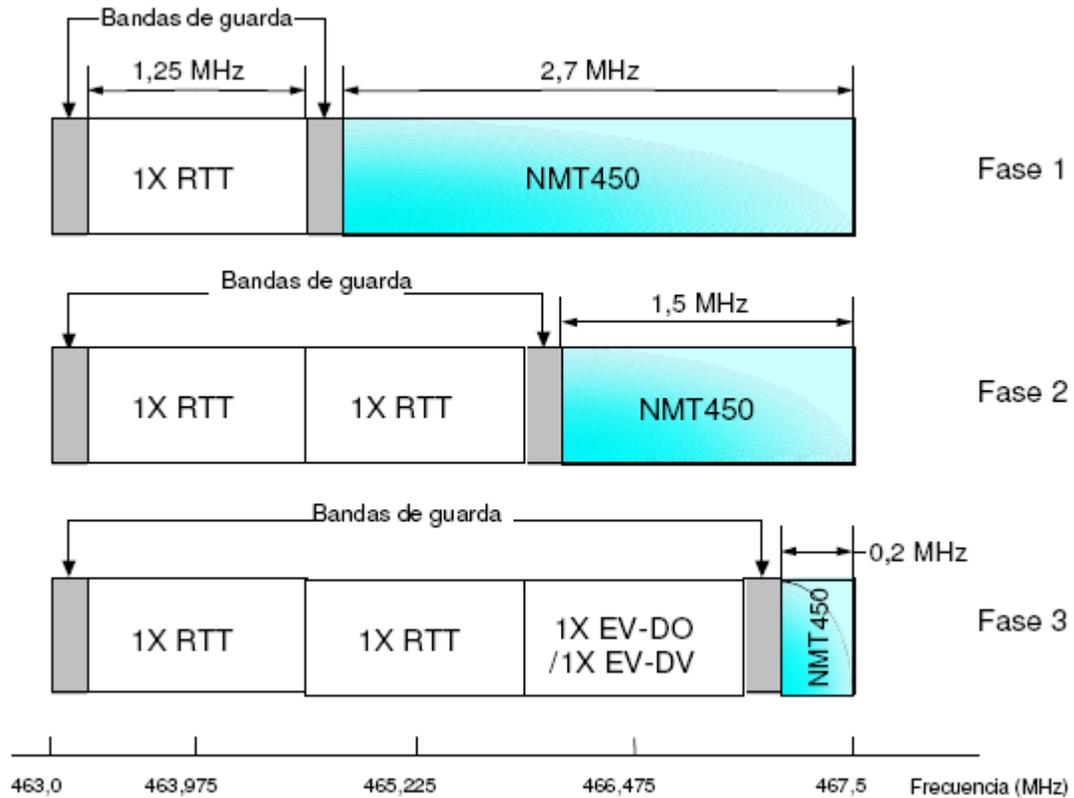


Figura 2.5: CDMA2000 1x en la Banda de 450 MHz (Sub-banda clase A)<sup>[10]</sup>.

#### 2.4.6. FASES DEL DESPLIEGUE DE UNA RED IMT-MC-450<sup>[11-12]</sup>.

Estudios efectuados muestran que una migración continua a la tecnología digital en la banda de 450 MHz se puede realizar en varias etapas, como puede verse en la Figura 1.6. En la mayoría de los casos, los operadores NMT450 disponen de una anchura de banda limitada (2×4,5 MHz en promedio), lo que les permite utilizar tres portadoras IMT-MC-450 (cada una de 1,25 MHz). En distintos momentos y diferentes partes de la red se puede

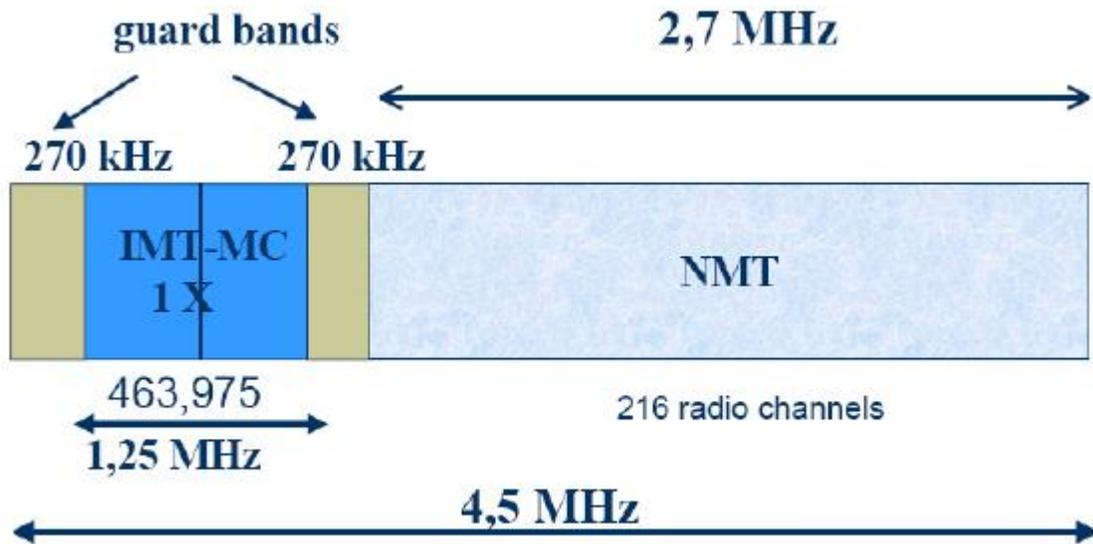
plantear la necesidad de pasar de una fase a otra. Por otra parte, la demanda de tráfico puede variar en gran medida en todo el territorio cubierto. Habrá que efectuar un análisis detallado y una planificación cuidadosa para lograr gran eficiencia y calidad.



**Figura 2.6:** Utilización del espectro (banda BS Tx) en una evolución de la red en 3 etapas <sup>[11]</sup>.

#### 2.4.6.1. Primera Fase: Despliegue Inicial.

En un principio se introduce una sola portadora IMT-MC 1x RTT, lo que requiere que el operador NMT450 libere  $2 \times 1,79$  MHz del espectro utilizado por el sistema analógico NMT ( $2 \times 1,25$  MHz para la portadora 1x RTT y  $2 \times 2 \times 0,27$  MHz en el caso de las bandas de guarda entre las portadoras IMT-MC y las analógicas de banda estrecha). La Figura 2.7 indica la primera fase de la migración de tecnología analógica a digital en la banda de 450 MHz.



**Figura 2.7:** Primera Fase: Despliegue Inicial <sup>[12]</sup>.

#### 2.4.6.2. Segunda Fase: Crecimiento de la Red.

Si se registra crecimiento en el tráfico vocal y de datos en ciertas partes de la red, cabe la posibilidad de introducir una segunda portadora IMT-MC 1x RTT, lo cual requiere que el operador libere  $2 \times 1,25$  MHz del espectro que utiliza el sistema analógico NMT. No se requieren bandas de guarda entre las portadoras IMT-MC.

Dependiendo de la demanda de tráfico, cabe la posibilidad de utilizar una portadora IMT-MC, sobre todo para las transmisiones vocales y podría recurrirse a una segunda portadora para la voz y los datos.

Durante esta etapa, se seguirá atendiendo a los abonados analógicos NMT, pero con una calidad de servicio limitada, debido a la restringida anchura de banda que suponen los 1,5 MHz. La Figura 2.8 indica la segunda fase de la migración de tecnología analógica a digital en la banda de 450 MHz

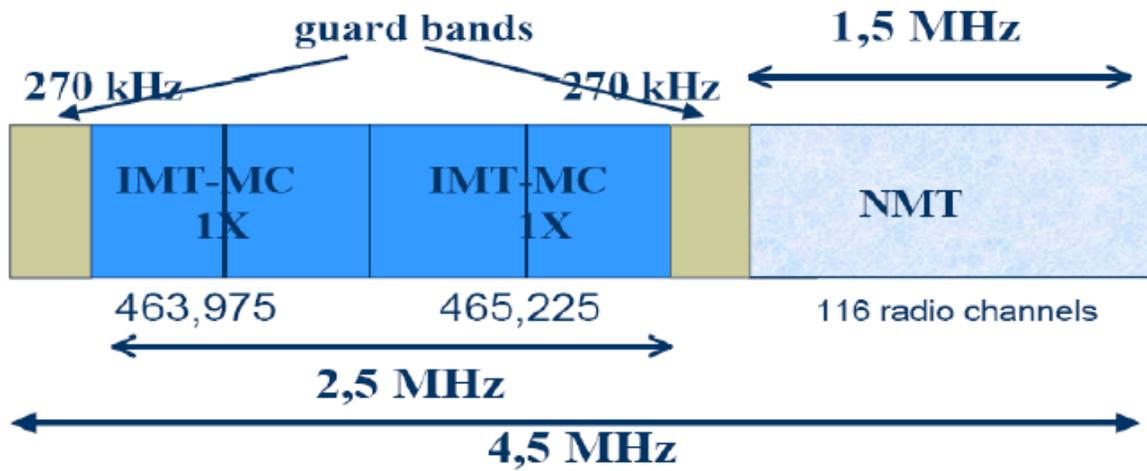


Figura 2.8: Segunda Fase: Crecimiento de la Red <sup>[12]</sup>.

#### 2.4.6.3. Tercera Fase: Gran Demanda de Servicios de Datos.

Cuando el tráfico de datos en la red aumente sustancialmente y a los usuarios finales les resulte conveniente disponer de velocidades binarias más elevadas, podrá introducirse una portadora optimizada de datos - (1xEV-DO), así como 1xEV-DV. La Figura 2.9 indica la tercera fase de la migración de tecnología analógica a digital en la banda de 450 MHz.

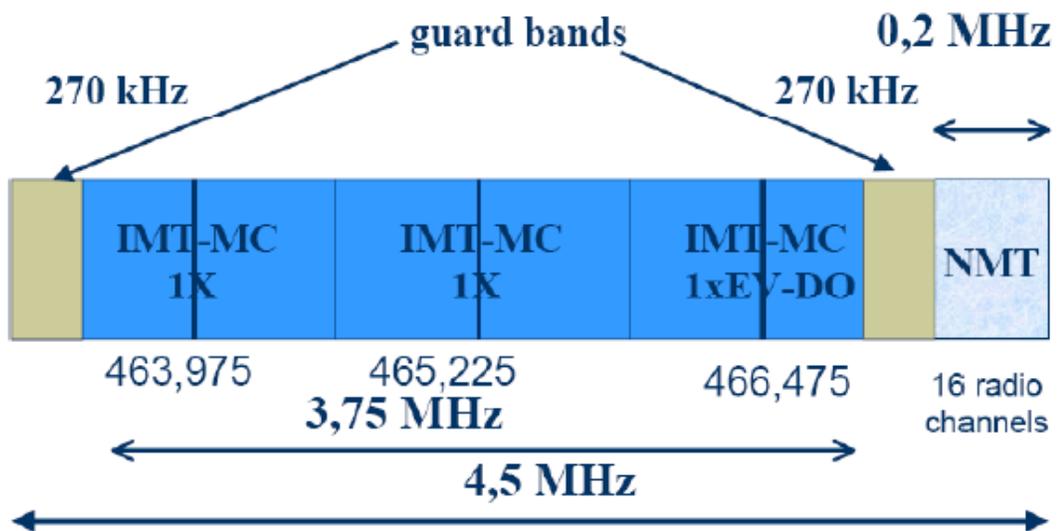


Figura 2.9: Tercera Fase: Gran demanda de Servicios de Datos <sup>[12]</sup>.

#### **2.4.7. DESPLIEGUES DE CDMA450 [10].**

Actualmente, más de 20 países en el mundo han lanzado, están planeando lanzar o están en vías de lanzar, redes móviles comerciales basadas en CDMA2000 y de Bucle Local Inalámbrico (WLL) en despliegues locales, regionales o nacionales. Es importante notar que varias de esas redes fueron primeramente desplegadas para abordar las necesidades de acceso universal. Algunos ejemplos de estas redes incluye:

El ente regulador de Brasil, Anatel, llevó a cabo una prueba de tecnología inalámbrica CDMA450 como parte de su proyecto “Acceso a Internet Universal e Inclusión Digital”.

La red CDMA450 de movilidad limitada de Perú está compuesta por 100 terminales en Huaral, una región en las afueras de Lima.

En 2004, Skylink lanzó una red CDMA450 en Rusia a nivel nacional.

En Rusia, el ensayo UralWestcom’s CDMA450 se está llevando a cabo en Yekaterinburg, una ciudad de 1.5 millón de habitantes y la cuarta ciudad de Rusia en términos de tamaño.

Starcomms está construyendo una red CDMA450 en la República Federal de Nigeria.

El servicio CDMA450 fue lanzado en el Tíbet y en Camboya, y el despliegue de Camboya con el propósito de proveer acceso a Internet en todo el país.

Los Operadores en Indonesia, Pakistán, y Vietnam han anunciado planes para desplegar sistemas CDMA450. Vietnam tiene planes para desplegar ECT los servicios CDMA2000 1xEV-DO en Saigón.

#### **2.4.8. EQUIPAMIENTO CDMA450 [10].**

Las redes CDMA450 pueden ser rápidamente desplegadas debido a la disponibilidad de equipamiento y la cantidad de operadores fabricando infraestructura CDMA450. CDMA450 está aprovechando las economías de escala y el desarrollo de sistemas CDMA2000, los cuales han sido desplegados por más de 100 operadores en 50 países a nivel del mundo y proveen servicios a más de 127 millones de usuarios.

#### ***2.4.8.1. Terminales.***

Actualmente hay 11 proveedores de microteléfonos de CDMA450 (planeados y en existencia) que fabrican una larga selección de terminales:

AnyDATA

Axesstel

Compal

Giga Telecom

GTRAN

Huawei

Hyundai Syscomm (Curitel)

Topex

Synertek

Ubiquam

ZTE

Wide Telecom

Flextronics

R-Way

LGE

Telular

Redcotel (Argentina).

Hyundai/Curitel y Synertek fueron los primeros proveedores de Microteléfonos y proveyeron los primeros productos comerciales CDMA450. Actualmente, Curitel reclama más del 50% del mercado de Microteléfonos de CDMA450 a nivel mundial y esta expandiéndose hacia la República Soviética, Europa Central, y el Sur Este Asiático.

Los diversos terminales CDMA450 disponibles poseen funcionalidades avanzadas, tales como servicios de acceso de voz y de datos, pantallas a color, sonido polifónico, ringtones descargables, BREW, Java, Pulse para hablar, módulos de interfase de usuario transportable, servicios de localización GPS-One, y Servicios de Mensajes Cortos (SMS).

La cámara futura VGA 330K CMOS de Pantech & Curitel's para los mercados Rusos y Rumanos será el primer modelo de microteléfono CDMA450 que consiste en una cámara VGA 330K CMOS incorporada con flash interno.

## 2.5. INTERCONEXIÓN CON LA RED DE CNT.

En la actualidad, el sistema CDMA450 tiene una gran aceptación en el Bucle Local Inalámbrico para brindar principalmente servicios de Telefonía e Internet. La estructura de una red WLL CDMA450 es esquematizada en la Figura 2.10 y donde se puede identificar que el interfaz de conexión con la central de conmutación local y la red es el interfaz V5.2.

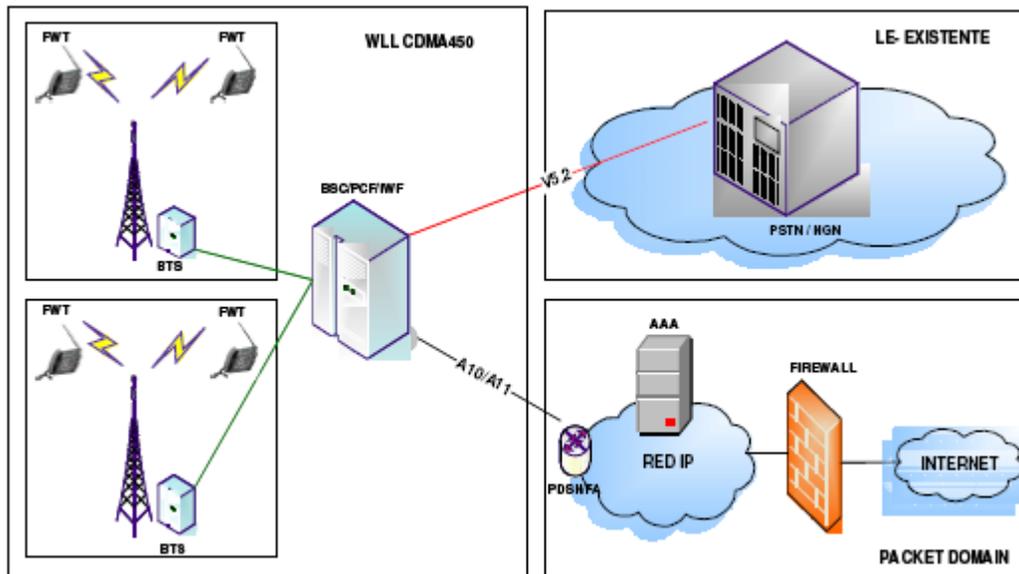


Figura 2.10: Estructura de una red WLL CDMA450<sup>[13]</sup>.

## 2.6. POLÍTICAS REGULATORIAS PARA TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS EN EL ECUADOR<sup>[14]</sup>.

