

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA UTILIZANDO
CDMA450 PARA DAR EL SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA PARA
VARIAS LOCALIDADES EN EL SECTOR NOROCCIDENTAL DE LA
PROVINCIA DE PICHINCHA PARA ANDINATEL S.A.**

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

MARÍA ALEXANDRA CAMPOVERDE PESÁNTEZ

DIRECTOR: ING. FERNANDO FLORES

Quito, Diciembre 2007

DECLARACIÓN

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

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

María A. Campoverde P.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por María Campoverde, bajo mi supervisión.

Ing. Fernando Flores.
DIRECTOR DEL PROYECTO.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero dar gracias a Dios por la vida y a mis padres Ángel y Albita, por ser un pilar fundamental para la realización de este trabajo. También a mis hermanos Diego, Anita y Nicole por estar siempre conmigo.

Doy gracias a mi director Ing. Fernando Flores, por su constante apoyo y guía a lo largo del desarrollo de este proyecto, orientando mi labor hacia una exitosa culminación.

Brindo un agradecimiento muy especial a todo el personal de ANDINATEL S.A., por darme las facilidades necesarias para ejecutar este proyecto, de manera muy particular a Ing. Sebastián Garófalo, Ing. Charles Perdomo, Ing. Juan Quinapallo, Ing. Nicolai Nieto, Ing. María Fernanda Chamorro e Ing. Marcelo Martínez.

Agradezco a todos los Presidentes de las Juntas Parroquiales de la Zona Noroccidental del Distrito Metropolitano de Quito, en especial al Sr. Rodean Grijalba y a la Sra. Nuri Guadir.

Quiero agradecer a mis amigos y compañeros por haberme brindando toda su ayuda en la ejecución de este propósito, especialmente a Sarita Cangui, Pamela Flores, Ximena Tapia, Darío Cuenca, Erick Ramírez, Karina Guerrón, Lorena Herrera y Francisco Charro.

María Alexandra.

DEDICATORIA

A mis padres por ser un ejemplo de vida,
por guiar mi camino y por ser mis amigos.
A mis hermanos, que son compañeros de
vida y que son un apoyo constante.

A todos mis amigos, porque su sonrisa y
sus palabras de aliento siempre me
acompaña.

A Brenda Sofía, Mateo Sebastián y Juan
Fernando, mis queridos sobrinos, a mi
abuelita Bernarda Amelia y a mi abuelito
Manuel Benigno que me protege desde el
cielo.

María Alexandra.

CONTENIDO.

| | |
|---|--------------------|
| DECLARACIÓN | <i>i</i> |
| CERTIFICACIÓN | <i>ii</i> |
| AGRADECIMIENTOS | <i>iii</i> |
| DEDICATORIA | <i>iv</i> |
| CONTENIDO. | <i>v</i> |
| RESUMEN | <i>viii</i> |
| PRESENTACIÓN | <i>x</i> |
| 1 LA TECNOLOGÍA CDMA 2000 EN LA BANDA DE 450 MHZ. | <i>1</i> |
| 1.1 CDMA 2000. | <i>1</i> |
| 1.1.1 DESCRIPCIÓN ^[1] | <i>1</i> |
| 1.1.2 PARÁMETROS DE LA TECNOLOGÍA CDMA 2000: | <i>3</i> |
| 1.1.3 BENEFICIOS. | <i>4</i> |
| 1.1.4 ESTANDARIZACIÓN DEL IMT-2000 ^[3] | <i>5</i> |
| 1.1.5 ARQUITECTURA DE LA RED CDMA2000. | <i>6</i> |
| 1.1.6 CDMA 2000 Y EL ESPECTRO ^[4] | <i>8</i> |
| 1.1.7 EVOLUCIÓN DEL SISTEMA CDMA ^[5] | <i>9</i> |
| 1.1.8 ESTÁNDAR IS – 2000 ^[6-7] | <i>9</i> |
| 1.1.8.1 Capas Superiores ^[1-2-8] | <i>10</i> |
| 1.1.8.1.1 Servicio de Voz. | <i>11</i> |
| 1.1.8.1.2 Servicio de Datos. | <i>12</i> |
| 1.1.8.1.3 Servicio de Señalización. | <i>12</i> |
| 1.1.8.2 Capa Enlace de Datos..... | <i>13</i> |
| 1.1.8.2.1 Subcapa LAC. | <i>13</i> |
| 1.1.8.2.2 Subcapa MAC. | <i>15</i> |
| 1.1.8.3 Capa Física. | <i>15</i> |
| 1.1.8.3.1 Canales Físicos y Lógicos..... | <i>16</i> |
| 1.1.8.3.2 Ensanchamiento y Modulación. | <i>20</i> |
| 1.1.8.3.3 Acceso Aleatorio. | <i>21</i> |
| 1.1.8.3.4 Tasas de Ensanchamiento y Configuración de Radio..... | <i>22</i> |
| 1.1.8.3.5 Handoff. | <i>24</i> |
| 1.2 CDMA2000 1xEV-DO ^[9] | <i>25</i> |
| 1.2.1 Throughput de Datos ^[1] | <i>26</i> |
| 1.2.2 Arquitectura de Red ^[1] | <i>28</i> |
| 1.2.2.1 El Dispositivo de Usuario. | <i>28</i> |
| 1.2.2.2 La Red de Acceso (AN). | <i>29</i> |
| 1.2.2.3 La Red de Paquetes de Datos. | <i>29</i> |
| 1.2.3 INTERFACES ^[1] | <i>31</i> |
| 1.2.4 CANALES DE LA CAPA FÍSICA ^[1-9] | <i>35</i> |
| 1.2.4.1 Canal de Enlace Directo. | <i>36</i> |
| 1.2.4.2 Canal de Enlace Reverso..... | <i>40</i> |
| 1.2.5 PROTOCOLO PUNTO A PUNTO..... | <i>42</i> |
| 1.2.6 HANDOFFS DE 1XEV-DO..... | <i>42</i> |
| 1.3 CDMA2000 1xEV-VD ^[10] | <i>43</i> |
| 1.3.1 Requisitos del 1xEV-DV. | <i>44</i> |
| 1.3.2 LA INTERFAZ DE AIRE. | <i>46</i> |
| 1.3.2.1 Capa Superior de Señalización..... | <i>47</i> |
| 1.3.2.2 Control de Acceso de Enlace. | <i>47</i> |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 1.3.2.3 | Control de Acceso al Medio..... | 48 |
| 1.3.2.4 | Protocolo de Enlace de Radio. | 49 |
| 1.3.2.5 | Función de Control de Canal de Datos de Paquetes..... | 50 |
| 1.3.2.5.1 | Canales de Control de Datos de Paquetes Directos. | 50 |
| 1.3.2.5.2 | Canal de Datos de Paquetes Directo..... | 51 |
| 1.3.2.5.3 | Canal de Acuse de Recibo Reverso..... | 52 |
| 1.3.2.5.4 | Canal de Inicio de Calidad de Canal Reverso. | 52 |
| 1.3.2.6 | Capa Física..... | 53 |
| 1.3.2.7 | Lógica hacia el Mapping Físico. | 53 |
| 1.3.2.8 | Encriptación y Autenticación en el Sistema 1xEV-DV. | 54 |
| 1.3.2.8.1 | Encriptación | 54 |
| 1.3.2.8.2 | Autenticación. | 55 |
| 1.3.2.9 | Características del Sistema 1xEV-DV. | 56 |
| 1.3.2.9.1 | Características Retenidas del CDMA 2000..... | 57 |
| 1.3.2.9.2 | Conceptos Claves del Sistema 1xEV-DV | 58 |
| 1.3.2.10 | Consumo de Energía..... | 59 |
| 1.4 | CDMA 450 ^[11-12] | 60 |
| 1.4.1 | VENTAJAS DEL CDMA450 ^[13-14] | 61 |
| 1.4.2 | COBERTURA ^[15] | 63 |
| 1.4.3 | SERVICIOS ^[16] | 64 |
| 1.4.4 | APLICACIONES ^[16] | 65 |
| 1.4.5 | CDMA 450 Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIA ^[15] | 65 |
| 1.4.6 | FASES DEL DESPLIEGUE DE UNA RED IMT-MC-450 ^[19-20] | 67 |
| 1.4.6.1 | Primera Fase: Despliegue Inicial..... | 68 |
| 1.4.6.2 | Segunda Fase: Crecimiento de la Red..... | 68 |
| 1.4.6.3 | Tercera Fase: Gran Demanda de Servicios de Datos. | 69 |
| 1.4.7 | DESPLIEGUES DE CDMA450 ^[17] | 69 |
| 1.4.8 | EQUIPAMIENTO CDMA450 ^[17] | 70 |
| 1.4.8.1 | Infraestructura. | 71 |
| 1.4.8.2 | Terminales..... | 71 |
| 2 | REGULACIÓN DEL CDMA450 EN EL ECUADOR Y AMÉRICA LATINA..... | 73 |
| 2.1 | POLÍTICAS REGULATORIAS PARA TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS EN EL ECUADOR^[21]..... | 73 |
| 2.2 | IMT- MC- 450 EN AMÉRICA LATINA ^[19-21-22]..... | 77 |
| 2.2.1 | ARGENTINA ^[23] | 79 |
| 2.2.2 | PERÚ ^[24] | 80 |
| 2.2.3 | MÉXICO ^[25] | 81 |
| 2.2.4 | BRASIL ^[26] | 81 |
| 2.2.5 | VENEZUELA ^[27] | 82 |
| 2.2.6 | HONDURAS ^[28] | 82 |
| 2.2.7 | CDMA450 en el Mundo..... | 83 |
| 3 | INTERCONEXIÓN CON LA RED DE ANDINATEL S.A. | 84 |
| 3.1 | INTERFAZ V5.2 PARA INTERCONEXION ^[30] | 84 |
| 3.1.1 | SS7 (SEÑALIZACIÓN DEL SISTEMA 7)..... | 88 |
| 3.2 | TIPOS DE ENLACES ENTRE LA BTS Y EL BSC. | 88 |
| 3.2.1 | ENLACES FAST ETHERNET Y GIGABIT ETHERNET ^[31] | 88 |
| 3.2.1.1 | Fast Ethernet. | 88 |
| 3.2.1.1.1 | Características..... | 89 |
| 3.2.1.1.2 | Especificaciones..... | 89 |
| 3.2.1.1.2.1 | La subcapa MAC (Control de Acceso al Medio)..... | 89 |
| 3.2.1.1.2.2 | Subcapa LLC (Control Lógico del Enlace)..... | 89 |
| 3.2.1.1.2.3 | La Capa Física..... | 90 |
| 3.2.1.2 | Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z)..... | 91 |
| 3.2.1.2.1 | Características..... | 91 |
| 3.2.1.2.2 | Capa de Acceso al Medio..... | 92 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 3.2.1.2.3 | Capa Física | 93 |
| 3.2.2 | ENLACES DE RADIO E1 ^[32] | 94 |
| 3.2.2.1 | Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)..... | 96 |
| 3.2.2.1.1 | Interfaz G.703 para PDH..... | 98 |
| 3.2.2.2 | Jerarquía Digital Síncrona (SDH) ^[35] | 99 |
| 3.2.2.2.1 | Velocidades de Transmisión de SDH..... | 100 |
| 3.2.3 | ENLACE ABIS VÍA SATÉLITE ^[37-38] | 101 |
| 3.2.3.1 | Abis vía Satélite para CDMA2000..... | 102 |
| 3.2.3.2 | Beneficios..... | 103 |
| 3.2.3.3 | Ancho de Banda por Demanda..... | 103 |
| 3.2.3.4 | Arquitectura de Abis vía Satélite..... | 104 |
| 4 | DISEÑO DE LA RED CDMA 450 | 106 |
| 4.1 | ANTECEDENTES | 106 |
| 4.1.1 | SITUACIÓN GEOGRÁFICA ^[39] | 106 |
| 4.1.1.1 | Zonas Metropolitanas Suburbanas Noroccidentales..... | 107 |
| 4.1.2 | SITUACIÓN ACTUAL ^[40] | 109 |
| 4.2 | ESTUDIO DE LA DEMANDA | 111 |
| 4.3 | ESTUDIO DE TRÁFICO ^[41] | 113 |
| 4.4 | CÁLCULO DEL NÚMERO DE RADIO BASES | 117 |
| 4.4.1 | DISEÑO POR CAPACIDAD ^[42] | 117 |
| 4.4.2 | DISEÑO POR COBERTURA..... | 119 |
| 4.5 | DISTRIBUCIÓN DE RADIO BASES EN EL PLANO | 144 |
| 4.6 | PLAN DE NUMERACIÓN | 146 |
| 5 | COSTOS REFERENCIALES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED CDMA 450 | 148 |
| 5.1 | PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CDMA 450 ^[44] | 148 |
| 5.2 | ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UNA SOLUCIÓN CDMA 450 Y UNA SOLUCIÓN CONVENCIONAL | 152 |
| 5.2.1 | SISTEMA DE MULTIACCESO DIGITAL SMD 30/1.5. ^[40] | 152 |
| 5.2.1.1 | Desempeño..... | 155 |
| 5.2.1.2 | Limitaciones..... | 156 |
| 5.2.1.3 | Gastos Operativos..... | 157 |
| 5.2.1.4 | Problemas Presentados..... | 158 |
| 6 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 159 |
| 6.1 | CONCLUSIONES | 159 |
| 6.2 | RECOMENDACIONES | 162 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 164 |
| | ANEXOS | 167 |

RESUMEN

El presente proyecto tiene el propósito de brindar información pertinente sobre los últimos avances en el desarrollo del sistema CDMA2000 - 1X en la banda de 450 Mhz, más conocido como CDMA - 450, y describir las ventajas fundamentales que pueden alcanzar la operadora ANDINATEL S.A. 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, el este proyecto presenta el diseño de la red inalámbrica fija para brindar el servicio de telefonía a 21 localidades rurales del Sector Noroccidental del Cantón Quito, provincia de Pichincha.

En el capítulo uno se realiza el estudio de los estándares: CDMA2000, CDMA2000 1xEV-DO y CDMA2000 1xEV-VD; asimismo se presentan los conceptos básico del CDMA2000 en la Banda de 450MHZ, sus ventajas y los servicios que ofrece.

En el capítulo dos describe el estado de la regulación del CDMA 450 en el Ecuador para dar servicios rurales digitales, como también presenta el estado de la regulación en otros países a nivel de América Latina.

En el capítulo tres detalla la interfaz lógica (V5.2) que utiliza el sistema CDMA 450 para interconectarse con la red de ANDINATEL S.A., además describe los tres tipos de interfaces físicas que pueden ser empleados para la interconexión.

En el capítulo cuatro se diseña la red inalámbrica fija para lo cual se realizan el estudio de la demanda como el tráfico. Conjuntamente se analizan los equipos disponibles en el mercado que satisfagan las exigencias de ANDINATEL S.A.

En el capítulo cinco se presentan los costos referenciales de la implementación del sistema CDMA 450 y se describe la situación actual del Sistema Multiacceso

desplegado en el Noroccidente del Cantón Quito, con el fin de mostrar los beneficios y ventajas del sistema CDMA 450 sobre este sistema.

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

PRESENTACIÓN

La Industria de Telecomunicaciones ha incorporado recientemente una solución en la red para la transmisión inalámbrica de datos y voz a alta velocidad que contempla las necesidades de gobiernos, portadores e inversores en los países latinoamericanos en vías de desarrollo, con la finalidad de brindar acceso inalámbrico de bajo costo, fácil instalación y alto rendimiento.

Dicha solución se basa en la tecnología CDMA 2000 (IS-2000) de última generación, cuya banda ha sido reducida al nivel de los 400 – 500 Mhz, incluyendo en ella los sistemas CDMA2000-1x y CDMA2000 1xEV-DO.

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.

CDMA 450 es una herramienta ideal para brindar un acceso inalámbrico fijo a voz y a datos, especialmente en áreas rurales, áreas alejadas de las grandes urbes y de difícil acceso; gracias a su gran cobertura debido a que las bandas bajas, tal como 400 - 450 Mhz, se propagan más allá, requieren menor infraestructura para cubrir áreas más grandes, lo que se traduce en un despliegue y costos de mantenimiento menores.

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 presenta 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 a datos especialmente en un entorno rural, como es la zona noroccidental del cantón Quito, el cuál servirá como referencia una

herramienta para mejorar el sector de telecomunicaciones en estos sectores menos favorecidos.

CAPÍTULO 1

LA TECNOLOGÍA CDMA 2000 EN LA BANDA DE 450 MHZ.

1 LA TECNOLOGÍA CDMA 2000 EN LA BANDA DE 450 MHZ.

1.1 CDMA 2000.

1.1.1 DESCRIPCIÓN ^[1] 1.

CDMA 2000 representa una evolución del CDMA One (IS-95B), la cual está basada en la familia de estándares TIA/EIA-95 (The Electronic Industries Alliance/The Telecommunications Industry Association), y sigue siendo compatible con los sistemas basados en CDMA One y sus equipos terminales. CDMA 2000 provee servicios de tercera generación descritos por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en la IMT-2000. Las redes 3G proveen servicios inalámbricos con mejor eficiencia y gran rentabilidad. El objetivo es acceder a cualquier servicio, en cualquier lugar, a cualquier hora desde una terminal. CDMA 2000 está diseñado para proporcionar mejor desempeño en los servicios de voz y datos.

CDMA 2000 o también conocida como CDMA 2000 1X, es una tecnología de banda ancha, de espectro expandido, que usa Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) y se ajusta a las nuevas necesidades de los sistemas de comunicación inalámbrica de la siguiente generación. En términos generales, CDMA es un sistema de comunicaciones digitales por radio celular que permite que un elevado número de comunicaciones de voz o de datos, compartan simultáneamente el mismo medio de comunicación; es decir, manejan paralelamente un grupo común de canales de radio, de forma que cada usuario puede tener acceso a cualquier canal.

Cada comunicación se codifica digitalmente empleando una clave de encriptación que solamente conocen los terminales involucrados en el proceso de comunicación y únicamente durante el tiempo en que se realice la comunicación.

¹ Los superíndices numéricos se relacionan con las referencias bibliográficas.

La codificación digital y la utilización de la técnica de espectro esparcido, es otra característica inherente a CDMA.

CDMA se fundamenta en la técnica de espectro esparcido/disperso (“Spread Spectrum”), una técnica que se ha estado utilizando habitualmente en el sector de defensa de los EEUU como medio para eliminar interferencias o para la encriptación. Esta técnica se basa en esparcir el espectro de frecuencias de una señal en un ancho de banda mayor que el mínimo necesario para la transmisión. Al llegar la señal esparcida al receptor, esta se recompone, es decir, las frecuencias se juntan otra vez para obtener la señal inicial que ha partido del emisor. De esta forma, se pueden obtener una serie de enlaces que utilizan la misma banda de frecuencia sin que se produzcan interferencias. La técnica de espectro disperso presenta dos modalidades: “*Frequency Hopping*” (FH) o salto de frecuencia y “*Direct Sequence*” (DS) o secuencia directa.

El salto de frecuencia esparce el espectro de la señal transmitiendo una ráfaga corta en una frecuencia, para a continuación saltar a otra frecuencia emitiendo otra ráfaga corta y así sucesivamente.

La secuencia directa se puede describir en términos de que utiliza una secuencia de códigos de alta velocidad conjuntamente con la información básica que se quiere transmitir. En este esquema cada símbolo (grupo de bits) se multiplica por un código de esparcimiento llamado secuencia de chip de forma que el ancho de banda de las frecuencias de la señal es aumentado. La razón entre el número de chips por bit, que se conoce como la relación de esparcimiento, constituye un factor de gran importancia para evaluar la resistencia de la señal ante interferencias.

CDMA 2000 al ser una tecnología de radio que cumple con el propósito del estándar IMT-2000, puede soportar varias aplicaciones y servicios, entre los que podemos mencionar ^[2]:

- Gran operabilidad en diferentes entornos (internos, externos, móviles o fijos).

- Gran desempeño con diversas aplicaciones (desde voz, bajas y altas velocidades de datos).
- Flexibilidad en los servicios aplicados (incluye solo voz, simultáneamente voz y datos, solamente datos y servicio de mensajería).
- Excelente calidad de servicio.
- Desempeño óptimo en los espectros asignados para telefonía celular.
- Soporta los actuales servicios, tales como, servicio de voz, servicio de datos y servicio de mensajes cortos (SMS).
- Internet inalámbrico.
- E-mail inalámbrico.

1.1.2 PARAMÉTROS DE LA TECNOLOGÍA CDMA 2000:

La Tabla 1.1 muestra los parámetros más representativos de la tecnología CDMA 2000.



Tabla 1. 1 Parámetros de la Tecnología CDMA 2000 ^[2].

| | |
|--|---|
| ANCHO DE BANDA DEL CANAL | 1.25, 3.75, 7.5, 11.25, 15 Mhz. |
| ESTRUCTURA DEL CANAL DE RF PARA EL ENLACE DIRECTO | Dispersión directa o multiportadora. |
| CHIP RATE | 1.2288 - 3.6864 – 7.3728 – 11.0593 – 14.7456 Mcps para la dispersión directa. n x 1.2288 Mcps (n = 1, 3, 6, 9, 12) para multiportadora, |
| LONGITUD DE TRAMA | 20 ms para datos de usuario y control; 5 ms para el control de la información sobre el canal fundamental y canal dedicado al control. |
| MODULACIÓN DE DATOS | QPSK para el enlace directo BPSK para el enlace reverso |
| DETECCIÓN COHERENTE | A través de un canal piloto para los enlaces directo y reverso. |
| CANALES MULTIPLEXADOS EN EL ENLACE REVERSO | Control, piloto, fundamental y suplementario. |
| FACTORES DE EXPANSIÓN | 4 – 256 |



| | | |
|---------------------------|----------------|--|
| EXPANSIÓN DIRECTO) | (ENLACE | Longitud variable de las secuencias de "Walsh", M – secuencias 2^{15} para la separación de canal. |
| EXPANSIÓN REVERSO) | (ENLACE | Longitud variable de las secuencias de "Walsh", M – secuencias 2^{41} para la separación de canal. |
| HANDOFF | | Soft handoff |

1.1.3 BENEFICIOS.



Compatibilidad con implementaciones CDMA One.

-  Protección de la inversión del operador en redes CDMA One existentes.
-  Provee migración simple y económica a servicios 3G.



Mejora en voz.

-  Mejora en la calidad de voz.
-  Mejor capacidad.




Soporte a Servicios de Datos de Alta Velocidad.

-  Tasa de transmisión más alta (144 Kbps a 2 Mbps).
-  Soporte a datos de baja latencia.




Soporte a Servicios Multimedia

-  Soporte simultáneo de Voz/Datos para multi-servicios.
-  Calidad de Servicio (QoS).

Beneficios Especiales.

-  Servicio de Follow-Me (Antenas Inteligentes).
-  Confiabilidad en las comunicaciones.
-  Vida extendida de la batería.

La terminal de suscriptor CDMA 2000 ofrecerá:

-  Tri-modo: 800/1900 CDMA y 800 analógico.
-  Capacidad y cobertura mejorada.
-  Capacidad de paquetes de datos a 144 Kbps.

🖥️ Soporte simultáneo de voz y datos.

🖥️ Permitirá Bluetooth/WAP.

1.1.4 ESTANDARIZACIÓN DEL IMT-2000 ^[3].

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (International Telecommunication Union, ITU), en cooperación con otros organismos de la industria de telecomunicaciones de todo el mundo, es quien define y aprueba los requisitos técnicos y los estándares, así como la utilización del espectro radioeléctrico, de los sistemas 3G bajo el programa IMT-2000 (International Mobile Telecommunications - 2000). El propósito final es facilitar la introducción de nuevas funcionalidades y proporcionar una evolución continua desde los sistemas de telecomunicaciones de segunda generación (2G) hacia la 3G.

La ITU exige a las redes IMT-2000 (3G), entre otros requisitos, que proporcionen una mayor capacidad de sistema y una mayor eficiencia espectral con respecto a los sistemas 2G, que soporten servicios de transmisión de datos con una velocidad mínima de transmisión de 144 Kbps en entornos móviles (de exterior) y de 2 Mbps en entornos fijos (en interiores). Basándose en estos requisitos, la ITU aprobó en el año 1999 cinco interfaces radio para la familia de estándares de IMT-2000, como parte de la recomendación ITU-R M.1457, según se puede ver en la Figura 1.1.

Las cinco tecnologías que componen la familia IMT-2000 son:

- El sistema IMT-DS (Direct Sequence). Es ampliamente conocido como UTRA FDD (UMTS Terrestrial Radio Access FDD), y más comúnmente como WCDMA.
- El sistema IMT-MC (Multicarrier). Este sistema es la versión 3G del sistema IS-95 (también conocido como cdmaOne), y se suele denominar cdma2000.
- El sistema IMT-TC (Time Code). Este sistema es el UTRA TDD. Se trata del modo UTRA que utiliza multiplexación por división en el tiempo.

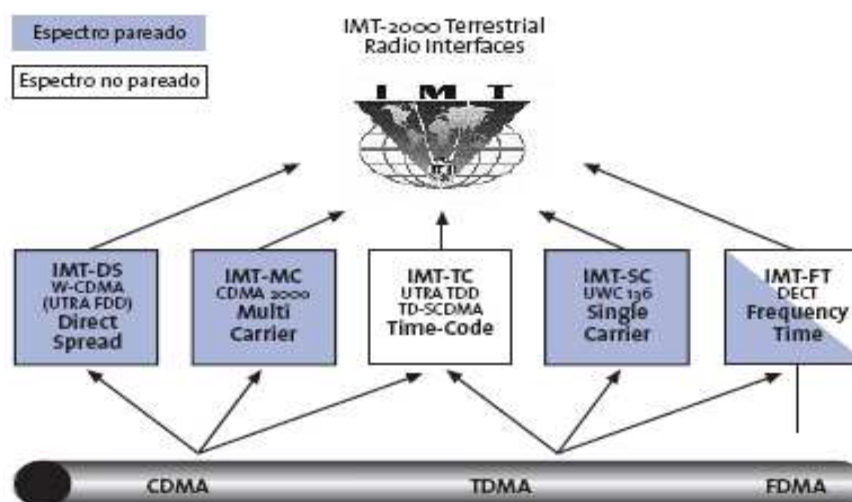


Figura 1. 1 Familia IMT-2000 [3].

- El sistema IMT-SC (Single Carrier). Esencialmente se trata de una manifestación particularizada de GSM Fase 2+, conocido como EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution).
- El sistema IMT FT (Frequency Time). Este sistema se conoce como DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications).

1.1.5 ARQUITECTURA DE LA RED CDMA2000.

La Figura 1.2 muestra la arquitectura de red del sistema cdma2000 1x, esta conformada de:

- Red de Radio Acceso (RAN):
 - MS.- Estación Móvil (Mobile Station en la terminología 1x).
 - BTS.- Estación Base (Base Transceiver Station) base de transmisión y recepción.
 - BSC.- Controlador de Estación Base (Base Station Controller).
- Red Troncal (Core Network):
 - HLR (Home Location Register).- Base de datos con el registro de los suscriptores y sus respectivos perfiles de servicios.

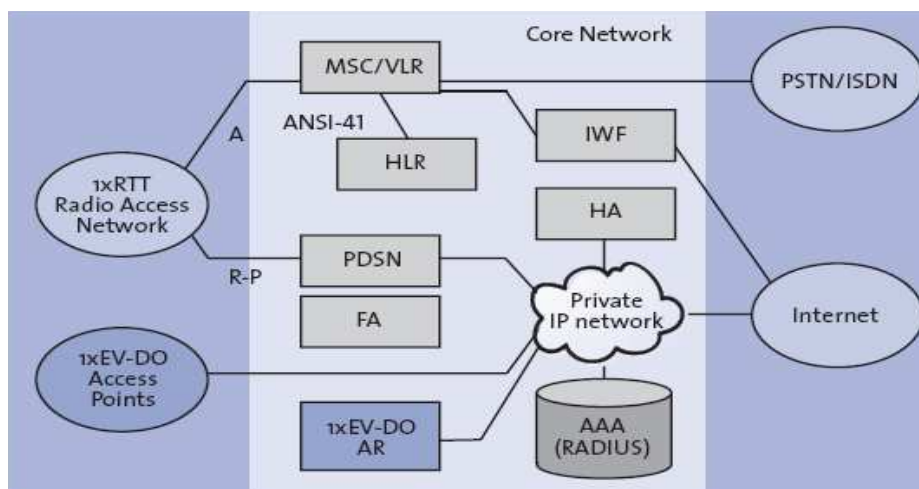


Figura 1. 2 Infraestructura de la red troncal cdma2000 1x ^[3].

- MSC/VLR (Mobile Switching Center / Visitor Location Register). - Es un conmutador digital en modo de conmutación de circuitos (CS, Circuit-Switch) tradicional. Normalmente tiene asociada una base de datos (VLR) que sirve a los terminales activos de la red. Debido a que los servicios de datos en IS-95 se implementan como pequeñas conexiones de conmutación de circuitos, es necesario incluir un elemento de Inter Funcionamiento (Inter Working Function, IWF) entre Internet y el MSC.
- El punto de unión con los entornos privados IP, que se denomina Packet Data Serving Node (PDSN). Se trata del punto de terminación del protocolo de enlace PPP (Point-to-Point Protocol) y está conectado al Subsistema de Estación Base (BSS) a través de la interfaz R-P (Radio-Packet). El PDSN es responsable también de la gestión de la movilidad y actúa como un Foreign Agent (FA) para la funcionalidad de Mobile IP (MIP).
- El servidor AAA (Accounting, Authentication and Authorization) basado en RADIUS (Remote Authorization Dial-In User Service), que contiene la información de provisión de paquetes de datos de los abonados. Se utiliza para labores de autenticación.
- La función de control de paquetes (Packet Control Function, PCF), que es uno de los nuevos elementos necesarios en el BSC para soportar la conmutación de paquetes de la interfaz R-P. En cdma2000 1xEV-DO no se hace uso de la interfaz R-P, por lo que también se necesitan otros

elementos de red, como es el caso del Router de Acceso (AR) cdma2000 1xEV-DO. Otros equipos necesarios para desplegar la capa jerárquicamente superior de cdma2000 1xEV-DO son los puntos de acceso (Access Points, AP), que emplean el esquema de acceso TDM en el enlace descendente y el CDMA en el ascendente.

1.1.6 CDMA 2000 Y EL ESPECTRO ^[4].

CDMA 2000 está diseñado para operar en todas las bandas de espectro atribuidas para los servicios de telecomunicaciones inalámbricos, incluyendo las bandas analógicas, celulares y de PCS. Más aún, CDMA 2000 posibilita la prestación de servicios 3G haciendo uso de una cantidad muy pequeña de espectro (1.25 Mhz por portadora), protegiendo este recurso precioso para los operadores. La Tabla 1.2 muestra las clases de bandas definidas en el IS-2000.

| CLASES DE BANDAS | DESCRIPCIÓN |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Banda Clase 0 | Banda celular 800 Mhz. |
| Banda Clase 1 | Banda PCS 1.8 a 2.0 Ghz. |
| Banda Clase 2 | Banda TACS 872 a 960 Mhz. |
| Banda Clase3 | Banda JTACS 832 a 925 Mhz. |
| Banda Clase4 | Banda PCS –Corea 1.75 a 1.87 Ghz. |
| Banda Clase 5 | Banda 450 Mhz. |
| Banda Clase 6 | Banda IMT-2000 2 Ghz. |
| Banda Clase 7 | Banda 700 Mhz. |
| Banda Clase 8 | Banda 1800 Mhz |
| Banda Clase 9 | Banda 900 Mhz. |
| Banda Clase 10 | Banda 800 Mhz Secundaria |
| Banda Clase 11 | Banda PAMR Europea 400Mhz. |
| Banda Clase 12 | Banda PAMR 800 Mhz. |

Tabla 1. 2 Clases de Bandas del CDMA 2000 ^[4].

1.1.7 EVOLUCIÓN DEL SISTEMA CDMA ^[5].

La Figura 1.3 muestra la evolución que ha tenido la tecnología CDMA, desde sus inicios hasta la actualidad.

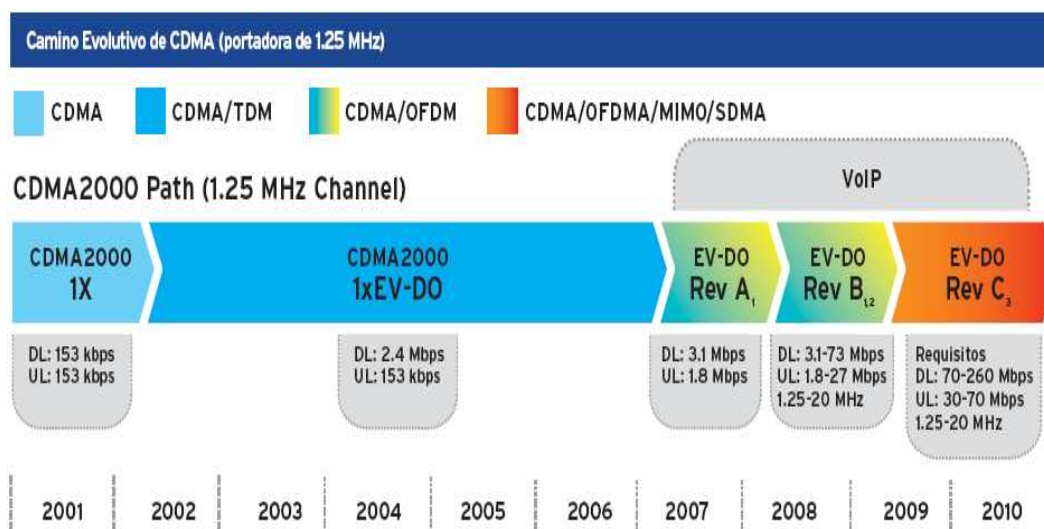


Figura 1. 3 Camino Evolutivo del CDMA ^[5].

1.1.8 ESTÁNDAR IS – 2000 ^[6-7].

CDMA2000 1X (IS-2000) fue reconocido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) como estándar IMT-2000, en Noviembre de 1999. Fue la primera tecnología IMT-2000 desplegada por todo el mundo, en Octubre de 2000. Las transmisiones de datos promedio son de 144 Kbps. 1X se refiere a la implementación de CDMA 2000 dentro del espectro existente con portadoras de 1.25 Mhz. En término técnico se deriva de N = 1 (es decir, el uso de una portadora de 1.25 Mhz). En la Figura 1.4 se presenta la arquitectura de las capas del CDMA 2000 1X.

1.1.8.1 Capas Superiores [1-2-8].

Este nivel proporciona el control de flujo de la información del sistema, en términos de señalización, servicios de datos y servicio de voz. La arquitectura propuesta soporta multiservicios y multimedia, es decir, que cualquier combinación de servicios de voz, datos en paquetes y datos en circuitos de alta velocidad, puede funcionar simultáneamente, siempre limitada por las capacidades de la interfaz aire. Incluye un mecanismo de control de calidad de servicio QoS (Quality of Service), para balancear los diferentes requisitos de los múltiples servicios concurrentes.

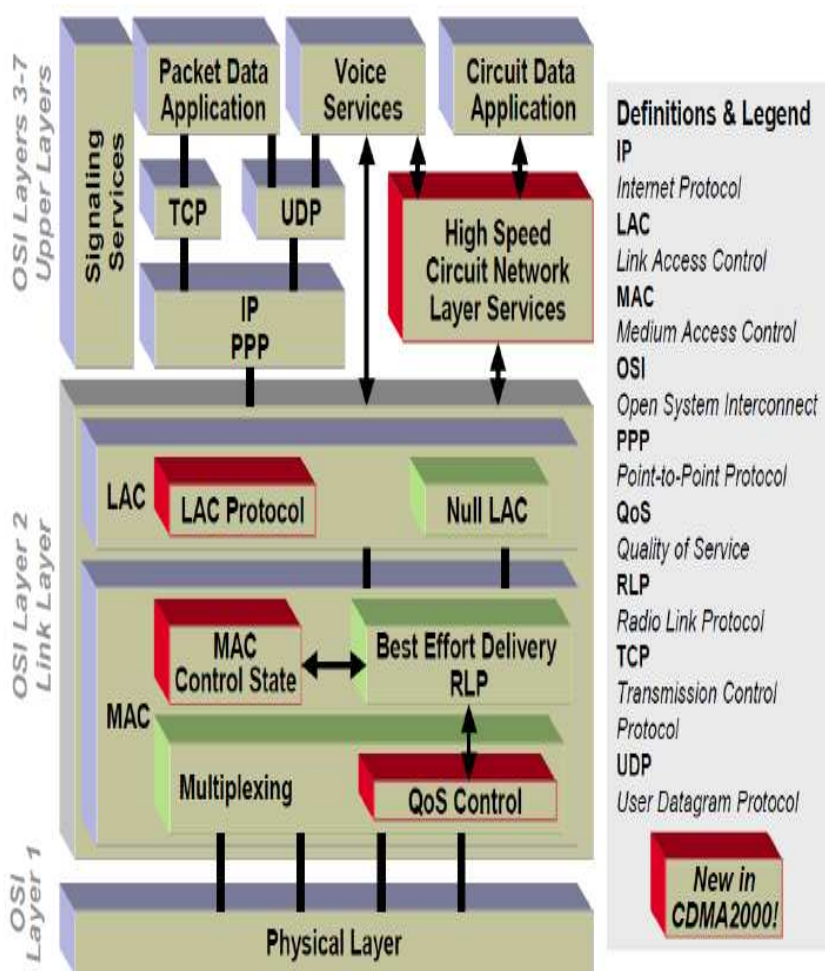


Figura 1. 4 Arquitectura de las Capas del CDMA 2000 1x [7].

Otra característica importante de esta arquitectura es que los servicios de la capa de enlace pueden ser utilizados por distintos tipos de clientes en las capas superiores. La red troncal se basa en ANSI-41, pero las especificaciones incluyen las capacidades necesarias para el funcionamiento sobre redes basadas en GSM MAP. En la RTT (Radio Transmission Technology) propuesta, 1X hace uso de un ancho de banda de 1.25 Mhz y una tasa de chip de 1.2288 Mcps, siendo el funcionamiento similar al IS-95. Los servicios de las capas superiores se clasifican en tres categorías:

- *Servicios de voz.*- Brindar servicios telefónicos (incluyendo acceso a la PSTN y servicios de voz de estación móvil a estación móvil).
- *Servicio de transporte de datos de usuario.*- Servicios entregados por la estación móvil de usuario, estos pueden ser paquetes de datos, transferencia de imágenes, servicios de mensajes cortos (SMS), etc.
- *Señalización.*- Servicios que controlan todos los aspectos de operación de la estación móvil.

1.1.8.1.1 Servicio de Voz.

El IS-2000 opera con las siguientes configuraciones principales de servicio de voz:

- *Sistema de voz compatible con CDMA One.*- Tráfico de voz codificado utilizando un vocoder² compatible con CDMA One, transportado directamente dentro de una canal fundamental.
- *Transporte de voz CDMA 2000 sobre paquetes de datos.*- Tráfico de voz codificado transportado como paquete de datos con un vocoder de aplicación específica usando el estándar CDMA 2000 de servicio de paquetes de datos.

² **Vocoder:** codificador de voz que reduce el ancho de banda necesario para la transmisión de voz con una buena calidad.

1.1.8.1.2 Servicio de Datos.

CDMA 2000 define dos tipos de servicio de datos en general:

- *Servicios de paquete de datos.*- Servicios portadores que conforman estándares industriales orientados a conexión, incluyendo protocolos basados en IP.
- *Servicios de circuitos de datos.*- Servicios portadores que emulan estándares internacionales definiendo servicios orientados a conexión como acceso asincrónico vía dial-up, fax y servicios B-RDSI.

1.1.8.1.3 Servicio de Señalización.

Dentro del CDMA 2000 están definidos dos servicios de señalización:

- *Servicios de señalización IS-95 2G.*- Compatible con sistemas de voz de CDMA One.
- *Entidades de señalización de capa superior CDMA 2000.*- Proporciona soporte total para todos los servicios CDMA 2000 actuales y futuros.

Además, CDMA 2000 ha sido diseñado para incorporar otros servicios de señalización de capa superior como los servicios de señalización definidos por la UIT. Estos servicios se presentan de dos modos:

- *Señalización emulada.*- Si una petición de servicio de señalización corresponde directamente a un servicio de señalización CDMA 2000 (ó CDMA One compatible), entonces la petición de servicio de señalización es orientada directamente por la función de señalización de capa superior.
- *Señalización encapsulada.*- Si una petición de servicio de señalización no corresponde directamente a un servicio de señalización CDMA 2000 (ó CDMA One compatible), entonces la petición de servicio de señalización es

interpretada como señalización de datos y es transportada (transparentemente) por la Capa Enlace (vía Interfaz de Servicio de Capa Enlace) al otro terminal mediante el servicio de señalización fuera de la estación móvil (p. ej., con la estación base o MSC).

1.1.8.2 Capa Enlace de Datos.

Se proporcionan servicios de transporte de información a través de mecanismos de control provistos por la Capa Enlace. Los niveles de confiabilidad y calidad de servicios (QoS) varían según las necesidades del servicio específico de capa superior. La Capa Enlace de Datos está subdividida en dos subcapas:

- Subcapa de Control de Acceso al Enlace LAC (Link Access Control): responsable por asegurar la confiabilidad de los mensajes de señalización y control.
- Subcapa de Control de Acceso al Medio MAC (Medium Access Control): controla el acceso de los niveles superiores al medio físico.

1.1.8.2.1 Subcapa LAC.

La subcapa LAC proporciona el transporte seguro de datos sobre la interfaz de aire. La subcapa LAC asegura una transmisión confiable empleando un número de protocolos ARQ diferentes para proporcionar la calidad de servicio requerido por cada entidad de capa superior y ser entregado a la subcapa MAC. Estos protocolos garantizan la entrega libre de errores.

La subcapa LAC se preocupa de manejar los canales de comunicación punto-punto entre entidades pares de capas superiores. LAC proporciona un marco para soportar una amplia gama de protocolos confiables de capa enlace terminal a terminal (de hecho, la LAC es extensible para incorporar cualquier protocolo

conveniente de Capa Enlace). Los factores que motivan para esta extensibilidad son los siguientes:

- ✦ Entidades de capas superiores tienen diferentes requerimientos de QoS (p.ej., la tasa de error, el retardo, el grado de transparencia, etc.).
- ✦ La subcapa MAC proporciona diferentes QoS a la subcapa LAC (p.ej., en modo de operación diferente).
- ✦ La subcapa MAC puede ser reducida para la compatibilidad con otros protocolos de capa enlace.

Los protocolos de Capa Enlace (Figura 1.5) soportados por la LAC incluyen:

- Señalización IS-95 2G de Capa 2.
- Señalización CDMA 2000 de Capa 2.
- CDMA 2000 paquete de datos de Capa 2.
- CDMA 2000 circuito de datos de Capa 2.

Un protocolo de Capa Enlace Nulo (en situaciones donde MAC proporciona un adecuado QoS sin intensificar su operación).

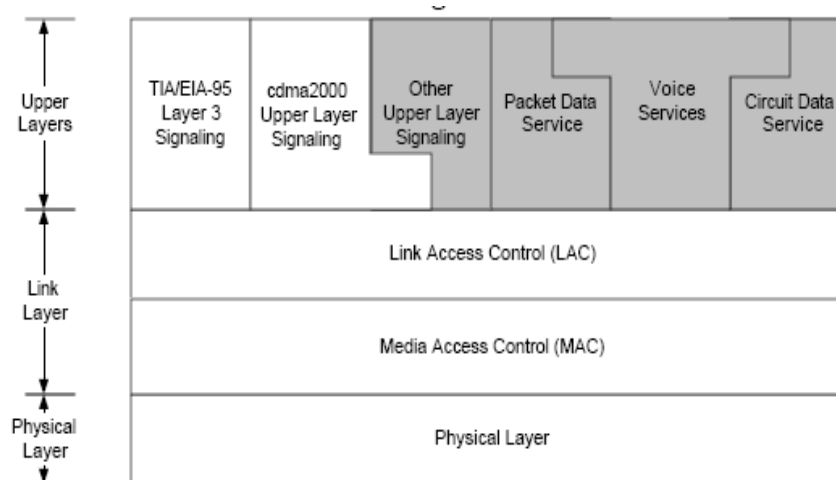


Figura 1.5 Componentes de la Subcapa LAC ^[8].

1.1.8.2.2 *Subcapa MAC.*

La subcapa MAC proporciona la función de control que maneja los recursos suministrados por la capa física y coordina el uso de estos recursos solicitados por varias entidades de servicios de la subcapa LAC. Esta función de coordinación resuelve problemas de contención entre entidades de servicio de la subcapa LAC dentro de una sola estación móvil, así como en la competición entre estaciones móviles. La subcapa MAC es también responsable de entregar el nivel de QoS solicitado por la entidad de servicio de la subcapa LAC (p.ej., por reservación de recursos de interfaz de aire).

1.1.8.3 **Capa Física.**

Responsable de la recepción y transmisión de bits al medio físico (Air Link), para lo cual, es necesario efectuar la conversión de información a ondas electromagnéticas mediante mecanismos de modulación. Los bits de la señal son codificados antes de ser modulados.

Para el enlace directo, CDMA 2000 tiene dos alternativas:

- ✓ Multiportadora.
- ✓ Dispersión Directa.

La transmisión por multiportadora para el enlace directo se realiza con 3 portadoras consecutivas, en donde cada portadora tiene una velocidad de chip de 1.228 Mcps.

Para el caso de dispersión directa, la transmisión usual para el enlace directo tiene un chip rate (velocidad de chips) de 3.6864 Mcps. La eficiencia espectral con multiportadora es un 5% a 10% menor que con dispersión directa. La Figura 1.6 indica las estructuras de los canales en CDMA 2000.

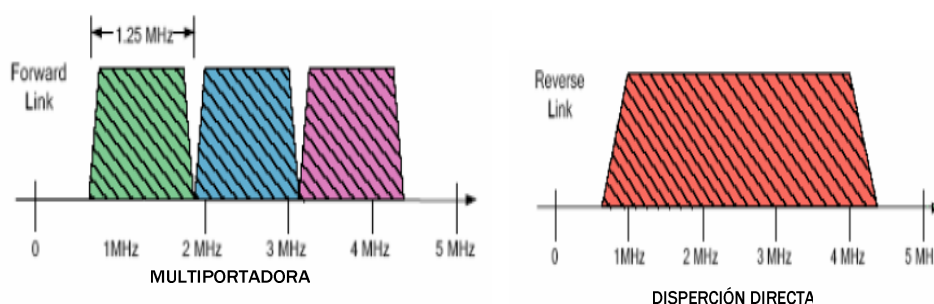


Figura 1. 6. Ilustración de las estructuras de los Canales en CDMA2000 [2].

1.1.8.3.1 Canales Físicos y Lógicos.

En la terminología CDMA 2000 se definen canales físicos y canales lógicos para el transporte de datos de usuario y para señalización como se muestra en la Tabla 1.3. El canal físico es un camino de comunicación entre un terminal móvil y una BTS, descrito en términos de codificación y caracterización de radiofrecuencia.

El canal lógico es un camino de comunicación intrínseco a las llamadas de protocolos de la BTS y del terminal móvil. La información contenida en una canal lógico es llevada por uno o más canales físicos. Están definidos mapas entre los canales físicos y los canales lógicos. Los mapas pueden ser permanentes o apenas efectuados en el período de duración de una llamada (voz o datos).

Tabla 1. 3 Canales Físicos y Canales Lógicos del CDMA 2000 1x [6].

| CANALES FÍSICOS | | | |
|------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------------|
| ENLACE DIRECTO | | ENLACE REVERSO | |
| DENOMINACIÓN DEL CANAL | NOMBRE DEL CANAL | DENOMINACIÓN DEL CANAL | NOMBRE DEL CANAL |
| F-SCH | FORWARD SUPPLEMENTAL CHANNEL | R-SCH | REVERSE SUPPLEMENTAL CHANNEL |

| | | | |
|-----------------------------------|--|-----------------------------------|---|
| F-SCCH | FORWARD SUPPLEMENTAL CODE CHANNEL | | |
| F-FCH | FORWARD FUNDAMENTAL CHANNEL | R-SCCH | REVERSE SUPPLEMENTAL CODE CHANNEL |
| F-DCCH | FORWARD DEDICATED CONTROL CHANNEL | | |
| F-PCH | PAGING CHANNEL | R-FCH | REVERSE FUNDAMENTAL CHANNEL |
| F-QPCH | QUICK PAGING CHANNEL | | |
| | | R-DCCH | REVERSE DEDICATED CONTROL CHANNEL |
| F-CCCH | FORWARD COMMON CONTROL CHANNEL | | |
| F-BCCH | BROADCAST CONTROL CHANNEL | R-ACH | ACCESS CHANNEL |
| F-CPCCH | COMMON POWER CONTROL CHANNEL | | |
| F-CACH | COMMON ASSIGNMENT CHANNEL | R-EACH | ENHANCED ACCESS CHANNEL |
| F-SYNCH | SYNC CHANNEL | | |
| F-PICH | FORWARD PILOT CHANNEL | R-CCCH | REVERSE COMMON CONTROL CHANNEL |
| F-TDPICH | TRANSMIT DIVERSITY PILOT CHANNEL | | |
| F-APICH | AUXILIARY PILOT CHANNEL | R-PICH | REVERSE PILOT CHANNEL |
| F-ATDPICH | AUXILIARY TRANSMIT DIVERSITY PILOT CHANNEL | | |
| CANALES LÓGICOS | | | |
| ENLACE DIRECTO | | ENLACE REVERSO | |
| DENOMINACIÓN DEL CANAL | NOMBRE DEL CANAL | DENOMINACIÓN DEL CANAL | NOMBRE DEL CANAL |
| F-CSCH | FORWARD COMMON SIGNALING CHANNEL | R-CSCH | REVERSE COMMON SIGNALING CHANNEL |
| F-DSCH | FORWARD DEDICATED SIGNALING CHANNEL | R-DSCH | REVERSE DEDICATED SIGNALING CHANNEL |
| F-DTCH | FORWARD DEDICATED TRAFFIC CHANNEL | R-DTCH | REVERSE DEDICATED TRAFFIC CHANNEL |

Los canales físicos (PHCH) en CDMA 2000 puede ser clasificados dentro de dos grupos, llamados canales físicos dedicados (DPHCH) y canales físicos comunes (CPHCH). Los DPHCHs llevan información entre la estación base y una sola estación móvil, mientras los CPHCHs llevan información entre la estación base y varias estaciones móviles.

Cada estación base transmite su propio canal piloto directo (PICH), el cual es compartido por todas las estaciones móviles dentro del área de cobertura de la estación base. Las estaciones móviles pueden usar este canal piloto directo para realizar la estimación del canal para detección coherente, soft handover y la rápida adquisición de señales fuertes en ambientes donde la señal sigue múltiples trayectorias. El PICH es transmitido junto con todos los otros canales físicos directos de la estación base usando un código ortogonal único (código Walsh 0). Los opcionales canales piloto comunes auxiliares (CAPICH) y canales piloto auxiliares dedicados (DAPICH) son usados para soportar la implementación de arreglos de antenas.

Los CAPICHs proporcionan un rango de cobertura compartida entre un grupo de estaciones móviles, mientras un DAPICH es dirigido hacia una estación móvil particular. Cada estación móvil también transmite un canal piloto reverso multiplexado con un código ortogonal (PICH), el cual habilita la estación base para realizar una detección coherente en el enlace directo, así como, para detectar los múltiples caminos e invocar mediciones de control de potencia. Adicionalmente a los símbolos piloto, el PICH reverso también contiene bits de control de potencia multiplexados en el tiempo ayudando en el control de potencia directo.

El uso de dos canales físicos dedicados de datos, es decir, los llamados canales fundamentales (FCH) y suplementarios (SCH), perfecciona el sistema durante múltiples transmisiones de servicios simultáneos. Cada canal lleva un diferente tipo de servicio el cual es codificado y entrelazado independientemente. Sin embargo, en cualquier conexión puede haber un solo FCH, pero algunos SCHs pueden ser soportados.

El canal de sincronismo (SYNCH) es usado para ayudar en la sincronización inicial de una estación móvil a la estación base y provee a la estación móvil un sistema de información relacionada, incluyendo la compensación de la secuencia

de pseudos ruido (PN), la cual es usada para identificar las estaciones base y el código de enmascaramiento largo. Las funciones de paginación y transmisiones de paquetes de datos son dirigidos por el canal directo de paginación (PCH) y el canal de control común directo (CCCH). El PCH es incluido en CDMA 2000 para proveer funcionalidad a IS-95B. La Figura 1.7 indica la distribución de los canales lógicos y físicos dentro de la arquitectura del CDMA 2000 1X.

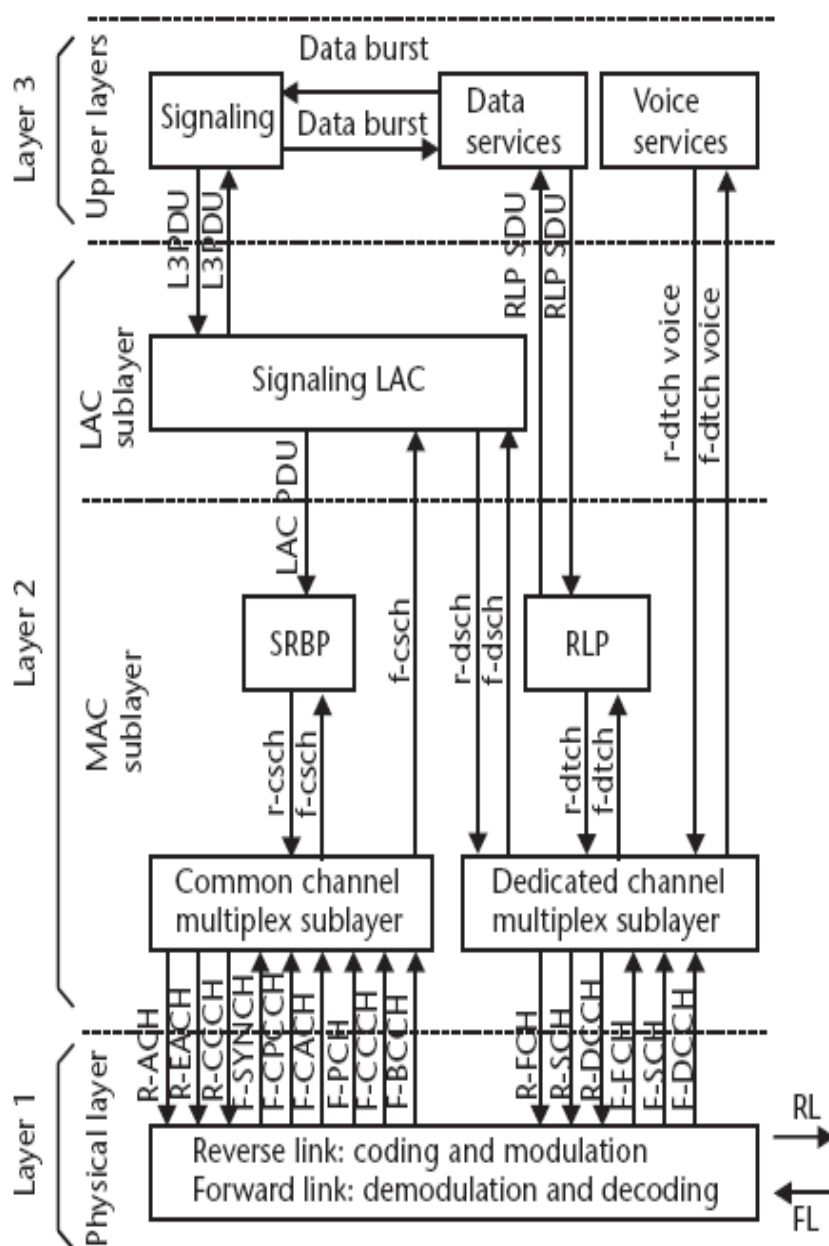


Figura 1.7 Distribución de los Canales Lógicos y Físicos dentro de la Arquitectura del CDMA 2000 1X ^[6].

1.1.8.3.2 Ensanchamiento y Modulación.

Generalmente hay tres capas de ensanchamiento en CDMA 2000. Cada señal en el enlace reverso es distinguida por diferentes identificadores (offsets) de un código extenso, asemejándose mucho este procedimiento al usado en IS-95. Este código largo es una secuencia con un período de $2^{42} - 1$ chips. Diferentes identificadores (offsets) de usuario se los obtiene utilizando una máscara de código largo.

La ortogonalidad entre los diferentes canales físicos del mismo usuario pertenecientes a la misma conexión en el enlace reverso es mantenida mediante el ensanchamiento usando códigos Walsh. En la Figura 1.8 se muestran el diagrama de bloques del transmisor de enlace descendente del sistema CDMA2000.

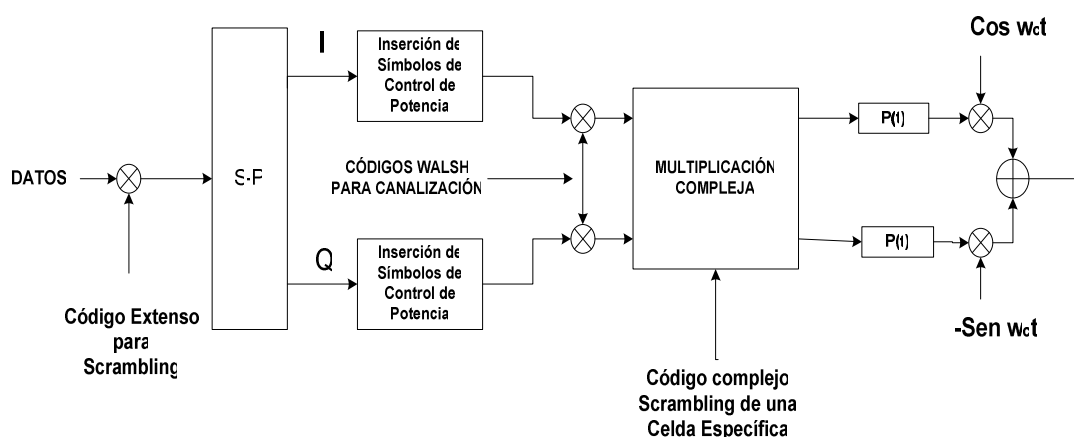


Figura 1. 8. Transmisor de Enlace Descendente CDMA 2000^[1].

En el enlace directo de IS-95, la expansión con el código Walsh es realizado antes de la modulación QPSK, al contrario de CDMA 2000 donde los datos son primero modulados con QPSK y luego los datos de las ramificaciones I y Q son extendidos con el mismo código Walsh, de esta manera el número de códigos Walsh disponibles se duplican debido a la ortogonalidad entre las portadoras I y Q.

La longitud de los códigos Walsh de canalización reverso/directo (UD/DL) varía según la velocidad de los datos. Todas las estaciones base del sistema se las distingue mediante distintos identificadores (offsets) de la misma secuencia del enlace directo. Los polinomios de realimentación de intercambio de registros para las secuencias I y Q son: $X^{15} + X^{13} + X^9 + X^8 + X^7 + X^5 + 1$ y $X^{15} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^6 + X^5 + X^4 + X^3 + 1$, respectivamente. El identificador de estos códigos debe satisfacer un valor mínimo, el cual es igual a $64 \times \text{Pilot_Inc}$, donde Pilot_Inc es un parámetro de reuso de código, el cual depende de la topología del sistema, análogo al factor de reuso de frecuencia en FDMA.

1.1.8.3.3 Acceso Aleatorio.

La estación móvil inicia una petición de acceso a la red transmitiendo en varias ocasiones una presunta prueba de acceso hasta que un reconocimiento de la petición es recibida. Este proceso de enviar una petición es conocido como intento de acceso. Con un solo intento de acceso, la petición debe ser enviada a varias estaciones base. Un intento de acceso dirigido a una estación base específica es conocido como un subintento. Con un subintento varias pruebas de acceso con incremento de potencia pueden ser enviadas. La Figura 1.9 muestra un ejemplo de un intento de acceso. La transmisión de la prueba de acceso sigue el algoritmo de ALOHA ranurado.

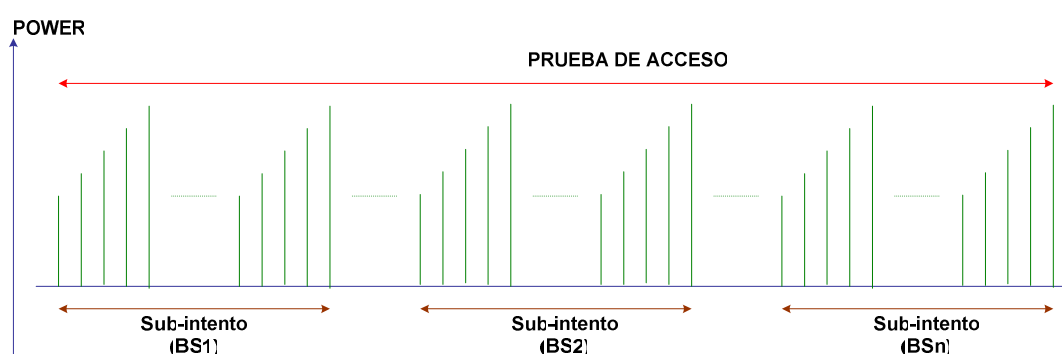


Figura 1. 9. Intento de Acceso realizado por una estación móvil en CDMA 2000 ^[1].

Si un reconocimiento de la más reciente prueba transmitida no es recibido por la estación móvil después de un período de descanso, otra prueba es transmitida en otro intervalo aleatoriamente elegido, obedece el régimen de la Figura 1.9. Dentro de un subintento (Figura 1.9), una secuencia de pruebas de acceso es transmitida hasta que un reconocimiento es recibido por la estación base.

Cada prueba de acceso sucesiva es transmitida con una alta potencia comparada a la prueba de acceso previa, como se muestra en la Figura 1.10. La potencia inicial (IP) de la primera prueba es determinada por el control de potencia de enlace abierto, más una potencia de compensación nominal que corrige el desequilibrio del control de potencia de enlace abierto entre los enlaces de subida y de bajada. Subsecuentes pruebas son transmitidas a un nivel de potencia mayor que la prueba previa. Este nivel de incremento es indicado por los Incrementos de Potencias (PI).

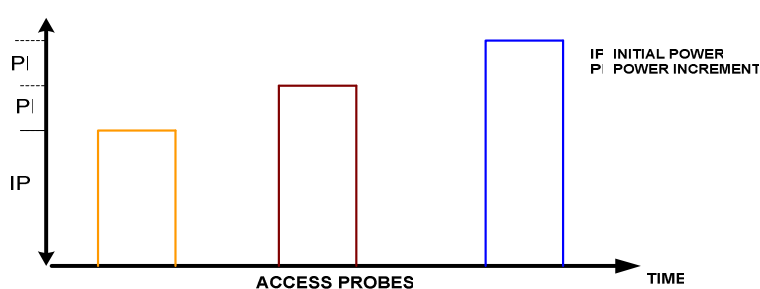


Figura 1. 10. Prueba de Acceso dentro de un subintento de la figura 1.9 ^[1].

1.1.8.3.4 Tasas de Ensanchamiento y Configuración de Radio.

La tasa de ensanchamiento se refiere a la velocidad de chip de la forma de onda, la cual ensancha la señal CDMA, determinando su ancho de banda espectral y su ganancia de procesamiento. Tasa de ensanchamiento 1 es 1228800 cps (chips por segundo), igual que la actual operación IS-95. Esto hace señales de alrededor de 1.25 Mhz de ancho de banda, el cual puede llevar ciertas cantidades de datos por sector. Esto es llamado 1xRTT.

Tasa de ensanchamiento 3, es 3 veces la tasa de ensanchamiento 1, o 3686400 cps. Esta tasa de ensanchamiento es utilizada en el sistema CDMA2000 3xRTT.

Esto hace señales alrededor de 3.75 Mhz de ancho de banda, el cual puede llevar grandes cantidades de datos por sector. Las configuraciones de radio se refieren a los arreglos de codificación y como los canales y sus velocidades de datos son establecidos.

Para los canales de tráfico se especifican varias configuraciones radioeléctricas (RC, Radio Configurations) que definen las velocidades de datos, la codificación del canal y los parámetros de modulación soportados. Las velocidades relacionadas a las configuraciones radioeléctricas se presentan en la Figura 1.11.

Hay definidas seis configuraciones de radio para el enlace reverso y nueve para el enlace directo como se muestra en la figura. Las configuraciones radioeléctricas RC1 y RC2 se han especificado para ser compatibles con IS-95B.

| Tasa de Ensanchamiento | Enlace Directo | Configuración de Radio | Velocidad de Datos | Velocidad de Datos | Configuración de Radio | Enlace Reverso |
|--|---|------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|---|
| SR1 1xRTT 1 Portadora 1.2288 Mcps | Requerido. Compatible IS-95. Características de codificación no de CDMA2000 | RC1 | 9600 | 9600 | RC1 | Requerido. Compatible IS-95. Características de codificación no de CDMA2000 |
| | Compatible con IS-95B RS2. Características de codificación no de CDMA2000. | RC2 | 14400 | 14400 | RC2 | Compatible con IS-95B RS2. Características de codificación no de CDMA2000. |
| | ¼ de la tasa de codificación. Convolutacional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600. | RC3 | 9600 153600 | 9600 153600 | RC3 | ¼ de la tasa de codificación Convolutacional o Turbo Codificación ½ de la tasa de codificación. Convolutacional o Turbo codificación. Velocidad Base 9600 |
| | ½ de la tasa de codificación. Convolutacional o Turbo codificación. Velocidad Base 9600 | RC4 | 9600 307200 | 307200 | | |
| | ¼ de la tasa de codificación. Convolutacional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400 | RC5 | 14400 230400 | 14400 230400 | RC4 | ¼ de la tasa de codificación. Convolutacional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400 |
| SR3 3xRTT Directo: 3 Portadoras 1.2288 Mcps Reverso: 3.6864 Mcps | 1/6 de la tasa de codificación. Convolutacional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600 | RC6 | 9600 307200 | 9600 307200 | RC5 | Requeridos. ¼ o 1/3 de la tasa de codificación. Convolutacional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600 |
| | Requeridos. 1/3 de la tasa de codificación. Convolutacional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600 | RC7 | 9600 614400 | 614400 | | |
| | ¼ o 1/3 de la tasa de codificación. Convolutacional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400 | RC8 | 14400 460800 | 14400 460800 | RC6 | ¼ o 1/3 de la tasa de codificación. Convolutacional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400 |
| | ½ o 1/3 de la tasa de codificación. Convolutacional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400 | RC9 | 14400 1036800 | 1036800 | | |

Figura 1. 11. Tasas de Ensanchamiento y Configuración de Radio [1].

