



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

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ESTUDIO Y ANALISIS DE FACTIBILIDAD DE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS
CDMA 450, WDM, GPON Y WIMAX, PROPUESTAS PARA EL SECTOR
NOROCCIDENTAL DE RIOBAMBA.**

Autor: (es) BETTY MARIBEL YAUCEN YUMI
MARCO VINICIO LLAMUCA MAIGUA

Director: ING. Marco Nolivos

Riobamba, Mayo 2012

CALIFICACIÓN

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

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Yesenia Cevallos

Presidente

Firma

Ing. Marco Nolivos

Director

Firma

Ing. Anibal Llanga

Miembro

Firma

DERECHO DE AUTOR

Nosotros, Betty Maribel Yaucén Yumi y Marco Vinicio Llamuca Maigua somos responsables de las ideas, doctrinas, resultados y propuestas expuestas en el presente trabajo de investigación, y los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Nacional de Chimborazo

DEDICATORIA

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

Betty Maribel Yaucén Yumi

y

Marco Vinicio Llamuca Maigua

AGRADECIMIENTO

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

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

Betty Maribel Yaucén Yumi

y

Marco Vinicio Llamuca Maigua

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
SUMARY.....	v
INTRODUCCIÓN	I
CAPÍTULO I	3
MARCO REFERENCIAL	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. GENERAL	3
1.2.2. ESPECIFICOS	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
CAPITULO II	5
2.1. INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA INALAMBRICA.....	5
2.2. CDMA 450	5
2.2.1. VENTAJAS DEL CDMA450.....	7
2.2.2. COBERTURA	9
2.2.4. APLICACIONES	12
2.2.5. CDMA 450 Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIA	12
2.2.6. FASES DEL DESPLIEGUE DE UNA RED IMT-MC-450.....	14
2.2.6.1. Primera Fase: Despliegue Inicial.....	15
2.2.6.2. Segunda Fase: Crecimiento de la Red	16
2.2.6.3. Tercera Fase: Gran Demanda de Servicios de Datos.	17
2.2.7. DESPLIEGUES DE CDMA450	18
2.3. WIMAX.....	19
2.3.1. INTRODUCCION.....	19

2.3.2. CARACTERÍSTICAS.....	21
2.3.3. ESQUEMA GENERAL DE LA RED WIMAX	24
2.3.4. WIMAX VS WIFI	28
2.3.5. LIMITACIONES Y DEBILIDADES.....	35
2.3.6. APLICACIONES	36
2.4. GPON (GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK)	37
2.4.1. INTRODUCCIÓN.....	37
2.4.2. HISTORIA	39
2.4.3. CARACTERÍSTICAS DE GPON.....	41
2.4.4. ARQUITECTURA DE RED GPON	43
2.5 WDM UNA TECNOLOGÍA CON FIBRA	46
2.5.1. LAS PRINCIPALES VENTAJAS QUE OFRECE DWDM.....	47
2.5.2. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SISTEMA WDM.....	51
2.5.4. ESPECTRO DE ONDAS EMPLEADAS EN WDM	52
2.6. POLÍTICAS REGULATORIAS PARA TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS EN EL ECUADOR.	52
.....	
2.6.1. MARCO REGULATORIO DE LA BANDA DE LOS 450 MHZ EN EL ECUADOR.	53
2.6.2. ESTADO ACTUAL DE LA BANDA DE FRECUENCIA DE LOS 450 MHZ.	54
2.7 COMPARACIÓN Y SELECCIÓN.....	55
CAPÍTULO III.....	579
DISEÑO DE LA RED CDMA 450.....	599
3.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL SECTOR NOROCCIDENTAL DE RIOBAMBA.....	599
3.2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO	60
3.3. CENSO.....	61
3.4. ESTUDIO DE LA DEMANDA.	61
3.5. DEMANDA DE LAS LÍNEAS TELEFÓNICAS PROYECTADAS A CINCO AÑOS	62
3.6. ESTUDIO DE TRÁFICO	633
3.7. CÁLCULO DEL NÚMERO DE RADIO BASES.	667
3.8. DISEÑO POR CAPACIDAD	69
3.9. DISEÑO POR COBERTURA.	690

3.10. PLAN DE NUMERACIÓN.....	73
3.11. ESTRUCTURA GENERAL DE LA RED	73
3.12. ANÁLISIS DE RADIO-PROPAGACIÓN PARA LOS ENLACES DE LA RED UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO.	73
3.12.1. RED DE ACCESO.....	754
3.12.2. ANALISIS DE RADIO PROPAGACIÓN PARA LOS ENLACES UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO.....	76
CAPÍTULO IV	866
4.1. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA RED CDMA 450.....	866
4.2. DETERMINACIÓN DEL EQUIPAMIENTO Y LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA.....	866
4.2.1. DETERMINACIÓN DEL EQUIPAMIENTO.	866
4.2.1.1. Equipamiento de red	866
4.2.1.2. HUAWEI y ZTE.	877
4.2.2. Equipamiento de usuario.....	888
4.2.2.1. Telefonía	888
4.2.2.2. Voz y Datos.....	899
4.3. PROPUESTA FINAL PARA EL DISEÑO DE LA RED CDMA 450.	90
4.4. PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CDMA 450.....	90
4.4.1. COSTOS DE INTERCONEXIÓN	92
4.4.2. COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.	92
CAPÍTULO V	944
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	944
5.1. CONCLUSIONES.....	944
5.2. RECOMENDACIONES.	978
BIBLIOGRAFÍA	989
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO II	989
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO III	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO IV	100

ANEXOS	101
ANEXO 1.	101
RESOLUCION 245-11-CONATEL	101
ANEXO 2.	105
ENCUESTA.....	104
ANEXO 3.	106
CANTÓN RIOBAMBA (PROVINCIA DE CHIMBORAZO)	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Esquema de Red CDMA450.....	6
Figura 2.2: Esquema de Red CDMA450.....	9
Figura 2.3: Cantidad de BTS requeridas para cubrir la misma área en diferentes frecuencias	10
Figura 2.4: CDMA2000 1x en la Banda de 450 MHz (Sub-banda clase A).....	14
Figura 2.5: Utilización del espectro (banda BS Tx) en una evolución de la red en 3 etapas	15
Figura 2.6: Primera Fase: Despliegue Inicial.	16
Figura 2.7: Segunda Fase: Crecimiento de la Red.	17
Figura 2.8: Tercera Fase: Gran demanda de Servicios de Datos.....	17
Figura 2.9: Estándares para WiMAX	20
Figura 2.10: Esquema de red WiMAX.....	20
Figura 2.11: Esquema general de la red WiMAX	24
Figura 2.12: Estandarización IEEE 802.16	30
Figura 2.13: Estándar para Wireless MAN	32
Figura 2.14: Componente y cobertura	32
Figura 2.15: Seguridad triple DES	34
Figura 2.16: Aspecto de un OLT y tarjeta de la OLT con 4 puertos GPON	43
Figura 2.17: Arquitectura de red de GPON.....	44
Figura 2.18: Arquitectura de servicios en una red WDM.....	51
Figura 2.19: Espectro de ondas empleadas en WDM.....	52

Figura 3.1: Mapa de ubicación general	59
Figura 3.2: Torre de transmisión de la ESPOCH.	70
Figura 3.3: Estructura del Sistema CDMA450 WLL en el Sector Noroccidental de Riobamba.....	72
Figura 3.4: Estructura de la red CDM4540.	73
Figura 3.5: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Gasolinera Espoch.....	76
Figura 3.6: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Quinta el Batan.....	77
Figura 3.7: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Parque lineal el Batan.....	78
Figura 3.8: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Ricpamba.....	79
Figura 3.9: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Cantera.	80
Figura 3.10: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Tierra Nueva	81
Figura 3.11: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Jardines del Sur.	82
Figura 3.12: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Redondel Media Luna.	83
Figura 3.13: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Juan Montalvo.....	84
Figura 3.14: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – 15 de Noviembre.	85
Figura 4.1: Diseño de la Red CDMA450 propuesta final.	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Características del CDMA 450.....	7
Tabla 2.2: Coberturas Teóricas de Celdas	10
Tabla 2.3: Bandas de Frecuencia de Operación del CDMA450.....	13
Tabla 2.4: Niveles RSSI	26
Tabla 2.5: Niveles CINR	26
Tabla 2.6: Rendimiento sugerido de acuerdo a la calidad de la señal	27
Tabla 2.7: Comparativa de las principales tecnologías PON	40
Tabla 2.8: Sub-bandas de Operación del CDMA450.....	53
Tabla 2.9: Ventajas y desventajas de las tecnologías.....	57
Tabla 3.1: Puntos referenciales de ubicación del sector Noroccidental de Riobamba	58
Tabla 3.2: Demanda inicial de telefonía en el sector noroccidental de Riobamba.....	60
Tabla 3.3: Demanda inicial proyectada a cinco años	61

Tabla 3.4: Tráfico total en Erlang.....	64
Tabla 3.5: Número de celdas con una calidad de tráfico del 1%.....	66
Tabla 3.6: Número de celdas por el Método de Cobertura.....	67
Tabla 3.7: Número disponibles asignados a la central	69
Tabla 3.8: Información geográfica del sector Noroccidental de Riobamba	72
Tabla 4.1: Equipos HUAWEI Y ZTE para la infraestructura de red	85
Tabla 4.2: Equipos HUAWEI Y ZTE para telefonía fija inalámbrica	86
Tabla 4.3: Equipos HUAWEI Y ZTE para acceso a la red de datos	87
Tabla 4.4: Costos de equipamiento.....	89
Tabla 4.5: Costos de interconexión	90
Tabla 4.6: Costos de inversión	90
Tabla 4.7: Costos de operación y mantenimiento	91

RESUMEN

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

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

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

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

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

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

SUMARY

This project have to purpose relevant information on the latest in developing CDMA-450, WDM, GPON, and WIMAX to describe the key advantages that CNT can reach the operator to migrate to a solution to provide fixed wireless access to voice and data solutions, widespread, economical and high performance. In addition, this project presents the design of fixed wireless network with a projected demand five years to provide the fixed wireless service in the northwestern sector of Riobamba.

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

In Chapter Two is a study of generations of telephony, the concepts of CDMA and CDMA450 analysis, its benefits, and services offered and has also given the current status of the 450MHz band.

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

In chapter five is a study of feasibility of the network; analyze the equipment available on the market that meet the requirements, costs of implementing referential.

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

INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de satisfacer los requerimientos de telefonía y datos en el sector noroccidental de la ciudad de Riobamba, especialmente en los sectores periféricos, ha hecho que las empresas líderes en telecomunicaciones desarrollen nuevos sistemas con tecnologías avanzadas, para ofrecer diferentes servicios con mayor agilidad y flexibilidad, la telefonía inalámbrica fija precisamente, es un sistema que está teniendo gran auge en diferentes partes del mundo, y con buenos resultados, debido a que presenta una solución ideal a la sección de la red que parte desde la central telefónica local hasta la oficina u hogar del abonado, con tecnología que permite una inversión inicial baja, bajos costos de operación, mantenimiento y administración de la telefonía inalámbrica, cuyos principios básicos son los mismos de la telefonía móvil celular pero con ciertas diferencias.