La inclusión de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha como parte de la Regulación Nacional, representa una oportunidad para promover el desarrollo del sector de

telecomunicaciones tomando en cuenta todas las tecnologías inalámbricas existentes y por desarrollar, las cuales pueden operar simultáneamente, proporcionando un servicio acorde a las necesidades del mercado. El CONATEL ha continuado preocupándose por promover los Servicios de Telecomunicaciones, sobre todo en áreas rurales por lo que se aprobó la posibilidad de brindar lo que se denominó Servicios de Telecomunicaciones con cobertura en Áreas Rurales y se pensó en la banda de 450 MHz

Dentro de este tipo de promoción está en proceso de aprobación un proyecto para brindar telefonía inalámbrica fija mediante tecnología CDMA 450 1X en el sector rural del Cantón Cuenca(Etapa), favoreciendo con ello a sectores desposeídos de telecomunicaciones y disminuyendo costos para quien lo requiere y dando facilidades para el operador que desea ofrecerlo.

CDMA 450 1X puede operar en diferentes bandas que son mostradas en la Tabla 2.5.Sub-banda.

Sub-banda	Bandas de frecuencias de transmisión (MHz)	
	Estación terminal	Estación base
A	452,500-457,475	462,500-467,475
B	452,000-456,475	462,000-466,475
C	450,000-454,800	460,000-464,800
D	411,675-415,850	421,675-425,850
E	415,500-419,975	425,500-429,975
F	479,000-483,480	489,000-493,480
G	455,230-459,990	465,230-469,990
H	451,310-455,730	461,310-465,730

**Tabla 2.5:** Sub-bandas de Operación del CDMA450<sup>[5]</sup>.

En el Ecuador se analizó la factibilidad de concesionar este servicio tomando en cuenta sobre todo la ocupación de bandas en el área solicitada, se concluyó que para el caso particular tratado la banda A (452,500-457,475 y 462,500-467,475 MHz) era la menos

congestionada y que existen fabricantes con una hasta disponibilidad de equipos por lo que se optó por esta asignación (RESOLUCION 245-11-CONATEL-2009). Ver Anexo 1.

### **2.6.1. MARCO REGULATORIO DE LA BANDA DE LOS 450 MHZ EN EL ECUADOR.**

En el Ecuador, el sector de las Telecomunicaciones se encuentra administrado por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL, apoyado por un ente ejecutor encargado de la regulación y administración del espectro electromagnético denominado Secretaria Nacional de Telecomunicaciones SENATEL y para las funciones de control y monitoreo la Superintendencia de Telecomunicaciones SUPTEL.

En el Plan Nacional de Frecuencias la banda de los 450 Mhz, comprendida en el rango de 479.000-483.480 MHz para downlink y 489.000-492.975 MHz para uplink, se encuentra atribuida a los servicios FIJO y MÓVIL, operan servicios de telecomunicaciones con cobertura en áreas rurales, compartido en sistemas convencionales, sistemas comunales y sistemas buscapersonas unidireccional.

Para hacer uso de esta banda de frecuencia se requiere de una concesión otorgada por el Estado, a través, de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.

### **2.6.2. ESTADO ACTUAL DE LA BANDA DE FRECUENCIA DE LOS 450 MHZ.**

Las bandas de frecuencias en el Ecuador están elaboradas por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones, la cual emite un documento denominado Plan Nacional de Frecuencias, previa consideración y aprobación del CONATEL. En éste Plan se establecen las normas para la atribución de las bandas, sub-bandas y canales radioeléctricos para los diferentes servicios de radiocomunicaciones, convirtiéndose éste en el documento de referencia para normalizar a los usuarios del espectro radioeléctrico

El Plan cubre las demandas de los servicios de telefonía fija inalámbrica, telecomunicaciones móviles terrestres y vía satélite, servicios de comunicación personal, sistemas móviles internacionales de telecomunicaciones (I MT-2000), nuevos sistemas troncalizados, nuevos servicios de última milla, espectro ensanchado, etc.

El Plan Nacional de Frecuencias tiene como objetivo proporcionar las bases para un proceso eficaz de gestión del espectro radioeléctrico, asegurando una utilización óptima del mismo; así como, la prevención de interferencias perjudiciales entre los distintos servicios.

Dentro de las normas que se establecen a partir del Plan Nacional de Frecuencias para la adjudicación de bandas y asignaciones de frecuencias, se tiene:

Determinación de las prioridades de las bandas del espectro en función de los diferentes servicios radioeléctricos.

Reserva de bandas, sub-bandas y frecuencias del espectro para uso común, especial y privado.

Compartición de frecuencias.

El Plan Nacional de Frecuencias está sujeto a cambios periódicos debido a la evolución de la tecnología y de los servicios en el sector de las Telecomunicaciones.

La atribución de bandas de frecuencias para servicios de radiocomunicaciones específicos será únicamente dentro de la banda establecida en la correspondiente nota nacional EQA.

Todas las notas nacionales EQA, podrán ser modificadas previa modificación del CONATEL.

Las Notas nacionales EQA y el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias hacen mención al uso específico de una administración de las bandas. Para nuestro propósito citamos mas adelante las notas nacionales, acerca de la banda de frecuencia de los 450 MHz.

En Ecuador, la banda de frecuencia de los 450 MHz, está siendo utilizada en la región austral para disponer de servicio telefónico fijo a las zonas rurales.

Mientras que en América Latina se utiliza para proveer de servicios de datos e Internet a escuelas y centros públicos.

**EQA.55** Las bandas 150,05-156.7625 MHz, 156,8375-170 MHz, 450-455 MHz, 456-459 MHz, 460-470 MHz, 472-482 MHz, 487-500 MHz, 503-506 MHz y 509-512 MHz, son atribuidas a los servicios fijos y móvil excepto enlaces radioeléctricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto-punto, punto-multipunto.

**EQA.105** la banda 440-450 MHz, es atribuida a los servicios FIJO y MÓVIL salvo móvil aeronáutico, excepto enlaces radioeléctricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto-punto, punto-multipunto.

**EQA 112.** En las bandas 479.000-483-480 MHz, 489.000-492.975 MHz atribuidas a los servicios FIJO y MÓVIL, operan Servicios de Telecomunicaciones con cobertura en áreas rurales compartido en Sistemas Convencionales, Sistemas Comunales y Sistemas Buscapersonas Unidireccional.

En aquellos casos en los que el solicitante desee implementar los servicios de telecomunicaciones con cobertura en áreas rurales de manera inmediata, deberá asumir a su costo la migración de aquellos usuarios que se encuentren en la banda mencionada.

## **CAPÍTULO III**

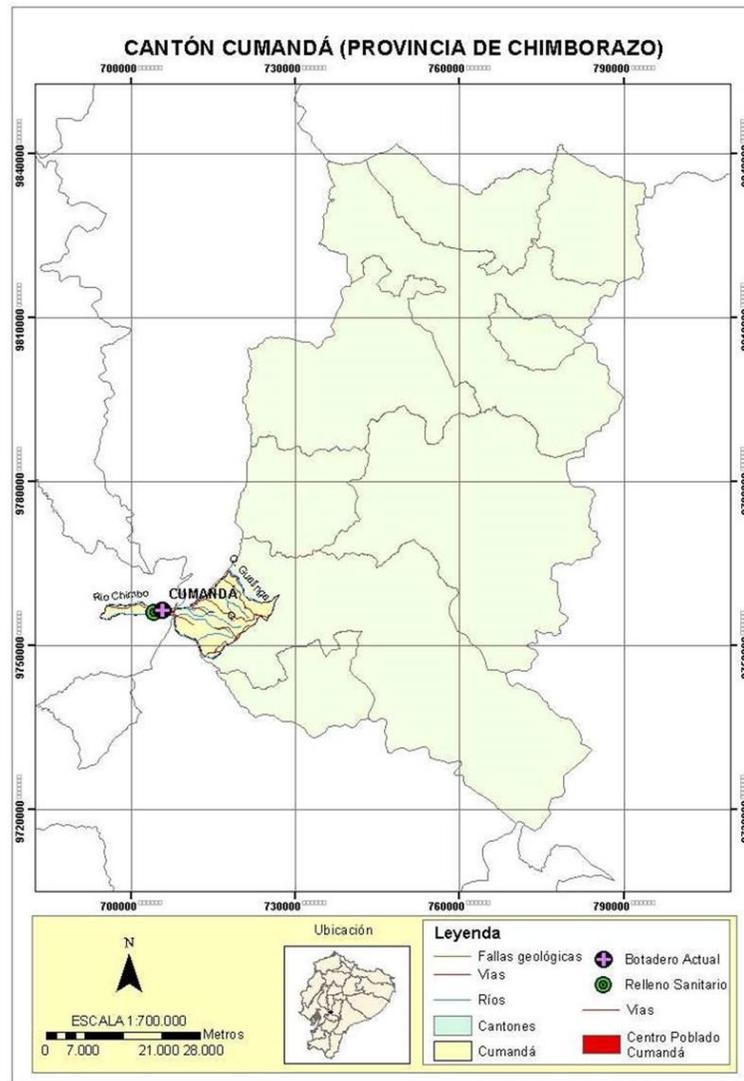
### **DISEÑO DE LA RED CDMA 450**

#### **3.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL CANTÓN CUMANDÁ**

El cantón Cumandá se encuentra ubicado en la provincia de Chimborazo, tiene una superficie aproximada 158.70 Km<sup>2</sup>, cuenta con 10.197 habitantes. Su densidad poblacional es de 60.25 Hab/km<sup>2</sup>.

Limita al Norte con el cantón Gral. Antonio Elizalde de (provincia del Guayas), el cantón Chillanes en la provincia de Bolívar y con el cantón Alausí de la provincia de Chimborazo, al Sur con Alausí y con el cantón Cañar (Provincia de Cañar), al Este con Alausí al Oeste con el cantón de Cañar y los cantones El Triunfo y Crnel. Marcelino Maridueña de la provincia del Guayas. La altitud varía desde los 80 a los 3200 msnm. Fue creada el 28 de enero de 1992. Goza de una tierra fértil y un clima particular que ha permitido a lo largo del tiempo el cultivo de toda clase de productos. Tiene un clima muy favorable y fresco la mayor parte del año. Sus ríos principales son el Chimbo en el sector oriental y el río Chanchán que tiene su origen en los páramos del Cantón Alausí y Chunchi. En el año 1963

se lleva a cabo la reunión para la implementación de infraestructura de desarrollo con el pedido de un nombre definitivo, resolviéndose unánimemente llamar a la futura parroquia Cumandá. La anhelada parroquialización el 4 de diciembre de 1968. Cumandá se erigió como cantón el 28 de enero de 1992. El mapa de ubicación del cantón y la parroquia Cumandá dentro de la provincia de Chimborazo. (Ver Figura 3.1)



**Figura 3.1:** Mapa de ubicación general <sup>[13]</sup>.

### 3.1.1. Población y densidad

En el área urbana se tiene un 34.3% de la población, mientras que el 65.7% esta ubicado en el área rural. Los centros principales de población son Cumandá, Suncamal, Sacramento, La Victoria.

	CANTIDAD	UNIDAD
EXTENSIÓN	158.70	Km <sup>2</sup>
POBLACIÓN	10.197	Hab
DENSIDAD	60.25	Hab/km <sup>2</sup>

**Tabla 3.1:** Densidad poblacional del Cantón Cumandá<sup>[15]</sup>

### 3.1.2. Economía<sup>[16]</sup>.

La economía de Cumandá está basada principalmente en la agricultura, debido a su particular ubicación geográfica y a la fertilidad de la tierra. Produce: Banano, caña de azúcar, cacao, café Otros productos de importancia son: El Palmito que se cultiva en varios recintos. Otras actividades que son parte fundamental del desarrollo de la economía de Cumandá son la agricultura, ganadería, porcicultura y avicultura.

## 3.2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

El primer paso para el diseño de la red fue evaluar el sector en donde se prestará todos estos servicios, es decir que se tomará en cuenta todas las características de el como son: la planimetría del sector, las facilidades o inconvenientes físicos que presenta el sector, el factor económico del mismo y otros datos que se recolectaron a través de la realización de un censo en el área total y evaluando todos estos aspectos sector por sector y con la ayuda

de mapas de la zona y un GPS y otras informaciones se determino la ubicación de algunos puntos referenciales.

El desarrollo exitoso de una empresa de telecomunicaciones se fundamenta en la investigación certera de demanda del servicio.

El sector donde realizamos la investigación se ubica en la parte rural del Cantón Cumandá en las siguientes localidades (ver Tabla 3.2)

Lugar	Latitud S	Longitud O	Altura	Distancia
CUMANDÁ	2° 12' 30"	79° 8' 2"	317m	BTS PROPUESTA
LA VICTORIA	2° 11' 10"	79° 6' 27"	376m	3.5Km
CASCAJAL	2° 10' 45"	79° 4' 48"	497m	6.5Km
JUMCAMAL	2° 13' 54"	79° 3' 48"	907m	7.25Km
NARANJA PATA	2° 16' 30"	79° 5' 6"	873m	9km
H. SAN RAMÓN	2° 12' 0"	79° 13' 18"	165m	10.5Km
H. LA DELICIA	2° 11' 54"	79° 14' 0"	149m	12Km
BUENOS AIRES	2° 11' 54"	79° 10' 54"	230m	6Km
EL SURAL	2° 7' 30"	79° 0' 30"	1430m	16.42Km
LA UNIÓN	2° 11' 33.32"	79° 15' 53.43"	116m	14.63Km
LAURELES	2° 11' 46.63"	79° 17' 22.41"	101m	17.32Km
ISLA 87	2° 11' 49.95"	79° 18' 37.54"	83m	19.64Km
GUAYACANES	2° 12' 1.75"	79° 15' 24.4"	134m	12.96Km
LA RESISTENCIA	2° 12' 30.74"	79° 19' 33.53"	77m	21.34Km
JESÚS DEL GRAN PODER	2° 14' 29.40"	79° 7' 18.32"	546m	4.13Km
SAN JUAN DE LA ISLA	2° 15' 8.47"	79° 7' 42.98"	470m	5.19Km
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	2° 12' 18.44"	79° 12' 17.57"	197m	7.89Km
LA MODELO	2° 12' 46.02"	79° 18' 21.11"	92m	19.14Km

**Tabla 3.2:** Puntos referenciales de ubicación de los sectores rurales del Cantón Cumandá.

### 3.3. CENSO

Con el objetivo de cubrir las necesidades de comunicación en los distritos La Victoria, Cascajal, Jumcamal, Naranja Pata, Hacienda San Ramón, Hacienda La Delicia, Buenos Aires y El Sural, La Unión, Laureles, Isla 87, Guayacanes, La Resistencia, Jesús del Gran Poder, San Juan de la Isla, Producción Agrícola y la Modelo se obtuvo los siguientes datos:

Cantidad de abonados en toda el área 635 dispersos en una zona bien marcada una con una población completa con un índice de crecimiento (i) 2.6%, y como dato final el factor económico que generalmente en Chimborazo es de 1 ya que la mayoría de habitantes pertenecen a la clase media del Cantón Cumandá.

Una vez identificadas las carencias de servicio, realizamos una investigación de mercado mediante un sistema de encuestas las cuales nos brindan una idea de la disposición de la población a adquirir estos servicios así como también cual es la cantidad promedio mensual que podrían destinar al servicio de telefonía fija inalámbrica.

En el anexo censo se puede observar el sector en el cual se realizó el estudio (**Anexo 2**)

### **3.4. ESTUDIO DE LA DEMANDA.**

Una de las etapas previas del diseño de un proyecto, es el estudio de la demanda, ya que mediante este análisis se podrá adoptar las decisiones más correctas y el dimensionamiento adecuado para el proyecto.

El estudio realizado en el presente trabajo, revela la situación actual y la demanda presente en cuanto a telecomunicaciones se refiere, el cual está basado en encuestas realizadas a las diferentes poblaciones del Cantón Cumandá. El modelo de esta encuesta contiene información de los servicios que puede prestar esta red de telefonía inalámbrica y preguntas de interés para el diseño de la misma.

Tabla 3.3 Presenta la demanda existente y solicitada por las diferentes zonas rurales del Cantón Cumandá con 635 usuarios y como la implementación del sistema CDMA 450 es de muy corto tiempo se podrá satisfacer en corto plazo dicha demanda, esta situación hace que el presente proyecto de titulación considere necesario estimar la demanda futura de los servicios, con el fin de dar solución rápida y eficaz a los usuarios que deseen

posteriormente la prestación de dichos servicios; de esta manera CNT podrá invertir económicamente en forma gradual, ajustándose al crecimiento del número de abonados y del tráfico.