1.1.8.3.5 Handoff.

Intra-frecuencia o handoff suave (soft-handoff) es iniciado por la estación móvil. Aún en la comunicación, la estación móvil puede recibir el mismo tipo de señal de varias estaciones base. Estas estaciones constituyen el conjunto activo de las estaciones móviles. La estación móvil continuara monitoreando el nivel de potencia del canal piloto recibido (PICH), transmitido de estaciones base vecinas, incluyendo aquellos del conjunto activo de las estaciones móviles. Los niveles de potencia de estas estaciones base son luego comparadas a un conjunto de valores límite de acuerdo a un algoritmo. El conjunto de valores límite consiste de los valores límite estáticos, los cuales son mantenidos en un nivel fijo, y los valores límite dinámicos, los cuales son dinámicamente ajustados basados sobre la potencia total recibida. Posteriormente, la estación móvil informará a la red cuando cualquiera de los niveles de potencia monitoreados excede los valores límite.

El momento que las estaciones móviles detectan un PICH, cuyo nivel de potencia excede el valor límite, denotado como T1, este PICH será trasladado a un conjunto de candidatos y será buscado y comparado más frecuentemente en comparación con un valor límite ajustado dinámicamente denotado como T2. Este valor de T2 es una función de los niveles de potencia recibidos de los PICHs de las estaciones base en el conjunto activo. Este proceso determinará si la estación base candidata es merecedora a ser agregada al conjunto activo. Si el nivel de potencia total en el conjunto activo es débil, entonces agregando una estación base de la mayor potencia mejorará la recepción. En contraste, si el nivel de potencia total en el conjunto activo es relativamente alto, entonces resulta innecesario agregar otras estaciones base de alta potencia.

Para las estaciones base que están en el conjunto activo, el nivel de potencia de su correspondiente PICH es comparado a una valor límite dinámicamente ajustado, denotado como T3, el cual es también una función de la potencia total del PICH en el conjunto activo, similar a T2. Esto asegura que la estación base en el conjunto activo esta contribuyendo suficientemente al nivel de potencia total. Si cualquiera de los niveles de potencia de PICH que están por debajo de T3

después de un periodo específico de tiempo permitido para eliminar cualquier incertidumbre debido al desvanecimiento (fading) el cual pudo haber causado fluctuaciones en el nivel de potencia, la estación base otra vez será movida al conjunto de candidatos donde se la comparará con un valor límite estático T4. Al mismo tiempo, la estación móvil reportará a la red la identidad de la estación base de baja potencia para permitir que la correspondiente estación base incremente su potencia de transmisión. Si el nivel de potencia disminuye más allá de un valor límite estático, denotado como T4, entonces la estación móvil reportará esto de nuevo a la red y la estación base será subsecuentemente reducida del conjunto de candidatos.

1.2 CDMA2000 1xEV-DO ^[9].

1xEV-DO (1x Evolution Data Optimized) es un estándar de telecomunicaciones inalámbricas optimizado para la comunicación celular de datos de alta velocidad. CDMA2000 1x y WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) soportan voz y datos mientras que CDMA2000 1xEV-DO es único en el contexto de que es ideal para soportar comunicaciones de datos.

La especificación es también conocida como High Data Rate (HRD). El prefijo 1x significa que sólo toma una vez la velocidad de ensanchamiento 1.2288 Mcps y para su implementación se utiliza una portadora de 1,25 Mhz. El estándar define las siguientes velocidades de transmisión:

- ✓ Para el enlace directo (desde la BTS hacia el AT):
 - 1xEV-DO = desde 38,4 kbps hasta 2,4 Mbps
 - 1xEV-DO release A = desde 38,4 kbps hasta 3,1 Mbps
- ✓ Para el enlace descendente o reverso (desde el AT hacia la BTS):
 - 1xEV-DO = desde 9,6 kbps hasta 153,6 kbps
 - 1xEV-DO release A = desde 4,8 kbps hasta 1,8 Mbps

La diferencia entre las velocidades de estos dos enlaces se basa en la asunción de que la principal aplicación es proporcionar acceso a Internet inalámbrico. Todos los móviles reportan periódicamente la máxima velocidad de datos que ellos pueden recibir basados sobre las condiciones de radio de canal en ese momento. La red de acceso al radio tiene un organizador que observa las posibles velocidades de datos reportadas por todos los móviles y los paquetes recibidos del Internet para esos móviles. El organizador entonces planifica el uso del canal de radio para un paquete, es decir, un usuario en el tiempo. Cuando la transmisión del paquete es completada el organizador programa el próximo paquete y así sucesivamente.

1.2.1 Throughput de Datos ^[1].

El enlace aéreo es espectralmente eficiente y proporciona un throughput pico en el enlace directo de 7.4 Mbps/celda (3 sectores) con una portadora de frecuencia (1,25 Mhz). La más importante contribución de esta tecnología para tener un alto throughput puede ser atribuido a la aproximación dinámica que este sistema toma para entender las actuales condiciones de radio y reaccionar a ellas. 1xEV-DO obtiene las condiciones de radio de todos los terminales móviles. Los datos recolectados son utilizados para organizar los paquetes que van a ser transmitidos de tal forma que se maximice el throughput del sistema.

Otra razón para que CDMA2000 1xEV-DO proporcione un muy alto throughput es el uso de codificación adaptiva y modulación. Este sistema examina las actuales capacidades de recepción de datos de un terminal y adapta los parámetros de transmisión incluyendo la velocidad de codificación y la modulación, para transmitir la información. La codificación y modulación puede cambiar de paquete a paquete. Para tener un mayor throughput se utiliza una planificación aproximada al de una tubería gruesa para el manejo de recursos. A diferencia de CDMA2000 1x, se asigna el uso de todo el ancho de banda en su canal de radio para un solo usuario a la vez en el enlace directo. En otras palabras, durante la transmisión de datos en paquetes de usuario, el sistema efectivamente asigna a todos los recursos a la transmisión de un solo usuario. Esto posibilita que la red

use la máxima potencia disponible para el cliente, lo cual ayuda a tener una alta velocidad de datos sobre el aire.

Una razón más para tener un alto throughput, es el esquema de conocimiento temprano usado a nivel de capa física. Cuando un usuario está transmitiendo sobre el aire, los datos son usualmente protegidos para ayudar con la recuperación del error en el receptor. CDMA2000 1xEV-DO transmite múltiples copias de los datos codificados como es dictado por la actual velocidad de paquetes. Si el receptor detecta la recepción válida de una copia de los datos a nivel de capa física, este inmediatamente enviará una respuesta positiva al transmisor. El emisor entonces detendrá transmisión de futuras copias del mismo paquete. El tiempo que habrá usado para enviar el resto de copias, puede ser redistribuido en otro paquete y esto incrementará el throughput del sistema. La mayoría de las aplicaciones de datos reciben mayores cantidades de datos de la infraestructura de red inalámbrica que la que es transmitida en la dirección reversa. Por lo tanto, 1xEV-DO proporciona velocidades de datos asimétricas sobre los enlaces Directo y Reverso.

La velocidad de datos pico de 1xEV-DO que se puede tener en un sector es:

- ✓ Enlace directo: 2,457 Mbps.
- ✓ Enlace reverso: 153,6 Kbps.

El enlace aéreo (enlace entre la MS y la BTS) usa eficientemente los recursos de red proporcionando un alto rendimiento del throughput promedio de datos con solo 1,25 Mhz de espectro. Dado un sector completamente cargado, con un número de usuarios distribuido uniformemente a través del área de cobertura, el throughput promedio del enlace directo en una celda (3 sectores) es:

Enlace Directo:

- ✓ Ambiente Pedestre:
 - 3,1 Mbps/celda (antena receptora sola)
 - 4,0 Mbps/celda (antena receptora dual)
- ✓ Baja velocidad de movimiento del usuario:

- 1,3 Mbps/celda (antena receptora sola)
 - 2,5 Mbps/celda (antena receptora dual)
- ✓ Alta velocidad de movimiento del usuario:
- 2,0 Mbps/celda (antena receptora sola)
 - 3,1 Mbps/celda (antena receptora dual)

El throughput promedio del enlace reverso es de 600 Kbps/celda (3 sectores).

1.2.2 Arquitectura de Red ^[1].

Un modelo de arquitectura de red es presentado en la Figura 1.12.

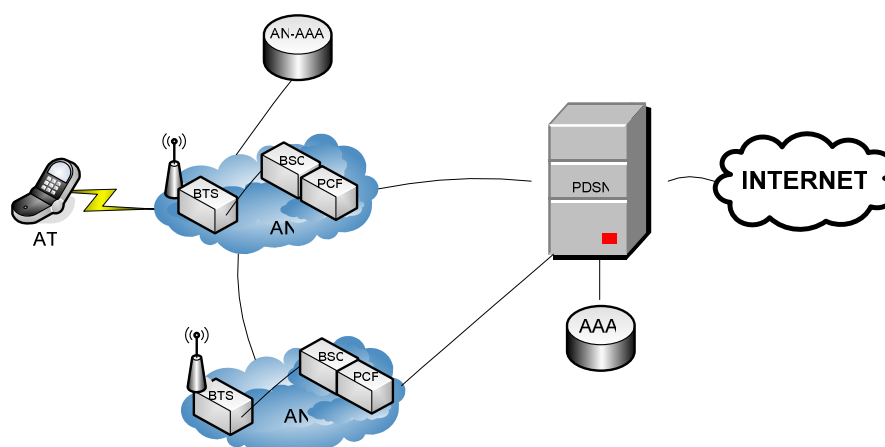


Figura 1. 12. Modelo de Arquitectura de red ^[1].

La arquitectura de CDMA2000 1xEV-DO consiste del dispositivo de usuario, la red de acceso por radio y la red de datos en paquetes.

1.2.2.1 El Dispositivo de Usuario.

Es el dispositivo inalámbrico móvil referido como el Terminal de Acceso (AT). Un Terminal de Acceso es un dispositivo principalmente para datos ya que 1xEV-DO

está diseñado solo para datos, por lo tanto necesita soportar varias aplicaciones de datos según los requerimientos del usuario.

1.2.2.2 La Red de Acceso (AN).

Es la responsable por la interfaz de radio sobre el aire. La mayoría de las implementaciones usarán un controlador de estación base (BSC) con una función de control de paquetes (PCF) y múltiples estaciones base (BTS) para formar la red de acceso. Las AN son típicamente implementadas con un BSC y uno o varias BTS. Las BSCs son responsables de la asignación de recursos de radio y la administración de la movilidad de radio, también proporcionan conectividad entre AN y los elementos de red de datos en paquetes. Ellas también son especialmente responsables por la administración de BTSs en la red de acceso. En una red 1xEV-DO define la función de control de paquetes (PCF) similar a CDMA2000.

Las responsabilidades de PCF incluyen la administración del estado de los datos en paquetes, la administración del buffer de datos en paquetes y la administración de la interfaz entre la AN y los elementos de la red de datos en paquetes. Típicamente las implementaciones pueden combinar el PCF con el BSC.

Las BTSs son responsables por las funciones de recepción y transmisión de las señales de radio, procesamiento digital en banda base tal como codificación y decodificación, y modulación y demodulación en RF. El BTS es también responsable por la programación de la información difundida en el sistema, programación de búsqueda del usuario y paquetes de usuario por sobre el área de transmisión.

1.2.2.3 La Red de Paquetes de Datos.

Los elementos relacionados a la red de datos en paquetes son el nodo de servicios de datos en paquetes (PDSN) y el servidor AAA. La AN puede ser

conectada a un servidor AN-AAA. El AAA es un soporte para Autenticación, Autorización y Contabilidad. AN-AAA sin embargo es solo responsable por la autenticación del acceso al radio, no proporciona autorización o autenticación para servicios de datos en paquetes y no está envuelto en las funciones de recolección de datos de facturación. Este servidor es un elemento opcional en la arquitectura CDMA2000 1xEV-DO. El sistema CDMA2000 1xEV-DO no es conectado a redes IS-41 y no contienen nodos MSC y HLR. Por lo tanto el servidor AN-AAA es requerido en las redes CDMA2000 1xEV-DO si la autenticación de acceso al radio es deseada.

El PDSN es responsable de soportar la administración de direcciones IP, enrutamiento de paquetes entre las redes de datos y las redes inalámbricas, recolección de la información para la facturación y soporte de autenticación para servicios de datos en paquetes. La PDSN es similar al servidor de acceso remoto (RAS) o el servidor de acceso a la red (NAS) en las redes de proveedores de servicio de Internet (ISP). Si el soporte del servicio móvil IP es proporcionado en la red CDMA2000 1xEV-DO, el PDSN implementa la funcionalidad de agentes foráneos (FA).

El servidor AAA es una base de datos responsable por el almacenaje de los perfiles del usuario y soporta las funciones de autenticación, autorización y contabilidad para servicios de datos. Esto es diferente del servidor AN-AAA, el cual solo es responsable por la autenticación de acceso al radio. El servidor AAA es heredado del mundo Internet y es también usado en las redes CDMA2000 para soporte de datos en paquetes. El servidor AAA autentifica y autoriza a usuarios para servicios de datos en paquetes y conectividad a la red de datos en paquetes tal como el Internet. Adicionalmente el servidor AAA recolecta el consumo de radio y las estadísticas de datos en paquetes para cada sesión de usuario y los almacena como el registro de consumo de datos. El registro del consumo AAA son usados para la facturación.

1.2.3 INTERFACES ^[1].

En una red 1xEX-DO tenemos muchos interfaces entre cada uno de sus componentes como se puede ver en la Figura 1.13.

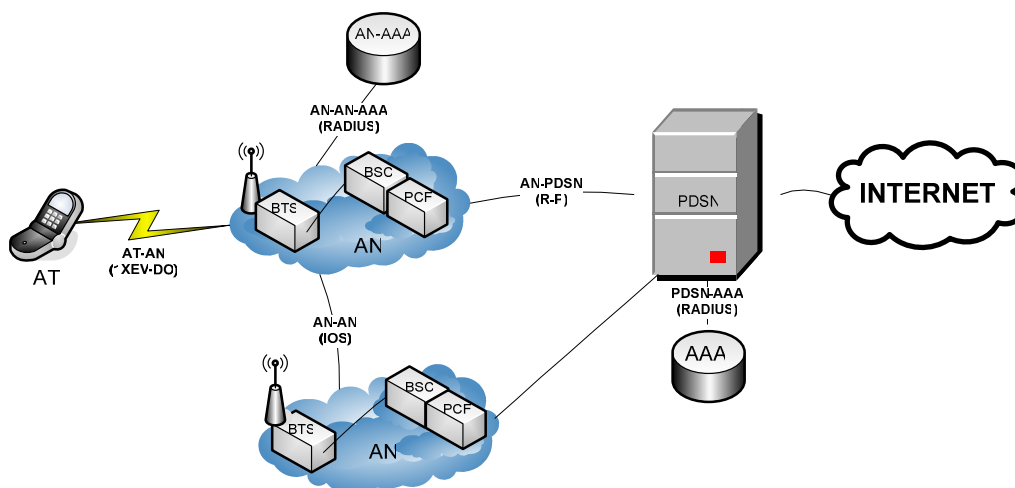


Figura 1. 13 Interfaces existentes en una red CDMA2000 1xEV-DO ^[1].

La interfaz aire de CDMA2000 1xEV-DO está definido por IS-856, la cual es la especificación de la interfaz AIRE de alta velocidad de datos en paquetes CDMA2000. El estándar 1xEV-DO define al interfaz AT-AN como una pila de protocolos de 7 capas como se muestra en la Figura 1.14. Note que estas 7 capas corresponden a las dos capas más bajas del modelo de pila de protocolos de OSI de 7 capas.

La definición de cada una de las capas del interfaz de aire del sistema 1x EV-DO es la siguiente:

- **Capa Aplicación:** provee aplicaciones de señalización y enrutamiento de mensajes.
- **Capa de Flujo:** provee multiplexación de varios flujos de aplicación.
- **Capa de Sesión:** suministra protocolos de negociación, protocolos de configuración, y servicios de mantenimiento de estado de sesión.
- **Capa de Conexión:** provee el establecimiento de conexión del enlace aéreo y los servicios de mantenimiento.

- **Capa de Seguridad:** provee servicios de autenticación y encriptación.
- **Capa de MAC:** define los procedimientos usados para recibir y transmitir sobre la capa física.
- **Capa Física:** suministra la estructura del canal, la frecuencia, la potencia de salida, la modulación, y las especificaciones de codificación para los enlaces directo y reverso.

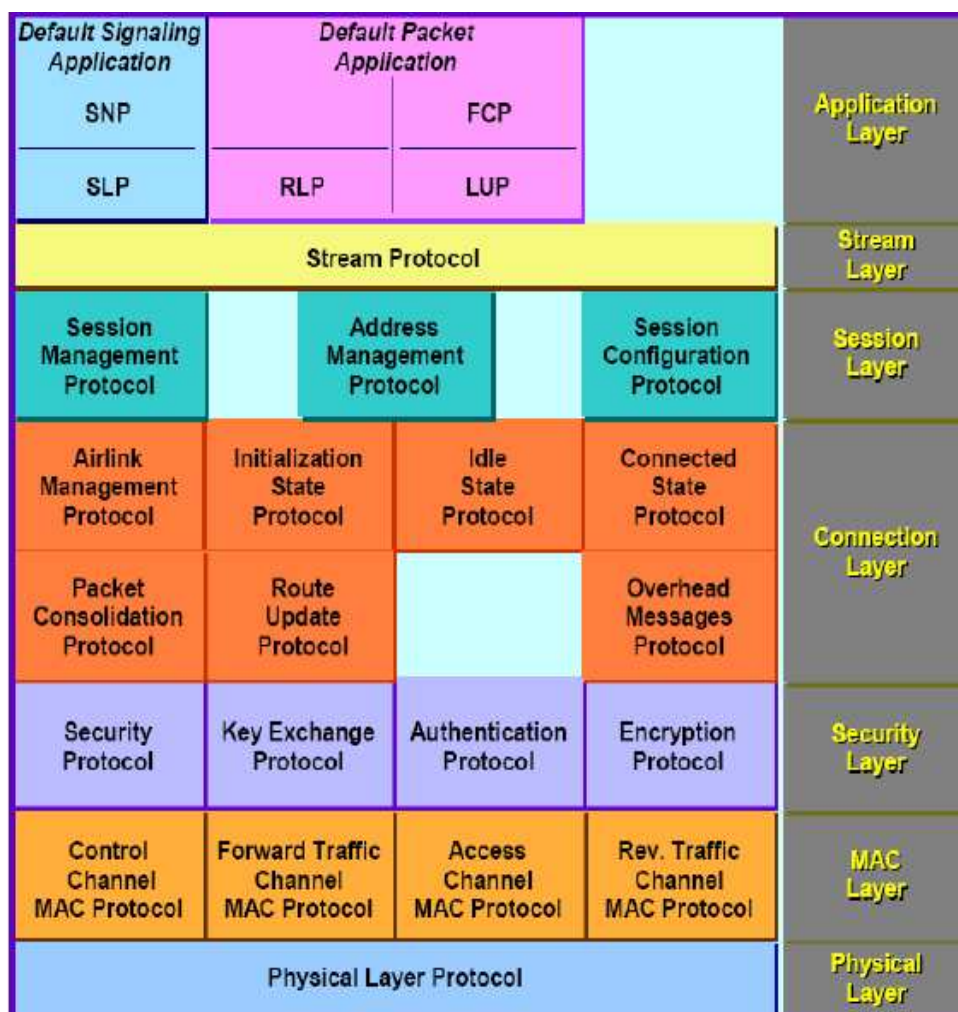


Figura 1. 14 Estructura de Capas de la Interfaz Aérea entre el Terminal de Acceso y la Red de Acceso del CDMA2000 1xEV-DO ^[9].

La interfaz AN-PDSN es también referida como interfaz R-P (Radio-Paquetes) y se encuentra representada en la Figura 1.15. Esta interfaz conecta la red de acceso a la red de datos en paquetes. La interfaz R-P es definida por el estándar

IS-2001, especificación de interoperabilidad para interfaces de red de acceso CDMA2000. La interfaz R-P extiende la definición de la interfaz CDMA2000 R-P.

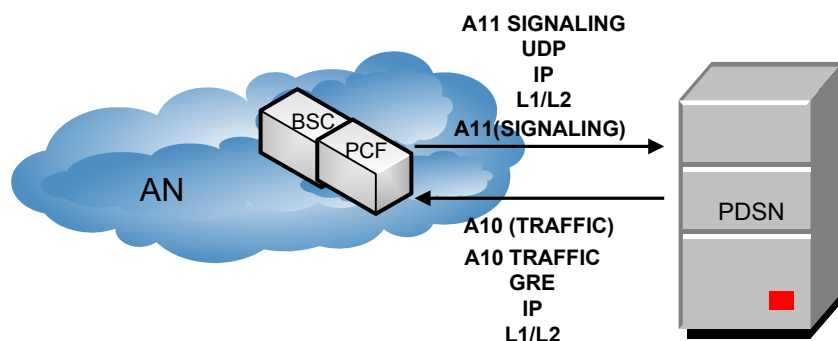


Figura 1. 15 Interfaz entre la Red de Acceso y la PDSN ^[1].

Esta interfaz define el protocolo de señalización A11 para la configuración, el manejo y liberación de las sesiones para la administración del tráfico de usuario. Con respecto al tráfico, R-P define el protocolo A10 para los mecanismos de transferencia de datos entre la PDSN y el BSC/PCF. Para la señalización y tráfico, R-P usa protocolos basados en IETF (Fuerza de Trabajo de Ingeniería en Internet) tal como UDP e IP. Las capas 1 y 2 no están definidas en el estándar R-P y están pendientes como una alternativa de la implementación.

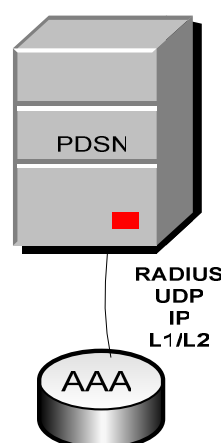


Figura 1. 16 Interfaz entre la PDSN y el servidor AAA ^[1].

La interfaz PDSN-AAA representada en la Figura 1.16, es una interfaz lógica. El protocolo de capa aplicación usado por la PDSN y el servidor AAA es el protocolo

de servicio de usuario telefónico de acceso remoto (RADIUS). Radius no es un nuevo protocolo definido para redes CDMA2000 y CDMA2000 1xEV-DO. Radius es usado en redes ISP, esta definido por el IETF en el RFC-2865 y RFC relacionados. La PDSN usa esta interfaz para autenticar un usuario para servicios de datos en paquetes. La PDSN también usa esta interfaz para enviar los datos del registro de consumo, como es necesario para almacenar en el servidor AAA y procesamiento para la facturación.

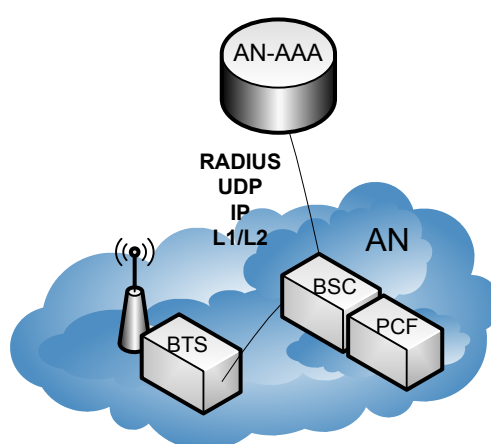


Figura 1. 17 Interfaz entre la Red de Acceso y el servidor AN-AAA ^[1].

En la Figura 1.17 se muestra los protocolos que componen la interfaz entre AN-AAA y AN. Antes de analizar esta interfaz hay que recordar que el servidor AN-AAA es un elemento opcional de la red. Por lo tanto esta interfaz puede no ser usado en algunas implementaciones de red. AN-AAA sirve como un nodo de autenticación de acceso para usuarios y dispositivos a nivel de radio. Por lo tanto esta es una interfaz solo de señalización y es referido como la interfaz A12. Esta interfaz está definido en IS-878, la especificación de interoperabilidad de CDMA2000 1xEV-DO para la interfaz de la red de acceso CDMA2000. La interfaz entre AN y AN-AAA usa el protocolo RADIUS. Se debe notar que el AT no tiene IMSI o ESN como en un sistema CDMA2000. AT y AN-AAA usarán el protocolo de autenticación (CHAP) para autenticación de acceso. Esta interfaz elimina la necesidad para MSC y HLR en redes CDMA2000 1xEV-DO y es el principal cambio respecto a la red CDMA2000.

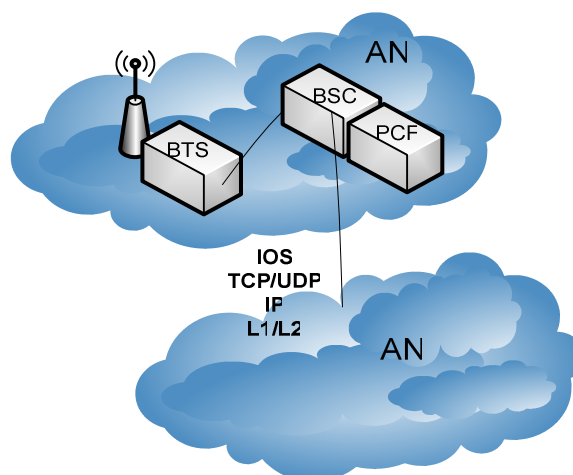


Figura 1. 18 Interfaz entre dos Redes de Acceso ^[1].

La interfaz entre AN y AN es llamada interfaz A13 y es definido en IS-878. Esta también es una interfaz únicamente de señalización. Esta interfaz es definida para soportar una amplia área de movilidad para sesiones de datos en paquetes, cuando los ATs se mueven del área de cobertura de un AN al área de cobertura de otro AN. Esta interfaz es usada para el intercambio de información de la configuración de la sesión entre ANs y soportar movilidad. Esta interfaz puede también ser usada para la autenticación del usuario/dispositivo para un AT roamer.

1.2.4 CANALES DE LA CAPA FÍSICA ^[1-9].

1xEV-DO requiere un ancho de banda de 1.25 Mhz en cada dirección y usa una tasa de ensanchamiento de 1.2288 Mcps. La estructura de las tramas enviadas en la capa física están conformadas por 16 slots de tiempo (cada slot dura 1,66 ms), con lo cual se tiene tramas con una duración de 26.67 ms. Las transmisiones de los paquetes de usuario son distribuidas en uno o más slots de tiempo. Todas las ANs están sincronizadas mediante un temporizador basado en GPS. Las tramas comienzan al mismo tiempo dentro de una AN y a través de todas las ANs.

Los ATs diferencian los sectores o las celdas mediante el uso de diferentes offsets en la señal piloto de referencia del BTS. La capa física define los canales

de capa física y la organización del canal directo y reverso, los cuales son presentados en la Figura 1.19.

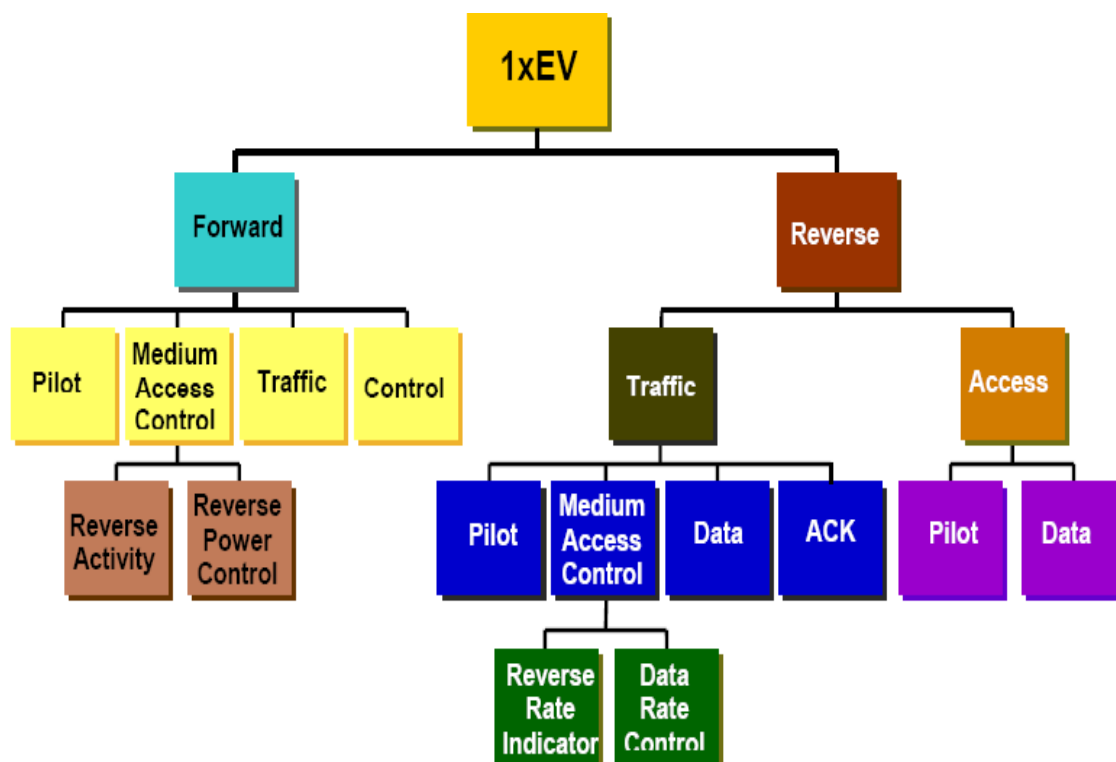


Figura 1. 19 Estructura de Canal de 1xEV-DO ^[9].

1.2.4.1 Canal de Enlace Directo.

El sistema 1xEV-DO emplea un enlace directo compartido y puede servir a un usuario en cualquier instante. Cuando se este sirviendo a un usuario, el AT recibe la totalidad de potencia del transmisor de la celda como se observa en la Figura 1.20. El AT calcula su C/I y le dice a la AN la más alta velocidad de datos con la cual puede recibir información. Esto permite al transmisor de la AN operar a la máxima potencia y transmitir los datos a la más alta velocidad según los requerimientos de cada AT.

Existen beneficios adicionales de un enlace directo compartido. El algoritmo de organización aprovecha la multiplicidad de usuarios y optimiza la transmisión de datos sobre el enlace directo. Ya que más suscriptores acceden al sistema 1xEV-

DO, el organizador ayuda a mejorar el flujo de tráfico mediante la organización equitativa de datos para cada suscriptor. La eficiencia lograda actualmente incrementa el throughput promedio del suscriptor.

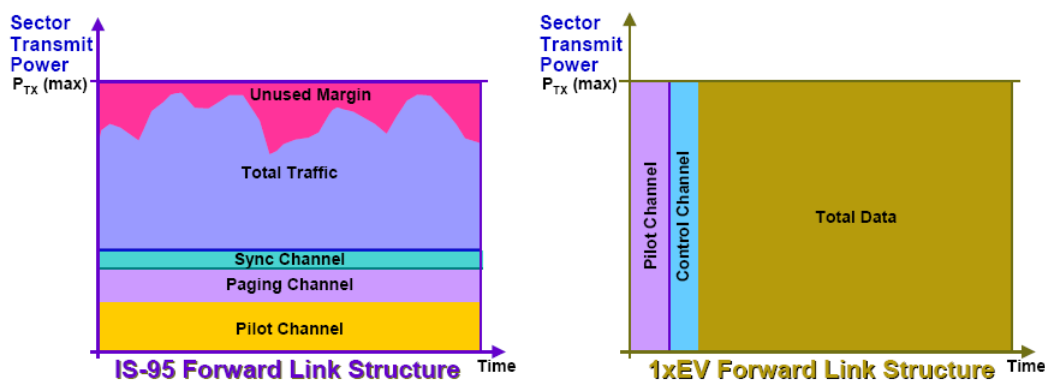


Figura 1. 20 Uso eficiente de la Potencia de Salida de la AN de 1xEV-DO en comparación a IS-95 [9].

Se puede servir a un máximo de 60 usuarios por sector que se encuentren simultáneamente conectados en un tiempo dado. Note que este número representa los usuarios activos conectados (no en estado inactivo). Por ejemplo, si los usuarios en un sector están usando aplicaciones con el 10% del factor de actividad, entonces en efecto 600 usuarios pueden ser servidos en un sector durante la hora ocupada.

1xEV-DO soporta aplicaciones de alta velocidad y de alta capacidad. En el caso de aplicaciones de alta velocidad, teniendo decenas de usuarios activos por sector, a cualquier hora, se aseguran que los usuarios logren altos throughputs. En el caso de aplicaciones de bajas velocidades de datos donde los usuarios están recibiendo pequeñas cantidades de información (ejemplo stock, telemetría, etc.), no usaran los canales por largos periodos de tiempo. Por lo tanto, los usuarios recibirán su ráfaga corta de información y luego liberarán el canal del enlace directo. En esta caso, un número muy grande de usuarios activos en cada instante de tiempo.

La potencia de transmisión de los 60 usuarios activos en un sector es controlada mediante los bits de control de potencia reversa (RPC). Cuando un usuario no esta activamente usando el enlace aéreo pasa a un estado inactivo. Cuando el usuario comienza a usar otra vez, este automáticamente subirá sin ninguna

intervención especial por parte del usuario. El canal directo 1xEVDO consiste de los siguientes canales multiplexados en el tiempo: el canal piloto, el canal de control de acceso al medio directo (MAC), y el canal de tráfico directo o el canal de control. El canal de tráfico lleva paquetes de datos del usuario. El canal de control lleva mensajes de control, y también puede llevar el tráfico del usuario.

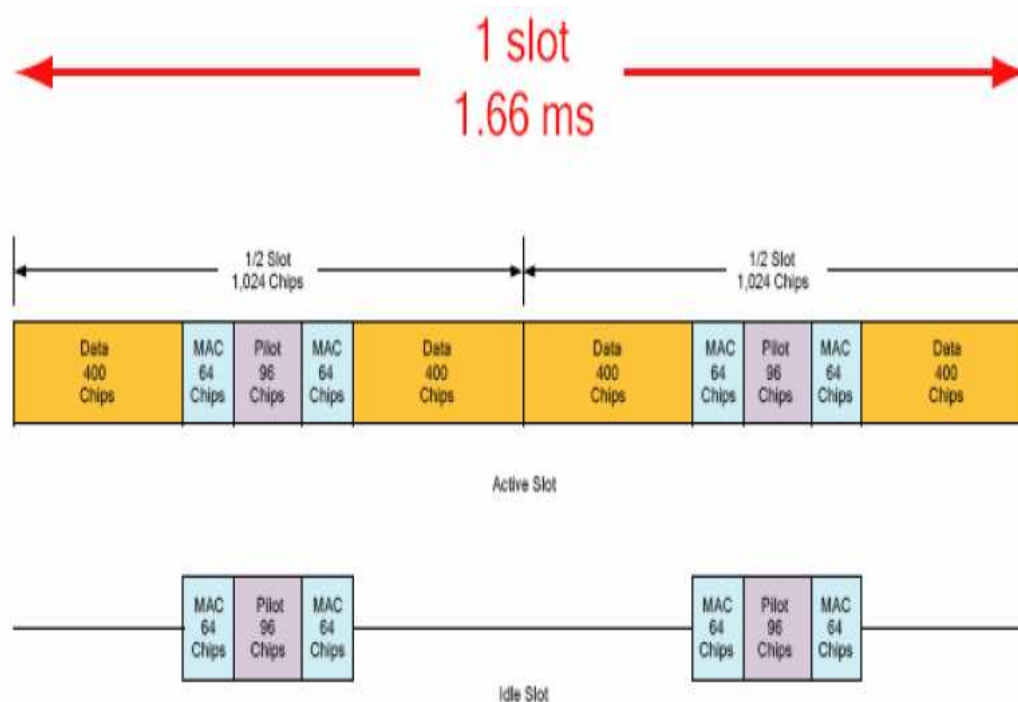


Figura 1. 21 Estructura de un Slot del Enlace Directo ^[7].

La Figura 1.21 muestra la estructura de un slot del enlace directo, donde se observa que cada slot está dividido en dos medios slots. Dentro de cada medio slot, el canal piloto se encuentra en el centro mientras que el canal MAC está dividido a cada lado del canal piloto, el canal de tráfico o el canal de control se transmiten únicamente la información del canal piloto y el canal MAC. Los canales del enlace directo son multiplexados por división de tiempo (TDM), ésta es la principal diferencia con CDMA2000. En la Figura 1.22 se indica la estructura de una trama en el canal de enlace directo:

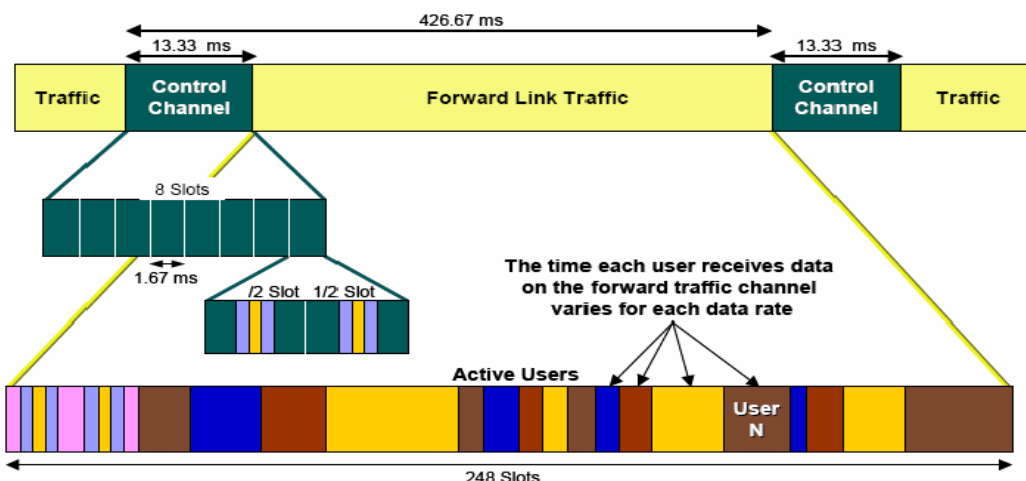


Figura 1. 22 Estructura de la Trama del Canal Directo 1xEV-DO ^[9].

En la Tabla 1.4 se presentan resumidas algunas de las características de la capa física del enlace directo, como son: la velocidad de transmisión, la modulación utilizada, la velocidad de codificación, etc.

| PARÁMETROS DE LA CAPA FÍSICA | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Velocidad de Datos (Kbps) | 38.4 | 76.8 | 153.6 | 307.2 | 307.2 | 614.4 | 614.4 | 921.6 | 1228.8 | 1228.8 | 1843.2 | 2457.6 |
| Tipo de Modulación | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK | QPSK | 8PSK | QPSK | 16QAM | 8PSK | 16QAM |
| Bits por Paquete Codificado | 1024 | 1024 | 1024 | 1024 | 2078 | 1024 | 2048 | 3072 | 2048 | 4096 | 3072 | 4096 |
| Velocidad de Codificación | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 |
| Duración del Paquete Codificado (ms) | 26.67 | 13.33 | 6.67 | 3.33 | 6.67 | 1.67 | 3.33 | 3.33 | 1.67 | 3.33 | 1.67 | 1.67 |
| Número de Slots | 16 | 8 | 4 | 2 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 |

Tabla 1. 4 Enlace Directo de 1xEV-DO ^[9].

En el enlace directo soporta velocidades dinámicas de datos. El terminal de acceso constantemente mide el C/I del canal, luego solicita la apropiada velocidad de datos para las condiciones del canal cada 1.67 ms. El punto de acceso recibe

la solicitud del terminal de acceso para una velocidad de bits en particular, y codifica los datos del enlace directo exactamente a la más alta velocidad que el canal inalámbrico puede soportar en el instante requerido. Se incluye un margen suficiente para permitir la decodificación de los datos del terminal de acceso con una baja velocidad de borrado. De esta manera, como varía las condiciones del canal y las necesidades de aplicaciones del suscriptor, la velocidad de datos óptima es determinada y proporcionada dinámicamente al usuario. En resumen, los siguientes pasos son desarrollados:

- Mediciones rápidas y exactas del C/I recibido del conjunto de sectores que tengan el mejor servicio.
- Selección del mejor sector que esté siendo servido.
- Solicitud de transmisión a la más alta velocidad de datos posible para que pueda ser recibida con alta confiabilidad proporcionando la C/I medida.
- Transmisión del sector seleccionado, y solo de aquel sector, a la velocidad de datos solicitada.

1.2.4.2 Canal de Enlace Reverso.

El terminal de acceso 1xEV-DO puede transmitir a velocidades de 9.6 Kbps a 153.6 Kbps sobre el enlace reverso. La estructura del canal reverso se encuentra representada en la Figura 1.23 y consiste del canal de acceso y el canal de tráfico. El canal de acceso consiste de un canal piloto y un canal de datos. El canal de acceso es usado por el AT para iniciar la comunicación con la red de acceso o para responder a un mensaje dirigido a un AT. El canal piloto es una señal de referencia para ayudar a la AN con la demodulación mientras que el canal de datos contiene mensajes de señalización del AT para la AN.

El canal de tráfico consiste de un canal piloto, un canal de acceso al medio (MAC), un canal de acuse de recibo (ACK), y un canal de datos. El canal MAC contiene un canal indicador de velocidad reversa (RRI) y un canal de control de velocidad de datos (DRC). El canal piloto es una señal de referencia usada por los

ATs para la demodulación. El canal de datos, lleva el tráfico de datos del usuario así como también los mensajes de control del AT al AN.

El canal ACK es usado por el AT para informar a la red de acceso si es paquete de datos transmitido sobre el canal de tráfico directo ha sido recibido con éxito o no. El AT envía el valor de la velocidad a la cual está transmitiendo datos sobre el enlace reverso hacia la AN usando RRI. El AT estima la velocidad que puede recibir basándose sobre el actual nivel de interferencia y lo reporta usando el DRC.

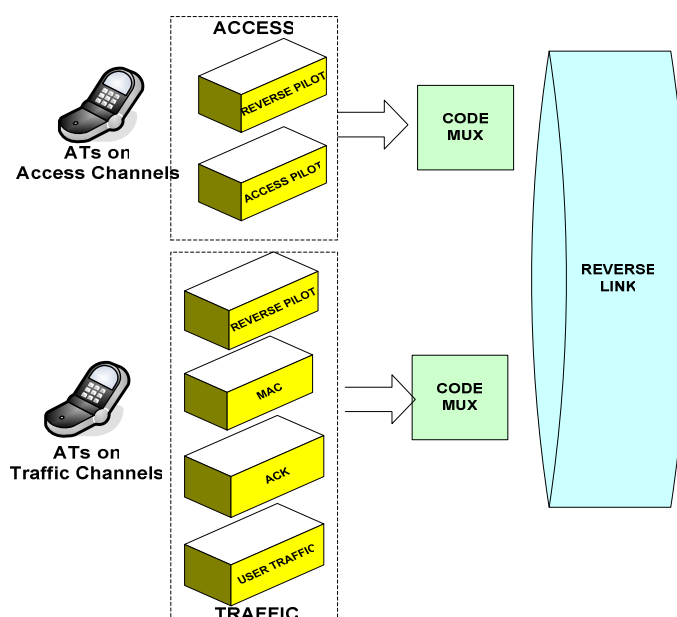


Figura 1. 23 Estructura del Canal Reverso ^[1].

Cuando un AT está usando tanto el canal de acceso como el canal de tráfico los datos son multiplexados en código antes de ser transmitidos sobre el aire.

Ya que múltiples ATs pueden estar transmitiendo información simultáneamente sobre el enlace reverso, las secuencias de PN largas con máscaras específicas para cada AT son utilizadas para diferenciar la información de un AT de la de otro AT.

El enlace reverso de 1xEV-DO soporta varias velocidades de datos como se muestra en la Tabla 1.5.

| | PARÁMETROS DE LA CAPA FÍSICA | | | | |
|---|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Velocidad de Datos (Kbps) | 9.6 | 19.2 | 38.4 | 76.8 | 153.6 |
| Tipo de Modulación | BPSK | BPSK | BPSK | BPSK | BPSK |
| Bits por Paquete Codificado | 256 | 512 | 1024 | 2048 | 4096 |
| Velocidad de Codificación | 1/4 | 1/4 | 1/4 | 1/4 | 1/2 |
| Duración del Paquete Codificado (ms) | 26.67 | 26.67 | 26.67 | 26.67 | 26.67 |
| Número de Slots | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |

Tabla 1. 5 Enlace Reverso de 1xEV-DO ^[9].

1.2.5 PROTOCOLO PUNTO A PUNTO.

Este protocolo no es parte de los protocolos de la especificación 1xEV-DO, sin embargo es un protocolo clave que las tecnologías 3G utilizan para proveer conectividad end-to-end entre la PDSN y cada terminal de acceso. Por lo tanto, es válido mencionar su rol en el sistema 1xEV-DO.

El protocolo Punto a Punto (PPP) es un protocolo de tunelización robusto, el cual establece un túnel entre la PDSN y el AT. El AT puede moverse dentro y fuera del área de cobertura de una AN y la PDSN mantendrá el estado PPP, y de este modo proporciona un túnel confiable para la transmisión de la información.

1.2.6 HANDOFFS DE 1XEV-DO.

El AT recibe datos de una sola AN en cualquier tiempo dado. En lugar de combinar la energía transmitida por múltiples ANs, el AT es capaz de conmutar rápidamente la comunicación de una AN a otra.

El terminal de acceso mide el C/I, de todos los canales pilotos medibles y solicita servicio a la AN con la señal piloto más fuerte. Esto sigue la regla del mejor servidor, donde el AT se comunica con el punto de acceso requerido en cualquier

tiempo dado. El piloto del enlace directo permite al AT obtener una estimación rápida y exacta de C/I.

El enlace reverso hace uso de mecanismos de soft handoff. Las transmisiones del AT pueden ser recibidas por más de un punto de acceso, y por lo tanto la selección de tramas es realizada.

La ubicación actualizada de mensajes posibilita a la red de acceso conectarse a la PDSN manteniendo el estado PPP al AT; por lo tanto puede re-enrutar el tráfico al AT inmediatamente sobre la recepción de la ubicación actualizada de mensajes del AT. Este método permite al AT mantener la misma dirección IP y la misma conexión PPP.

1.3 CDMA2000 1xEV-VD ^[10].

CDMA2000 1xEV-DV es un estándar 3G basado en CDMA para la interfaz de aire. 1xEV-DV es la segunda fase de la evolución del CDMA2000 y ofrece compatibilidad completa con versiones anteriores de CDMA2000. 1xEV-DV es también compatible con los estándares de red central ANSI-41. La Figura 1.24 muestra como la interfaz de aire 1xEV-DV es colocada en la arquitectura de red 3G CDMA2000. Las entidades muy importantes en la arquitectura de la red 3G incluyen la Red de Acceso de Radio y la Red Central.

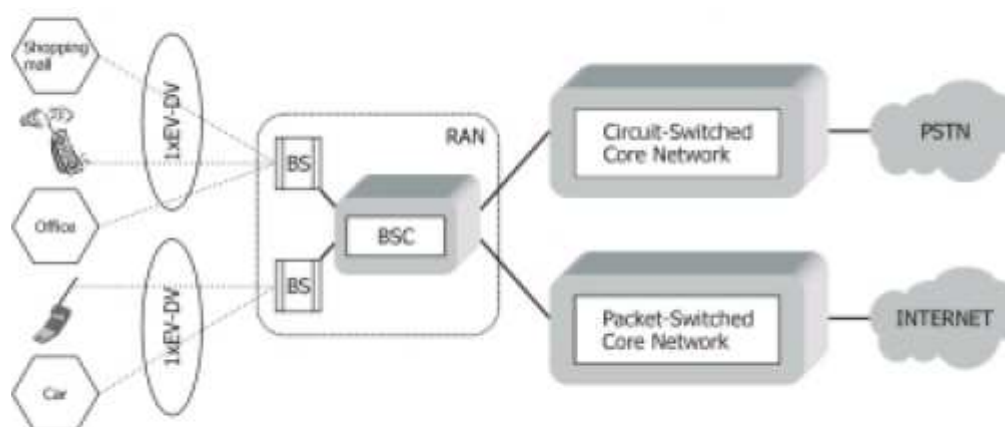


Figura 1. 24 1xEV-DV en la Arquitectura de Red 3G ^[10].

Los terminales móviles en el RAN se comunican con las estaciones bases, la cual forma su punto de contacto para la red. Este enlace de comunicación inalámbrico entre los terminales y la BS constituyen la interfaz aérea también conocida como la interfaz Um. La red central de circuitos conmutados termina en la PSTN, mientras que la red central de paquetes conmutados termina en la Internet. El 1xEV - DV no afecta la red central de CDMA2000.

1.3.1 Requisitos del 1xEV-DV.

Los requisitos para 1xEV-DV han sido establecidos en el documento de la 3GPP2 “S.R0026 High-Speed Data Enhancements for cdma2000 1x – Integrated Data and Voice”. Algunos de los requisitos más importantes para 1xEV-DV y su estado con respecto a la conformidad en el estándar se indican en la Tabla 1.6.

Tabla 1. 6 Requisitos del 1xEV-DV ^[10].

| REQUISITOS | CONFORMIDAD DEL ESTÁNDAR | OBSERVACIÓN |
|---|--------------------------|---|
| Compatibilidad con redes ANSI-41 | √ | |
| En comparación con CDMA2000, al menos 2 veces el número de llamadas de voz simultáneas para un solo canal de radio, para la misma configuración de antena de la estación de base y usando el mismo vocoder. | X | La capacidad de voz del CDMA2000 ha sido conservada en 1xEV-DV. |
| Al menos 2.4 Mbps en el canal portador directo cuando solo se da servicio al tráfico de datos de paquetes para cualquier usuario en un ambiente vehicular de alta velocidad y al aire libre. | √ | 3.09 Mbps es soportado en F-PDCH ³ . |

³ **F-PDCH:** Forward-Packet Data Channel.

| | | |
|---|---|---|
| Al menos 1.25 Mbps en el canal portador reverso cuando solo se da servicio al tráfico de datos de paquetes para cualquier usuario en un ambiente vehicular de alta velocidad y al aire libre. | X | Velocidad de datos pico en el canal reverso es 451.2 Kbps. |
| Al menos 600 Kbps en el canal portador directo cuando solo se da servicio al tráfico de datos de paquetes para cualquier usuario en un ambiente vehicular de alta velocidad y al aire libre. | √ | Velocidad de datos promedio de 1.7 Mbps es soportada en el canal portador directo. |
| 1xEV-DV operará con configuración de radio 3x. | √ | 1xEV-DV puede se extendida fácilmente para operar en modo 3x debajo de la estructura del sistema actual. |
| Handoff de los servicios de datos y voz entre el canal de radio 1xEV-DV y otros canales de radio que están operando de acuerdo con las especificaciones de la familia del CDMA2000 | √ | Todos los tipos de handoff son posibles entre el IS-95, IS-95A, IS-95B, y CDMA2000 release A, release B, y 1xEV-DV para llamadas de voz. Las llamadas de voz no pueden ser rechazadas a un sistema 1xEV-DO. |
| Si una estación móvil soporta tanto 1xEV-DV como 1xEV-DO, entonces la estación móvil soportará la transferencia de servicios de datos comúnmente soportados entre los canales de radio de 1xEV-DO y de 1xEV-DV. | √ | |
| Sesiones de datos de paquetes múltiples y simultáneas por usuario. | √ | |

1.3.2 LA INTERFAZ DE AIRE.

La arquitectura en capas de una estación base 1xEV-DV es retratada en la Figura 1.25. El conjunto de capas de la estación base 1xEV-DV consiste en: Capa Superior de Señalización, Control de Acceso de Enlace, Control de Acceso al Medio, Protocolo de Enlace de Radio y la Capa Física. Una entidad adicional llamada Función de Canal de Control de Datos de Paquetes Directos también existe en el 1xEV-DV.

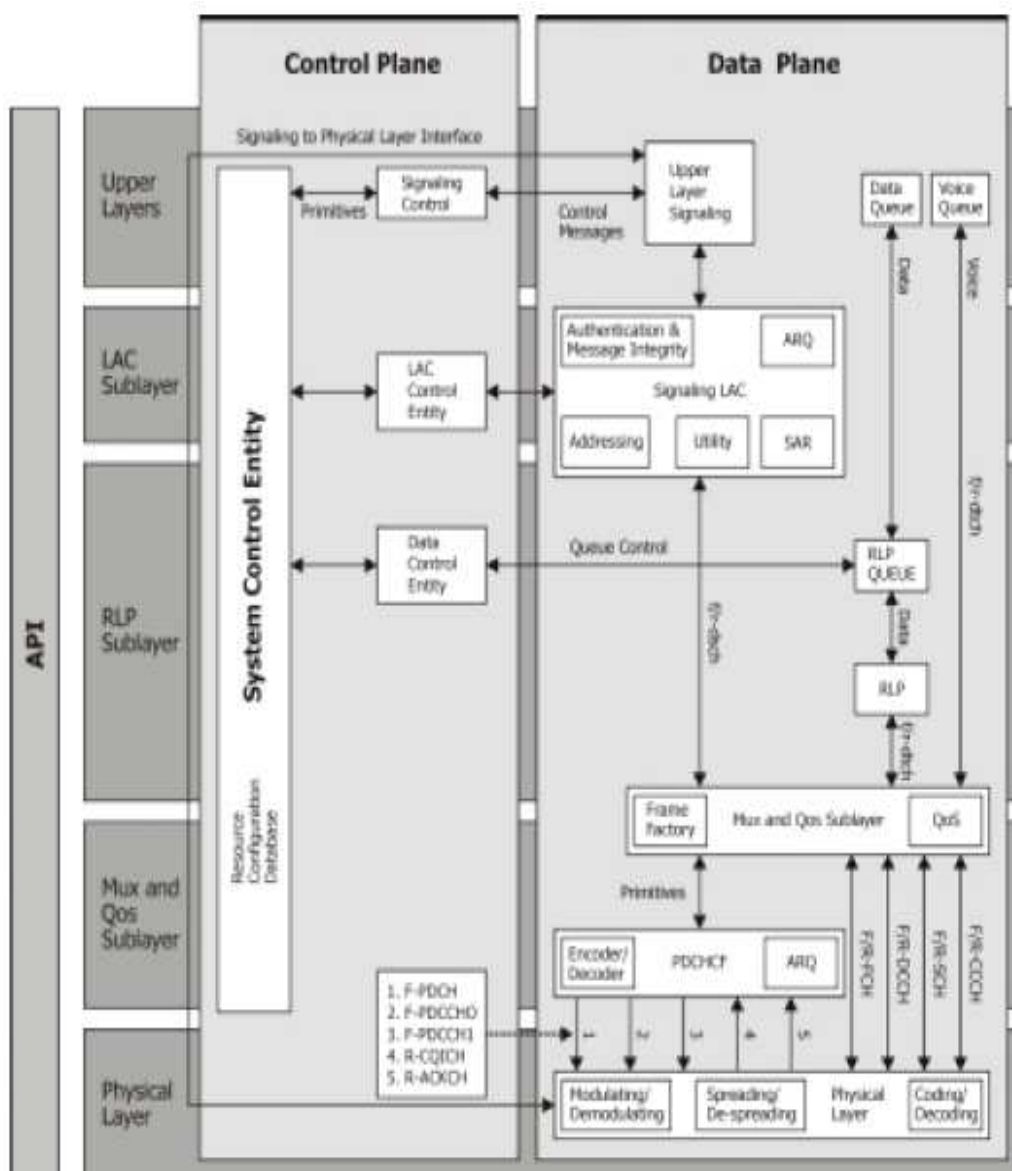


Figura 1. 25. Arquitectura de la Estación Base 1xEV-DV [10].

1.3.2.1 Capa Superior de Señalización.

La capa 3 o capa superior de señalización es la responsable del intercambio de mensajes de control en el sistema inalámbrico. Todos los mensajes de capa 3 son construidos en la capa superior de señalización y son pasados a la capa 2 para la transmisión sobre la interfaz de aire.

1.3.2.2 Control de Acceso de Enlace.

Control de Acceso de Enlace (LAC) implementa un protocolo de enlace de datos que proporciona el transporte correcto y la entrega de mensajes de señalización generados por la Capa 3. Como se muestra en la Figura 1.25, LAC consta de: Autenticación e Integridad del Mensaje, Solicitud de Repetición Automática (ARQ), Direccionamiento, Subcapa de Utilidad, Segmentación y Reensamblaje (SAR).

La Autenticación y la Integridad del Mensaje son responsables por la autenticación de la unidad móvil junto a la estación base. Esto es hecho por los mensajes de inicialización transmitidos sobre el canal reverso solamente. La clave de Autenticación de Mensaje para autenticación (MAC-I⁴) es dada al mensaje inicial transmitido para asegurar la integridad y la autenticidad de los mensajes. Las estaciones móviles con P_REV⁵ mayores o iguales a 10, soportan la integridad de mensaje. ARQ es responsable de la retransmisión de los mensajes, si es requerido. ARQ también se encarga de verificar si el mensaje enviado se lo hace en el modo seguro o poco seguro. Los campos de direccionamiento son requeridos sólo si el mensaje es transmitido sobre el canal común. Estos campos son requeridos para identificar a la unidad móvil cuando los datos son transmitidos a múltiples estaciones móviles. De forma semejante, si los datos son recibidos sobre un canal común, la identificación de la estación móvil, que ha enviado los datos, es hecha en la entidad de la LAC. La Utilidad es responsable de identificar el mensaje transmitido / recibido de la estación móvil y también de

⁴ **MAC-I:** Message Authentication Code for Integrity

⁵ **P_REV:** Protocol Revision

rellenar los datos con ceros para hacerlo un múltiplo esencial de 8. En SAR, cuando la Unidad de Datos de Paquetes (PDU) es transmitida, el cálculo del Chequeo de Redundancia Cíclica (CRC) es llevado a cabo y los bits calculados son añadidos a la PDU. Sin embargo, cuando los datos son recibidos, el cálculo de CRC es realizado sobre los datos y es pasado a las capas superiores sólo si aprueba el chequeo, o sino el mensaje es descartado.

1.3.2.3 Control de Acceso al Medio.

El Control de Acceso al Medio implementa el protocolo de acceso al medio y es responsable de transportar las unidades de datos del protocolo LAC usando los servicios proporcionados por la Capa1. 1xEV-DV incluye una entidad MAC eficiente y flexible que soporta ejemplos de servicios de datos múltiples, uno por cada ejemplo de servicio de datos de paquete o de circuito activo. Junto con la entidad de Control de QoS, la MAC realiza complejas capacidades de multi-servicios y multi-media de los sistemas inalámbricos de la siguiente generación con capacidades de administración de QoS para cada servicio activo.

La subcapa MAC actúa como una interfaz entre la capa superior de señalización, servicios de datos, servicios de voz y la capa física. La entidad MAC ajusta información de las capas superiores y forma un bloque de datos. La subcapa Múltiplex combina uno o más bloques de datos para formar MuxPDUs, y uno o más MuxPDUs son combinados a la vez para formar la SDU de la capa Física que es finalmente transmitida hacia la capa física.

Este procesamiento es hecho en la entidad de Fabricación de Trama mostrada en la Figura 1.25. Esta entidad es también responsable de la creación de varios canales físicos. Varios canales que pueden ser creados por MAC son: Canal SYNC (sincronización), Canal de Paging, Canal de Control de Broadcast, Canal de Control Común Directo para señalización común y Canal Fundamental, Canal de Control Dedicado y Canal Suplementario para los datos de tráfico. Si la Capa Física usa codificación convolucional y el canal físico ha ser usado es el Canal

Suplementario, el procesamiento de la LTU⁶ debe ser llevado a cabo por la SDU de la Capa Física. El número de LTUs en una SDU está en función del número de bits ha ser transmitidos en la SDU. Un CRC⁷ de 16 bits es también añadido a cada LTU.

1.3.2.4 Protocolo de Enlace de Radio.

El Protocolo de Enlace de Radio (RLP) permite encriptar el acceso inalámbrico. Este es usado con un Canal de Tráfico para soportar los servicios de datos CDMA. RLP proporciona un servicio de transporte de flujo de octetos sobre los Canales de Tráfico directo y reverso. RLP es inconsciente de la estructura de capa más alta. Esto opera sobre un flujo de octeto simple, repartiendo los octetos en el orden recibido. RLP tiene procedimientos para reducir considerablemente la tasa de error exhibidos por los canales de tráfico de CDMA. Los procedimientos importantes usados por RLP para soportar servicios de datos son:

- Procedimientos del RLP_BLOB⁸: RLP_BLOB es usado para poner y negociar los parámetros de la Estación de Móvil (MS) y la Estación de Base (BS). Hay algunos procedimientos permitidos para poner estos parámetros.
- Procedimientos de Sincronización del RLP: los procedimientos de sincronización de RLP son usados para sincronizar entre el RLP de MS también como el RLP de BS antes de que la transferencia de datos reales tenga lugar.
- Procedimientos de Inicialización del RLP: estos procedimientos son llevados a cabo por el RLP para inicializar todas sus variables y buffers.
- Procedimientos de Encriptación/Descencripción del RLP: estos procedimientos son usados para encriptar las tramas de datos antes de la transmisión y descencriptar las tramas de datos recibidas.

⁶ **LTU**: Logical Transmission Unit

⁷ **CRC**: Cyclic Redundancy Code

⁸ **RLP_BLOB**: Block of Bits

1.3.2.5 Función de Control de Canal de Datos de Paquetes.

La entidad Función de Control de Canal de Datos de Paquetes (PDCHCF) ha sido añadida en el sistema 1xEV-DV. Proporciona un protocolo de retransmisión automática para asegurar la entrega de paquetes codificados desde la Estación Base hacia la Estación Móvil. Esto es hecho por la retransmisión de los paquetes turbo codificados en el caso de recepción fallida y la decodificación del paquete codificado. PDCHCF maneja los siguientes canales asociados con los datos de paquete:

- Canal de Control de Datos de Paquete (F-PDCCH).
- Canal de Datos de Paquete Directo (F-PDCH).
- Canal de Acuse de Recibo Reverso (R-ACKCH).
- Canal de Inicio de Calidad de Canal Reverso (R-CQICH).

La Figura 1.26 muestra los canales de Datos de Paquetes manejados por PDCHCF.

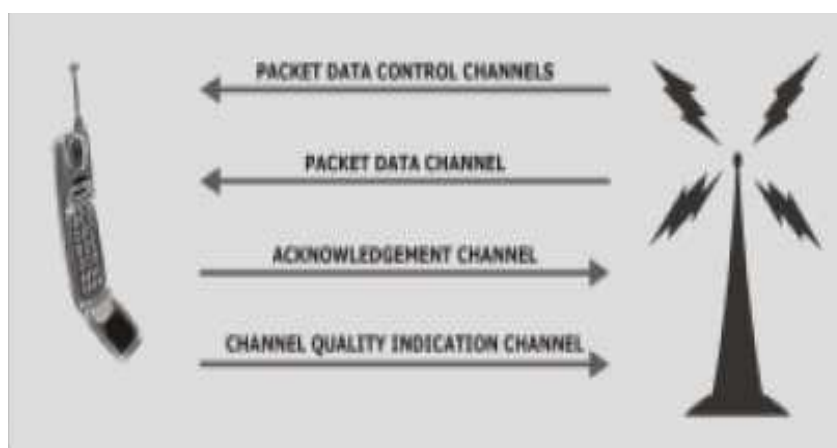


Figura 1. 26 Canales de Datos de Paquete ^[10].

1.3.2.5.1 Canales de Control de Datos de Paquetes Directos.

La estación móvil monitorea el canal F-PDCCH cuando el canal de datos de paquete es asignado para esto. La transmisión en este canal puede ser de

duración variable, por ejemplo de 1 (1.25ms), 2 (2.5ms) o 4 (5ms) slots de largo. Existen dos tipos diferentes de canales PDCCH: el Canal de Control de Datos de Paquetes Primario Directo (F-PPDCCH) y el Canal de Control de Datos de Paquetes Secundario Directo (F-SPDCCH).

El canal F-PPDCCH indica la duración del canal F-PDCH, mientras que el canal F-SPDCCH es usado para enviar la Identificación MAC del usuario programado (identificador de 8 bits para identificar excepcionalmente a la estación móvil en el canal PDCCH compartido), la Identificación del Canal ARQ, el tamaño del paquete codificado y la identificación del sub-paquete. Este es también usado para difundir información de espacio Walsh.

1.3.2.5.2 Canal de Datos de Paquetes Directo.

El canal F-PDCH es multiplexado en división de tiempo entre diferentes estaciones móviles y pueden ser multiplexado en división de código para permitir a la estación base la transmisión de paquetes codificados hacia dos diferentes estaciones móviles. Un canal CDMA Directo podría contener hasta dos canales F-PDCH y cada canal F-PDCH transmitir información hacia un móvil específico en un tiempo cuando éste esta operando en modo TDM⁹. La transmisión en este canal puede ser de duración variable, por ejemplo, 1 (1.25ms), 2 (2.5ms) o 4 (5ms) slots de largo.

El canal F-PDCH lleva los sub-paquetes turbo codificados del codificador de paquetes desde la estación base. La estación Base codifica el paquete usando una velocidad de codificación turbo 1/5. Cada sub-paquete en la cola ha ser transmitido es asignado un identificador de sub-paquete (SPID). Para asegurar la entrega de los paquetes codificados, el canal PDCHCF provee un Protocolo de Retransmisión Automático (ARQ).

⁹ **TDM:** Time Division Multiplexing.

Puede usar hasta 4 canales ARQ independientes, para que la estación base pueda tener cuatro codificadores paquetes no conocidos en un tiempo determinado. Cuando la estación móvil recibe un sub-paquete, este decodifica los paquetes codificados basados en los sub-paquetes recibidos, asociados con el codificador de paquete.

1.3.2.5.3 Canal de Acuse de Recibo Reverso.

El canal R-ACKCH suministra la realimentación para el canal F-PDCH. Este lleva un ACK (para la transmisión exitosa) o un NAK (para la transmisión fallida) desde la estación móvil hacia la estación base, después de la decodificación de sub-paquetes transmitidos sobre el canal F-PDCH es realizada. Una trama R-ACKCH comienza cuando el tiempo del sistema es un múltiplo esencial de 1.25 ms. Un bit "0" es transmitido para una respuesta de ACK y un bit "1" es transmitido para una respuesta de NAK.

1.3.2.5.4 Canal de Inicio de Calidad de Canal Reverso.

El canal R-CQICH lleva la información de realimentación de la estación móvil sobre la calidad de señal para el canal de datos de paquete directo. Esta información es usada por la estación de base para determinar los niveles de potencia de transmisión y las velocidades de transmisión de datos. La estación móvil envía la información de calidad de canal cada 1.25 ms.

Cada transmisión sobre el canal R-CQICH transporta un valor del indicador de calidad de canal lleno o un valor del indicador de calidad de canal diferencial. Un valor del indicador de calidad de canal lleno es una razón de señal a ruido del piloto, mientras que el valor del indicador de calidad de canal diferencial es un incremento positivo o negativo para el valor transmitido más recientemente.