El presente trabajo pretende sugerir una solución basada en el estudio de las distintas tecnologías como son: CDMA450, WDM, GPON, Y WIMAX, incluyendo todas las capacidades, ventajas y servicios de una tecnología de tercera generación.

El proveer el acceso a los servicios de telecomunicaciones (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.

CDMA450, WDM, GPON, Y WIMAX son una herramienta ideal para brindar un acceso inalámbrico fijo de voz y de datos, especialmente en áreas rurales, áreas alejadas de las grandes urbes y de difícil acceso; gracias a su gran cobertura, 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 datos especialmente en un entorno, como es lo es el sector noroccidental de Riobamba en la provincia de Chimborazo, el cual servirá como referencia una herramienta para mejorar el sector de telecomunicaciones en estos sectores menos favorecidos.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La infraestructura de telefonía fija con la que cuenta este sector es limitada a la que podría adaptarse a los nuevos cambios utilizando tecnología CDMA450, WDM, GPON, Y WIMAX.

En la actualidad, la implementación de cualquier sistema de telefonía nos permita obtener reducción de costos, ayuda al desarrollo de la población, es por eso que se ha visto la necesidad de realizar un estudio y análisis de factibilidad de las distintas tecnologías propuestas para este sector noroccidental de Riobamba para la implementación de telefonía inalámbrica, brindando la oportunidad de comunicarse aprovechando la nueva tecnología.

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

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. GENERAL

Realizar el estudio y análisis de factibilidad de las distintas tecnologías CDMA450, WDM, GPON, WIMAX propuestas para el sector.

1.2.2. ESPECIFICOS

Analizar la tecnología Inalámbrica CDMA450, WDM, GPON Y WIMAX.

Determinar la demanda y zonas de cobertura del sistema.

Establecer un análisis operativo técnico desde el punto de vista técnico-teórico, asociado al estándar de Telefonía, considerando su geografía, número de habitantes.

Dejar planteado el estudio para una implementación a futuro

Realizar un estudio económico del sistema.

1.3. JUSTIFICACIÓN

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

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

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

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

CAPITULO II

2.1. INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA INALAMBRICA.

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

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

2.2. CDMA 450

CDMA450 es un sistema EIA/TIA/IS CDMA2000 (CDMA-MC) desplegado en la banda de 450 MHz que incluyen una familia de estándares desarrollados por 3GPP2, publicado por TIA y aprobado por ITU para IMT-2000: CDMA2000 1X, CDMA2000 1xEV-DO y CDMA2000 1xEV-DV.

Actualmente, CDMA2000 1X y CDMA2000 1xEV-DO están comercialmente disponible para la banda 450 MHz y CDMA2000 1xEV-DV está siendo desarrollado. CDMA450 combina las eficiencias espectrales, la mayor capacidad de voz y las altas velocidades de transmisión de datos del CDMA2000 con la amplia cobertura de la banda de 450 MHz.

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

Si bien es cierto CDMA2000 es usado por la telefonía móvil, CDMA450 nace como una forma de llevar comunicaciones inalámbricas de banda ancha a las zonas rurales. Se puede observar que CDMA450 tiene una topología de red basada en CDMA2000, la cual se ve en la Figura 2.1.

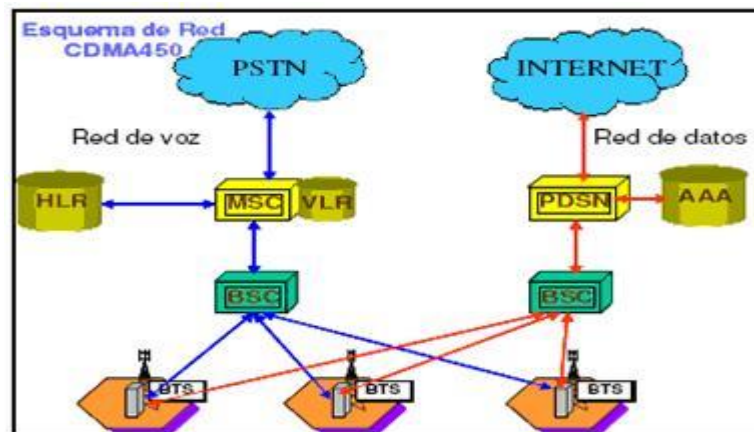


Figura 2.1: Esquema de Red CDMA450¹

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

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

¹ <http://blog.pucp.edu.pe/item/117733/infraestructura-de-telecomunicaciones-cdma-450>

En América Latina, esta solución da resultados óptimos con una atribución del espectro de 3+3 MHz (o más) (lo que permitiría, por lo menos, la operación dos portadoras CDMA de 1,25 MHz), ya sea en bandas NMT previamente designadas o en una atribución estándar. Esta tecnología puede configurarse para datos y/o voz, así como para servicios fijos o portátiles. La Tabla 2.1 indica algunas características importantes del CDMA 450.

Tabla 2.1: Características del CDMA 450²

CARACTERISTICAS DE CDMA 450	
PARAMETROS	CDMA 450
Reuso de frecuencia	1
Ancho de banda	1,25 MHz
Espectro requerido (para 3portadoras)	4,5 MHz
Número efectivo de portadoras por sector	3
Números de canales por de voz sector	84(28x3)
Erlang por sector (grado de servicio del 2 %)	64,45(20,15x3)

2.2.1. VENTAJAS DEL CDMA450

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

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

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

² <http://es.scribd.com/doc/81406320/TELEFONII-CDMA-450>

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

CDMA2000 1X tiene en cuenta la capacidad de voz de hasta 20 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(48.9Km), debido a su buena “penetración interior”, así como a sus adecuadas características de propagación “con visibilidad directa”.

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

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

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

2.2.2. COBERTURA

Esta tecnología debido a la frecuencia con que trabaja permite tener radios de cobertura mayores que otras tecnologías que trabajan a frecuencias mayores, un esquema se ve en la figura 2.2.

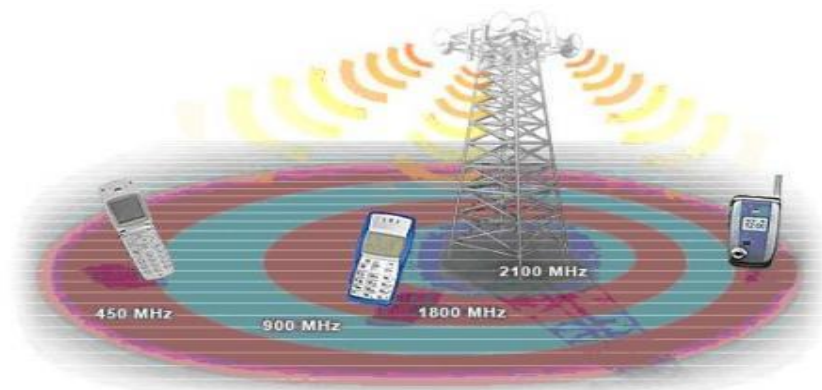


Figura 2.2: Esquema de Red CDMA450³

Las celdas de CDMA450 pueden tener un radio teórico que va desde los 40 a los 60 Km. Así estas celdas proveen mayores coberturas cuando se las compara con las celdas en otras bandas de frecuencias superiores, como lo indica la Tabla 2.2.

³ <http://blog.pucp.edu.pe/item/41459/cdma-450-una-solucion-para-zonas-rurales>

Tabla 2.2: Coberturas Teóricas de Celdas ⁴

FRECUENCIA (MHz)	RADIO DE CELDA (Km)	AREA DE CELDA (Km ²)	DE CELDAS 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

Con una mayor propagación, CDMA450 utiliza menor número de BTS para cubrir su zona de cobertura, la Figura 2.3 indica la cantidad de BTSs requeridas para cubrir la misma área en diferentes frecuencias. Esta característica hace que los requerimientos de transmisión sean reducidos y se utilicen menos equipos de infraestructura, teniendo como resultado un mayor ingreso posible con un mínimo requerimiento de inversión.

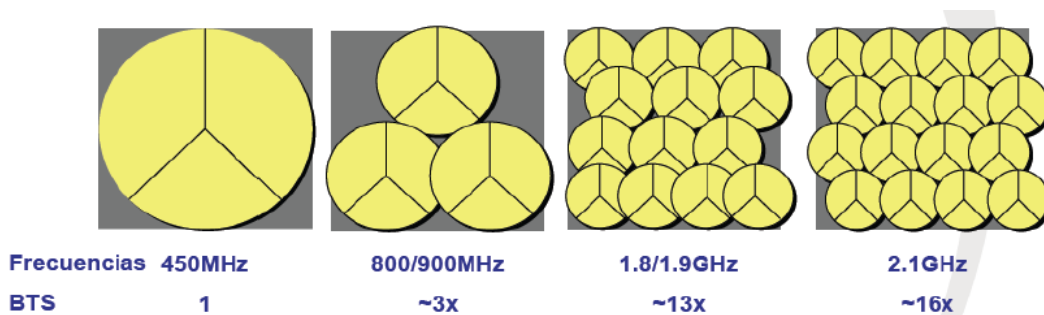


Figura 2.3: Cantidad de BTS requeridas para cubrir la misma área en diferentes frecuencias⁵

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

⁴ <http://es.scribd.com/doc/25336430/Proyecto-Sobre-CDMA-450-MHz-Completo>

⁵ <http://blog.pucp.edu.pe/item/41459/cdma-450-una-solucion-para-zonas-rurales>

banda de 450 MHz asegurará a inversionistas y operadores la posibilidad de atraer el capital de inversión necesario para una instalación de redes de amplia base.

2.2.3. SERVICIOS

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

CDMA2000 1X:

Alta capacidad de voz: 26 a 29 Erlangs/sector/1,25 MHz (equivalente de 35 a 38 canales telefónicos/sector/1,25 MHz). Altas velocidades de transmisión de datos hasta 153 Kbps.

CDMA 2000 1xEV-DO:

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

Con estos servicios, CDMA450 es ideal para:

Nuevos entrantes urbanos.

Telefonía rural.

Conectividad para acceso a Internet.

Servicios de emergencia.

Servicios fijos y móviles – WLL de baja movilidad.

Facilitar la conectividad e inclusión social:

Servicio Universal.

Telefonía

Internet

Escuela en red

Hospitales en red

Policía en red

Comunidad en red.

2.2.4. APLICACIONES

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

Servicios de localización de posición

Pulse para hablar

Mensajería instantánea Móvil

Aplicaciones de seguridad pública

Tele-medicina

Comercio Móvil

Servicio de trenes video

Administración de Activos

Telemática

Información y diversión

Descargar Música/ringtones

Juegos para jugadores múltiples

2.2.5. CDMA 450 Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIA

La Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) y la Organización de los Estados Americanos (OEA) en la Recomendación CCP.II/REC.10 (V-05) de Abril del 2005 exhorta el uso de las bandas 410-430 MHz y 450-470 MHz para América Latina. La Tabla 2.3 muestra las diferentes sub-bandas de frecuencias donde puede operar el sistema CDMA450.

Tabla 2.3: Bandas de Frecuencia de Operación del CDMA450⁶

Sub-clase de bandas	Frecuencia de estación terminal (MHz)	Frecuencia de estación base (MHz)
A (sub-clase preferida)	452.5 - 457.475	462.5 - 467.475
B	452 - 456.475	462 - 464.8
C	450 - 454.8	421.675 - 425.850
D	411.675 - 415.850	421.675 - 425.850
E	415.5 - 419.975	425.5 - 429.975
F	479 - 483.48	489 - 493.48
G	455.23 - 459.99	465.230 - 469.99
H	451.310 - 455.730	461.31 - 465.730

Los requerimientos espectrales para IS-2000 1x en la banda de 450 MHz son:

Requerimiento claro mínimo de 1,8 MHz por una portadora.