Lugar	Latitud S	Longitud O	Altura	Distancia	Número de abonados de voz	Número de abonados de datos	Número total de abonados
CUMANDÁ	2° 12' 30"	79° 8' 2"	317m	BTS PROPUESTA			
LA VICTORIA	2° 11' 10"	79° 6' 27"	376m	3.5K m	50	8	58
CASCAJAL	2° 10' 45"	79° 4' 48"	497m	6.5K m	10	1	11
JUMCAMAL	2° 13' 54"	79° 3' 48"	907m	7.25K m	10	1	11
NARANJA PATA	2° 16' 30"	79° 5' 6"	873m	9km	10	1	11
H. SAN RAMÓN	2° 12' 0"	79° 13' 18"	165m	10.5K m	10	1	11
H. LA DELICIA	2° 11' 54"	79° 14' 0"	149m	12K m	10	1	11
BUENOS AIRES	2° 11' 54"	79° 10' 54"	230m	6K m	70	8	78
EL SURAL	2° 7' 30"	79° 0' 30"	1430m	16.42K m	10	1	11
LA UNIÓN	2° 11' 33.32"	79° 15' 53.43"	116m	14.63K m	16	2	18
LAURELES	2° 11' 46.63"	79° 17' 22.41"	101m	17.32K m	16	2	18
ISLA 87	2° 11' 49.95"	79° 18' 37.54"	83m	19.64K m	38	4	42
GUAYACANES	2° 12' 1.75"	79° 15' 24.4"	134m	12.96K m	50	6	56
LA RESISTENCIA	2° 12' 30.74"	79° 19' 33.53"	77m	21.34K m	80	10	90
JESÚS DEL GRAN PODER	2° 14' 29.40"	79° 7' 18.32"	546m	4.13K m	50	5	55
SAN JUAN DE LA ISLA	2° 15' 8.47"	79° 7' 42.98"	470m	5.19K m	60	7	67
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	2° 12' 18.44"	79° 12' 17.57"	197m	7.89K m	50	4	54
LA MODELO	2° 12' 46.02"	79° 18' 21.11"	92m	19.14K m	30	3	33
<b>TOTAL</b>					<b>570</b>	<b>65</b>	<b>635</b>

**Tabla 3.3:** Demanda inicial de telefonía en los sectores rurales del Cantón Cumandá.

### 3.5. DEMANDA DE LAS LÍNEAS TELEFÓNICAS PROYECTADAS A CINCO AÑOS

Luego de saber las demandas de líneas telefónicas en el año cero (año actual), este diseño se lo proyectará para los cinco años siguientes, tomando en cuenta la tasa de crecimiento poblacional del 2.6% anual. Dada por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos).

Con estos datos obtenidos se realizaron los siguientes cálculos para encontrar la cantidad de usuarios que requerirán el servicio en un determinado tiempo.

$$D(t) = D_0 * (1 + i)^t$$

Donde:

**D(t)** = Demanda a t años

**D<sub>0</sub>** = Demanda Inicial en un tiempo de 0 años, investigada después de un censo

**i** = índice de crecimiento poblacional Anual 2.6%

**t** = tiempo para el cual se investiga la demanda con proyección.

Para el desarrollo de nuestro proyecto se procede con el siguiente cálculo:

D(0) es el valor dado por el censo.

$$D(5) = D_0 * (1 + i)^5$$

Lugar	t(años)	i(%)	(1+i)	D(0)	D(5)
LA VICTORIA	5	0,026	1,026	58	66
CASCAJAL	5	0,026	1,026	11	13
JUMCAMAL	5	0,026	1,026	11	13
NARANJA PATA	5	0,026	1,026	11	13
H. SAN RAMÓN	5	0,026	1,026	11	13
H. LA DELICIA	5	0,026	1,026	11	13
BUENOS AIRES	5	0,026	1,026	78	89
EL SURAL	5	0,026	1,026	11	13
LA UNIÓN	5	0,026	1,026	18	20
LAURELES	5	0,026	1,026	18	20
ISLA 87	5	0,026	1,026	42	48
GUAYACANES	5	0,026	1,026	56	64
LA RESISTENCIA	5	0,026	1,026	90	102
JESUS DEL GRAN PODER	5	0,026	1,026	55	63
SAN JUAN DE LA ISLA	5	0,026	1,026	67	76
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	5	0,026	1,026	54	61
LA MODELO	5	0,026	1,026	33	38
<b>TOTAL</b>				<b>635</b>	<b>722</b>

**Tabla 3.4:** Demanda inicial proyectada a cinco años.

### 3.6. ESTUDIO DE TRÁFICO [17].

La infraestructura de tráfico telefónico determina el flujo de ocupaciones o llamadas simultáneas durante un período de tiempo dado. La unidad de tráfico es el ERLANG que significa la cantidad de tiempo de ocupación por hora en un grupo de canales. Para calcular el tráfico en un grupo de canales, se suma el tiempo de todas las ocupaciones, con la siguiente expresión:

$$A = \frac{1}{T} * \sum_{i=1}^n t_i \quad (2)$$

Donde:

A= tráfico total.

$t_i$ = tiempo de duración de la llamada.

T= Periodo de observación.

n= número total de ocupación en el grupo de canales.

Si se tiene el tiempo promedio de las ocupaciones, entonces la ecuación (2) se reduce a:

$$A = \frac{1}{T} * (n * t_m) \quad (3)$$

Donde  $t_m$ = tiempo promedio de ocupación.

En la práctica del dimensionado de un grupo de salida se deben observar esencialmente los siguientes criterios:

La forma en que se atiende al tráfico, es decir, si los equipos de conmutación trabajan, por ejemplo como sistema de pérdida o como sistema de espera.

Las características de la red de conmutación es decir la accesibilidad y la clase de mezcla.

La calidad de tráfico requerida, o sea, el volumen de la pérdida o indicaciones sobre datos de espera.

La clase del tráfico, es decir, las propiedades estadísticas del mismo.

**Sistema de pérdidas**, se rechazan una ocupación ofrecida si la comunicación deseada no se puede establecer inmediatamente, debido a un bloqueo, recibiendo el abonado que llama la señal de ocupado.

**Sistema de espera**, puede mantenerse una ocupación ofrecida que no pueda ser atendida inmediatamente debido a un bloqueo, hasta que se pueda establecer el enlace.

**Accesibilidad**, es el rendimiento de un grupo de salida determinado esencialmente por la cantidad de líneas de salida del grupo que pueda alcanzarse, o sea comprobarse en cuanto a su estado de ocupación (libres u ocupadas), desde una línea de entrada a través de la red de conmutación contemplada.

**Mezcla**, a fin de que la red de conmutación rinda el máximo posible, se asignan las líneas de salida del grupo a los subgrupos de entrada de forma tal, que puedan ayudarse entre sí ampliamente. El sistema de asignación empleado se designa como mezcla. De acuerdo a estos criterios para las comunicaciones actuales se han planteado los siguientes valores esperados, según la División de Tráfico y Calidad de Servicio de la CNT:

Para voz, se considera:

$$T = 60 \text{ minutos.}$$

$$t_m = 3 \text{ minutos.}$$

$$n = 1$$

Reemplazando estos valores en la ecuación (3) se tiene:

$$A = 0.05 \text{ Erl/Abonado.}$$

En la División de Tráfico y Calidad de Servicio de la CNT, se ha hecho la siguiente observación respecto al tráfico para el servicio de Internet dado por la CNT, conociendo que trabaja con los 8E1s (240 circuitos o abonados) de Quito Centro utilizados en el COMAG de ALCATEL, obteniéndose el tráfico por circuito en las horas pico (Carga (Erl)/240 Abonados).

Por lo que, se puede considerar un tráfico  $A=0.56$  Erl/Abonado máximo para el servicio de Internet. En la práctica, se considera para el servicio de Internet una ocupación de mayor o igual a 10 minutos, en promedio se tiene para 30 minutos un tráfico de:

$$A = 0.2 \text{ Erl/Abonado.}$$

El tráfico ofrecido a un sistema es el que quiere ser cursado por el mismo, y el efecto se cursaría si la probabilidad de pérdida fuese nula, y se define en Erlangs.

El tráfico total ofrecido  $A$ , se define como:

$$A = C * X$$

Siendo  $X$  = Número de abonados en total.

De acuerdo a los estudios de demanda y de tráfico para el sector rural del Cantón Cumandá se puede dar los siguientes resultados:

LUGAR	TIPO DE SERVICIO	NÚMERO DE ABONADOS	TRÁFICO POR ABONADO (ERLANG/ABONADO)	TRÁFICO TOTAL (ERLANG)
LA VICTORIA	Voz	50	0,05	2,5
	Internet	8	0,2	1,6
	<b>Subtotal</b>	<b>58</b>		<b>4,1</b>
CASCAJAL	Voz	10	0,05	0,5
	Internet	1	0,2	0,2
	<b>Subtotal</b>	<b>11</b>		<b>0,7</b>
JUMCAMAL	Voz	10	0,05	0,5
	Internet	1	0,2	0,2
	<b>Subtotal</b>	<b>11</b>		<b>0,7</b>
NARANJA PATA	Voz	10	0,05	0,5
	Internet	1	0,2	0,2
	<b>Subtotal</b>	<b>11</b>		<b>0,7</b>
H. SAN RAMÓN	Voz	10	0,05	0,5
	Internet	1	0,2	0,2
	<b>Subtotal</b>	<b>11</b>		<b>0,7</b>
H. LA DELICIA	Voz	10	0,05	0,5
	Internet	1	0,2	0,2
	<b>Subtotal</b>	<b>11</b>		<b>0,7</b>
BUENOS AIRES	Voz	70	0,05	3,5
	Internet	8	0,2	1,6
	<b>Subtotal</b>	<b>78</b>		<b>5,1</b>
EL SURAL	Voz	10	0,05	0,5
	Internet	1	0,2	0,2
	<b>Subtotal</b>	<b>11</b>		<b>0,7</b>
LA UNIÓN	Voz	16	0,05	0,8
	Internet	2	0,2	0,4
	<b>Subtotal</b>	<b>18</b>		<b>1,2</b>
LAURELES	Voz	16	0,05	0,8
	Internet	2	0,2	0,4
	<b>Subtotal</b>	<b>18</b>		<b>1,2</b>
ISLA 87	Voz	38	0,05	1,9
	Internet	4	0,2	0,8
	<b>Subtotal</b>	<b>42</b>		<b>2,7</b>
GUAYACANES	Voz	50	0,05	2,5
	Internet	6	0,2	1,2
	<b>Subtotal</b>	<b>56</b>		<b>3,7</b>
LA RESISTENCIA	Voz	80	0,05	4
	Internet	10	0,2	2
	<b>Subtotal</b>	<b>90</b>		<b>6</b>
JESUS DEL GRAN PODER	Voz	50	0,05	2,5
	Internet	5	0,2	1
	<b>Subtotal</b>	<b>55</b>		<b>3,5</b>
SAN JUAN DE LA ISLA	Voz	60	0,05	3
	Internet	7	0,2	1,4
	<b>Subtotal</b>	<b>67</b>		<b>4,4</b>
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	Voz	50	0,05	2,5
	Internet	4	0,2	0,8
	<b>Subtotal</b>	<b>54</b>		<b>3,3</b>
LA MODELO	Voz	30	0,05	1,5
	Internet	3	0,2	0,6
	<b>Subtotal</b>	<b>33</b>		<b>2,1</b>
<b>TOTAL</b>		<b>635</b>		<b>41,5</b>

Tabla 3.5: Tráfico total en Erlang

### 3.7. CÁLCULO DEL NÚMERO DE RADIO BASES.

Otra fase del dimensionamiento correcto de la red es el cálculo del número de celdas (radio bases) necesarias para satisfacer a la demanda de los servicios, él mismo que se lo realiza mediante dos métodos:

Por cobertura, y

Por capacidad.

### 3.8. DISEÑO POR CAPACIDAD <sup>[18]</sup>.

Este método tiene como objetivo determinar el número de BTSs necesarias para satisfacer la demanda de capacidad requerida para un número de abonados; con este fin, es preciso estimar la calidad de tráfico.

La calidad de tráfico es el Grado de Servicio (GOS) o la probabilidad de que una llamada sea bloqueada (Erlang B), o la probabilidad de que una llamada experimente un retardo mayor que un tiempo fijo de encolamiento (Erlang C). En nuestro país se maneja el tráfico mediante el Modelo de Pérdidas “Erlang B”, éste es representado mediante la siguiente fórmula:

$$GOS = \Pr[llamada\_es\_bloqueada] = \frac{\frac{A^c}{C!}}{\sum_{k=0}^n \frac{A^k}{k!}}$$

La fórmula determina la probabilidad de que una llamada se bloquee donde:

C: es el número de canales.

A: es el tráfico total ofrecido.

La fórmula de Erlang B considera que el sistema es de accesibilidad completa y que el comportamiento de los usuarios es independiente. Los valores de GOS en el rango de [0.01, 0.001] son considerados muy buenos. En el anexo B se presentan las tablas de los valores de la Fórmula de Erlang B.

En esta etapa del dimensionamiento de la red se debe decidir la configuración de la celda, es decir si el tráfico será manejado con una configuración de canales omnidireccionales o sectorizados; en el presente trabajo ha creído adecuada la sectorización de la celda (tres

sectores de 120° cada uno) con el propósito de aumentar la capacidad de manejo del tráfico y con ello disponer de una red con una distribución de tráfico controlada. Otros aspectos importantes en el diseño son los parámetros técnicos de los equipos ha utilizarse, el presente proyecto ha considerado equipos de marca HUAWEI, según la calidad de tráfico (GOS = 1%) el número de celdas que se requiere para satisfacer la demanda será la indicada en la Tabla 3.6.

<b>DATOS</b>	<b>CDMA 450</b>
Número efectivo de portadoras por sector	3
Número de canales de voz por portadora	32
Número de canales por sector	96
Tráfico soportado por sector (GOS = 1 %) [Erlgs]	80,306
Número de sectores por celda	3
Tráfico soportado por celda [Erlgs]	240,918
Tráfico total requerido [Erlgs].	41,5
<b>Número de celdas</b>	<b>1</b>

**Tabla 3.6:** Número de celdas con una calidad de tráfico del 1%.

Por lo tanto, con una sola radio base CDMA450 se puede satisfacer la demanda de servicios de aproximadamente 635 usuarios, garantizando la calidad de tráfico y permitiendo la expansión de la red gradualmente.

### **3.9. DISEÑO POR COBERTURA.**

Este método permite conocer el número de celdas (ó BTSs) necesarias para cubrir la zona de interés; por lo que es indispensable conocer el área total a la que se desea dar el servicio y el área de la celda en base a los datos específicos de los equipos a utilizarse en la red.

Como ya se menciona anteriormente los equipos a utilizarse en el presente proyecto son equipos de marca HUAWEI. La localidad de Cumandá cubre una superficie aproximada de 158,70 Km<sup>2</sup> (ó 15870 Hectáreas). En la Tabla 3.7 se indica el procedimiento del cálculo del número de celdas por el método de cobertura.

DATOS	CDMA 450
Área total de la zona[Km <sup>2</sup> ]	158,7
Radio de la Celda [Km.]	50,52
Área de la celda[Km <sup>2</sup> ]	7771,36
<b>Número de celdas (Cobertura)</b>	<b>1</b>

**Tabla 3.7:** Número de celdas por el Método de Cobertura.

Por lo tanto, sólo es necesario una radio base para cubrir esta zona, pero además se debe asegurar que los radios enlaces con cada una de las localidades sean óptimos para garantizar una buena calidad del servicio. Además es de recalcar que la CNT dispone de una torre de 30 m en la repetidora del Cantón Cumandá ubicada en las calles 9 de Octubre y Abdón Calderón y que se encuentra situada en un punto estratégico desde el cual se tiene línea de vista a la mayoría de las poblaciones, por tal razón este punto es la ubicación de la estación base BTS.

Se realizó una visita a este lugar, donde se observó que la infraestructura física de la torre y del cuarto de equipos está en buena condición. Se pudo constatar que también existe el suministro de energía eléctrica lo que optimizará la implementación del sistema (ver la Figura 3.2).



**Figura 3.2:** Cuarto de equipos de CNT del Cantón Cumandá.

En la torre existente en la central del Cantón Cumandá será la apropiada para instalar las antenas del sistema CDM450 proyectado para las zonas rurales de dicho Cantón. (ver la Figura 3.3).



**Figura 3.3:** Torre de transmisión CNT del Cantón Cumandá.

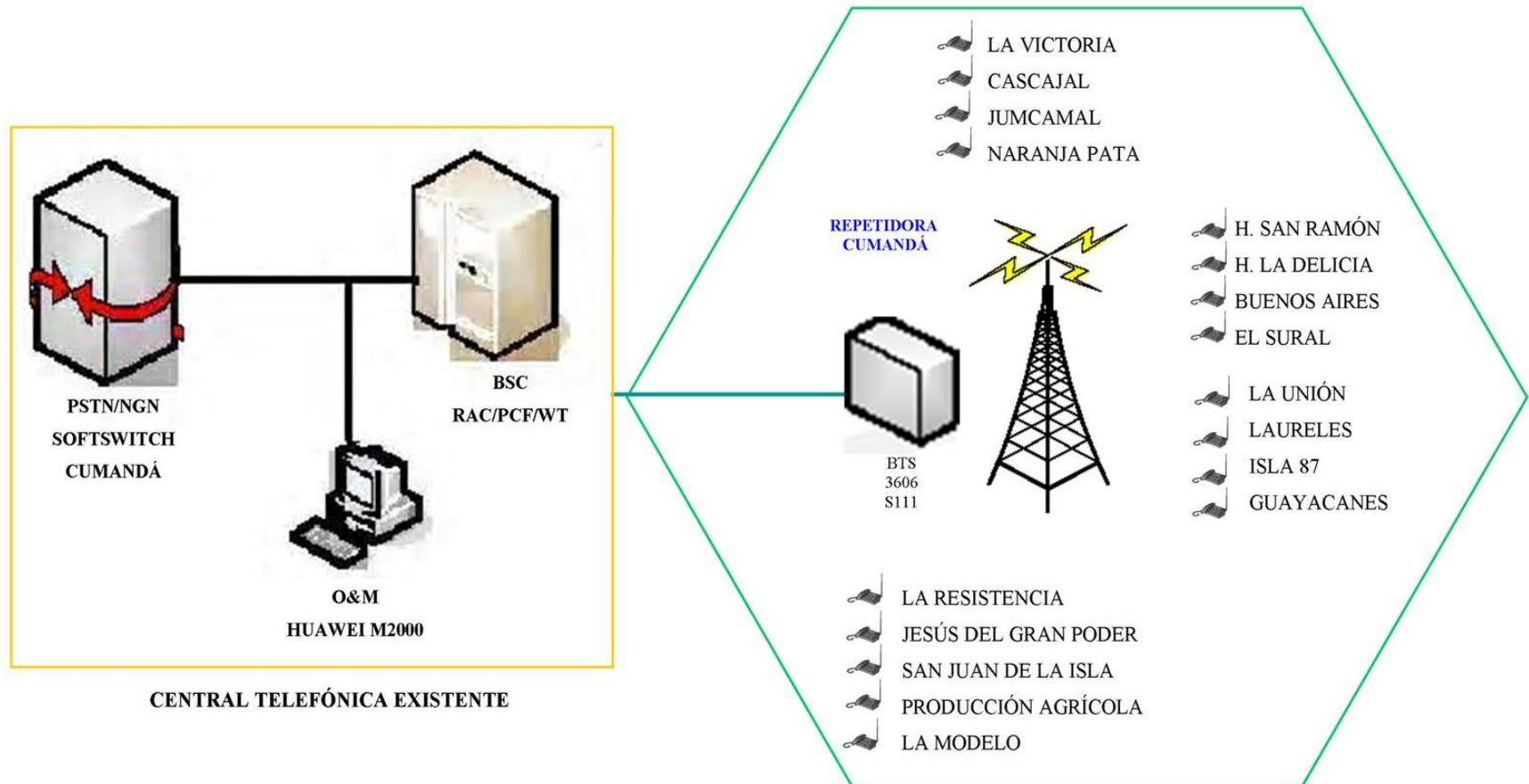
### 3.10. PLAN DE NUMERACIÓN.