1.3.2.6 Capa Física.

La capa 1 o capa Física prevé la transmisión y recepción de señales de radio entre la estación base y la estación móvil. Es responsable de la modulación/demodulación, codificación/decodificación, inter-leaving, etc., de las PDUs proporcionadas por la Capa 2, o por las PDUs recibidas en el canal reverso.

1.3.2.7 Lógica hacia el Mapping Físico.

Canales o caminos de comunicación existen en dos niveles diferentes. Los Canales Lógicos proporcionan una conexión lógica entre un par entidades. Los Canales Físicos significan el camino de comunicación entre estaciones, descritas en términos de las características de radio por ejemplo codificación, políticas de control de potencia, etc. Los nombres del canal lógico son especificados con letras minúsculas como por ejemplo f-dsch (canal de señalización dedicado directo) mientras que los nombres del canal físico son especificados con letras mayúsculas, por ejemplo F-FCH (Canal Fundamental Directo).

Los canales lógicos son apropiadamente “mapped” hacia y desde uno o más canales físicos por la Subcapa multiplexora de MAC. Esta tabla de mapping es exhibida en la Tabla 1.7.

Tabla 1. 7 Lógica hacia el Mapping Físico ^[10].

| CANALES FÍSICOS → | | | | | | | |
|--------------------|-------|----------|-------|---------|----------|--------|---------|
| CANALES LÓGICOS ↓ | PILOT | F/R-CCCH | R-ACH | F/R-FCH | F/R-DCCH | F-PDCH | F/R-SCH |
| pc (power control) | √ | | | √ | √ | | |
| f/r-csch | | √ | √ | | | | |
| f/r-ctch | | √ | √ | | | | |
| f/r-cmch | | √ | √ | | | | |
| f/r-dmch | | | | √ | √ | | |
| f/r-dsch | | | | √ | √ | | |
| f/r-dtch | | | | √ | √ | √ | √ |

1.3.2.8 Encriptación y Autenticación en el Sistema 1xEV-DV.

1.3.2.8.1 Encriptación

La técnica de encriptación usada en 1xEV-DV es la misma que se usa en CDMA2000. La estación móvil indica a la estación base, varios algoritmos de encriptación que esta soporta. La estación de base tiene el criterio para prender/apagar la encriptación de los datos de señalización o los datos de información de usuario. La estación móvil también puede proponer el prender/apagar la encriptación. Los mensajes no son codificados si la autenticación no es llevada a cabo por el mensaje específico. También, los minis mensajes son enviados sin encriptar. Los mensajes que traen los campos de capacidad de encriptación varían basándose en el valor de P_REV de la estación móvil. Un algoritmo de encriptación que usó 1xEV-DV es el algoritmo de encriptación de Rijndael.

El algoritmo de encriptación de Rijndael es un algoritmo sumamente rápido y muy seguro. El algoritmo de encriptación Rijndael (pronunciado "Rhine-doll") permite solamente tamaños de claves de 128, 192 y 256 bits. La clave usada es ampliada a un set alrededor de n claves, por lo tanto, los datos de entrada se someten a una operación alrededor de n . El algoritmo ha ser usado para la encriptación es especificado por el campo de SDU_ENCRYPT_MODE de varios mensajes de Capa 3. Si la encriptación es llevada a cabo sobre el mensaje existente transmitido sobre la capa 3, la SDU es reforzada, de forma que su longitud reconvierte en un múltiplo esencial de 8. El CRC de 8 bit es calculado sobre los datos y los bits CRC son añadidos a los datos. Estos datos combinados son codificados, usando los algoritmos mencionados anteriormente.

La Figura 1.27 muestra el proceso de encriptación de los datos en el sistema 1xEV-DV y la Tabla 1.8 describe los campos de encriptación del sistema.

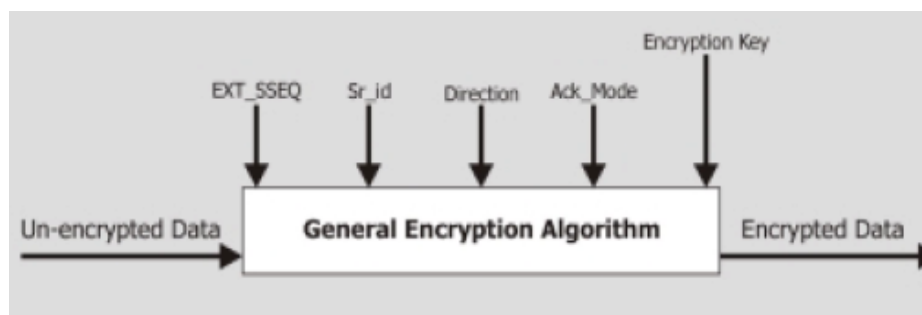


Figura 1. 27 Encriptación en el Sistema 1xEV-DV ^[10].

| CAMPO | DESCRIPCIÓN |
|------------------------------|---|
| EXT_SSEQ | Número de secuencia de encriptación de seguridad de 32 bits para encriptación/descencriptación. |
| Sr_id | Identificador de Referencia de Servicio para el caso optativo de servicio asociado. |
| Dirección | Dirección de los datos existentes encriptados/descencriptados. Es puesto a "0" si los datos son recibidos/transmitidos en el canal directo si no es puesto a "1". |
| Clave de Encriptación | Sesión clave para la Encriptación. Es un resultado de un acuerdo de clave de sesión exitoso entre la estación móvil y la estación base. |
| Modo ACK | Modo de entrega del mensaje. Es puesto a "0" si el mensaje es repartido usando un modo poco seguro, si no, es puesto a "1". |

Tabla 1. 8 Campos de Encriptación ^[10].

1.3.2.8.2 Autenticación.

La Autenticación es un proceso por el cual la información es cambiada entre una estación móvil y estación base para confirmar la identidad de la estación móvil. El procedimiento de autenticación es heredado del CDMA2000. La estación de base posee datos compartidos secretos (SSD) que son únicos en cada estación

móvil. Si tanto la estación base como estación móvil poseen el juego idéntico de SSD, el procedimiento de autenticación es considerado ser exitoso.

El procedimiento de Auth_Signature es usado para llevar a cabo la autenticación por una estación móvil específica. Los siguientes parámetros de entrada son requeridos en este procedimiento:

- RAND_CHALLENGE
- ESN
- AUTH_DATA
- SSD_AUTH
- SAVE_REGISTERS

La autenticación es llevada a cabo usando el Procedimiento de Desafío Único. En este procedimiento, la estación base genera un valor de 24 bits y lo transmite a la estación móvil en el Mensaje de Desafío de Autenticación. Sobre la recepción del mensaje, la estación móvil ejecuta el procedimiento de Auth_Signature y un campo de AUTHU es generado, el cual es enviado a la estación base a través del Mensaje de Respuesta de Desafío de Autenticación. La Estación Base también ejecuta el procedimiento de Auth_Signature usando su valor interiormente guardado, y la salida es comparada con el valor de AUTHU en el PDU recibido. Si la autenticación falla, los intentos de acceso adicionales por la estación móvil son negados y el procedimiento de actualizar el SSD es iniciado.

1.3.2.9 Características del Sistema 1xEV-DV.

Las siguientes son alguna de las características del sistema 1xEV-DV que son nuevas, con respecto al CDMA2000:

- Velocidad de Datos Directa Pico: 3.072 Mbps
- Velocidad de Datos Reversa Pico: 451.2 Kbps
- Adiciona 3 nuevos canales para el enlace directo para la operación de datos de paquetes:
 - Forward Packet Data Channel (F-PDCH)
 - Forward Primary Packet Data Control Channel (F-PDCCCH0)

- Forward Secondary Packet Data Control Channel (F-PDCCH1).
- Adiciona 3 nuevos canales para el enlace reverse para la operación de soporte de F-PDCH:
 - Reverse Rate Indicator Channel (R-RICH)
 - Reverse Channel Quality Indicator Channel (R-CQICH)
 - Reverse Acknowledgement Channel (R-ACKCH)
- Modulación Adaptiva y Codificación en el enlace Directo en tiempo real para adaptar al ambiente RF (QPSK, 8-PSK, 16-QAM).
- Duración de Trama RF variable (1.25, 2.5 y 5 ms).
- La estación móvil selecciona una de las N estaciones bases activas para servirle en el enlace directo.
- No Soft handoff sobre el canal de datos de paquetes directo (F-PDCH) o los canales de control secundarios (F-PDCCH0 y F-PDCCH1).
- Cambios para la existencia de los mensajes de capa 3 para soportar los nuevos canales de 1xEV-DV.
- Cambios para el Servicio Optativo 33 (datos de paquete de alta velocidad) para complacer los nuevos canales.

1.3.2.9.1 Características Retenidas del CDMA 2000.

Las características del CDMA 2000 que son las mismas en el sistema 1xEV-DV incluyen:

- La calidad de voz del CDMA2000 es retenida en el sistema 1xEV-DV.
- Las estructuras de los canales son conservados en el sistema 1xEV-DV.
- La autenticación es la misma que en el CDMA 2000 1X.
- Reuso completo del protocolo de Capa 2 (LAC).
- Los estados de sesión de datos son los mismos como CDMA 2000 1X.

1.3.2.9.2 Conceptos Claves del Sistema 1xEV-DV

A continuación se describe brevemente algunos conceptos claves usados en 1xEV-DV.

a) Modulación Adaptiva y Codificación.

Basado en el promedio de las condiciones del canal experimentadas por el usuario, un esquema de modulación y codificación flexible es elegido para servir a los distintos usuarios. Las condiciones de canal son continuamente comunicadas por las estaciones móviles usando el canal F-PDCH a través del canal R-CQICH. Esto permite una operación de velocidad adaptable. La Figura 1.28 describe el proceso de modulación adaptiva y codificación.

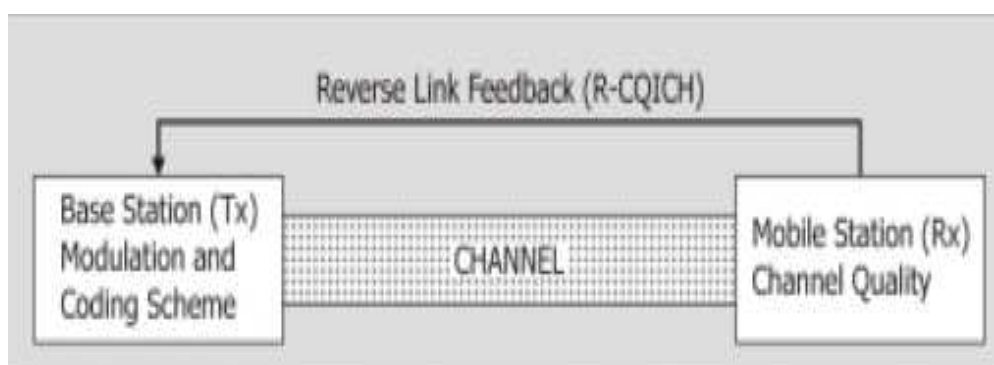


Figura 1. 28 Modulación Adaptiva y Codificación ^[10].

b) Planificación Rápida.

La planificación rápida para los datos de paquete controla la asignación del canal a usuarios y determina en conjunto el comportamiento del sistema. El planificador dirige la transmisión al usuario con las mejores condiciones de canal momentáneamente, permitiendo las más altas velocidad de datos posibles en cada instante. Esto resulta que el throughput sea maximizado.

c) Diversidad Multi-Usuario

Los primeros sistemas CDMA terminaron concediendo un ancho de banda importante a usuarios de datos de paquete cuando ellos estaban experimentando las condiciones de canal de mala calidad. Esto no ayudó realmente en mejorar la experiencia de usuario y también resultó en un desperdicio del preciado ancho de banda.

Explotando la técnica de velocidad adaptiva, el sistema 1xEV-DV es capaz de conseguir multiplexaje eficiente entre diferentes usuarios. El sistema 1xEV-DV soporta paquetes basados en TDM y esquemas CDM. En caso de TDM, la estación base transmite paquetes cortos a usuarios uno a la vez usando todos los recursos de aire disponibles (potencia y espacio de código), y en velocidad de datos máxima, las condiciones del canal de recepción lo permitiría. En esta manera, 1xEV-DV es capaz de satisfacer las condiciones de canal siendo experimentado por usuarios individuales en una manera óptima.

d) Macro Diversidad.

La inteligencia en los terminales 1xEV-DV es mucho más alta que ningún terminal CDMA2000 anterior. Cada terminal 1xEV-DV monitorea constantemente los canales pilotos recibidos desde las diferentes estaciones base. Se comunica a las estaciones bases, transmitiendo sobre el piloto más fuerte que está recibiendo. De esta manera, identifica la estación base desde cual recibirá las señales adicionales. Esto ayuda a reducir la carga en el controlador de la red de radio. Esto también ayuda a conservar los recursos de aire en una situación de soft-handoff en donde múltiples estaciones bases acaban el envío de las mismas tramas hacia un terminal particular que está experimentando el soft-handoff.

1.3.2.10 Consumo de Energía.

Sin considerar la tecnología de RF, las transmisiones de velocidades de datos altas requieren mayor potencia, y por lo tanto causan más consumo de batería.

Para reducir el consumo de energía, si menos bits son recibidos transmitidos como en un mensaje corto, menos potencia es usada. Si más bits son transmitidos como en una secuencia de video, más potencia es usada. Por eso, los terminales 1xEV - DV son más eficientes, en que ellos asignan solamente la potencia de RF necesaria para repartir los bits que están siendo transmitidos. 1xEV - DV también soporta transmisión discontinua (DTX). La estación base o una estación móvil apaga su transmisor si ningún dato es requerido para ser transmitidos y enciende el transmisor tan pronto como los datos son dispuesto en una cola de espera para ser transmitidos.

1.4 CDMA 450 ^[11-12].

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.

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 1.9 indica algunas características importantes del CDMA 450.

| CARACTERÍSTICAS DE CDMA450 | |
|---|-------------------|
| Parámetros | CDMA450 |
| 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 1. 9 Características del CDMA 450 ^[18].

1.4.1 VENTAJAS DEL CDMA450 ^[13-14].

La combinación del CDMA2000 y la banda de 450Mhz 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:
 - o CDMA2000 1X tiene en cuenta la capacidad de voz de hasta 20 Erlangs 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.

1.4.2 COBERTURA ^[15].

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 1.10.

| FRECUENCIA (Mhz) | RADIO DE CELDA (Km.) | ÁREA DE CELDA (Km ²) | 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 1. 10. Coberturas Teóricas de Celdas ^[15].

Con una mayor propagación, CDMA450 utiliza menor número de BTS para cubrir su zona de cobertura, la Figura 1.29 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.

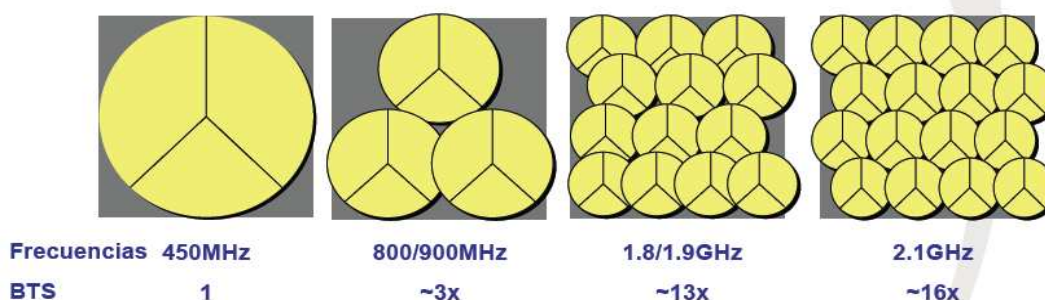


Figura 1. 29 Cantidad de BTSs requeridas para cubrir la misma área en diferentes frecuencias ^[15].

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.

1.4.3 SERVICIOS ^[16].

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 (Release A).

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

- Sociedad de la información
 - Escuela en red
 - Hospitales en red
 - Policía en red
 - Comunidad en red.

1.4.4 APLICACIONES ^[16].

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

1.4.5 CDMA 450 Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIA ^[15].

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 1.11 muestra las diferentes sub-bandas de frecuencias donde puede operar el sistema CDMA450.

Tabla 1. 11 Bandas de Frecuencia de Operación del CDMA450 ^[15].

| BANDAS DE FRECUENCIAS DE TRANSMISIÓN (MHZ) | | |
|---|--------------------------|----------------------|
| Sub-banda | 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 |

Los requerimientos espectrales para IS-2000 1x en la banda de 450Mhz 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 evitar 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 1.30 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.

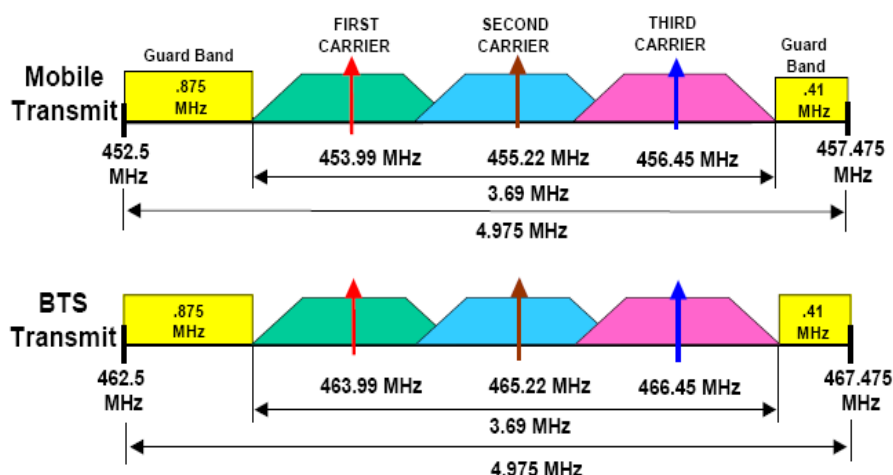


Figura 1. 30 CDMA2000 1x en la Banda de 450 Mhz (Sub-banda clase A) ^[17].

1.4.6 FASES DEL DESPLIEGUE DE UNA RED IMT-MC-450 ^[19-20].

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 1.31. En la mayoría de los casos, los operadores NMT450 disponen de una anchura de banda limitada ($2 \times 4,5$ 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.

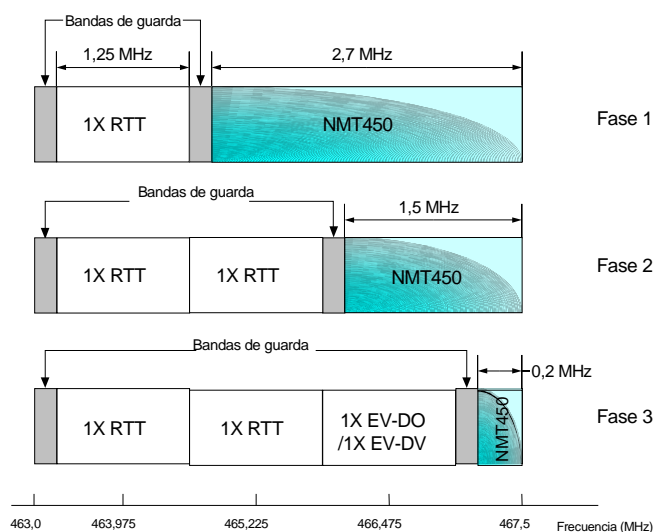


Figura 1. 31. Utilización del espectro (banda BS Tx) en una evolución de la red en 3 etapas ^[19].

1.4.6.1 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 1.32 indica la primera fase de la migración de tecnología analógica a digital en la banda de 450 Mhz.

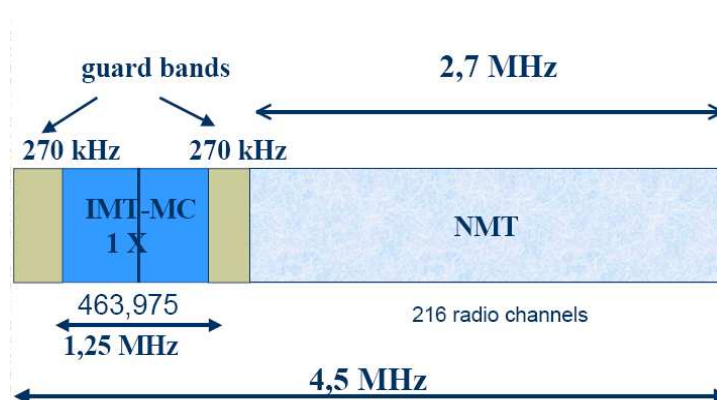


Figura 1. 32. Primera Fase: Despliegue Inicial ^[20].

1.4.6.2 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 1.33 indica la segunda fase de la migración de tecnología analógica a digital en la banda de 450 Mhz.

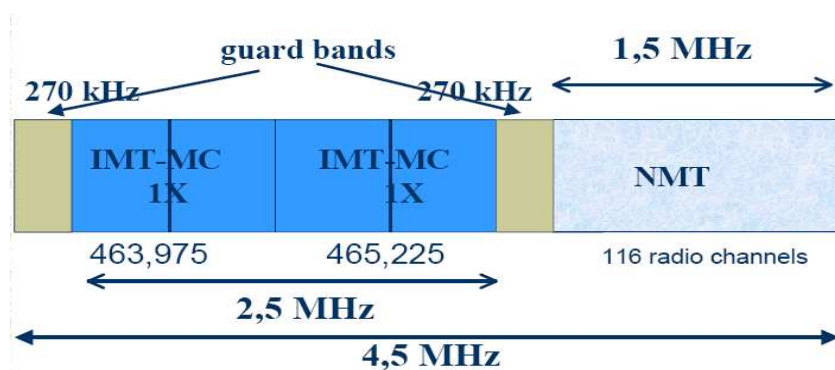


Figura 1. 33. Segunda Fase: Crecimiento de la Red ^[20].

1.4.6.3 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 1.34 indica la tercera fase de la migración de tecnología analógica a digital en la banda de 450 Mhz.

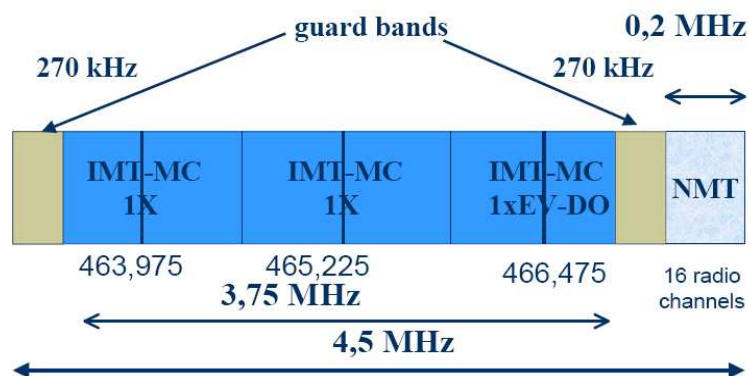


Figura 1. 34. Tercera Fase: Gran demanda de Servicios de Datos ^[20].

1.4.7 DESPLIEGUES DE CDMA450 ^[17].

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 esta construyendo una red CDMA450 en la República Federal de Nigeria.
- El servicio CDMA450 fue lanzado en el Tibet 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.

1.4.8 EQUIPAMIENTO CDMA450 ^[17].

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.

1.4.8.1 Infraestructura.

Los proveedores de infraestructura miembros de CDG que proveen equipamiento CDMA450 incluyen a:

- Ericsson
- Huawei
- Hyundai Syscomm
- Lucent Technologies
- Nortel Networks
- ZTE.

Lucent promociona activamente CDMA450 a nivel mundial y provee equipamiento para el primer sistema comercial CDMA450. Huawei ha suministrado infraestructura CDMA450 a operadores incluyendo a Belarus's Belcel. Más aún, Huawei está actualmente liderando las pruebas en Rusia y China. Ambos, Lucent y Huawei ofrecen soluciones CDMA450 que soportan CDMA2000 1xEV-DO. ZTE actualmente tiene sistemas 450 en operación comercial y de prueba en China, Brasil, Rusia y Vietnam. Nortel Networks tiene sistemas 450 en operación comercial en la República Checa y en Letonia, y anunció la disponibilidad comercial para las soluciones CDMA2000 1X y 1xEV-DO en Marzo de 2004. Ericsson anunció soluciones CDMA450 dando soporte a CDMA2000 1X y 1xEV-DO en Febrero de 2004.

1.4.8.2 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
- Ubiqum
- 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.

Las diversas terminales CDMA450 disponibles poseen funcionalidades avanzadas, tales como servicios de acceso de voz y de datos, pantallas 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.

CAPÍTULO 2
*REGULACIÓN DEL
CDMA 450 EN EL
ECUADOR Y
AMÉRICA LATINA.*

2 REGULACIÓN DEL CDMA450 EN EL ECUADOR Y AMÉRICA LATINA.

2.1 POLÍTICAS REGULATORIAS PARA TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS EN EL ECUADOR^[21]

El surgimiento de nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), se ha convertido en una gran oportunidad para el desarrollo de nuevos productos, la introducción de servicios de banda ancha y de acceso a Internet. Los sistemas de acceso inalámbrico que aprovechan diferentes bandas se han popularizado durante los últimos años en especial en las bandas de 2400-2483.5 MHz y 5150-5850 MHz; debido a que presentan ciertas ventajas tales como: equipos de telecomunicaciones a bajo costo, y estructuras de soporte simples. El uso de las nuevas tecnologías como una solución de bajo costo, alto rendimiento y rápida implementación, junto a la permanente preocupación de Organismos como la UIT, IEEE, ETSI y la FCC entre otros, por expedir recomendaciones, permite la compatibilidad de estándares, políticas y normas.

En el caso de Ecuador la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado (publicada en el Registro Oficial 215 del 30 de Noviembre de 2000), limitaba su alcance a una sola tecnología en particular, excluyendo a otros estándares que han sido diseñados bajo la misma premisa de brindar conexión inalámbrica en bandas de frecuencia compartidas; lo cual impedía que nuevas tecnologías sean implementadas en el territorio nacional. El Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones (publicado en el Registro Oficial 404 del 4 de Septiembre de 2001), establece como competencia de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones: “Proponer al CONATEL los estándares y anteproyectos de la normativa necesaria para asegurar el adecuado funcionamiento, homologación, conexión e interconexión de las redes de telecomunicaciones”.

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones presentó un proyecto de regulación bajo el título de “Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha”, basado en la necesidad de establecer los límites y los márgenes de potencia para la utilización de las diferentes bandas de frecuencia independientemente del tipo de tecnología que se utilice, protegiendo a los servicios que se establecen a título primario. Luego del análisis correspondiente se aprobó la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, lo cual implicó la modificación de ciertas notas EQA del Plan Nacional de Frecuencias para darle coherencia, todo esto está vigente a partir de noviembre del 2005.

El CONATEL aprobó el uso de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha a título secundario en las siguientes bandas indicadas en la Tabla 2.1:

| BANDA (MHZ) | APLICACIÓN |
|--------------------|-------------------|
| 902-958 | ICM |
| 2400-2483.5 | ICM |
| 5150-5250 | INI |
| 5250-5350 | INI |
| 5470-5725 | INI |
| 5725-5850 | ICM, INI |

Tabla 2. 1 Bandas utilizadas en el Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha ^[21].

Es importante resaltar que mediante este documento se estableció la base de una política de Infraestructura Nacional de Información (INI), con el propósito de promover el uso de nuevas tecnologías de acceso inalámbrico que requieran el uso de frecuencias a título secundario. Una vez cumplidos los requisitos por parte de un solicitante, éste se hará acreedor a un Certificado de Registro otorgado por parte de la SENATEL, el cual implica un pago anual, para acceder a éste previamente debe tener un permiso de operación de Red Privada o ser un concesionario del Servicio Portador.

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, 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 2.2.

| 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. 2 Sub-bandas de operación del CDMA450^[21].

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 F (479.000-483.480 y 489.000-493.480 MHz) era la menos congestionada y que existen fabricantes con una basta disponibilidad de equipos por lo que se optó por esta asignación (RESOLUCIÓN 241-07-CONATEL-2006).

Según la Reglamentación ecuatoriana al optar por un servicio de este tipo y que requiere que se tenga limpia la banda (banda de uso exclusivo en el área a brindar el servicio), el costo de la migración de los usuarios existentes corre en su totalidad a cargo del operador que quiera brindar el servicio. El servicio otorgado en este caso es a título primario y su aplicación implica modificación de las notas EQA en el PNF.

En el caso de la banda 450 MHz casi en toda América se tiene gran cantidad de usuarios y está prácticamente saturada por lo que la diversificación de aplicaciones debe hacerse en áreas rurales específicas, por lo que en el resto del país se tiene compartición con Sistemas Convencionales, Sistemas Comunales y Sistemas Buscapersonas Unidireccional.

El desarrollo de las telecomunicaciones rurales favorece el Plan de Servicio Universal, es decir, la obligación de extender el acceso de un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones aprobados por el CONATEL a todos los habitantes del territorio nacional sin perjuicio de su condición económica, social o su localización geográfica a precio asequible y con la calidad debida. Las decisiones sobre las concesiones de usos del espectro deben hacerse en función del interés público, con total transparencia y buscando la mayor eficiencia en su asignación, evitando la especulación y garantizando que no existan interferencias perjudiciales en las asignaciones que correspondan.

Para poder dar este tipo de facilidades a nuevas tecnologías inalámbricas a ser utilizadas en áreas rurales fue necesario que el CONATEL expida una Resolución que permita hacerlo, previo un estudio sustentado y que a futuro se eviten restricciones y se promueva el ingreso de nuevos oferentes.

2.2 IMT- MC- 450 EN AMÉRICA LATINA ^[19-21-22].

La UIT inició el proceso de normalización del IMT-2000 mediante una serie de pasos detallados y meticulosos, teniendo en cuenta las expectativas de los usuarios, las necesidades y las fuerzas del mercado, la evolución tecnológica, la transición de los sistemas anteriores al IMT-2000 hacia al IMT-2000, las necesidades de los países en desarrollo, etc.

Este proceso condujo a recalcar el concepto de “Familia de sistemas IMT-2000” en el UIT-T y a la publicación de la Recomendación UIT-R M.1457, “Especificaciones detalladas de las Interfaces Radioeléctricas de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000 (IMT-2000)”, en el año 2000.

Los sistemas e interfaces de radiocomunicaciones IMT-2000 se describen más detalladamente en el “Manual para la implantación de sistemas IMT-2000”. Las normas IMT-2000 constituyen un sistema muy flexible que puede soportar muchos servicios y aplicaciones. Las normas permiten utilizar cinco interfaces radioeléctricas que utilizan tres técnicas de acceso diferentes (FDMA, TDMA y CDMA). La Tabla 2.3 indica las interfaces radioeléctricas terrenales para el IMT-2000.

| Denominación Explícita | Nombres Habituales |
|--|--|
| CDMA y ensanchamiento directo para las IMT-2000 | UTRA FDD WCDMA UMTS |
| CDMA y multiportadora para las IMT-2000 | CDMA2000 1X y 3X CDMA2000 1xEV-DO CDMA2000 1xEV-DV |
| CDMA y dúplex por división de tiempo para las IMT-2000 | UTRA TDD con alta frecuencia de segmentos a 3.84 Mchip/s. UTRA TDD con baja frecuencia de segmentos a 1.28 Mchip/s. (TD-SCDMA) UMTS |
| CDMA y una sola portadora para las IMT-2000 | EDGE |
| FDMA/TDMA (frecuencia-tiempo) para las IMT-2000 | DECT |

Tabla 2. 3 Interfaces radioeléctricas terrenales para las IMT-2000 ^[19].

En la actualidad, CDMA2000 multiportadora actualmente se esta desarrollando en las bandas de 450 Mhz, 800Mhz, 1700Mhz y 1900 Mhz. CDMA2000 en la banda de 450 Mhz también se lo conoce como el IMT-MC-450. La Tabla 2.4 detalla la distribución de la banda de 450Mhz en sub-bandas para algunos países.

La Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, CITEI, es una entidad de la Organización de Estados Americanos, OEA, que propugna la unificación de criterios y normas técnicas para la operación de los sistemas, con el fin de obtener el máximo provecho de las instalaciones disponibles para cada país y para la región en general dentro del marco de la normalización global de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

| Sub-clases de Bandas | Frecuencia de Estación Móvil | Frecuencia de Estación Base | Países |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|--|
| A (Sub-clase preferida) | 452.5 – 457.475 | 462.5 - 467.475 | Argentina, Bulgaria, China, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Islandia, Indonesia, Latvia, Lituania, Moldavia, Noruega, Perú, Polonia, Portugal, Rumania, Rusia, España, Suecia, Túnez, Ucrania, Bolivia. |
| B | 452.0 – 456.475 | 462.0 - 466.475 | Malasia |
| C | 450.0 – 454.8 | 460.0 - 464.8 | Francia |
| D | 411.675 – 415.85 | 421.675 - 425.85 | Croacia, Eslovenia, Brasil |
| E | 415.5 – 419.975 | 425.5 - 429.975 | Turquía |
| F | 479.0 – 483.48 | 489.0 - 493.48 | Tailandia, Ecuador |
| G | 455.23 - 459.99 | 465.230 – 469.99 | Hungría |
| H | 451.310 - 455.730 | 461.31 – 465.73 | Alemania, Austria, Bélgica, República Checa, Holanda, Eslovaquia, Portugal. |

Tabla 2. 4 Distribución de la Banda 450Mhz en sub-bandas ^[18].

Este organismo aprobó en Abril del 2005 la recomendación del uso de la banda de 410-430 MHz como la de 450-470 MHz para el desarrollo de los sistemas inalámbricos denominados genéricamente CDMA 450 MHz. Los mismos permiten brindar servicios fijos y móviles de voz y datos de bajo costo, preferentemente en

áreas rurales y suburbanas. Las alternativas para el desarrollo de CDMA en 450 MHz a nivel mundial van desde la banda A hasta la H. La banda A es la más usada, está en operaciones en 21 países y corresponde a la frecuencia que se encuentra entre 462,5 MHz y 467,5 MHz.

La mayoría de los países de América Latina miran con interés las virtudes de la nueva frecuencia. Se efectuaron pruebas en Argentina, Brasil y Perú. Además, los Gobiernos de Honduras, México, Venezuela y Jamaica han dado muestras de su deseo de iniciar experiencias de prueba en sus países. Hay mucho por hacer. Todo un mercado por conquistar. Muy pronto, un operador del sur de Argentina y otro de Perú iniciarán sus operaciones comerciales con CDMA 450. Entre los operadores que ya realizaron pruebas en América latina se encuentran Telecom Italia, Telefónica, Cotecol, Valtron y Unicel Telecomunicações. En el mundo, ya son 27 los países que operan comercialmente o han comenzado con pruebas en CDMA 450. Además, 43 operadores prestan servicios o realizan pruebas en esa frecuencia.

2.2.1 ARGENTINA ^[23]:

La Comisión Nacional de Comunicaciones, organismo descentralizado de la Secretaría de Comunicaciones dependiente del Ministerio de Planificación Federal, inversión pública y servicios mediante la resolución SC N° 09 con expediente N° 1430/2006: PUBLIC CDMA450 BANTEl del 10 de Mayo de 2006 autoriza el uso de bandas de frecuencias para la prestación de servicios de telecomunicaciones mediante: concursos o subastas públicas, o a demanda.

Además aprobó la utilización en forma exclusiva de las bandas de frecuencias comprendidas entre 452,500 a 456,750 MHz y de 462,500 a 466,750 MHz, atribuidas al servicio fijo con categoría primaria, por parte de sistemas de acceso fijo inalámbrico tecnología digital y re-uso celular de frecuencias para la prestación de los servicios de Telefonía Local, y/o Transmisión de Datos y/o Acceso a Internet.

De esta forma se concede la licencia al operador COTECAL para iniciar servicio comercial de las redes CDMA450 instaladas en localidades como: el Calafate y el Chalten, ambas de la provincia de Santa Cruz; Villa Gesell, Colon, Junin, Pergamino y Azul de la provincia de Buenos Aires; Merlo, provincia de San Luís; Almafuerate, Río Tercero, San Francisco y Villa Ascasubi de la provincia de Córdoba; y el Trébol, Esperanza, Gálvez, Rafaela, y Sunchales de la provincia de Santa Fe.

2.2.2 PERÚ [24]:

El 10 de Octubre de 2005, mediante Resolución Ministerial N  693-2005-MTC/03 (publicada en el diario oficial El Peruano el 14/12/05), el Ministerio de Telecomunicaciones (MTC) otorgó a VALTRON las concesiones para la prestación de los servicios de telefonía fija en las modalidades de abonados y pública, telefonía móvil, portador local en las modalidades conmutado y no conmutado, y portador de larga distancia nacional en las modalidades conmutado y no conmutado, por el plazo de veinte (20) años. Los respectivos contratos de concesión fueron suscritos el 23 de enero de 2006.

El 25 de enero de 2006, OSIPTEL Y VALTRON suscribieron el Contrato de Financiamiento No Reembolsable para la implementación del Proyecto Piloto "Desarrollo de una Red de Telecomunicaciones Rurales entre los Distritos, Pueblos y Comunidades de la Provincia de Huarochirí".

El 21 de junio de 2006 se realizó la inauguración de la central telefónica y las primeras celdas en la localidad de Callahuanca, uno de los 32 distritos de la provincia de Huarochirí. Con estos equipos se comenzar  próximamente a brindar los servicios de telefonía fija, móvil y pública y el acceso a Internet previstos por el proyecto. En la inauguración se contó con la presencia de las autoridades locales, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, de OSIPTEL, y una basta concurrencia de las empresas privadas ligadas al mercado de

telecomunicaciones, operadores, proveedores de equipos y organizaciones nacionales e Internacionales.

2.2.3 MÉXICO ^[25]:

Las autoridades de Telecomunicaciones de México asignaron la Banda 450-470MHz para la operación de los sistemas con tecnología CDMA450. TELMEX utilizará su red CDMA450 de tecnología de vanguardia para ofrecer servicios de telefonía básica a miles de ciudadanos que viven en las comunidades marginales de México. Como parte del Fondo de Cobertura Social de México, se espera que la red pública CDMA2000 basada en IP cubra más de 7,225 localidades en 304 áreas locales durante los siguientes tres años. Además de ofrecer telefonía básica en grandes áreas geográficas utilizando la banda de frecuencia de 450 MHz, la avanzada red CDMA2000 puede también proporcionar acceso de alta velocidad a Internet, servicio de mensajes cortos, fax, correo de voz, llamadas en conferencia, larga distancia, servicios de teléfonos públicos y servicios de llamada de emergencia.

2.2.4 BRASIL ^[26]:

Lucent Technologie realizó una prueba piloto de Servicios Digitales de Comunicación en Brasil, que corroboró la eficiencia e la tecnología CDMA450 y su funcionalidad para brindar servicios de voz y datos. La prueba fue realizada con la cooperación y apoyo de ANATEL, la agencia reguladora de las telecomunicaciones en Brasil. El proyecto piloto, que utilizó terminales y aplicaciones desarrolladas en Brasil, capturó una señal de una estación radio base instalada en Santa María, en el Distrito Federal.

El proyecto consistió en equipar un autobús con tecnología CDMA450 para que visitara comunidades en las afueras de Brasilia, en la zona urbana del Distrito

Federal. Entre Abril y Junio del 2004, más de 3.000 habitantes de Brasilia y ciudades satélites del Distrito Federal, como Santa María, Candangolindia, Taguatinga y Sobradinho, pudieron confirmar en la práctica los beneficios de CDMA450.

Actualmente, CDMA450 está siendo valorado por los Organismos Reguladores de Telecomunicaciones organismos reguladores en Brasil. Lucent está trabajando con Anatel en Brasil y otros organismos reguladores en América Latina, compartiendo estudios y resultados de juicio para hacer una demostración de los beneficios de esta tecnología.

2.2.5 VENEZUELA^[27]:

La Corporación Venezolana de Guayana Telecom (CVG Telecom) luego de realizar varias pruebas en varias partes del territorio venezolano, ha comenzado los trabajos para implementar un nuevo servicio de telefonía inalámbrica fija, para esto empleara aproximadamente 36 celdas de sistema CDMA 450, distribuidas en todo el territorio nacional.

2.2.6 HONDURAS^[28]:

Las autoridades de Telecomunicaciones de Honduras mediante la Resolución NR005/06 publicada y puesta en vigencia el 20 de Octubre del 2006, luego de la limpieza de la Banda y de la asignación con portadoras de 1,25 MHz, cambian la atribución de la banda 450-470 MHz, atribuyendo los rangos 452.500-457.475 Mhz y 462.500-467.475 Mhz a los servicios de Telefonía y Transmisión y Conmutación de Datos para aplicaciones de acceso fijo inalámbrico, en áreas rurales de baja densidad poblacional o en aquellos sitios en los que no se preste servicio alguno de telecomunicaciones; estableciendo el canon radioeléctrico a pagar por estos rangos de frecuencia. Modifica las notas HND31 y HND32 del Plan Nacional de Atribución de Frecuencias.

2.2.7 CDMA450 en el Mundo.

El Anexo A detalla el estado de la redes CDMA 2000 en América Latina y el Caribe y la Figura 2.1 muestra la expansión del CDMA 450 a nivel mundial.

CAPÍTULO 3

INTERCONEXIÓN

CON LA RED DE

ANDINATEL S.A.

3 INTERCONEXIÓN CON LA RED DE ANDINATEL S.A.

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 3.1 y donde se puede identificar que el interfaz de conexión con la central de conmutación local y la red es el interfaz V5.2.

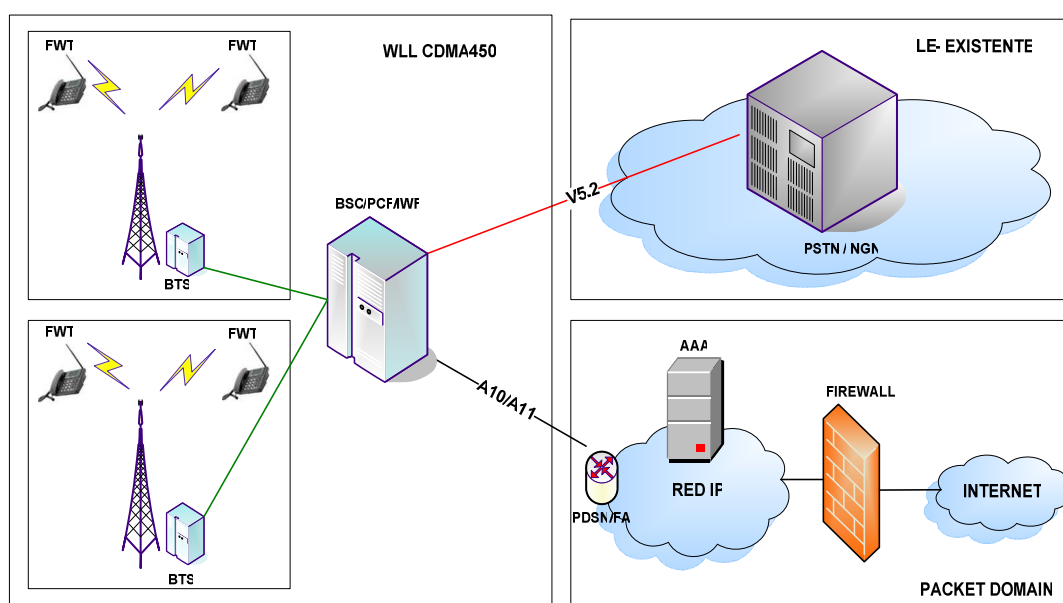


Figura 3. 1 Estructura de una red WLL CDMA450 [29].

3.1 INTERFAZ V5.2 PARA INTERCONEXION [30]

El interfaz V5.2 es diseñado para distribuir servicios de telecomunicaciones soportados por el LE (Local Exchange) para servir a suscriptores WLL por una BSC. El servicio suministrado es garantizado del servicio del LE para ser distribuido en un flexible, eficiente, y transparente modo. Una lista de funciones que son típicamente soportadas por el LE a través del interfaz V5.2 incluye:

- ⊕ Procesamiento de llamadas
- ⊕ Registro de llamadas y facturación

- ⊕ Administración del plan de numeración
- ⊕ Servicios suplementarios
- ⊕ Supervisión contestada
- ⊕ Administración y asignación del slot de tiempo.

El acceso de la red de radio o el BSC es solamente responsable para tales funciones como llamada entregada e iniciación de llamada desde suscriptores, asignación y administración de recursos de radio, administración de terminales de usuario finales, ordenamiento de suscriptores, y autenticación de suscriptores.

Los más modernos conmutadores locales digitales son equipados para soportar el interfaz V5.2. Otras veces, si el conmutador local no está equipado para soportar el interfaz V5.2, una a veces llamada unidad de Interfaz de red (NIU, *Network Interface Unit*) puede necesitar ser insertado entre la estación base WLL y el conmutador de la PSTN. Entonces la NIU se comunica con la estación base usando el protocolo V5.2, y se comunica con el conmutador de la PSTN usando el tipo de señalización soportado por ese (por ejemplo SS7).

Algunas de las ventajas de usar el interfaz V5.2 en aplicaciones WLL son las siguientes:

Equivalente Nivel de Servicio: V5.2 permite transparente entrega de funciones PSTN o LE y servicios tales como facturación, planes de numeración, y servicios suplementarios por el conmutador (tales como llamada progresiva, llamada en espera, tres caminos convocados, etc.).

Flexibilidad para Línea de Expansión: V5.2 puede soportar diferentes tipos de planes incluyendo PBXs y unidades de conmutación remota, de tal manera que el servicio suministrado tiene la opción expandir servicios usando múltiples planes de acceso.

Opción de Múltiples Vendedores: El interfaz abierto V5.2 provee muchas opciones en vendedores (y tecnologías) para el sistema WLL, por eso permite un

incremento de opciones en el potencial servicio portafolio para competición en precios.

Eficiencia de Línea Principal: Puesto que V5.2 es un interfaz de línea principal, permite asignación de slots de tiempo y repartido entre suscriptores sobre llamadas básicas. Esto aproxima a un costo más efectivo en términos de enlaces de interconexión y más fiable y robusto en términos de enlaces fracasados.

Mínima Funcionalidad de la (RAN, Radio Access Network) Red de Acceso de Radio: V5.2 permite un claro particionamiento de funciones entre el LE y el RAN, de acuerdo a las necesidades de la RAN para soportar solamente funciones de entrega de llamadas requeridas por el acceso de radio. Esto guía a un simple diseño para el equipo de RAN y asociados costos de reducción.

La Figura 3.2 ilustra la conectividad V5.2 con un activo standby común de control de señal utilizando el protocolo V5.2. Cada ruta V5.2 consiste de 16 enlaces E1 (enlace E1 = 2.048 Mbps) cada uno soporta 32 slots de tiempo. El slot de tiempo 0, por especificación E1, es usado para sincronización y alarmas. Los primeros dos enlaces E1 contienen un común control de enlace, uno esta activo y el otro esta en standby, cada uno consiste de un slot de tiempo E1 (slot de tiempo 16). Los restantes slots de tiempo y enlaces E1 son usados para asignación dinámica de canales de voz. Un total de 494 líneas de voz son disponibles (16 E1s x 31 slots de tiempo menos 2 canales de control). V5.2 agrega concentración, el cual asigna un slot de tiempo para cada usuario.

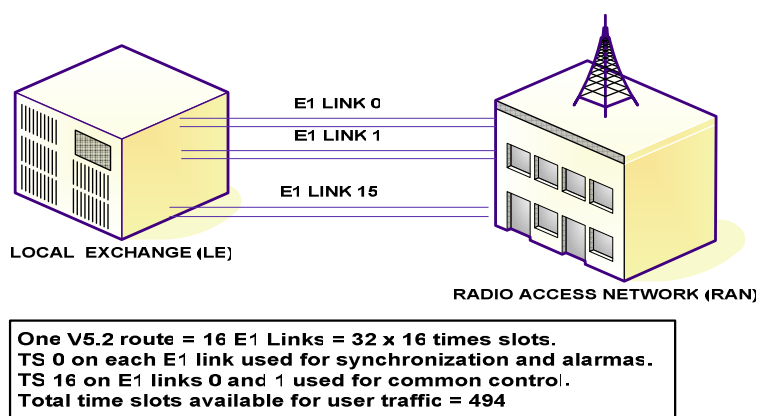


Figura 3. 2 Arquitectura de Ruteo para el ínter faz Digital V5.2 ^[30].

Por lo tanto, en la operación V5.2, conexiones de 16 E1 están juntas para formar un único grupo que suministra una ruta con 494 potenciales conexiones. El equipo de la estación base es disponible para soportar por encima de cuatro rutas V5, para un total de 64 intervalos E1.

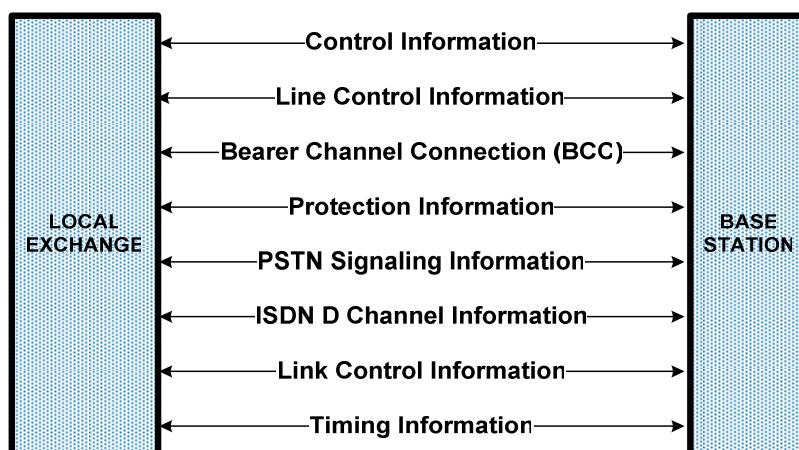


Figura 3. 3 Funciones de Protocolo para el ínter faz Digital V5.2 ^[30].

El interfaz V5.2 suministra el sistema con mayor control operacional y funcional eficiencia. V5.2 soporta mas suscriptores por enlace E1y por lo tanto puede ser implementado en un menor costo. V5.2 también suministra un incremento de la tolerancia del error el cual resulta en un global mejoramiento de calidad y fiabilidad para el cliente.

Las funciones del protocolo para el interfaz V5.2 están mostradas en la Figura 3.3. El protocolo del canal de control portador (BCC, *Bearer Channel Control*) es usado para asignar canales portadores por debajo del local exchange (LE). Un protocolo de control de enlace es definido el cual soporta las funciones de administración del enlace de 2.048 Mbps del interfaz V5.2 la protección del protocolo soporta conmutación de control lógico de canal. El protocolo de control de administración de información vinculada para el operacional estado de soportar puertos de usuario. (Por ejemplo, PSTN, ISDN, circuitos arrendados, etc.). Los protocolos PSTN e ISDN transfieren información sobre análogos e ISDN estados de línea, respectivamente, sobre el interfaz para el LE que supervisa la llamada.

3.1.1 SS7 (SEÑALIZACIÓN DEL SISTEMA 7).

Es el interfaz red a red NN1 (*network-to-network interfaz*) es un protocolo desplegado en las mas modernas redes digitales. Muchos sistemas utilizan SS7 basado en interfaces entre BSC y MSC (generalmente conocido como el interfaz A). Muchos sistemas WLL basado en estándares celulares (por ejemplo GSM) el cual soporta SS7 para conexiones backhaul a la PSTN.

3.2 TIPOS DE ENLACES ENTRE LA BTS Y EL BSC.

El sistema CDMA450 ofrece tres tipos de enlaces físicos para interconectar las estaciones bases (BTSs) y el controlador de las estaciones bases (BSC), estas son:

- Enlaces Fast Ethernet y Gigabit Ethernet.
- Enlaces de Radio E1.
- Enlaces ABIS via satélite.

El objetivo de la presente sección es el conocer las características de estos tipos de enlaces, para poder seleccionar el enlace que se adecue a los requerimientos ANDINATEL S.A.

3.2.1 ENLACES FAST ETHERNET Y GIGABIT ETHERNET ^[31].

3.2.1.1 Fast Ethernet.

Fast Ethernet o Ethernet de alta velocidad es un conjunto de especificaciones desarrolladas por el comité IEEE 802.3, para proporcionar una red a 100 Mbps compatible con Ethernet y a un bajo costo en el mercado, permitiendo así el trabajo de aplicaciones complejas, como bases de datos, o aplicaciones cliente-servidor que requieren un mayor ancho de banda.

3.2.1.1.1 Características.

Fast Ethernet tiene las siguientes características:

- Incrementa la velocidad de la señal en un factor de 10, respecto de Ethernet.
- El tamaño mínimo de trama se mantiene en 512 bits-times de Ethernet, el retardo en este caso es de 5.12 μ seg. y el alcance (longitud total de la red) se divide para diez.
- Está definida por la especificación IEEE 802.3u que está basada enteramente en el estándar IEEE 802.3, utilizando CSMA/CD¹⁰ como método de acceso al medio, tipo de trama, y detección de errores.

3.2.1.1.2 Especificaciones.

La norma 100BASE-T comprende: la subcapa de Control de Acceso al Medio (MAC Medium Access Control), la subcapa de Control de Enlace Lógico (LLC Logical Link Control), y las tres capas físicas 100BASE-TX, 100BASE-FX, y 100BASE-T4.

3.2.1.1.2.1 La subcapa MAC (Control de Acceso al Medio).

La subcapa MAC está basada en el Protocolo CSMA/CD. Los datos entre Ethernet y Fast Ethernet pueden moverse sin necesidad de protocolos de traducción debido a que la subcapa MAC y el control de errores son idénticos entre 10BASE-T y 100BASE-T.

3.2.1.1.2.2 Subcapa LLC (Control Lógico del Enlace).

LLC define una interfaz estándar entre la subcapa MAC y cualquiera de las tres capas físicas 100BASE-TX, 100BASE-FX, y 100BASE-T4.

¹⁰ **CSMA/CD:** Acceso Múltiple con Detección de Portadora/ Detección de Colisión.

Además ayuda a la subcapa MAC a la transferencia de bits a través de los distintos tipos de medios cableados, haciéndolos transparentes a la subcapa MAC.

3.2.1.1.2.3 La Capa Física.

La capa física se encarga del transporte de datos de entrada y salida del dispositivo conectado, realizando la codificación y la decodificación de datos, escucha la portadora, detección de colisiones, la interfaz eléctrica y mecánica con el medio conectado. Fast Ethernet funciona con los mismos medios físicos que 10BASE-T tales como: par trenzado sin apantallar (UTP), par trenzado apantallado (STP) y fibra óptica. La especificación de Fast Ethernet define 3 tipos de capas físicas:

- **100 BASE-TX.**

Hace uso de dos pares de cable UTP de categoría 5 o superior, o dos pares del STP IBM tipo 1. Esta capa trabaja con señales Full-Duplex de FDDI (ANSI X3T9.5) y utiliza un sistema de señalización MLT-3.

- **100 BASE-T4.**

Utiliza los cuatro pares del cable UTP categoría 3 o superior y opcionalmente se permite el uso de cable UTP categoría 5. El método de señalización utilizado por esta capa es 8B6T.

- **100 BASE-FX.**

Trabaja con dos segmentos de fibra 62.5µm, uno de ellos es utilizado para la transmisión y el otro la detección de colisiones y para la recepción (basadas en FDDI). Utilizan la técnica de codificación 4B/5B-NRZI.

| CARACTERÍSTICAS | 100BASE-TX | 100BASE-T4 | 100BASE-FX |
|--------------------|----------------|----------------|----------------------|
| Cable | UTP Cat. 5 | UTP Cat. 3/5 | Fibra 62.5/125 μ |
| Pares | 2 | 4 | 2 |
| Topología | Estrella | Estrella | Estrella |
| Distancia Segmento | 100, máx. 200m | 100, máx. 200m | 400m |
| Codificación | MLT-3 | 8B6T | 4B5B-NRZI |
| Tipo Conector | RJ-45 | RJ-45 | SC |

Tabla 3. 1 Estándares para capa física de Fast Ethernet ^[31].

3.2.1.2 Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z).

A finales del año 1995, el comité IEEE 802.3 formó el grupo de trabajo para desarrollar un estándar de alta velocidad con el fin de investigar las estrategias para transmitir paquetes con formato Ethernet, a velocidades en el orden de los Gigabits por segundo, así nace un conjunto de estándares a 1000 Mbps, definido en los estándares IEEE 802.3ab e IEEE 802.3z.

Gigabit Ethernet opera en modo half-duplex y full-duplex, permitiendo en esta segunda modalidad la implementación de un backbone conmutado operando a 2 Gbps. El modo full-duplex, es idéntico a Fast Ethernet, pero más rápido, para lo cual utiliza CSMA/CD con ciertas mejoras con respecto al funcionamiento de los concentradores, realizando: Extensión de Portadora y Ráfagas de tramas.

3.2.1.2.1 Características.

Entre las características de Gigabit Ethernet, se destacan:

- Velocidad de transmisión: 1000 Mbps.
- Debido a que la ventana de colisiones se mantiene en 4096 bit-times, que en este caso será 0.512 μ seg., el alcance (longitud total de la red), se divide en mil.
- Utiliza modo de operación Half-Duplex y Full-Duplex.

- Las técnicas de codificación de la señal son 8B/10B y PAM5.
- Acepta 4 tipos de medios físicos, definidos en IEEE 802.3z (1000BASE-X) e IEEE 802.3ab (1000BASE-T).

3.2.1.2.2 *Capa de Acceso al Medio.*

La especificación a 1000 Mbps utiliza el mismo formato para las tramas y protocolo que el CSMA/CD usado en las versiones de IEEE 802.3 a 10 Mbps y 100 Mbps. Como se mencionó anteriormente, se han introducido dos mejoras respecto al esquema CSMA/CS básico en lo que se refiere al funcionamiento de los concentradores.

- **Extensión de Portadora.**

Esta mejora consiste en añadir un serie de símbolos al final de la trama MAC, de tal manera que el bloque resultante tenga una duración equivalente a 4.096 bits, mucho mayor que los 512 bits exigidos en el estándar a 10 y 100 Mbps.

- **Ráfagas de Trama.**

Cuando una estación tiene un número de paquetes cortos a transmitir, se envía el primer paquete se es necesario usando extensión de portadora y los siguientes paquetes se transmiten uno detrás de otro, con el mínimo intervalo inter-trama (IFG, Inter Frame Gap) hasta que finalice el tiempo de ráfaga (8192 bytes), todo esto sin necesidad de dejar el control del CSMA/CD. Las ráfagas de tramas evitan la redundancia y gasto que conlleva la técnica de la extensión de la portadora, en el caso de que una estación tenga preparadas para transmitir varias tramas pequeñas.

Las Figuras 3.4 y 3.5 muestran las tramas tanto para la transmisión utilizando Extensión de Portadora o Ráfaga de Tramas.

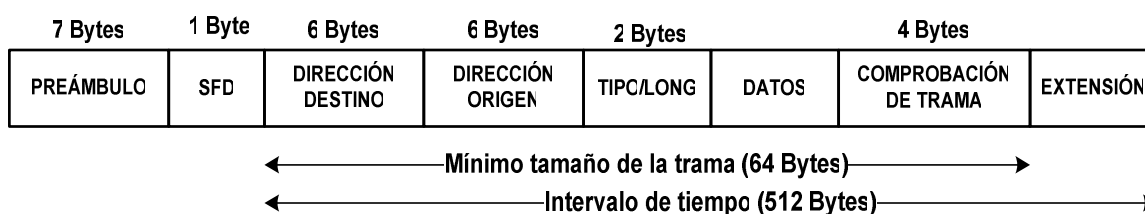


Figura 3. 4 Transmisión utilizando Extensión de Portadora ^[31].

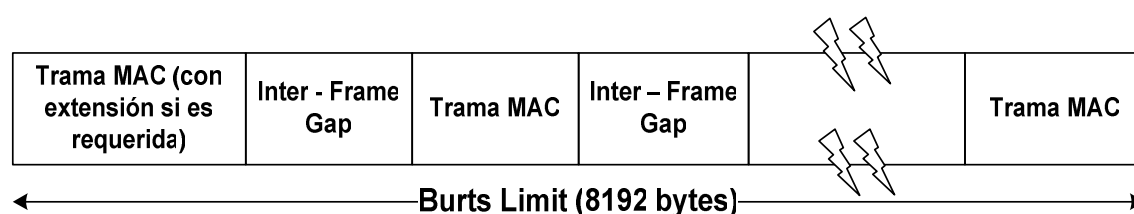


Figura 3. 5 Transmisión utilizando Ráfagas de Tramas ^[31].

3.2.1.2.3 Capa Física.

La especificación actual del IEEE 802.3 a 1 Gbps define las siguientes alternativas:

- **1000BASE-SX (802.3z):** usa longitudes de onda pequeñas, proporciona enlaces dúplex de 275 m usando fibras multimodo de 62.5 μm o hasta 550 m con fibras multimodo de 50 μm . las longitudes de onda están en el intervalo comprendido entre 770 y 850 nm.
- **1000BASE-LX (802.3z):** utiliza longitudes de onda mayores, proporciona enlaces dúplex de 550 m usando fibras multimodo de 62.5 μm o 50 μm , o de 5 Km. con fibras monomodo de 10 μm . las longitudes de onda están entre los 1.270 y los 1.355 nm.
- **1000BASE-CX (802.3z):** proporciona enlaces de 1 Gbps entre dispositivos localizados dentro de una habitación (o armario de conexiones) utilizando hilos de cobre (cables de pares trenzados de menos de 25 m con un apantallamiento especial). Cada enlace consiste en dos pares trenzados apantallados, cada uno de los cuales se usa en un sentido y operación en el backbone.

- **1000BASE-T (802.3ab):** esta utiliza cuatro pares no apantallados categoría 5 o superior, para conectar dispositivos separados hasta 100m.

| CARACTERÍSTICAS | 1000BASE-T | 1000BASE-CX | 1000BASE-SX | 1000BASE-LX |
|---------------------------|------------|-------------|------------------|----------------|
| Cable | UTP Cat. 5 | STP | Fibra óptica. | Fibra óptica. |
| Pares | 4 | 2 | 2 | 2 |
| Full Duplex | Si | Si | Si | Si |
| Topología | Estrella | Estrella | Estrella | Estrella |
| Distancia Segmento | 100 m | 25m | 275, máx. 500 m. | 550, máx. 5000 |
| Codificación | PAM 5 | 8B/10B | 8B/10B | 8B/10B |
| Tipo Conector | RJ-45 | DB-9 | SC | SC |

Tabla 3. 2 Estándares para la Capa Física de Gigabit Ethernet ^[31].

3.2.2 ENLACES DE RADIO E1 ^[32].

Un enlace E1 es el primer nivel de la Jerarquía Digital Plesiócrona, conocida como PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), ésta es una tecnología usada en Telecomunicaciones, tradicionalmente para telefonía que permite enviar varios canales telefónicos digitales sobre un mismo medio (ya sea cable coaxial, radio o microondas) usando técnicas de multiplexación por división de tiempo y equipos digitales de transmisión .

Un enlace E1 se basa en que una señal digital codificada en grupos de 8 bits (8 bits = 1 byte), se agrupa con otras señales, para formar un PCM¹¹ básico de 30 canales. Esta señal de 64 Kbps es la información que predomina en los enlaces de abonado; si se requiere transmitir varias señales a una larga distancia se recurre a la multiplexación, agrupando varios canales en la misma ruta o camino intercalando las señales en el tiempo, a esto se conoce como TDM (multiplexación por división en el tiempo). La ley A multiplexa 30 canales de información y dos canales adicionales uno para sincronismo y otro para supervisión.

¹¹ PCM (Pulse Code Modulation): Modulación de Pulsos Codificados.

La trama se denomina al conjunto de dígitos en intervalos de tiempo consecutivos; en los cuales la posición de cada dígito del intervalo de tiempo puede ser identificado por una señal de sincronización de trama. Los países que adoptaron la ley A (entre ellos Ecuador), operan a una velocidad de trabajo de 2048 Kbps, multiplexando 30 canales. En la Figura 3.6 se describe la trama digital usada para una señal de 2048 Kbps.

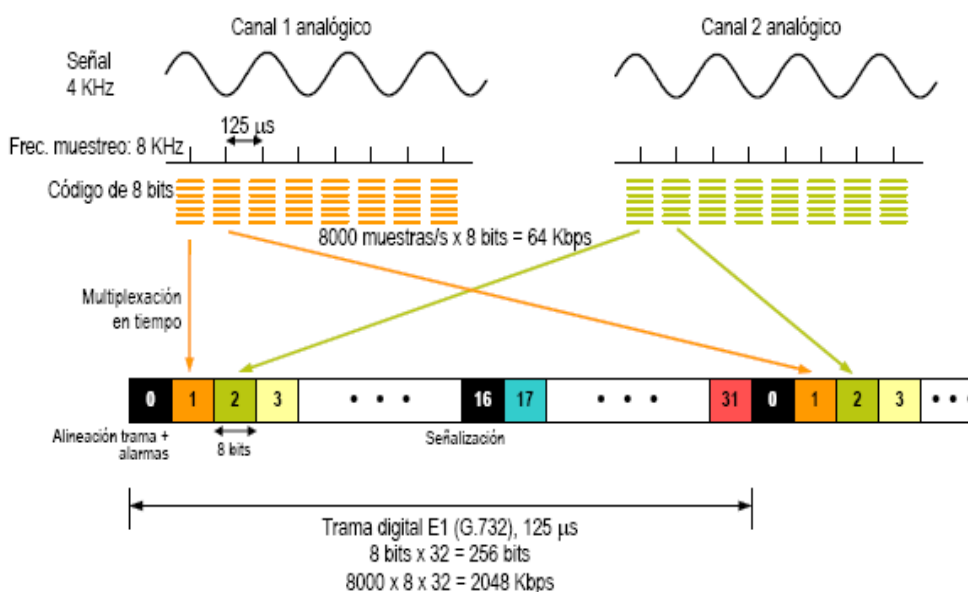


Figura 3. 6 Formación de la Trama de 2Mbps ^[33].

El tiempo asignado a cada canal se llama Intervalo de Tiempo (IT) o Time Slot (TS). Como cada señal de muestreo es de 8000Hz, cada canal aparece a una frecuencia de 8000Hz. Cada trama tiene 32 intervalos de tiempo TS, enumerados del 0 al 31; donde cada intervalo lleva un octeto (8 bits) o byte. Cada trama tiene una duración de 125 μseg., correspondientes al período de muestreo de una señal telefónica a 8Khz, por lo que cada uno de los 32 intervalos dura 3,9 μseg., y cada bit tiene una duración de 488 ηseg. La organización temporal de los canales digitales se realiza mediante la Multitrama (MTR) consistente en 16 tramas (TR) enumeradas desde 0 a 15.

Una multitrama MTR ocupa un tiempo de 2 mseg, porque son: 16 tramas x 125 μseg. La trama consta de 256 bits (32 x 8 bits) divididos en intervalos de tiempo TS, de 8 bits cada uno.