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

3,05 MHz para dos portadoras

4,3 MHz para tres portadoras.

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

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

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

La Figura 2.4 muestra la distribución de las portadoras tanto en el enlace directo como en el enlace reverso con sus respectivas bandas de guarda en la sub banda clase A.

⁶ <http://es.scribd.com/doc/25336430/Proyecto-Sobre-CDMA-450-MHz-Completo>

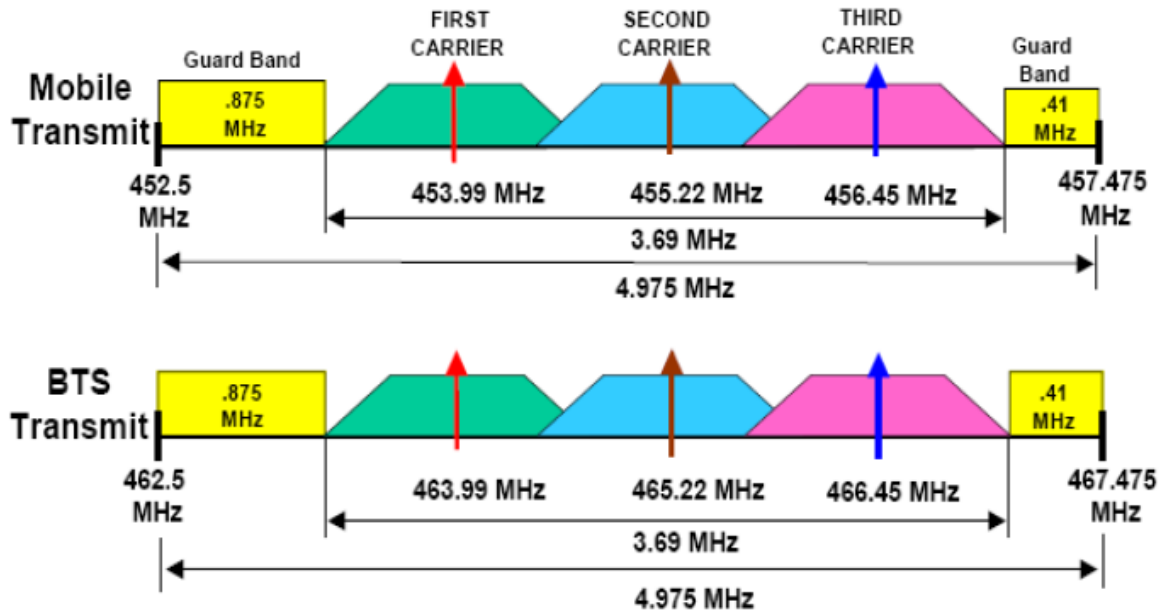


Figura 2.4: CDMA2000 1x en la Banda de 450 MHz (Sub-banda clase A).⁷

2.2.6. FASES DEL DESPLIEGUE DE UNA RED IMT-MC-450

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 2.5.

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.

⁷ http://www.itu.int/ITU-D/tech/events/2003/slovenia2003/Presentations/Day%203/3.3.1_Chandler.pdf

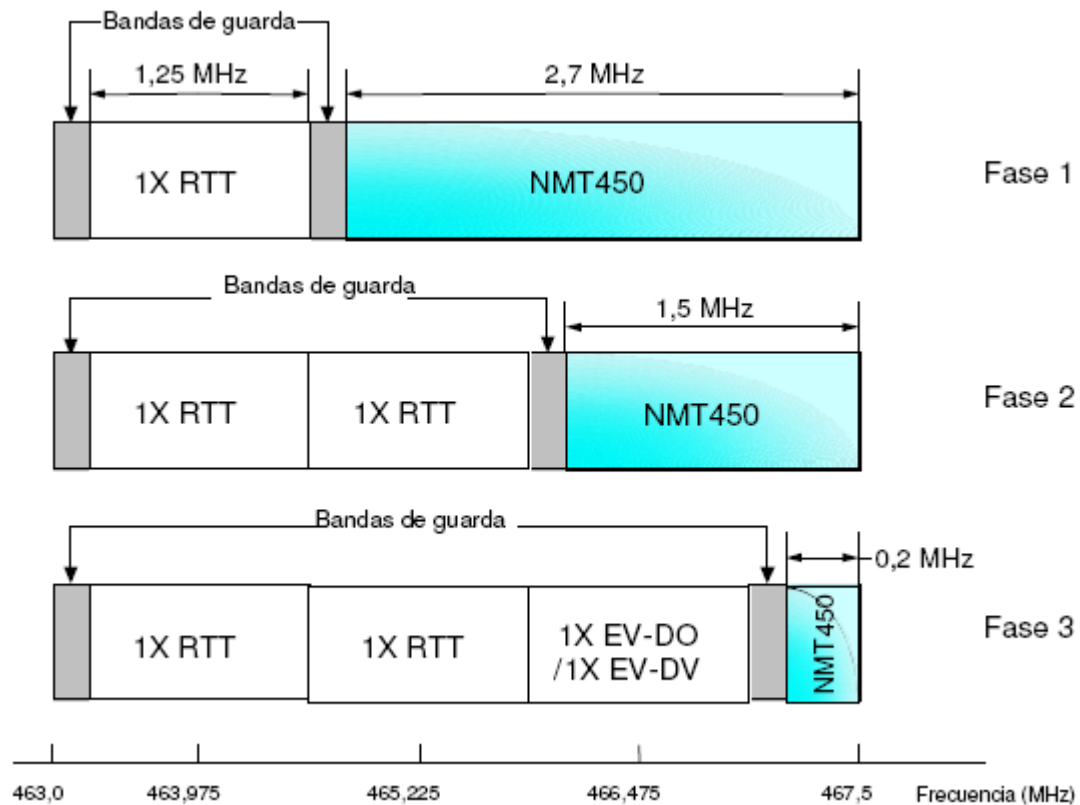


Figura 2.5: Utilización del espectro (banda BS Tx) en una evolución de la red en 3 etapas⁸

2.2.6.1. Primera Fase: Despliegue Inicial.

En un principio se introduce una sola portadora IMT-MC 1x RTT, lo que requiere que el operador NMT450 libere $2 \times 1,79$ MHz del espectro utilizado por el sistema analógico NMT ($2 \times 1,25$ MHz para la portadora 1x RTT y $2 \times 2 \times 0,27$ MHz en el caso de las bandas de guarda entre las portadoras IMT-MC y las analógicas de banda estrecha). La Figura 2.6 indica la primera fase de la migración de tecnología analógica a digital en la banda de 450 MHz.

⁸ http://dgpt.sct.gob.mx/fileadmin/internacionales/biblioteca/transicion_a__imt-2000.pdf

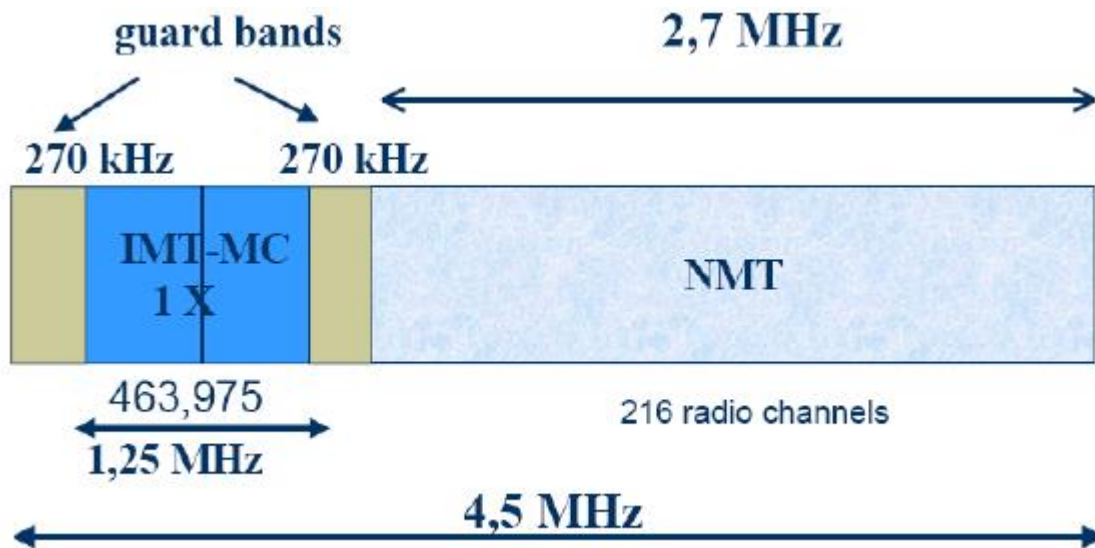


Figura 2.6: Primera Fase: Despliegue Inicial.⁹

2.2.6.2. Segunda Fase: Crecimiento de la Red.

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

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

Durante esta etapa, se seguirá atendiendo a los abonados analógicos NMT, pero con una calidad de servicio limitada, debido a la restringida anchura de banda que suponen los 1,5 MHz. La Figura 2.7 indica la segunda fase de la migración de tecnología analógica a digital en la banda de 450 MHz

⁹ <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/906/1/CD-1271.pdf>

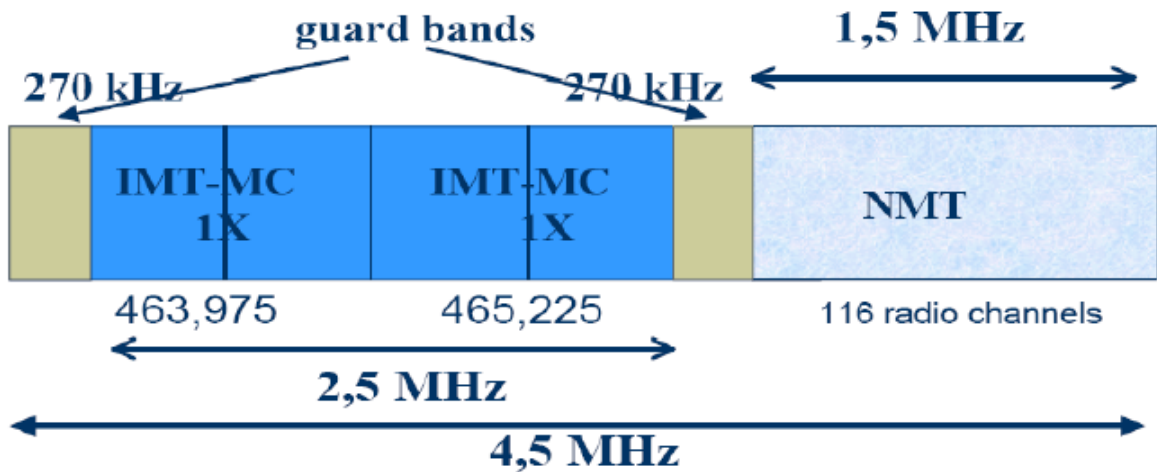


Figura 2.7: Segunda Fase: Crecimiento de la Red.¹⁰

2.2.6.3. Tercera Fase: Gran Demanda de Servicios de Datos.

Cuando el tráfico de datos en la red aumente sustancialmente y a los usuarios finales les resulte conveniente disponer de velocidades binarias más elevadas, podrá introducirse una portadora optimizada de datos - (1xEV-DO), así como 1xEV-DV. La Figura 2.8 indica la tercera fase de la migración de tecnología analógica a digital en la banda de 450 MHz.