La red CDMA450 WLL diseñada para la zona rural del Cantón requiere la asignación aproximada de 650 nuevos números telefónicos, por tal razón y en base a los datos de capacidad de las centrales telefónicas de la CNT se plantea la alternativa de la Central Telefónica a la cual se interconectaría el sistema CDMA 450.

Nombre de la Central	Serie Asignada	Capacidad	Provincia
Cumandá (Central 615)	23266000 – 2327218	1216	Chimborazo

**Tabla 3.8:** Número disponibles asignados a la central del Cantón Cumandá

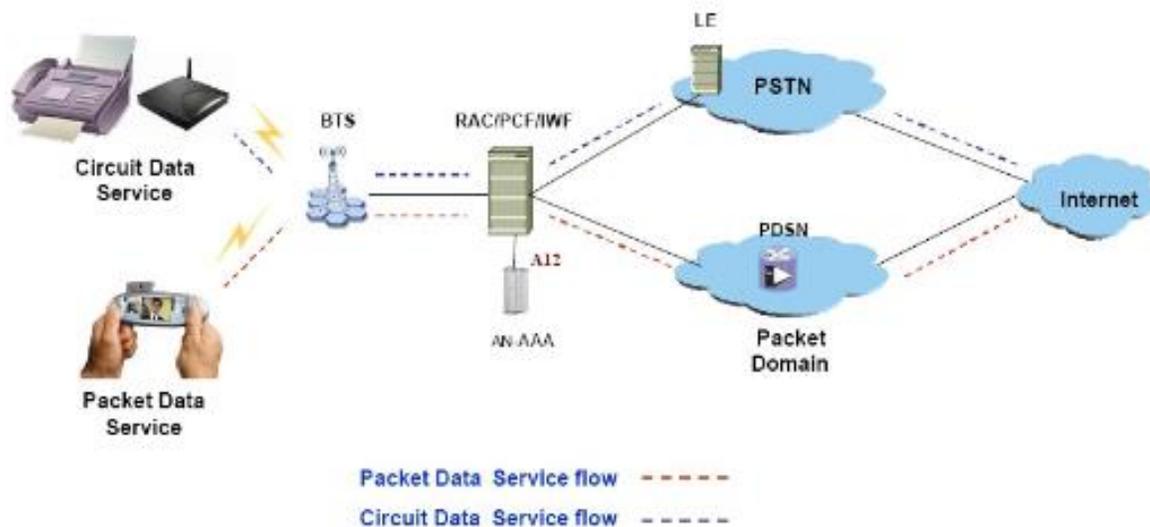
La central Cumandá ofrece la suficiente capacidad de números telefónicos, como también permitirá el desarrollo eficiente de la red y de sus servicios, gracias a que el sistema CDMA450 es totalmente compatible con esta central. En la figura 3.4 se muestra en su totalidad la estructura del sistema CDMA 450 WLL.



**Figura 3.4:** Estructura del Sistema CDMA450 WLL en el Sector Rural del Cantón Cumandá.

### 3.11. ESTRUCTURA GENERAL DE LA RED

En el siguiente diagrama se muestra la estructura de la red, CDMA 450 en el Cantón Cumandá.



**Figura 3.5:** Estructura de la red CDM4540.

### 3.12. ANÁLISIS DE RADIO-PROPAGACIÓN PARA LOS ENLACES DE LA RED UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO.

El empleo de software especializado para el diseño de radio enlaces es de gran ayuda, si bien no son 100% exactos pueden ser muy aproximados a la realidad ya que combinan información de relieve, clima, y las características de los sistemas a ser implementados, a continuación presentamos los datos calculados con el programa Radio Mobile.

El software RADIO\_MOBILE requiere la ubicación geográfica de las localidades, parámetros técnicos de los equipos, frecuencia de transmisión y de recepción de los equipos, alturas de las antenas de la BTS como del terminal, las ganancias de las antenas, el tipo de clima, tipo de red fija o móvil, etc. Junto con el Departamento de Transmisión de la

CNT y con la ayuda de la respectiva carta topográfica de escala 1:50.000, se han obtenido las latitudes de las localidades que se muestra en la tabla 3.9.

Repetidor A	Localidad B	Latitud S	Longitud O	Altura	Distancia
CUMANDÁ	CUMANDÁ	2° 12' 30"	79° 8' 2"	317m	BTS PROPUESTA
	LA VICTORIA	2° 11' 10"	79° 6' 27"	376m	3.5Km
	CASCAJAL	2° 10' 45"	79° 4' 48"	497m	6.5Km
	JUMCAMAL	2° 13' 54"	79° 3' 48"	907m	7.25Km
	NARANJA PATA	2° 16' 30"	79° 5' 6"	873m	9km
	H. SAN RAMÓN	2° 12' 0"	79° 13' 18"	165m	10.5Km
	H. LA DELICIA	2° 11' 54"	79° 14' 0"	149m	12Km
	BUENOS AIRES	2° 11' 54"	79° 10' 54"	230m	6Km
	EL SURAL	2° 7' 30"	79° 0' 30"	1430m	16.42Km
	LA UNIÓN	2° 11' 33.32"	79° 15' 53.43"	116m	14.63Km
	LAURELES	2° 11' 46.63"	79° 17' 22.41"	101m	17.32Km
	ISLA 87	2° 11' 49.95"	79° 18' 37.54"	83m	19.64Km
	GUAYACANES	2° 12' 1.75"	79° 15' 24.4"	134m	12.96Km
	LA RESISTENCIA	2° 12' 30.74"	79° 19' 33.53"	77m	21.34Km
	JESÚS DEL GRAN PODER	2° 14' 29.40"	79° 7' 18.32"	546m	4.13Km
	SAN JUAN DE LA ISLA	2° 15' 8.47"	79° 7' 42.98"	470m	5.19Km
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	2° 12' 18.44"	79° 12' 17.57"	197m	7.89Km	
LA MODELO	2° 12' 46.02"	79° 18' 21.11"	92m	19.14Km	

**Tabla 3.9:** Información geográfica de las poblaciones del Cantón Cumandá

Para la simulación de los radioenlaces se toman las siguientes consideraciones:

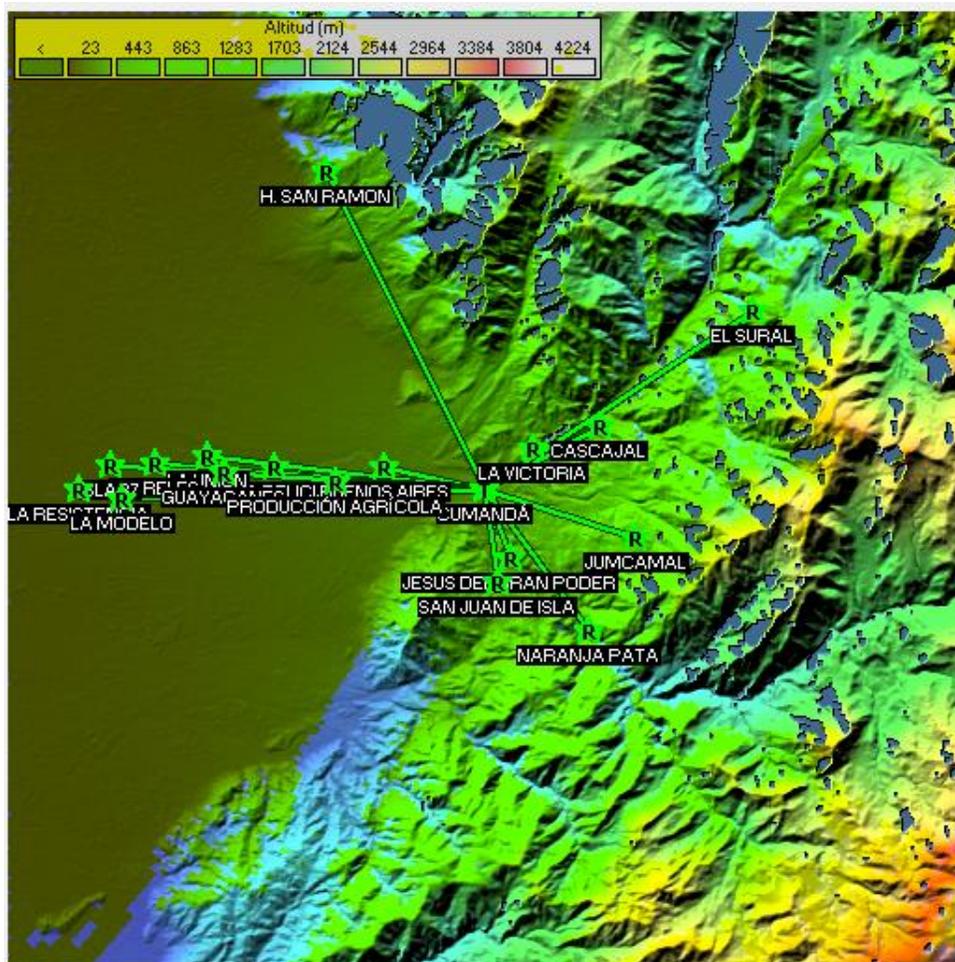
- Se considera que la antena del suscriptor será instalada en las terrazas o tejados de los domicilios del abonado; es decir, a una altura de 6 m (considerando que la mayoría de las viviendas son de dos plantas, que es común en esta zona subtropical suburbana).
- Las antenas de la estación base se colocan en una torre de 30 m de altura.
- Las ganancias de las antenas de la estación base son de 15 dBi y del suscriptor es de 10 dBi, la sensibilidad de recepción de la BTS es de -128 dBm.
- Dado que los perfiles topográficos realizados para cada una de las localidades, presentan línea de vista con visibilidad directa y sin obstáculos en la primera zona de Fresnel, con el software RADIO\_MOBILE se obtiene las pérdidas por propagación totales de cada radio enlace tanto en el sentido directo o reverso del mismo.
- La máxima potencia de transmisión de la estación base es de 43 dBm/portadora.
- El tipo de red a simularse es fija inalámbrica, en un clima subtropical.

### 3.12.1. RED DE ACCESO

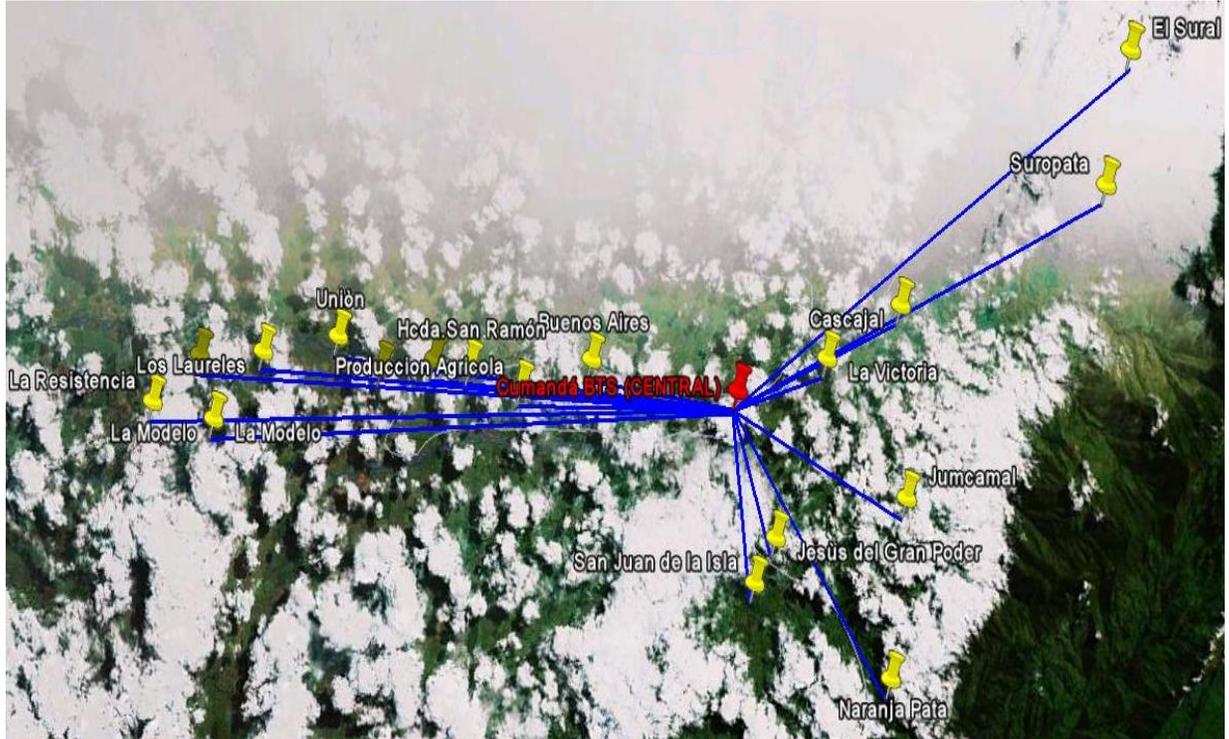
La red de acceso está constituida básicamente por la estación base y la cobertura que esta tendrá sobre las poblaciones a ser beneficiadas, pero vale resaltar que el servicio abarcará también a las poblaciones que se encuentren dentro del área de cobertura de la estación base.

En la figura 3.6 y figura 3.7 se muestra el enlace entre la BTS y los abonados expandidos en las diferentes localidades rurales del Cantón Cumandá.

El perfil topográfico creado por el software RADIO\_MOBILE es en base a la carta topográfica de escala 1:50.000 proporcionada por el Instituto Geográfico Militar. En base a estos parámetros se obtiene los siguientes resultados mediante el software RADIO\_MOBILE Y GOOGLE EARTH:



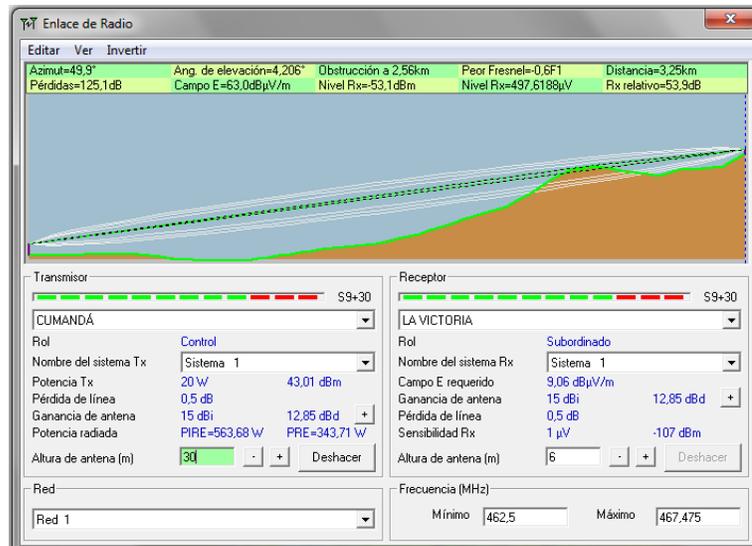
**Figura 3.6:** Enlace entre la BTS y las diferentes localidades utilizando el software RADIO MOVILE.



**Figura 3.7:** Enlace entre la BTS y las diferentes localidades utilizando el software GOOGLE EARTH.

### 3.12.2. ANALISIS DE RADIO PROPAGACIÓN PARA LOS ENLACES UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO.

#### LA VICTORIA.



**Figura 3. 8** Resultados del Radio enlace Cumandá – La Victoria.

- CASCAJAL.