Se dispone de 32 TS de los cuales el TS0 es para sincronismo y TS16 para señalización y no son usados para datos de tráfico. Cada TS con datos de tráfico consta de un octeto de bits que corresponde al código de la señal enviada. Dichos TS son del TS1 al TS15 y del TS17 al TS31.

El intervalo TS0 se envía la palabra de sincronismo o palabra de alineamiento de trama. Esta consiste de 2 octetos que se alternan trama a trama: **X0011011** y **X1DNYYYY**, conocidas como la palabra A y B, respectivamente. Donde los bits:

- X: reservado para uso internacional.
- 1: diferenciación de la señal de alineamiento de trama.
- D: bit de servicio para alarma urgente (1).
- N: bit de servicio para alarma no urgente (0).
- Y: bits reservados para uso nacional.

Las velocidades de los órdenes de multiplexación superior forman dos jerarquías:

- Jerarquía Digital Plesiócrona (JDP o PDH).
- Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

3.2.2.1 Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH).

Son señales de datos que tienen la misma velocidad de transmisión que provienen de diferentes fuentes, a demás su porcentaje de bits tienen un desplazamiento mayor o menor del valor nominal, dando pequeñas variaciones en la velocidad final de las señales; estas señales son casi sincrónicas. Por otra parte, cada uno de los canales son sincrónicos con los otros, entonces la señal está constituida por una parte sincrónica y una parte casi síncrona; es por ello que se lo ha denominado a este tipo de señales, como señales plesiocrónicas PDH.

La parte Plesiócrona llamada también porque el reloj usado en cada nivel de multiplexación es independiente de los otros niveles. La Figura 3.7 muestra el concepto de la red Plesiócrona.

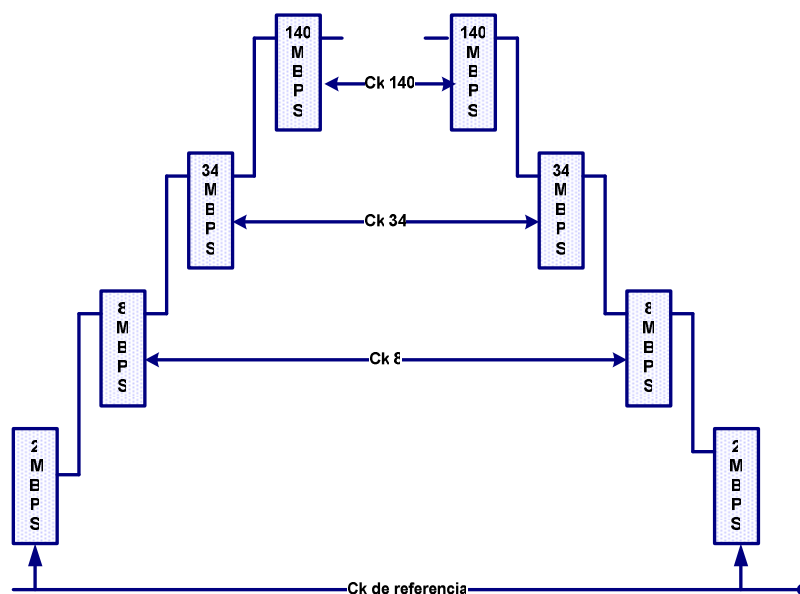


Figura 3. 7 Concepto de Red Plesiócrona ^[30].

Aquí se puede notar que un nivel intermedio dispone de un reloj para el proceso de multiplexación en la transmisión que es recibido desde el demultiplexor en recepción, mediante un bucle para obtener la frecuencia de reloj. En conclusión cada nivel no existe “UN” reloj sino que se tiene osciladores controlados por tensión, conectados en bucle.

Ecuador como en el resto de países de Latinoamérica usan la jerarquía PDH europea, esta se fundamenta en la multiplexación de cuatro tributarios de 2 Mbps (tramas) para obtener velocidades de 8,448 Mbps; multiplexando cuatro señales de 8,448 Mbps se obtiene una señal de 34,368 Mbps; multiplexando cuatro señales de 34,368 Mbps se alcanza una señal de 139,264 Mbps y multiplexando cuatro señales de 139,264 se logra una señal de 564,992 Mbps. En Figura 3.8 se muestra los diferentes niveles jerárquicos de PDH a nivel mundial.

Los tributarios de orden superior no son múltiplos exactos del tributario de orden inferior, esta diferencia es la información de alineamiento, justificación y bits de servicio. La Tabla 3.3 indica las características principales de los niveles jerárquicos de la PDH europea.

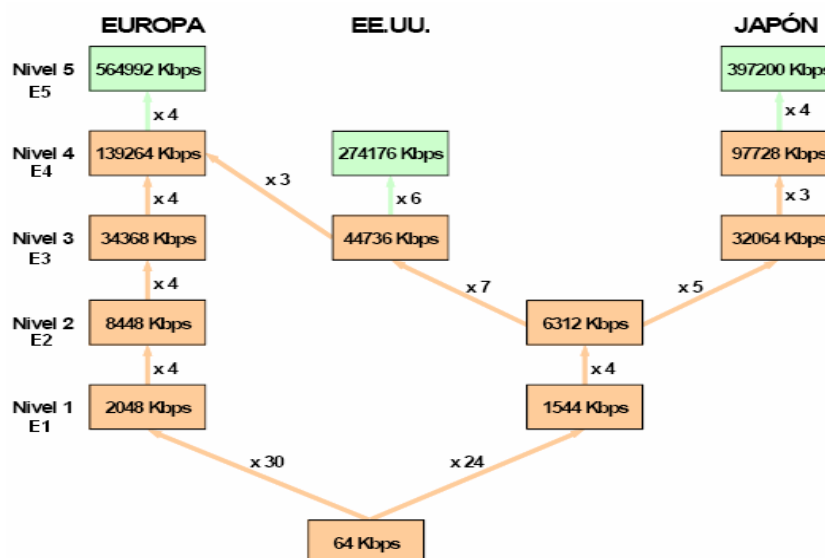


Figura 3. 8 Jerarquías Digitales PDH a Nivel Mundial ^[34].

| Nivel de Multiplexación | Tasa Binaria (Mbps) | Bits por trama | Frecuencia de trama (Khz.) | Duración de trama (µseg.) | Nº de canales de voz. |
|-------------------------------|---------------------|----------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 1 (E1 o CEPT ¹² 1) | 2,048 | 256 | 8,000 | 125,000 | 30 |
| 2 (E2 o CEPT 2) | 8,448 | 848 | 9,9622 | 100,3788 | 120 |
| 3 (E3 o CEPT 3) | 34,368 | 1536 | 22,3750 | 44,6927 | 480 |
| 4 (E4 o CEPT 4) | 139,264 | 2928 | 47,5628 | 21,0248 | 1920 |
| 5 (E5 o CEPT 5) | 564,992 | 2688 | 210,1904 | 4,7576 | 7680 |

Tabla 3. 3 Características de los niveles de la Jerarquía PDH Europea ^[34].

3.2.2.1.1 Interfaz G.703 para PDH.

La interfaz de unión entre los tributarios y los equipos de radio tienen las características que se indican en la Tabla 3.4.

| ORDEN JERÁRQUICO | 1ro | 2do | 3ro | 4to | 5to |
|------------------|------|------|-------|--------|--------|
| Velocidad (Kbps) | 2048 | 8448 | 34368 | 139246 | 564992 |
| Tolerancia (ppm) | ±50 | ±30 | ±20 | ±15 | ±15 |

¹² CEPT es Conferencia Europea de administración de correos y telecomunicaciones.

| | | | | | |
|--|----------|------------|------------|--------------|-----------------|
| Número de canales | 30 | 120 | 480 | 1920 | 7680 |
| Ancho del bit (ηseg.) | 488.28 | 118.37 | 29.09 | 7.18 | 1.77 |
| Longitud de trama μseg. | 125 | 100.38 | 44.69 | 21.02 | 4.76 |
| Cantidad de bit por trama | 256 | 848 | 1539 | 2928 | 2688 |
| Frecuencia de trama (Khz.) | 8 | 9.96 | 22.38 | 47.56 | 210.19 |
| FAT palabra de alineamiento de trama | 10011011 | 1111010000 | 1111010000 | 111110100000 | Igual a 4to. |
| Tiempo de pérdida AT para BER. 10⁻³ | 12.2 | 170.3 | 75.8 | 17.3 | |
| Tiempo de recuperación AT en μseg. con 99% probabilidad | 3000 | 602 | 357 | 126 | |
| Cantidad de bits Cj | | 3 | 3 | 5 | 5 |
| Código de Línea | HDB3 | HDB3 | HDB3 | CMI | CMI |
| Impedancia Coaxial (ohms) | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| Ancho de banda | 1024 | 4224 | 17184 | 139264 | 564992 |

Tabla 3. 4 Características Principales para Interfaz Eléctrica PDH ^[32].

3.2.2.2 Jerarquía Digital Síncrona (SDH) ^[35].

La Jerarquía Digital Plesiócrona es una jerarquía de concepción sencilla, sin embargo, contiene algunas complicaciones, que han llevado al desarrollo de otras jerarquías más flexibles a partir del nivel jerárquico más bajo de PDH, el cual se define a una velocidad de 2 Mbps.

Una de estas complicaciones es la falta de sincronismos entre los equipos, esto se presenta especialmente al combinar señales procedentes de diferentes equipos con diferencias en la tasa de bit para formar un nivel jerárquico superior, en el cual se necesita hacer procedimiento de relleno de bits para llevar a todos

estos canales entrantes a una misma tasa de bit, y realizar la multiplexación característica de PDH que es bit a bit.

En la recepción de la señal multiplexada PDH, el multiplexor se encarga de reconocer los bits de relleno y procede a desecharlos. Todo este proceso se conoce como plesiócrono que proviene del griego cuasi síncrono.

En 1989 el CCITT¹³ (actualmente UIT-T) completó la estandarización de la Jerarquía Digital Sincrónica, permitiendo la unificación de diseños en los nuevos equipos de radio digital y fibra óptica. SDH permite que los tributarios de bajo nivel provenientes de PDH sean asociados a estructuras de tramas específicas para luego ser multiplexados formando el primer escalón de la serie SDH llamado módulo de transporte síncrono (STM-1).

En SDH la multiplexación se realiza a nivel de byte, en forma sincrónica, de este modo la alineación en el tiempo se logra byte por byte y con justificación positiva, cero o negativa; mientras que en PDH la multiplexación se hace a nivel de bit y en forma asincrónica con justificación positiva. Esto da como resultado que en SDH las señales multiplexadas tengan idéntica estructura de trama, a diferencia de PDH en la cual cada nivel tiene su propia estructura de trama.

3.2.2.2.1 Velocidades de Transmisión de SDH.

“SDH es un conjunto jerárquico de estructuras de transporte digital, normalizadas para el transporte, por redes físicas útiles correctamente adaptadas.”¹⁴

SDH es un estándar internacional desarrollado para líneas de telecomunicaciones de alta velocidad, que tiene gran capacidad de interoperar con los sistemas plesiócronicos PDH, encapsulando estas señales en un estándar SDH. Las facilidades de gestión avanzadas que presenta una red SDH permiten un control de la red, determinando la incorporación y prestación de nuevos servicios a través de la posibilidad de restauración y reconfiguración de la red.

¹³ CCITT Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía.

¹⁴ UIT-T Recomendación G.707.

SDH define una jerarquía estandarizada para determinadas velocidades de transmisión de datos, como lo indica la Tabla 3.5.

| DESIGNACIÓN UIT-T | VELOCIDAD (MBPS) | VELOCIDAD DEL PAYLOAD ¹⁵ |
|----------------------|---------------------|--|
| SMT-1 | 155.52 | 150.336 |
| SMT-3 | 466.56 | 451.008 |
| SMT-4 | 622.08 | 601.344 |
| SMT-6 | 933.12 | 902.016 |
| SMT-8 | 1244.16 | 1202.688 |
| SMT-12 | 1866.24 | 1804.032 |
| SMT-16 | 2488.32 | 2405.376 |

Tabla 3. 5 Velocidades de transmisión de la Jerarquía Digital Síncrona ^[36].

3.2.3 ENLACE ABIS VÍA SATÉLITE ^[37-38].

En el sistema CDMA, Abis se define como el interfaz que conecta el Controlador de Estaciones Base (Base Station Controller BSC) y el Sistema Transceptor Base (Base Transceiver Stations BTS) dentro de la Estación Base (BS). La Figura 3.9 muestra el modelo de referencia de red para el interfaz Abis donde:

- Interfaz Abis = Señalización Abis + Tráfico Abis.
- Una función SDU¹⁶ es localizada en un BSC.
- Un elemento de canal es localizado en una BTS.

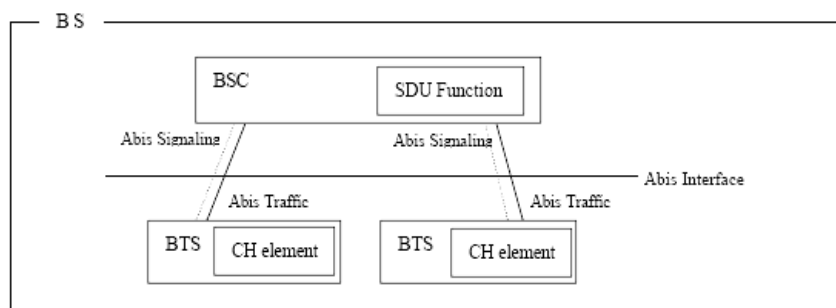


Figura 3. 9 Modelo de referencia de Red para el Interfaz Abis ^[37].

¹⁵ PAYLOAD: Carga útil o información de la Trama SDH.

¹⁶ SDU (Selection/Distribution Unit function): Función de selección/distribución de unidad.

La interfaz Abis se relaciona con la interfaz Aire y viceversa mediante los canales lógicos y físicos que la Figura 3.10 detalla a continuación:

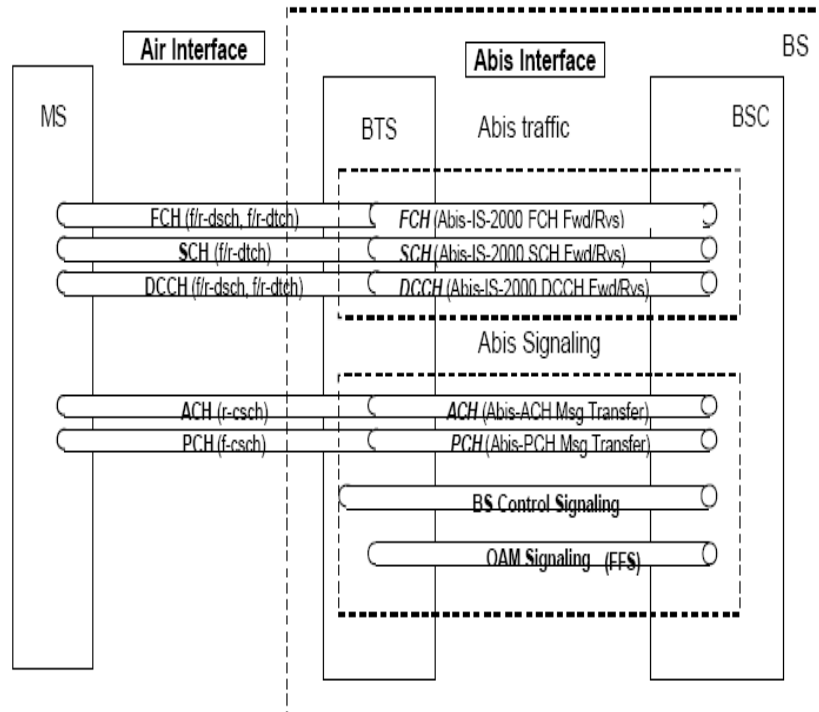


Figura 3. 10 Relación de la Interfaz Abis y la Interfaz Aire ^[37].

Abis vía satélite conecta transparentemente a múltiples Estaciones Transceptoras Bases (BTSs) hacia un Controlador de Estaciones Base (BSC) vía satélite sin cambiar el interfaz en ninguno de los dos terminales.

Abis sobre satélite analiza las celdas ATM dentro de un canal E1 y descarta las celdas inactivas. Luego este adapta el BTS original hacia el tráfico BSC para los paquetes IP. Sólo por la transmisión de información y celdas de transporte, Abis reduce drásticamente las necesidades de ancho de banda. En el BSC, Abis adapta los paquetes de retorno hacia el interfaz Abis con celdas ATM en E1.

3.2.3.1 Abis vía Satélite para CDMA2000.

La demanda popular generalizada para CDMA está cada vez más motivando a los operadores de telefonía móvil y fija a extender los servicios inalámbricos hacia

comunidades pequeñas, aisladas y remotas. Muchas de estas áreas son simplemente más allá del alcance de infraestructura terrestre, para CDMA2000 (ó CDMA 450) vía satélite es una solución obvia. Sin embargo, los operadores están preocupados sobre la viabilidad económica de la conexión satelital. La solución satelital Abis vía Satélite reduce drásticamente los costos de operación hasta un 60%, haciendo que CDMA2000 sobre satélite una solución eficiente y rentable.

3.2.3.2 Beneficios.

Entre los beneficios tenemos:

- No limitaciones geográficas.
- Costo efectivo.
- Escalable para muchos sitios remotos.
- Totalmente transparente.
- Utilización optimizada del segmento espacial.
- Ancho de banda por demanda.
- Control y administración central.

3.2.3.3 Ancho de Banda por Demanda.

En vez de soluciones tradicionales como SCPC, con ancho de banda permanentemente ocupado sin reparar en el tráfico actual, Abis sobre satélite usa ancho de banda por demanda (BoD) para asignar ancho de banda dinámicamente. El resultado es ahorro del segmento espacial significativamente. El controlador del ancho de banda, localizado en el Hub monitorea continuamente el tráfico generado por cada BTS, asignando ancho de banda desde un fondo común hacia cada VSAT de acuerdo con la demanda de tiempo real.

BoD utilizado presenta una ventaja muy importante sobre la tecnología tradicional, la cual usa una “hora ocupada” predefinida para determinar el requerimiento de

ancho de banda permanente para asegurar el servicio satisfactorio. Los resultados de BoD son del 60% de ahorro en el segmento espacial utilizado.

3.2.3.4 Arquitectura de Abis vía Satélite.

La mayoría de los fabricantes de soluciones con tecnología CDMA incluyen:

- Adaptador Abis en cada sitio para cada línea E1 con interfaz Abis.
- Solución de software IP VSAT con Abis en cada sitio BTS.
- Capacidad de redundancia central Basic Hub.
- Sistema de Administración de Red para la solución Abis.

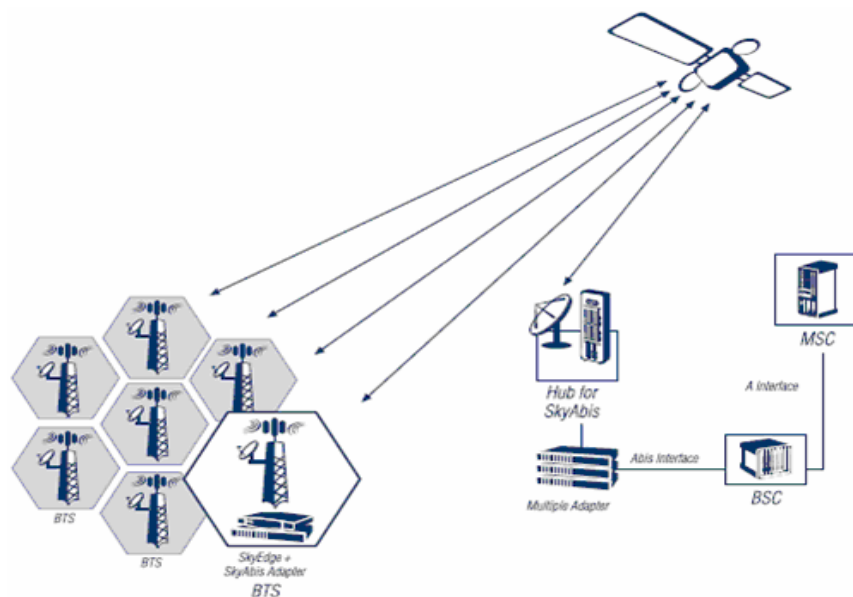


Figura 3. 11 Arquitectura de la Interfaz Abis sobre Satélite ^[38].

El adaptador Abis conecta el BTS vía interfaz E1, posibilitando el soporte de Abis totalmente. El adaptador Abis conecta al IP VSAT vía interfaz LAN. La VSAT transmite y recibe la información Abis paquetizada sobre el canal satelital. El VSAT, con su software sofisticado, y el adaptador Abis reducen la capacidad de procesamiento requerido en los canales de subida y de bajada hasta un 60% comparada con los módems SCPC tradicionales. El Hub está constituido por varios componentes operando en concierto y comunicando la información Abis

paquetizada desde el sitio BSC hacia las múltiples VSATs y conectando unidades BTS.

Como Abis es completamente transparente para la red CDMA, los usuarios pueden disfrutar todas las aplicaciones fijas y móviles del 1X (CDMA 450) por ejemplo llamadas de voz, datos y SMS.

La Tabla 3.6 ilustra el ahorro por ejemplo de una red con 30 BTSs de diferentes tamaños de celda, cada una con 1024 Kbps, permitiendo un tráfico pico sobre el interfaz Abis en cada dirección, resultando un ahorro de 29 Mhz.

| Tráfico de Celda permitido pico (Kbps) | Ancho de Banda moderno (Mhz) | Ancho de Banda (Mhz) | Ahorro (Mhz) | Ahorro (%) |
|--|------------------------------|----------------------|--------------|------------|
| 256 | 13 | 5 | 8 | 60 |
| 512 | 26 | 10 | 16 | 60 |
| 768 | 38 | 16 | 22 | 58 |
| 1024 | 51 | 22 | 29 | 57 |
| 1280 | 64 | 28 | 36 | 56 |

Tabla 3. 6 Comparación del Ahorro de Ancho de Banda utilizando la Interfaz Abis vía Satélite ^[38].



CAPÍTULO 4
DISEÑO DE LA RED
CDMA 450.

4 DISEÑO DE LA RED CDMA 450.

4.1 ANTECEDENTES

4.1.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA ^[39].

El cantón Quito ó *El Distrito Metropolitano de Quito* se encuentra en el corazón mismo de la provincia de Pichincha, atravesado por la Línea Ecuatorial y es el más grande de los cantones de la provincia. Éste limita al norte con las provincias de Esmeraldas e Imbabura; al sur con los cantones Rumiñahui y Mejía; al este con los cantones Pedro Moncayo, Cayambe y la provincia de Napo; y al oeste con los cantones Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de los Bancos y Santo Domingo.

Para efecto exclusivamente de la desconcentración administrativa y de servicios, así como de asegurar formas más eficaces de participación de sus habitantes se lo ha dividido al territorio distrital en zonas metropolitanas. Las correspondientes dentro del límite urbano de la ciudad se denominan *zonas metropolitanas urbanas* y son las siguientes:

- Zona metropolitana Ñaquito o Anansaya.
- Zona metropolitana Yavirac.
- Zona metropolitana Urinsaya, y
- Zona metropolitana Turubamba.

Y las que están fuera del Distrito Metropolitano, *zonas suburbanas* y son las siguientes:

- **Carapungo:** con las parroquias suburbanas de Calderón, Llano Chico y Zámbez. Con una superficie de 9.490 Hectáreas.
- **Los Chillos:** con las parroquias de Alangasí, Amaguaña, Conocoto, Guangopolo, La Merced y Píntag. Su superficie es de 6.5145 Hectáreas.

- **Norcentral:** pertenecen las parroquias de Atahualpa, Chavezpamba, Perucho, Puéllaro y San José de Minas. Con una superficie de 47.497 Hectáreas.
- **Noroccidental:** pertenecen las parroquias de Gualea, Nanegal, Nanegalito y Pacto. Su superficie es de 93.137 Hectáreas.
- **Oyambaro:** integrada por Checa, El Quinche, Guayllabamba, Pifo, Puembo, Tababela y Yaruquí. Tiene una superficie de 76.135 Hectáreas.
- **Pululahua:** a esta zona pertenecen Calacalí, Pomasqui y San Antonio de Pichincha. Su extensión es de 32.337 Hectáreas.
- **Rumihuaico:** a ella pertenecen Cumbayá, Nayón y Tumbaco. Tiene una superficie de 10.293 Hectáreas.
- **Ingüi:** con Lloa y Nono. Tienen una superficie de 76.135 Hectáreas.

4.1.1.1 Zonas Metropolitanas Suburbanas Noroccidentales.

Las características más relevantes de las parroquias noroccidentales son las siguientes:

La parroquia de Nanegalito se encuentra ubicada en la microcuenca del Alambi, con un clima de 18° a 20°C. Los habitantes se dedican a la explotación de madera y a las actividades agropecuarias. Se destaca la producción de cítricos, plátano y pasto.

La parroquia de Nanegal está en el bosque húmedo premontano, con un clima de 18° a 24°C. La población trabaja en el procesamiento de panela y aguardiente. Zona donde se practica la pesca deportiva. El Centro Piscícola Nanegal, que pertenece a Consejo Provincial. La Reserva Maquipucuna es parte de la bioregión Chocó Andina, y es considerada una de las 18 áreas "sensibles" de mayor biodiversidad en el planeta.

La parroquia de Pacto posee un clima húmedo subtropical, está ubicada en la microcuenca del río Chirapi, perteneciente a la del río Guayllabamba, que, a su

vez, pertenece a la cuenca del río Esmeraldas. Tiene minas de oro. El área es de uso agropecuario. Predominan los cultivos de caña de azúcar, cabuya, guadúa, cítricos, y algunas frutas. Una parte de la población del área rural se dedica al procesamiento de caña de azúcar y leche.

La parroquia de Gualea se encuentra rodeada por Pacto, Nanegal, Nanegalito y Los Bancos. Destacan los cultivos de caña de azúcar, así como la ganadería de carne y leche. Se puede admirar la arquitectura popular y las ruinas de Tulipe.

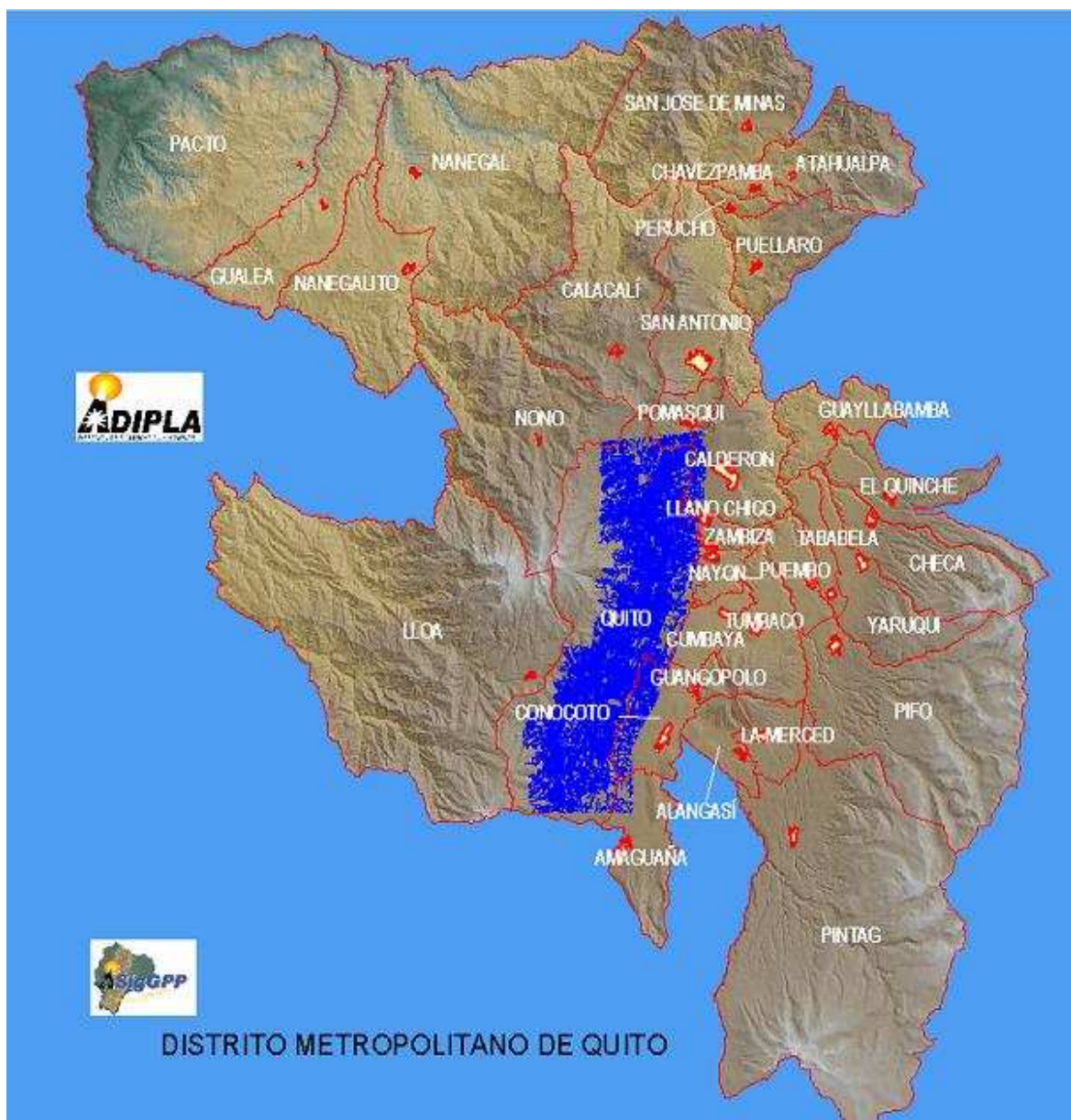


Figura 4. 1 Zonas Metropolitanas Suburbanas del Cantón Quito ^[39].

4.1.2 SITUACIÓN ACTUAL ^[40].

En el área de interés del presente proyecto, es decir la zona noroccidental del Cantón Quito que comprenden las parroquias de Pacto, Gualea, Nanegal y Nanegalito, ANDINATEL S.A. tiene desplegado dos sistemas de radio multiacceso denominados QUITO-3 y QUITO-4. La denominación se refiere a la central a la que va conectada cada sistema.

Los Sistemas Multiacceso QUITO-3 y QUITO-4 se encuentran distribuidos en diferentes poblaciones y tienen su capacidad asignada como se indica en la Tabla 4.1.

| SISTEMA | POBLACIONES | INSTALADA | OCUPADA |
|----------------|---------------|------------|------------|
| QUITO-3 | Castilla | 8 | 5 |
| | Ingapi | 40 | 40 |
| | Pacto | 56 | 56 |
| | Palmitopamba | 32 | 32 |
| | Porvenir | 32 | 28 |
| QUITO-4 | Cartagena | 16 | 10 |
| | Gualea | 24 | 23 |
| | Gualea Cruz | 24 | 20 |
| | La Armenia | 40 | 38 |
| | Las Tolas | 24 | 24 |
| | San Francisco | 8 | 8 |
| | Santa Elena | 48 | 42 |
| | Tulipe | 56 | 40 |
| TOTAL | | 408 | 366 |

Tabla 4. 1 Capacidad Actual de los Sistemas Quito-3 y Quito-4. ^[40]

Los Sistemas Multiacceso QUITO-3 y QUITO-4 (Figuras 4.2 y 4.3, respectivamente) comprenden el medio de transmisión desde el inicio de la red de abonado (o planta externa) de cada una de las poblaciones de los sistemas, hasta

la conexión a nivel de 2 Mbps (1 E1 por sistema) con el sistema de Radio PDH PUCSOCOCHA–CERROBLANCO en la estación Repetidora Pucsococha.

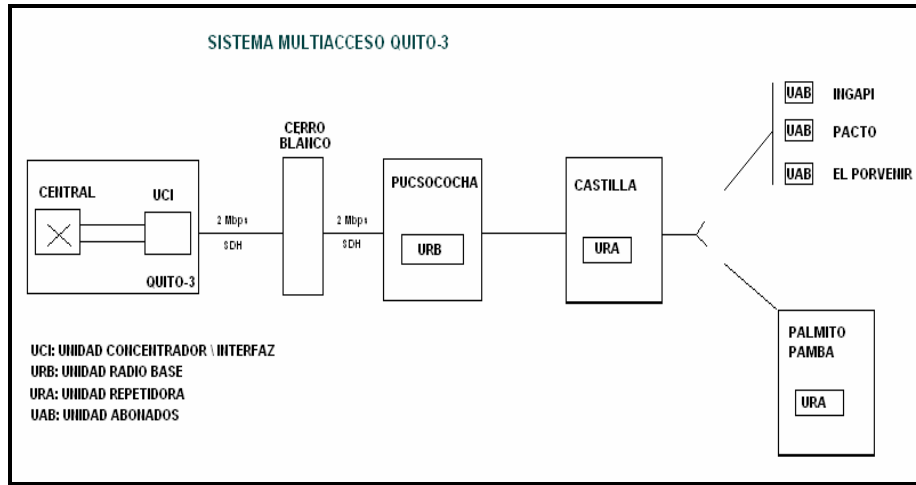


Figura 4. 2 Sistema Multiacceso Quito-3. [40]

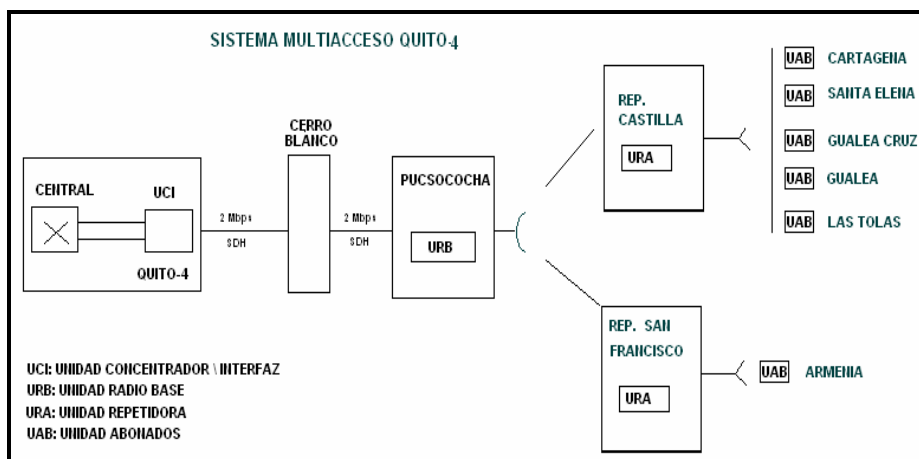


Figura 4. 3 Sistema Multiacceso Quito-4. [40]

Las señales transmitidas, luego pasan al Sistema de Radio SDH CERROBLANCO-CRUZ LOMA hasta llegar a QUITO. En QUITO, las señales E1 transmitidas, se vuelven a interconectar a una Unidad de Interfaz UCI (que es parte del sistema multiacceso) para finalmente conectarse a la central SAN RAFAEL.

Las características más relevantes del sistema multiacceso digital SMD 30/1.5 se presenta en el capítulo 5.

4.2 ESTUDIO DE LA DEMANDA.

Una de las etapas previas en la planificación 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 de las parroquias de Pacto, Gualea, Nanegal y Nanegalito, como también en entrevistas a las Juntas Parroquiales de las respectivas parroquias ya mencionadas. El modelo de encuesta contiene información de los servicios que puede prestar esta red de telefonía inalámbrica y preguntas de interés para el diseño de la misma.

La Tabla 4.2 presenta la demanda existente y solicitada por las poblaciones de las parroquias noroccidentales del cantón Quito.

| Parroquia | Localidad | Telefonía ANDINATEL ¹⁷ | DEMANDA (# líneas). | | | |
|-----------|--------------|--------------------------------------|---------------------|----------|-----|-------|
| | | | Voz | Internet | Fax | TOTAL |
| PACTO | Buenos Aires | 0 | 40 | 0 | 0 | 40 |
| | El Paraíso | 0 | 80 | 0 | 0 | 80 |
| | El Progreso | 0 | 60 | 0 | 0 | 60 |
| | Ingapi | 40 | 60 | 0 | 0 | 100 |
| | La Delicia | 0 | 50 | 0 | 0 | 50 |
| | La Victoria | 0 | 50 | 0 | 0 | 50 |
| | Pacto | 120 | 80 | 40 | 5 | 245 |
| | Pactoloma | 0 | 50 | 0 | 0 | 50 |
| | Santa Teresa | 0 | 50 | 0 | 0 | 50 |
| GUALEA | Castilla | 5 | 40 | 0 | 0 | 45 |
| | El Porvenir | 28 | 75 | 0 | 0 | 103 |

¹⁷ Las líneas telefónicas existentes son tanto con el sistema SDM 30/1.5 como con par de cobre en la última milla.

| | | | | | | |
|-------------------|---------------|-------------|-------------|------------|-----------|-------------|
| | Gualea | 70 | 120 | 45 | 5 | 240 |
| | Gualea Cruz | 20 | 90 | 0 | 0 | 110 |
| | Las Tolas | 24 | 70 | 0 | 0 | 94 |
| | Tulipe | 40 | 75 | 0 | 0 | 115 |
| NANEGALITO | La Armenia | 38 | 50 | 0 | 0 | 88 |
| | Cartagena | 10 | 50 | 0 | 0 | 60 |
| | Santa Elena | 42 | 50 | 30 | 0 | 122 |
| | San Francisco | 8 | 50 | 0 | 0 | 58 |
| NANEGAL | La Perla | 0 | 50 | 0 | 0 | 50 |
| | Palmitopamba | 32 | 60 | 0 | 0 | 92 |
| Subtotal | | 477 | 1300 | 115 | 10 | |
| TOTAL | | 1777 | | 115 | 10 | 1902 |

Tabla 4. 2 Situación actual y demanda de las parroquias Noroccidentales del Cantón Quito¹⁸.

La Tabla 4.2 indica que la Demanda Inicial Total es igual a 1902 usuarios y como la implementación del sistema CDMA450 es de muy corto tiempo se podría 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 una solución rápida y eficaz a los usuarios que deseen posteriormente la prestación de dichos servicios; de esta manera ANDINATEL S.A. podrá invertir económicamente en forma gradual, ajustándose al crecimiento del número de abonados y del tráfico. Para el cálculo de la Demanda Futura se utilizará la siguiente ecuación:

$$D_f = D_o (1 + b)^n \quad (1)^{19}$$

Donde:

D_f: demanda final.

D_o: demanda inicial.

b: incremento anual

n: número de años del proyecto.

¹⁸ Fuente: Juntas Parroquiales de Pacto, Gualea, Nanegal y Nanegalito.

¹⁹ Departamento de Planificación y Fiscalización de ANDINATEL S.A.

Según el Departamento de Planificación y Fiscalización de ANDINATEL S.A., el incremento anual del servicio de telefonía fija es del 5% y el incremento anual de otros servicios es del 1% en las zonas rurales. Para el diseño se plantea un dimensionamiento de la red para 10 años. La Tabla 4.3 indica la proyección de la demanda futura.

| PARROQUIAS | DEMANDA INICIAL | | | DEMANDA FINAL | | |
|------------|-----------------|----------|-----|---------------|----------|-----|
| | VOZ | INTERNET | FAX | VOZ | INTERNET | FAX |
| PACTO | 680 | 40 | 5 | 1108 | 44 | 6 |
| GALEA | 657 | 45 | 5 | 1070 | 50 | 6 |
| NANEGALITO | 298 | 30 | 0 | 485 | 33 | 0 |
| NANEGAL | 142 | 0 | 0 | 231 | 0 | 0 |
| TOTAL | 1777 | 115 | 10 | 2895 | 127 | 11 |

Tabla 4. 3 Proyección de la Demanda Futura de las Parroquias Noroccidentales del Cantón Quito.

4.3 ESTUDIO DE TRÁFICO. ^[41]

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 = período de observación.

n = número total de ocupaciones 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 la 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.

Sistemas 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 ANDINATEL S.A.:

- Para voz, se considera:

$T = 60$ minutos.

$t_m = 3$ minutos.

$n = 1$

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

$A = 0.05$ Erl/Abonado.

- Para fax, se considera:

$T = 60$ minutos.

$t_m = 1$ minuto/hoja, 2 a 3 hojas promedio: 2 minutos.

$n = 1$

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

$A = 0.03$ Erl/Abonado.

- En la División de Tráfico y Calidad de Servicio de ANDINATEL S.A., se ha hecho la siguiente observación respecto al tráfico para el servicio de Internet dado por ANDINANET S.A., 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).

| HORAS PICO | CARGA (ERL) | TRÁFICO (ERL/Abonado) |
|-------------------|--------------------|------------------------------|
| 21H00 | 135 | 0.5625 |
| 22H00 | 136 | 0.5666 |

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 perdida fuese nula, y se define en Erlangs. El tráfico total ofrecido A_T , se define como:

$$A_T = A * X \quad (4)$$

Siendo X = número de abonados total.

De acuerdo a los estudios de demanda y de tráfico para el sector noroccidental del Distrito Metropolitano de Quito se puede dar los siguientes resultados:

Tabla 4. 4 Tráfico Total en Erlangs de las Parroquias Noroccidentales del Cantón Quito.

| PARROQUIA | TIPO DE SERVICIO | NÚMERO DE ABONADOS | TRÁFICO POR ABONADO (ERLANG/ABONADO) | TRÁFICO TOTAL (ERLANGS) |
|--------------|------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| PACTO | VOZ | 1108 | 0,05 | 55,38 |
| | INTERNET | 44 | 0,20 | 8,84 |
| | FAX | 6 | 0,03 | 0,17 |
| | SUBTOTAL | 1157 | | 64,39 |
| GUALEA | VOZ | 1070 | 0,05 | 53,51 |
| | INTERNET | 50 | 0,20 | 9,94 |
| | FAX | 6 | 0,03 | 0,17 |
| | SUBTOTAL | 1125 | | 63,62 |
| NANEGALITO | VOZ | 485 | 0,05 | 24,27 |
| | INTERNET | 33 | 0,20 | 6,63 |
| | FAX | 0 | 0,03 | - |
| | SUBTOTAL | 519 | | 30,90 |
| NANEGAL | VOZ | 231 | 0,05 | 11,57 |
| | INTERNET | 0 | 0,20 | - |
| | FAX | 0 | 0,03 | - |
| | SUBTOTAL | 231 | | 11,57 |
| TOTAL | | 3033 | | 170,46 |

4.4 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.

4.4.1 DISEÑO POR CAPACIDAD ^[42].

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:

$$GOS = \Pr[\text{llamada_es_bloqueada}] = \frac{A^C}{C!} \frac{1}{\sum_{k=0}^C \frac{A^k}{k!}}$$

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, donde las especificaciones técnicas están en el Anexo C. Según la calidad de tráfico (GOS = 1%) el número de celdas que se requiere para satisfacer la demanda será la indicada en la Tabla 4.5.

| DATOS | CDMA 450 |
|---|----------|
| 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% ²⁰) [Erlgs]. | 80,306 |
| Número de sectores por celda | 3 |
| Tráfico soportado por celda [Erlgs]. | 240,918 |
| Tráfico Total requerido [Erlgs]. | 170,46 |
| Tráfico total requerido / Tráfico soportado por celda | 0,71 |
| Número de celdas | 1 |

Tabla 4. 5 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 3033 usuarios, garantizando la calidad de tráfico y permitiendo la expansión de la red gradualmente.

²⁰ GOS = 1% para el servicio de telefonía fija.

4.4.2 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 y sus especificaciones técnicas se indican en el Anexo C. Las parroquias de Gualea, Nanegal, Nanegalito y Pacto cubren una superficie aproximada de 931.37 Km² (ó 93.137 Hectáreas). En la Tabla 4.6 se indica el procedimiento del cálculo del número de celdas por el método de cobertura.

| DATOS | CDMA 450 |
|--|----------|
| Área total de la zona [Km ²] | 931,37 |
| Radio de la Celda [Km.] | 50,00 |
| Área de la Celda [Km ²] | 6495,191 |
| Área total / Área de la celda | 0,143 |
| Nº de Celdas (Cobertura) | 1 |

Tabla 4. 6 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, con este fin a continuación se presenta los respectivos radioenlaces de cada una de las localidades simulados en el software RADIO_MOBILE, proporcionado por el Departamento de Radio Frecuencia de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

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 ANDINATEL S.A. y con la ayuda de la respectiva carta topográfica de escala 1:50.000, se han obtenido las latitudes y longitudes de las respectivas localidades indicadas en la Tabla 4.7. Además es de recalcar que ANDINATEL S.A. dispone de una torre de 60 m en la repetidora Castilla 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.

| Repetidor A | Localidad B | Longitud | Latitud | Altura [m] |
|-------------|---------------|---------------|---------------|------------|
| Castilla | CASTILLA | 78° 44' 08" W | 00° 07' 40" N | 1568 |
| | Buenos Aires | 78° 45' 15" W | 00° 10' 42" N | 1180 |
| | Cartagena | 78° 42' 03" W | 00° 07' 17" N | 1567 |
| | El Paraíso | 78° 46' 19" W | 00° 10' 41" N | 1485 |
| | El Porvenir | 78° 43' 34" W | 00° 09' 01" N | 1400 |
| | El Progreso | 78° 45' 15" W | 00° 10' 42" N | 1209 |
| | Gualea | 78° 44' 51" W | 00° 06' 55" N | 1360 |
| | Gualea Cruz | 78° 44' 08" W | 00° 06' 56" N | 1549 |
| | Ingapi | 78° 47' 42" W | 00° 07' 48" N | 1460 |
| | La Armenia | 78° 41' 53" W | 00° 04' 22" N | 1720 |
| | La Delicia | 78° 42' 50" W | 00° 08' 45" N | 1440 |
| | La Perla | 78° 42' 58" W | 00° 11' 53" N | 1350 |
| | La Victoria | 78° 45' 43" W | 00° 09' 19" N | 1200 |
| | Las Tolas | 78° 46' 26" W | 00° 04' 55" N | 1770 |
| | Pacto | 78° 45' 53" W | 00° 08' 42" N | 1235 |
| | Pacto Loma | 78° 46' 47" W | 00° 09' 00" N | 1335 |
| | Palmitopamba | 78° 43' 42" W | 00° 10' 42" N | 1380 |
| | Santa Elena | 78° 42' 59" W | 00° 05' 48" N | 1581 |
| | Santa Teresa | 78° 46' 04" W | 00° 07' 40" N | 1320 |
| | San Francisco | 78° 40' 50" W | 00° 05' 25" N | 1848 |
| Tulipe | 78° 44' 03" W | 00° 05' 16" N | 1560 | |

Tabla 4. 7 Información geográfica de las Poblaciones Noroccidentales del cantón Quito.

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

- La frecuencia de operación del CDMA450 en Ecuador es:

| Enlaces | Frecuencias (Mhz) | 1 ^{ra} portadora (Mhz) | 2 ^{da} Portadora (Mhz) | 3 ^{ra} Portadora (Mhz) |
|--------------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| BTS hacia Suscriptor (Directo) | 479,00 – 483,48 | 480,025 | 481,275 | 482,525 |
| Suscriptor hacia BTS (Reverso) | 489,00 – 493,48 | 490,025 | 491,275 | 492,525 |

Tabla 4. 8 Valores de operación de las portadoras del CDMA sub-banda F en Ecuador.²¹

- 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 60m 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 (Anexo C).
- 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 43dBm/portadora (Anexo C).
- El tipo de red a simularse es fija inalámbrica, en un clima subtropical.
- 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.

²¹ Fuente: Secretaría Nacional de Telecomunicaciones SENATEL.

En base a estos parámetros se obtiene los siguientes resultados mediante el software RADIO_MOBILE:

➤ **Buenos Aires.**

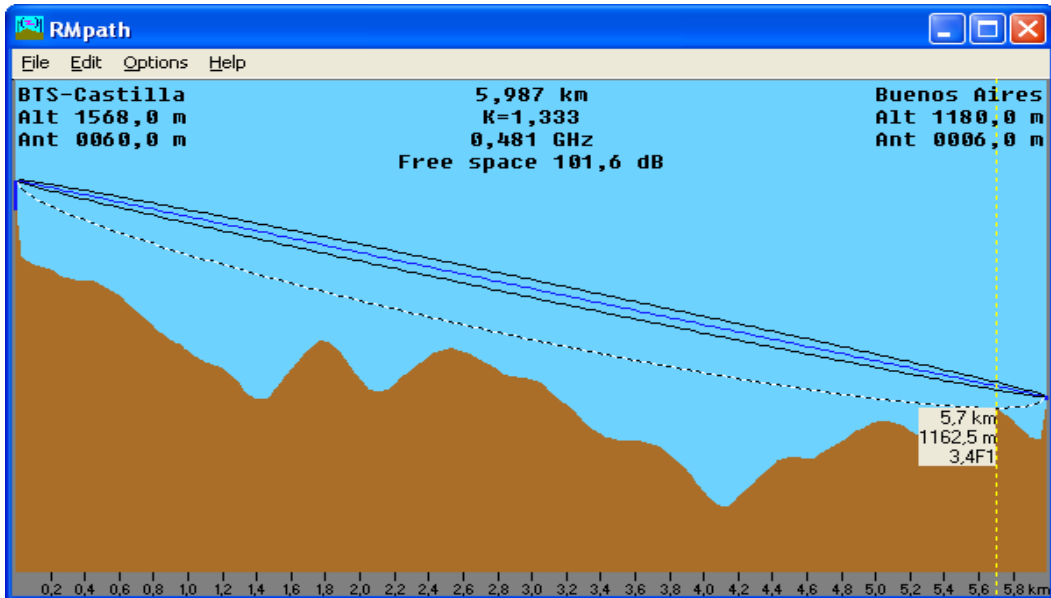


Figura 4. 4 Perfil Topográfico de Castilla – Buenos Aires.

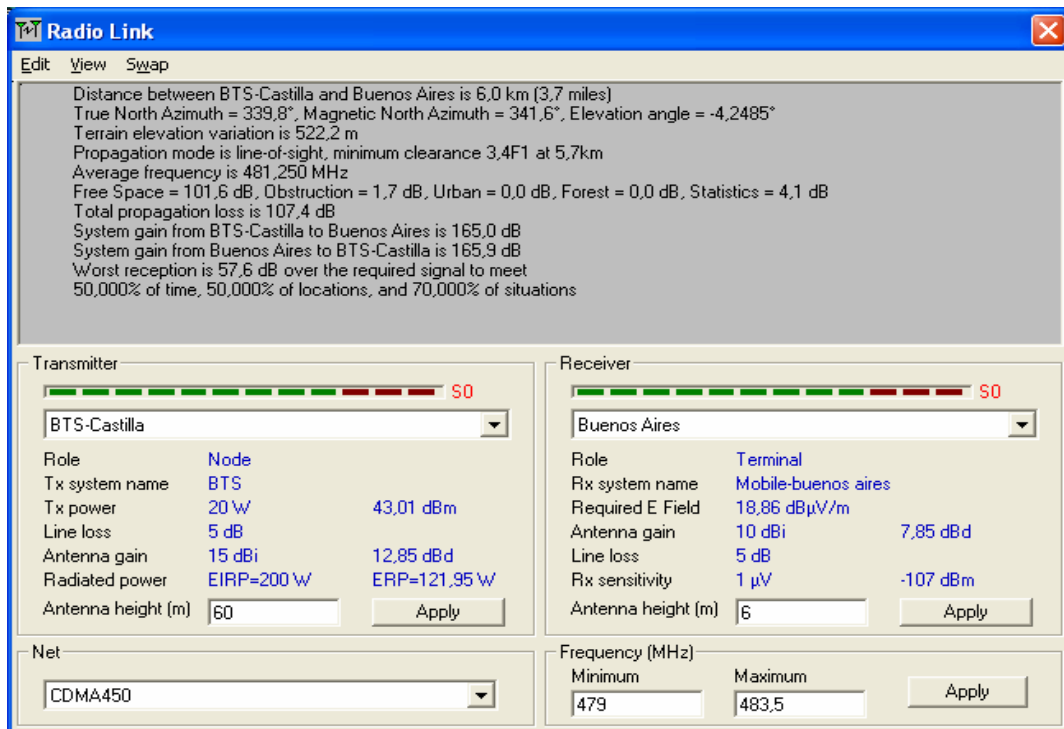


Figura 4. 5 Resultados del Radio enlace Castilla - Buenos Aires.

► Cartagena:

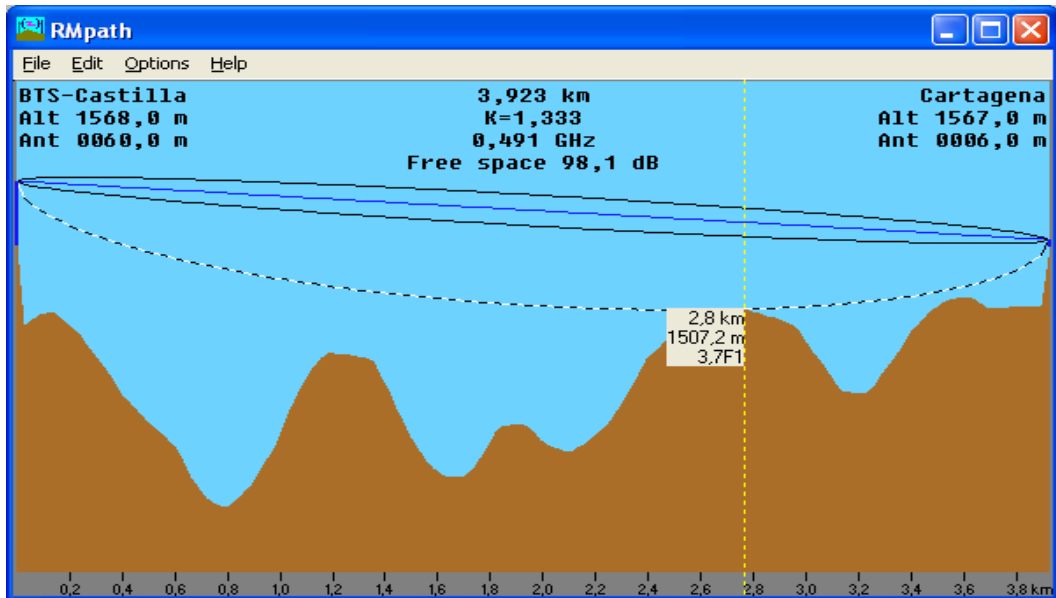


Figura 4. 6 Perfil Topográfico Castilla – Cartagena.

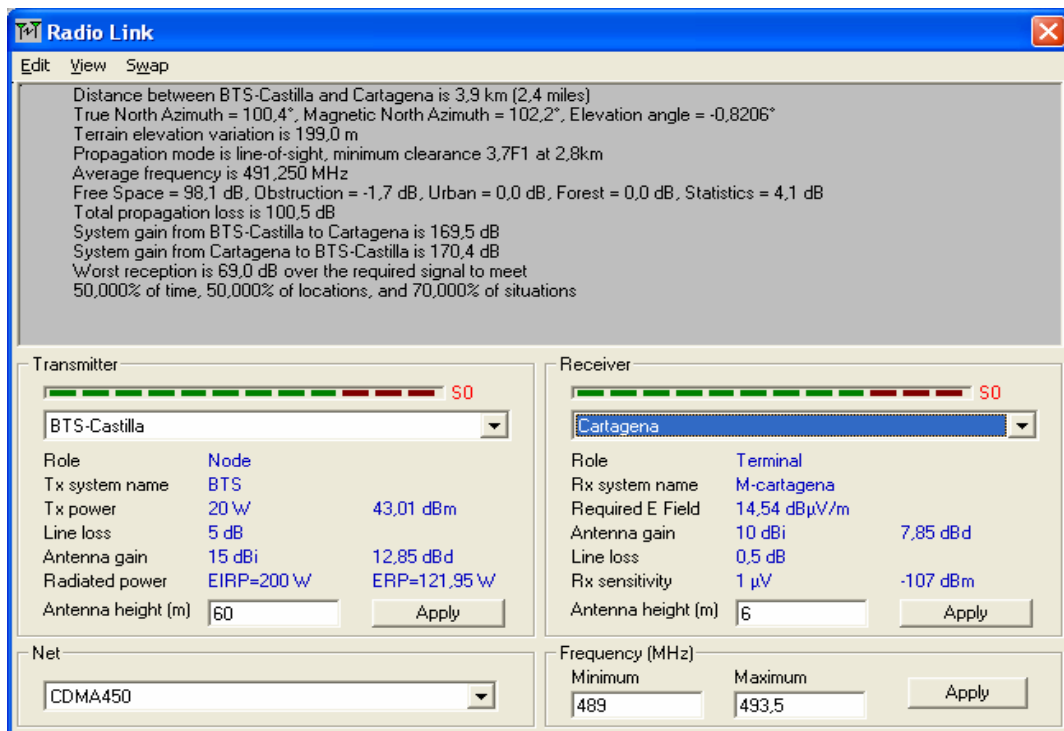


Figura 4. 7 Resultados del Radio enlace Castilla – Cartagena.

➤ **El Paraíso.**

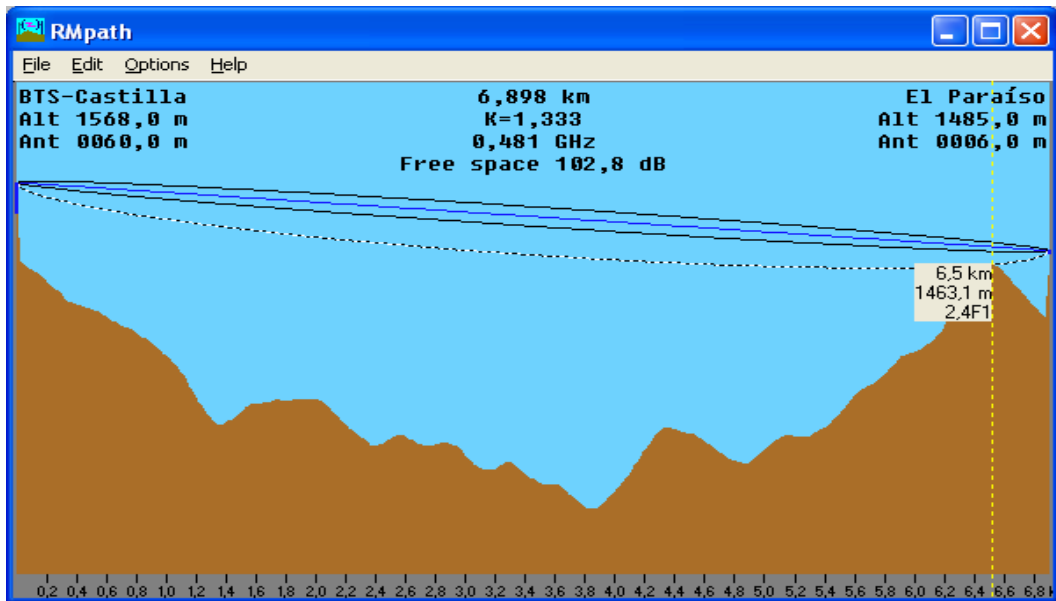


Figura 4. 8 Perfil Topográfico Castilla – El Paraíso.

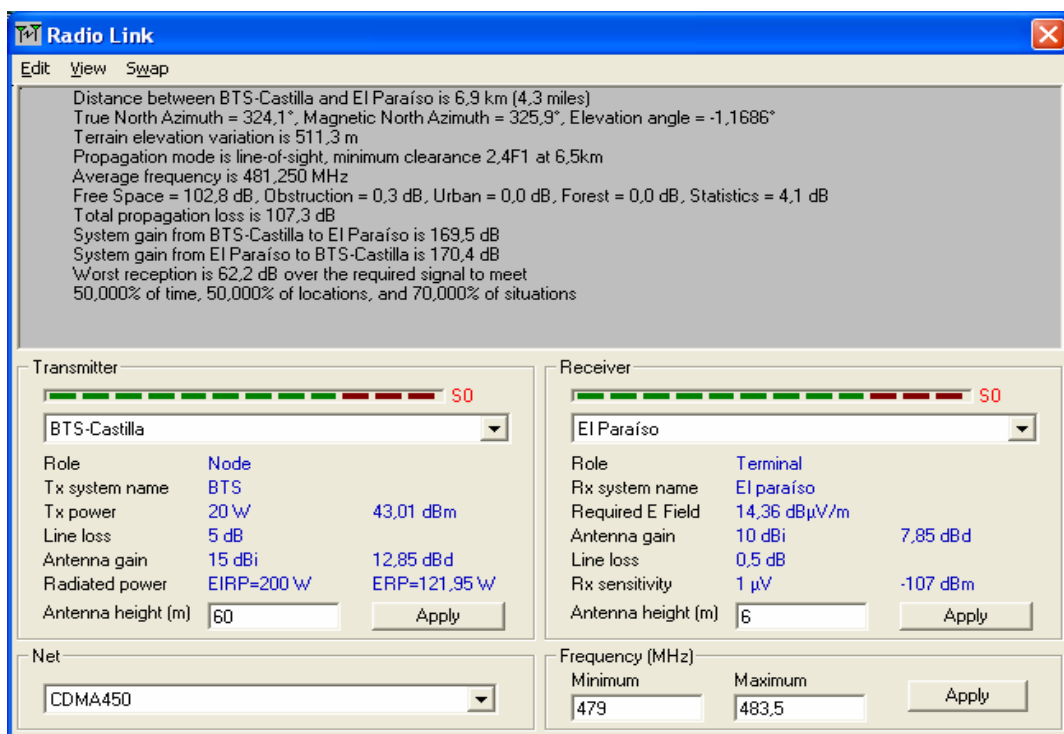


Figura 4. 9 Resultados del Radio enlace Castilla – El Paraíso.

➤ **El Porvenir:**

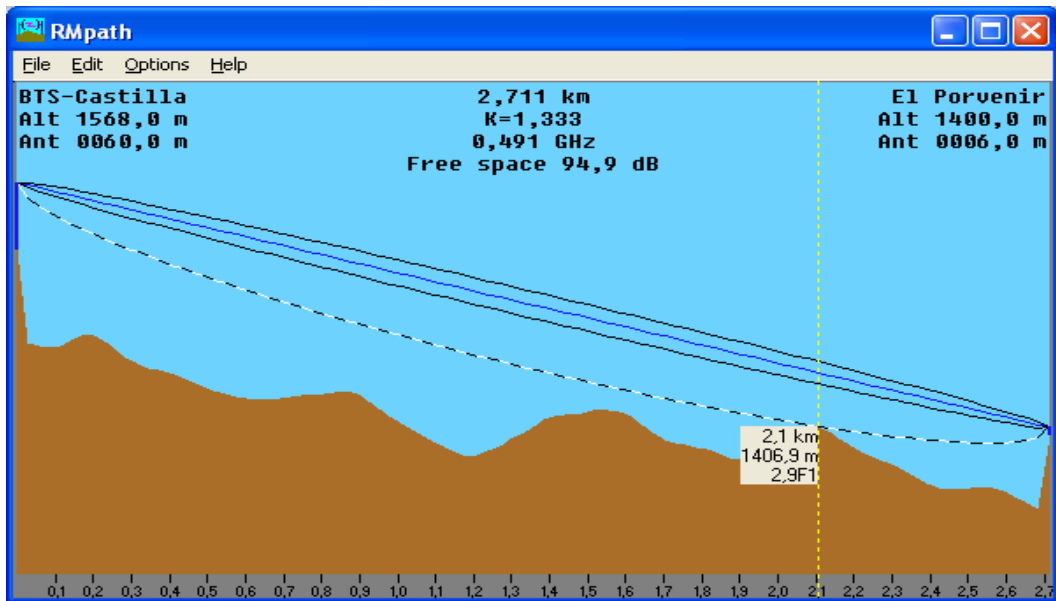


Figura 4. 10 Perfil Topográfico Castilla – El Porvenir.

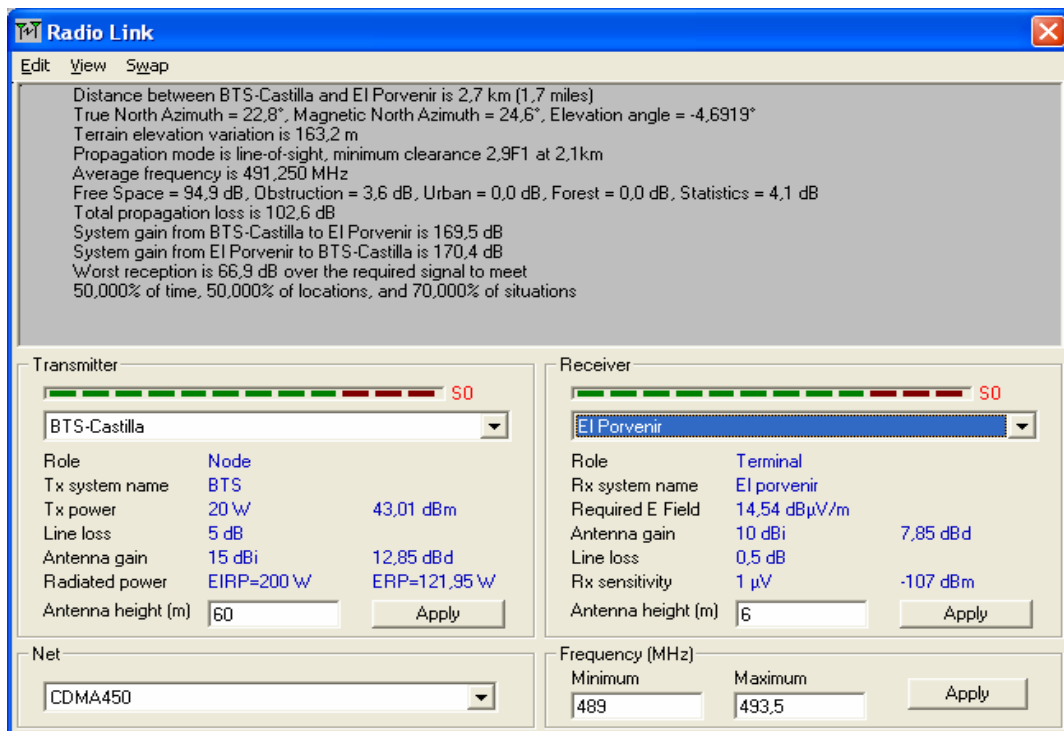


Figura 4. 11 Resultados del Radio enlace Castilla - El Porvenir.