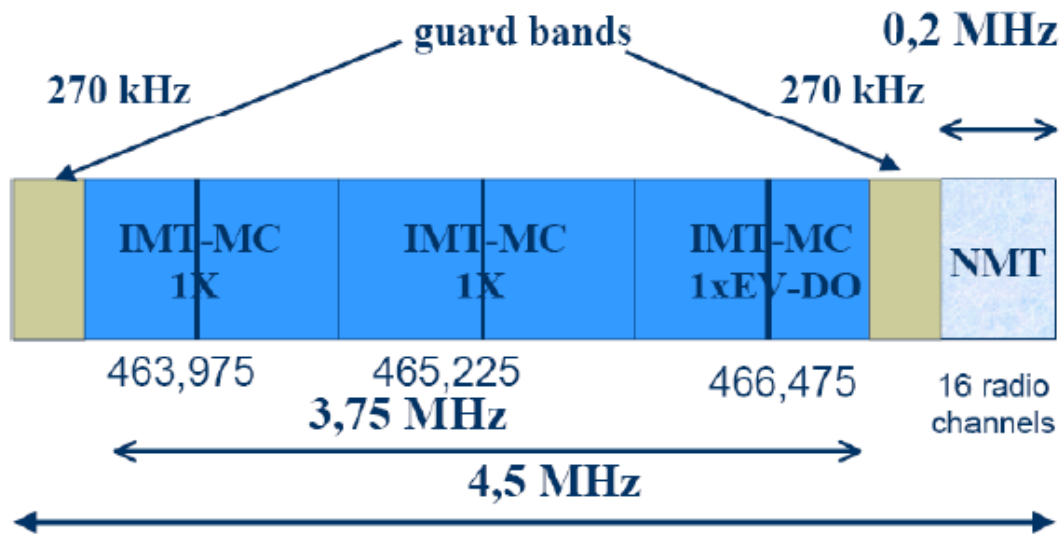


Figura 2.8: Tercera Fase: Gran demanda de Servicios de Datos.¹¹

¹⁰ <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/906/1/CD-1271.pdf>

¹¹ <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/906/1/CD-1271.pdf>

2.2.7. DESPLIEGUES DE CDMA450

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

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

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

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

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

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

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

2.3. WIMAX

Worldwide Interoperability for Microwave Access (interoperabilidad mundial para acceso por microondas).

ESTANDAR: [IEEE 802.16](#) d (fija) y (móvil)

FRECUENCIA DE OPERACION: 2.4, [3.5](#) y 5.4 Ghz

2.3.1. INTRODUCCION

Wi-Max es la nueva tecnología inalámbrica basada en un protocolo estándar para total compatibilidad entre fabricantes.

Regida por el foro Wi-Max y funcionando bajo un chip fabricado por Intel, esta nueva tecnología promete transformarse en un nuevo Wi-Fi, pero para redes inalámbricas metropolitanas.

WiMAX ofrece un mayor ancho de banda y alcance (70 Mbit/s y 50 kilómetros de cobertura).

Los estándares que describen a *WiMAX* (Worldwide Interoperability for Microwave Access) están también dados por la *IEEE* y son los codificados como *802.16x* que son una especificación para *redes metropolitanas inalámbricas (WMAN)* de *banda ancha*.

Esta tecnología está siendo desarrollada y promovida por el grupo de la industria WIMAX formado inicialmente por 67 compañías, liderados por Intel y Nokia, el que ahora es conformado por más de 100.

Transportar Datos, Voz y Video a altas velocidades a través de una red MAN con tecnología inalámbrica.

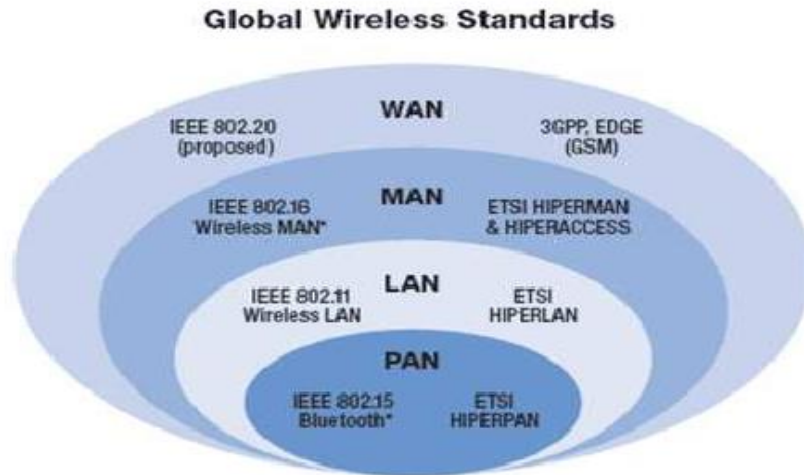


Figura 2.9: Estándares para WiMAX¹²

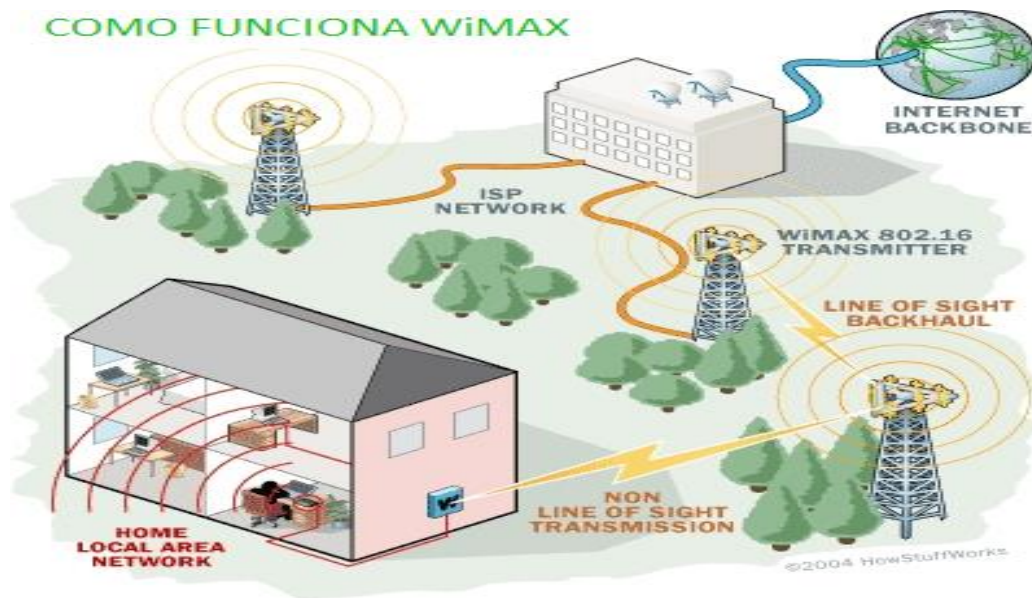


Figura 2.10: Esquema de red WiMAX¹³

¹² <http://www.monografias.com/trabajos60/wimax-banda-ancha/wimax-banda-ancha2.shtml>

¹³ <http://www.domodesk.com/content.aspx?co=100&t=146&c=43>

Lograr mayor ancho de Banda y calidad de Servicio. Dar movilidad dentro del ámbito metropolitano en un radio de 30 Km. Sin perder en ningún momento conectividad a anchos de banda superiores a 2 Mbits/s.

Ofrecer acceso a Internet en zonas de difícil acceso (sitios rurales, poco poblados etc.)

SERVICIOS

• VOZ



• DATOS (CORPORATIVOS)



• INTERNET



2.3.2. CARACTERISTICAS

La tecnología WiMax puede cambiar la forma en la que se conciben las conexiones inalámbricas a Internet en las ciudades.

Las compañías de telecomunicaciones pueden, con unas pocas torres repartidas estratégicamente por toda la ciudad, dar cobertura total a sus habitantes a un precio mucho menor pues no tendrían que usar cable ni mantenerlo.

Se incluyen tecnologías como el VoIP, teléfonos móviles con soporte para WiMax.

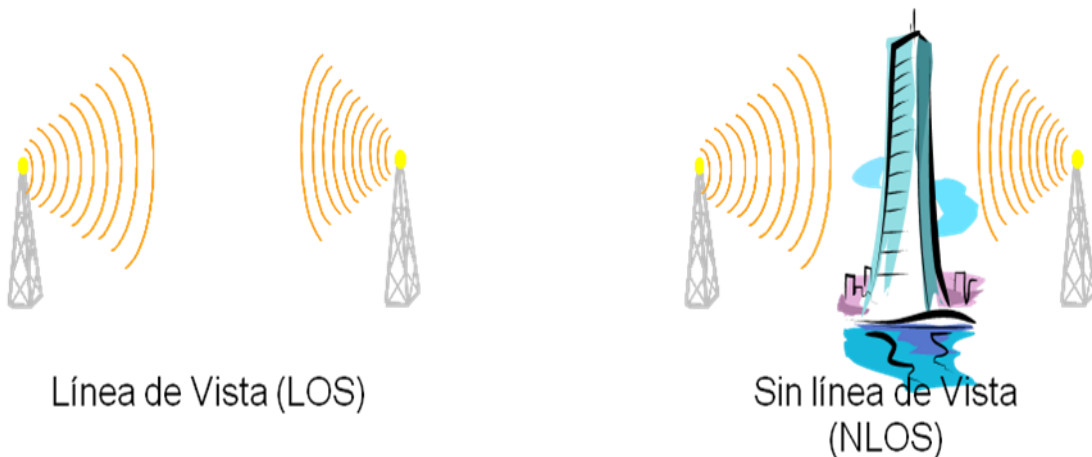
Soporta varios cientos de usuarios por canal, con un gran ancho de banda.

Es adecuada tanto para tráfico continuo como para ráfagas.

Es independiente de protocolo; así, transporta IP, Ethernet, ATM etc. y soporta múltiples servicios simultáneamente ofreciendo Calidad de Servicio (QoS).

Otra característica de WiMAX es que soporta las llamadas antenas inteligentes (smart antenas), propias de las redes celulares de 3G, lo cual mejora la eficiencia espectral.

También, se contempla la posibilidad de formar redes malladas (*meshnetworks*) para que los distintos usuarios se puedan comunicar entre sí, sin necesidad de tener visión directa entre ellos.