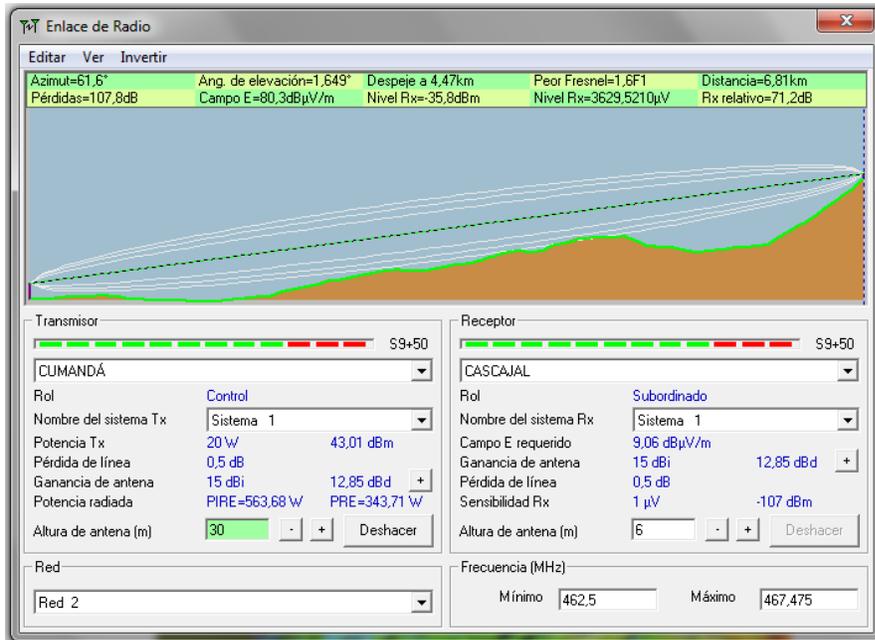


Figura 3.9: Resultados del Radio enlace Cumandá – Cascajal

- JUMCAMAL.

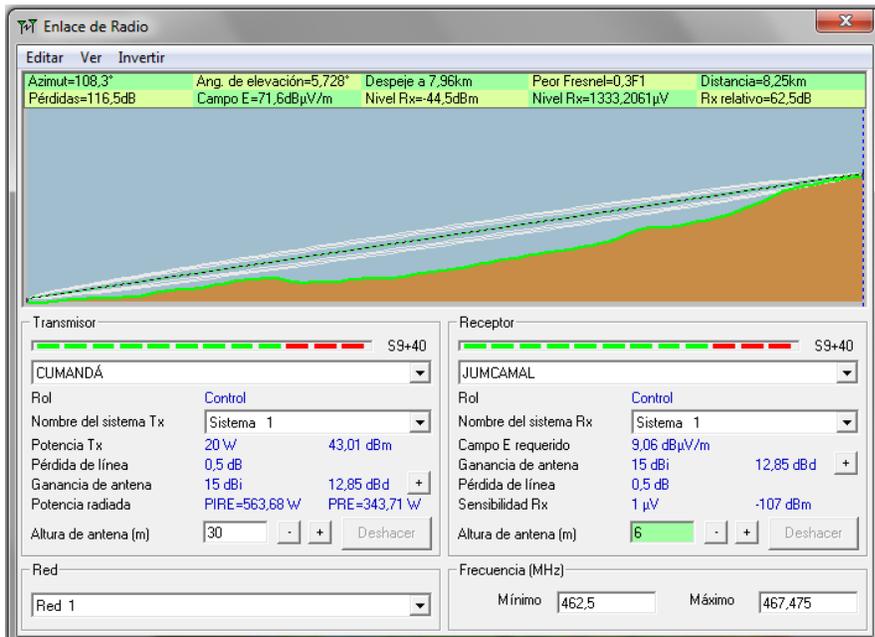
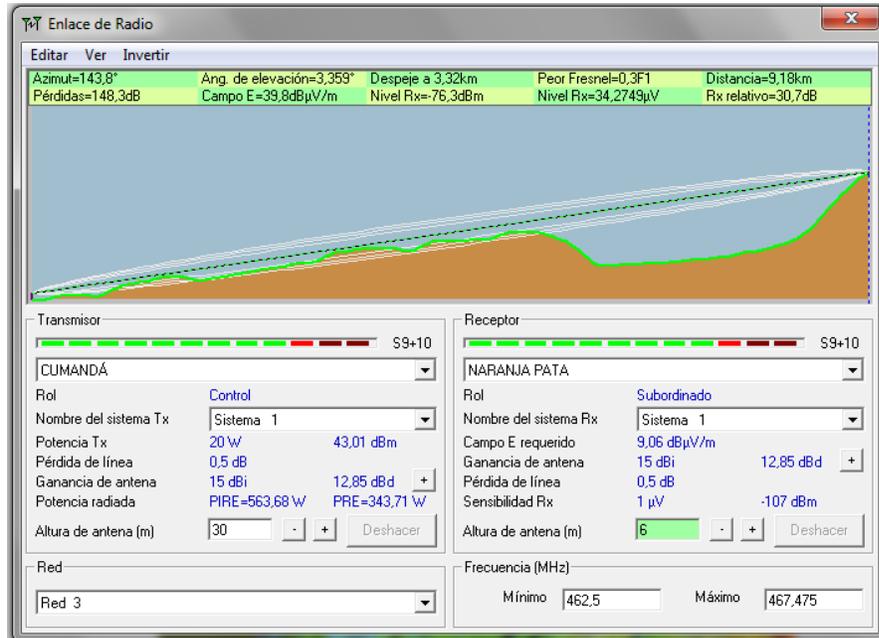


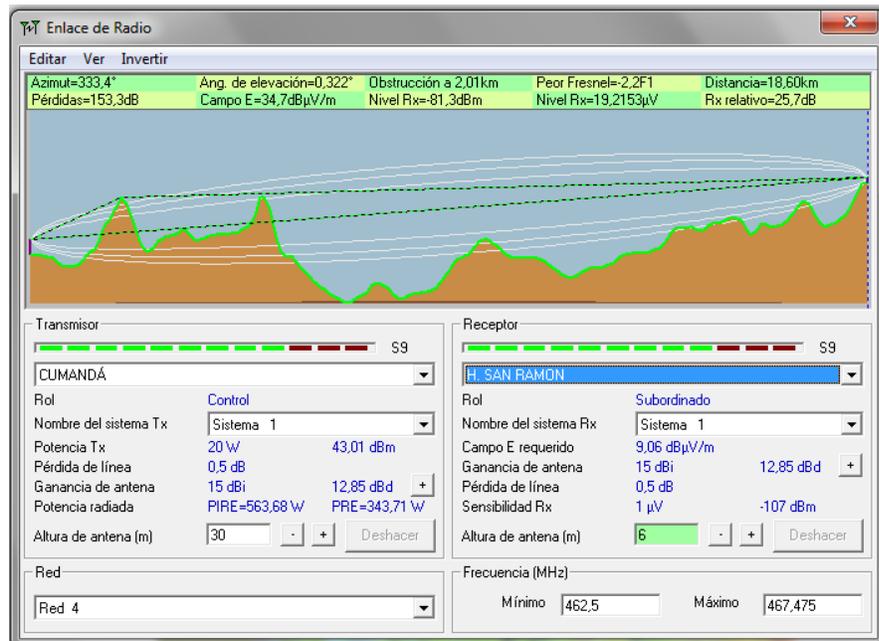
Figura 3.10: Resultados del Radio enlace Cumandá – Jumcamal.

- **NARANJA PATA.**



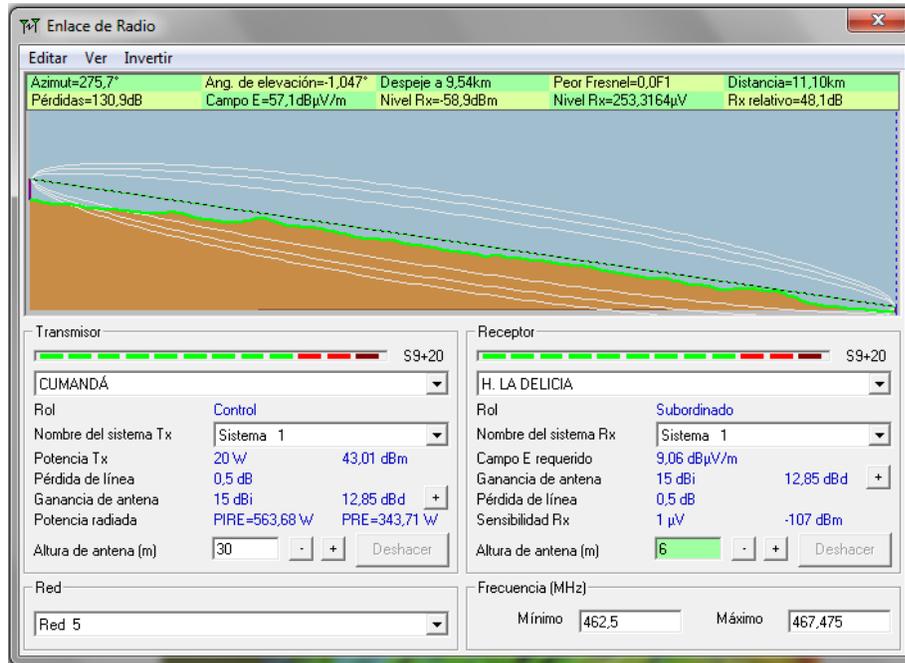
**Figura 3.11:** Resultados del Radio enlace Cumandá – Naranja Pata.

- **H. SAN RAMÓN.**



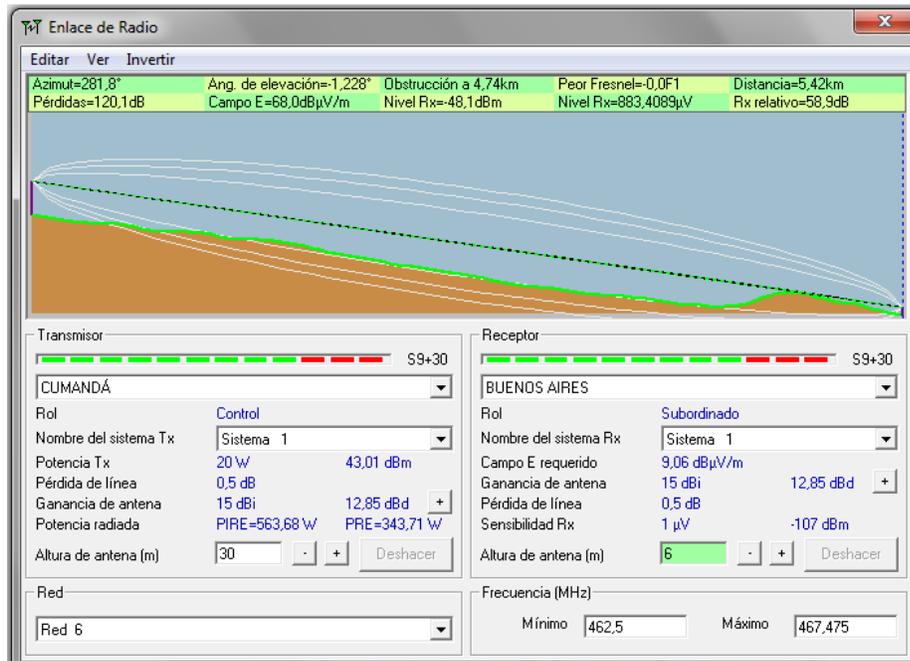
**Figura 3.12:** Resultados del Radio enlace Cumandá – H. San Ramón.

- **H. LA DELICIA.**



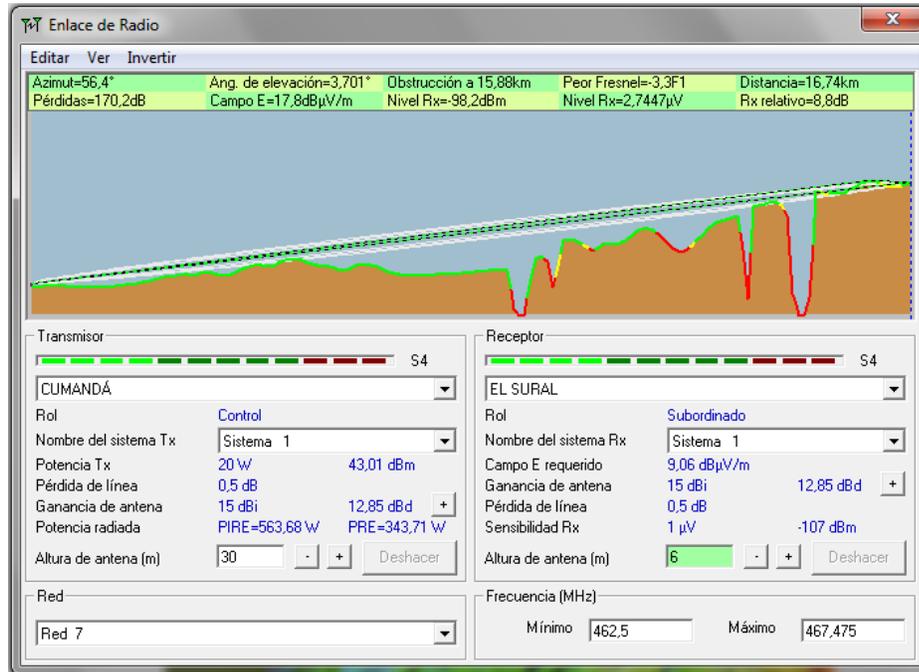
**Figura 3.13:** Resultados del Radio enlace Cumandá – H. La Delicia.

- **BUENOS AIRES.**



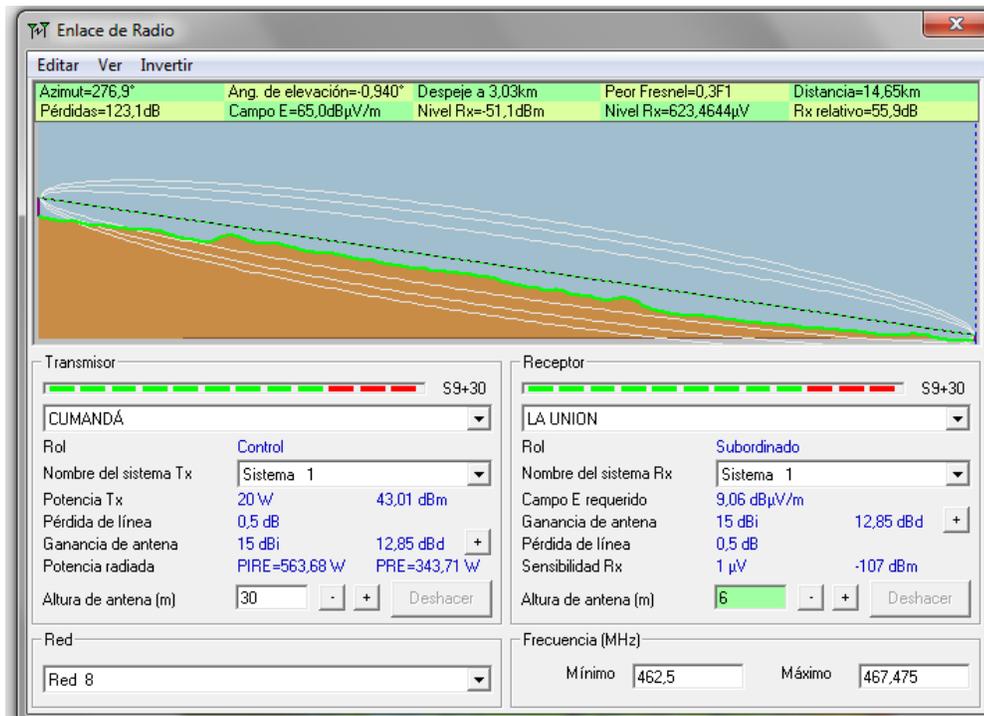
**Figura 3.14:** Resultados del Radio enlace Cumandá – Buenos Aires.

- **EL SURAL.**



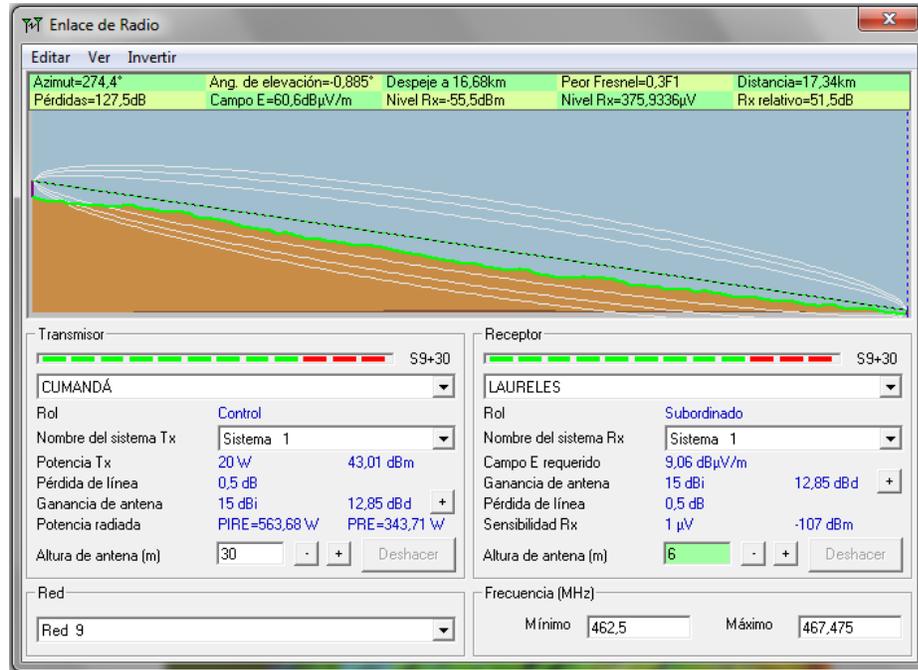
**Figura 3.15:** Resultados del Radio enlace Cumandá – El Sural.