➤ **El Progreso:**

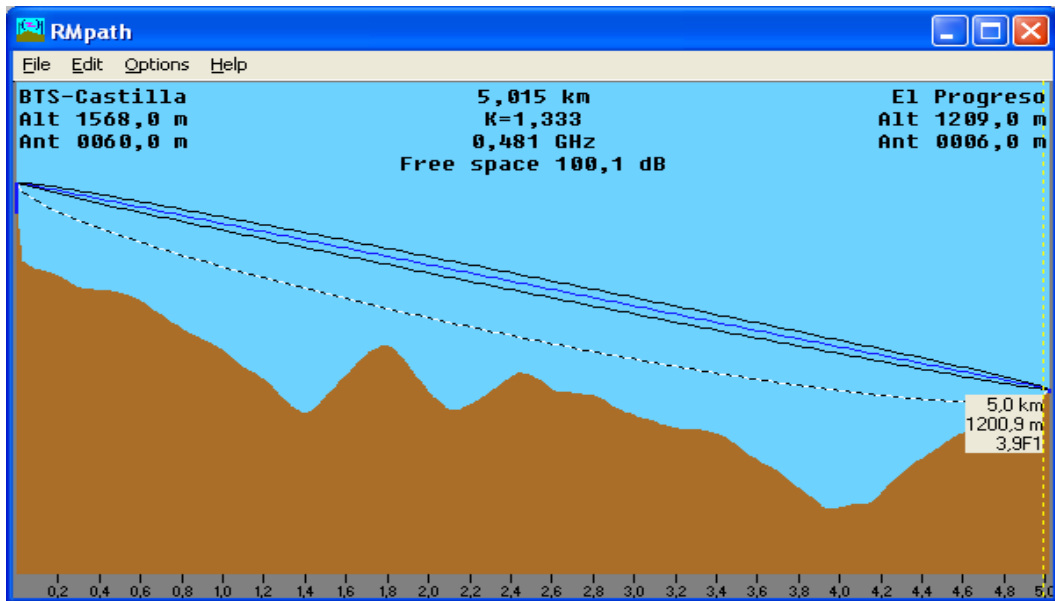


Figura 4. 12 Perfil Topográfico Castilla – El Progreso.

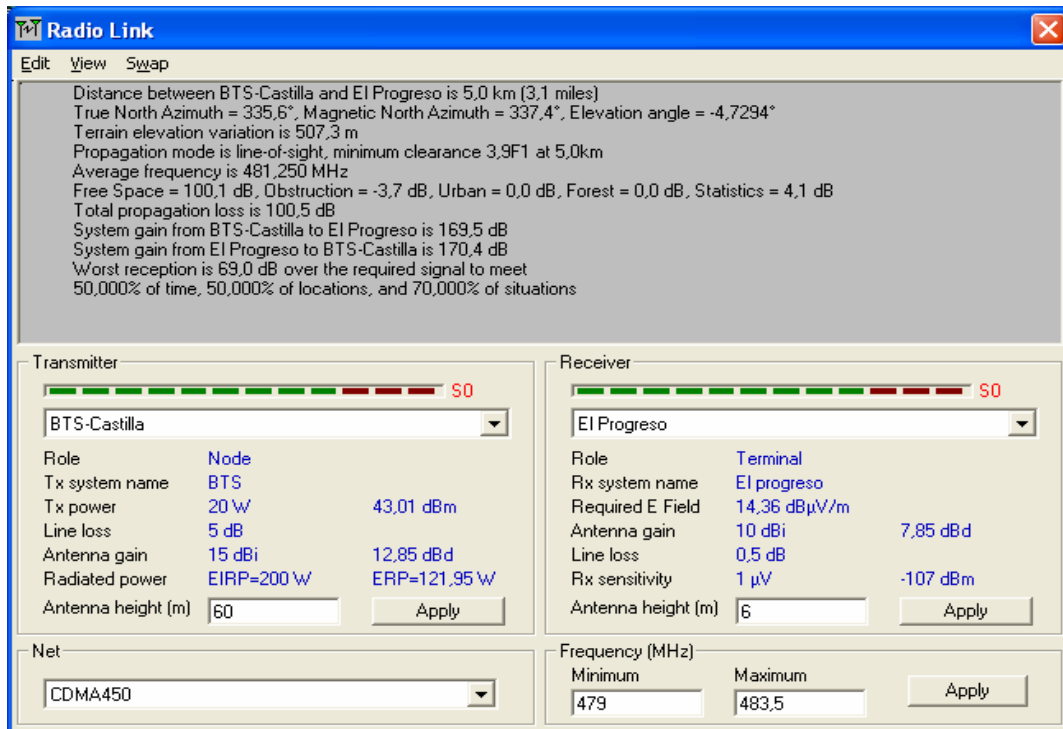


Figura 4. 13 Resultados del Radio enlace Castilla – El Progreso.

➤ **Gualea:**

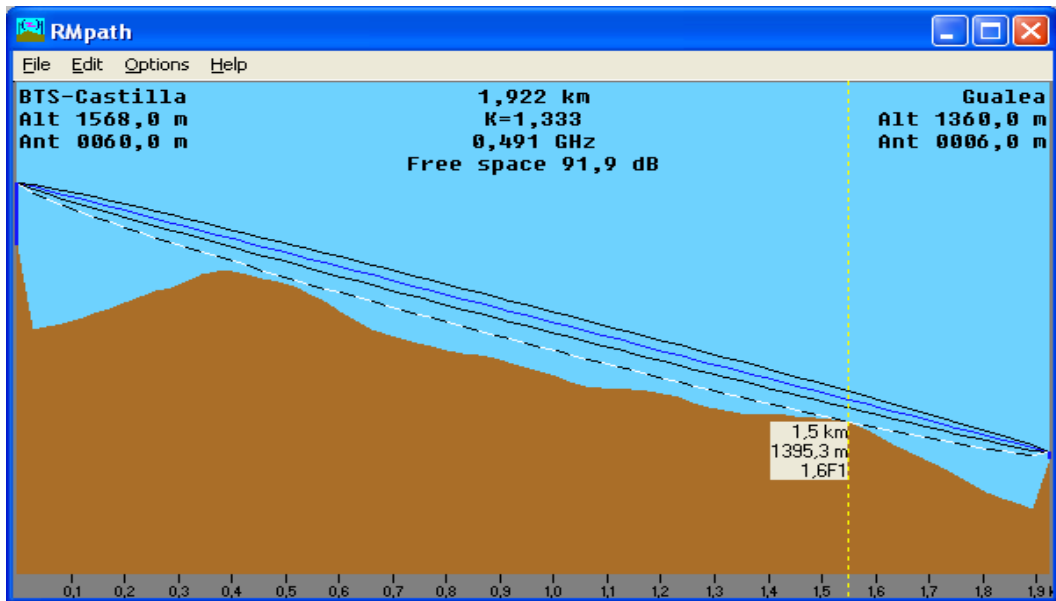


Figura 4. 14 Perfil Topográfico Castilla – Gualea.

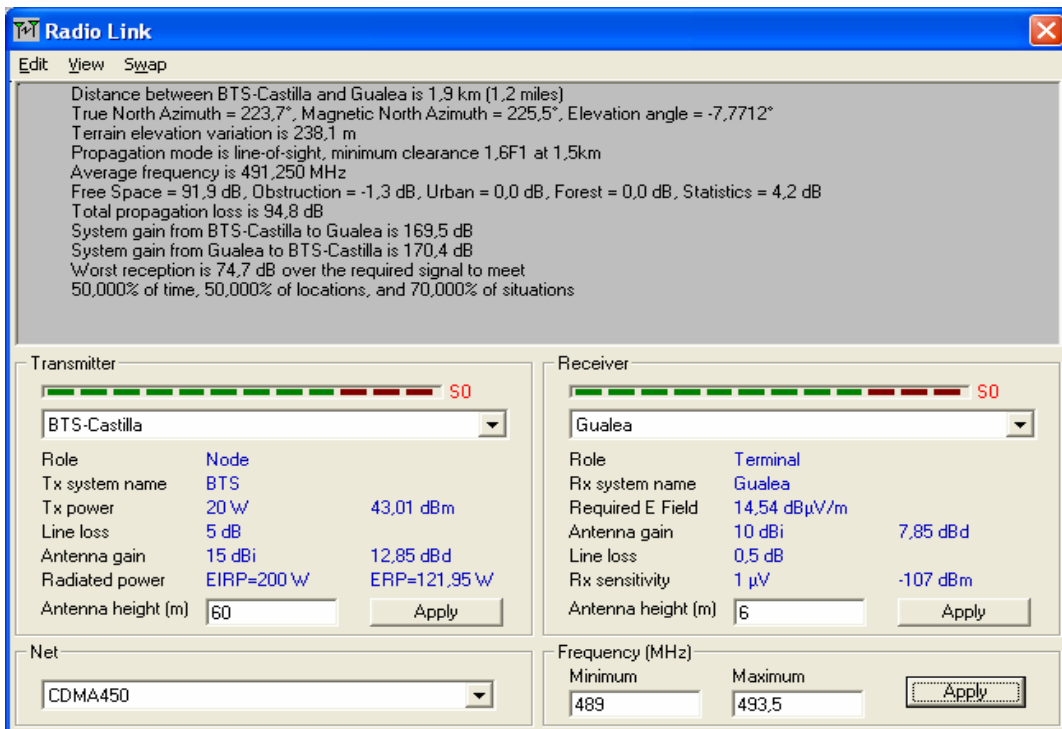


Figura 4. 15 Resultados del Radio enlace Castilla – Gualea.

➤ **Gualea Cruz:**

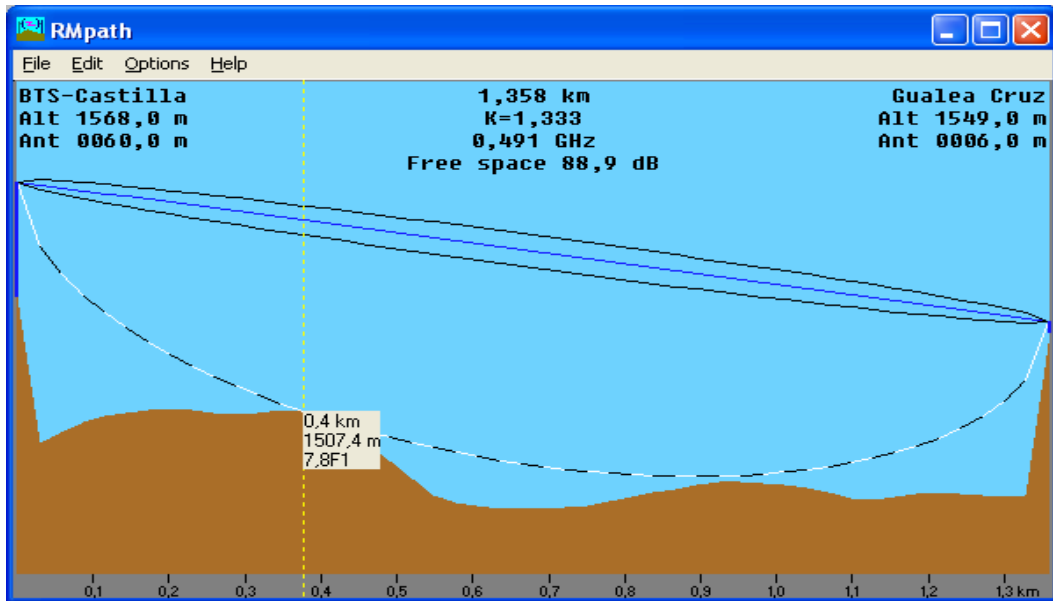


Figura 4. 16 Perfil Topográfico Castilla – Gualea Cruz.

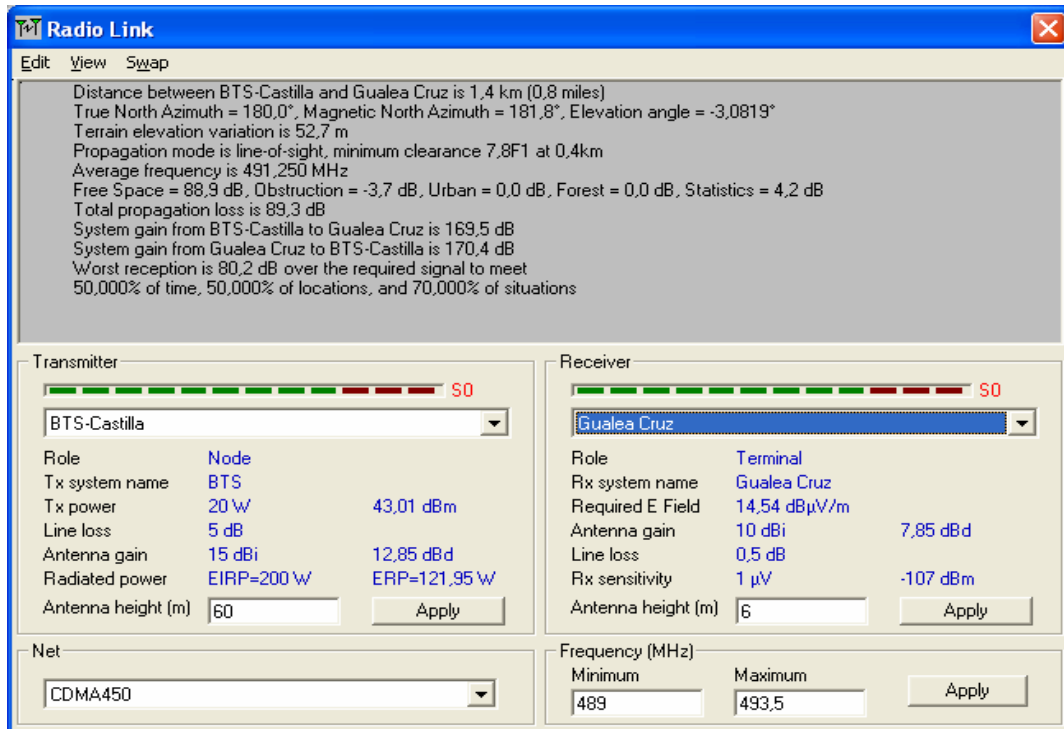


Figura 4. 17 Resultados del Radio enlace Castilla - Gualea Cruz.

➤ Ingapi:

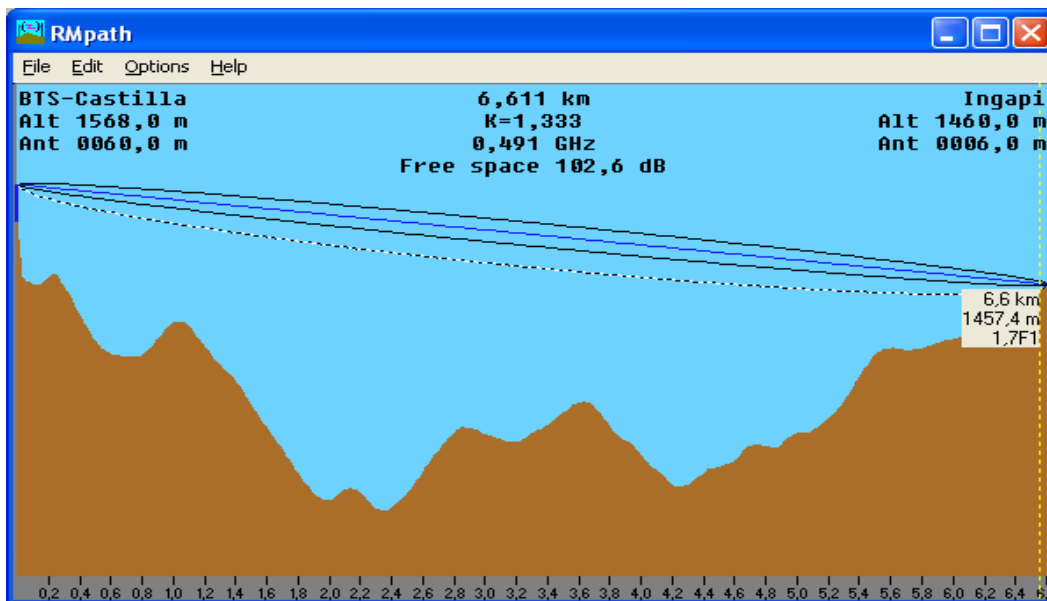


Figura 4. 18 Perfil Topográfico Castilla – Ingapi.

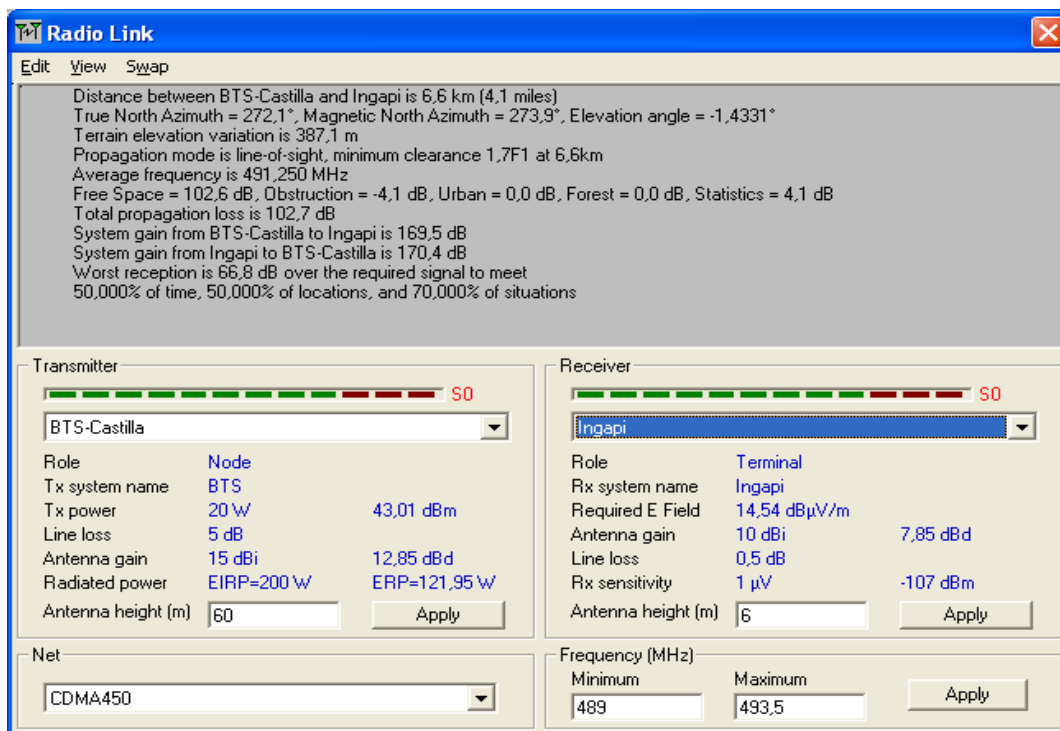


Figura 4. 19 Resultados del Radio enlace Castilla – Ingapi.

➤ La Armenia:

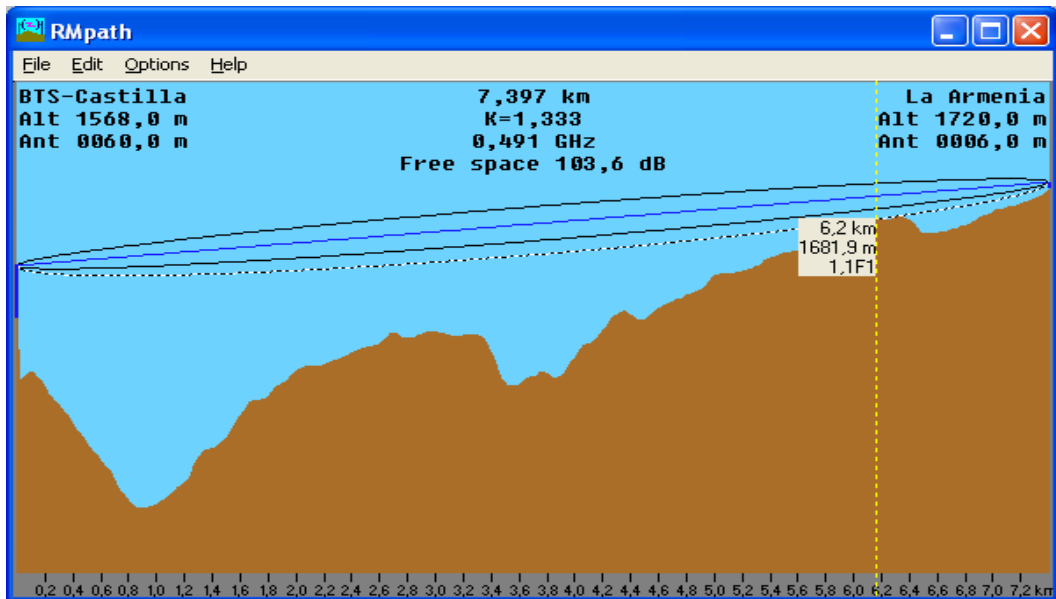


Figura 4. 20 Perfil Topográfico Castilla – La Armenia.

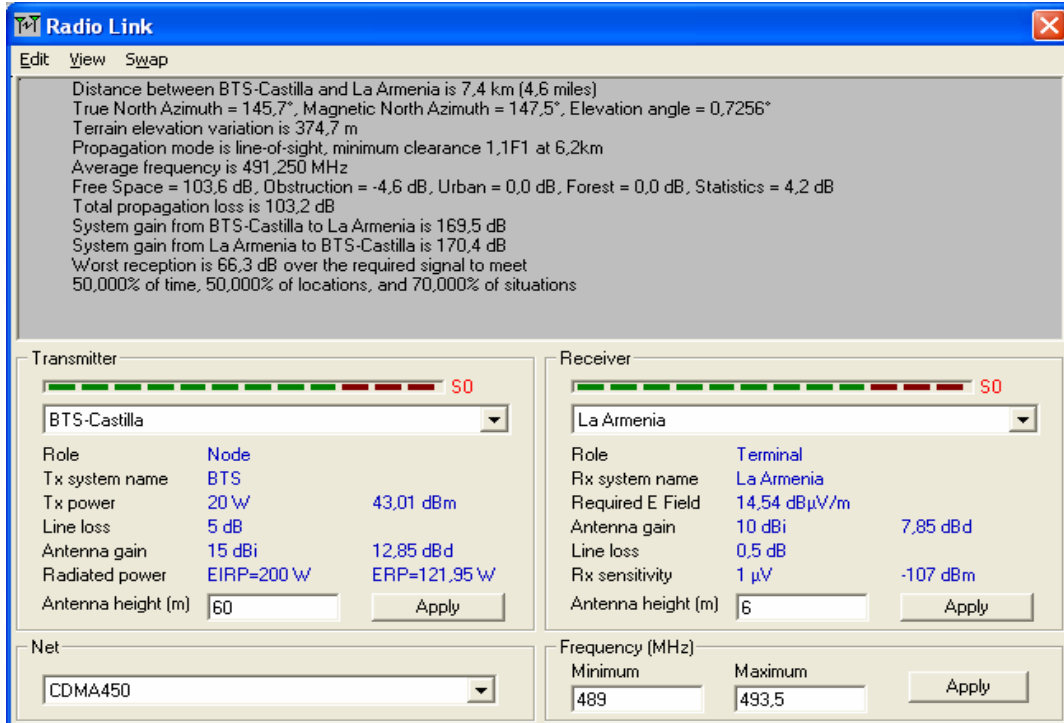


Figura 4. 21 Resultados del Radio enlace Castilla – La Armenia.

► La Delicia:

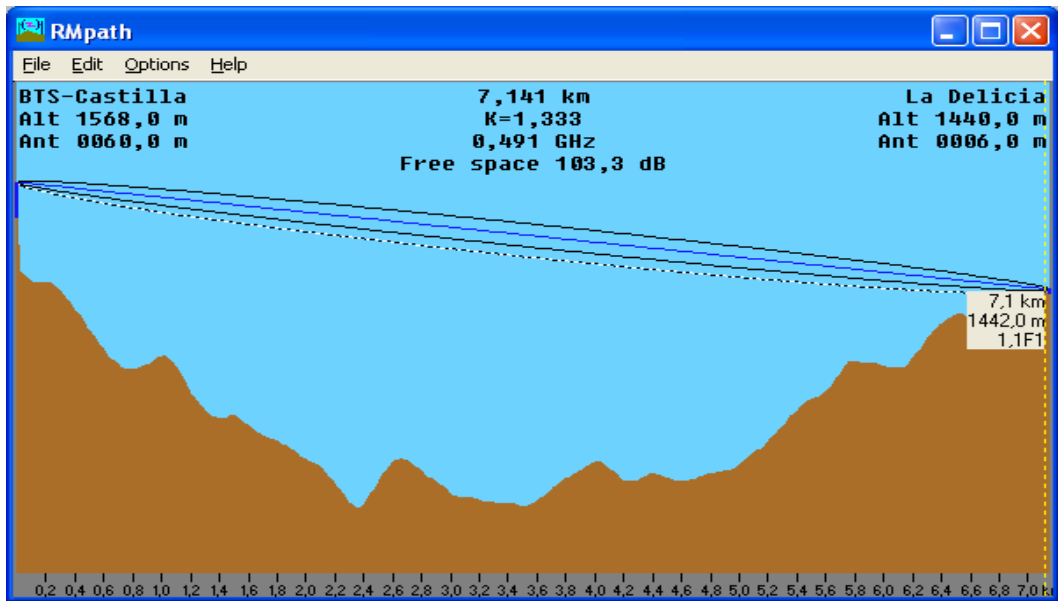


Figura 4. 22 Perfil Topográfico Castilla – La Delicia

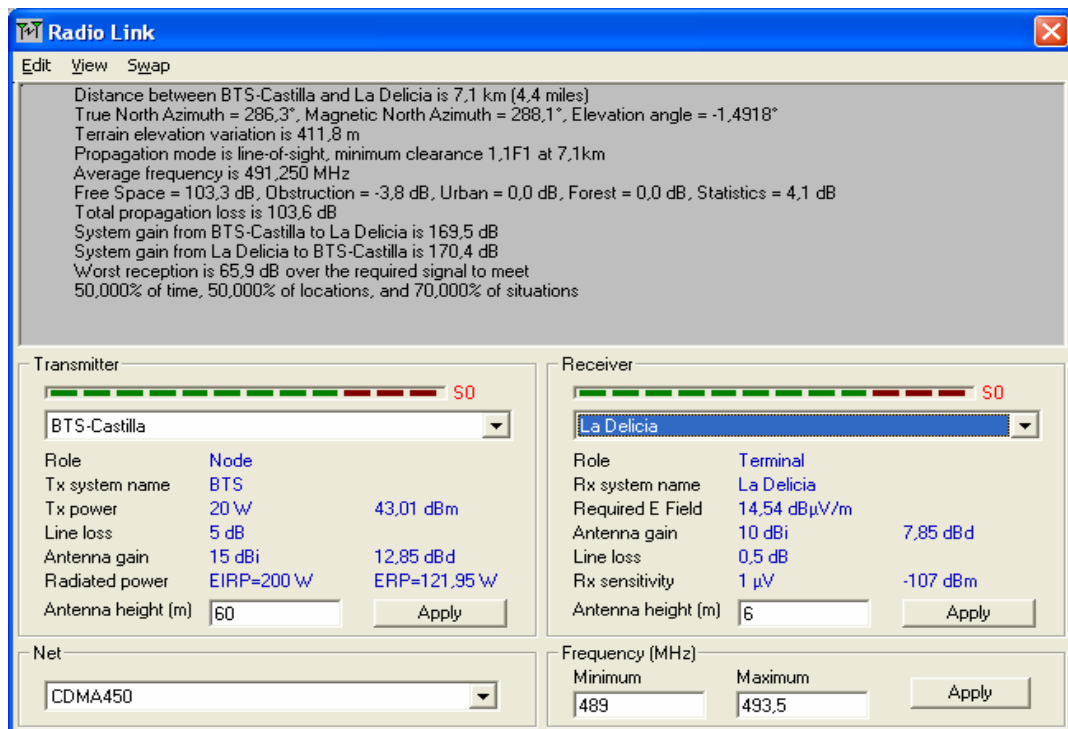


Figura 4. 23 Resultados del Radio enlace Castilla – La Delicia

➤ La Perla:

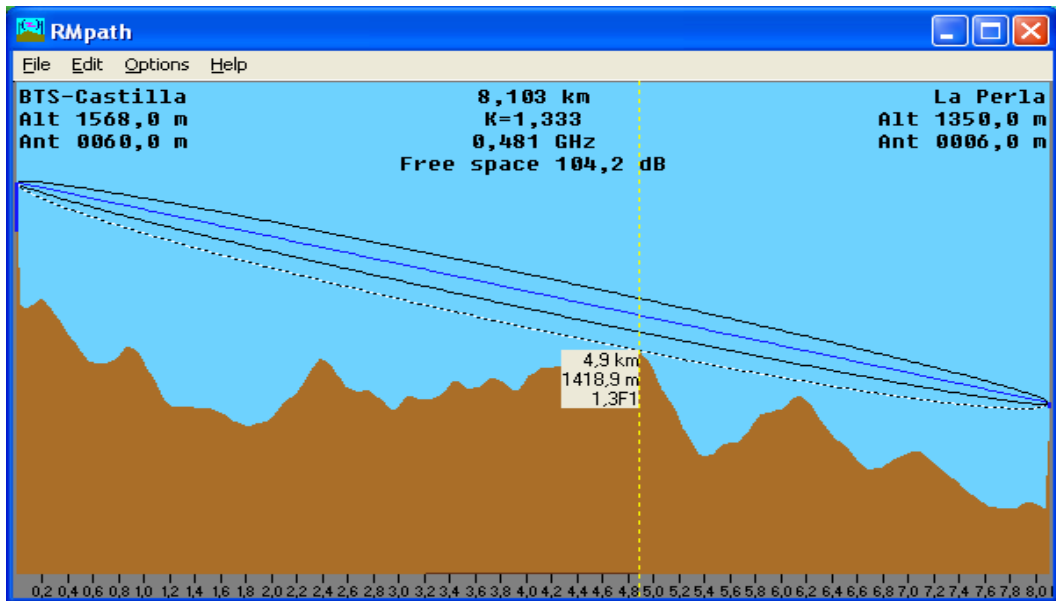


Figura 4. 24 Perfil Topográfico Castilla – La Perla

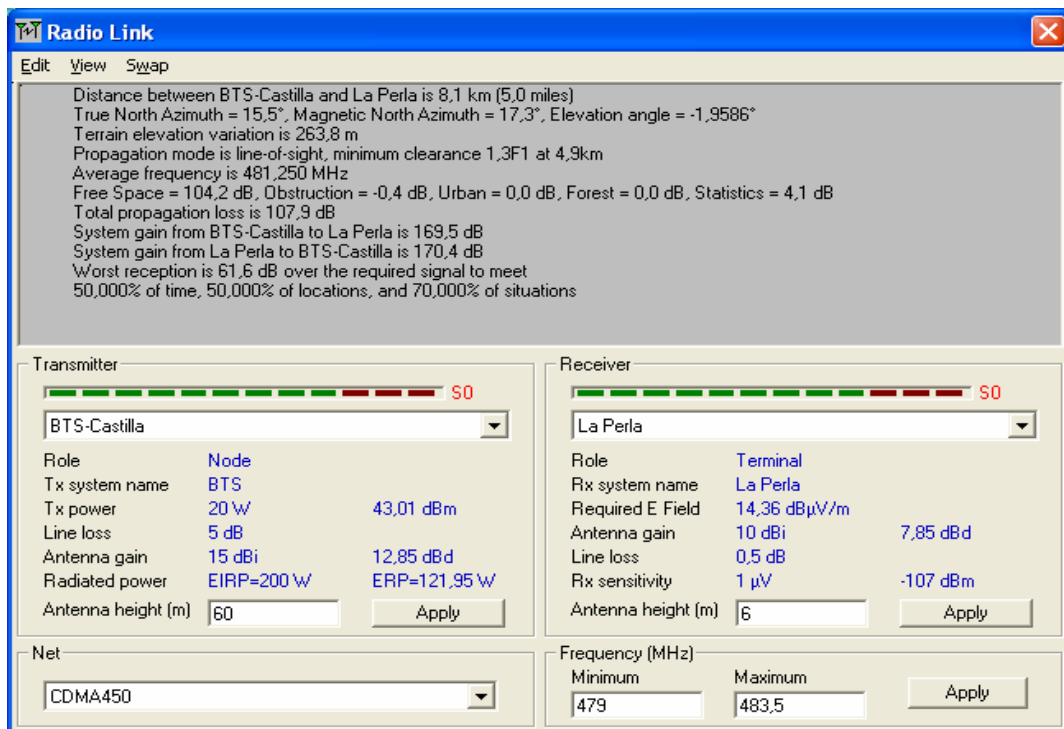


Figura 4. 25 Resultados del Radio enlace Castilla – La Perla.

➤ **La Victoria:**

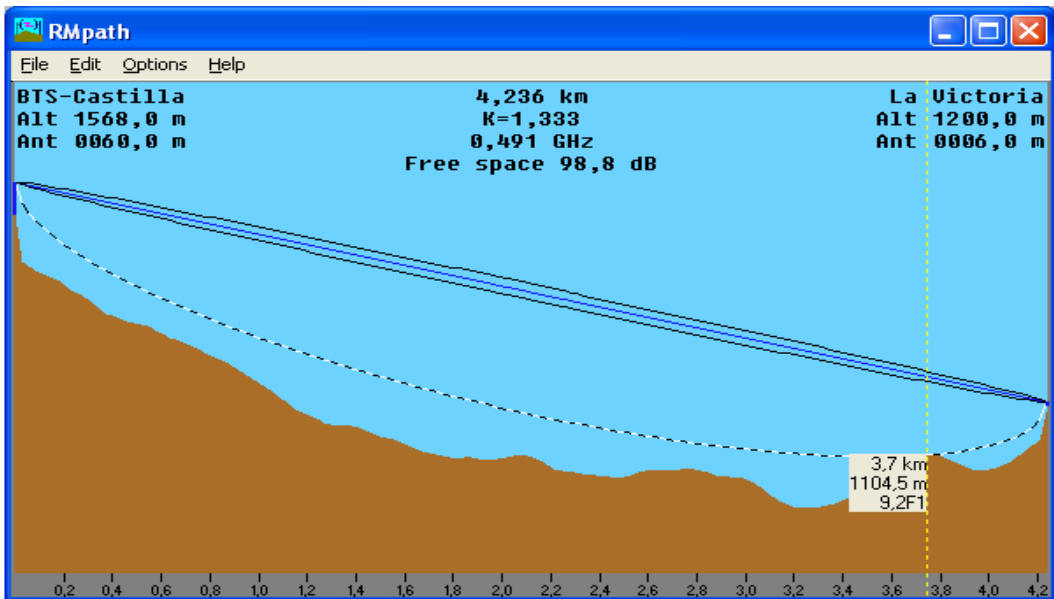


Figura 4. 26 Perfil Topográfico Castilla – La Victoria.

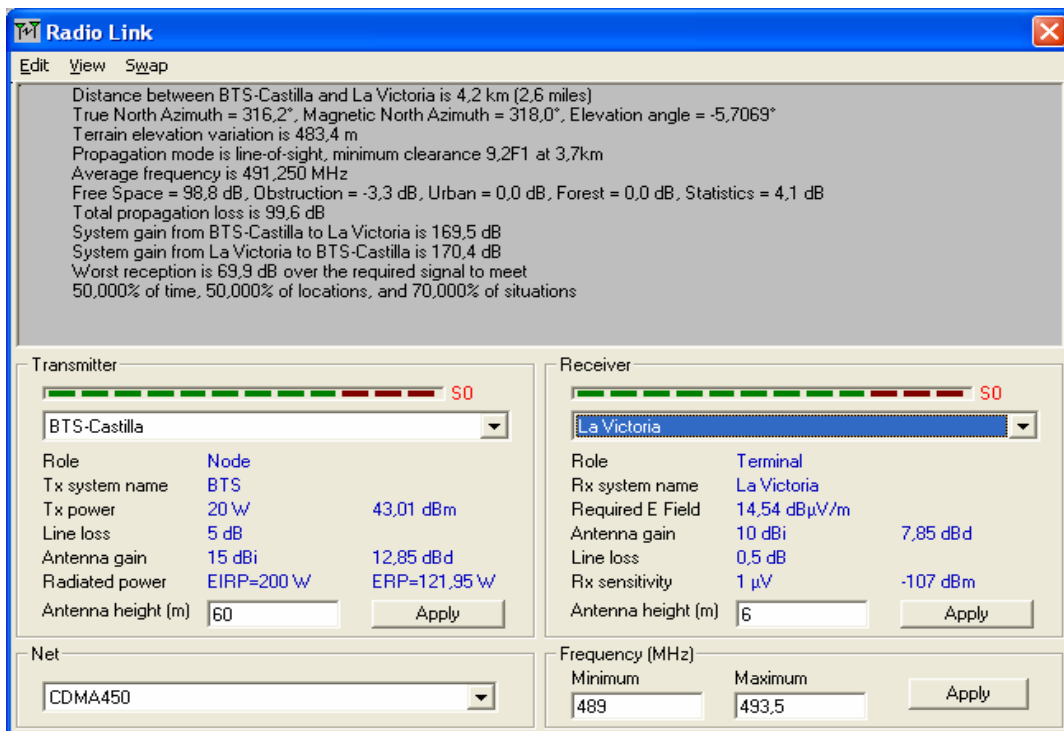


Figura 4. 27 Resultados del Radio enlace Castilla – La Victoria.

➤ Las Tolas:

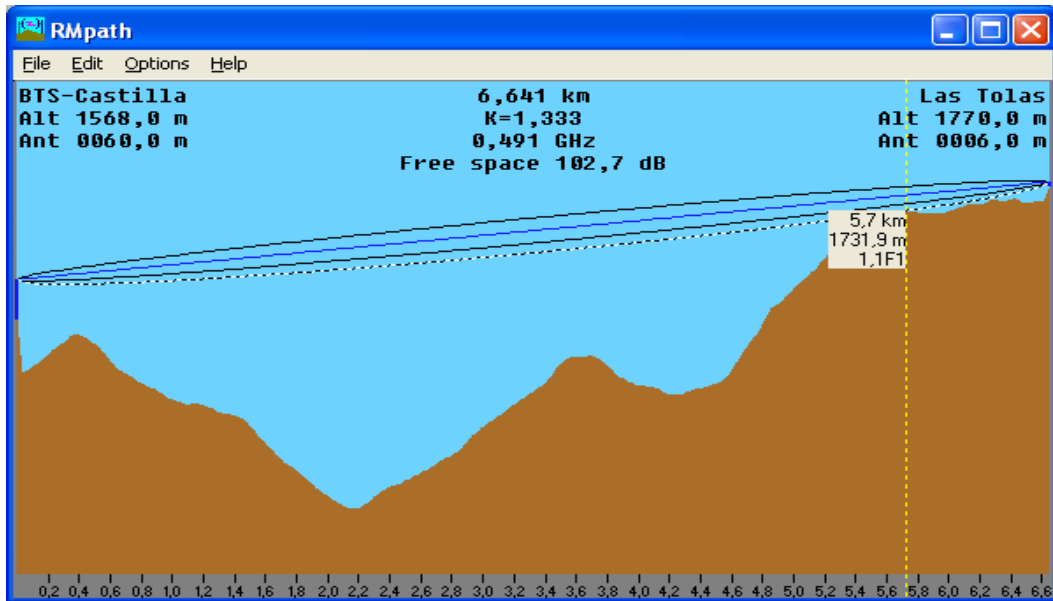


Figura 4. 28 Perfil Topográfico Castilla – Las Tolas.

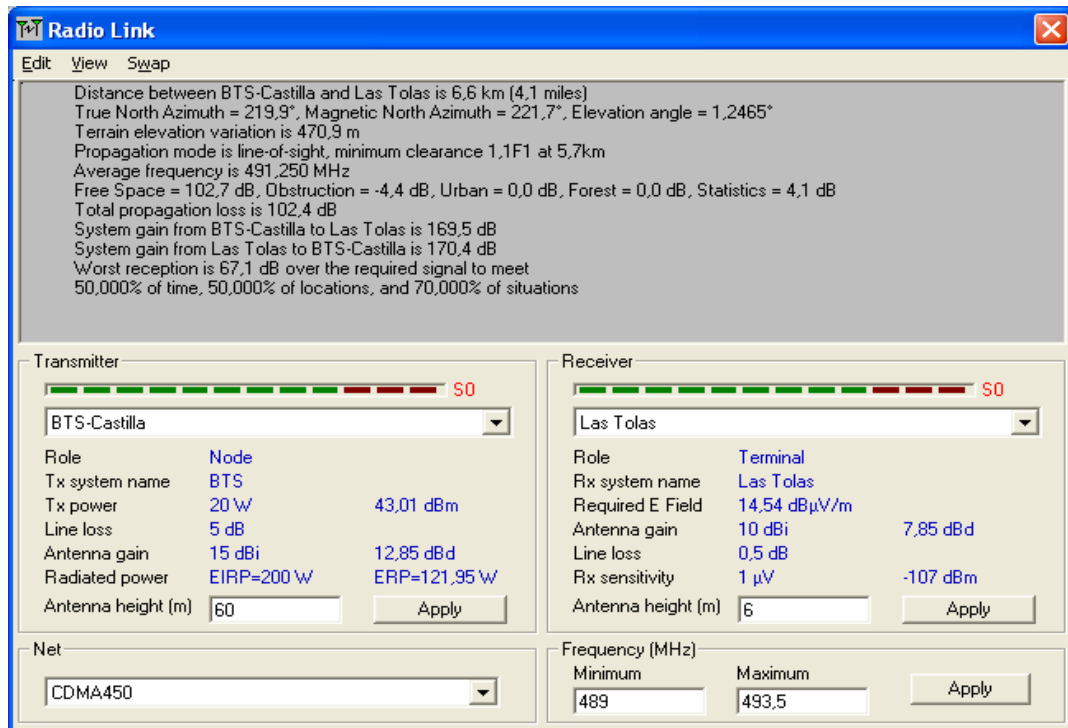


Figura 4. 29 Resultados del Radio enlace Castilla – Las Tolas.

► **Pacto:**

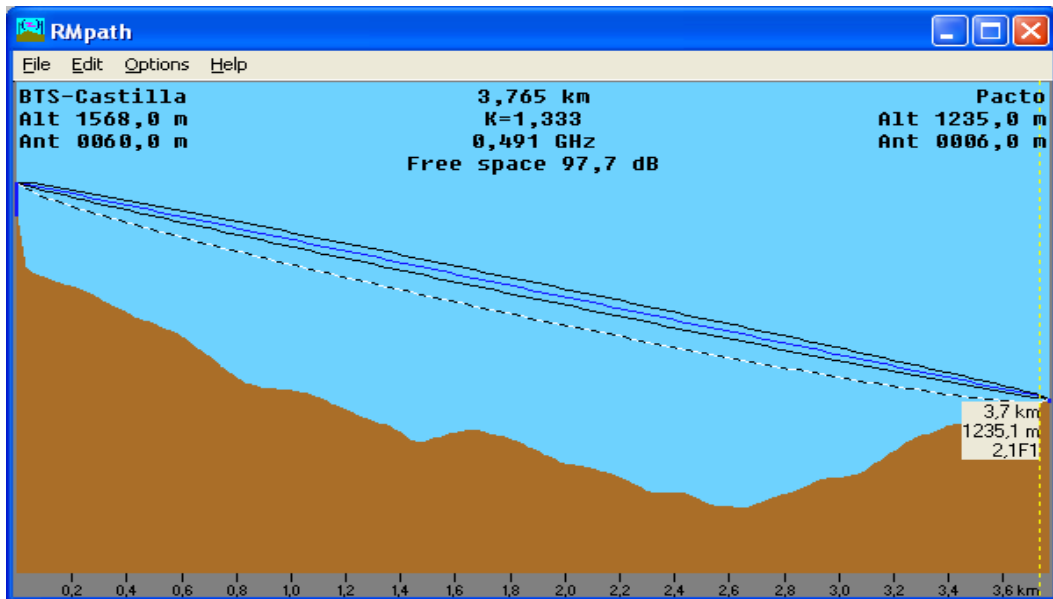


Figura 4. 30 Perfil Topográfico Castilla – Pacto.

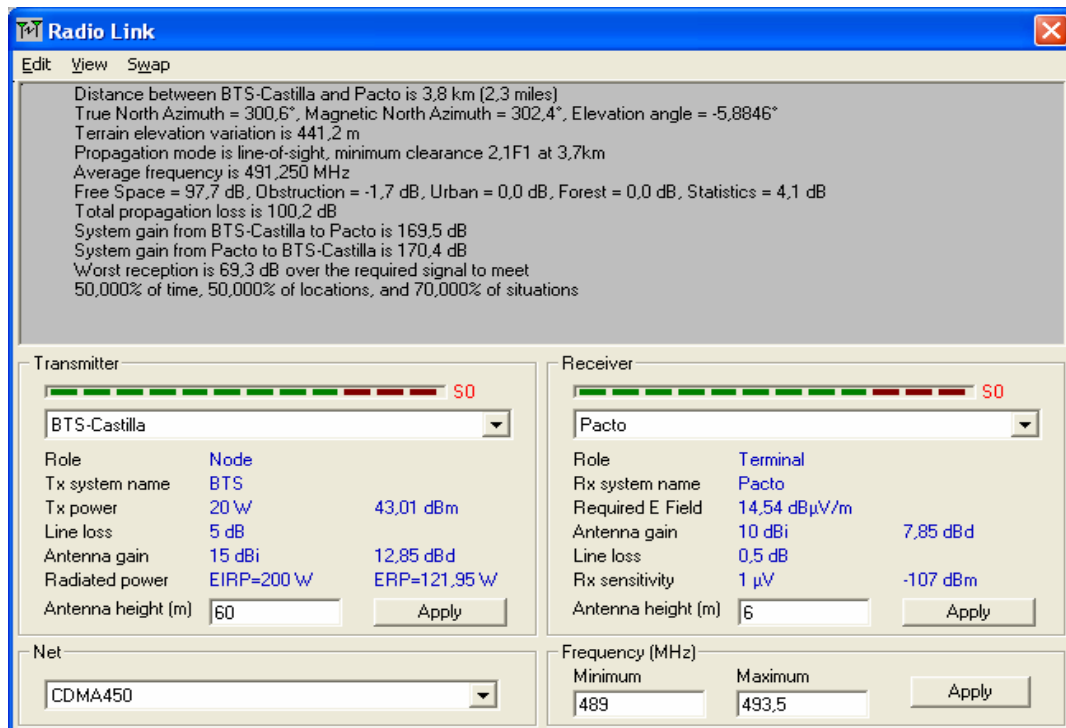


Figura 4. 31 Resultados del Radio enlace Castilla – Pacto.

➤ **Pacto Loma:**

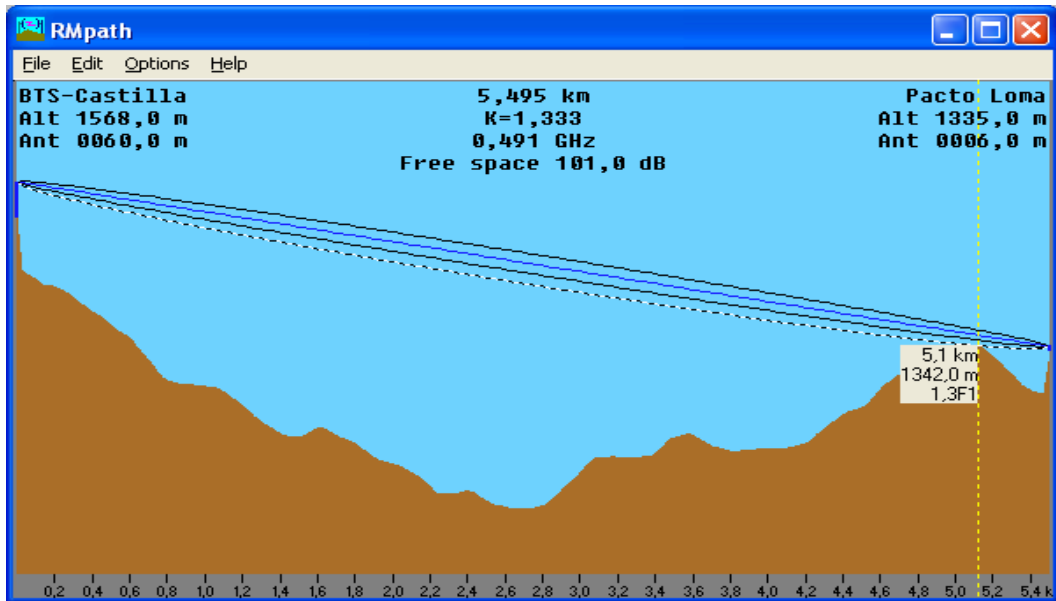


Figura 4. 32 Perfil Topográfico Castilla – Pacto Loma.

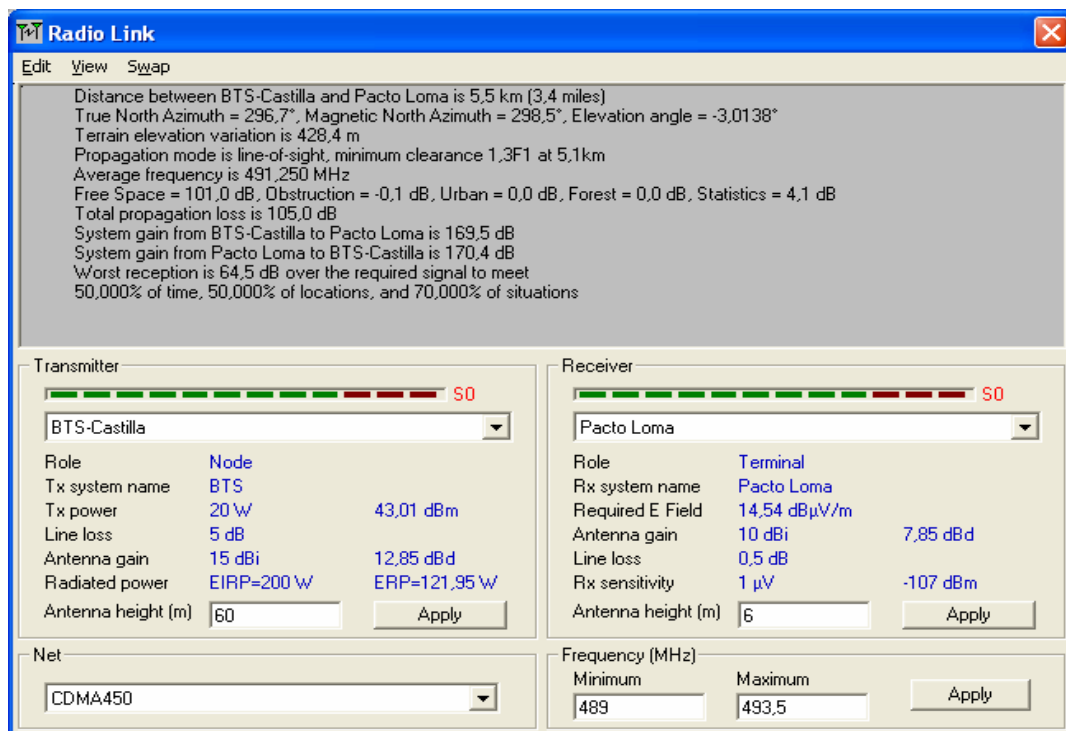


Figura 4. 33 Resultados del Radio enlace Castilla – Pacto Loma.

➤ Palmitopamba:

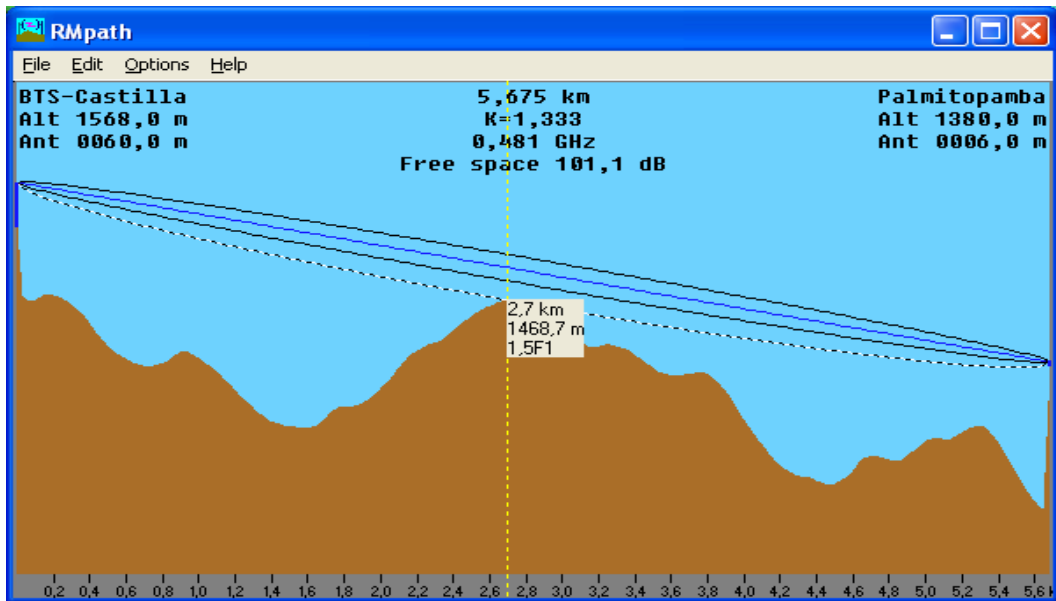


Figura 4. 34 Perfil Topográfico Castilla – Palmitopamba.

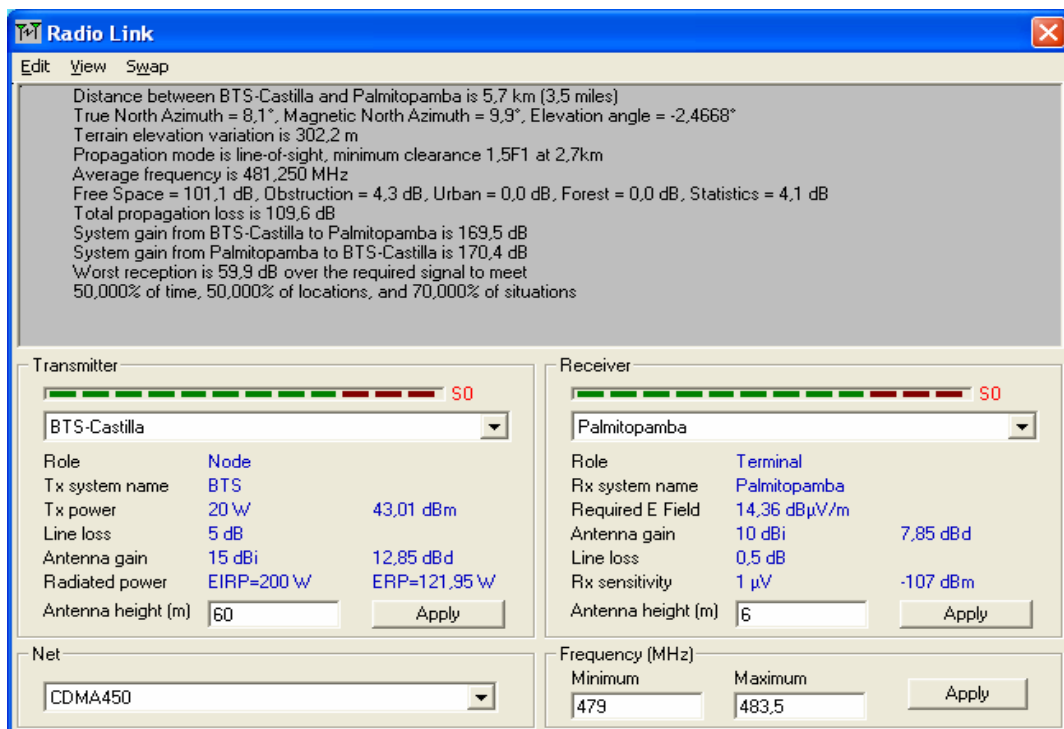


Figura 4. 35 Resultados del Radio enlace Castilla – Palmitopamba.

► **Santa Elena:**

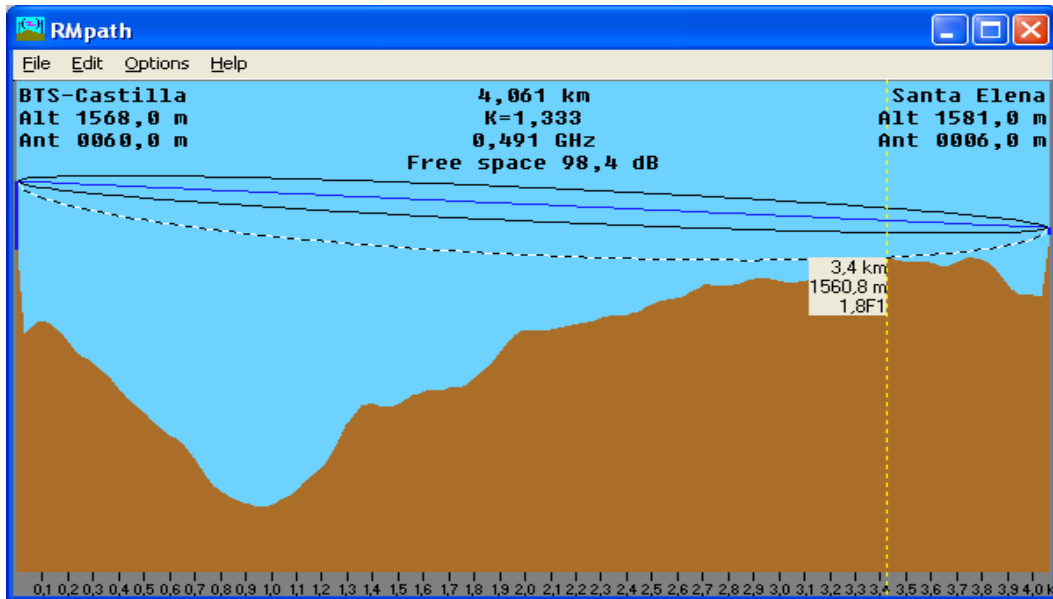


Figura 4. 36 Perfil Topográfico Castilla – Santa Elena.

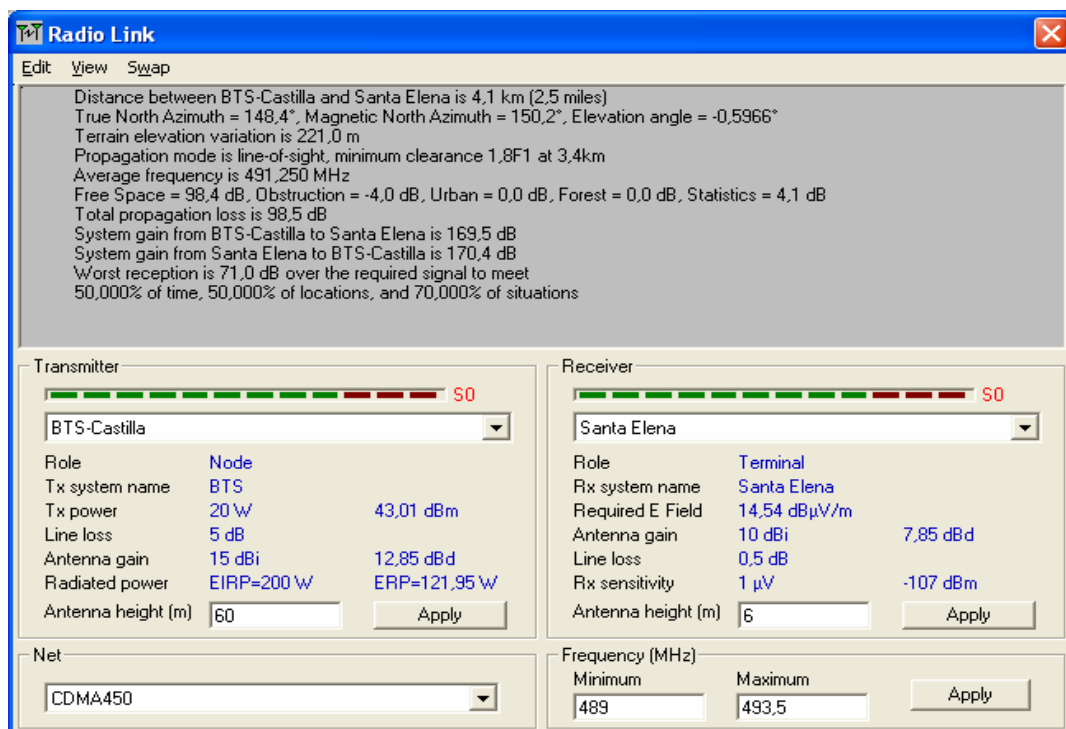


Figura 4. 37 Resultados del Radio enlace Castilla – Santa Elena.

► **Santa Teresa:**

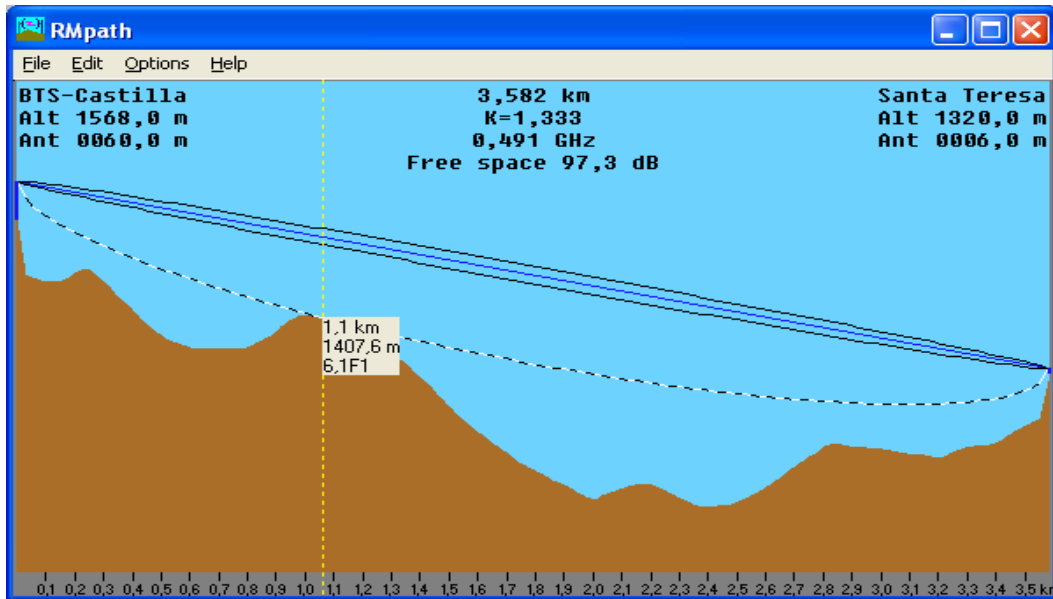


Figura 4. 38 Perfil Topográfico Castilla – Santa Teresa.

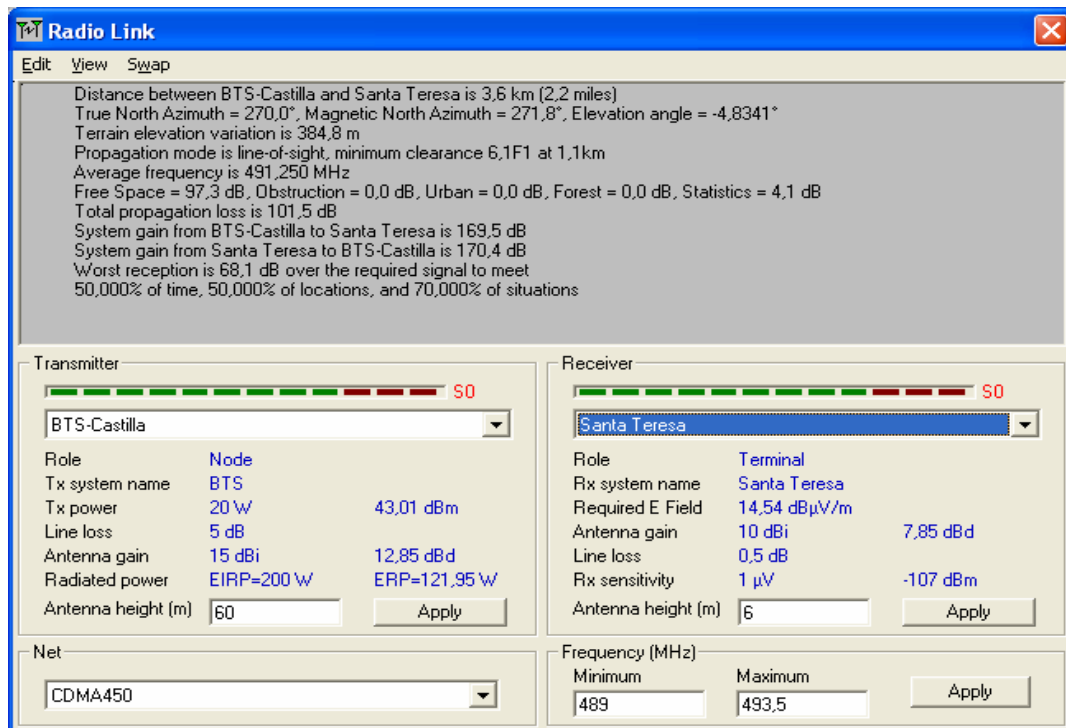


Figura 4. 39 Resultados del Radio enlace Castilla – Santa Teresa.

► San Francisco:

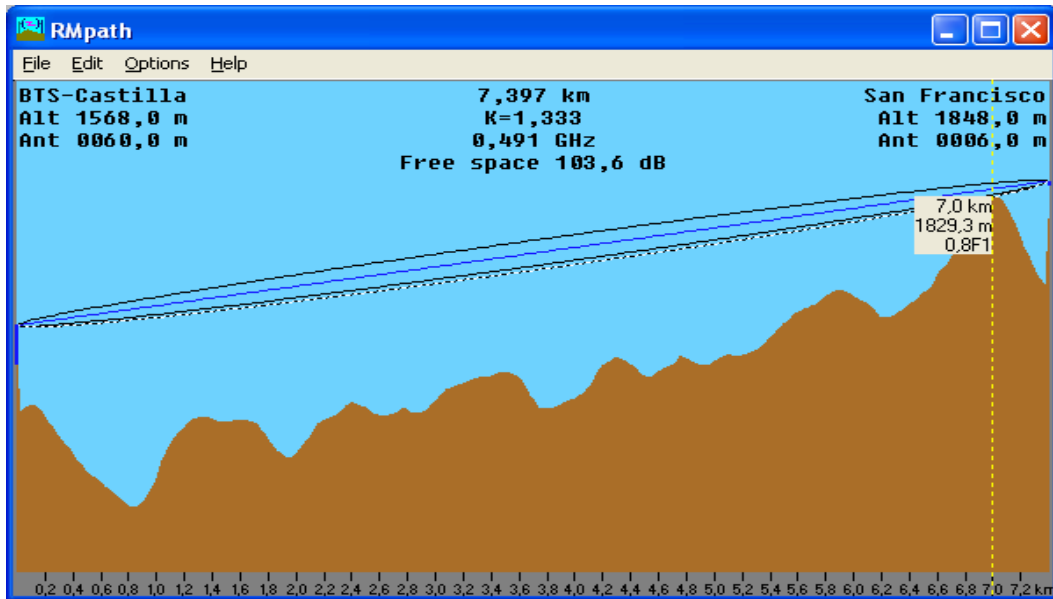


Figura 4. 40 Perfil Topográfico Castilla – San Francisco.