ESTACION BASE BBU

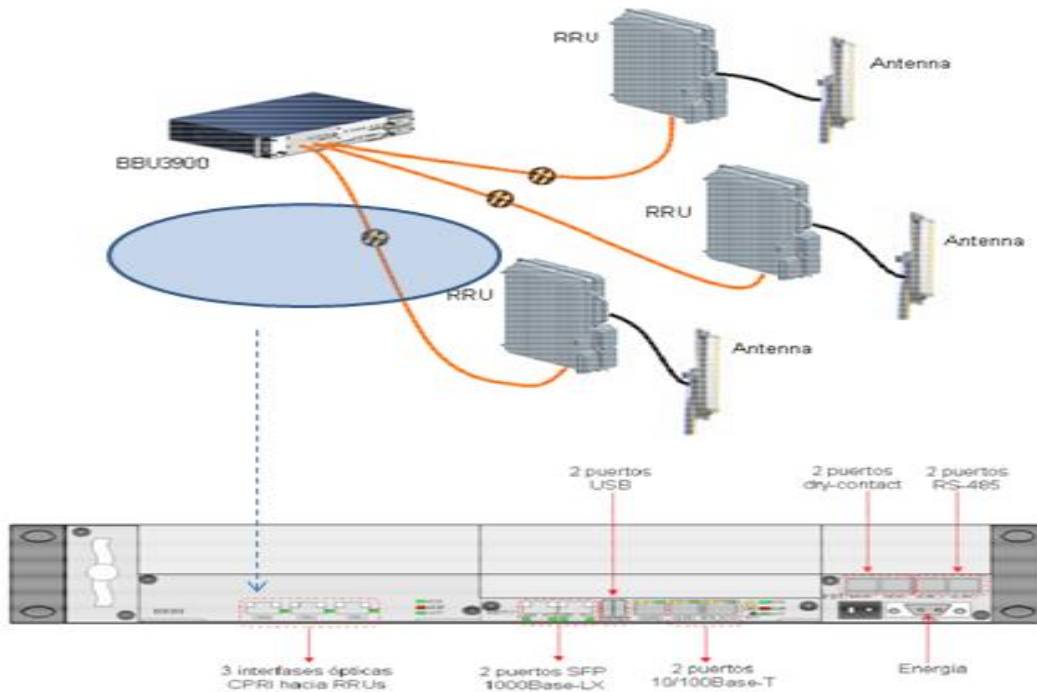
Unidad de procesamiento de la información de los paquetes con el estándar WIMAX, posee puertos ópticos o eléctricos para la transmisión

RRU

Unidad de amplificación de radio frecuencia que convierte señales ópticas de la BBU en señales eléctricas amplificadas

ANTENA

Transmite y recibe señales de radio frecuencia hacia los terminales de usuario CPE



TERMINALES DE USUARIO CPE



CPE simple
Huawei
EchoLife BM632
1 FE, 1 POTS



CPE multi-usuario
Huawei
EchoLife BM635
4 FE, 2 POTS



Antena CPE *Outdoor*
Tongyu
Communication
TDJ-343816AM-30



Antena de ventana
Tongyu
Communication
TDI-343812A-70

EQUIPO ADICIONAL



APM 200 PARA EXTERIORES

2.3.3. ESQUEMA GENERAL DE LA RED WIMAX

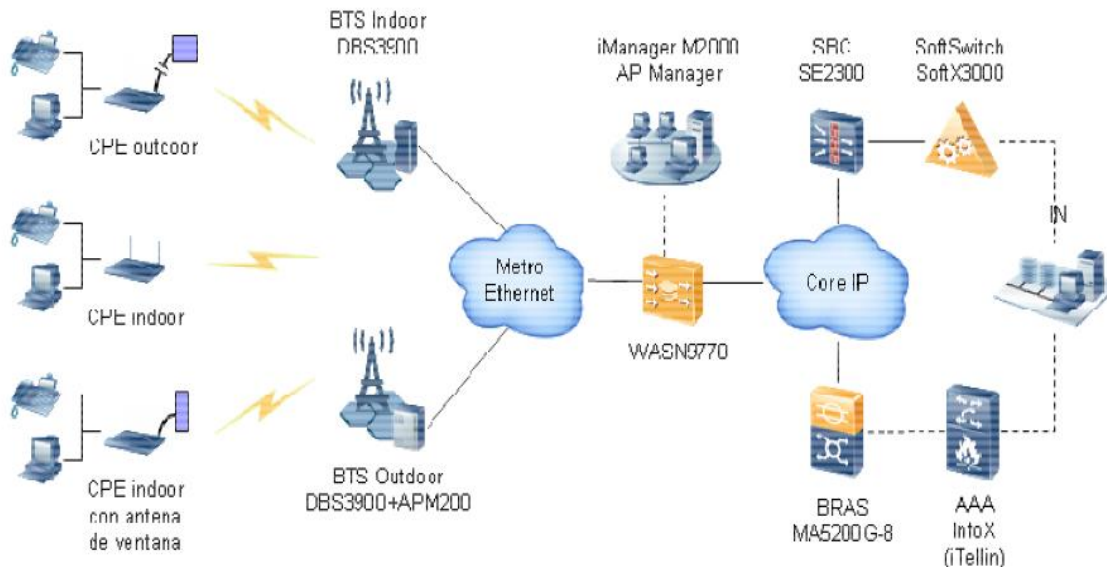
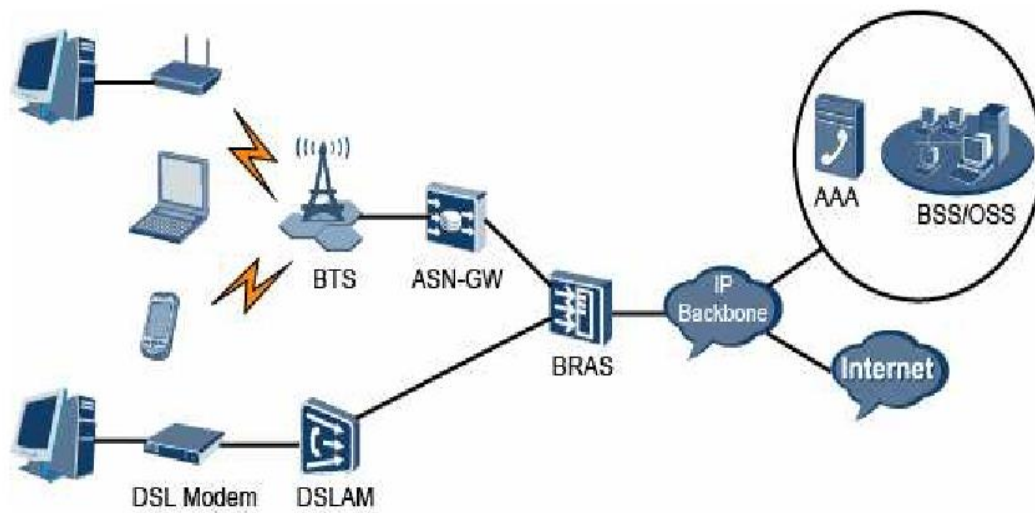


Figura 2.11: Esquema general de la red WiMAX¹⁴

¹⁴ http://www.espectracom.com.mx/redes_wimax_29.html

CONEXIÓN A LA RED DE DATOS



CONEXIÓN A LA RED DE VOZ



NIVELES RSSI WIMAX

El CPE normalmente accede y opera en la red cuando el RSSI $> -80\text{dBm}$; se le hace difícil acceder en el rango $-90\text{dBm} < \text{RSSI} < -80\text{dBm}$; y se desconecta cuando $\text{RSSI} < -90\text{dBm}$.

Es necesario resaltar que para valores de RSSI menores a -80dBm , se debería usar un CPE outdoor o un indoor con antena outdoor direccional.

Tabla 2.4: Niveles RSSI¹⁵

RSSI (dBm)	COLORES	EVENTOS
> - 80	Tonos verdes	CPE Conectado
- 90 < RSSI < -80	Amarillo	Acceso difícil
< - 90	Rojo	Desconexión del CPE en algunos casos

NIVELES CINR WIMAX

El CPE normalmente puede acceder y operar en la red cuando $CINR > 10$ dB; se le dificulta cuando $10\text{dB} < CINR < 5\text{dB}$; y se desconecta cuando $CINR < 5\text{dB}$.

Es necesario resaltar que para valores de CINR menores a 5 dB, se debería optimizar la zona para reducir interferencia, evitar el objetivo por su situación geográfica o realizar un escaneo de frecuencias en búsqueda de interferencias externas.

Tabla 2.5: Niveles CINR¹⁶

CINR (dB)	COLORES	EVENTOS
> 10	Tonos verdes	CPE Conectado
5 < CINR < 10	Azul	Acceso difícil
CINR < 5	Rojo	Desconexión del CPE en algunos casos

¹⁵ <http://www.slideserve.com/idana/wimax>

¹⁶ <http://www.slideserve.com/idana/wimax>

Tabla 2.6: Rendimiento sugerido de acuerdo a la calidad de la señal¹⁷

Maximum Downlink Rate (Mbps)	Downlink RSSI	Downlink CINR
256Kbps	>-80	13
512Kbps	>-76	17
1Mbps	>-72	23
2Mbps	>-68	27

CAPACIDAD DE UNA RADIO BASE

Asumiendo que la distribución de clientes dentro de una estación base es la siguiente:

PERFIL	Datos UP LINK (Kbps)	Datos DOWN LINK (Kbps)	TELEFONIA (Códec G.711)	% DE DISTRIBUCION	Sobre suscripción
A	1024	1024	----	10	4
B	256	512	1 POTS	30	8
C	128	256	1 POTS	40	8
D	----	----	1 POTS	15	
E	----	----	2 POTS	5	

La cantidad de CPEs que se puede atender con las radio bases WiMAX de acuerdo a los perfiles indicados sería de 234.

¹⁷ <http://www.slideserve.com/idana/wimax>

	DL	UL
Rendimiento máximo por BS (tres sectores)	30Mbps	11.3Mbps
Número de usuarios soportados por BS	568	234
Número de usuarios final por BS según los perfiles indicados	234	

2.3.4. WIMAX VS WIFI

WiMax es un Wi-Fi de alta potencia. Mientras que la tecnología Wi-Fi tiene un alcance bastante limitado, entre edificios, el alcance de WiMax es mucho más largo, con capacidad de dar acceso a Internet a grandes superficies

WiFi y WiMax son complementarios. WiMax como alternativa de “Backhaul” respecto de los sistemas cableados como DSL y Cable. WiFi como tecnología de distribución interna.

ESTANDARIZACION

La Familia 802.16

802.16	10 – 66 GHz, Modulación QAM
802.16a	2 –11 GHz, OFDM y OFDMA
802.16b/c	Interoperabilidad y especificación de certificaciones
802.16d	Añade 2 – 11 GHz a especificación de Interoperabilidad
802.16-2004	Reemplaza a 802.16, 802.16a y802.16d
802.16e	Movilidad

802.16 Single Carrier

Diseñado para aplicaciones de enlace radio

Desarrollado por el IEEE, Normativa publicada en Abril, 2002.

Necesita Línea de vista (LOS) entre Antena y Equipo Suscriptor.

Capa de Acceso al Medio (MAC) normalizada, proporcionando compresión, QoS, mayor seguridad, modulación adaptiva y ajustes de codificación.

Hasta 134 Mbps de velocidad de transmisión @ 28 MHz canal

Dos modos de Multiplexación

TDD (duplex en el dominio del tiempo)

FDD (duplex en el dominio de la frecuencia)

802.16a

Diseñada para aplicaciones de última milla

Enmienda publicada en Enero 2003

Tamaño de canal variable –Espacio de canal 1.5 a 20 MHz

Hasta 75 Mbps de velocidad @ Canal de 20 MHz

Añade soporte para sin línea de vista (NLOS)

Utilización de capa MAC del 802.16

802.16-2004

Incluye toda la tecnología en un documento.