- **LA UNIÓN**



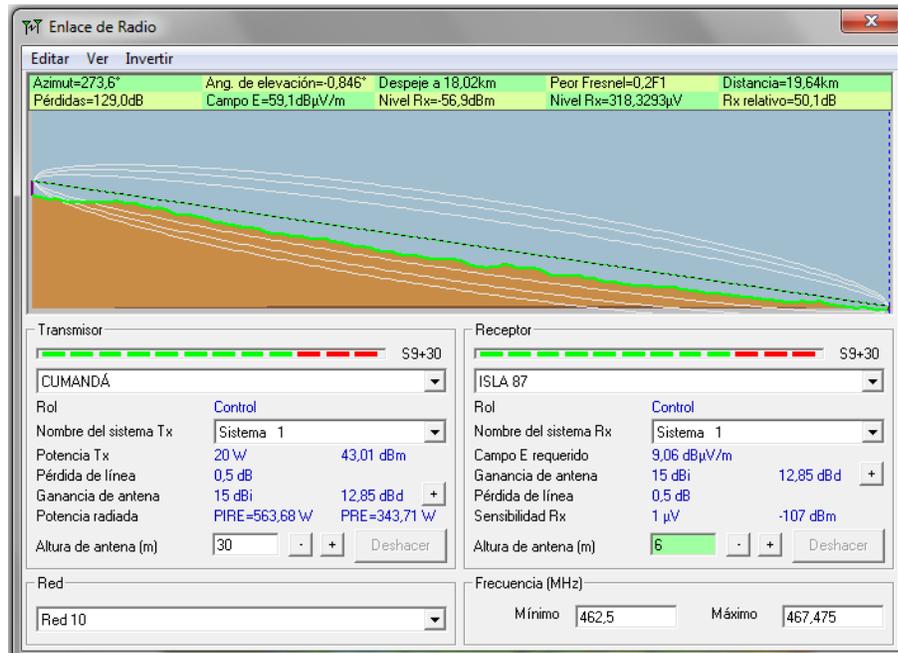
**Figura 3.16** Resultados del Radio enlace Cumandá – La Unión.

- **LAURELES.**



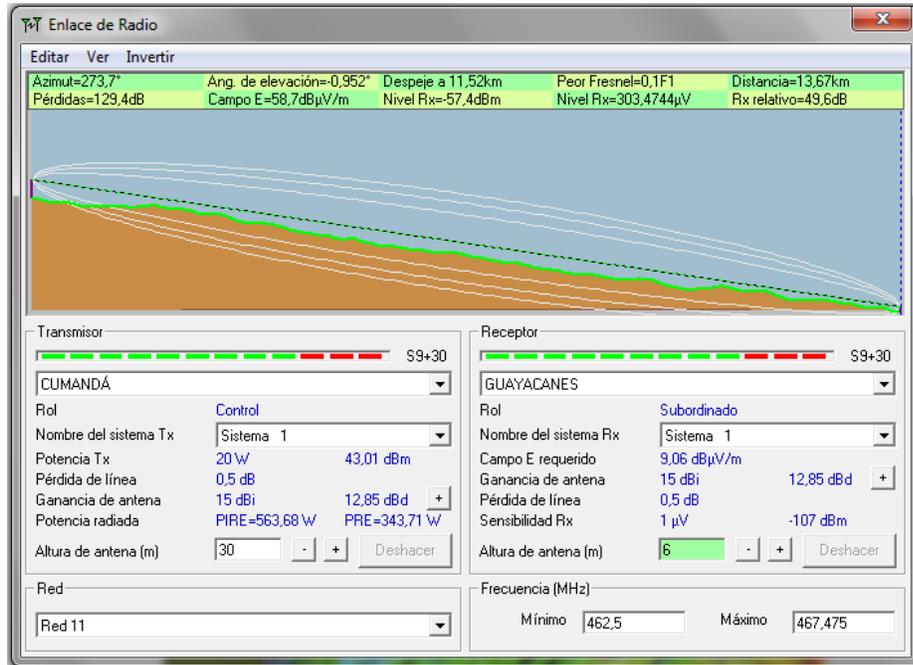
**Figura 3.17:** Resultados del Radio enlace Cumandá – Laureles.

- **ISLA 87.**



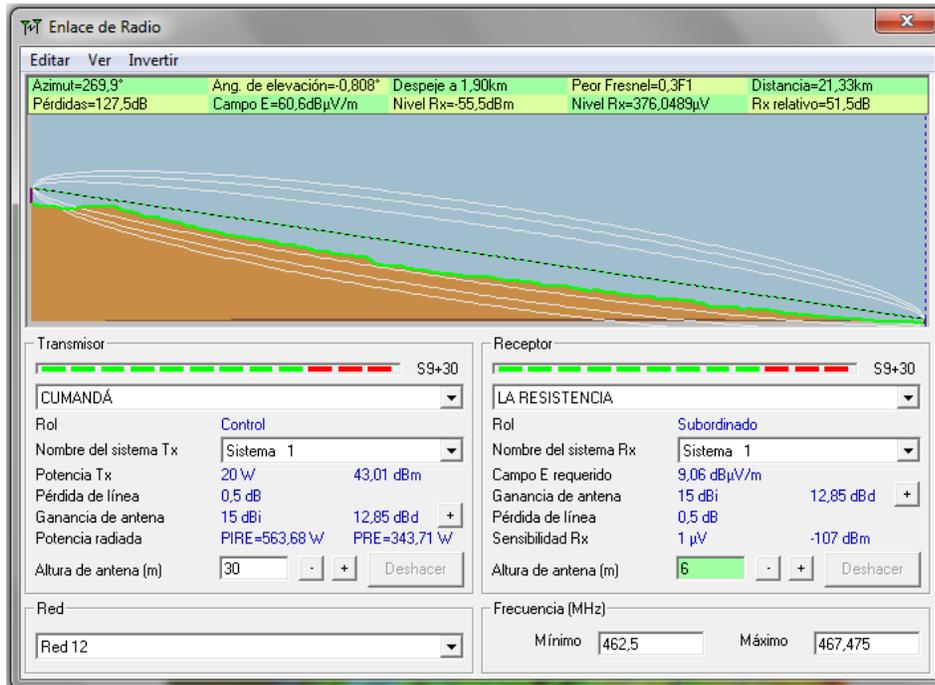
**Figura 3.18:** Resultados del Radio enlace Cumandá – Isla 87.

- **GUAYACANES.**



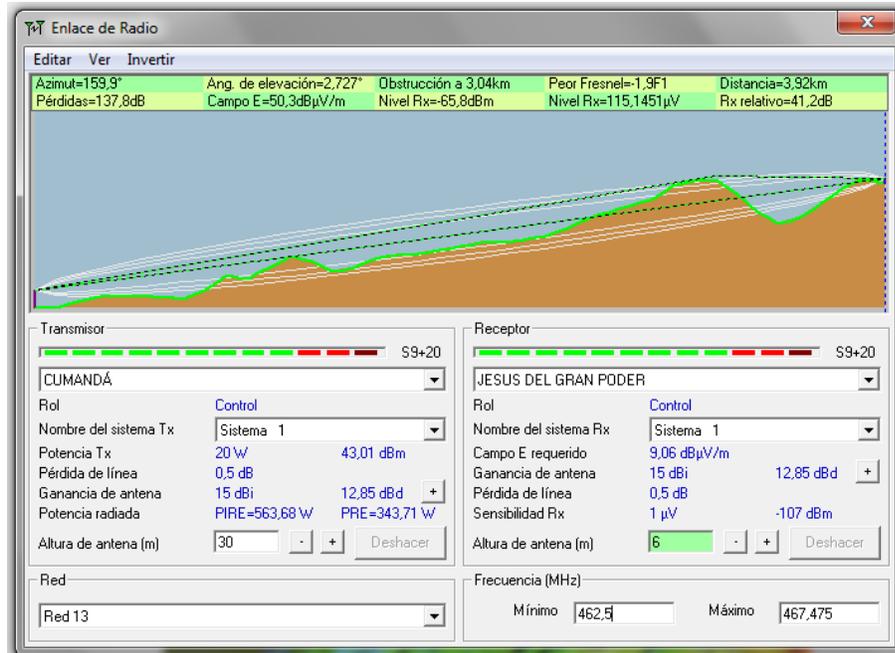
**Figura 3.19:** Resultados del Radio enlace Cumandá – Guayacanes.

- **LA RESISTENCIA.**



**Figura 3.20:** Resultados del Radio enlace Cumandá – La Resistencia.

- **JESÚS DEL GRAN PODER.**



**Figura 3.21:** Resultados del Radio enlace Cumandá – Jesús del Gran poder.

- **SAN JUAN DE LA ISLA.**



**Figura 3.22:** Resultados del Radio enlace Cumandá – San Juan de la Isla.

- **PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.**

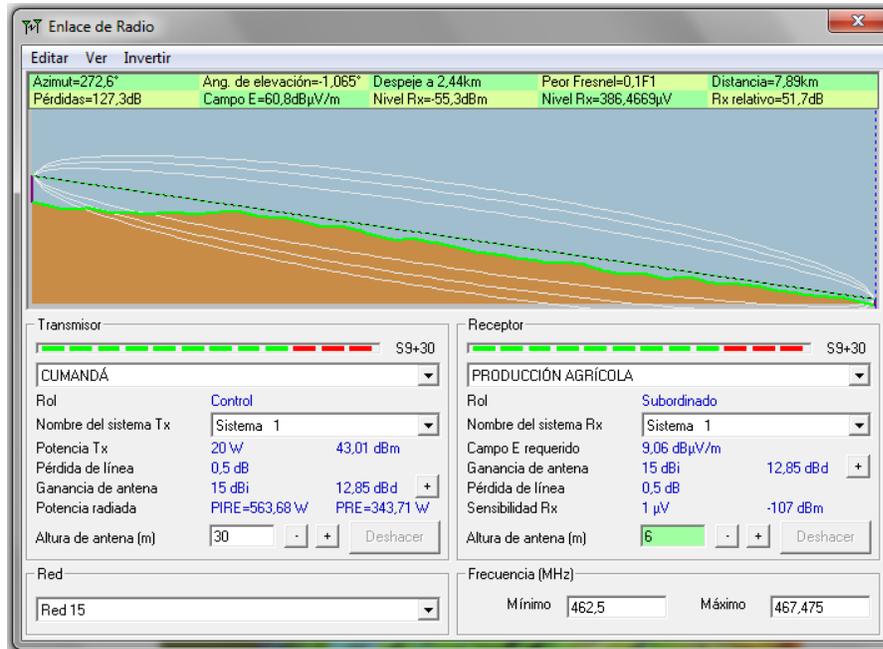


Figura 3.23: Resultados del Radio enlace Cumandá – Producción Agrícola.

- **LA MODELO.**

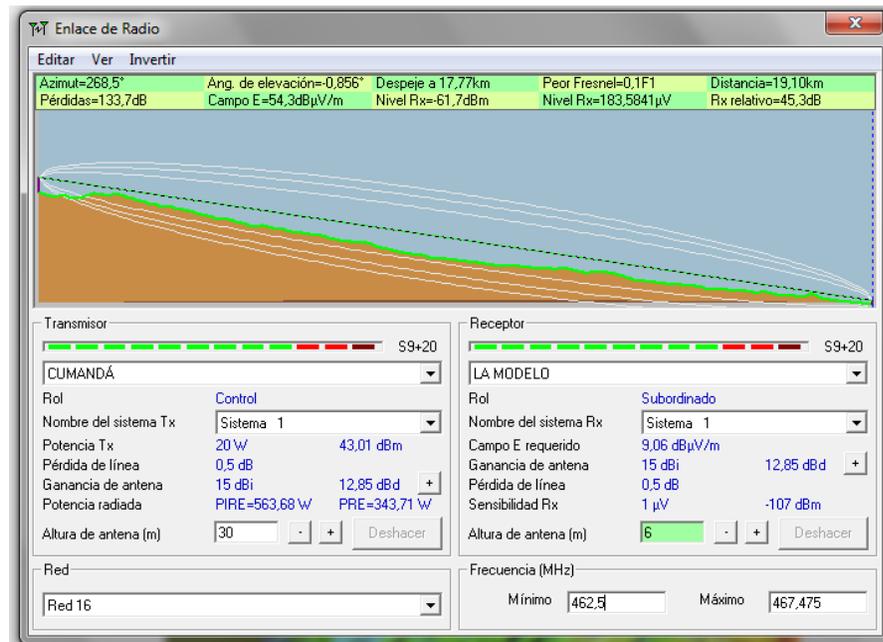


Figura 3.24: Resultados del Radio enlace Cumandá – La Modelo.

## CAPÍTULO IV

### 4.1. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA RED CDMA 450

Los pueblos que se encuentran dentro de las montañas o dentro de los valles representan el reto más importante para una tecnología inalámbrica convencional. Llegar a áreas rurales con tan poca densidad es prácticamente imposible usar soluciones basadas en cobre. Ningún otro operador quiere desarrollar negocio en estas áreas.

### 4.2. DETERMINACIÓN DEL EQUIPAMIENTO Y LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA.

#### 4.2.1. Determinación del equipamiento.

##### 4.2.1.1. Equipamiento de red

A continuación describiremos cada uno de los bloques de equipos necesarios para la implementación de nuestra red, así como también mencionaremos brevemente las funciones de cada uno de sus componentes:

- **BSS** Base Station System o Sistema de estaciones base, el cual es el encargado de interactuar directamente con los terminales de los clientes, incluye el BSC Base Station Controlar o Controlador de la estación base, el cual permite la interconexión con la MSC y la PSDN, además de incluir también la BTS Base Transceiver Station, es la interfaz de RF, la cual posibilita la comunicación entre los equipos de usuario (teléfonos fijos inalámbricos, routers inalámbricos, etc.) y la red.

A continuación presentamos las soluciones en cuanto a equipamiento de red ofrecidos por dos de los principales fabricantes inmersos en el desarrollo de la tecnología CDMA450:

#### 4.2.1.2. HUAWEI y ZTE [19-20].

En la Tabla 4.1 describimos las principales características de los equipos HUAWEI Y ZTE

HUAWEI		ZTE	
	<p><b>Macro CDMA BTS3606C</b> Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Soporta 3 celdas, 9 portadoras / sector.</li> <li>- Banda de operación: 450/800 MHz</li> <li>- Dimensiones 700 x 480 x 600 mm.</li> <li>- Peso: &lt;85kg(S3/3/3)</li> <li>- CE Pooling: 768 Ces.</li> <li>- Potencia de transmisión: 60W (TOC).</li> <li>- Eficiencia de PA: 33% DHT.</li> <li>- Sensibilidad: -128 dBm</li> <li>- Transmisión: E1/T1/FE</li> <li>- Alimentación -48VDC/+24VDC.</li> <li>- Consumo de potencia: &lt;630W (S1/1/1), &lt;850W(S2/2/2), &lt;1050W(S3/3/3).</li> </ul>		<p><b>Micro BTS</b> Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Soporta 1 puerto / 3 sectores.</li> <li>- Banda de frecuencia 450/800/1900MHz.</li> <li>- Máxima potencia de transmisión 40W (800MHz), 20W (450/1900MHz).</li> <li>- Sensibilidad: -110 dBm</li> <li>- Alimentación 220 Vac o 48 Vdc.</li> <li>- Consumo de potencia: Hasta 150W.</li> <li>- Dimensiones 800 mm x 400 mm x250 mm.</li> </ul>
	<p><b>Huper BSC</b> Básicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gabinete: N68-22: 2200mm x 600mm x 800mm.</li> <li>- Peso: Un gabinete &lt; 350 Kg.</li> <li>- Configuración completa: 2 gabinetes/5 subracks.</li> <li>- Alimentación: -48V DC (-40V ~ -57V).</li> <li>- Consumo de potencia total: &lt; 8.5 KW.</li> <li>IP Network 1x</li> <li>- BHCA: 3100K.</li> <li>- 50K Erlang de capacidad de tráfico.</li> <li>- TRX: 4300.</li> <li>- 1X throughput: 100Mbps.</li> <li>IP Network DO:</li> <li>- TRX: 6000.</li> <li>- DO throughput: 3Gbps.</li> <li>- Sesiones EVDO activas: 2000.</li> <li>- Conexiones PPP: 600K.</li> <li>TDM/ATM Network (1x):</li> <li>- Erl: 25K.</li> <li>- BHCA: 1500K.</li> <li>- TRX: 2500</li> <li>Confiabilidad:</li> <li>- Disponibilidad: 0.999995</li> <li>- MTBF: 105967.24 horas.</li> <li>- MTTR: o.5 horas.</li> </ul>		<p><b>BSC</b> Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 240 enlaces E1 hacia el MSC.</li> <li>- 380 enlaces hacia las BTS's.</li> <li>- 7200 selector/vocoder.</li> <li>- Vocoder: 8K, 13K , EVRC.</li> <li>- 5,040 Erlang de capacidad de tráfico.</li> <li>- BSC/PCF soporta hasta 2400 sesiones activas y 40000sesiones PPP tipo "dormant".</li> <li>- MTBF&gt;20años.</li> <li>- Dimensiones: 2000 mm x 810 mm x 600 mm (AltoXAnchoXProfundidad).</li> </ul>

**Tabla 4.1:** Equipos HUAWEI Y ZTE para la infraestructura de red.

#### 4.2.2.2. Equipamiento de usuario.

A continuación presentamos algunas opciones de terminales de usuario, tanto para los servicios de voz como de datos, propuestas por 3 de los principales fabricantes. Cabe mencionar que estos equipos pueden trabajar tanto sobre sistemas propios como sobre redes basadas en tecnología de otros fabricantes.