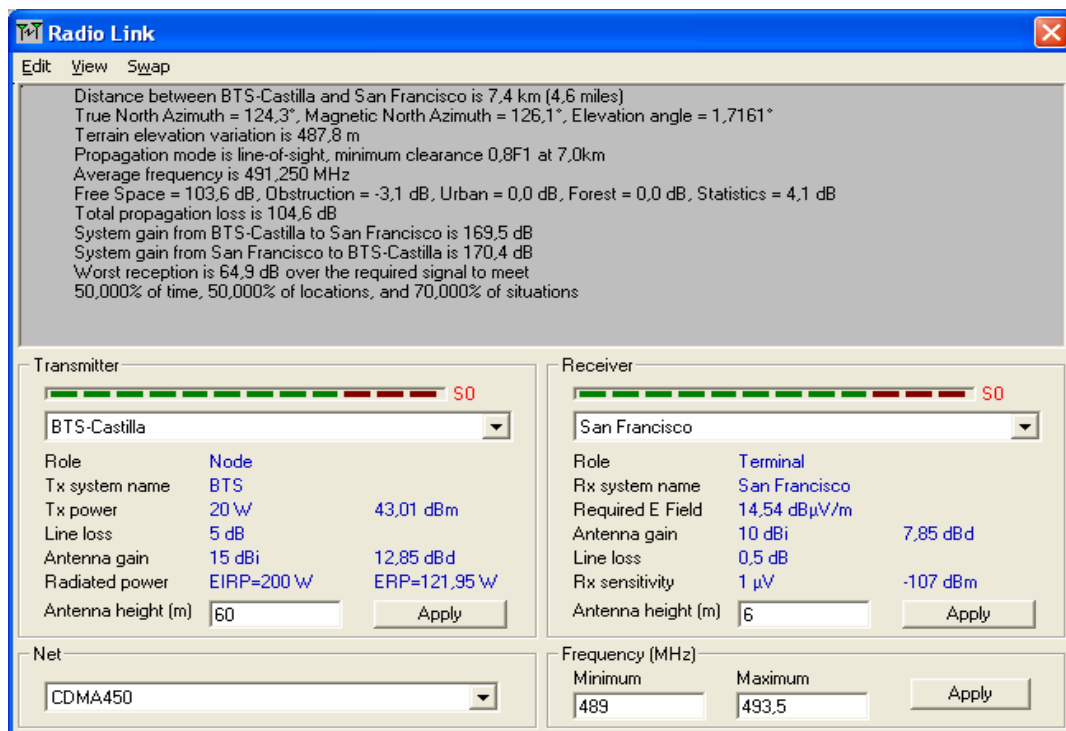


Figura 4. 41 Resultados del Radio enlace Castilla – San Francisco.

► Tulipe:

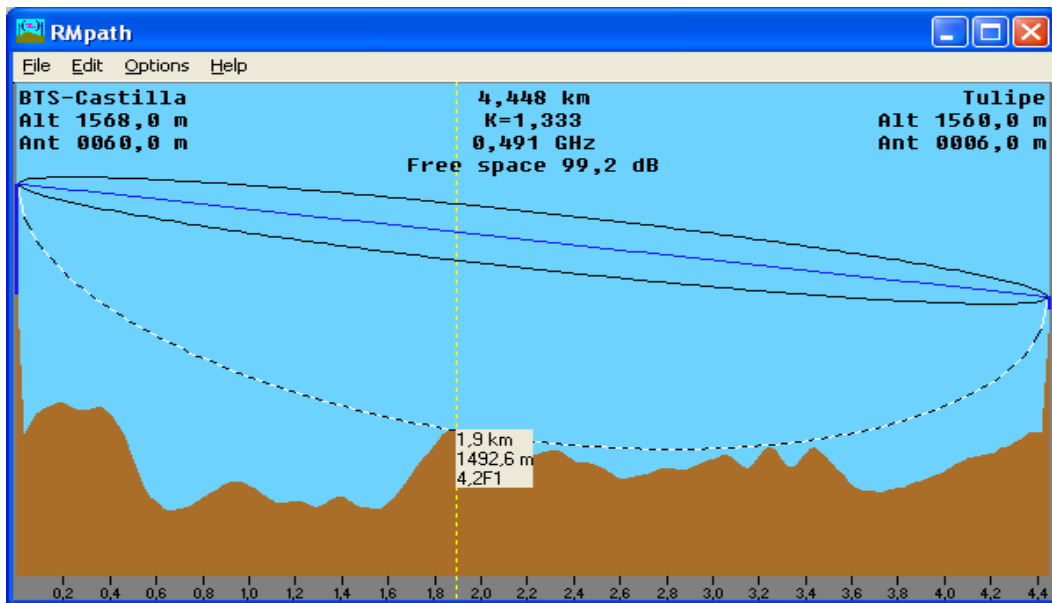


Figura 4. 42 Perfil Topográfico Castilla – Tulipe.

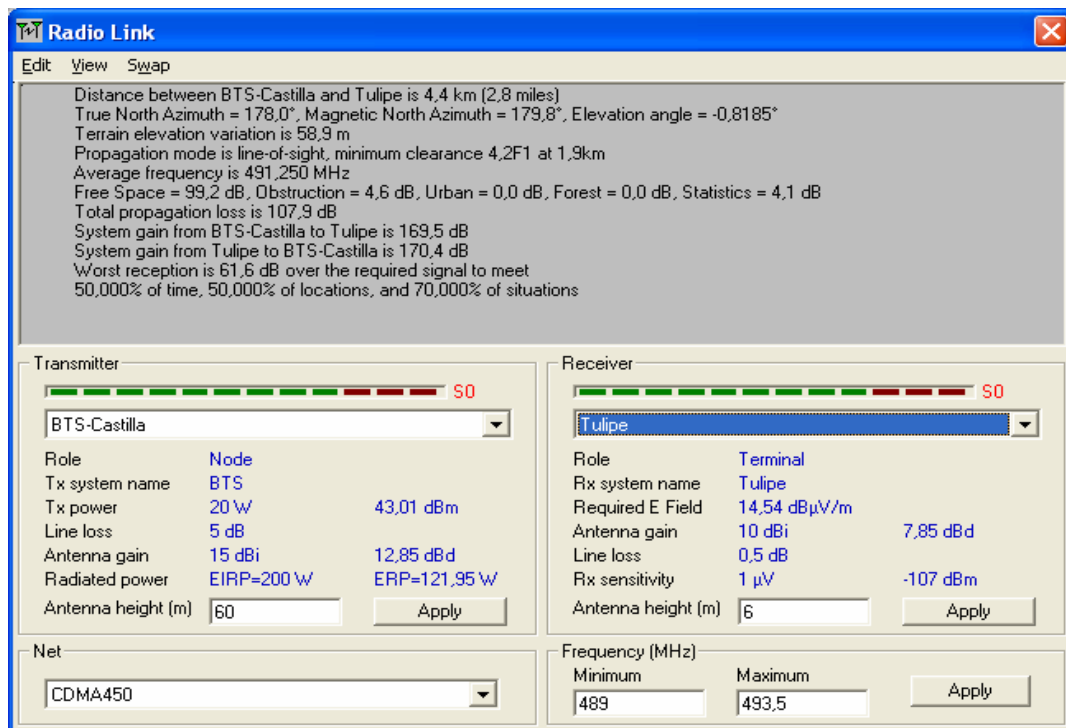


Figura 4. 43 Resultados del Radio enlace Castilla – Tulipe.

Otros parámetros importantes que permiten determinar el estado del radio enlace son ^[43]:

- ✦ La potencia de recepción.
- ✦ El margen de desvanecimiento (MD), y
- ✦ La confiabilidad del enlace (C).

El nivel de potencia recibida se puede calcular mediante:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_O - L_F - L_{OTRAS} \quad (6)$$

P_{RX} = Potencia de Recepción.

P_{TX} = Potencia de Transmisión.

G_{TX} = Ganancia de la antena de transmisión.

G_{RX} = Ganancia de la antena de recepción.

L_O = Pérdidas por espacio libre.

L_{FA} = Pérdidas por los alimentadores (feeders).

L_{OTRAS} = Otras pérdidas.

El margen de desvanecimiento está dado por:

$$MD = P_{RX} - S \quad (7)$$

Donde:

P_{RX} = Potencia de Recepción.

S = Sensibilidad del equipo receptor.

Una vez determinado el margen de desvanecimiento, se calcula la *confiabilidad del enlace* (C) como porcentaje del tiempo durante el cual la señal que llega al receptor se mantiene sobre los límites mínimos aceptables para que la señal sea perceptible. Según el algoritmo de Barnett & Vigants, la ecuación de confiabilidad es:

$$C_{\%} = [1 - 0.61 * 10^{-6} * a * b * f_{(GHz)} * d^3_{(Km)} * 10^{-MD/10}] * 100 \quad (8)$$

Donde a y b pueden variar de acuerdo a tipo de terreno o zona climática (ver la Tabla 4.9)

| Valor de a | Descripción | Valor de b | Descripción |
|------------|-------------------|------------|-------------|
| 4 | Terreno plano | 0,5 | Costa |
| 1 | Terreno promedio | 0,25 | Intermedio |
| 0,25 | Terreno montañoso | 0,125 | Montañoso |

Tabla 4. 9. Valores de a y b para determinar la confiabilidad.

Para realizar el cálculo de esto tres parámetros finales del radio enlace se deben recordar las consideraciones tomadas en cuenta para los perfiles topográficos, y para la confiabilidad se utilizará los valores promedios de 0.25 para **a** y de 0.25 para **b** para zona noroccidental del cantón Quito. En base a estos parámetros se ha obtenido los siguientes resultados:

Tabla 4. 10 Valores del Margen de Desvanecimiento y Confiabilidad del Enlace Directo

| ENLACE | DISTANCIAS [Km.] | PÉRDIDAS DE PROPAGACIÓN TOTALES [dB] | POTENCIA DE RECEPCIÓN [dB] | MD [dB] | C % |
|--------------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------------|---------|--------|
| Castilla - Buenos Aires | 5,99 | 107,40 | -89,39 | 68,61 | 100,00 |
| Castilla - Cartagena | 3,92 | 100,50 | -82,49 | 75,51 | 100,00 |
| Castilla - El Paraíso | 6,90 | 107,30 | -89,29 | 68,71 | 100,00 |
| Castilla - El Porvenir | 2,71 | 102,60 | -84,59 | 73,41 | 100,00 |
| Castilla - El Progreso | 5,02 | 100,50 | -82,49 | 75,51 | 100,00 |
| Castilla - Gualea | 1,92 | 94,80 | -76,79 | 81,21 | 100,00 |
| Castilla - Gualea Cruz | 1,36 | 89,30 | -71,29 | 86,71 | 100,00 |
| Castilla - Ingapi | 6,61 | 102,70 | -84,69 | 73,31 | 100,00 |
| Castilla - La Armenia | 7,40 | 103,20 | -85,19 | 72,81 | 100,00 |
| Castilla - La Delicia | 7,14 | 103,60 | -85,59 | 72,41 | 100,00 |
| Castilla - La Perla | 8,10 | 107,90 | -89,89 | 68,11 | 100,00 |
| Castilla - La Victoria | 4,24 | 99,60 | -81,59 | 76,41 | 100,00 |
| Castilla - Las Tolas | 6,64 | 102,40 | -84,39 | 73,61 | 100,00 |
| Castilla - Pacto | 3,77 | 100,20 | -82,19 | 75,81 | 100,00 |
| Castilla - Pacto Loma | 5,50 | 105,00 | -86,99 | 71,01 | 100,00 |
| Castilla - Palmitopamba | 5,67 | 109,60 | -91,59 | 66,41 | 100,00 |
| Castilla - San Francisco | 4,06 | 98,50 | -80,49 | 77,51 | 100,00 |
| Castilla - Santa Elena | 3,58 | 101,50 | -83,49 | 74,51 | 100,00 |

| | | | | | |
|-------------------------|------|--------|--------|-------|--------|
| Castilla - Santa Teresa | 7,40 | 104,60 | -86,59 | 71,41 | 100,00 |
| Castilla - Tulipe | 4,45 | 107,90 | -89,89 | 68,11 | 100,00 |

Tabla 4. 11 Valores del Margen de Desvanecimiento y Confiabilidad del Enlace Reverso.

| ENLACE | DISTANCIAS [Km.] | PÉRDIDAS DE PROPAGACIÓN TOTALES [dB] | POTENCIA DE RECEPCIÓN [dB] | MD [dB] | C % |
|--------------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------------|---------|--------|
| Castilla - Buenos Aires | 5,99 | 107,40 | -89,39 | 68,61 | 100,00 |
| Castilla - Cartagena | 3,92 | 104,20 | -86,19 | 71,81 | 100,00 |
| Castilla - El Paraíso | 6,90 | 107,30 | -89,29 | 68,71 | 100,00 |
| Castilla - El Porvenir | 2,71 | 106,00 | -87,99 | 70,01 | 100,00 |
| Castilla - El Progreso | 5,02 | 100,50 | -82,49 | 75,51 | 100,00 |
| Castilla - Gualea | 1,92 | 95,60 | -77,59 | 80,41 | 100,00 |
| Castilla - Gualea Cruz | 1,36 | 92,00 | -73,99 | 84,01 | 100,00 |
| Castilla - Ingapi | 6,61 | 103,70 | -85,69 | 72,31 | 100,00 |
| Castilla - La Armenia | 7,40 | 103,00 | -84,99 | 73,01 | 100,00 |
| Castilla - La Delicia | 7,14 | 103,60 | -85,59 | 72,41 | 100,00 |
| Castilla - La Perla | 8,10 | 107,90 | -89,89 | 68,11 | 100,00 |
| Castilla - La Victoria | 4,24 | 106,90 | -88,89 | 69,11 | 100,00 |
| Castilla - Las Tolas | 6,64 | 102,10 | -84,09 | 73,91 | 100,00 |
| Castilla - Pacto | 3,77 | 98,80 | -80,79 | 77,21 | 100,00 |
| Castilla - Pacto Loma | 5,50 | 106,00 | -87,99 | 70,01 | 100,00 |
| Castilla - Palmitopamba | 5,67 | 109,60 | -91,59 | 66,41 | 100,00 |
| Castilla - San Francisco | 4,06 | 102,40 | -84,39 | 73,61 | 100,00 |
| Castilla - Santa Elena | 3,58 | 97,60 | -79,59 | 78,41 | 100,00 |
| Castilla - Santa Teresa | 7,40 | 104,50 | -86,49 | 71,51 | 100,00 |
| Castilla - Tulipe | 4,45 | 99,50 | -81,49 | 76,51 | 100,00 |

4.5 DISTRIBUCIÓN DE RADIO BASES EN EL PLANO

En esta etapa de planificación de la red se prosigue al análisis del terreno donde serán ubicados los equipos; como ya se indicó anteriormente la estación base será situada en Castilla donde ANDINATEL S.A. tiene ya montada una torre de 60 m de altura.

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 4.45).



Figura 4. 44 Cuarto de Equipos de ANDINATEL S.A. en la localidad de Castilla

En este sitio también está instalada una estación base de telefónica móvil de la empresa Porta, la misma que no presentará ningún tipo de interferencia en el sistema CDMA450 (ver la Figura 4.46).



Figura 4. 45 Torre de Transmisión de ANDINATEL S.A. en la localidad de Castilla.

En el Anexo D se presentan los mapas de la zona noroccidental del cantón Quito, donde se podrá observar la cobertura del sistema CDMA 450. También se presenta la simulación de la cobertura y una imagen en 3D de la misma, que permitirá tener una mejor idea del funcionamiento óptimo de todo el sistema CDMA450.

4.6 PLAN DE NUMERACIÓN.

La red CDMA450 WLL diseñada para la zona Noroccidental del Cantón Quito requiere la asignación aproximada de 3033 nuevos números telefónicos, por tal razón y en base a los datos de capacidad de las centrales telefónicas de ANDINATEL S.A. (ver Anexo E), se plantea la alternativa de la Central Telefónica a la cuál se interconectaría el sistema CDMA 450, la cual es:

| Nombre de la Central | Serie Asignada | Capacidad | Provincia o Ciudad |
|-----------------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|
| NGN Softswitch Quito 1 | 3 800 000 - 3 830 099 | 30 100 | Quito |

La Central NGN Softswitch Quito 1 ubicada en la Estación Terrena de ANDINATEL S.A. 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 Softswitch de la esta central. A continuación se muestra en su totalidad la estructura del sistema CDMA 450 WLL.

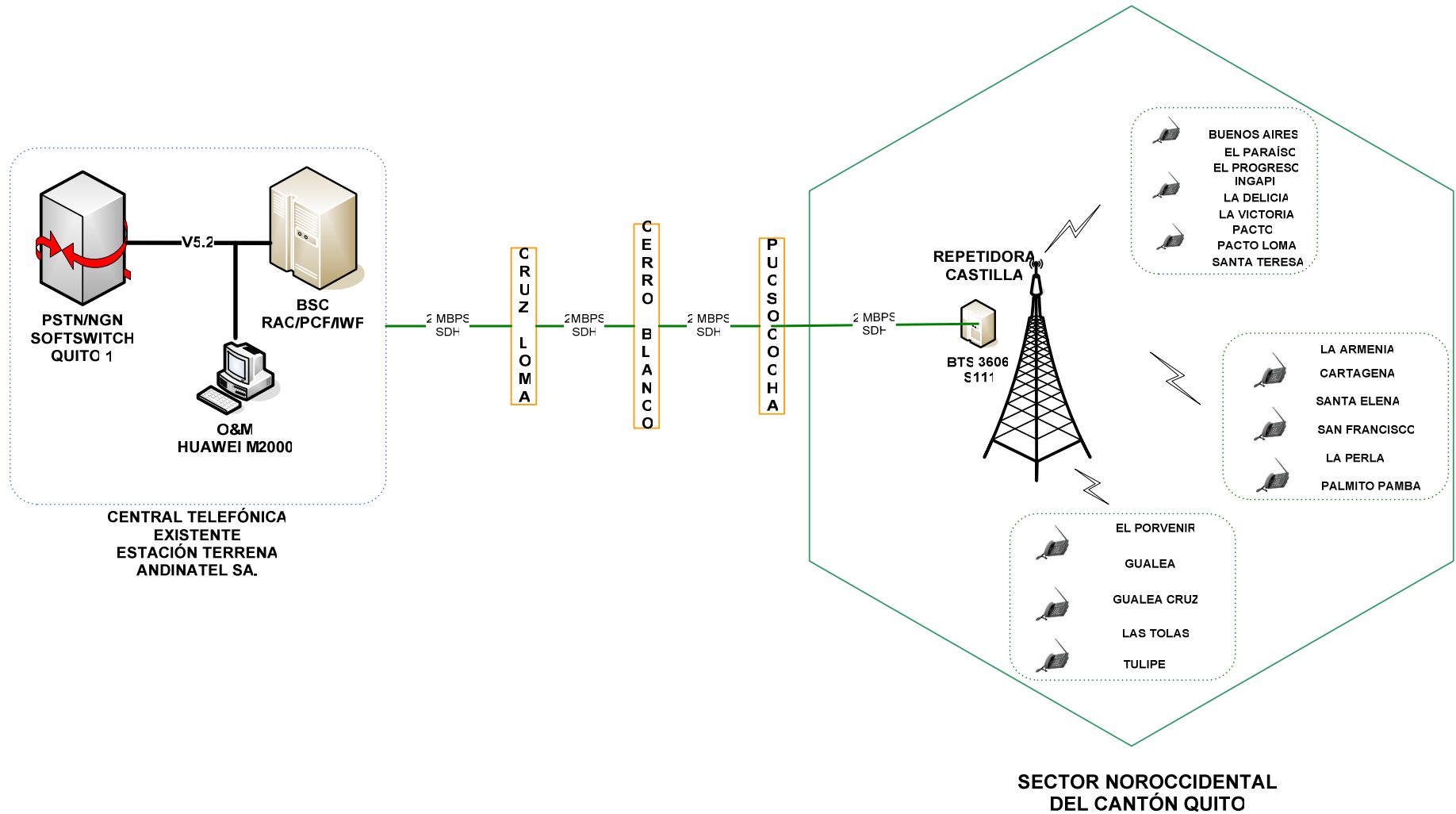


Figura 4. 46 Estructura del Sistema CDMA450 WLL en el Sector Noroccidental del Cantón Quito.

CAPÍTULO 5
*COSTOS
REFERENCIALES DE
LA
IMPLEMENTACIÓN
DE LA RED CDMA
450.*

5 COSTOS REFERENCIALES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 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.

5.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CDMA 450. ^[44]

En este proyecto se presenta una proforma de precios de la infraestructura facilitada a la empresa ANDINATEL S.A. 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 y 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.

A continuación se detalla los precios de cada uno de los equipos y elementos antes mencionados.

Tabla 5. 1 Precios Del Sistema Cdma450-WLL ^[44]

| ITEM | PRECIO (USD) |
|---|---------------------|
| BSS (Base Station System) | 157.922,47 |
| PDS (Packet Data System) | 213.572,33 |
| M2000 (Sistema de Gestión) | 61.940,52 |
| Miscellaneous for CDMA (Antenas, feeders, etc.) | 5.558,20 |
| Spare Parts | 10.064,75 |
| Precio Total de equipos | 449.058,27 |
| | |
| ITEM | PRECIO (USD) |
| Transporte y seguros internacionales | 11.934,50 |
| Transporte y seguros nacionales | 47.737,99 |
| Transporte y seguros locales | 2.486,35 |
| Total Equipos DDP Quito sin IVA. | 511.217,11 |
| | |
| ITEM | PRECIO (USD) |
| Training | 23.400,00 |
| Service | 71.998,50 |
| RF Planning Professional Service | 9.198,00 |
| Total de Servicios DDP Quito sin IVA. | 104.596,50 |
| | |
| PRECIO TOTAL BIENES Y SERVICIOS sin IVA. | 1.064.871,88 |
| | |
| Opcional (precios sin IVA.) | Precios (USD) |
| Servicios profesionales de Optimización de RF | 13.608,00 |
| Mantenimiento anual del sistema CDMA. | 101.182,82 |

Tabla 5. 2 Detalle de Precios de los Equipos y Servicios. ^[44]

| Nº | ITEM | Precio (USD) |
|------------|---|------------------|
| 1. | BSS (BASE STATION SYSTEM) | |
| 1.1 | RAC6610 (CBTS: 3;TRX: 9; Channel: 352) | |
| | Hardware | 44.837,47 |
| | Basic Software | 17.600,00 |
| | Optional Software | 5.548,00 |
| | Subtotal | 67.985,47 |
| 1.2 | BTS (CBTS: 3; TRX:9) | |

| | | |
|------------|--|-------------------|
| | CBTS Hardware | 51.195,00 |
| | CBTS Software | 26.880,00 |
| | CBTS Document | 560,00 |
| | Subtotal | 78.635,00 |
| 1.3 | ANTENNA and Feeder | |
| | Satellite Antenna and Feeder | 1.900,00 |
| | BTS Antenna | 1.827,00 |
| | Feeders | 6.993,00 |
| | Feeders Installation | 582,00 |
| | Subtotal | 11.302,00 |
| | | |
| | Precio Subtotal BSS | 157.922,47 |
| 2. | PDS (PACKET DATA SYSTEM) | |
| 2.1 | PDSN | |
| | PDSN Hardware | 90.222,12 |
| | PDSN Software | 198,00 |
| | Optional Software | - |
| | Subtotal | 90.420,1 |
| 2.2 | AAA | |
| | AAA Hardware | 98.285,21 |
| | Basic Software | 24.867,00 |
| | AAA PPS Optional Software | - |
| | Subtotal | 123.152,21 |
| | | |
| | Subtotal PDS | 213.572,33 |
| 3. | M2000 SISTEMA DE GESTION | |
| 3.1 | M2000-V2 (NE: 2, Remote Site:0) | |
| | Hardware and OS Software | 55.500,22 |
| | Basic Software | 6.440,30 |
| | Optional Software | - |
| | Subtotal | 61.940,52 |
| | | |
| | Subtotal M2000 | 61.940,52 |
| 4. | Spare Parts | |
| 4.1 | Spare | |
| | Spare parts for HLR | - |
| | Spare parts for MSCe | - |
| | Spare parts for MGW | - |
| | Spare parts for CBSC | 4.189,75 |
| | Spare parts for CBTS | 5.875,00 |
| | Spare parts for PDSN | - |
| | Spare parts for HA | - |
| | Subtotal | 10.064,75 |
| | | |
| | Subtotal Spare Parts | 10.064,75 |
| 5. | Miscellaneous for CDMA | |
| 5.1 | Miscellaneous | |
| | DDF&ODF&PDF&Cable Ladder | 5.558,20 |

| | | |
|-------------|--|-------------------|
| | Subtotal | 5.558,20 |
| | | |
| | Subtotal Miscellaneous for CDMA | 5.558,20 |
| 6. | Training | |
| 6.1 | Training | |
| | Training for NSS | - |
| | Training for BSS | 8.960,00 |
| | Training for M2000 | 840,00 |
| | Training for PDS | 1.400,00 |
| | Others | 12.200,00 |
| | Subtotal | 23.400,00 |
| | | |
| | Subtotal Miscellaneous for CDMA | 23.400,00 |
| 7. | Service | |
| 7.1 | Service | |
| | Service for NSS | - |
| | Service for PDS | 24.486,00 |
| | Service for BSS | 32.512,50 |
| | Service for M2000 | 15.000,00 |
| | Subtotal | 71.998,50 |
| | | |
| | Subtotal Service | 71.998,50 |
| 8. | RF Planning Professional Service | |
| 8.1 | RF Network Planning | |
| | RF Network Planning | 9.198,00 |
| | Subtotal | 9.198,00 |
| | | |
| | Subtotal RF Planning Professional Service | 9.198,00 |
| | | |
| | PRECIO TOTAL | 553.654,77 |
| | | |
| 9. | RF Optimization Professional Service | |
| 9.1 | RF Network Optimization | |
| | RF Network Optimization | 13.608,00 |
| | Subtotal | 13.608,00 |
| | | |
| | Subtotal RF Optimization Professional Service | 13.608,00 |
| | | |
| 10. | CDMA Maintenance | |
| 10.1 | Maintenance Service for 1 Year(s) | |
| | Technical Support&Hardware Support | |
| | Technical Support&Hardware Support for NSS | - |
| | Technical Support&Hardware Support for BSS | 32.020,73 |
| | Technical Support&Hardware Support for PDSN | 52.132,21 |
| | Technical Support&Hardware Support for M2000 | 17.029,88 |
| | Anual Software Maintenance | |
| | Anual Software Maintenance for NSS | - |
| | Anual Software Maintenance for BSS | - |

| | | |
|--|--------------------------------------|-------------------|
| | Anual Software Maintenance for PDSN | - |
| | Anual Software Maintenance for M2000 | - |
| | Subtotal | 101.182,82 |
| | | |
| | Subtotal CDMA Maintenance | 101.182,82 |

5.2 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UNA SOLUCIÓN CDMA 450 Y UNA SOLUCIÓN CONVENCIONAL.

Es necesario hacer un estudio comparativo entre el Sistema Multiacceso Digital SMD30/1.5 desplegado actualmente por ANDINATEL S.A. sobre algunas localidades del noroccidente del cantón Quito como se menciona en el capítulo 4, y el sistema CDMA 450 WLL, con la finalidad de justificar la conveniencia de utilizar un sistema CDMA450 para dar telefonía fija inalámbrica a zonas rurales. Con este fin a continuación se presenta un resumen de las características principales del sistema SMD 30/1.5, sus limitantes, el desempeño del sistema, los gastos operativos y los problemas que presenta.

5.2.1 SISTEMA DE MULTIACCESO DIGITAL SMD 30/1.5. ^[40]

El SMD 30/1.5 utiliza la banda de frecuencia de 1.5 Ghz. Es un sistema de comunicación digital por radio, de tipo punto a multipunto, que emplea la técnica de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA PCM).

Su ámbito de aplicación es el suministro de servicio de telefonía y/o datos, desde una central telefónica, hacia pequeñas concentraciones de abonado distantes, distribuidos sobre grandes áreas rurales o suburbanas.

El sistema tiene una capacidad de 30 canales telefónicos simultáneos de 64 Kbps, utilizando otros dos intervalos de canal de 64 Kbps para la señalización, la supervisión y el control (configuración E1).

Puede dar servicio, en su dimensionamiento típico, a 256 abonados, por lo que es un sistema de concentración. No obstante, su conveniencia técnica y económica parte desde un número muy inferior de abonados.

El Sistema Multiacceso opera con las siguientes características:

- Banda de Frecuencia: 1,4 – 1,5 GHz
- Capacidad de Transmisión del Sistema: 2Mbps
- Ancho de Banda: 1 MHz
- Tipo de Modulación: 4PSK
- Capacidad Maxima del Sistema: 256 abonados

El sistema SMD 30/1.5 se encuentra conformado por:

- **Unidad Concentradora e Interfaz (UCI):** existe una sola por sistema. En esta unidad se efectúa el control del sistema, asignación de canales de radio del sistema, supervisión y mantenimiento, conversión de señalización, multiplexación y demultiplexación, así como la interfaz con la central de conmutación.
- **Unidad de Radio Base (URB-1.5):** su función consiste en proporcionar enlace radioeléctrico con las Unidades de Abonado (UABs) y las Unidades Repetidoras (UARs) del sistema. También posee la capacidad de permitir la operación y mantenimiento completo del sistema desde un terminal conectado mediante un módem a ella.
- **Unidad de Abonados (UAB-1.5):** la unidad de abonado UAB, es un equipo terminal que se encarga de la concentración de sus abonados (hasta 64) a los 30 canales de radio que son compartidos por el sistema. Mediante diálogo con la UCI y bajo la supervisión, se realizan las funciones locales de establecimiento y supervisión de las comunicaciones.

- **Unidad Repetidora (URA-1.5):** efectúa una función repetidora regenerativa, aumentando la cobertura radio eléctrica del sistema. Puede tener máximo de 64 abonados propios. Realiza una traslación de frecuencias radioeléctricas. Se comporta una UAB en su comunicación con la URB (transmisión TDMA y recepción TDM), y como si fuera una URB en la comunicación con otras unidades de abonados o repetidoras de su radio de cobertura (transmisión TDM y recepción TDMA).

Una instalación del sistema SMD se compone de un cierto número de UABs y URAs conectadas vía radio con la UCI, compartiendo los 30 canales de radio disponibles del sistema.

El sistema SMD está dotado de amplias posibilidades de servicio, que le hace especialmente adecuado para aplicaciones de telefonía rural. Entre ellas se pueden destacar:

- *Servicio telefónico.*
 - Posibilidad de conectar aparatos de abonados con marcación decádica o multifrecuencia.
 - Permite la instalación de telefónicos monederos.
 - En caso de congestión del sistema se pone una llamada entrante en cola de espera hasta la liberación de un canal o bien el caso de la petición de llamada.
 - El sistema incluye el servicio de llamada maliciosa.
 - Opcionalmente se puede limitar la duración máxima de la llamada.
 - El sistema admite abonados privilegiados con canal asignado permanente.
 - Posibilidad de llamada local. Permite interconectar localmente una llamada entre dos abonados pertenecientes a una misma UAB o URA, sin ocupar canales salvo en la fase de establecimiento de la llamada. Cada UAB o URA permite simultáneamente hasta 12 llamadas locales.
- *Servicio de transmisión de datos.*
 - El sistema SMD admite como opción la prestación de transmisión de datos a 64 Kbps de acuerdo con la norma G.703.

- Permite el establecimiento de enlaces de datos permanentes hasta un máximo de 30.
 - Es compatible con el servicio telefónico de modo que puede coexistir con él en cualquier instalación.
- *Servicio télex.*
 - Este servicio es una opción en el sistema SMD.
 - Permite la transmisión de datos télex a una velocidad de 50 baudios, por lo que, es posible la conexión de módems.

En sentido punto a multipunto, el enlace es de tipo continuo, utilizándose lógicamente una frecuencia única por cada URB o URA. La conexión en sentido UAB hacia URB (multipunto a punto) se realiza mediante la técnica de acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA), que cuenta con la ventaja de utilizar una sola frecuencia para todas las UABs dependientes de una URA o URB. Dado el hecho de que dos unidades de abonado no pueden transmitir simultáneamente por usar la misma frecuencia, ésta se comparte en el tiempo, para todas las unidades terminales.

5.2.1.1 Desempeño.

El sistema SMD 30/1.5 tiene aproximadamente un tiempo de vida de 10 años, éste no ha sido actualizado o mejorado, por lo que generan constantes cortes de los servicios. Estos cortes de los servicios se producen por fallas del sistema y principalmente por fallas de las tarjetas de abonado.

Los cortes de los servicios representan una valiosa pérdida económica para ANDINATEL S.A. y una pérdida de imagen y credibilidad. Para solventar las fallas y mantener un nivel operativo aceptable, es necesario que ANDINATEL S.A. cubra los gastos operativos de estos sistemas, lo cual también es una valiosa pérdida para la empresa.

5.2.1.2 Limitaciones.

⊕ **Tecnología de transmisión:** El sistema de multiplexación TDM/TDMA-PCM a través del cual opera la URB únicamente permite una limitada capacidad de transmisión (30 canales de telefónicos de 64Kbps y 2 canales de 64Kbps para la señalización y supervisión canales de voz de 64Kbps).

⊕ **Capacidad:** El crecimiento del número de abonados está limitado a 256 por sistema. Cada unidad UAB permite tener hasta un máximo de 64 abonados.

UAB-64:hasta 64 abonados

UAB-16:hasta 16 abonados

⊕ **Aplicación:** Permite dar Servicios de Voz y Datos. Su tecnología no le permite ofrecer servicios de VOIP, DATOS DE BANDA ANCHA y VIDEO.

⊕ **Transmisión de datos:** Es posible la configuración de datos solo para media o baja velocidad.

⊕ **Gestión:** La gestión del sistema presenta una limitada capacidad de operación y mantenimiento mediante un MODEM, lo cual representa un problema porque es dependiente del estado de operación del sistema, es decir, si no hay tono de marcación en la línea, no es posible la conexión al sistema.

⊕ **Equipamiento:** El equipamiento de las partes del Sistema, por ejemplo la UCI no tiene redundancia en sus módulos por lo tanto si cualquier parte fundamental de la UCI falla se cae todo el sistema.

⊕ **Modularidad y flexibilidad:** No es adaptable a cualquier sistema de conmutación (analógico o digital): Por no corresponder a un sistema de tecnología IP no es compatible con la NGN (Next Generation Networks, Redes de Nueva generación).

- ✦ **Calidad del servicio:** Existen problemas de ruido con la red de cobre, lo cual produce interferencias por falta de un sistema de supresión de ruido. La extensión promedio de abonado es de 2.5Km, pero en algunos casos llega hasta 4Km.
- ✦ **Actualización:** Este sistema no permite su actualización para mejorar su funcionalidad la mejor opción es migrar a una nueva tecnología.

5.2.1.3 Gastos Operativos.

Considerando la siguientes características de los sistemas QUITO-3 y QUITO-4, en la Tabla 5 se presenta un promedio mensual del presupuesto gastado para los mencionados sistemas.

- Número de líneas ocupadas: 366
- Promedio de facturación por línea: 20%
- Promedio de facturación mensual: \$ 7.320,00
- Recursos Humanos: 1

Tabla 5. 3 Gastos Operativos del Sistema SMD 30/1.5 ^[40]

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | FRECUENCIA POR MES | RECURSOS HUMANOS | COSTO USD | TOTAL USD |
|-----------------------------------|----------|--------------------|------------------|-----------|------------------|
| HORAS NORMALES | 8 | 22 | 1 | 2,50 | 440,00 |
| HORAS EXTRAS | 2 | 22 | 1 | 5,00 | 220,00 |
| SUBSISTENCIAS | 2 | 3 | 1 | 16,50 | 99,00 |
| TRANSPORTE | 1 | 4 | 1 | 30,00 | 120,00 |
| TOTAL DE COSTOS OPERATIVOS | | | | | 879,00 |
| MATERIALES DE TRABAJO | 2 | 1 | 1 | 30,00 | 60,00 |
| REPOSICIÓN DE TARJETAS | 5 | 2 | 1 | 290,00 | 2.900,00 |
| TOTAL DE COSTOS REPOSICIÓN | | | | | 2.960,00 |
| TOTAL GASTO MENSUAL | | | | | 3.839,00 |
| TOTAL GASTO ANUAL | | | | | 46.068,00 |

Del análisis realizado, se determinó:

- Gasto Mensual Promedio: USD \$ 3.839,00
- Gasto Anual Promedio: USD \$ 46,068,00
- Costos de Operación promedio mensual: USD \$ 879,00 (este valor a su vez representa el Costo Operativo por el Personal Técnico)
- Gasto promedio operativo mensual por línea: USD \$ 2,40.

Cabe resaltar que los costos por reposición de tarjetas son muy elevados, estimado un número promedio de tarjetas con fallas de 5 por mes.

5.2.1.4 Problemas Presentados.

- Cortes frecuentes por falta de protección de los equipos contra descargas eléctricas.
- Las tarjetas que más tienen problemas son las tarjetas de abonados ILA`s
- Se presentan cortes de servicio en algunas estaciones aleatoriamente.
- Algunas instalaciones físicas donde se encuentran los equipos se encuentran en pésimas condiciones.
- Las tarjetas de abonado se averían constantemente, por lo que el personal técnico debe trasladarse continuamente a resolver los problemas que se presentan.
- Debido a la falta de repuestos, se debe reubicar tarjetas entre todos los sistemas instalados.



CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES.

- ◆ CDMA450 es una tecnología que combina las eficiencias espectrales, la mayor capacidad de voz y las altas velocidades de transmisión de datos de CDMA2000 1x 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 libre, algo que no sucede en las grande 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 ANDINATEL S.A., 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 10 años.

- ◆ El diseño propuesto garantiza capacidad para más de diez 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 21 localidades del Noroccidente del Cantón Quito 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 simulador RADIO_MOBILE es una herramienta que ofrece un valioso aporte para el análisis de la cobertura, ya que al trabajar con mapas topográficos digitalizados se tiene una mejor idea de donde estarán ubicadas las estaciones radio bases y además posibilita la manipulación de las características de cada una de ellas como son, la altura de la torre, tipo de antena, direccionamiento; de tal manera que se pueda perfeccionar el diseño propuesto y la simulación asegure un resultado cercano a la realidad.
- ◆ El bajo costo inicial en inversión de capital, brinda a ANDINATEL S.A. 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 21 localidades del noroccidente del cantón Quito.

- ◆ En el presente proyecto se pudo constatar el pésimo estado del servicio telefónico existente en las localidades del Noroccidente del Cantón Quito y la gran demanda que existe del mismo, ya que sus moradores manifestaron su descontento y solicitan a ANDINATEL S.A. su mejora y que atienda a la demanda existente en el menor tiempo posible porque tal situación afecta a los negocios y al turismo. Además, los pobladores expresaron que el servicio de telefonía móvil prestado por la operadora Porta no es de su total agrado por los costos que presentan para ellos y que están dispuestos a invertir en un valor promedio de ochenta dólares para adquirir una línea telefónica de la operadora ANDINATEL S.A.
- ◆ CDMA450 es un sistema digital que es compatible con las redes de nueva generación (NGN), gracias a que éste pertenece al estándar IS-2000 y por lo tanto permitirá migrar a las nuevas tecnologías de tercera generación sin dificultad.
- ◆ 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 SDM30/1.5 permiten concluir que más factible y beneficioso para ANDINATEL S.A. 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.

6.2 RECOMENDACIONES.

- El objetivo principal de este proyecto titulación es dar el servicio de telefonía fija a las zonas rurales del noroccidente de la provincia de Pichincha y teniendo en consideración que ANDINATEL S.A. en algunos de estos sectores tiene desplegado el sistema SMD 30/1.5 que utiliza radio enlaces PDH (E1s) para llegar a estas comunidades, se sugiere valerse de estos recursos disponibles para interconectar las estaciones bases (BTSs) del sistema CDMA450 con el controlador base (BSC) y con ello optimizar los recursos de radio frecuencia y de infraestructura.
- ANDINATEL S.A. puede emplear enlaces Fast Ethernet o Gigabit Ethernet en localidades donde su infraestructura permita el despliegue óptimo de fibra óptica para la interconexión de las BTSs y el BSC.
- ABIS vía satélite puede ser usada por ANDINATEL S.A. para ofrecer esta solución a las zonas amazónicas del país donde es imposible llegar a éstas con soluciones convencionales (cableado ó micro-ondas) ya sea por el difícil acceso o por su costoso despliegue, permitiendo la optimización de los recursos tanto económicos como de infraestructura y logrando la recuperación del capital inicial invertido en un tiempo menor que con otras soluciones.
- Se recomienda a ANDINATEL S.A. presentar al CONATEL el estudio sustentado de la aplicación del Sistema CDMA450 en la zona Noroccidental del Cantón Quito, junto con el respectivo Barrido de Frecuencias, con el

propósito de que el organismo regulador verifique su factibilidad y le adjudique la concesión de la frecuencia para dar el servicio de telefonía fija a estas zonas rurales.

- 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.

BIBLIOGRAFÍA.

CAPÍTULO I.

- [1] Terán Fuentes, Kléber Fabián. “Diseño de un sistema de videotelefonía para implantar una red celular con tecnología CDMA2000”. Proyecto de Titulación. EPN. 2006.
- [2] Maldonado Cherrez, Robert Santiago. “Diseño de la cobertura de telefonía móvil celular en la banda de los 1900 Mhz con la tecnología CDMA2000 1x-RTT para la ciudad de Ambato”. Proyecto de Titulación. EPN. 2005.
- [3] TELEFONICA I+D. “Capítulo3. Descripción de los Sistemas Actuales”.
- [4] CDMA WIRELESS ACADEMY. “Wireless Mobile Technology”.
- [5] CDG. 3G World Update. “La migración acelerada hacia 3G”.
- [6] Samuel C. Yang. “3G cdma2000 wireless system engineering.” Artech House. 2004.
- [7] Cruz Rui. “Computacao Móvel: Comunicacao de Dados em cdma2000”. 2005.
- [8] 3GPP2. C.S0001-D. “Introduction to cdma2000 Standard for Spread Spectrum System.”
- [9] QUALCOMM, Inc. “1xEV: 1x Evolution IS-856 TIA/EIA Standard Air link Overview”.
- [10] Sandeep Agrawal. Ira Acharya. Suhel Goel. “Inside 3G Wireless Systems: The 1xEV-DV Technology”. March 2003.
- [11] www.cdg.org.
- [12] vonWuthenau, Celedonio. “CDMA450 Facilitando la Conectividad e Inclusión Social en América Latina”.
- [13] Weinschenk., C. Fernando “Redes Celulares de próxima generación.”
- [14] OEA. Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. “Propuesta Sobre Sistemas Fijos y Móviles de Acceso Inalámbrico en la Banda de 450 Mhz en América Latina”.
- [15] Carlos Killian. “CDMA 450.Una Solución para Servicio Universal”.
- [16] OEA. Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. “Beneficio Y Despliegues de la Tecnología CDMA en la Banda de 400-450 Mhz “

- [17] Colin Chandler. Vice Chairman. International 450 Association. "CDMA 2000 and CDMA 450."
- [18] Carlos Killian. INTERNATIONAL 450 ASSOCIATION. IA450. IA450 América Latina.
- [19] 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."
- [20] Vadim Beliavski. NMT Association. NMT ASSOCIATION: TWO STEPS FORWARD IN 450 MHZ BAND.

CAPÍTULO II.

- [21] SENATEL. www.conatel.ec.
- [22] CITEL. [http:// www.citel.oas.org](http://www.citel.oas.org)
- [23] Secretaria de Comunicaciones de Argentina. <http://www.secom.gov.ar>.
- [24] Fondo de Inversión en Telecomunicaciones. <http://www.fitel.gob.pe>
- [25] Grupo de Desarrollo del CDMA. www.cdg.org.
- [26] www.cintel.org
- [27] Consejo Nacional de Telecomunicaciones de Venezuela. www.conatel.ve
- [28] Comisión Nacional de Telecomunicaciones de Honduras. www.conatel.ho

CAPÍTULO III.

- [29] www.huawei.com/solutions
- [30] Chamorro N. María Fernanda. "Diseño de un sistema de telefonía fija para el sector floricultor de las provincias de Pichincha y Cotopaxi." Proyecto de Titulación. EPN. 2001.
- [31] Guerrón T. Karina, Proaño S. Jadira. "Implementación de un prototipo de prueba para la automatización del manejo de la información del esta clínico de los pacientes y la medición de signos vitales a través de sensores, para la clínica Durán de la ciudad de Ambato". Proyecto de Titulación. EPN. 2006.

- [32] Torres Gavilanes, Luís Robinsón. “Estudio Técnico para Comunicaciones con Radios PDH utilizando enlaces a 34 Mbps”. Proyecto de Titulación. EPN. 2002.
- [33] TSC. UNIOVI. “Sistemas de Transmisión en Línea”.
- [34] Tutorial de Telecomunicaciones. Cáp. 1302. PDF. “JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA PDH”.
- [35] Mora Guerrón, Darwin Germán. “Diseño de un sistema portador de banda ancha, sobre plataforma SDH para interconectar las ciudades de Quito y Guayaquil”. Proyecto de Titulación. 2001.
- [36] Hidalgo Pablo Ing., “Comunicación Digital”. EPN. Marzo 2006.
- [37] 3GPP2 A.S0003 Version 1.0.0. “Abis interface Technical Specification for cdma2000 Spread Spectrum Systems”. 2001
- [38] Gilat. “SkyAbis™ CDMA2000.Efficient Backhaul for CDMA”.

CAPÍTULO IV

- [39] www.pichincha.gov.ec
- [40] Departamento de Transmisión de ANDINATEL S.A.
- [41] Carrión Hugo Ing., “Apuntes de Clases de Ingeniería de Tráfico”.
- [42] Javier Vaquero Ing., “CDMA en el Bucle Local de Abonado”. Motorota/Telcel S.A. II Congreso Nacional de Ingeniería de Telecomunicaciones. Redes de Transporte y Acceso.
- [43] Cevallos Mario Ing., “Apuntes de Clases de Sistemas Radiantes”.

CAPÍTULO V.

- [44] Huawei Technologies Co. Ltd., “Technical Proposonal for ANDINATEL CDMA 450 WLL Project”. 2007.



ANEXOS



ANEXO 1A



*CDMA 2000 en América
Latina y el Caribe*

CDMA 2000 EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE²².

| CDMA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE | | | | | | |
|---|------------------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------|--|-------------------------|
| País | Operador | 2G/3G | Tipo de Sistema | Estado | Vendedor(es) de infraestructura | CDMA Coverage |
| Argentina | Cotecal | 3G - CDMA2000 1X | WLL, 450 MHz | Commercial | Huawei, ZTE | El Calafate, El Chaltén |
| Argentina | Movistar Argentina | 3G - CDMA2000 1X | PCS/WLL, 1900 MHz | Commercial | Motorola | Coverage Pending |
| Aruba | Digicel Caribbean Aruba | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Launch TBA | Huawei | Islandwide |
| Aruba | Digicel Caribbean Aruba | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Launch TBA | Huawei | Islandwide |
| Bahamas | Bahamas Telecommunications Company | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 800 MHz | Launch TBA | Lucent | Coverage Pending |
| Bahamas | Bahamas Telecommunications Company | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Launch TBA | Lucent | Coverage Pending |
| Barbados | Digicel Caribbean Barbados | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Launch TBA | Huawei | Islandwide |
| Barbados | Digicel Caribbean Barbados | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Launch TBA | Huawei | Islandwide |
| Barbados | Sunbeach Communications, Inc. | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular/PCS, 800/1900 MHz | Launch TBA | Nortel | Coverage Pending |
| Barbados | Sunbeach Communications, Inc. | 3G - CDMA2000 1X | Cellular/PCS, 800/1900 MHz | Launch TBA | Nortel | Coverage Pending |
| Belice | Speednet Communications | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 850 MHz | Launch TBA | Nortel | Coverage Pending |
| Belice | Speednet Communications | 3G - CDMA2000 | Cellular, 850 MHz | Commercial | Nortel | Nationwide |

²²[1] Fuente: Grupo de Desarrollo de CDMA. www.cdg.com

| | | | | | | |
|----------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------|------------|--------------------------|--|
| | | 1X | | | | |
| Bermuda | Bermuda Digital Communications | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 800 MHz | Commercial | Lucent | Islandwide |
| Bermuda | Bermuda Digital Communications | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Commercial | Lucent | Islandwide |
| Bermuda | Bermuda Digital Communications | 3G - CDMA2000 1X | WLL, 800 MHz | Commercial | Lucent | Islandwide |
| Bermuda | Digicel Caribbean Bermuda | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Launch TBA | Huawei | Islandwide |
| Bermuda | Digicel Caribbean Bermuda | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Launch TBA | Huawei | Islandwide |
| Brasil | Embratel | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | WLL, 1900 MHz | Deployment | Ericsson | Rio de Janeiro |
| Brazil | Embratel | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | WLL, 1900 MHz | Commercial | Nortel | Sao Paulo |
| Brasil | TMais Telecom | 3G - CDMA2000 1X | WLL, 1900 MHz | Commercial | ZTE | Rio Grande do Sul: Lajeado |
| Brasil | Unicel Telecomunicações | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 450 MHz | Trial | ZTE | Coverage Pending |
| Brasil | VIVO | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 800 MHz | Commercial | Lucent, Motorola | Curitiba, Parana, Rio de Janeiro, Sao Paulo |
| Brasil | VIVO | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 800 MHz | Deployment | Motorola | Distrito Federal: Brasilia |
| Brazil | VIVO | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 800 MHz | Deployment | Motorola | Parana: Curitiba |
| Brasil | VIVO | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Commercial | Lucent, Motorola, Nortel | ABC Paulista, Alphaville, Bento Goncalves, Bertioga, Brasilia, |

| | | | | | | |
|---------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------|----------------|--------|--|
| | | | | | | Campinas, Canela, Canoas, Cariacica, Caxias do Sul, Chacara Flora, Cubatao, Curitiba, Espirito Santo, Farroupilha, Goiania, Gramado, Guaruja, Guarulhos, Indaiatuba, Novo Hamburgo, Osasco, Parana, Porto Alegre Metropolitan Area, Rio de Janeiro, Saints, Santo Andre, Sao Bernardo, Sao Caetano do Sul, Sao Leopoldo, Sao Paulo, Sergipe, Serra, Victory, Vila Velha, Vitoria |
| Islas Caimán | Blue Sky Wireless | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Launch 4Q 2006 | Lucent | Grand Cayman |
| Islas Caimán | Blue Sky Wireless | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Launch TBA | Lucent | Grand Cayman |
| Islas Caimán | Digicel Caribbean Islas Caiman | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 800 MHz | Launch TBA | Huawei | Islandwide |
| Islas Caimán | Digicel Caribbean Islas Caiman | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Launch TBA | Huawei | Islandwide |
| Islas Caimán | E-Technologies Islas Caiman Ltd | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Launch 4Q 2006 | Nortel | Cayman Brac, Grand Cayman, Little Cayman |
| Islas Caimán | E-Technologies Islas Caiman Ltd | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Launch TBA | Nortel | Cayman Brac, Grand Cayman, Little Cayman |

| | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------|----------|--|
| Chile | Movistar Chile | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel | Coverage Pending |
| Chile | SmartCom PCS | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel | Concepción, Santiago, Valparaíso, Vina del Mar |
| Colombia | EPM-Bogota | 3G - CDMA2000 1X | WLL, 1900 MHz | Commercial | | Bogota |
| Colombia | Movistar Colombia | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Commercial | Ericsson | Bogota |
| República Dominicana | Centennial Dominicana | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel | Santo Domingo |
| República Dominicana | Verizon Dominicana | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Trial | Nortel | Coverage Pending |
| República Dominicana | Verizon Dominicana | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Lucent | Coverage Pending |
| Ecuador | Alegro PCS | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Commercial | Ericsson | Coverage Pending |
| Ecuador | Alegro PCS | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Ericsson | Guayaquil, Manta, Porto Viejo, Quito, Salinas, Santo Domingo, Saure |
| Ecuador | Alegro PCS | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Launch TBA | Ericsson | Nationwide |
| Ecuador | Movistar Ecuador | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Commercial | Nortel | Nationwide |
| El Salvador | Oceanic Digital El Salvador | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Launch TBA | Nortel | Coverage Pending |
| Guatemala | Movistar Guatemala | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel | Guatemala City |
| Guatemala | Movistar Guatemala | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel | Guatemala City |

| | | | | | | |
|------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------|----------------|----------|--|
| Guatemala | SERCOM (Telgua) | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel | Coverage Pending |
| Haití | HaiTel S.A. | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS/WLL, 1900 MHz | Commercial | ZTE | Coverage Pending |
| Haití | HaiTel S.A. | 3G - CDMA2000 1X | PCS/WLL, 1900 MHz | Launch TBA | Nortel | Coverage Pending |
| Honduras | Comunitel S.A. | 3G - CDMA2000 1X | WLL, 800 MHz | Launch TBA | Motorola | Coverage Pending |
| Jamaica | Digicel Caribbean Jamaica | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Launch TBA | Huawei | Nationwide |
| Jamaica | Digicel Caribbean Jamaica | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Launch TBA | Huawei | Nationwide |
| Jamaica | Oceanic Digital Jamaica | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 800 MHz | Launch 2Q 2007 | | Island Wide: All Cities. |
| Jamaica | Oceanic Digital Jamaica | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Commercial | Lucent | Island Wide: All Cities. |
| México | IUSACELL | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 800 MHz | Commercial | Lucent | Guadalajara, Méjico City, Monterrey City, Villahermosa |
| México | IUSACELL | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 800 MHz | Commercial | Huawei | Cancun, Merida, Tapachula, Tuxtla, Villa Hermosa |
| México | IUSACELL | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Commercial | Huawei | Cabo San Lucas, La Paz, San Jose del Cabo |
| México | IUSACELL | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Commercial | Lucent | Cuernavaca, Méjico City, Toluca, Valle del Bravo |
| México | IUSACELL | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Deployment | Lucent | Nationwide |
| México | IUSACELL | 3G - CDMA2000 | Cellular, 800 MHz | Commercial | Huawei | Cancun, Merida, |

| | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------|------------|---------------------|---|
| | | 1X | | | | Tapachula, Tuxtla, Villa Hermosa |
| México | IUSACELL | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Huawei | Cabo San Lucas, La Paz, San Jose del Cabo |
| México | TELMEX | 3G - CDMA2000 1X | WLL, 450 MHz | Commercial | Huawei, Lucent, ZTE | Coverage Pending: All Cities. |
| México | UNEFON | 3G - CDMA2000 1X | Cellular/PCS, 1900 MHz | Commercial | | Acapulco, Aguascalientes, Celaya, Cuernavaca, Guadalajara, Juarez, León, Méjico City, Monterrey, Morelia, Pachuca, Puebla, Querétaro, Saltillo, San Francisco del Rincon, San Luis Potosí, Silao, Tampico, Toluca, Torreon City |
| Netherlands Antilles | EOCG Wireless NV | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 850 MHz | Commercial | Lucent | Bonaire |
| Netherlands Antilles | EOCG Wireless NV | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Commercial | Lucent | Curacao, Saint Maarten |
| Netherlands Antilles | EOCG Wireless NV | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 850 MHz | Commercial | Lucent | Bonaire |
| Netherlands Antilles | EOCG Wireless NV | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Lucent | Curacao, Saint Maarten |
| Nicaragua | Movistar Nicaragua | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Commercial | Nortel | Pacific Region |
| Panamá | Movistar Panama | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Commercial | Ericsson | Nationwide |
| Perú | Movistar Peru | 3G – CDMA2000 | Cellular, 800 MHz | Launch TBA | | Coverage Pending |

| | | | | | | |
|--------------------|------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------|--------------------------------|--|
| | | 1xEV-DO Rel. 0 | | | | |
| Per. | Movistar Peru | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Commercial | Nortel | Lima |
| Perú | Movistar Peru | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Deployment | | Arequipa, Cajamarca, Chiclayo, Chimbote, Cuzco, Huancayo, Ica, Piura, Tacna, Trujillo |
| Perú | Movistar Peru | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Trial | Huawei | Lima |
| Perú | Valtron | 3G - CDMA2000 1X | Cellular/WLL, 450 MHz | Commercial | ZTE | Huarochirí |
| Puerto Rico | Centennial de Puerto Rico | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel | Coverage Pending |
| Puerto Rico | Centennial de Puerto Rico | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel | Arecibo, Bayamon, Caguas, Carolina, Mayaguez, Ponce, San Juan |
| Puerto Rico | Movistar Puerto Rico | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Lucent | Coverage Pending |
| Puerto Rico | Sprint Puerto Rico | 3G - CDMA2000 1xEV-DO Rev. A | PCS , 1900 MHz | Commercial | | Arecibo, Fajardo, Mayaguez, Ponce, San Juan |
| Puerto Rico | Sprint Puerto Rico | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel, Samsung | Coverage Pending |
| Puerto Rico | Sprint Puerto Rico | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Commercial | Lucent, Motorola, Nortel | Bayamon, Carolina, Ponce |
| Puerto Rico | Sprint Puerto Rico | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel, Samsung | Aguadilla, Arecibo, Dorado, Fajardo, Homacao, |

| | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------|---|
| | | | | | | Maunabo, Mayaguez, Naguabo, Ponce, Salinas, San German, San Juan |
| Puerto Rico | Verizon Wireless Puerto Rico | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Commercial | | San Juan |
| Puerto Rico | Verizon Wireless Puerto Rico | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Lucent | Adjuntas, Aibonito, Associates, Barranquitas, Cidra, Citron, Coamo, Florida, Humacao, Jayuya, San Sebastian, Villalba |
| Trinidad & Tobago | LaqTel Limited | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular/PCS, 800/1900 MHz | Launch 2Q 2006 | Nortel | Nationwide |
| Trinidad & Tobago | LaqTel Limited | 3G - CDMA2000 1X | Cellular/PCS, 800/1900 MHz | Launch 2Q 2006 | Nortel | Nationwide |
| Trinidad & Tobago | TSTT | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 850 MHz | Commercial | Nortel | Coverage Pending |
| Trinidad & Tobago | TSTT | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 850 MHz | Commercial | Nortel | Coverage Pending |
| Uruguay | Movistar Uruguay | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Motorola | Coverage Pending |
| US Virgin Islands | Centennial Virgin Islands | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel | Coverage Pending |
| US Virgin Islands | Sprint US Virgin Islands | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel, Samsung | Coverage Pending |
| US Virgin Islands | Sprint US Virgin Islands | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel, Samsung | St. Croix: Frederiksted |
| US Virgin Islands | Sprint US Virgin Islands | 3G - CDMA2000 1X | PCS , 1900 MHz | Commercial | Nortel, Samsung | St. Thomas: Crown Mountain, |

| | | | | | | |
|------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------|--------|---|
| | | | | | | Cruz Bay |
| Venezuela | Movilnet | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 850 MHz | Commercial | | Caracas, Vargas |
| Venezuela | Movilnet | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular/PCS, 850 MHz | Commercial | | Caraballeda, Caracas, Catia La Mar, Guaira, Maiqueta, Vargas |
| Venezuela | Movilnet | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 850 MHz | Deployment | | Barquismeto, Maracaibo, Port the Cross, Valencia |
| Venezuela | Movilnet | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 850 MHz | Commercial | Lucent | Nationwide |
| Venezuela | Movistar Venezuela | 3G – CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 | Cellular, 800 MHz | Commercial | Lucent | Acarigua, Barcelona, Barinas, Barquismeto, Cabimas, Cagua, Caracas, Ciudad Bolivar, Ciudad Guayana, Ciudad Ojeda, El Tigre, El Vigia, La Guaira, La Victoria, Los Teques, Maracaibo, Maracay, Margarita, Maturin, Merida, Puerto Cabello, Puerto la Cruz, San Cristobal, Valencia, Valera |
| Venezuela | Movistar Venezuela | 3G - CDMA2000 1X | Cellular, 800 MHz | Commercial | Lucent | Cagua, Caracas, Maracaibo, Maracay, Tejerias, Valencia |