Cambios en la parte de OFDM

– Mejor Soporte de Múltiple entrada Múltiple salida (MiMo)

– Cambios en preámbulo (preamble)

– Cambios en portadoras piloto

– Cambios en el formato de modulación para FCH (Frame control header)

En OFDMA

– Cambios en la sub-canalización

802.16e

Banda Ancha Móvil

Banda de frecuencia <6GHz.

NLOS, OFDM, hasta 5km.

Nº de portadoras flexible 128,256, 512 1024, 2048.

Hasta 10 MHz BW.

Hasta 15 Mbps.

Fuertemente impulsada por Intel.

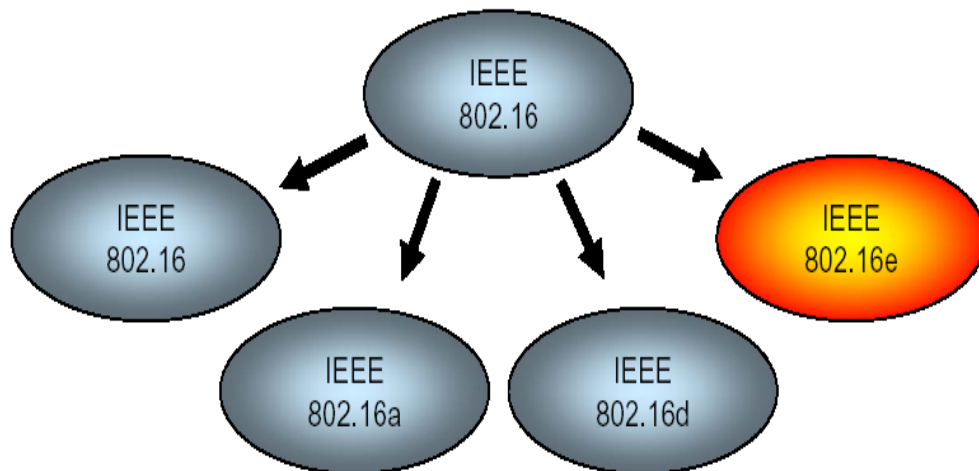


Figura 2.12: Estandarización IEEE 802.16¹⁸

El estándar IEEE 802.16 hace referencia a un sistema BWA (BroadbandWireless Access) de alta tasa de transmisión de datos, largo alcance (hasta 50 km) y escalable.

¹⁸ <http://es.kioskea.net/contents/wimax/wimax-intro.php3>

El servicio, tanto móvil como fijo, se proporciona empleando antenas sectoriales tradicionales o bien antenas adaptativas con modulaciones flexibles que permiten intercambiar ancho de banda por alcance.

La primera versión fue creada en abril del 2002(802.16) y se refería a enlaces fijos de radio con línea de vista (LoS) entre transmisor y receptor, utilizando eficientemente varias frecuencias dentro de la banda de 10 a 66 GHz.

En marzo de 2003, se ratificó una nueva versión, el 802.16a, y fue entonces cuando WiMAX, como una tecnología de banda ancha inalámbrica, empezó a cobrar relevancia.

Un aspecto importante del estándar 802.16x es que define un nivel MAC (Media AccesLayer) que soporta múltiples enlaces físicos (PHY).

Esto es esencial para que los fabricantes de equipos puedan diferenciar sus productos y ofrecer soluciones adaptadas a diferentes entornos de uso.

ESTANDARIZACION (IEEE 802.16a)

Estándar para Wireless MAN: acceso inalámbrico de banda ancha en zonas metropolitanas de área amplia.

Diseñado para soportar multimedia (voz, video, datos, juegos interactivos)

Sistemas de alta capacidad y fácil instalación

Se enfoca específicamente en la “última milla” en zonas metropolitanas

Provee un uso más eficiente del ancho de banda

Integra mecanismos de QoS a nivel físico.

Tasa de transmisión de hasta 75 Mbps. El espectro de frecuencia es de: IEEE 802.16e dos a seis GHz;

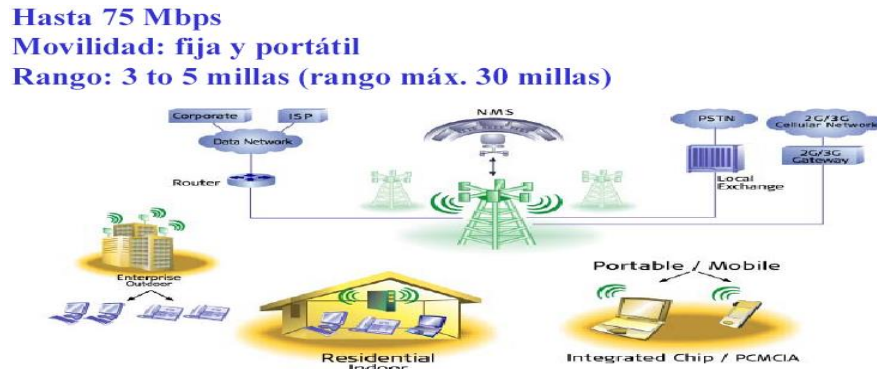


Figura 2.13: Estándar para Wireless MAN¹⁹

COMPONENTES

Las torres WiMax, que dan cobertura de hasta 8.000 km cuadrados según el tipo de señal transmitida.



Figura 2.14: Componente y cobertura²⁰

Los receptores Wimax, es decir, las tarjetas que se conectan a un PC, portátil, PDA y demás para tener acceso.

¹⁹ http://es.scribd.com/carlos_quilca_3/d/86685482-Wimax-4

²⁰ <http://chinoataku.wordpress.com/2010/04/07/todo-lo-que-tenes-que-saber-sobre-el-wimax/>

POTENCIALES

Equipos WiMAX NLOS. Esto significa que no necesita la línea de visión de las antenas.

Aceptación a nivel mundial.

Funciona en bandas con y sin licencia.

No reemplaza a Wi-Fi ni a las redes de 3G existentes

Interconexiones FrameRelay y ATM.

QoS (Calidad de Servicio), varios niveles de servicio: voz, vídeo y datos.

Capacidad de entregar varios canales de servicio desde la misma conexión física.

Seguridad: El estándar IEEE 802.16 incluye medidas para privacidad y criptografía inherentes en el protocolo.

SEGURIDADES

Seguridad: El estándar IEEE 802.16 incluye medidas para privacidad y criptografía inherentes en el protocolo.

Opera en bandas licenciadas y no licenciadas. Las bandas licenciadas son las 2.4 GHz, 3.5 GHz y en no licenciadas la 5.8 GHz.

Alcance de 50 kilómetros (NLOS) y en áreas de densidad demográfica alta de ocho hasta diez kilómetros; utilizado para la transmisión de voz, vídeo y datos;

En cuanto a seguridad, incluye medidas para la autenticación de usuarios y la encriptación de los datos mediante los algoritmos:

Triple DES.(128 bits) y

RSA (1.024 bits).

DES (Data Encryption Standard) es un esquema de encriptación simétrico desarrollado en 1977 por el Departamento de Comercio y la Oficina Nacional de Estándares de EEUU en colaboración con la empresa IBM

En general, DES utiliza una clave simétrica de 64 bits, de los cuales 56 son usados para la encriptación, mientras que los 8 restantes son de paridad, y se usan para la detección de errores en el proceso.

SEGURIDADES TRIPLE DES

El sistema DES se considera en la actualidad poco práctico, debido a la corta longitud de su clave (se basa en un sistema monoalfabético, con un algoritmo de cifrado consistente en la aplicación sucesiva de varias permutaciones y sustituciones).

Para solventar este problema y continuar utilizando DES se creó el sistema Triple DES (TDES), basado en tres iteraciones sucesivas del algoritmo DES, con lo que se consigue una longitud de clave de 128 bits, y que es compatible con DES simple.

Para implementarlo, se toma una clave de 128 bits y se divide en 2 diferentes de 64 bits, aplicándose el siguiente proceso al documento en claro

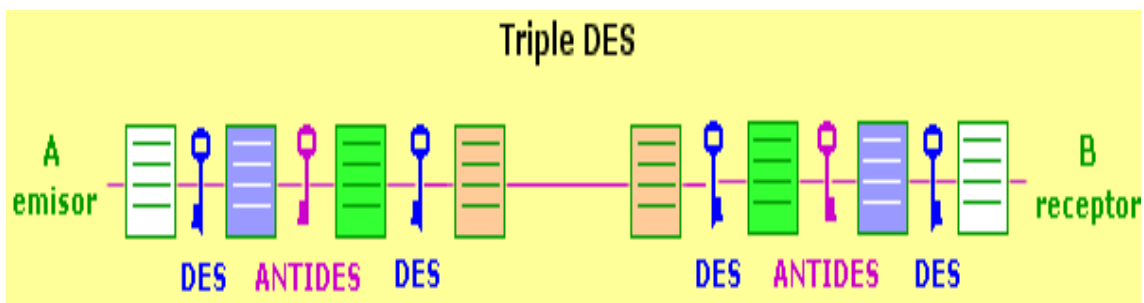


Figura 2.15: Seguridad triple DES²¹

²¹ http://www.terra.es/personal6/morenocerro2/seguridad/cripto/cripto_7.html

SEGURIDADES RSA

RSA – Iniciales de los inventores: Ronald Rivest, Adi Shamir, y Leonard Adleman, es el sistema criptográfico asimétrico más conocido y usado actualmente en las más prestigiosas empresas en el entorno de la protección de datos.

En cuanto a las longitudes de claves, el sistema RSA permite longitudes variables, siendo aconsejable actualmente el uso de claves de no menos de 1024 bits.

RSA basa su seguridad en ser una función computacional segura, ya que si bien realiza la exponenciación modular es fácil, su operación inversa.

El sistema RSA se basa en el hecho matemático de la dificultad de factorizar números muy grandes. Consiste en empezar a dividir sucesivamente éste entre 2, entre 3, entre 4,..., y así sucesivamente.

El cálculo de estas claves se realiza en secreto en la máquina en la que se va a guardar la clave privada, y una vez generada ésta conviene protegerla mediante un algoritmo criptográfico simétrico.

2.3.5. LIMITACIONES Y DEBILIDADES

Los expertos aseguran que una de sus grandes debilidades será su susceptibilidad a interferencias, incluso de aparatos domésticos tan comunes como teléfonos inalámbricos, celulares y hornos de microondas.

Una de las principales limitaciones en los enlaces a larga distancia vía radio es la limitación de potencia, para prever interferencias con otros sistemas, y el alto consumo de batería que se requiere.

La necesidad de mejoras ya se ha visto reflejada en los retrasos sufridos por el programa de certificación, que garantiza la compatibilidad de los productos a comercializar.

2.3.6. APLICACIONES

Las primeras versiones de WiMAX están pensadas para comunicaciones punto a punto o punto a multipunto, típicas de los radioenlaces por microondas.

Los primeros productos que están empezando a aparecer en el mercado se enfocan a proporcionar un enlace de alta velocidad para conexión a las redes fijas públicas o para establecer enlaces punto a punto.

WiMAX puede resultar muy adecuado para unir hot spots Wi-Fi a las redes de los operadores, sin necesidad de establecer un enlace fijo.

Para las empresas, es una alternativa a contemplar, ya que el coste puede ser hasta 10 veces menor que en el caso de emplear un enlace E1 o T1.