##### 4.2.2.2.1. Telefonía

En la Tabla 3.13 se describe algunas opciones de equipos de telefonía fija inalámbrica, así como sus principales características:

HUAWEI		AXESSTEL	
	<b>ETS CDMA 1 Series</b> Entre las principales características se tiene: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Opera en la frecuencia de 450 MHz</li> <li>- Alta calidad de señal.</li> <li>- Alto volumen.</li> <li>- Manos libres.</li> <li>- Soporta servicios suplementarios.</li> </ul>		<b>PX110</b> Opera en la frecuencia de 450 MHz, ofrece alta calidad de voz y mensajes cortos. Entre las principales características se tiene: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Altavoz incorporado.</li> <li>- Iluminación de pantalla y teclado.</li> <li>- Pantalla LCD a matriz de puntos de 3 líneas.</li> <li>- Hora mundial y calculadora.</li> <li>- SMS.</li> <li>- Correo de voz.</li> <li>- Sonidos polifónicos.</li> <li>- Llamada en espera, transferencia de llamadas y llamadas tripartitas.</li> <li>- RUIM (Removable User Identity Module) opcional.</li> <li>- PCO (Public Calling Office Function) opcional.</li> <li>- Radio FM opcional.</li> </ul>
 ETS CDMA 2	<b>ETS CDMA 2 / ETS CDMA 8 / ETS CDMA 9 Series</b> Entre las principales características se tiene: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Opera en la frecuencia de 450 MHz</li> <li>- Alta calidad de voz y SMS.</li> <li>- Servicio de transferencia de datos con a una tasa máxima de 153,6 Kbit/s.</li> <li>- Llamadas de emergencia.</li> <li>- 11 tipos de timbrado.</li> <li>- Soporta servicios suplementarios.</li> </ul>		<b>PX310</b> Opera en la frecuencia de 450 MHz, ofrece alta calidad de voz, mensajes cortos y transmisión de datos a alta velocidad. Entre las principales características se tiene: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1x Packet Data Capability (153.6Kbps max).</li> <li>- Altavoz incorporado.</li> <li>- Iluminación de pantalla y teclado.</li> <li>- Pantalla LCD gráfica de 3 líneas.</li> <li>- Interface de datos para RS232 y USB</li> <li>- Hora mundial y calculadora.</li> <li>- SMS.</li> <li>- Correo de voz.</li> <li>- Sonidos polifónicos.</li> <li>- Llamada en espera, transferencia de llamadas y llamadas tripartitas.</li> <li>- RUIM (Removable User Identity Module) opcional.</li> <li>- PCO (Public Calling Office Function) opcional.</li> <li>- Radio FM opcional.</li> </ul>
 ETS CDMA 8		 ETS CDMA 9	
		<b>CDMA T Series</b> Entre las principales características se tiene: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Opera en las frecuencia de 450 MHz</li> <li>- Alta calidad de voz y SMS.</li> <li>- Servicio de transferencia de datos con a una tasa máxima de 153,6 Kbit/s.</li> <li>- Soporta teléfonos públicos.</li> <li>- Puerto para control de carga.</li> <li>- Transferencia de llamadas, llamada en espera, llamadas tripartitas.</li> </ul>	

Tabla 4.2: Equipos HUAWEI Y ZTE para telefonía fija inalámbrica [21-22].

4.2.2.2.2. Voz y Datos.

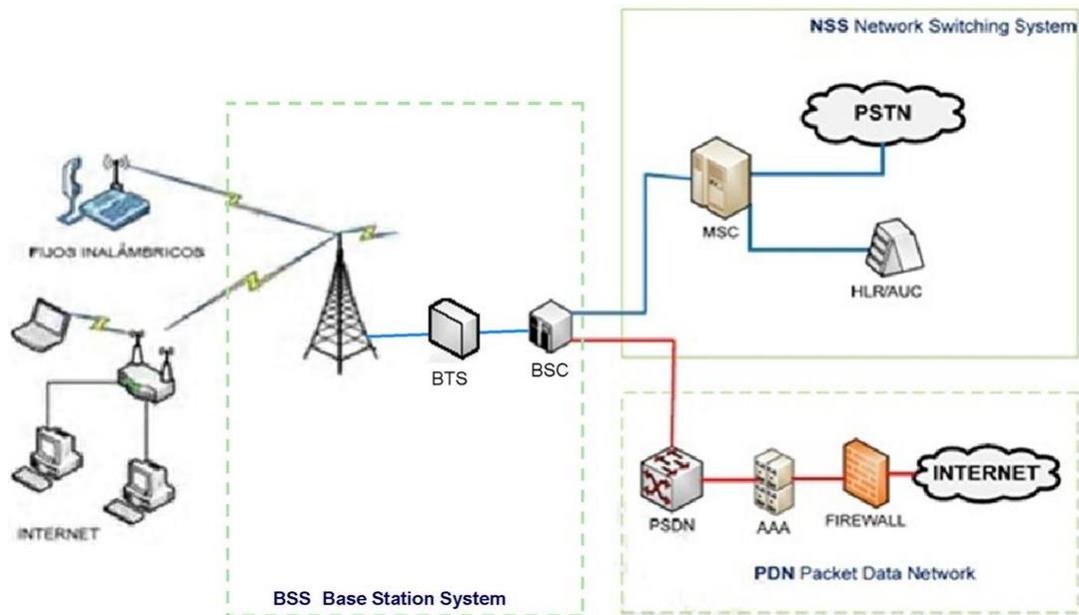
En la Tabla 4.3 describimos algunas opciones de equipos de abonado para la interconexión con la red de datos, así como sus principales características:

HUAWEI		AXESSTEL	
	<p><b>EC506</b> Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Opera en la frecuencia de 450 MHz para EV-DO y a 2.4 GHz en WLAN.</li> <li>- Soporta: CDMA2000 1xEV-DO / CDMA2000 1xRTT / IS-95.</li> <li>- Comparte una tasa de 2.4 Mbps con múltiples usuarios.</li> <li>- 4 interfaces Ethernet 10/100 Mbps</li> <li>- Configuración y administración vía WEB.</li> <li>- Soporta DHCP, NAT y DNS relay.</li> <li>- Soporta alta calidad de servicios de voz y WLAN (servicios opcionales).</li> </ul>		<p><b>MV410 CDMA2000 1xEV-DO Gateways</b> Combina perfectamente una Wireless-WAN con una red local WiFi (WLAN) y 4 puertos Ethernet. Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 LEDs indicadores multicolor.</li> <li>- Diversidad de antenas en el receptor.</li> <li>- Capacidad de datos de acuerdo a: 1x EV-DO/IS-99/IS707A (3.1Mbps FL/1.8Mbps RL max)</li> <li>- Interfaces de datos: 1 RS232, 1 USB y 4 Ethernet</li> <li>- Certificación Wi-Fi</li> <li>- Opción de DHCP</li> <li>- Herramienta de administración por PC y WEB.</li> <li>- Soporta OTA (Over the Air) (IS-683/IS-683A)</li> <li>- RUM (Removable User Identity Module) opcional.</li> </ul>
			<p><b>MV410i CDMA2000 1xEV-DO Gateways</b> Opera en la frecuencia de 450 MHz, combina perfectamente una Wireless-WAN con una red local Ethernet. Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 LEDs indicadores multicolor.</li> <li>- Diversidad de antenas en el receptor.</li> <li>- Capacidad de datos de acuerdo a: 1x EV-DO/IS-99/IS707A (3.1Mbps FL/1.8Mbps RL max)</li> <li>- Interfaces de datos: 1 RS232, 1 USB y 4 Ethernet</li> <li>- Opción de DHCP</li> <li>- Herramienta de administración por PC y WEB.</li> <li>- Soporta OTA (Over the Air) (IS-683/IS-683A).</li> <li>- RUM (Removable User Identity Module) opcional.</li> </ul>

**TABLA 4.3:** Equipos HUAWEI Y ZTE para acceso a la red de datos [23-24].

### 4.3. PROPUESTA FINAL PARA EL DISEÑO DE LA RED CDMA 450.

Luego de haber realizado un análisis de la situación geográfica de los diferentes lugares del cantón Cumandá, las características de los equipos y zonas de cobertura se presenta un diseño definitivo de la red.



**Figura 4.1:** Diseño de la Red CDMA450 propuesta final.

### 4.4. PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CDMA 450.

Para la realización del presupuesto necesario para el diseño de la red CDMA450 propuesta, se analizan: costos de equipos y elementos, costos de instalación y configuración, y el costo de mano de obra.

En este proyecto se presenta una proforma de precios de la infraestructura facilitada a la empresa CNT por HUAWIE TECHNOLOGIES ECUADOR, donde se detallan los siguientes aspectos:

- Precios de los equipos donde están incluidos BBS (Base Station System), PDS (Packed Data System), M2000 (Sistema de Gestión), Antenas, Alimentadores, y Repuestos.
- Precios del transporte y seguros internacionales y locales de los equipos.
- Precios del servicio de entrenamiento para el manejo de los equipos y servicios profesionales.
- Los precios de los servicios profesionales de optimización de red de RF y de mantenimiento anual del sistema CDMA450 son opcionales.

Para el equipamiento de red necesario, optaremos por la opción HUAWIE TECHNOLOGIES, debido a que sus equipos cubren las necesidades de la red, presentan una buena oferta de precios así como también por tener un precedente en su uso como es la red de ETAPA (Cuenca).

En cuanto a equipamiento de usuario tenemos una gran variedad de terminales con diferentes características y funciones, cuyos costos varían de acuerdo a las características del equipo, teniendo terminales de solo telefonía desde \$ 35, hasta terminales híbridos de telefonía + datos de hasta \$ 150, la selección de estos dependerá del usuario, tomaremos en cuenta una cantidad de 635 equipos a un precio promedio de \$ 100 cada uno, continuación se detalla los precios de cada uno de los equipos y elementos antes mencionados.

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO USD	CANTIDAD	SUBTOTAL
1	BTS(Inc. Antenas)	80.000	1	80.000
2	TERMINALES DE USUARIO	100	635	63.500
3	<b>Sub Total USD</b>			143.500
4	<b>Costo de aduanas(43%)</b>			61.705
<b>COSTO EN DÓLARES AMERICANOS INC IVA</b>				205.205

**Tabla 4.4:** Costos de equipamiento

#### 4.4.1. Costos de interconexión

En primer lugar consideraremos los costos de interconexión para los sistemas de telefonía, en base al número de Els calculados en el Capítulo 3 y a los precios de adecuación referenciales provistos por Telefónica. Para el caso del tráfico de datos, tomaremos en cuenta el mismo cargo de adecuación de red, por ser válido para una velocidad de 2.048 Mbps.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CARGO UNITARIO POR ADECUACIÓN DE RED	CANTIDAD	SUBTOTAL
1	Total Telefonía	80	570	45.600
2	Internet	80	65	5.200
3	<b>Sub Total USD</b>			50.800
4	<b>Costo de IVA (12%)</b>			6.046
<b>COSTO EN DÓLARES AMERICANOS INC IVA</b>				56.846

Tabla 4.5: Costos de interconexión

#### 4.4.2. Costo total del proyecto

A continuación, en la Tabla 4.6 se muestra el resumen de los costos de inversión del proyecto, considerando los costos equipamiento e interconexión.

ITEM	DESCRIPCIÓN	USD
1	Equipamiento	205.205
2	Interconexión	56.846
<b>COSTO EN DÓLARES AMERICANOS INC IVA</b>		262.051

Tabla 4.6: Costos de inversión.

#### 4.4.3. Costo de operación y mantenimiento.

Los costos de operación y mantenimiento deberán cubrir todos aquellos gastos relacionados con el buen desempeño de la red, entre estos se tiene el pago al personal operador, la reparación, cambio de equipos, pagos por transporte hacia otros operadores, alquiler, pago de servicios, etc.

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
1	Costo mensual por pago de energía eléctrica	100	100
2	Costo mensual de transporte	500	500
3	Pago al personal	2.000	2000
4	<b>Sub Total USD</b>		2600
5	<b>Costo de IVA (12%)</b>		309,4
<b>COSTO EN DÓLARES AMERICANOS INC IVA</b>			2909,4

**TABLA 4.7:** Costos de operación y mantenimiento.

#### 4.4.4. Tiempo de recuperación del capital.

El costo de inversión de este proyecto se calcula que se podría recuperar en un lapso de 5 años tomando en cuenta que los usuarios de las poblaciones rurales tienen una tarifa telefónica marginal.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES.

- Las necesidades de comunicación presentes en las localidades rurales de nuestro país hacen necesaria la búsqueda y elección de la tecnología adecuada para satisfacerlas, de tal manera que esta cubra los requerimientos básicos de las telecomunicaciones rurales como son la cobertura, la capacidad y la rentabilidad del sistema.
- CDMA450 es una tecnología que combina las eficiencias espectrales, la mayor capacidad de voz y las altas velocidades de transmisión de datos de CDMA2000 1xEV-DO con la amplia cobertura de la banda de 450 MHz para dar una solución factible al acceso inalámbrico con un bajo costo, fácil instalación y alto rendimiento.
- CDMA450 es una opción ideal para habilitar a zonas rurales con servicios de telefonía y empezar a introducir en estos lugares los servicios de datos e Internet a través de escuelas y centros públicos.
- CDMA 450 es una solución excelente en zonas rurales porque el espectro radioeléctrico está menos congestionada, algo que no sucede en las grandes urbes donde prácticamente la banda de 450 MHz está saturada con los sistemas convencionales, sistemas comunales y sistemas buscapersonas unidireccional. Según la reglamentación ecuatoriana de Telecomunicaciones al optar por un servicio de este tipo en zonas urbanas, el operador CNT, tendrá que asumir con todos los costos de migración de los usuarios existentes para tener la banda limpia y poder brindar el servicio, lo que sería poco beneficioso para el operador y para los usuarios existentes en esta banda.
- Las bondades de la tecnología CDMA 2000 1x y EVDO aplicadas en la banda de 450 MHz, son aplicadas en la construcción de redes inalámbricas o para extender el

acceso de las redes fijas utilizando infraestructura wireless (sin cables), es decir, evitado ampliar las redes de cobre y todos los costos que implica esto.

- El diseño satisface la necesidad de penetración de señal, cubriendo el 100% del área planificada y tomando en cuenta la capacidad requerida para brindar los servicios tanto de voz como de datos a la demanda inicial de usuarios y su proyección de crecimiento durante los próximos 5 años.
- El diseño propuesto garantiza capacidad para más de cinco años, debido a que se propone una radio base con 3 sectores, y cada sector con tres portadoras para la cobertura celular. Esta alternativa permite que la capacidad se incremente en casi tres veces con respecto a la capacidad de una radio base con una sola celda.
- Según el análisis por capacidad, para brindar cobertura a las 15 localidades del Cantón Cumandá se necesita una BST direccional, pero por otro lado está la geografía de esta zona influye directamente en la característica de cobertura de la radio base. Por lo tanto, se combina la capacidad requerida con la mejor cobertura.
- El bajo costo inicial en inversión de capital, brinda a CNT la posibilidad de ajustar dicha inversión en forma simultánea al crecimiento del número de abonados. Ello se debe al rendimiento muy favorable de la propagación de las ondas radioeléctricas en este nivel de frecuencias, lo que requiere un número muy pequeño de estaciones base para cubrir una zona determinada, como es el caso del presente proyecto donde solo se utiliza una sola radio base para cubrir a estas 17 localidades del Cantón Cumandá.
- En el sistema diseñado (CDMA450 WLL) no se considera la movilidad del usuario, por tal motivo la antena del equipo del suscriptor es directiva en la red de telefonía fija inalámbrica, a diferencia de las antenas omnidireccionales en el equipo del suscriptor en un sistema de telefonía móvil inalámbrico.
- Gracias al espectro ampliado, la tecnología CDMA provee una alta inmunidad a interferencia y condiciones de propagación de múltiples pasos inherentes al ambiente.

- Las áreas que forma parte del sistema diseñado cuentan con gran visibilidad radioeléctrica permitiendo obtener resultados favorables para la transmisión de la información es decir una alta confiabilidad de los enlaces.
- Los sistemas CDMA2000 1x y EV-DO en la banda de 450 MHz ofrecen equipos con un gran desempeño garantizando una excelente calidad de voz, privacidad y rápido acceso a Internet.
- Los costos de implementación y de mantenimiento de la red CDMA450 versus las desventajas del sistema Wimax permiten concluir que más factible y beneficioso para CNT. es la solución CDMA 450 WLL no sólo por lo rentable sino por la gran capacidad de abonados que puede satisfacer, además permitirá ampliar la red progresivamente y recuperar la inversión de capital en menor tiempo.
- El trabajar en la banda de frecuencia de los 450 MHz, permite tener una mayor área de cobertura comparada con frecuencias que en la actualidad son utilizadas, reduciendo de esta manera el número de estaciones base, lo que se refleja en menores costos de inversión.