ANEXO 2A



CDMA 450 en el Mundo

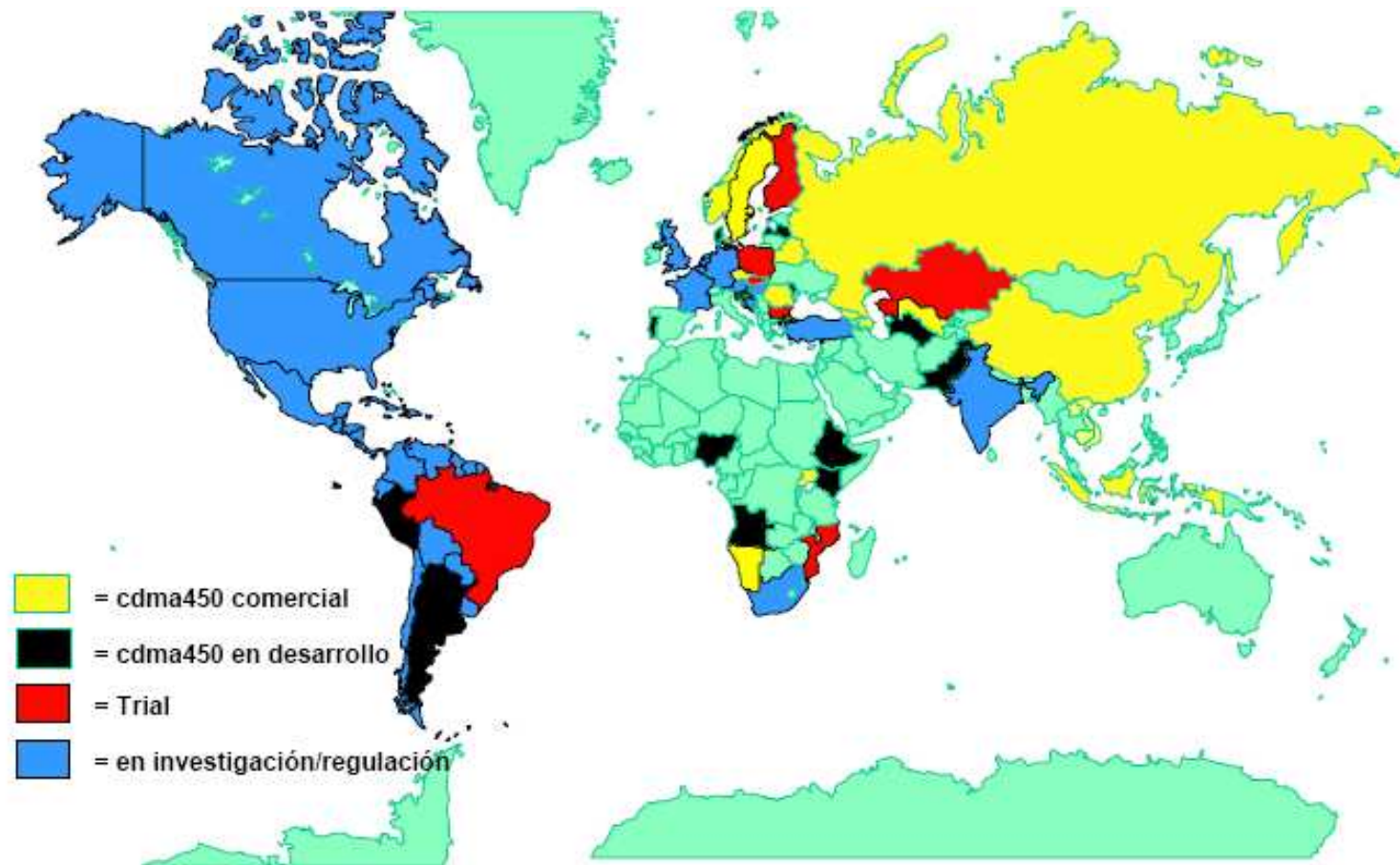


Figura 2.1 CDMA 450 en el Mundo²³

²³ Fuente: www.cdg.org



ANEXO 1B



***Tablas de Valores de
Erlang B***

| N | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|----------|------------------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|----------|
| | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | |
| 1 | .00705 | .00806 | .00908 | .01010 | .02041 | .03093 | .05263 | .11111 | .25000 | .66667 | 1 |
| 2 | .12600 | .13532 | .14416 | .15259 | .22347 | .28155 | .38132 | .59543 | 1.0000 | 2.0000 | 2 |
| 3 | .39664 | .41757 | .43711 | .45549 | .60221 | .71513 | .89940 | 1.2708 | 1.9299 | 3.4798 | 3 |
| 4 | .77729 | .81029 | .84085 | .86942 | 1.0923 | 1.2589 | 1.5246 | 2.0454 | 2.9452 | 5.0210 | 4 |
| 5 | 1.2362 | 1.2810 | 1.3223 | 1.3608 | 1.6571 | 1.8752 | 2.2185 | 2.8811 | 4.0104 | 6.5955 | 5 |
| 6 | 1.7531 | 1.8093 | 1.8610 | 1.9090 | 2.2759 | 2.5431 | 2.9603 | 3.7584 | 5.1086 | 8.1907 | 6 |
| 7 | 2.3149 | 2.3820 | 2.4437 | 2.5009 | 2.9354 | 3.2497 | 3.7378 | 4.6662 | 6.2302 | 9.7998 | 7 |
| 8 | 2.9125 | 2.9902 | 3.0615 | 3.1276 | 3.6271 | 3.9865 | 4.5430 | 5.5971 | 7.3692 | 11.419 | 8 |
| 9 | 3.5395 | 3.6274 | 3.7080 | 3.7825 | 4.3447 | 4.7479 | 5.3702 | 6.5464 | 8.5217 | 13.045 | 9 |
| 10 | 4.1911 | 4.2889 | 4.3784 | 4.4612 | 5.0840 | 5.5294 | 6.2157 | 7.5106 | 9.6850 | 14.677 | 10 |
| 11 | 4.8637 | 4.9709 | 5.0691 | 5.1599 | 5.8415 | 6.3280 | 7.0764 | 8.4871 | 10.857 | 16.314 | 11 |
| 12 | 5.5543 | 5.6708 | 5.7774 | 5.8760 | 6.6147 | 7.1410 | 7.9501 | 9.4740 | 12.036 | 17.954 | 12 |
| 13 | 6.2607 | 6.3863 | 6.5011 | 6.6072 | 7.4015 | 7.9667 | 8.8349 | 10.470 | 13.222 | 19.598 | 13 |
| 14 | 6.9811 | 7.1155 | 7.2382 | 7.3517 | 8.2003 | 8.8035 | 9.7295 | 11.473 | 14.413 | 21.243 | 14 |
| 15 | 7.7139 | 7.8568 | 7.9874 | 8.1080 | 9.0096 | 9.6500 | 10.633 | 12.484 | 15.608 | 22.891 | 15 |
| 16 | 8.4579 | 8.6092 | 8.7474 | 8.8750 | 9.8284 | 10.505 | 11.544 | 13.500 | 16.807 | 24.541 | 16 |
| 17 | 9.2119 | 9.3714 | 9.5171 | 9.6516 | 10.656 | 11.368 | 12.461 | 14.522 | 18.010 | 26.192 | 17 |
| 18 | 9.9751 | 10.143 | 10.296 | 10.437 | 11.491 | 12.238 | 13.385 | 15.548 | 19.216 | 27.844 | 18 |
| 19 | 10.747 | 10.922 | 11.082 | 11.230 | 12.333 | 13.115 | 14.315 | 16.579 | 20.424 | 29.498 | 19 |
| 20 | 11.526 | 11.709 | 11.876 | 12.031 | 13.182 | 13.997 | 15.249 | 17.613 | 21.635 | 31.152 | 20 |
| 21 | 12.312 | 12.503 | 12.677 | 12.838 | 14.036 | 14.885 | 16.189 | 18.651 | 22.848 | 32.808 | 21 |
| 22 | 13.105 | 13.303 | 13.484 | 13.651 | 14.896 | 15.778 | 17.132 | 19.692 | 24.064 | 34.464 | 22 |
| 23 | 13.904 | 14.110 | 14.297 | 14.470 | 15.761 | 16.675 | 18.080 | 20.737 | 25.281 | 36.121 | 23 |
| 24 | 14.709 | 14.922 | 15.116 | 15.295 | 16.631 | 17.577 | 19.031 | 21.784 | 26.499 | 37.779 | 24 |
| 25 | 15.519 | 15.739 | 15.939 | 16.125 | 17.505 | 18.483 | 19.985 | 22.833 | 27.720 | 39.437 | 25 |
| 26 | 16.334 | 16.561 | 16.768 | 16.959 | 18.383 | 19.392 | 20.943 | 23.885 | 28.941 | 41.096 | 26 |
| 27 | 17.153 | 17.387 | 17.601 | 17.797 | 19.265 | 20.305 | 21.904 | 24.939 | 30.164 | 42.755 | 27 |
| 28 | 17.977 | 18.218 | 18.438 | 18.640 | 20.150 | 21.221 | 22.867 | 25.995 | 31.388 | 44.414 | 28 |
| 29 | 18.805 | 19.053 | 19.279 | 19.487 | 21.039 | 22.140 | 23.833 | 27.053 | 32.614 | 46.074 | 29 |
| 30 | 19.637 | 19.891 | 20.123 | 20.337 | 21.932 | 23.062 | 24.802 | 28.113 | 33.840 | 47.735 | 30 |
| 31 | 20.473 | 20.734 | 20.972 | 21.191 | 22.827 | 23.987 | 25.773 | 29.174 | 35.067 | 49.395 | 31 |
| 32 | 21.312 | 21.580 | 21.823 | 22.048 | 23.725 | 24.914 | 26.746 | 30.237 | 36.295 | 51.056 | 32 |
| 33 | 22.155 | 22.429 | 22.678 | 22.909 | 24.626 | 25.844 | 27.721 | 31.301 | 37.524 | 52.718 | 33 |
| 34 | 23.001 | 23.281 | 23.536 | 23.772 | 25.529 | 26.776 | 28.698 | 32.367 | 38.754 | 54.379 | 34 |
| 35 | 23.849 | 24.136 | 24.397 | 24.638 | 26.435 | 27.711 | 29.677 | 33.434 | 39.985 | 56.041 | 35 |
| 36 | 24.701 | 24.994 | 25.261 | 25.507 | 27.343 | 28.647 | 30.657 | 34.503 | 41.216 | 57.703 | 36 |
| 37 | 25.556 | 25.854 | 26.127 | 26.378 | 28.254 | 29.585 | 31.640 | 35.572 | 42.448 | 59.365 | 37 |
| 38 | 26.413 | 26.718 | 26.996 | 27.252 | 29.166 | 30.526 | 32.624 | 36.643 | 43.680 | 61.028 | 38 |
| 39 | 27.272 | 27.583 | 27.867 | 28.129 | 30.081 | 31.468 | 33.609 | 37.715 | 44.913 | 62.690 | 39 |
| 40 | 28.134 | 28.451 | 28.741 | 29.007 | 30.997 | 32.412 | 34.596 | 38.787 | 46.147 | 64.353 | 40 |
| 41 | 28.999 | 29.322 | 29.616 | 29.888 | 31.916 | 33.357 | 35.584 | 39.861 | 47.381 | 66.016 | 41 |
| 42 | 29.866 | 30.194 | 30.494 | 30.771 | 32.836 | 34.305 | 36.574 | 40.936 | 48.616 | 67.679 | 42 |
| 43 | 30.734 | 31.069 | 31.374 | 31.656 | 33.758 | 35.253 | 37.565 | 42.011 | 49.851 | 69.342 | 43 |
| 44 | 31.605 | 31.946 | 32.256 | 32.543 | 34.682 | 36.203 | 38.557 | 43.088 | 51.086 | 71.006 | 44 |
| 45 | 32.478 | 32.824 | 33.140 | 33.432 | 35.607 | 37.155 | 39.550 | 44.165 | 52.322 | 72.669 | 45 |
| 46 | 33.353 | 33.705 | 34.026 | 34.322 | 36.534 | 38.108 | 40.545 | 45.243 | 53.559 | 74.333 | 46 |
| 47 | 34.230 | 34.587 | 34.913 | 35.215 | 37.462 | 39.062 | 41.540 | 46.322 | 54.796 | 75.997 | 47 |
| 48 | 35.108 | 35.471 | 35.803 | 36.109 | 38.392 | 40.018 | 42.537 | 47.401 | 56.033 | 77.660 | 48 |
| 49 | 35.988 | 36.357 | 36.694 | 37.004 | 39.323 | 40.975 | 43.534 | 48.481 | 57.270 | 79.324 | 49 |
| 50 | 36.870 | 37.245 | 37.586 | 37.901 | 40.255 | 41.933 | 44.533 | 49.562 | 58.508 | 80.988 | 50 |
| 51 | 37.754 | 38.134 | 38.480 | 38.800 | 41.189 | 42.892 | 45.533 | 50.644 | 59.746 | 82.652 | 51 |
| | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | |
| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |

| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|------------|------------------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | |
| 51 | 37.754 | 38.134 | 38.480 | 38.800 | 41.189 | 42.892 | 45.533 | 50.644 | 59.746 | 82.652 | 51 |
| 52 | 38.639 | 39.024 | 39.376 | 39.700 | 42.124 | 43.852 | 46.533 | 51.726 | 60.985 | 84.317 | 52 |
| 53 | 39.526 | 39.916 | 40.273 | 40.602 | 43.060 | 44.813 | 47.534 | 52.808 | 62.224 | 85.981 | 53 |
| 54 | 40.414 | 40.810 | 41.171 | 41.505 | 43.997 | 45.776 | 48.536 | 53.891 | 63.463 | 87.645 | 54 |
| 55 | 41.303 | 41.705 | 42.071 | 42.409 | 44.936 | 46.739 | 49.539 | 54.975 | 64.702 | 89.310 | 55 |
| 56 | 42.194 | 42.601 | 42.972 | 43.315 | 45.875 | 47.703 | 50.543 | 56.059 | 65.942 | 90.974 | 56 |
| 57 | 43.087 | 43.499 | 43.875 | 44.222 | 46.816 | 48.669 | 51.548 | 57.144 | 67.181 | 92.639 | 57 |
| 58 | 43.980 | 44.398 | 44.778 | 45.130 | 47.758 | 49.635 | 52.553 | 58.229 | 68.421 | 94.303 | 58 |
| 59 | 44.875 | 45.298 | 45.683 | 46.039 | 48.700 | 50.602 | 53.559 | 59.315 | 69.662 | 95.968 | 59 |
| 60 | 45.771 | 46.199 | 46.589 | 46.950 | 49.644 | 51.570 | 54.566 | 60.401 | 70.902 | 97.633 | 60 |
| 61 | 46.669 | 47.102 | 47.497 | 47.861 | 50.589 | 52.539 | 55.573 | 61.488 | 72.143 | 99.297 | 61 |
| 62 | 47.567 | 48.005 | 48.405 | 48.774 | 51.534 | 53.508 | 56.581 | 62.575 | 73.384 | 100.96 | 62 |
| 63 | 48.467 | 48.910 | 49.314 | 49.688 | 52.481 | 54.478 | 57.590 | 63.663 | 74.625 | 102.63 | 63 |
| 64 | 49.368 | 49.816 | 50.225 | 50.603 | 53.428 | 55.450 | 58.599 | 64.750 | 75.866 | 104.29 | 64 |
| 65 | 50.270 | 50.723 | 51.137 | 51.518 | 54.376 | 56.421 | 59.609 | 65.839 | 77.108 | 105.96 | 65 |
| 66 | 51.173 | 51.631 | 52.049 | 52.435 | 55.325 | 57.394 | 60.619 | 66.927 | 78.350 | 107.62 | 66 |
| 67 | 52.077 | 52.540 | 52.963 | 53.353 | 56.275 | 58.367 | 61.630 | 68.016 | 79.592 | 109.29 | 67 |
| 68 | 52.982 | 53.450 | 53.877 | 54.272 | 57.226 | 59.341 | 62.642 | 69.106 | 80.834 | 110.95 | 68 |
| 69 | 53.888 | 54.361 | 54.793 | 55.191 | 58.177 | 60.316 | 63.654 | 70.196 | 82.076 | 112.62 | 69 |
| 70 | 54.795 | 55.273 | 55.709 | 56.112 | 59.129 | 61.291 | 64.667 | 71.286 | 83.318 | 114.28 | 70 |
| 71 | 55.703 | 56.186 | 56.626 | 57.033 | 60.082 | 62.267 | 65.680 | 72.376 | 84.561 | 115.95 | 71 |
| 72 | 56.612 | 57.099 | 57.545 | 57.956 | 61.036 | 63.244 | 66.694 | 73.467 | 85.803 | 117.61 | 72 |
| 73 | 57.522 | 58.014 | 58.464 | 58.879 | 61.990 | 64.221 | 67.708 | 74.558 | 87.046 | 119.28 | 73 |
| 74 | 58.432 | 58.930 | 59.384 | 59.803 | 62.945 | 65.199 | 68.723 | 75.649 | 88.289 | 120.94 | 74 |
| 75 | 59.344 | 59.846 | 60.304 | 60.728 | 63.900 | 66.177 | 69.738 | 76.741 | 89.532 | 122.61 | 75 |
| 76 | 60.256 | 60.763 | 61.226 | 61.653 | 64.857 | 67.156 | 70.753 | 77.833 | 90.776 | 124.27 | 76 |
| 77 | 61.169 | 61.681 | 62.148 | 62.579 | 65.814 | 68.136 | 71.769 | 78.925 | 92.019 | 125.94 | 77 |
| 78 | 62.083 | 62.600 | 63.071 | 63.506 | 66.771 | 69.116 | 72.786 | 80.018 | 93.262 | 127.61 | 78 |
| 79 | 62.998 | 63.519 | 63.995 | 64.434 | 67.729 | 70.096 | 73.803 | 81.110 | 94.506 | 129.27 | 79 |
| 80 | 63.914 | 64.439 | 64.919 | 65.363 | 68.688 | 71.077 | 74.820 | 82.203 | 95.750 | 130.94 | 80 |
| 81 | 64.830 | 65.360 | 65.845 | 66.292 | 69.647 | 72.059 | 75.838 | 83.297 | 96.993 | 132.60 | 81 |
| 82 | 65.747 | 66.282 | 66.771 | 67.222 | 70.607 | 73.041 | 76.856 | 84.390 | 98.237 | 134.27 | 82 |
| 83 | 66.665 | 67.204 | 67.697 | 68.152 | 71.568 | 74.024 | 77.874 | 85.484 | 99.481 | 135.93 | 83 |
| 84 | 67.583 | 68.128 | 68.625 | 69.084 | 72.529 | 75.007 | 78.893 | 86.578 | 100.73 | 137.60 | 84 |
| 85 | 68.503 | 69.051 | 69.553 | 70.016 | 73.490 | 75.990 | 79.912 | 87.672 | 101.97 | 139.26 | 85 |
| 86 | 69.423 | 69.976 | 70.481 | 70.948 | 74.452 | 76.974 | 80.932 | 88.767 | 103.21 | 140.93 | 86 |
| 87 | 70.343 | 70.901 | 71.410 | 71.881 | 75.415 | 77.959 | 81.952 | 89.861 | 104.46 | 142.60 | 87 |
| 88 | 71.264 | 71.827 | 72.340 | 72.815 | 76.378 | 78.944 | 82.972 | 90.956 | 105.70 | 144.26 | 88 |
| 89 | 72.186 | 72.753 | 73.271 | 73.749 | 77.342 | 79.929 | 83.993 | 92.051 | 106.95 | 145.93 | 89 |
| 90 | 73.109 | 73.680 | 74.202 | 74.684 | 78.306 | 80.915 | 85.014 | 93.146 | 108.19 | 147.59 | 90 |
| 91 | 74.032 | 74.608 | 75.134 | 75.620 | 79.271 | 81.901 | 86.035 | 94.242 | 109.44 | 149.26 | 91 |
| 92 | 74.956 | 75.536 | 76.066 | 76.556 | 80.236 | 82.888 | 87.057 | 95.338 | 110.68 | 150.92 | 92 |
| 93 | 75.880 | 76.465 | 76.999 | 77.493 | 81.201 | 83.875 | 88.079 | 96.434 | 111.93 | 152.59 | 93 |
| 94 | 76.805 | 77.394 | 77.932 | 78.430 | 82.167 | 84.862 | 89.101 | 97.530 | 113.17 | 154.26 | 94 |
| 95 | 77.731 | 78.324 | 78.866 | 79.368 | 83.134 | 85.850 | 90.123 | 98.626 | 114.42 | 155.92 | 95 |
| 96 | 78.657 | 79.255 | 79.801 | 80.306 | 84.100 | 86.838 | 91.146 | 99.722 | 115.66 | 157.59 | 96 |
| 97 | 79.584 | 80.186 | 80.736 | 81.245 | 85.068 | 87.826 | 92.169 | 100.82 | 116.91 | 159.25 | 97 |
| 98 | 80.511 | 81.117 | 81.672 | 82.184 | 86.035 | 88.815 | 93.193 | 101.92 | 118.15 | 160.92 | 98 |
| 99 | 81.439 | 82.050 | 82.608 | 83.124 | 87.003 | 89.804 | 94.216 | 103.01 | 119.40 | 162.59 | 99 |
| 100 | 82.367 | 82.982 | 83.545 | 84.064 | 87.972 | 90.794 | 95.240 | 104.11 | 120.64 | 164.25 | 100 |
| 101 | 83.296 | 83.916 | 84.482 | 85.005 | 88.941 | 91.784 | 96.265 | 105.21 | 121.89 | 165.92 | 101 |
| n | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | n |
| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |

| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|-----|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | |
| 101 | 83.296 | 83.916 | 84.482 | 85.005 | 88.941 | 91.784 | 96.265 | 105.21 | 121.89 | 165.92 | 101 |
| 102 | 84.225 | 84.849 | 85.419 | 85.946 | 89.910 | 92.774 | 97.289 | 106.30 | 123.13 | 167.58 | 102 |
| 103 | 85.155 | 85.783 | 86.357 | 86.888 | 90.880 | 93.765 | 98.314 | 107.40 | 124.38 | 169.25 | 103 |
| 104 | 86.086 | 86.718 | 87.296 | 87.830 | 91.850 | 94.756 | 99.339 | 108.50 | 125.63 | 170.91 | 104 |
| 105 | 87.017 | 87.653 | 88.235 | 88.773 | 92.821 | 95.747 | 100.36 | 109.60 | 126.87 | 172.58 | 105 |
| 106 | 87.948 | 88.589 | 89.175 | 89.716 | 93.791 | 96.738 | 101.39 | 110.70 | 128.12 | 174.25 | 106 |
| 107 | 88.880 | 89.525 | 90.115 | 90.660 | 94.763 | 97.730 | 102.42 | 111.79 | 129.36 | 175.91 | 107 |
| 108 | 89.812 | 90.462 | 91.055 | 91.604 | 95.734 | 98.722 | 103.44 | 112.89 | 130.61 | 177.58 | 108 |
| 109 | 90.745 | 91.399 | 91.996 | 92.548 | 96.706 | 99.715 | 104.47 | 113.99 | 131.86 | 179.24 | 109 |
| 110 | 91.678 | 92.336 | 92.937 | 93.493 | 97.678 | 100.71 | 105.49 | 115.09 | 133.10 | 180.91 | 110 |
| 111 | 92.612 | 93.274 | 93.879 | 94.438 | 98.651 | 101.70 | 106.52 | 116.19 | 134.35 | 182.58 | 111 |
| 112 | 93.546 | 94.212 | 94.821 | 95.384 | 99.624 | 102.69 | 107.55 | 117.29 | 135.59 | 184.24 | 112 |
| 113 | 94.481 | 95.151 | 95.764 | 96.330 | 100.60 | 103.69 | 108.57 | 118.39 | 136.84 | 185.91 | 113 |
| 114 | 95.416 | 96.090 | 96.707 | 97.277 | 101.57 | 104.68 | 109.60 | 119.49 | 138.09 | 187.57 | 114 |
| 115 | 96.352 | 97.030 | 97.650 | 98.223 | 102.54 | 105.68 | 110.63 | 120.58 | 139.33 | 189.24 | 115 |
| 116 | 97.287 | 97.970 | 98.594 | 99.171 | 103.52 | 106.67 | 111.66 | 121.68 | 140.58 | 190.91 | 116 |
| 117 | 98.224 | 98.910 | 99.538 | 100.12 | 104.49 | 107.66 | 112.69 | 122.78 | 141.83 | 192.57 | 117 |
| 118 | 99.160 | 99.851 | 100.48 | 101.07 | 105.47 | 108.66 | 113.71 | 123.88 | 143.07 | 194.24 | 118 |
| 119 | 100.10 | 100.79 | 101.43 | 102.01 | 106.44 | 109.66 | 114.74 | 124.98 | 144.32 | 195.91 | 119 |
| 120 | 101.04 | 101.73 | 102.37 | 102.96 | 107.42 | 110.65 | 115.77 | 126.08 | 145.57 | 197.57 | 120 |
| 121 | 101.97 | 102.68 | 103.32 | 103.91 | 108.39 | 111.65 | 116.80 | 127.18 | 146.81 | 199.24 | 121 |
| 122 | 102.91 | 103.62 | 104.26 | 104.86 | 109.37 | 112.64 | 117.83 | 128.28 | 148.06 | 200.90 | 122 |
| 123 | 103.85 | 104.56 | 105.21 | 105.81 | 110.35 | 113.64 | 118.86 | 129.38 | 149.31 | 202.57 | 123 |
| 124 | 104.79 | 105.50 | 106.16 | 106.76 | 111.32 | 114.64 | 119.89 | 130.48 | 150.55 | 204.24 | 124 |
| 125 | 105.73 | 106.45 | 107.10 | 107.71 | 112.30 | 115.63 | 120.92 | 131.58 | 151.80 | 205.90 | 125 |
| 126 | 106.67 | 107.39 | 108.05 | 108.66 | 113.28 | 116.63 | 121.95 | 132.68 | 153.05 | 207.57 | 126 |
| 127 | 107.61 | 108.34 | 109.00 | 109.61 | 114.25 | 117.63 | 122.98 | 133.78 | 154.29 | 209.23 | 127 |
| 128 | 108.55 | 109.28 | 109.95 | 110.57 | 115.23 | 118.62 | 124.01 | 134.88 | 155.54 | 210.90 | 128 |
| 129 | 109.49 | 110.22 | 110.90 | 111.52 | 116.21 | 119.62 | 125.04 | 135.99 | 156.79 | 212.57 | 129 |
| 130 | 110.43 | 111.17 | 111.85 | 112.47 | 117.19 | 120.62 | 126.07 | 137.09 | 158.03 | 214.23 | 130 |
| 131 | 111.37 | 112.12 | 112.79 | 113.42 | 118.17 | 121.62 | 127.10 | 138.19 | 159.28 | 215.90 | 131 |
| 132 | 112.31 | 113.06 | 113.74 | 114.38 | 119.15 | 122.62 | 128.13 | 139.29 | 160.53 | 217.57 | 132 |
| 133 | 113.26 | 114.01 | 114.69 | 115.33 | 120.12 | 123.61 | 129.16 | 140.39 | 161.77 | 219.23 | 133 |
| 134 | 114.20 | 114.95 | 115.64 | 116.28 | 121.10 | 124.61 | 130.19 | 141.49 | 163.02 | 220.90 | 134 |
| 135 | 115.14 | 115.90 | 116.59 | 117.24 | 122.08 | 125.61 | 131.22 | 142.59 | 164.27 | 222.56 | 135 |
| 136 | 116.09 | 116.85 | 117.54 | 118.19 | 123.06 | 126.61 | 132.25 | 143.69 | 165.52 | 224.23 | 136 |
| 137 | 117.03 | 117.80 | 118.50 | 119.14 | 124.04 | 127.61 | 133.28 | 144.80 | 166.76 | 225.90 | 137 |
| 138 | 117.97 | 118.74 | 119.45 | 120.10 | 125.02 | 128.61 | 134.32 | 145.90 | 168.01 | 227.56 | 138 |
| 139 | 118.92 | 119.69 | 120.40 | 121.05 | 126.00 | 129.61 | 135.35 | 147.00 | 169.26 | 229.23 | 139 |
| 140 | 119.86 | 120.64 | 121.35 | 122.01 | 126.98 | 130.61 | 136.38 | 148.10 | 170.50 | 230.90 | 140 |
| 141 | 120.81 | 121.59 | 122.30 | 122.96 | 127.97 | 131.61 | 137.41 | 149.20 | 171.75 | 232.56 | 141 |
| 142 | 121.75 | 122.54 | 123.26 | 123.92 | 128.95 | 132.61 | 138.44 | 150.30 | 173.00 | 234.23 | 142 |
| 143 | 122.70 | 123.49 | 124.21 | 124.88 | 129.93 | 133.61 | 139.48 | 151.41 | 174.25 | 235.89 | 143 |
| 144 | 123.64 | 124.44 | 125.16 | 125.83 | 130.91 | 134.61 | 140.51 | 152.51 | 175.49 | 237.56 | 144 |
| 145 | 124.59 | 125.39 | 126.11 | 126.79 | 131.89 | 135.61 | 141.54 | 153.61 | 176.74 | 239.23 | 145 |
| 146 | 125.54 | 126.34 | 127.07 | 127.75 | 132.87 | 136.61 | 142.57 | 154.71 | 177.99 | 240.89 | 146 |
| 147 | 126.48 | 127.29 | 128.02 | 128.70 | 133.86 | 137.61 | 143.61 | 155.82 | 179.24 | 242.56 | 147 |
| 148 | 127.43 | 128.24 | 128.98 | 129.66 | 134.84 | 138.61 | 144.64 | 156.92 | 180.48 | 244.23 | 148 |
| 149 | 128.38 | 129.19 | 129.93 | 130.62 | 135.82 | 139.62 | 145.67 | 158.02 | 181.73 | 245.89 | 149 |
| 150 | 129.32 | 130.14 | 130.88 | 131.58 | 136.80 | 140.62 | 146.71 | 159.12 | 182.98 | 247.56 | 150 |
| 151 | 130.27 | 131.09 | 131.84 | 132.53 | 137.79 | 141.62 | 147.74 | 160.23 | 184.23 | 249.22 | 151 |
| n | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | n |

| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|-----|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | |
| 151 | 130.27 | 131.09 | 131.84 | 132.53 | 137.79 | 141.62 | 147.74 | 160.23 | 184.23 | 249.22 | 151 |
| 152 | 131.22 | 132.04 | 132.79 | 133.49 | 138.77 | 142.62 | 148.77 | 161.33 | 185.47 | 250.89 | 152 |
| 153 | 132.17 | 132.99 | 133.75 | 134.45 | 139.75 | 143.62 | 149.81 | 162.43 | 186.72 | 252.56 | 153 |
| 154 | 133.12 | 133.95 | 134.71 | 135.41 | 140.74 | 144.63 | 150.84 | 163.53 | 187.97 | 254.22 | 154 |
| 155 | 134.06 | 134.90 | 135.66 | 136.37 | 141.72 | 145.63 | 151.87 | 164.64 | 189.22 | 255.89 | 155 |
| 156 | 135.01 | 135.85 | 136.62 | 137.33 | 142.70 | 146.63 | 152.91 | 165.74 | 190.47 | 257.56 | 156 |
| 157 | 135.96 | 136.80 | 137.57 | 138.29 | 143.69 | 147.63 | 153.94 | 166.84 | 191.71 | 259.22 | 157 |
| 158 | 136.91 | 137.76 | 138.53 | 139.25 | 144.67 | 148.64 | 154.98 | 167.95 | 192.96 | 260.89 | 158 |
| 159 | 137.86 | 138.71 | 139.49 | 140.21 | 145.66 | 149.64 | 156.01 | 169.05 | 194.21 | 262.56 | 159 |
| 160 | 138.81 | 139.66 | 140.44 | 141.17 | 146.64 | 150.64 | 157.05 | 170.15 | 195.46 | 264.22 | 160 |
| 161 | 139.76 | 140.62 | 141.40 | 142.13 | 147.63 | 151.65 | 158.08 | 171.25 | 196.70 | 265.89 | 161 |
| 162 | 140.71 | 141.57 | 142.36 | 143.09 | 148.61 | 152.65 | 159.12 | 172.36 | 197.95 | 267.55 | 162 |
| 163 | 141.66 | 142.53 | 143.32 | 144.05 | 149.60 | 153.66 | 160.15 | 173.46 | 199.20 | 269.22 | 163 |
| 164 | 142.61 | 143.48 | 144.28 | 145.01 | 150.58 | 154.66 | 161.19 | 174.56 | 200.45 | 270.89 | 164 |
| 165 | 143.57 | 144.44 | 145.23 | 145.97 | 151.57 | 155.66 | 162.22 | 175.67 | 201.70 | 272.55 | 165 |
| 166 | 144.52 | 145.39 | 146.19 | 146.93 | 152.55 | 156.67 | 163.26 | 176.77 | 202.94 | 274.22 | 166 |
| 167 | 145.47 | 146.35 | 147.15 | 147.89 | 153.54 | 157.67 | 164.29 | 177.88 | 204.19 | 275.89 | 167 |
| 168 | 146.42 | 147.30 | 148.11 | 148.86 | 154.53 | 158.68 | 165.33 | 178.98 | 205.44 | 277.55 | 168 |
| 169 | 147.37 | 148.26 | 149.07 | 149.82 | 155.51 | 159.68 | 166.36 | 180.08 | 206.69 | 279.22 | 169 |
| 170 | 148.32 | 149.21 | 150.03 | 150.78 | 156.50 | 160.69 | 167.40 | 181.19 | 207.94 | 280.88 | 170 |
| 171 | 149.28 | 150.17 | 150.99 | 151.74 | 157.48 | 161.69 | 168.43 | 182.29 | 209.18 | 282.55 | 171 |
| 172 | 150.23 | 151.13 | 151.95 | 152.71 | 158.47 | 162.70 | 169.47 | 183.39 | 210.43 | 284.22 | 172 |
| 173 | 151.18 | 152.08 | 152.91 | 153.67 | 159.46 | 163.70 | 170.50 | 184.50 | 211.68 | 285.88 | 173 |
| 174 | 152.14 | 153.04 | 153.87 | 154.63 | 160.44 | 164.71 | 171.54 | 185.60 | 212.93 | 287.55 | 174 |
| 175 | 153.09 | 154.00 | 154.83 | 155.60 | 161.43 | 165.71 | 172.58 | 186.71 | 214.18 | 289.22 | 175 |
| 176 | 154.04 | 154.95 | 155.79 | 156.56 | 162.42 | 166.72 | 173.61 | 187.81 | 215.42 | 290.88 | 176 |
| 177 | 155.00 | 155.91 | 156.75 | 157.52 | 163.41 | 167.72 | 174.65 | 188.91 | 216.67 | 292.55 | 177 |
| 178 | 155.95 | 156.87 | 157.71 | 158.49 | 164.39 | 168.73 | 175.69 | 190.02 | 217.92 | 294.22 | 178 |
| 179 | 156.91 | 157.83 | 158.67 | 159.45 | 165.38 | 169.73 | 176.72 | 191.12 | 219.17 | 295.88 | 179 |
| 180 | 157.86 | 158.78 | 159.63 | 160.42 | 166.37 | 170.74 | 177.76 | 192.23 | 220.42 | 297.55 | 180 |
| 181 | 158.81 | 159.74 | 160.59 | 161.38 | 167.36 | 171.75 | 178.79 | 193.33 | 221.66 | 299.22 | 181 |
| 182 | 159.77 | 160.70 | 161.55 | 162.34 | 168.35 | 172.75 | 179.83 | 194.44 | 222.91 | 300.88 | 182 |
| 183 | 160.72 | 161.66 | 162.52 | 163.31 | 169.33 | 173.76 | 180.87 | 195.54 | 224.16 | 302.55 | 183 |
| 184 | 161.68 | 162.62 | 163.48 | 164.27 | 170.32 | 174.77 | 181.91 | 196.65 | 225.41 | 304.21 | 184 |
| 185 | 162.64 | 163.58 | 164.44 | 165.24 | 171.31 | 175.77 | 182.94 | 197.75 | 226.66 | 305.88 | 185 |
| 186 | 163.59 | 164.54 | 165.40 | 166.21 | 172.30 | 176.78 | 183.98 | 198.85 | 227.91 | 307.55 | 186 |
| 187 | 164.55 | 165.50 | 166.37 | 167.17 | 173.29 | 177.79 | 185.02 | 199.96 | 229.15 | 309.21 | 187 |
| 188 | 165.50 | 166.46 | 167.33 | 168.14 | 174.28 | 178.79 | 186.05 | 201.06 | 230.40 | 310.88 | 188 |
| 189 | 166.46 | 167.42 | 168.29 | 169.10 | 175.27 | 179.80 | 187.09 | 202.17 | 231.65 | 312.55 | 189 |
| 190 | 167.42 | 168.37 | 169.25 | 170.07 | 176.26 | 180.81 | 188.13 | 203.27 | 232.90 | 314.21 | 190 |
| 191 | 168.37 | 169.34 | 170.22 | 171.03 | 177.25 | 181.81 | 189.17 | 204.38 | 234.15 | 315.88 | 191 |
| 192 | 169.33 | 170.30 | 171.18 | 172.00 | 178.24 | 182.82 | 190.20 | 205.48 | 235.40 | 317.55 | 192 |
| 193 | 170.29 | 171.26 | 172.14 | 172.97 | 179.23 | 183.83 | 191.24 | 206.59 | 236.64 | 319.21 | 193 |
| 194 | 171.24 | 172.22 | 173.11 | 173.93 | 180.22 | 184.84 | 192.28 | 207.69 | 237.89 | 320.88 | 194 |
| 195 | 172.20 | 173.18 | 174.07 | 174.90 | 181.21 | 185.85 | 193.32 | 208.80 | 239.14 | 322.55 | 195 |
| 196 | 173.16 | 174.14 | 175.04 | 175.87 | 182.20 | 186.85 | 194.35 | 209.90 | 240.39 | 324.21 | 196 |
| 197 | 174.12 | 175.10 | 176.00 | 176.84 | 183.19 | 187.86 | 195.39 | 211.01 | 241.64 | 325.88 | 197 |
| 198 | 175.07 | 176.06 | 176.96 | 177.80 | 184.18 | 188.87 | 196.43 | 212.11 | 242.89 | 327.54 | 198 |
| 199 | 176.03 | 177.02 | 177.93 | 178.77 | 185.17 | 189.88 | 197.47 | 213.22 | 244.13 | 329.21 | 199 |
| 200 | 176.99 | 177.98 | 178.89 | 179.74 | 186.16 | 190.89 | 198.51 | 214.32 | 245.38 | 330.88 | 200 |
| 201 | 177.95 | 178.95 | 179.86 | 180.71 | 187.15 | 191.89 | 199.55 | 215.43 | 246.63 | 332.54 | 201 |
| | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | |
| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |

| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|-----------------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | |
| 201 | 177.95 | 178.95 | 179.86 | 180.71 | 187.15 | 191.89 | 199.55 | 215.43 | 246.63 | 332.54 | 201 |
| 202 | 178.91 | 179.91 | 180.82 | 181.67 | 188.14 | 192.90 | 200.58 | 216.53 | 247.88 | 334.21 | 202 |
| 203 | 179.87 | 180.87 | 181.79 | 182.64 | 189.13 | 193.91 | 201.62 | 217.64 | 249.13 | 335.88 | 203 |
| 204 | 180.82 | 181.83 | 182.75 | 183.61 | 190.12 | 194.92 | 202.66 | 218.74 | 250.38 | 337.54 | 204 |
| 205 | 181.78 | 182.79 | 183.72 | 184.58 | 191.11 | 195.93 | 203.70 | 219.85 | 251.63 | 339.21 | 205 |
| 206 | 182.74 | 183.76 | 184.69 | 185.55 | 192.10 | 196.94 | 204.74 | 220.95 | 252.87 | 340.88 | 206 |
| 207 | 183.70 | 184.72 | 185.65 | 186.52 | 193.10 | 197.95 | 205.78 | 222.06 | 254.12 | 342.54 | 207 |
| 208 | 184.66 | 185.68 | 186.62 | 187.48 | 194.09 | 198.96 | 206.82 | 223.17 | 255.37 | 344.21 | 208 |
| 209 | 185.62 | 186.65 | 187.58 | 188.45 | 195.08 | 199.97 | 207.85 | 224.27 | 256.62 | 345.88 | 209 |
| 210 | 186.58 | 187.61 | 188.55 | 189.42 | 196.07 | 200.97 | 208.89 | 225.38 | 257.87 | 347.54 | 210 |
| 211 | 187.54 | 188.57 | 189.52 | 190.39 | 197.06 | 201.98 | 209.93 | 226.48 | 259.12 | 349.21 | 211 |
| 212 | 188.50 | 189.54 | 190.48 | 191.36 | 198.06 | 202.99 | 210.97 | 227.59 | 260.37 | 350.88 | 212 |
| 213 | 189.46 | 190.50 | 191.45 | 192.33 | 199.05 | 204.00 | 212.01 | 228.69 | 261.61 | 352.54 | 213 |
| 214 | 190.42 | 191.46 | 192.42 | 193.30 | 200.04 | 205.01 | 213.05 | 229.80 | 262.86 | 354.21 | 214 |
| 215 | 191.38 | 192.43 | 193.38 | 194.27 | 201.03 | 206.02 | 214.09 | 230.90 | 264.11 | 355.87 | 215 |
| 216 | 192.34 | 193.39 | 194.35 | 195.24 | 202.02 | 207.03 | 215.13 | 232.01 | 265.36 | 357.54 | 216 |
| 217 | 193.30 | 194.35 | 195.32 | 196.21 | 203.02 | 208.04 | 216.17 | 233.12 | 266.61 | 359.21 | 217 |
| 218 | 194.26 | 195.32 | 196.29 | 197.18 | 204.01 | 209.05 | 217.21 | 234.22 | 267.86 | 360.87 | 218 |
| 219 | 195.23 | 196.28 | 197.25 | 198.15 | 205.00 | 210.06 | 218.25 | 235.33 | 269.11 | 362.54 | 219 |
| 220 | 196.19 | 197.25 | 198.22 | 199.12 | 206.00 | 211.07 | 219.29 | 236.43 | 270.36 | 364.21 | 220 |
| 221 | 197.15 | 198.21 | 199.19 | 200.09 | 206.99 | 212.08 | 220.33 | 237.54 | 271.60 | 365.87 | 221 |
| 222 | 198.11 | 199.18 | 200.16 | 201.06 | 207.98 | 213.09 | 221.37 | 238.65 | 272.85 | 367.54 | 222 |
| 223 | 199.07 | 200.14 | 201.12 | 202.04 | 208.97 | 214.10 | 222.41 | 239.75 | 274.10 | 369.21 | 223 |
| 224 | 200.03 | 201.11 | 202.09 | 203.01 | 209.97 | 215.11 | 223.45 | 240.86 | 275.35 | 370.87 | 224 |
| 225 | 201.00 | 202.07 | 203.06 | 203.98 | 210.96 | 216.12 | 224.48 | 241.96 | 276.60 | 372.54 | 225 |
| 226 | 201.96 | 203.04 | 204.03 | 204.95 | 211.95 | 217.14 | 225.52 | 243.07 | 277.85 | 374.21 | 226 |
| 227 | 202.92 | 204.00 | 205.00 | 205.92 | 212.95 | 218.15 | 226.56 | 244.18 | 279.10 | 375.87 | 227 |
| 228 | 203.88 | 204.97 | 205.97 | 206.89 | 213.94 | 219.16 | 227.60 | 245.28 | 280.35 | 377.54 | 228 |
| 229 | 204.85 | 205.94 | 206.94 | 207.86 | 214.94 | 220.17 | 228.65 | 246.39 | 281.59 | 379.21 | 229 |
| 230 | 205.81 | 206.90 | 207.91 | 208.84 | 215.93 | 221.18 | 229.69 | 247.49 | 282.84 | 380.87 | 230 |
| 231 | 206.77 | 207.87 | 208.87 | 209.81 | 216.92 | 222.19 | 230.73 | 248.60 | 284.09 | 382.54 | 231 |
| 232 | 207.73 | 208.83 | 209.84 | 210.78 | 217.92 | 223.20 | 231.77 | 249.71 | 285.34 | 384.21 | 232 |
| 233 | 208.70 | 209.80 | 210.81 | 211.75 | 218.91 | 224.21 | 232.81 | 250.81 | 286.59 | 385.87 | 233 |
| 234 | 209.66 | 210.77 | 211.78 | 212.72 | 219.91 | 225.22 | 233.85 | 251.92 | 287.84 | 387.54 | 234 |
| 235 | 210.62 | 211.73 | 212.75 | 213.70 | 220.90 | 226.23 | 234.89 | 253.02 | 289.09 | 389.20 | 235 |
| 236 | 211.59 | 212.70 | 213.72 | 214.67 | 221.90 | 227.25 | 235.93 | 254.13 | 290.34 | 390.87 | 236 |
| 237 | 212.55 | 213.67 | 214.69 | 215.64 | 222.89 | 228.26 | 236.97 | 255.24 | 291.58 | 392.54 | 237 |
| 238 | 213.52 | 214.64 | 215.66 | 216.61 | 223.88 | 229.27 | 238.01 | 256.34 | 292.83 | 394.20 | 238 |
| 239 | 214.48 | 215.60 | 216.63 | 217.59 | 224.88 | 230.28 | 239.05 | 257.45 | 294.08 | 395.87 | 239 |
| 240 | 215.44 | 216.57 | 217.60 | 218.56 | 225.87 | 231.29 | 240.09 | 258.56 | 295.33 | 397.54 | 240 |
| 241 | 216.41 | 217.54 | 218.57 | 219.53 | 226.87 | 232.30 | 241.13 | 259.66 | 296.58 | 399.20 | 241 |
| 242 | 217.37 | 218.50 | 219.54 | 220.51 | 227.86 | 233.32 | 242.17 | 260.77 | 297.83 | 400.87 | 242 |
| 243 | 218.34 | 219.47 | 220.51 | 221.48 | 228.86 | 234.33 | 243.21 | 261.88 | 299.08 | 402.54 | 243 |
| 244 | 219.30 | 220.44 | 221.48 | 222.45 | 229.85 | 235.34 | 244.25 | 262.98 | 300.33 | 404.20 | 244 |
| 245 | 220.27 | 221.41 | 222.46 | 223.43 | 230.85 | 236.35 | 245.29 | 264.09 | 301.58 | 405.87 | 245 |
| 246 | 221.23 | 222.38 | 223.43 | 224.40 | 231.84 | 237.36 | 246.34 | 265.20 | 302.82 | 407.54 | 246 |
| 247 | 222.20 | 223.34 | 224.40 | 225.37 | 232.84 | 238.38 | 247.38 | 266.30 | 304.07 | 409.20 | 247 |
| 248 | 223.16 | 224.31 | 225.37 | 226.35 | 233.84 | 239.39 | 248.42 | 267.41 | 305.32 | 410.87 | 248 |
| 249 | 224.13 | 225.28 | 226.34 | 227.32 | 234.83 | 240.40 | 249.46 | 268.52 | 306.57 | 412.54 | 249 |
| 250 | 225.09 | 226.25 | 227.31 | 228.30 | 235.83 | 241.41 | 250.50 | 269.62 | 307.82 | 414.20 | 250 |
| 251 | 226.06 | 227.22 | 228.28 | 229.27 | 236.82 | 242.43 | 251.54 | 270.73 | 309.07 | 415.87 | 251 |
| n | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | n |
| Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | | |

| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |
|-----|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | |
| 251 | 226.06 | 227.22 | 228.28 | 229.27 | 236.82 | 242.43 | 251.54 | 270.73 | 309.07 | 415.87 | 251 |
| 252 | 227.02 | 228.19 | 229.25 | 230.25 | 237.82 | 243.44 | 252.58 | 271.84 | 310.32 | 417.54 | 252 |
| 253 | 227.99 | 229.16 | 230.23 | 231.22 | 238.81 | 244.45 | 253.62 | 272.94 | 311.57 | 419.20 | 253 |
| 254 | 228.95 | 230.12 | 231.20 | 232.19 | 239.81 | 245.46 | 254.67 | 274.05 | 312.82 | 420.87 | 254 |
| 255 | 229.92 | 231.09 | 232.17 | 233.17 | 240.81 | 246.48 | 255.71 | 275.16 | 314.07 | 422.54 | 255 |
| 256 | 230.89 | 232.06 | 233.14 | 234.14 | 241.80 | 247.49 | 256.75 | 276.26 | 315.31 | 424.20 | 256 |
| 257 | 231.85 | 233.03 | 234.11 | 235.12 | 242.80 | 248.50 | 257.79 | 277.37 | 316.56 | 425.87 | 257 |
| 258 | 232.82 | 234.00 | 235.09 | 236.09 | 243.80 | 249.52 | 258.83 | 278.48 | 317.81 | 427.53 | 258 |
| 259 | 233.78 | 234.97 | 236.06 | 237.07 | 244.79 | 250.53 | 259.87 | 279.58 | 319.06 | 429.20 | 259 |
| 260 | 234.75 | 235.94 | 237.03 | 238.04 | 245.79 | 251.54 | 260.91 | 280.69 | 320.31 | 430.87 | 260 |
| 261 | 235.72 | 236.91 | 238.00 | 239.02 | 246.78 | 252.56 | 261.96 | 281.80 | 321.56 | 432.53 | 261 |
| 262 | 236.68 | 237.88 | 238.98 | 239.99 | 247.78 | 253.57 | 263.00 | 282.90 | 322.81 | 434.20 | 262 |
| 263 | 237.65 | 238.85 | 239.95 | 240.97 | 248.78 | 254.58 | 264.04 | 284.01 | 324.06 | 435.87 | 263 |
| 264 | 238.62 | 239.82 | 240.92 | 241.95 | 249.77 | 255.60 | 265.08 | 285.12 | 325.31 | 437.53 | 264 |
| 265 | 239.58 | 240.79 | 241.89 | 242.92 | 250.77 | 256.61 | 266.12 | 286.23 | 326.56 | 439.20 | 265 |
| 266 | 240.55 | 241.76 | 242.87 | 243.90 | 251.77 | 257.62 | 267.17 | 287.33 | 327.80 | 440.87 | 266 |
| 267 | 241.52 | 242.73 | 243.84 | 244.87 | 252.77 | 258.64 | 268.21 | 288.44 | 329.05 | 442.53 | 267 |
| 268 | 242.49 | 243.70 | 244.81 | 245.85 | 253.76 | 259.65 | 269.25 | 289.55 | 330.30 | 444.20 | 268 |
| 269 | 243.45 | 244.67 | 245.79 | 246.82 | 254.76 | 260.66 | 270.29 | 290.65 | 331.55 | 445.87 | 269 |
| 270 | 244.42 | 245.64 | 246.76 | 247.80 | 255.76 | 261.68 | 271.33 | 291.76 | 332.80 | 447.53 | 270 |
| 271 | 245.39 | 246.61 | 247.73 | 248.78 | 256.75 | 262.69 | 272.38 | 292.87 | 334.05 | 449.20 | 271 |
| 272 | 246.36 | 247.58 | 248.71 | 249.75 | 257.75 | 263.71 | 273.42 | 293.98 | 335.30 | 450.87 | 272 |
| 273 | 247.32 | 248.55 | 249.68 | 250.73 | 258.75 | 264.72 | 274.46 | 295.08 | 336.55 | 452.53 | 273 |
| 274 | 248.29 | 249.52 | 250.66 | 251.71 | 259.75 | 265.73 | 275.50 | 296.19 | 337.80 | 454.20 | 274 |
| 275 | 249.26 | 250.50 | 251.63 | 252.68 | 260.74 | 266.75 | 276.55 | 297.30 | 339.05 | 455.87 | 275 |
| 276 | 250.23 | 251.47 | 252.60 | 253.66 | 261.74 | 267.76 | 277.59 | 298.40 | 340.30 | 457.53 | 276 |
| 277 | 251.20 | 252.44 | 253.58 | 254.64 | 262.74 | 268.78 | 278.63 | 299.51 | 341.54 | 459.20 | 277 |
| 278 | 252.16 | 253.41 | 254.55 | 255.61 | 263.74 | 269.79 | 279.67 | 300.62 | 342.79 | 460.87 | 278 |
| 279 | 253.13 | 254.38 | 255.53 | 256.59 | 264.74 | 270.80 | 280.71 | 301.73 | 344.04 | 462.53 | 279 |
| 280 | 254.10 | 255.35 | 256.50 | 257.57 | 265.73 | 271.82 | 281.76 | 302.83 | 345.29 | 464.20 | 280 |
| 281 | 255.07 | 256.32 | 257.48 | 258.54 | 266.73 | 272.83 | 282.80 | 303.94 | 346.54 | 465.87 | 281 |
| 282 | 256.04 | 257.30 | 258.45 | 259.52 | 267.73 | 273.85 | 283.84 | 305.05 | 347.79 | 467.53 | 282 |
| 283 | 257.01 | 258.27 | 259.42 | 260.50 | 268.73 | 274.86 | 284.89 | 306.16 | 349.04 | 469.20 | 283 |
| 284 | 257.98 | 259.24 | 260.40 | 261.48 | 269.73 | 275.88 | 285.93 | 307.26 | 350.29 | 470.87 | 284 |
| 285 | 258.95 | 260.21 | 261.37 | 262.45 | 270.72 | 276.89 | 286.97 | 308.37 | 351.54 | 472.53 | 285 |
| 286 | 259.91 | 261.18 | 262.35 | 263.43 | 271.72 | 277.91 | 288.01 | 309.48 | 352.79 | 474.20 | 286 |
| 287 | 260.88 | 262.16 | 263.32 | 264.41 | 272.72 | 278.92 | 289.06 | 310.58 | 354.04 | 475.86 | 287 |
| 288 | 261.85 | 263.13 | 264.30 | 265.39 | 273.72 | 279.93 | 290.10 | 311.69 | 355.28 | 477.53 | 288 |
| 289 | 262.82 | 264.10 | 265.27 | 266.36 | 274.72 | 280.95 | 291.14 | 312.80 | 356.53 | 479.20 | 289 |
| 290 | 263.79 | 265.07 | 266.25 | 267.34 | 275.72 | 281.96 | 292.18 | 313.91 | 357.78 | 480.86 | 290 |
| 291 | 264.76 | 266.05 | 267.23 | 268.32 | 276.72 | 282.98 | 293.23 | 315.01 | 359.03 | 482.53 | 291 |
| 292 | 265.73 | 267.02 | 268.20 | 269.30 | 277.71 | 283.99 | 294.27 | 316.12 | 360.28 | 484.20 | 292 |
| 293 | 266.70 | 267.99 | 269.18 | 270.28 | 278.71 | 285.01 | 295.31 | 317.23 | 361.53 | 485.86 | 293 |
| 294 | 267.67 | 268.96 | 270.15 | 271.25 | 279.71 | 286.02 | 296.36 | 318.34 | 362.78 | 487.53 | 294 |
| 295 | 268.64 | 269.94 | 271.13 | 272.23 | 280.71 | 287.04 | 297.40 | 319.44 | 364.03 | 489.20 | 295 |
| 296 | 269.61 | 270.91 | 272.10 | 273.21 | 281.71 | 288.05 | 298.44 | 320.55 | 365.28 | 490.86 | 296 |
| 297 | 270.58 | 271.88 | 273.08 | 274.19 | 282.71 | 289.07 | 299.49 | 321.66 | 366.53 | 492.53 | 297 |
| 298 | 271.55 | 272.86 | 274.06 | 275.17 | 283.71 | 290.09 | 300.53 | 322.77 | 367.78 | 494.20 | 298 |
| 299 | 272.52 | 273.83 | 275.03 | 276.15 | 284.71 | 291.10 | 301.57 | 323.88 | 369.03 | 495.86 | 299 |
| 300 | 273.49 | 274.80 | 276.01 | 277.13 | 285.71 | 292.12 | 302.62 | 324.98 | 370.28 | 497.53 | 300 |
| | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | |
| n | Probabilidad de pérdida (E) | | | | | | | | | | n |



ANEXO 1C



***ESPECÍFICACIONES
TÉCNICAS DE LOS
EQUIPOS***

**TECHNICAL PROPOSAL FOR
ANDINATEL CDMA450 WLL PROJECT**



HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD.

2006

1. Preface

In this technical proposal, Huawei proposes a complete CDMA WLL system to ANDINATEL. We have prepared this offer based on the technical specifications stipulated in the requirement document and some network design assumptions. Should any of these assumptions be changed, the design would be updated accordingly.

Huawei can provide the CDMA WLL system, which is the latest developed wireless access communication technology. It provides complete functions of circuit domain in fixed network. And it also can supply high speed packet data service, and supports multimedia service etc. Huawei CDMA WLL system are characterized by complete compatibility with CDMA2000 1X and CDMA2000 1X EVDO, backward compatibility with IS-95. Successful solutions of Huawei have repeatedly proven them the most cost-effective and competitive.

We firmly believe that the outstanding CDMA WLL products, combined with our abundant experiences in cell planning, network design, project management, engineering and services, will make Huawei a long term reliable partner for the development of ANDINATEL WLL networks for a long-term cooperation.

2. Network Solution Proposal

2.1 Requirement Analysis

After in-depth analysis and comprehension of the requirement document and network environments, Huawei provides this solution proposal, which is believed to be able to meet the requirements of ANDINATEL well.

1. Frequency Band:

BTS receiving/MS transmitting: **479.0 - 483.5 MHz.**

BTS transmitting/MS receiving: **489.0 - 493.5 MHz.**

2. Equipment and Services: The elements of CDMA WLL network which should be offered and quoted include equipment of Radio Access Subsystem, Packet Data Subsystem and Operation Subsystem. The supported services include voice traffic, high speed packet data service and inter-working function.
3. Regions: Nero city.

2.2 Design Assumptions

Basic requirements made by Huawei are shown in Table 2-1. Huawei has taken this information in full consideration throughout the design process. Should any of these assumptions be changed, the design would be updated accordingly. Huawei's proposed network has been designed in accordance with the following parameters.

Table 2-1

| 1. Basic Parameters | |
|--|-------|
| Average Traffic per Subscriber (ErI) | 0.100 |
| Percentage of IWF Subscriber | 3% |
| Average Traffic per IWF Subscriber (ErI) | 0.03 |
| CCS7 Signaling Link Load (ErI) * | 0.2 |
| Average Mean Holding Time per Call (Sec) * | 60 |
| Type of Trunk(ohm)* | 75 |
| 2.1 Packet Data Parameter For CDMA 1X WLL User | |
| Percentage of 1x Packet Data Subscriber | 10% |
| PPP Session Hold Time (Sec) * | 350 |
| PPP Session DRF * | 10% |
| Average Data Service Rate (Kbps) | 22.7 |
| 2.2 Packet Data Parameter For CDMA 1X EVDO WLL User | |
| PPP Session Hold Time (Sec) * | 130 |
| PPP Session DRF * | 10% |
| Link Average Data Service Rate (Kbps) | 112 |

| 3. Grade of Service (GoS) | |
|----------------------------------|----|
| Um Interface * | 2% |
| V5 interface * | 1% |
| Other interfaces* | 1% |

Remark: Items marked with asterisk (symbol *) are assumed by Huawei.

2.3 Network Diagram

In this section, Huawei provides three of the networking diagrams, they are overview diagram network with detailed links/E1s deployment and O&M network diagram, where you may get a clear concept of the whole networking.

2.3.1 Network Overview.

The overall network structure of CDMA WLL SYSTEM is in ANNEX 2, FIGURE 1 NETWORK STRUCTURE OF CDMA 2000 1X SYSTEM.

2.3.2 O&M Network

Please refer to FIGURE 2 O&M NETWORK STRUCTURE - HUAWEI M2000 SYSTEM ANNEX 2.

2.4 Network Explanation

This section will introduce in detail the network dimension, network solution highlights and equipment list supplied by Huawei.

2.4.1 Network Dimension

1. Integrated Network Description

Huawei provides equipment for 450MHz WLL service in Cananville, Yaruqui, and Tocachi. According to the requirement of capacity, 1 RAC (RAC/PCF), 3 BTS3606 (Macro-BTS S 1/1/1) can satisfy the project.

The RAC is adopted in this project, integrated with PCF for packet data service and IWF function for circuit data service. It can be easily upgrade to larger capacity RAC. When RAC is connected to upper network system, the service forms two directions: circuit domain and packet data domain. Via V5.2 interface (integrated Huawei STE can support SS7&R2). RAC is connected to PSTN or NGN, realizing traditional call services and circuit data service. The circuit data service is a kind of low-speed data service of 14.4Kbps bit rate and is used for FAX and asynchronous data service. In packet data domain, RAC/PCF is connected to PDSN via A10/A11 interfaces to realize high speed data service at a rate of 153.6Kbps (307.2 if release A) in 1x system and 2.4Mbps in 1x EVDO system. At the same time, RAC is connected the AN-AAA via A12 interfaces to realize management of the EVDO subscriber data. Meanwhile, RAC is connected to lower system BTS via Abis interface.

BTS is connected to RAC via Abis interfaces and service the subscribers via air interfaces. According to the requirement, BTS3606 (macro BTS) should be configured for this project.

PDSN is of packet data domain in CDMA system and mainly consists of Firewall, AAA server and PDSN. PDSN is connected to internet directly, and is connected to lower system PCF via A10/A11 interfaces. In this way, CDMA system provides high speed packet data service for subscriber. Huawei propose a small capacity Packet Data Serving Node (PDSN) in this project according to the requirement of the capacity, and it can be expanded easily and smoothly to a large-capacity PDSN.

RAC, PDSN and iManager M2000 central system are proposed to be configured in the same central room as LE. Most interfaces of these equipments are in the same room, such as V5.2 interface and A10/A11 interfaces. It would reduce the overall infrastructure and installation costs, such as power system, and long-distance transmission resources.

There is iManager M2000 central system in the central room, composed of the servers and O&M terminals. M2000 is responsible for maintaining all equipment of Huawei mobile

system via Local Area Network (LAN) and partial E1. It can maintain the remote RACs via E1 network. Meanwhile, M2000 system also provides remote dial-in maintenance via RAS (Remote Access Server) server.

4. Detailed Radio Access Networking

RAC is connected with 3 BTS, and supply 352 TCEs and 9 TRXs. The BTSs are located in Cananvalle, Yaruqui, and Tocachi.

2.4.2 Equipment List

To meet the technical requirement of this project, the following equipment is proposed as shown in Table 2-3. For more details, please refer to the *price schedule/list of equipment*.

Table 2-3

| Network element | Capacity | Quantity (set) |
|-----------------|------------------------|----------------|
| M2000 | | |
| M2000 | Server | 1 |
| RAC | | |
| RAC | 9TRXsJ352TCEs | 1 |
| BTS | | |
| BTS3606S1/1/1 | 3TRXs/128TCEs per Site | 2 |
| BTS3606S1/1/1 | 3TRXs/96TCEs per Site | 1 |
| PDS | | |
| PDSN | PPP90 | 1 |
| AAA | User90 | 1 |

2.5 Solution Highlights

Huawei delivers to customers a high performance, cost-effective and tailor-made CDMA WLL End to-End solution. The offered solution covers network equipment, service platform, user terminals and after-sale service supporting.

In order to achieve a network design that can fulfill the requirements of ANDINATEL well, Huawei has made use of the outstanding features of its CDMA WLL products mentioned below in order to enhance the performance of the proposed network:

Advanced Technology for CDMA WLL Solutions

Compared with the popularly used IS-2000 Release 0, Huawei take the lead in supporting the more complete Release A, which provides better service and wireless resource management algorithm to enhance network quality. (Huawei system has already support it, but need the corresponding Release A terminal to enjoy the following features)

1. Realize fast access of Release A(0.7~1.7s), much faster than the 1.5-2.7 second of Release 0;
2. Provide QoS assurance mechanism, which is not available in Release 0;
3. Offer abundant services such as voice and data concurrent service and broadcasting service.

Powerful Services Supporting Capability

Huawei CDMA WLL system boasts not only higher access speed and larger capacity, but also the capability to provide attractive services to subscribers.

Huawei CDMA WLL solution provides an open public value-added service platform for network operators to get more revenue. New services will be easily created on this service platform in the future, which guarantees long-term revenue for operators. The high quality voice services and data services, which are basic parts of a telecommunication network, are also available.

Huawei RAC integrate built-in short message service center. Simultaneity, Huawei provide Fixed/Mobile Wireless Terminal with SMS function. That make fixed network operator develop the magnetic service easily.

Huawei RAC integrated Inter-working function help operator to realize data service of circuit domain.

Huawei CDMA WLL supports packet domain pre-paid service to attract more different subscribers. And Huawei supplies various wireless public payphone solutions to meet requirements of customer. Meanwhile, Huawei can provide different roaming limited solutions, which cause that fixed network operator can choice cell-level roaming limited or roaming capability among 6 RACs.

And Huawei WLL system provides Unified Interface of Business-Hall to make satisfied subscribers, because operator can transact service application of subscriber facilely via Huawei's Unified Interface.

Excellent Interoperability

As a customer-oriented vendor, Huawei understands that interoperability and openness of a telecommunication system is very important to our customers. Keeping this in mind, we develop our CDMA WLL solution, which strictly complies with the standards and has excellent compatibility.

Flexible & Cost-effective Networking

Huawei delivers high-performance CDMA WLL Total Solutions, which can be deployed on different topology, supporting flexible networking in case of different requirements.

One of the important features of Huawei RAC is high integration and scalability. For large capacity network, RAC can support max 480K subscribers (0.03Erl per User). Single RAC of large capacity can be shared by multiple local networks, which reduces the investment of equipments; for small capacity network, Huawei provides compact RAC of 30K (0.03Erl per User) subscribers with only 1 cabinet.

Huawei BTS supports chain, tree, star style and even satellite style networking; supports microwave, E1, T1, SDH, HDSL, and Fractional ATM over E1 transmission manners.

With the fractional ATM over E1, Huawei BTS can share single E1 with other system and thus reduce transmission investment. In addition, Huawei SoftSite supports 6-level chain networking for the zony coverage.

CDMA2000 1X/1xEV-DO hybrid network can be set up by integrating the CDMA2000 1X equipment to answer the needs on both voice and data services. CDMA2000 1xEV-DO can work with the existing CDMA2000 1X WLL network in overlay mode to provide data service to hot spots.

With these features, Huawei CDMA WLL solution can realize flexible and cost-effective networking.

Advanced, Tailor-made and Cost-effective BTS Family

Years of operational experience reveals to have requires of superior mobile network coverage and high network quality. Based on Huawei technical experience with wireless system design, network planning and deployment, Huawei BTS family is designed with this goal in mind. For crowded big cities with high traffic, like office buildings, underground shopping malls, exhibition houses, city squares, the macro-cell BTS3606, BTS3606A and BTS3612 can be used for general coverage.

For rural areas like towns, or tourist attractions with low traffic, and areas with harsh geography, the BTS equipment that provides wide coverage with low cost and low capacity and strikes a good balance between capital investment and small revenue potential is the iSiteC BTS3601C. The Micro BTS, iSiteC BTS3601C, is selected for its fast, flexible and cheap network deployment. It avoids high cost and difficult network planning by adopting macro-cell BTS technology. The alternative to using the BTS3601C is a macro-cell BTS, which requires additional costs for transmission, power supply and machine rooms.

There are some places in cities like high buildings, underground shopping malls or subways, where general network coverage does not always reach. Softsite ODU3601C is the right solution when considering requirements such as quality of coverage, deployment cost and installation convenience. The ODU3601C gets the GPS signal from the host BTS that it is

connected to, so no GPS antenna is required. By incorporating the function of a distributed antenna system, coverage for indoor places and blind spot areas is well provided. In addition, due to its small size and light weight, the ODU3601C is easily deployed at a low cost.

The Table 2-2 gives brief details about Huawei serial BTS products.

Table 2-2

| Model | | Max. sector carrier per cabinet | Capacity | Application | Type |
|-----------|----------------|---------------------------------|----------|--|---|
| BTS3606 | Single-carrier | 6 | Medium | Medium and small cities, towns. Low requirement for equipment room. | Indoor BTS supporting CDMA2000 1x and 1xEV-DO |
| | Multi-carrier | 18 | Large | Highly populated area and city | INDOOR BTS SUPPORTING CDMA2000 1X AND 1XEVD-DO |
| BTS3606 A | Single-carrier | 6 | Medium | HIGHLY POPULATED AREA AND CITY, MEDIUM AND SMALL CITIES AND TOWNS. | OUTDOOR BTS SUPPORTING CDMA2000 1X AND 1XEVD-DO |
| | Multi-carrier | 18 | Large | High-traffic area and limited equipment room space, highly populated area and city | Outdoor BTS supporting CDMA2000 1x and 1xEV-DO |

| Model | Max. sector carrier per cabinet | Capacity | Application | Type |
|----------|---------------------------------|----------|----------------------------------|--|
| BTS3612 | 12 | Large | Highly populated area and city. | Indoor BTS supporting both CDMA2000 1x and 1xEV-DO |
| BTS3601C | 1 | Small | Indoor, underground, highway and | Outdoor BTS supporting CDMA2000 1x(also |

| | | | | |
|----------|---|-------|--|---|
| | | | railroad. | applicable to the indoor condition) |
| ODU3601C | 1 | Small | Indoor, underground, highway and railroad. | Outdoor BTS supporting CDMA2000 1x(also applicable to the indoor condition) |

Broad Coverage

Huawei can provide series advanced technologies for wide coverage, such as noise control, power control algorithm, antenna tilting thus improve spectral efficiency as a whole and increase cell capacity while balancing the radio quality of service with minimum cell-breathing effect. Huawei radio equipments full potential can be adjusted to a wonderful receive sensitivity of -128dBm. Through these technologies, the forward coverage radius of Huawei BSS system can reach up to 220 km (line of sight) in 450M system.

And other Huawei particular technologies for broad coverage are below:

1. The output power of Macro BTS and Micro BTS(BTS3601C and ODU3601C) can reach up to 50W(in 450M&800M system);
2. Huawei Micro BTS can be installed on the top of tower, reducing feeder loss by 2-5dB to achieve broader coverage.
3. Huawei CDMA WLL solution also supports satellite transmission on Abis interface,
4. FWT with external directional antenna to extends the coverage, so the networking will no longer completely be restricted by geographical conditions and the cost will be cut down.

Future-oriented Design

Huawei believes that a future-oriented solution is crucial for the sustainable development of mobile networks. Based on CDMA2000 1X, Huawei CDMA WLL system is 1xEV-

oriented. It adopted the most advanced platform and technologies, ensuring smooth evolution to 1xEV-DO / 1xEV-DV.

ATM broadband packet platform with switching capacity of 25Gbps, only by upgrading the software of RAC&BTS, and adding 1xEV channel board to BTS, it is very convenient for the operator upgrade the 1x network to 1xEV;

Digital transceiver for higher receiving sensitivity, patent radio resource management algorithm and variable step length power control technique to improve coverage and capacity, also fulfill the requirements for evolution to EV-DO; in the meantime, the network interference will be reduced and system capacity increased.

Huawei CDMA WLL systems strictly conform to the standard and fully consider smooth evolution from the beginning of design, so as to protect operators' investment in the most extent.

Advanced Anti-Interference Technology and Effective Radio Algorithm

Huawei adopt the adaptive notch filter in BTS to offer an excellent anti-interference ability, which can increase the system sensitivity and the system capacity simultaneously.

With whole flow traffic leading policy, Huawei CDMA WLL system resources can be fully utilized so as to realize the goal of traffic load equalization and better system performance. The call success rate of Huawei CDMA WLL system is higher than 99%.

Integrated, Unified & Convenient Network Management

Huawei iManager M2000 system is an integrated, unified O&M system. It is a powerful platform with friendly Man-Machine Interface (MMI) and operation guide. It also provides various maintenance modes such as remote GUI Client, MML, WEB and TELNET, which guarantee easy and convenient operation. With iManager M2000 system, users can centralize fault management, performance management, configuration and security management for all network elements. The powerful functionalities and convenient operation help operators effectively control and manage their comprehensive and ever-growing networks.

3. Equipment Dimensioning and Design Methodology

In this part, we have described our proposal in detail. We have proposed 1 RAC and 1 BTS. O&M of all the network elements will be maintained by one central M2000 OMC.

1.1 RAC/PCF/IWF

3.1.1 Features of RAC/PCF/IWF

Huawei RAC can integrate PCF to support the PDSN functionality and provides packet data service. PCF also can be standalone that means Huawei RAC supports the standard A8/A9 interface to access other vendor's PCF. It is also IWF-integrated. The features of proposed RAC/PCF/IWF are shown as below, for more feature description please refer to *Product Description of RAC/PCF/IWF*.

Table 3-1 (main characteristics of RAC6610 in maximum configuration)

| Item | Indices |
|---------------------|------------------------------------|
| Capacity | 1536FA, 21,600TCE |
| Traffic volume | 14.400 ERL |
| Processing capacity | 1280kBHCA |
| Trunk | PSTN: 512E1. Abis interface: 512E1 |
| Data Capacity | 200M |
| IWF Capacity | 576 asynchronous data |

1. Huawei CDMA2000 1X/1xEV-DO WLL system is forward-compatible with the IS-95. Both the IS-95 and CDMA2000 1X terminal can originate and receive calls normally under the coverage of the CDMA2000 1X/1xEV-DO network. The RAC supports smooth evolution from CDMA2000 1X to the CDMA 1X EV-DO and CDMA 1X EV-DV by means of software update.

2. Huawei RAC features high integration, large capacity and smooth expansion, helping structure a concise network and save the cost. It supports built-in PCF and IWF as well as standalone PCF and IWF.
3. Supports hybrid configuration of CDMA 1X and CDMA EV-DO networks. Supplies 1X and 1X EV-DO service simultaneously.
4. Supports Built-in short message service center; provides SMS for WLL system. And supplies interface to billing system.
5. Supports mixed configuration of 450M, 800M, 1900M, and 2100M in one RAC. Just need to configure parameters of software, And One Huawei RAC can serve the different frequency band BTSs.