De momento se habla inclusive de WiMAX para el acceso residencial, sustituyendo con enorme ventaja a las conexiones ADSL, o de cable.

Otra de sus aplicaciones encaja en ofrecer servicios a zonas rurales de difícil acceso, a las que no llegan las redes cableadas.

En los países en desarrollo resulta una buena alternativa par el despliegue rápido de servicios, compitiendo directamente con las infraestructuras basadas en redes de satélites, que son muy costosas y presentan una alta latencia.

La instalación de estaciones base WiMAX es sencilla y económica, utilizando un hardware que llegará a ser estándar, por lo que por los operadores móviles puede ser visto como una amenaza.

Algunos operadores de LMDS (Local Multipoint Distribution System) están empezando a considerar esta tecnología muy en serio y ya han comenzado a hacer despliegues de red, utilizando los elementos que hoy por hoy están disponibles.

2.4. GPON (GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK)

2.4.1. INTRODUCCIÓN

Los usuarios de telecomunicaciones ya están cansados de tanta competición en ancho de banda entre operadores, lo que demandan es una competición en servicios innovadores (HDTV, vídeo bajo demanda, videoconferencia, etc.). De esta forma, los principales operadores del mundo están definiendo avanzadas redes convergentes de banda ancha basadas en IP, maximizando así el valor de sus activos para atraer nuevos clientes y fidelizar a los existentes ofreciendo más servicios sobre la misma infraestructura a unos precios cada vez más competitivos. Además, de reducir la inversión necesaria en equipamiento de red, esta convergencia trae consigo para los operadores una reducción de la complejidad de la gestión y unos costes operativos más bajos.

Entre las tecnologías más interesantes que están permitiendo esta convergencia cabe destacar en la parte del bucle de abonado a GPON, la tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto a multipunto más avanzada en la actualidad. Las economías de escala y experiencia acumulada en el núcleo de la red, con elevados niveles de tráfico sobre sistemas [WDM \(Wavelength Division Multiplexing\)](#), ha permitido que la viabilidad económica de la fibra y los componentes ópticos sea un hecho. Los servicios que se pueden emplear sobre una red de estas características son además los mismos que se pueden ofrecer sobre la red móvil, gracias a la integración que supone la introducción de [IMS \(IP Multimedia Subsystem\)](#).

La fibra de óptica es el medio de transmisión más avanzado y el único capaz de soportar los servicios de nueva generación, como televisión de alta definición. Las principales ventajas

de tener un bucle de abonado de fibra óptica son muchas: mayores anchos de banda, mayores distancias desde la central hasta el abonado, mayor resistencia a la interferencia electromagnética, mayor seguridad, menor degradación de las señales, etc. Además, la reducción de repetidores y otros dispositivos supondrán menores inversiones iniciales, menor consumo eléctrico, menor espacio, menos puntos de fallo, etc. La obra civil a realizar para el tendido de fibra puede verse reducido a partir de innovadoras alternativas, por ejemplo, NTT en Japón y Verizon en EEUU han empleado en algunos casos un tendido aéreo en vez de tendido subterráneo. También cabe destacar la solución de fibra “soplada” (*blowfibre*), mediante la cual la fibra es tendida sobre canalizaciones existentes a través de pistolas de aire comprimido. Aunque tender fibra hasta el hogar pueda suponer una fuerte inversión inicial (CAPEX) ésta podrá ser rápidamente amortizada a través de la reducción de los gastos de mantenimiento (OPEX) respecto a la infraestructura actual y a los nuevos servicios que se pueden ofrecer.

Los Gobiernos de todas las naciones reconocen la necesidad de desplegar redes de fibra óptica para mejorar la competitividad de sus economías. Los principales operadores de telecomunicaciones del mundo, incluida Telefónica, también han comenzado el despliegue de GPON, si bien no será hasta el año 2009 cuando arranque a toda máquina. Los principales suministradores de equipos de telecomunicación (Alcatel-Lucent, Ericsson, Huawei, Nokia-Siemens, ZTE, etc.) ofrecen soluciones GPON. Todo esto da muestras del prometedor futuro de esta tecnología emergente.

2.4.2. CONCEPTO DE FTT

El acrónimo FTTx es conocido ampliamente como *Fibre-to-the-x*, donde x puede denotar distintos destinos. Los más importantes son: FTTH (*home*), FTTB (*building*), y FTTN (*node*). En FTTH o fibra hasta el hogar la fibra llega hasta la casa u oficina del abonado. En cambio, en FTTB la fibra termina antes, típicamente en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados. En FTTN la fibra termina más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio. La elección de una arquitectura u otra dependerá fundamentalmente del coste unitario por usuario final y del tipo de servicios que quiera ofrecer el operador.

En una arquitectura FTTB y FTTN, que es el modelo que más éxito tendrá a corto plazo en España, el enlace de fibra óptica se establece entre una oficina central y un punto de distribución intermedio. Desde este punto de distribución intermedio, se accede a los abonados finales del edificio o de la casa mediante la tecnología VDSL2 (*Veryhigh bit-rate Digital Subscriber Line 2*) sobre par de cobre o WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) de forma inalámbrica. De este modo, el tendido de fibra puede hacerse de forma progresiva, en menos tiempo y con menor coste, reutilizando la infraestructura del abonado.

El [FTTH Council](#) es un organismo sin ánimo de lucro que trata de educar, promover y acelerar el despliegue de fibra hasta el hogar. Existen varias soluciones tecnológicas para ofrecer FTTx. Estas opciones suelen ser divididas en dos amplias categorías: **PON** (*Passive Optical Networks*), que no requieren de componentes electrónicos activos entre el usuario final y la central del operador; y ASON (*Active Optical Network*), donde hay instalados componentes electrónicos activos entre el usuario final y la central del operador.

2.4.2. HISTORIA

A finales de los años 90, PON comenzó a ser considerado tanto por las operadoras como por los suministradores como una interesante solución para ofrecer acceso de fibra óptica hasta los usuarios residenciales. Su naturaleza punto a multipunto, resultaría en ahorros significativos en la instalación de la fibra óptica y en interfaces ópticos. Además, PON no requiere de dispositivos electrónicos u optoelectrónicos activos para la conexión entre el abonado y el operador y, por lo tanto, supone una inversión y unos costes de mantenimiento considerablemente menores.

A medida que la fibra se abarataba y los distintos organismos regulatorios de cada país se interesaban más por las conexiones de redes de fibra óptica, los operadores y fabricantes comenzaron a impulsar las tecnologías PON. En la primavera de 1995, se formó el [FSAN](#) ([Full Service Access Network](#)), con el fin de promover estándares mediante la definición de un conjunto básico de requerimientos y, de este modo, mejorar la interoperabilidad y reducir el precio de los equipos. Las especificaciones de PON del FSAN, formado por los

principales operadores y suministradores de equipos de telecomunicación y medida del mundo, reflejan las necesidades y el consenso de sus miembros.

Tabla 2.7: Comparativa de las principales tecnologías PON²²

Características	ITU-T BPON	ITU-T GPON	ITU-T EPON
Tasa de bits (Mbps)	<i>down</i> : 1.244, 622, 155	<i>down</i> : 2.488, 1.244	<i>down</i> : 1.250
	<i>up</i> : 622, 155	<i>up</i> : 2.488, 1.244, 622, 155	<i>up</i> : 1.250
Codificación de línea	NRZ (+ <i>scrambling</i>)	NRZ (+ <i>scrambling</i>)	8b/10b
Ratio de división máximo	1:32	1:128 (1:64 en la práctica)	1:32
Alcance máximo	20 km	60 km (con 20 km de distancia entre ONTs)	20 km
Estándares	Serie ITU-T G.983.x	Serie ITU-T G.984.x	IEEE 802.3ah
Soporte TDM	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes	TDM sobre paquetes
Soporte vídeo RF	No	Sí	No
Eficiencia típica (depende del servicio)	83% <i>downstream</i>	93% <i>downstream</i>	61% <i>upstream</i>
	80% <i>upstream</i>	94% <i>upstream</i>	73% <i>downstream</i>
OAM	PLOAM+OMCI	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM (+SNMP opcional)
<i>Downstream</i>	<i>Churning</i> o AES	AES	No definida

En 1998, **APON (ATM PON)** fue la primera especificación concebida por el FSAN. APON tuvo un notable éxito en cuanto a despliegue comercial, pero carecía de la capacidad requerida para ofrecer vídeo. Sus velocidades iniciales eran de 155 Mbps, aunque se mejoró posteriormente para soportar hasta 622 Mbps. El protocolo de transmisión se basa en ATM, lo cual supone problemas a la hora de adaptar y provisionar servicios, así como baja eficiencia para el transporte de datos.

²² <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>

En 2001, el FSAN presenta **BPON** (*Broadband PON*), una tecnología que también se basa en ATM, con el problema de costes y complejidad que ello supone, pero introduce una longitud de onda adicional para transportar vídeo RF. Mientras BPON estaba siendo desplegado, con un gran éxito en Japón y EEUU, se definían EPON y GPON.

EPON (*Ethernet PON*) era definido en 2004 por el grupo EFM (*Ethernet FirstMile*) del IEEE como la técnica PON de nueva generación que, influenciada por la tecnología Gigabit Ethernet existente, permitía a los suministradores de equipos lanzar rápidamente al mercado equipos de mayores anchos de banda a precios más competitivos. No obstante, EPON carecía de muchas funcionalidades necesarias para el transporte de otros servicios con calidad de operador que daban lugar a soluciones propietarias. Así mismo, la eficiencia de línea es baja debido a una codificación de línea con gran sobrecarga. Aún así, es una tecnología con un notable éxito en Corea del Sur, Japón y Taiwán.

Unos meses antes que EPON, también en 2004, se terminaba de definir GPON (*Gigabit PassiveOptical Network*) por parte del ITU-T. El estándar incluye varias velocidades de línea de hasta 2,488 Gbps simétricas y asimétricas. Con una menor sobrecarga de codificación y tiempos de guarda menores, el ancho de banda neto de GPON es mucho mayor que el de EPON. Además de transportar tráfico de datos nativo, GPON también es capaz de transportar eficientemente otros servicios. El único problema en el momento de su definición era la mayor complejidad de esta tecnología y de los componentes, que hacían imposible tener productos comerciales en tan poco tiempo como en EPON. Sin embargo, desde el año 2006 este problema está resuelto y ya hay muchos operadores que han comenzado su despliegue.

2.4.3. CARACTERÍSTICAS DE GPON

El [ITU-T \(*International TelecommunicationsUnion – Telecommunication sector*\)](#) empezó a trabajar sobre GPON en el año 2002. La principal motivación de GPON era ofrecer mayor ancho de banda, mayor eficiencia de transporte para servicios IP, y una especificación completa adecuada para ofrecer todo tipo de servicios.

GPON está estandarizado en el conjunto de recomendaciones ITU-T G.984.x ($x = 1, 2, 3, 4$). Las primeras recomendaciones aparecieron durante el año 2003 y 2004, y ha habido continuas actualizaciones en años posteriores. Aunque mucha de la funcionalidad que no está relacionada con GPON se conserva respecto a sus tecnologías predecesoras, principalmente BPON, tal y como mensajes OAM, DBA, etc., GPON se basa en una capa de transmisión completamente nueva.