## 5.2. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda la exploración de la tecnología CDMA 450, ya que presta muchos servicios y beneficios, dando de esta manera una mejor capacidad y calidad de transmisión de cualquier tipo de información.
- Por tratarse de zonas rurales, cuyo acceso está generalmente limitado por las condiciones geográficas, se recomienda el uso de estaciones base (BTS) compactas, las cuales puedan ser fácilmente transportadas así como también tengan un menor consumo de energía.
- Se recomienda tomar en cuenta el análisis de costos segmentado para una posible implementación de la red diseñada en el proyecto de titulación.
- Es recomendable obtener información de varios proveedores y distribuidores nacionales e internacionales de equipos de conectividad, precios y de esta manera facilitar la elección de determinado equipo.
- El servicio en el área rural también es fomentado por el gobierno central y por las autoridades locales, la implementación de la red y el incremento de los abonados puede ser acelerado en conjunto con el apoyo del gobierno y, en concordancia con el Plan Nacional de Conectividad (PNC) cuyo objetivo es lograr que todo los ecuatorianos podamos contar con un servicio de telecomunicaciones seguro y confiable que nos permita eliminar las barreras y mantenernos comunicados unos con otros en todas partes del país y hacia todo el mundo.

## BIBLIOGRAFÍA

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO II

- [1] [http:// www. eveliux.com/mx/la-evolucion-de-la-telefonía-movil.php](http://www.eveliux.com/mx/la-evolucion-de-la-telefonía-movil.php)
- [2] [www.cdg.org](http://www.cdg.org).
- [3] vonWuthenau, Celedonio. “CDMA450 Facilitando la Conectividad e Inclusión Social en América Latina”.
- [4] Moisés Remuzgo Hurtado CDMA 450: Una solución para zonas rurales.
- [5] Carlos Killian. “CDMA 450. Una Solución para Servicio Universal”.
- [6] Carlos Killian. INTERNATIONAL 450 ASSOCIATION. IA450. IA450 América Latina.
- [7] Weinschenk., C. Fernando “Redes Celulares de próxima generación.”
- [8] OEA. Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. “Propuesta Sobre Sistemas Fijos y Móviles de Acceso Inalámbrico en la Banda de 450 MHz en América Latina”.
- [9] OEA. Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. “Beneficio Y Despliegues de la Tecnología CDMA en la Banda de 400-450 MHz “
- [10] Colin Chandler. Vice Chairman. International 450 Association. “CDMA 2000 and CDMA 450.”
- [11] UIT-D. COMISIÓN DE ESTUDIO 2. 3er. PERÍODO DE ESTUDIOS (2002-2006). “Directrices a mediano plazo (MTG) para facilitar la transición armoniosa de las actuales redes móviles a las IMT-2000 en los países en desarrollo.”
- [12] Vadim Beliavski.NMT Association. NMT ASSOCIATION: TWO STEPS FORWARD IN 450 MHZ BAND.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO III

- [13] [www.huawei.com/solutions](http://www.huawei.com/solutions)
- [14] SENATEL. [www.conatel.ec](http://www.conatel.ec).

[15] Municipio de Cumandá, Unidad de Caminos Vecinales

[16] J. Alberca CUMANDA

[17] Carrión Hugo Ing., “Apuntes de Clases de Ingeniería de Tráfico”.

[18] Javier Vaquero Ing., “CDMA en el Bucle Local de Abonado”. Motorota/Telcel

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO IV

[19] “HUAWEI: [www.huawei.com](http://www.huawei.com)”

[20] “ZTE: [www.zte.com.cn](http://www.zte.com.cn)

[21] Huawei: [www.huawei.com/mobileweb/en/view.do?ide=723](http://www.huawei.com/mobileweb/en/view.do?ide=723)

[22] Axesstel: [www.axesstel.com/fixed/3G\\_broadband\\_gateways.php](http://www.axesstel.com/fixed/3G_broadband_gateways.php)

[23] Huawei: [www.huawei.com/mobileweb/en/view.do?ide=723](http://www.huawei.com/mobileweb/en/view.do?ide=723)

[24] Axesstel: [www.axesstel.com/fixed/3G\\_broadband\\_gateways.php](http://www.axesstel.com/fixed/3G_broadband_gateways.php)

## ANEXOS

### Anexo 1.

#### RESOLUCION 245-11-CONATEL-2009

##### CONSIDERANDO

Que el Art.2 de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada establece:

“Art.2.- Espectro Radioeléctrico.- El espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad exclusiva del Estado y como tal constituye un bien de dominio público, inalienable e imprescriptible, cuya gestión, administración y control corresponde al Estado.”

Que el Art.3 de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada establece: “ **Art 3 Administración del Espectro.**” Las facilidades de gestión, administración y control del espectro radioeléctrico comprenden, entre otras, las actividades de planificación y coordinación, la atribución del cuadro de frecuencias, la asignación y verificación de frecuencias, el otorgamiento de autorizaciones para su utilización, la protección y defensa del espectro, la comprobación técnica de emisiones radioeléctricas la identificación, localización y eliminación de interferencias perjudiciales el establecimiento de condiciones técnicas de equipos terminales y redes que utilicen en cualquier forma el espectro, la detección de infracciones, irregularidades y perturbaciones, y la adopción de medidas tendientes a establecer el correcto y racional uso del espectro, y a restablecerlo en caso de perturbación o irregularidades.

El Art. 13 de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada establece: “Art. 13.- Regulación del Espectro Radioeléctrico.- Es facultad privativa del Estado el aprovechamiento pleno de los recursos naturales como el espectro de frecuencias radioeléctricas y le corresponde administrar, regular y controlar la utilización del espectro radioeléctrico en sistemas de telecomunicaciones en todo el territorio ecuatoriano, de acuerdo con los intereses nacionales.”

Que el literal f) Art 33.3 de la Ley Especial de Telecomunicaciones (CONATEL):

f) Establecer términos, condiciones y plazos para otorgar las concesiones y autorizaciones del uso de frecuencias así como la autorización de la explotación de los servicios finales y portadores de telecomunicaciones.”

Que de conformidad con lo que dispone el literal b) del Art 88 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.” Además de las atribuciones previstas en la Ley corresponde al CONATEL. b) Regular la prestación de los servicios de telecomunicaciones y el uso del espectro radioeléctrico.”

Que los servicios de telecomunicaciones se encuentran centralizados en las principales ciudades del país existiendo áreas cuyas necesidades de comunicación no han sido satisfactoriamente atendidas.

Que mediante resolución 005-02-CONATEL-2008, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones resolvió realizar las acciones necesarias para la liberación de una parte de la sub-banda A de CDMA 450, comprendida en los rangos 454,400 - 454,475 Mhz y 464,400 – 467,475 Mhz en las provincias en las cuales se tenga un número menor o igual a 10 concesiones de frecuencias en dichos rangos con la finalidad de permitir la implementación de sistemas orientados a brindar servicios de telecomunicaciones fijos inalámbricos en áreas rurales. Mediante esta misma resolución el CONATEL dispuso que la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones niegue todo trámite de asignación, concesión o renovación de frecuencias para sistemas de banda angosta que operen en la sub-banda de CDMA 450, en los rangos 452,500 – 457,475 Mhz y 462,500 – 467,475 Mhz, exceptuando las zonas rurales de Quito y alrededores (A) y Guayaquil (B).

Que mediante resolución 331 - C - CONATEL – 2008, de 23 de junio de 2008 el Consejo Nacional de Telecomunicaciones resolvió modificar el Art. 1 de la Resolución 005-02-CONATEL-2008 de 7 de febrero de 2008 en el siguiente sentido: Realizar las acciones necesarias para la liberación de una parte de la sub-banda A de CDMA 450, comprendida en los rangos 454,400–457,475 Mhz y 464,400-467,475 Mhz en las provincias en las cuales se tenga un número menor o igual a (10) concesiones de frecuencias en dichos rangos. En aquellas provincias en las cuales se tenga un mayor a diez concesiones, la SENATEL deberá verificar la disponibilidad de espectro para la reasignación de los concesionarios

salientes y, además el compromiso del operador entrante de indemnizar a dichos concesionarios.

Que la CNT cuenta con tres contratos de concesión de frecuencias para que brinde el “Servicio de Telecomunicaciones con Cobertura en Áreas Rurales (Telefonía Fija Inalámbrica Rural).” Haciendo uso de la sub-banda A de CDMA 450, en las provincias de Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Loja, Cañar y Azuay.

Que la Ex ANDINATEL S.A. presentó un proyecto para la concesión de ocho provincias para brindar el “Servicio de Telecomunicaciones con Cobertura en Áreas Rurales (Telefonía Fija Inalámbrica Rural)”, proyecto que en lo referente a la concesión de frecuencias fue aprobado mediante resolución 349-16-CONATEL-2008 del 31 de julio de 2008, en la cual se asigna la sub-banda A de CDMA 450 para las provincias de Bolívar, Carchi, Chimborazo, Imbabura, napo, Orellana, Sucumbíos y Pastaza.

Que una vez que la CNT fusionó a las empresas ANDINATEL S.A y PACIFICTEL S.A., se encargo de actualizar sus concesiones y su sistema CDMA 450 en todo el país, para lo cual ingreso a la Secretaría nacional de Telecomunicaciones una actualización del proyecto, solicitando incremento de estaciones a las áreas ya concesionadas a la ex PACIFICTEL S.A. y as nuevas áreas de concesión en el resto del país. Además dicha actualización también contempló la aprobación del auspicio del proyecto total por parte del FODETEL.

Que mediante oficio SNT-2009-0413 de 23 julio de 2009, el señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones envió al CONATEL el informe relacionado con la ocupación de espectro radioeléctrico de la banda A de CDMA 450 elaborado por la Dirección General de Gestión del Espectro Radioeléctrico de la SENATEL para que se ponga en conocimiento u de consideración pertinente para aprobación por parte del CONATEL.

Que el informe contenido en oficio SNT-2009-0413 de 23 de julio de 2009, recomienda al CONATEL, disponer a la SENATEL que no se asigne, concesiones o renueve frecuencias para sistemas de banda angosta que operen en los rangos de 452,500-457,475 Mhz y 462,500-467,475 Mhz a nivel nacional incluidas las zonas de Quito alrededores y Guayaquil y alrededores, derogar la resolución 349-16-CONATEL-2008 de 31 de julio de 2008, con la finalidad de realizar un informe técnico actualizado que contemple todo el sistema CDMA 450 de CNT y mantener reuniones de trabajo entre funcionarios de la CNT,

SENATEL y SUPERTEL a fin de coordinar el proceso de migración y liberación de la Banda A de CDMA 450 a nivel nacional.

**ARTICULO UNO.-** Avocar conocimiento del informe presentado por la SENATEL mediante oficio SNT-2009-0413 de 23 de julio de 2009.

**ARTICULO DOS.-** Acogiendo las recomendaciones formuladas en el informe presentado por la SENATEL, se dispone que la peticionaria, CNT proceda a presentar al Consejo Nacional de Telecomunicaciones, por escrito las especificaciones de cuáles son las áreas geográficas sobre las que requiera la prestación del servicio cuyas frecuencias necesiten ser despejadas, debiendo priorizar las zonas fronterizas. En dicho documento incluirá una propuesta de cronograma de limpieza de la banda.

**ARTICULO TRES.-** Disponer a la SENATEL la suspensión de todo trámite de nuevas concesiones de frecuencias dentro de los rangos 452,500-457,475 Mhz y 462,500-467,475 Mhz.

**ARTICULO CUATRO.-** La Secretaría del CONATEL deberá notificar con la presente resolución a la CNT para los fines legales pertinentes.

**Anexo 2.**

**ENCUESTA**

Sr/Sra. Reciba un cordial saludo de parte de la C.N.T y la UNACH.

El propósito de esta encuesta es para evaluar la aceptación de la telefonía y cómo influye en su vida cotidiana.

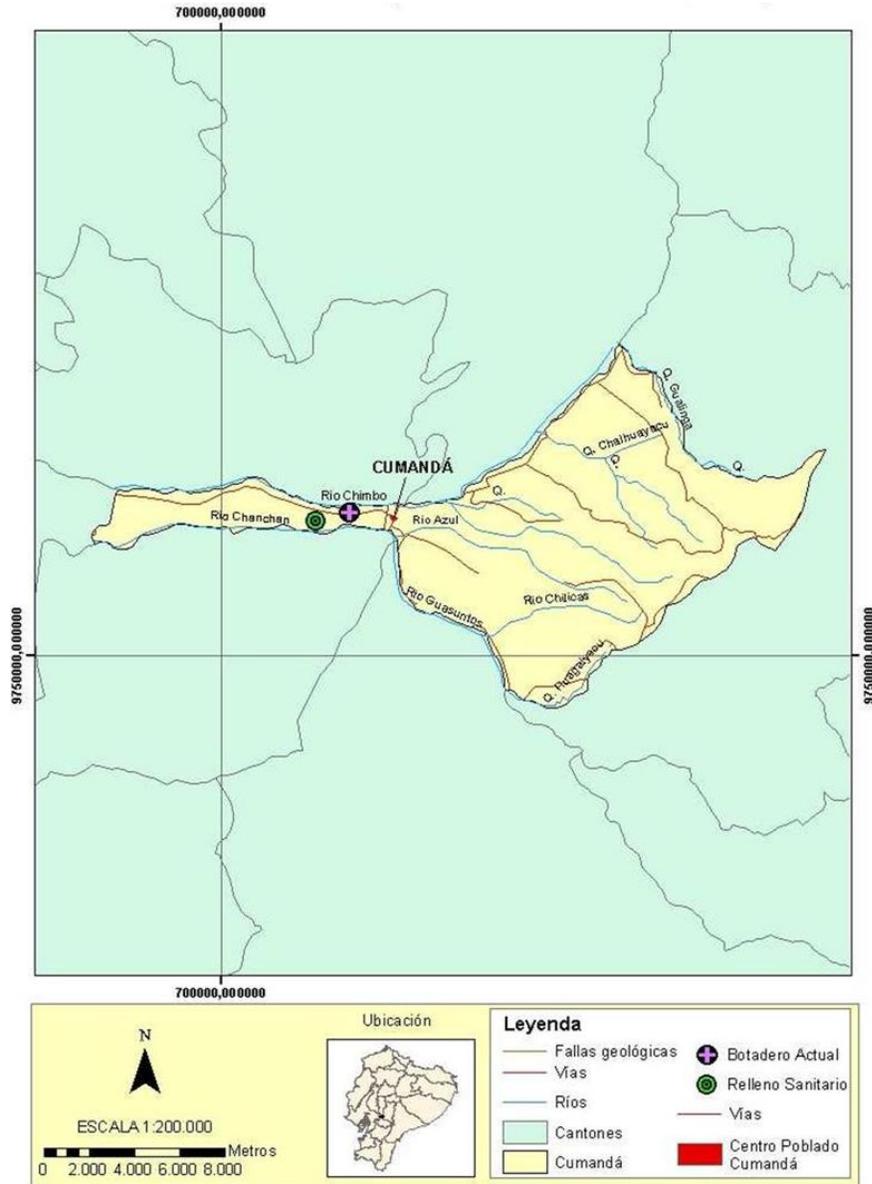
**Si dispone servicio telefónico.**

Si..... No.....

<b>SI</b>	<b>NO</b>
<p><b>1. ¿Posee del servicio telefónico?</b>                      a) Celular.....                      b) Fijo.....</p> <p><b>2. ¿Cree usted que requiere más líneas telefónicas?</b>                      Si..... No.....</p> <p><b>3. ¿Si usted no cuenta con servicio telefónico fijo desearía tener?</b>                      a) 1 Línea.....                      b) 2 Líneas.....                      c) Más.....</p> <p><b>4. ¿Cuál es el servicio que usted posee?</b>                      a) Voz.....                      b) Datos (Internet).....</p> <p><b>5. ¿En qué horas del día se realizan mayor número de llamadas?</b>                      a) 06H00 – 10H00 .....                      b) 10H00 – 14H00 .....                      c) 14H00 – 18H00 .....                      d) 18H00 – 22H00 .....</p> <p><b>6. ¿Se siente conforme con el servicio que le brindan?</b>                      Si..... No.....                      Porque.....</p>	<p><b>1. ¿Si usted no cuenta con el servicio telefónico fijo desearía tener?</b>                      Si..... No.....</p> <p><b>2. ¿Con cuántas líneas telefónicas desearía disponer?</b>                      a) 1 Línea.....                      b) 2 Líneas.....                      c) Más.....</p> <p><b>3. ¿Con que servicio desearía disponer?</b>                      a) Voz.....                      b) Datos (Internet).....</p> <p><b>4. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por este servicio?</b>                      a) 5 \$ Servicio Voz.....                      b) 20 \$ Servicio Voz y Datos.....</p> <p><b>5. ¿Cuáles serían las horas en que ocuparía más el servicio?</b>                      a) 06H00 – 10H00 .....                      b) 10H00 – 14H00 .....                      c) 14H00 – 18H00 .....                      d) 18H00 – 22H00 .....</p>

Anexo 3.

CANTÓN CUMANDÁ (PROVINCIA DE CHIMBORAZO)



## Anexo 4

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

**AAA** Authentication, Authorization and Accounting. Servidor de Contabilidad, Autenticación y Autorización.

**BSC** Base Station Controller. Estación Base Controladora.

**BSR** Base Station Repeater. Estación Base Repetidora.

**BTS** Base Transceiver Station. Estación Base Transceptora.

**CDMA** Code Division Multiple Access. Acceso múltiple por división en código.

**CONATEL** Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

**HLR** Home Location Register. Registro de posiciones base. Base de datos de información de usuarios y perfiles en una red móvil.

**ISDN** Integrated Services Data Network. Red digital de servicios integrados (RDSI).

**ITU** International Telecommunication Union. Unión Internacional de Telecomunicaciones.

**MS** Mobile Station. Estación Móvil.

**MSC** Mobile Switching Center. Centro De Conmutación Móvil.

**SENATEL** Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.

**TDMA** Time Division Multiple Access. Acceso múltiple por división en el tiempo.