3.1.2 Physical Dimension of RAC/PCF/IWF

Physical Dimensions of RAC is shown in Table 3-2.

Table 3-2

| Item | Cabinets |
|--|--------------------|
| Dimensión (depth*width*height) | 800mmx600mmx2100mm |
| Quantity | 1 |
| Dimensión of Assemblage (depth*width*height) | 800mmx680mmx2100mm |

Floor bearing weight of the equipment room: not less than 400KG/ m².

2.2 BTS

3.1.3 Features of BTS

The Huawei BTS is compatible with IS-95A/B and CDMA2000 1X/1X EVDO, and can be upgraded to CDMA2000 1x EV smoothly. Huawei presents a series of outdoor and indoor

BTS to meet the requirements of coverage and capacity. These BTSs provide flexible coverage of cities, expressways, hot spots and blind spots.

The features of Huawei BTSs are shown as below, for more feature descriptions please refer to Product Description of BTS.

1. Huawei CDMA2000 1x system can be simply and smoothly evolved to 1x EV. BTS only need to add 1x EV channel processing board and upgrade the software which is guaranteed by Huawei CDMA2000 1X BTS advanced hardware design. The operator will greatly benefit from the reduced investment, minimized impact on the on-line services.
2. Huawei CDMA BTS family provides the total coverage solution according to the population distribution and different landform, applicable to coverage of urban areas, hot spots, countryside, suburbs, highways and multi-layer buildings, to provide the best service for customer.
3. Indoor Macro BTS3612 features large-capacity design, modular structure and high integration. A single cabinet can accommodate up to 12 sector-carriers. It also supports 36 sector-carriers with three fully configured cabinets combined together. BTS3612 supports both -48VDC and +24VDC power supply mode.
4. Indoor Macro BTS3606 is suitable for medium population density areas. It can provide up to 18 carriers per cabinet with multi-carrier technology and support wide coverage solutions by providing up to 50W output power, which strongly enhances the coverage radius. BTS3606 provides -48V or +24V DC input.
5. Outdoor Macro BTS3606A supports built-in air conditioner, heat radiator, batteries and microwave transmission system. Featuring with 18 sector-carriers per cabinet, the BTS3606A supports 220V, 230V and 240V power and also compatible with 110 V AC, 115V AC and 127V AC power and single-phase/three-phase input. BTS3606A can accommodate to various climates and complex electromagnetic environments as its compliant to IP55 safety standards.

6. iSiteC BTS3601C is small and light and requires no equipment room/iron tower/air conditioner. It suits outdoor applications. A BTS3601C can be connected with two or more ODU3601Cs in tree networking mode. It can also construct a S1/1/1 (one BTS with three sectors), which especially suits the indoor or outdoor covering in anywhere efficiently.
7. Huawei unique ODU3601C shares base-band processing resources, main control unit and GPS signal with the master BTS, so it supports 1xEV without any modification when the master BTS uses 1xEV. And it is small and light and requires no equipment room/iron tower/air conditioner. It is easy to hang on walls and poles in areas where equipment rooms are unavailable, which allows fast deployment and meets the coverage requirements of remote areas or special areas such as the subway.
8. Huawei BTS adopts a highly linear power amplifier and a built-in high performance filter, the advantage hardware design of BTS guarantees co-site construction with different frequency point BTS, such as GSM BTS. It can save the equipment room, iron tower and the transmission E1 trunks, easy to speed up installation and save the investment.
9. BTS also supports fractional E1 transmission, thus sharing one E1 of existing BTS from different technologies.
10. Digital transceiver with high sensitivity is adopted in all types of BTS to achieve a better coverage and save the cost.
11. Adopt patent intelligent software phase lock technology and built-in high precision crystal-oscillator to enhance stability of dock. Huawei BTS can keep working for more than 48 hours when losing satellite synchronization, which ensures the secure operation in emergency cases.

The indices of proposed BTSs are shown as below, for more feature descriptions please refer to *Product Description of BTS*.

Table 3-3 BTS3606 indices

| Item | Indices |
|---|--|
| Capacity | 6 carriers per cabinet. |
| Transmitting Power | 20W/Camer |
| Receiving Sensitivity | -128dBm |
| Quality factor of transmitting waveform | Y=0.997 |
| Transmission | E1/T1/STM-1, 36 Gigabits Optical Ports |
| Power Supply | DC: -48V/+24V. AC: 220V |

As per the requirements in requirement document, Huawei has proposed its widely used BTS series with installation equipment. BTS3606 is proposed to be used with -48V DC or +24V power supply.

Key Specifications

The technical indices include engineering, protection, capacity and performance indices. The engineering indices include power supply, power consumption, weight, dimensions and other indices involved in engineering installation. The protection indices refer to the capabilities of the main external interfaces against surge current. The capacity indices include the carrier capacity and channel capacity. The performance indices refer to the technical parameters of its transceiver and the reliability indices of the whole system.

Engineering Index

| | | |
|-----------------------|---|---|
| Power supply | ~220V (150~300V AC) | |
| Operation environment | Temperature: -40°C~+55°C Relative humidity 5%~100% | |
| Power consumption | 20W BTS | <350W (In normal temperature, while the heating plate is not working) <700W (In low temperature, while the heating plate is working) |

| | | |
|--|------------|---|
| | 50W BTS | <650W (In normal temperature, while the heating plate is not working) <700W (In low temperature, while the heating plate is working) |
| Weight | 20W BTS | <45kg |
| | 50W BTS | <50kg |
| Cabinet dimensions (height% width% depth) | 20W BTS | 700mm%450mm%330mm |
| | 50W BTS | 820mm%450 mm%330mm |

Protection Index

| | |
|---|---|
| E1 interface | Differential mode 5kA, or common mode 10kA surge current |
| RF feeder interface | Differential mode 8kA, or common mode 8kA surge current |
| AC power supply interface (for connecting AC lightning protection box) | Differential mode 40kA, or common mode 40kA surge current |
| Satellite feeder interface (for connecting lightning arrester for satellite feeder) | Differential mode 8kA, or common mode 8kA surge current |

Capacity Index

| | |
|---------------------------|--|
| Number of sector-carriers | Configuration of single-BTS: 1 sector-carrier |
| | Configuration of cascaded ODU3601Cs: 3 sector-carriers |

| | |
|--------------------|--|
| Number of channels | 96 reverse channels and 192 forward channels, satisfying the 3 sector-carriers application |
|--------------------|--|

Performance Index

Transmission index

450MHz band:

| | |
|---------------------|--|
| Working frequency | 489~493.5 MHz |
| Channel bandwidth | 1.23MHz |
| Channel precision | 25kHz |
| Frequency tolerance | [!0.05ppm |
| Transmit power | 20W (the maximum value measured at the feeder port of the cabinet) |

800MHz band:

| | | |
|---------------------|------------|--|
| Frequency coverage | 869~894MHz | |
| Channel bandwidth | 1.23MHz | |
| Channel step length | 30kHz | |
| Frequency tolerance | [!0.05ppm | |
| Transmit power | 20W BTS | 20W (the maximum value measured at the feeder port of the cabinet) |
| | 50W BTS | 50W (the maximum value measured at the feeder port of the cabinet) |

Reception index

450MHz band:

| | |
|-------------------|-----------------------------------|
| Working frequency | 479 ~483.5 MHz |
| Channel bandwidth | 1.23MHz |
| Channel precision | 25kHz |
| Signal receiving | -127dBm (RC3, main and diversity) |

| | |
|-------------|------------|
| sensitivity | reception) |
|-------------|------------|

800MHz band:

| | |
|------------------------------|---|
| Working frequency | 824~849MHz |
| Channel bandwidth | 1.23MHz |
| Channel step length | 30kHz |
| Signal receiving sensitivity | -128dBm (RC3, main and diversity reception) |

System reliability index

| | |
|-----------------------------------|---------------|
| Mean Time Between Failures (MTBF) | m100,000 hour |
| Mean Time To Repair (MTTR) | [1 hour |
| Availability | m99.999% |

3.1.4 Physical Dimension of BTS

The physical dimension of different BTS is shown in Table 3-4.

Table 3-4

| Item | Dimensión (depth*width*height) |
|---------------------------|--------------------------------|
| BTS3612 Cabinet | 650mmx800mmx1800mm |
| BTS3606 Cabinet | 650mmx600mmx1400mm |
| BTS3606A Cabinet | 1700mmx1200mm x1000mm |
| Site3601 C/SoftSite3601 C | 700mmx450mmx330mm |

Floor bearing weight of the equipment room: not less than 500KG/ m².

3.3 PDS

3.3.1 Features of PDSN/AAA

PDSN9660 is of packet data domain entity in CDMA system. It's a gateway between Packet Data Network (PDN) and the CDMA2000 system and mainly comprises of, AAA/AN-AAA server, PDSN subrack, MIP HA server, LAN Switches and firewalls. The interface between AAA server and PDSN conforms to the standard IP protocols. PDSN is connected to upper system internet directly, and is connected to lower system PCF via A10/A11 interfaces. In this way, CDMA system provides high speed packet data service for subscribers.

The features of proposed PDSN are shown as below:

Table 3-5 (main characteristics of PDSN9660 in maximum configuration)

| Parameter | Specification |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Simultaneously active PPP connections | 100,000 |
| Packet forwarding capacity(480 Bytes) | 80.000 packets per second |
| Maximum throughput | 300M bit/s |

Huawei PDSN9660 meets the requirements of all standards wireless IP protocols, and comes with some advanced and expanded features, including:

Optimized PDSN selection

- Support data packet prepaid service
- Support mobile and simple IP networking
- A maximum configuration can support a total of 100,000 PPP connections.
- Supporting Stac LZS compression, Van Jacobson TCP/IP header compression and MPPC for CCP negotiation.
- Supporting IP VPN services (GRE, L2TP and MPLS).

- Providing Differentiated Services (Diff-serv) based Quality of Service (QoS). Supporting QoS marking, traffic classification, traffic policing, traffic shaping, queuing, congestion control and IP policy routing.
- Detecting and isolating of PDSN fault
- Minimized PDSN switching requirements
- 1+1 and 1:1 Hot-backup for the Key Boards
- Support of PDSN redundancy
- Fast re-register within PDSN

Beside the above features, Huawei PDSN9660 offers rich physical interfaces:

- Fast Ethernet interface (FE, 10/100 Mbit/s)
- Gigabit Ethernet interface (GE, 1000Mbit/s)
- Packet Over SDH interface(POS, 155/622/Mbit/s. 2.5GbiVs)
- Asynchronous Transfer Mode interface (ATM, 155Mbit/s)

For more feature descriptions of PDSN, please refer to Product Description of PDSN.

3.3.2 Configuration Summary

The proposed PDSN is designed for the small-capacity system according to the capacity of this project. The small capacity PDSN can supports 40Mbps data processing and 32000 PPP Session totally, and can be smoothly expanded to a large capacity PDSN.

The proposed AAA Server is configured in the same cabinet with PDSN hardware or standalone and adopts the same cabinet type as PDSN hardware cabinet. These RAC/PCFs will be connected to PDSN using TCP/IP. For remote RAC/PCFs, we propose to use E1 to connect them to PDSN, and for local RAC use LAN.

3.3.3 Physical Dimension

The physical dimension of PDSN is shown in Table 3-6.

Table 3-6

| Item | Cabinets |
|--|---------------------|
| Dimension (depth*width*height) | 800mmx600mmx2100mm |
| Quantity | 1 |
| Dimension of Assemblage (depth*width*height) | 800mmx1280mmx2100mm |

Floor bearing weight of the equipment room: not less than 450KG/ m².

3.4 OMC

3.4.1 Features of iManager M2000

Huawei iManager M2000, i.e. the mobile network integrated Operation & Maintenance system, is a complete set of network management solution launched by Huawei. iManager M2000 is intended to support Huawei CDMA WLL series products. Besides, it supports the access to various types of equipment, and provides centralized and unified network management of these mobile equipments. Meanwhile, iManager M2000 provides the standard CORBA interface to its upper-level NMS to support multilevel network management systems. It provides O&M of any network element through any of its workstations. M2000 provides multiform alarm modes: sound alarm, light alarm, alarm on O&M terminals and alarm on printers, which can monitor the real-time running status of system. The features of proposed M2000 are shown as below, for more feature descriptions please refer to Product Description of iManager M2000.

1. Powerful built-in signaling tracing function can cut down the cost for external tracing equipment. Signaling tracing function for all interfaces, such as Abis, Um, A3/A7, A8/A9, and A10/A11 and soon. Tracing status of designated user.

2. Convenient O&M function can enable the operator to process system operation and maintenance easily. Alarm analysis function prevents similar alarms from occurring and locates the fault accurately, which improves the efficiency in fault handling for the operator. Alarm knowledge database shares the success experience of operation and maintenance. When the alarm is handled successfully, the system will store the handling method in the database automatically. Detailed online help, a patient helper in anywhere. Convenient O&M language, including Man-Machine Language (MML) and Graphic User Interface (GUI). MML allows fast implementation for skilled engineers. GUI is a vivid graphical O&M interface based on electronic map. That benefits beginners a lot. It can display the sector and carrier information graphically and performance alarm information on real-time basis.
3. Flexible statistic and report present customized statistic tables, such as user-defined statistic Items or time period, as well as abundant standard report templates. Customized.
4. Realizing subnet maintenance via standard upper-level Network Management interfaces. It realizes maintenance for the whole system. Supporting core database interface and standard CORBA interface. Subnet maintenance includes subnet alarm report and performance report. Standard upper-level NM interface realizes united maintenance between different vendors.
5. Supporting redundant functions for convenient operations, such as software on-line patching, business hall interface function, remote dial-up operation and maintenance. Hot-swappable boards and modules, RF module blind mating and BTS configuration data are uploaded to RAC during the hardware maintenance.
6. The system features high security. In the system, flexible management of the user authority can be implemented by means of dividing NEs into subnets, setting the entire-network manager, subnet manager, entire-network/subnet ordinary users. Illegal intrusion to the network can be avoided through the ID authentication upon user login and logout. Meanwhile, to enhance the data security, the system also provides the data backup and restoration functions, and encrypts the data before transmission.

7. The system provides powerful intelligent report tool which allows users to customize the report design. Besides, it provides several performance and configuration report templates. Several report output modes are available so that users can obtain the system data for various operations and maintenance.

3.4.2 Configuration Summary

Huawei CDMA WLL system will be managed by iManager M2000 system. It provides O&M of all network elements of Huawei. RAC will be placed together with M2000; these network elements will be connected to M2000 using TCP/IP. For remote NEs, we propose to use partial-EI to connect them to M2000.

O&M can be performed remotely on BTS through workstations over LAN or locally using portable O&M workstation.

M2000 system configuration details are shown in Table 3-7.

Table 3-7

| Location | M2000 Sever | Remote Access Server | O&M Terminal | Alarm Terminal |
|-----------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Central Room | One set of Single Server | 1 | 1 | 1 |

4. Power System

4.1 Power Consumption

In this offer, the proposed RAC and PDSN will be powered by -48 V DC and M2000 equipment by 220 V/50 Hz AC.

The DC/AC power consumption and heat dissipation in busy hour is shown as below:

4.1.1 Equipment Room

The power consumption of equipment room is shown in Table 4-1.

Table 4-1

| Equipment | Power Consumption (Watt) | | Heat Dissipation (Kcal / Hour) |
|-----------------|--------------------------|---------------|--------------------------------|
| | DC(-48V) | AC(220V/50Hz) | |
| RAC | 2980 | - | 2444 |
| M2000 | - | 1620 | 1328 |
| PDSN/AAA | 3116 | 920 | 3310 |

4.1.2 BTS Rooms

The DC power consumption and heat dissipation of BTS in busy hour is shown in Table 4-2.

Table 4-2

| BTS type | Power Consumption (Watt) | | Heat Dissipation (Kcal/Tour) |
|-------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|
| | DC (-48 V) | AC (220 V/50Hz) | |
| BTS3606S111 | 1400 | - | 1148 |

5. Summary

In this document we provide a solution proposal for ANDINATEL. There are basic descriptions for equipment configurations in this proposal. For detailed description of equipment please refer to corresponding system description and function description files. Huawei enjoys reputations of being responsible and qualified vendor in telecommunication field. Huawei does believe its products can bring a strong, powerful and economical mobile system to you. Together with our plentiful and customized services, more benefit for operators can be expected. We wish that this solution may lead to our long-term cooperation. As an innovative and reliable vendor in the telecommunication industry, Huawei is dedicated to deliver a robust, powerful and cost-effective mobile system for our customer with the state-of-

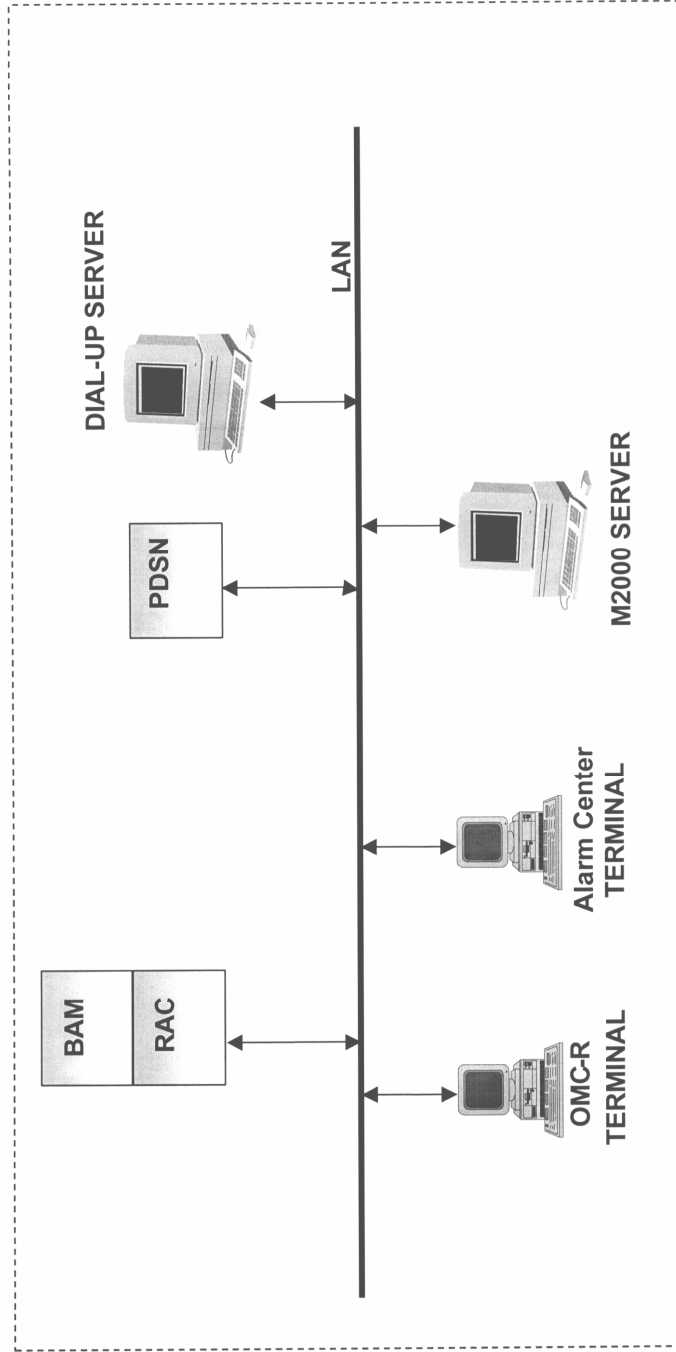
the-art services and even more. A stable and long-term cooperation is the commitment that Huawei always believes in.

ANNEX 1. Abbreviations

| | |
|--------------|--|
| ATM | Asynchronous Transfer Mode |
| BAM | Back Administration Module |
| BHCA | Busy Hour Calling Attempt |
| BSC | Base Station Controller |
| BSS | Base Station Subsystem |
| BTS | Base Transceiver Station |
| CDMA | Code División Múltiple Access |
| CIPS | CDMA Integration Process Sub-rack |
| CRPS | CDMA Resource Packet Sub-rack |
| EMC | Electro-Magnetic Compatibility |
| EV-DO | Enhance Voice & Data Optimization |
| GPS | Global Position System |
| GSM | Global System for Mobile Communications |
| IP | Internet Protocol |
| IS-95 | Interim Standards 95 |
| IWF | Interworking Function |
| M2000 | iManager M2000 (Huawei O&M Center Product) |
| MML | Man Machine Language |
| MS | Mobile Station |

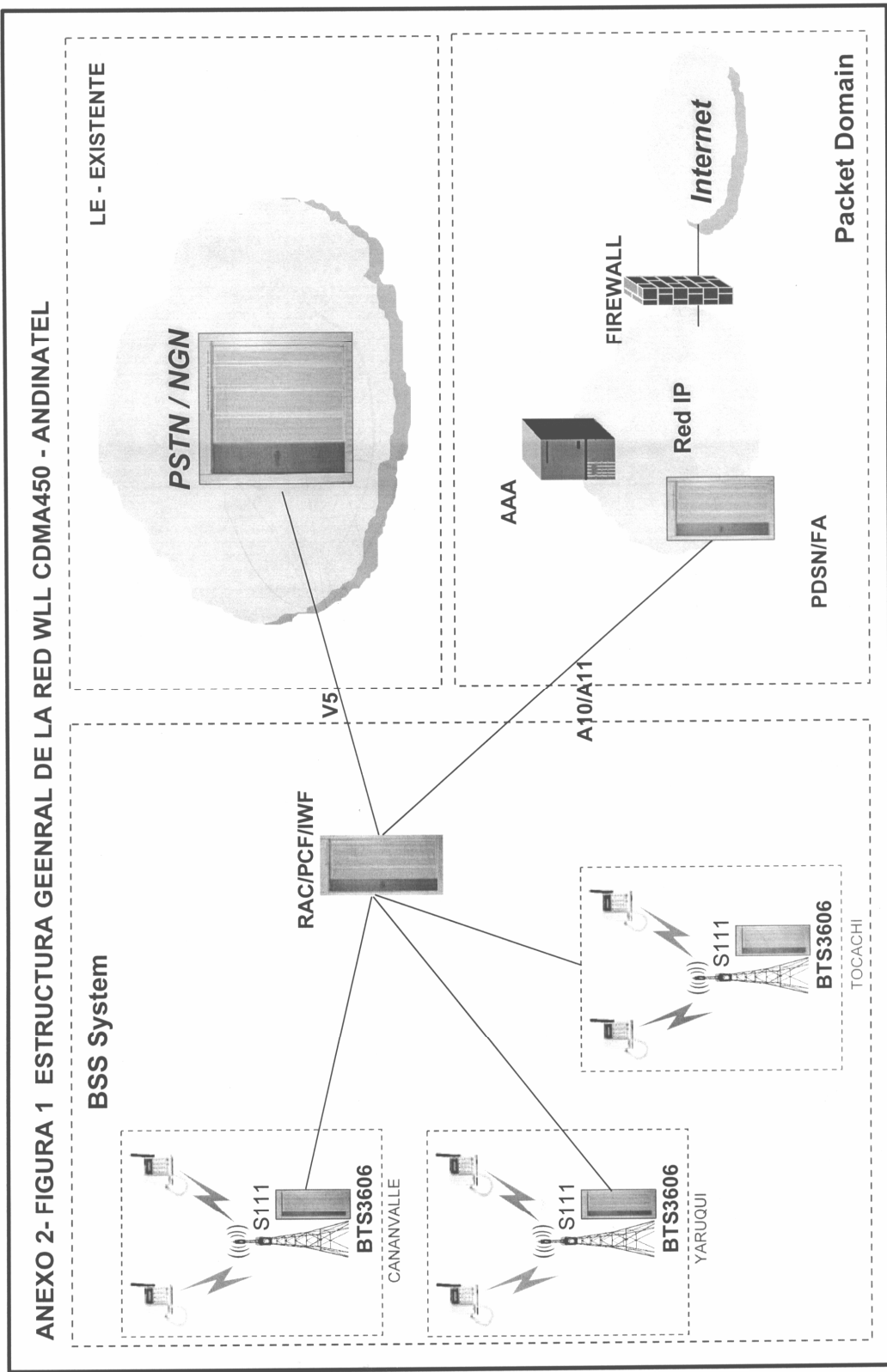
| | |
|-------------|-----------------------------------|
| MTP | Message Transfer Part |
| NMS | Network Management System |
| OMC | Operation & Maintenance Center |
| OML | Operation & Maintenance Link |
| PCF | Packet Control Function |
| PCM | Pulse Code Modulation |
| PDSN | Packet Data Serving Node |
| PPP | Peer-Peer Protocol |
| PSTN | Public Switched Telephone Network |
| QoS | Quality of Service |
| RAC | Radio Access Controller |
| SDH | Synchronous Digital Hierarchy |
| TCP | Transport Control Protocol |
| WLL | Wireless Local Loop |

ANEXO 2- FIGURA2 ESTRUCTURA DE LA RED O&M – SISTEMA HUAWEI M2000



Confidential information for huawei

ANEXO 2- FIGURA 1 ESTRUCTURA GEENRAL DE LA RED WLL CDMA450 - ANDINATEL



Confidential information for huawei



ANEXO 2C



ENCUESTA

UBICACIÓN:.....
PARROQUIA:.....
CANTÓN:.....
NÚMERO DE MIEMBROS DE LA FAMILIA:.....

INFRAESTRUCTURA ACTUAL.

- 1. Número de líneas telefónicas que posee la vivienda:.....
- 2. ¿Con qué servicios cuenta la vivienda?

Voz..... Fax..... Internet.....

- 3. ¿Cuál es el porcentaje de utilización de cada servicio?

Voz..... Fax..... Internet.....

- 4. ¿En qué horas del día se realizan mayor número de llamadas?

07H00 – 10H00
10H00 – 15H00
15H00 – 18H00
18H00 – 22H00

DEMANDA EXISTENTE.

- 5. ¿Qué otros servicios requiere?

Voz..... Fax..... Internet.....

- 6. ¿Cuántas líneas más requiere de cada servicio?

Voz..... Fax..... Internet.....

- 7. Cree usted que requerirá más líneas telefónicas.

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

- 8. Observaciones:

.....
.....
.....
.....



ANEXO 1D



*Cartas Topográficas
del Noroccidente del
Cantón Quito*



RIO GUAYABAMBA



VACAS GALINDO



SAN MIGUEL DE LOS
BANCOS



CALACALÍ



ANEXO 2D



*Simulación de la
cobertura de la Red
CDMA450 con el
Software
RADIO_MOBILE*

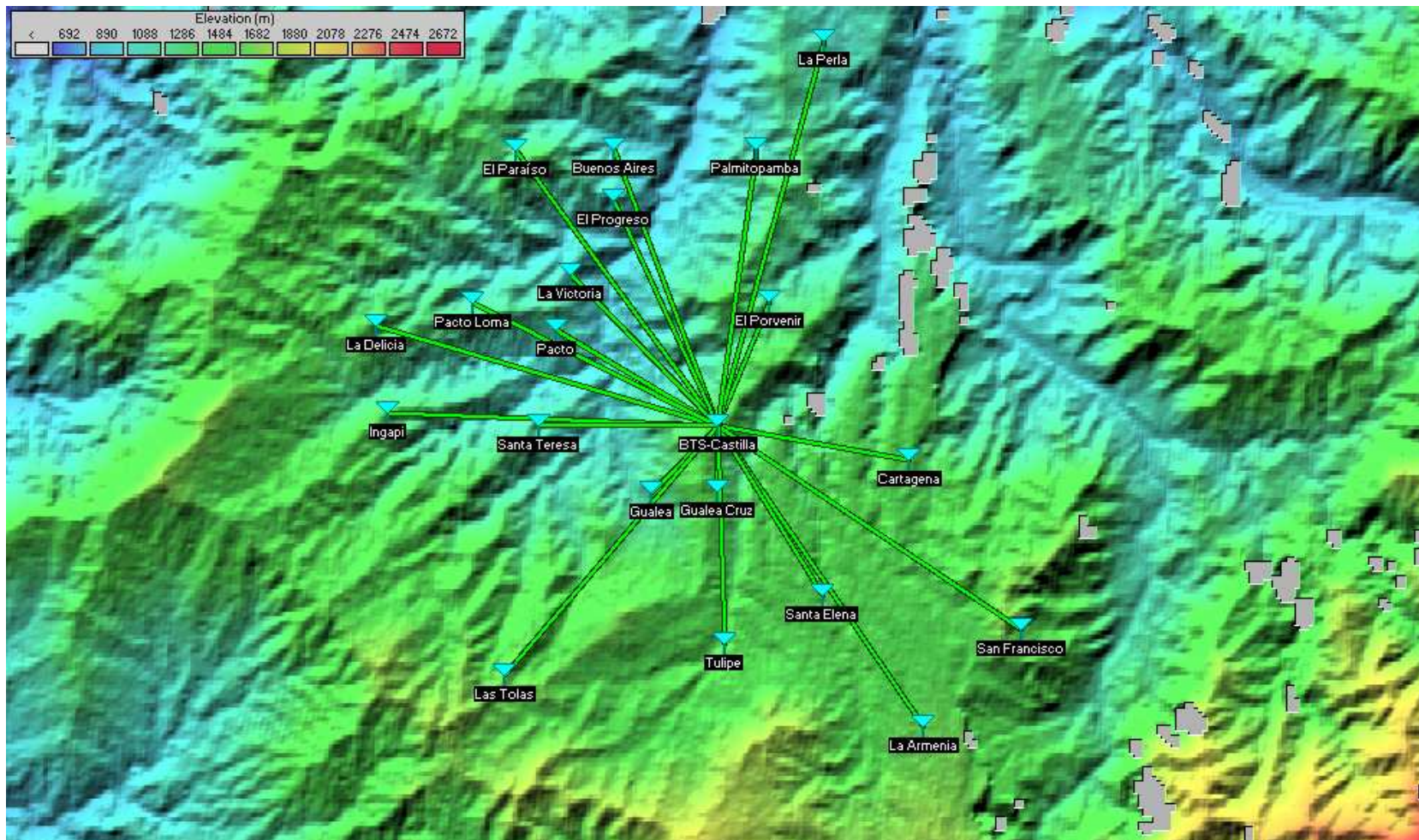


Ilustración 1. Red Cdma450 en el Noroccidente del Cantón Quito.²⁴

²⁴ Fuente: Imagen generada por el software RADIO_MOBILE proporcionado por la SENATEL.

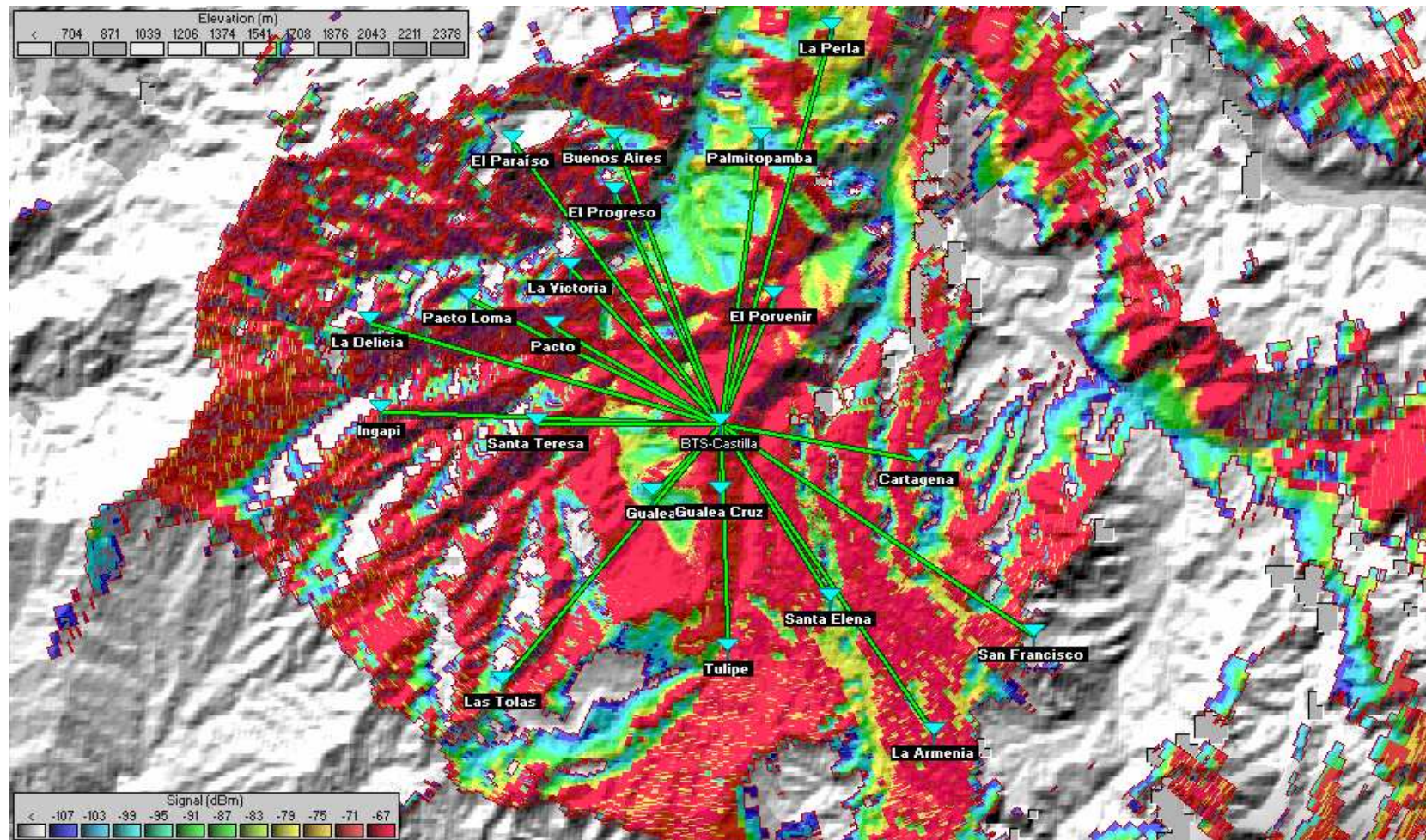


Ilustración 2. Cobertura de la Red CDMA 450 en el Noroccidente del Cantón Quito.²⁵

²⁵ Fuente: Imagen generada por el software RADIO_MOBILE proporcionado por la SENATEL

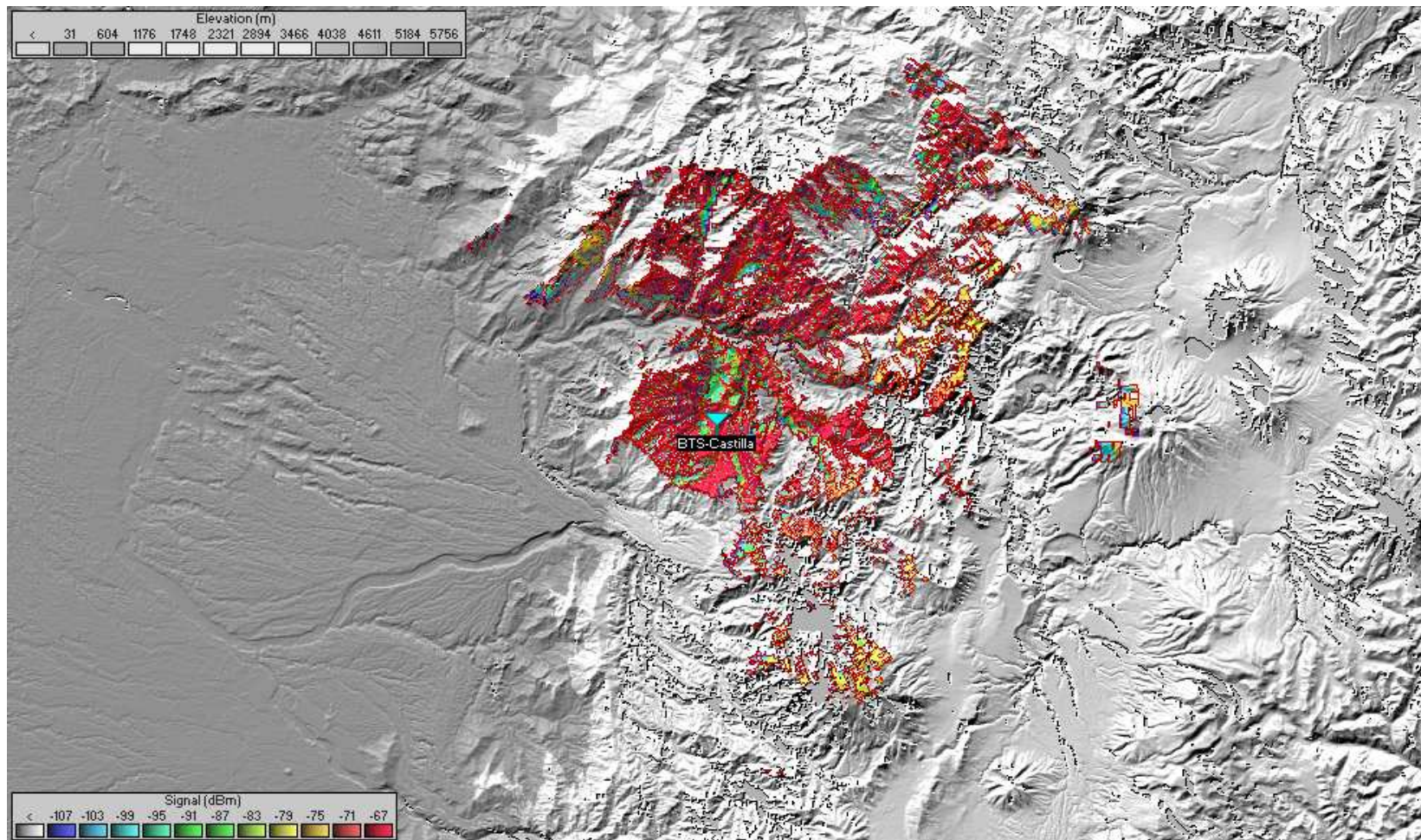


Ilustración 3. Cobertura Ampliada de la red CDMA 450 en el Noroccidente del Cantón Quito.²⁶

²⁶ Fuente: Imagen generada por el software RADIO_MOBILE proporcionado por la SENATEL

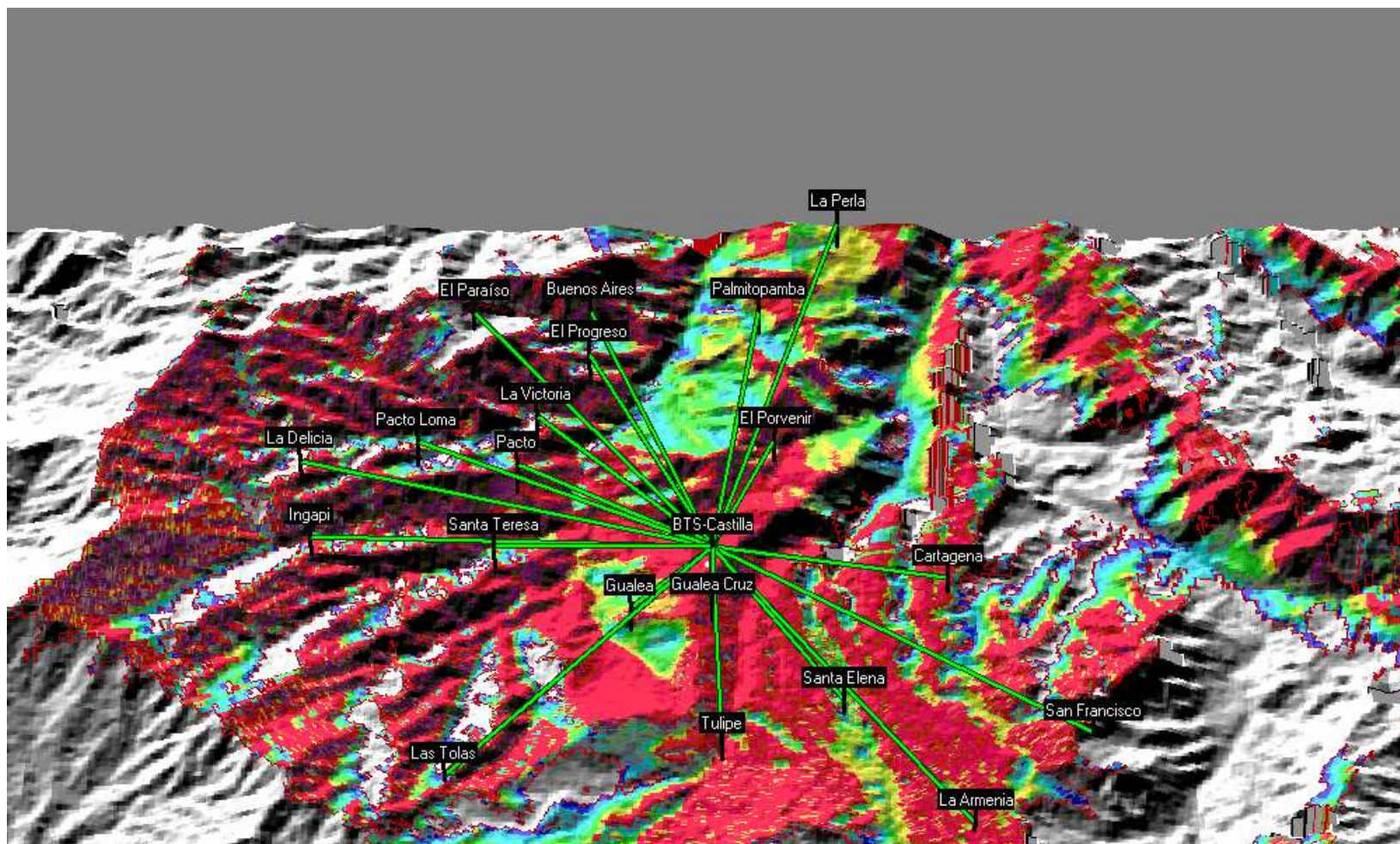
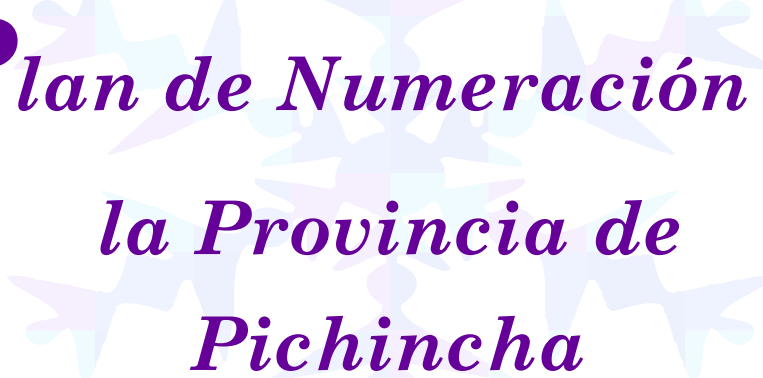


Ilustración 4. Cobertura del Red CDMA450 en 3D.²⁷

²⁷ Fuente: Imagen generada por el software RADIO_MOBILE proporcionado por la SENATEL



ANEXO 1E



*Plan de Numeración de
la Provincia de
Pichincha*

| No. | NUMERACION CORRESPONDIENTE AL C.A. "2" | | | PROV. O CIUD. | MES DE USO | OP. |
|-----|--|---------------------|--------|------------------|---------------|-----|
| | NOMBRE DE LA CENTRAL | SERIE ASIGNADA | CAP. | | | |
| 1 | CARAPUNGO | 2.010.000 2.010.299 | 300 | QUITO | | A |
| 2 | CALDERÓN | 2.020.000 2.029.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 3 | SAN JOSÉ DE MORÁN | 2.030.000 2.031.399 | 1.400 | QUITO | | A |
| 4 | ZABALA | 2.035.000 2.036.399 | 1.400 | QUITO | | A |
| 5 | CUMBAYÁ | 2.040.000 2.042.499 | 2.500 | QUITO | | A |
| 6 | MIRAVALLE | 2.050.000 2.050.299 | 300 | QUITO | | A |
| 7 | ZABALA 2 | 2.065.000 2.066.099 | 1.100 | QUITO | | A |
| 8 | CONOCOTO | 2.070.000 2.074.699 | 4.700 | QUITO | | A |
| 9 | SANGOLQUÍ | 2.080.000 2.081.999 | 2.000 | PICH | | A |
| 10 | SAN LUIS | 2.090.000 2.090.599 | 600 | PICH | | A |
| 11 | CAYAMBE | 2.110.000 2.110.899 | 900 | PICH | | A |
| 12 | OLMEDO | 2.115.000 2.115.399 | 400 | PICH | | A |
| 13 | NANEGALITO | 2.116.000 2.116.399 | 400 | QUITO | | A |
| 14 | EL QUINCHE | 2.120.000 2.120.799 | 800 | PICH | | A |
| 15 | GUAYLLABAMBA | 2.130.000 2.130.599 | 600 | QUITO | | A |
| 16 | PUEMBO | 2.140.000 2.141.199 | 1.200 | QUITO | | A |
| 17 | TABABELA | 2.150.000 2.150.399 | 400 | QUITO | | A |
| 18 | PUERTO QUITO | 2.156.000 2.156.399 | 400 | PICH | | A |
| 19 | NANEGAL | 2.157.000 2.157.399 | 400 | QUITO | | A |
| 20 | MALCHINGUÍ | 2.158.000 2.158.399 | 400 | PICH | | A |
| 21 | SAN JACINTO DE BUA | 2.172.000 2.172.499 | 500 | PICH | | A |
| 22 | NUEVO ISRAEL | 2.174.000 2.174.399 | 400 | PICH | | A |
| 23 | TANDAPI | 2.177.000 2.177.499 | 500 | QUITO | | A |
| 24 | MARISCAL SUCRE 6 | 2.220.000 2.229.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 25 | MARISCAL SUCRE 1 | 2.230.000 2.239.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 26 | IÑAQUITO 1 | 2.240.000 2.249.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 27 | IÑAQUITO 4 | 2.250.000 2.259.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 28 | IÑAQUITO 1 | 2.260.000 2.269.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 29 | IÑAQUITO 4 | 2.270.000 2.279.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 30 | QUITO CENTRO 1 | 2.280.000 2.289.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 31 | COTOCOLLAO 2 | 2.290.000 2.299.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 32 | CHECA | 2.300.000 2.300.999 | 1.000 | PICH | | A |
| 33 | SAN JOSÉ DE MINAS | 2.302.000 2.302.303 | 304 | PICH | | A |
| 34 | ATAHUALPA | 2.304.000 2.304.899 | 900 | PICH | | A |
| 35 | CALACALÍ | 2.306.000 2.306.699 | 700 | PICH | | A |
| 36 | ALOASÍ | 2.309.000 2.309.999 | 1.000 | PICH | | A |
| 37 | MACHACHI | 2.310.000 2.311.099 | 1.100 | PICH | | A |
| 38 | MACHACHI | 2.314.000 2.316.999 | 3.000 | PICH | | A |
| 39 | TAMBILLO | 2.317.000 2.319.047 | 2.048 | PICH | | A |
| 40 | MONJAS 2 | 2.320.000 2.324.348 | 4.349 | QUITO | | A |
| 41 | SANGOLQUÍ | 2.330.000 2.339.999 | 10.000 | PICH | | A |
| 42 | CONOCOTO | 2.340.000 2.349.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 43 | POMASQUI | 2.350.000 2.356.699 | 6.700 | PICH | | A |
| 44 | CAYAMBE | 2.360.000 2.364.999 | 5.000 | PICH | | A |
| 45 | TABACUNDO | 2.365.000 2.366.791 | 1.792 | PICH | | A |
| 46 | GUAYLLABAMBA | 2.368.000 2.369.999 | 2.000 | PICH | | A |
| 47 | TUMBACO | 2.370.000 2.379.799 | 9.800 | PICH | | A |
| 48 | PIFO | 2.380.000 2.382.199 | 2.200 | PICH | | A |
| 49 | PINTAG | 2.383.000 2.384.399 | 1.400 | PICH | | A |
| 50 | LA MERCED | 2.385.000 2.386.299 | 1.300 | PICH | | A |
| 51 | EL QUINCHE | 2.387.000 2.388.999 | 2.000 | PICH | | A |
| 52 | ALOAG | 2.389.000 2.389.895 | 896 | PICH | | A |

| No. | NUMERACION CORRESPONDIENTE AL C.A. "2" | | | PROV. O CIUD. | MES DE USO | OP. |
|-----|--|---------------------|--------|------------------|---------------|-----|
| | NOMBRE DE LA CENTRAL | SERIE ASIGNADA | CAP. | | | |
| 53 | PUEMBO | 2.390.000 2.391.999 | 2.000 | PICH | | A |
| 54 | PEDRO V. MALDONADO | 2.392.000 2.392.999 | 1.000 | PICH | | A |
| 55 | PUEMBO | 2.393.000 2.393.999 | 1.000 | PICH | | A |
| 56 | SAN ANTONIO DE PICHINCHA | 2.394.000 2.396.999 | 5.000 | PICH | | A |
| 57 | LA LUZ 1 | 2.400.000 2.409.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 58 | LA LUZ 3 | 2.410.000 2.419.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 59 | CARAPUNGO | 2.420.000 2.429.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 60 | ÑAQUITO 3 | 2.430.000 2.449.999 | 20.000 | QUITO | | A |
| 61 | ÑAQUITO 4 | 2.450.000 2.469.999 | 20.000 | QUITO | | A |
| 62 | CARCELÉN 1 | 2.470.000 2.480.999 | 11.000 | QUITO | | A |
| 63 | CARCELÉN 3 | 2.481.000 2.486.771 | 5.772 | QUITO | | A |
| 64 | EL CONDADO | 2.490.000 2.499.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 65 | MARISCAL SUCRE 5 | 2.500.000 2.509.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 66 | QUITO CENTRO 4/TANDEM | 2.510.000 2.513.311 | 3.312 | QUITO | | A |
| 67 | MARISCAL SUCRE 1 | 2.520.000 2.529.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 68 | COTOCOLLAO 2 | 2.530.000 2.538.015 | 8.016 | QUITO | | A |
| 69 | MARISCAL SUCRE 1 | 2.540.000 2.559.999 | 20.000 | QUITO | | A |
| 70 | MARISCAL SUCRE 5 | 2.560.000 2.569.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 71 | QUITO CENTRO 1 | 2.570.000 2.574.199 | 4.200 | QUITO | | A |
| 72 | QUITO CENTRO 4/TANDEM | 2.580.000 2.589.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 73 | COTOCOLLAO 2 | 2.590.000 2.599.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 74 | MONJAS 1 | 2.600.000 2.605.511 | 5.512 | QUITO | | A |
| 75 | MONJAS 2 | 2.606.000 2.609.999 | 4.000 | QUITO | | A |
| 76 | VILLAFLORA 3 | 2.610.000 2.619.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 77 | EL PINTADO 1 | 2.620.000 2.629.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 78 | EL PINTADO 3 | 2.630.000 2.639.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 79 | VILLAFLORA 3 | 2.640.000 2.669.999 | 30.000 | QUITO | | A |
| 80 | GUAJALÓ 1 | 2.670.000 2.689.999 | 20.000 | QUITO | | A |
| 81 | GUAMANÍ 1 | 2.690.000 2.699.999 | 10.000 | QUITO | | A |
| 82 | LUZ DE AMÉRICA | 2.722.000 2.722.399 | 400 | PICH | | A |
| 83 | LA CONCORDIA | 2.724.000 2.724.599 | 600 | PICH | | A |
| 84 | LA CONCORDIA | 2.725.000 2.728.999 | 4.000 | PICH | | A |
| 85 | ALLURIQUÍN | 2.729.000 2.729.499 | 500 | PICH | | A |
| 86 | GUAJALÓ 1 | 2.730.000 2.735.513 | 5.514 | QUITO | | A |
| 87 | SANTO DOMINGO 2 | 2.740.000 2.741.999 | 2.000 | PICH | | A |
| 88 | SANTO DOMINGO 1 | 2.742.000 2.746.999 | 5.000 | PICH | | A |
| 89 | SANTO DOMINGO 2 | 2.750.000 2.769.999 | 20.000 | PICH | | A |
| 90 | S.MIGUEL DE LOS BANCOS | 2.770.000 2.770.999 | 1.000 | PICH | | A |
| 91 | VALLE HERMOSO | 2.773.000 2.773.699 | 700 | PICH | | A |
| 92 | PUÉLLARO | 2.775.000 2.775.699 | 700 | PICH | | A |
| 93 | YARUQUÍ | 2.777.000 2.778.299 | 1.300 | PICH | | A |
| 94 | PERUCHO | 2.780.000 2.780.399 | 400 | PICH | | A |
| 95 | CHAVEZPAMBA | 2.782.000 2.782.399 | 400 | PICH | | A |
| 96 | ASCÁZUBI (PMBO) | 2.784.000 2.784.399 | 400 | PICH | | A |
| 97 | NONO | 2.786.000 2.786.399 | 400 | PICH | | A |
| 98 | ALANGASI | 2.787.000 2.789.047 | 2.048 | PICH | | A |
| 99 | SISTEMA INALÁMBRICO | | | QUITO | | A |
| 100 | YARUQUI INA (COT2) | 2.790.000 2.790.510 | 511 | QUITO | | A |
| 101 | ASCAZUBI INA (COT2) | 2.791.000 2.791.200 | 201 | QUITO | | A |
| 102 | TOCACHI INA (COT2) | 2.791.201 2.791.499 | 299 | QUITO | | A |
| 103 | SANTA ROSA INA (COT2) | 2.792.000 2.792.066 | 67 | QUITO | | A |
| 104 | LOMA DE CANANVALLE INA (COT2) | 2.792.067 2.792.400 | 334 | QUITO | | A |

| No. | NUMERACION CORRESPONDIENTE AL C.A. "2" | | | PRÓV. O CIUD. | MES DE USO | OP. |
|-----|--|----------------|-----------|------------------|---------------|-----|
| | NOMBRE DE LA CENTRAL | SERIE ASIGNADA | CAP. | | | |
| 105 | SANTA ROSA INA (COT2) | 2.792.401 | 2.792.599 | 199 | QUITO | A |
| 106 | CARCELÉN 3 | 2.800.000 | 2.809.199 | 9.200 | QUITO | A |
| 107 | LA LUZ 3 | 2.810.000 | 2.814.899 | 4.900 | QUITO | A |
| 108 | LA LUZ 3 | 2.815.000 | 2.815.551 | 552 | QUITO | A |
| 109 | CALDERÓN | 2.820.000 | 2.829.999 | 10.000 | QUITO | A |
| 110 | LLANO CHICO | 2.830.000 | 2.830.895 | 896 | QUITO | A |
| 111 | EL PINTADO 3 | 2.840.000 | 2.848.588 | 8.589 | QUITO | A |
| 112 | SAN RAFAEL 2 | 2.850.000 | 2.851.099 | 1.100 | PICH | A |
| 113 | SAN RAFAEL 2 | 2.860.000 | 2.869.999 | 10.000 | PICH | A |
| 114 | SELVA ALEGRE | 2.870.000 | 2.873.399 | 3.400 | PICH | A |
| 115 | AMAGUAÑA | 2.877.000 | 2.879.999 | 3.000 | PICH | A |
| 116 | NAYON | 2.884.000 | 2.885.279 | 1.280 | PICH | A |
| 117 | ZAMBIZA | 2.886.000 | 2.886.511 | 512 | PICH | A |
| 118 | TANDA | 2.889.000 | 2.889.639 | 640 | PICH | A |
| 119 | CUMBAYÁ | 2.890.000 | 2.897.551 | 7.552 | QUITO | A |
| 120 | MIRAVALLE | 2.897.553 | 2.899.999 | 2.447 | PICH | A |
| 121 | MARISCAL SUCRE 1 | 2.900.000 | 2.909.999 | 10.000 | QUITO | A |
| 122 | GUAJALÓ 2 | 2.910.000 | 2.913.119 | 3120 | QUITO | A |
| 123 | IÑAQUITO 1 | 2.920.000 | 2.924.499 | 4.500 | QUITO | A |
| 124 | RED DIGITAL SERVICIOS INT. | | | | QUITO | A |
| 125 | IÑAQUITO 1 (RDSI) | 2.940.000 | 2.940.055 | 56 | QUITO | A |
| 126 | IÑAQUITO 4 (RDSI) | 2.941.000 | 2.941.127 | 128 | QUITO | A |
| 127 | COTOCOLLAO 2 (RDSI) | 2.942.000 | 2.942.039 | 40 | QUITO | A |
| 128 | LA LUZ 3 (RDSI) | 2.943.000 | 2.943.063 | 64 | QUITO | A |
| 129 | LA LUZ 3 (RDSI) | 2.943.500 | 2.943.563 | 64 | QUITO | A |
| 130 | CARCELÉN 3 (RDSI) | 2.944.000 | 2.944.047 | 48 | QUITO | A |
| 131 | CARCELÉN 3 (RDSI) | 2.944.500 | 2.944.627 | 128 | QUITO | A |
| 132 | MARISCAL SUCRE 1 (RDSI) | 2.945.000 | 2.945.119 | 120 | QUITO | A |
| 133 | MONJAS 2 (RDSI) | 2.945.500 | 2.945.563 | 64 | QUITO | A |
| 134 | QUITO CENTRO (RDSI) | 2.946.000 | 2.946.063 | 64 | QUITO | A |
| 135 | QUITO CENTRO 1 (RDSI) | 2.946.200 | 2.946.299 | 100 | QUITO | A |
| 136 | QUITO CENTRO 4 (RDSI) | 2.946.600 | 2.946.699 | 100 | QUITO | A |
| 137 | VILLAFLORA 3 (RDSI) | 2.947.000 | 2.947.079 | 80 | QUITO | A |
| 138 | GUAJALÓ (RDSI) | 2.948.000 | 2.948.063 | 64 | QUITO | A |
| 139 | EL PINTADO 3 (RDSI) | 2.949.000 | 2.949.063 | 64 | QUITO | A |
| 140 | EL PINTADO 3 (RDSI) | 2.949.500 | 2.949.627 | 128 | QUITO | A |
| 141 | QUITO CENTRO 1 | 2.950.000 | 2.959.999 | 10.000 | QUITO | A |
| 142 | EL PINTADO 3 | 2.960.000 | 2.964.844 | 4.845 | QUITO | A |
| 143 | IÑAQUITO 1 (CITI PLAZA) | 2.970.000 | 2.971.503 | 1.504 | QUITO | A |
| 144 | MARISCAL SUCRE 1 (HOTEL MARRI | 2.972.000 | 2.972.511 | 512 | QUITO | A |
| 145 | GUAMANÍ 2 | 2.974.000 | 2.976.047 | 2.048 | QUITO | A |
| 146 | EL JARDÍN (IÑAQUITO 4) | 2.980.000 | 2.980.399 | 400 | QUITO | A |
| 147 | IÑAQUITO 1 (B. PICH-DINERS) | 2.980.980 | 2.981.999 | 1.020 | QUITO | A |
| 148 | MARISCAL SUCRE 6 | 2.986.000 | 2.987.127 | 1.128 | QUITO | A |
| 149 | NODO 1 GUAMANÍ | 3.000.000 | 3.001.999 | 2.000 | QUITO | A |
| 150 | NODO 2 GUAMANÍ | 3.003.000 | 3.004.299 | 1.300 | QUITO | A |
| 151 | NODO 3 GUAMANÍ | 3.006.000 | 3.007.399 | 1.400 | QUITO | A |
| 152 | NODO 5 GUAMANÍ | 3.010.000 | 3.011.299 | 1.300 | QUITO | A |
| 153 | NODO 6 GUAMANÍ | 3.013.000 | 3.013.999 | 1.000 | QUITO | A |
| 154 | NODO 1 PINTADO | 3.020.000 | 3.022.399 | 2.400 | QUITO | A |
| 155 | NODO 2 PINTADO | 3.026.000 | 3.028.399 | 2.400 | QUITO | A |
| 156 | NODO 4 PINTADO | 3.032.000 | 3.036.199 | 4.200 | QUITO | A |

| No. | NUMERACION CORRESPONDIENTE AL C.A. "2" | | | PR0V. O CIUD. | MES DE USO | OP. | |
|-----|--|------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|----------|
| | NOMBRE DE LA CENTRAL | SERIE ASIGNADA | | | | | CAP. |
| 157 | NODO 5 PINTADO | 3.040.000 | 3.043.199 | 3.200 | QUITO | Dic-06 | A |
| 158 | NODO 1 GUAJALÓ | 3.060.000 | 3.064.899 | 4.900 | QUITO | | A |
| 159 | NODO 3 GUAJALÓ | 3.072.000 | 3.075.099 | 3.100 | QUITO | | A |
| 160 | NODO 4 GUAJALÓ | 3.080.000 | 3.083.799 | 3.800 | QUITO | | A |
| 161 | NODO 1 VILAFLOA | 3.100.000 | 3.104.199 | 4.200 | QUITO | | A |
| 162 | NODO 3 VILAFLOA | 3.110.000 | 3.113.899 | 3.900 | QUITO | | A |
| 163 | NODO 4 VILAFLOA | 3.120.000 | 3.123.499 | 3.500 | QUITO | | A |
| 164 | NODO 5 VILAFLOA | 3.130.000 | 3.132.499 | 2.500 | QUITO | | A |
| 165 | CASALES SAN PEDRO | 3.140.000 | 3.140.399 | 400 | QUITO | | A |
| 166 | NODO 1 QUITO CENTRO | 3.150.000 | 3.154.499 | 4.500 | QUITO | | A |
| 167 | NODO 3 QUITO CENTRO | 3.160.000 | 3.163.499 | 3.500 | QUITO | | A |
| 168 | NODO 4 QUITO CENTRO | 3.170.000 | 3.174.199 | 4.200 | QUITO | | A |
| 169 | NODO 1 MONJAS | 3.190.000 | 3.191.799 | 1.800 | QUITO | | A |
| 170 | NODO 2 MONJAS | 3.194.000 | 3.196.499 | 2.500 | QUITO | | A |
| 171 | NODO 1 MARISCAL SUCRE | 3.200.000 | 3.203.799 | 3.800 | QUITO | | A |
| 172 | NODO 2 MARISCAL SUCRE | 3.214.000 | 3.217.099 | 3.100 | QUITO | | A |
| 173 | NODO 3 MARISCAL SUCRE | 3.226.000 | 3.228.799 | 2.800 | QUITO | | A |
| 174 | TELEFÉRICO 1 | 3.250.000 | 3.250.499 | 500 | QUITO | | A |
| 175 | NODO 1 LA LUZ | 3.260.000 | 3.265.099 | 5.100 | QUITO | | A |
| 176 | NODO 3 LA LUZ | 3.280.000 | 3.284.699 | 4.700 | QUITO | | A |
| 177 | NODO 1 IÑAQUITO | 3.300.000 | 3.304.699 | 4.700 | QUITO | | A |
| 178 | NODO 2 IÑAQUITO | 3.316.000 | 3.319.799 | 3.800 | QUITO | | A |
| 179 | NODO 3 IÑAQUITO | 3.330.000 | 3.332.599 | 2.600 | QUITO | | A |
| 180 | NODO 4 IÑAQUITO | 3.340.000 | 3.343.399 | 3.400 | QUITO | | A |
| 181 | PARQUE REAL | 3.360.000 | 3.361.199 | 1.200 | QUITO | | A |
| 182 | NODO 2 EL CONDADO | 3.380.000 | 3.383.799 | 3.800 | QUITO | | A |
| 183 | NODO 1 COTOCOLLAO | 3.400.000 | 3.403.099 | 3.100 | QUITO | | A |
| 184 | NODO 2 COTOCOLLAO | 3.410.000 | 3.414.399 | 4.400 | QUITO | Feb-07 | A |
| 185 | NODO 1 CARCELÉN | 3.440.000 | 3.444.099 | 4.100 | QUITO | | A |
| 186 | NODO 2 CARCELÉN | 3.450.000 | 3.456.399 | 6.400 | QUITO | | A |
| 187 | NODO 3 CARCELÉN | 3.463.000 | 3.465.499 | 2.500 | QUITO | | A |
| 188 | CARCELÉN 1 | 3.500.000 | 3.500.699 | 700 | QUITO | | A |
| 189 | IÑAQUITO 4 | 3.520.000 | 3.520.999 | 1.000 | QUITO | | A |
| 190 | EL CONDADO | 3.570.000 | 3.571.499 | 1.500 | QUITO | | A |
| 191 | EL PINTADO 1 | 3.600.000 | 3.600.599 | 600 | QUITO | | A |
| 192 | GUAMANÍ 1 | 3.650.000 | 3.652.499 | 2.500 | QUITO | | A |
| 193 | SANTO DOMINGO 3 | 3.700.000 | 3.719.999 | 20.000 | PICH | | A |
| 194 | NODO 1 (VÍA QUEVEDO) | 3.740.000 | 3.742.699 | 2.700 | PICH | | A |
| 195 | NODO 2 (COCA COLA) | 3.750.000 | 3.753.799 | 3.800 | PICH | | A |
| 196 | NODO 3 (BOMBOLÍ) | 3.760.000 | 3.763.599 | 3.600 | PICH | | A |
| 197 | NODO 1 STD5 (VÍA QUITO) | 3.770.000 | 3.770.599 | 600 | PICH | | A |
| 198 | NGN SOFTSWITCH QUITO 1 | 3.800.000 | 3.830.099 | 30.100 | QUITO | | A |
| 199 | SERVICIO DE MULTIACCESOS | 3.900.000 | 3.902.699 | 2.700 | PICH | | A |
| 200 | RED DIGITAL SERVICIOS INT. | | | | QUITO | | A |
| 201 | CARCELÉN 1 (RDSI PRI) | 3.960.000 | 3.962.999 | 3.000 | QUITO | | A |
| 202 | LA LUZ 1 (RDSI PRI) | 3.963.000 | 3.963.699 | 700 | QUITO | | A |
| 203 | MONJAS 1 (RDSI PRI) | 3.966.000 | 3.968.199 | 2.200 | QUITO | | A |
| 204 | ENLACES PRIVADOS E1'S | 3.970.000 | 3.979.999 | 10.000 | PICH | | A |
| 205 | ECUTEL UIO MARISCAL SUCRE | 5.000.000 | 5.009.999 | 10.000 | QUITO | | ET |
| 206 | QUITO (SETEL) | 6.000.000 | 6.005.999 | 6.000 | QUITO | | S |
| 207 | VERSO SOFTSWITCH TECNOLOGI | 8.900.000 | 8.900.199 | 200 | QUITO | | G |

Centrales con modificaciones en el recurso numérico por ampliaciones o liberaciones.

MES DE USO: Mes a partir del cual registrá la modificación de ampliación o liberación. Si está vacío significa que el mes corresponde al actual o a uno anterior.

Fuente: Secretaría Nacional de Telecomunicaciones. Informe del 31 de Diciembre del 2006.