GPON ofrece una estructura de trama escalable de 622 Mbps hasta 2,5 Gbps, así como soporte de tasas de bit asimétricas. La velocidad más utilizada por los actuales suministradores de equipos GPON es de 2,488 Gbps $_{downstream}$ y de 1,244 Gbps $_{upstream}$. Sobre ciertas configuraciones se pueden proporcionar hasta 100 Mbps por abonado.

La red de acceso es la parte de la red del operador más cercana al usuario final, por lo que se caracteriza por la abundancia de protocolos y servicios. El método de encapsulación que emplea GPON es GEM (*GPON Encapsulation Method*) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 μ s. GEM se basa en el estándar GFP (*Generic Framing Procedure*) del ITU-T G.7041, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON. GPON de este modo, no sólo ofrece mayor ancho de banda que sus tecnologías predecesoras, es además mucho más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales (voz basada en TDM, líneas alquiladas, etc.) sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes.

Además, GPON implementa capacidades de OAM (*Operation Administration and Maintenance*) avanzadas, ofreciendo una potente gestión del servicio extremo a extremo. Entre otras funcionalidades incorporadas cabe destacar: monitorización de la tasa de error, alarmas y eventos, descubrimiento y *ranging* automático, etc.

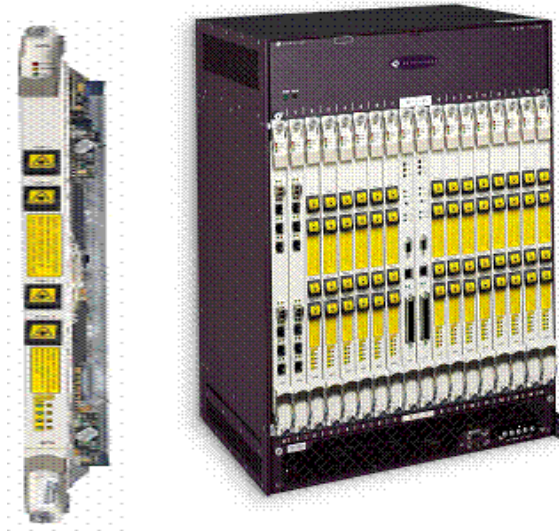


Figura 2.16: Aspecto de un OLT y tarjeta de la OLT con 4 puertos GPON²³

2.4.4. ARQUITECTURA DE RED GPON

La red de GPON consta de un **OLT** (*Optical Line Terminal*), ubicado en las dependencias del operador, y las **ONT** (*Optical Networking Terminal*) en las dependencias de los abonados para FTTH. La OLT consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONT. Aunque depende del suministrador, existen sistemas que pueden alojar hasta 7.168 ONTs en el mismo espacio que un DSLAM. En las arquitecturas FTTN las ONT son sustituidas por **MDU** (*Multi-Dwelling Units*), que ofrecen habitualmente VDSL2 hasta las casas de los abonados, reutilizando así el par de cobre instalado pero, a su vez, consiguiendo las cortas distancias necesarias para conseguir velocidades simétricas de hasta 100 Mbps por abonado.

Para conectar la OLT con la ONT con datos, se emplea un cable de fibra óptica para transportar una longitud de onda *downstream*. Mediante un pequeño divisor pasivo que divide la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas, el tráfico *downstream* originado en la OLT puede ser distribuido. Puede haber una serie de divisores pasivos $1 \times n$ (donde $n = 2, 4, 8, 16, 32, \text{ o } 64$) en distintos emplazamientos hasta alcanzar los clientes. Esto es una arquitectura punto a multipunto, algunas veces descrita como una topología en

²³ <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>

árbol. Los datos *upstream* desde la ONT hasta la OLT -que son distribuidos en una longitud de onda distinta para evitar colisiones en la transmisión *downstream*- es agregado por la misma unidad divisora pasiva, que hace las funciones de combinador en la otra dirección del tráfico. Esto permite que el tráfico sea recolectado desde la OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico *downstream*.

Para el tráfico *downstream* se realiza un *broadcast* óptico, aunque cada ONT sólo será capaz de procesar el tráfico que le corresponde o para el que tiene acceso por parte del operador, gracias a las técnicas de seguridad AES (*Advanced Encryption Standard*). Para el tráfico *upstream* los protocolos basados en TDMA (*Time Division Multiple Access*) aseguran la transmisión sin colisiones desde la ONT hasta la OLT. Además, mediante TDMA sólo se transmite cuando sea necesario, por lo cual, no sufre de la ineficiencia de las tecnologías TDM donde el período temporal para transmitir es fijo e independiente de que se tengan datos o no disponibles.

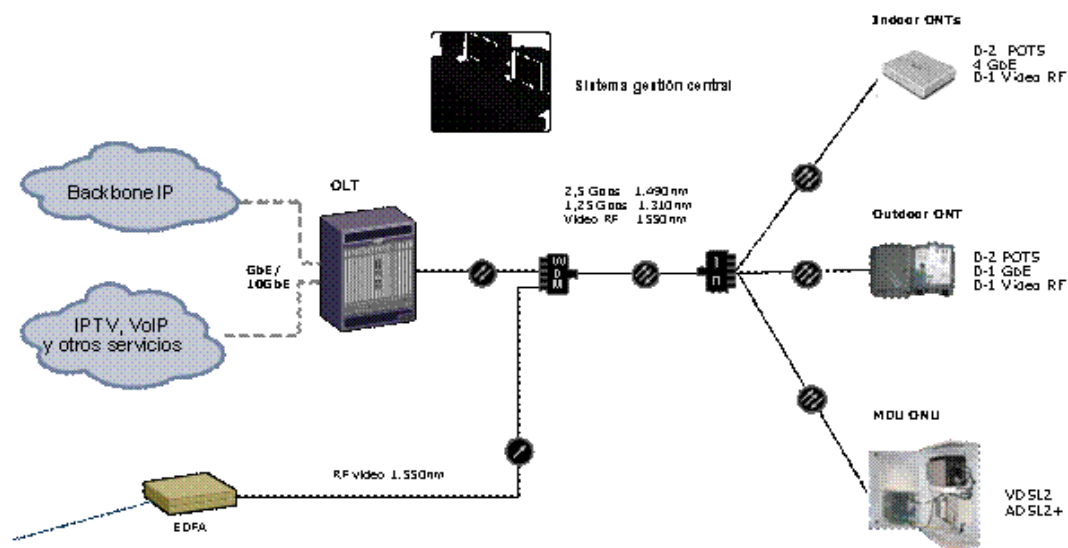


Figura 2.17: Arquitectura de red de GPON²⁴

²⁴ <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>

Una de las características clave de PON es la capacidad de sobresuscripción. Esto permite a los operadores ofrecer a los abonados más tráfico cuando lo necesiten y la red esté con capacidad ociosa, es decir, cuando no haya otros abonados en el mismo PON que están empleando todo su ancho de banda disponible. Esta funcionalidad es denominada ubicación dinámica del ancho de banda o DBA (*DynamicBandwidthAllocation*) del PON punto a multipunto.

En una red GPON, se asigna una longitud de onda para el tráfico de datos (Internet, VoIP, IPTV, etc.) *downstream* (1.490 nm) y otra para el tráfico *upstream* (1.310 nm). Además, a través del uso de WDM (*WavelengthDivisionMultiplexing*), se asigna una tercera longitud de onda (1.550 nm) que está dedicada para el *broadcast* de vídeo RF (*broadcast* analógico, *broadcast* digital, *broadcast* digital y HDTV, y vídeo bajo demanda). De este modo, el vídeo/TV puede ser ofrecido mediante dos métodos distintos simultáneamente: RF (radio frecuencia) e IPTV. Mediante RF las operadoras de cable pueden hacer una migración gradual hacia IPTV. En este caso, las ONT dispondrán de una salida para vídeo RF coaxial que irá conectada al STB tradicional. Con IPTV la señal de vídeo, que es transformada por la cabecera en una cadena de datos IP se transmite sobre el mismo enlace IP como datos para acceso a Internet de banda ancha. El STB conectado mediante Gigabit Ethernet al ONT, convertirá de nuevo la cadena de datos en una señal de vídeo. Mediante IPTV y GPON, cuyos equipos incorporan capacidades de QoS y *multicast* IP avanzadas, los operadores puede ofrecer varios canales de alta calidad de imagen y sonido, incluidos HDTV, así como proporcionar servicios interactivos y personalizados, lo cual no es factible con vídeo RF.

2.5 WDM UNA TECNOLOGÍA CON FIBRA

La tecnología conocida como Multicanalización por División de Longitud de Onda (WDM, por sus siglas en inglés), a pesar de existir desde hace varios años, es hoy en día uno de los temas de mayor interés dentro del área de la infraestructura de redes ópticas. En los Estados Unidos, en donde las redes de fibra óptica han evolucionado considerablemente, WDM se ha consolidado como una de las tecnologías favoritas, debido a las enormes ventajas que ofrece en la optimización del uso del ancho de banda. Su implementación en los mercados de Europa, Asia y América Latina crece día con día, y son cada vez más las redes de cable que la utilizan para ofrecer multi-servicios.

Los enlaces de comunicación óptica permiten el envío simultáneo de diferentes longitudes de onda a través de una sola fibra dentro de la banda espectral que abarca los 1300 y los 1600nm. Ésta es una importante característica, posible gracias a la tecnología WDM, que consiste en combinar varias longitudes de onda dentro de la misma fibra. Conceptualmente, esta forma de multicanalización es similar a FDM (Multicanalización por división de frecuencia, por sus siglas en inglés), utilizada en sistemas satelitales y de microondas. Mientras que FDM consiste en transmitir varias señales al mismo tiempo a través de un solo canal de banda ancha, modulando primero cada una de ellas en una subportadora distinta y, posteriormente, reuniéndolas para formar una sola señal, WDM reúne diferentes longitudes de onda para formar la señal que se transmitirá. De manera similar a otras formas de multicanalización, WDM requiere que cada longitud de onda sea debidamente espaciada de las demás, con el objeto de evitar la interferencia intercanal.

A pesar de que esta técnica de multicanalización, utilizada principalmente en redes de fibra óptica, se denomina de manera amplia WDM, es más común escuchar el término convencional DWDM (Multicanalización Densa por División de Longitud de Onda, por sus siglas en inglés), el cual, aunque no denota ninguna región de operación o condición de implementación adicional, toma su nombre a partir de una designación de la Unión

Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y se refiere únicamente al espaciamiento requerido en la especificación UIT-T G.692.

Actualmente, DWDM no es vista tan solo como una técnica para ampliar la capacidad de una red de fibra óptica, sino más bien, como una tecnología robusta en el "backbone" de redes multi-servicios y redes de acceso móvil, que permite satisfacer el crecimiento en volumen y complejidad que presentan los servicios de telecomunicaciones.

2.5.1. LAS PRINCIPALES VENTAJAS QUE OFRECE DWDM

Aumenta dramáticamente la capacidad de un punto a otro de la red de fibra óptica, lo cual es considerado la aplicación clásica de DWDM. Esto se debe principalmente a la posibilidad de transmitir varias señales dentro de una sola señal y a las altas tasas de transmisión que soporta.

Permite transportar cualquier formato de transmisión en cada canal óptico. Así, sin necesidad de utilizar una estructura común para la transmisión de señales, es posible utilizar diferentes longitudes de onda para enviar información síncrona o asíncrona, analógica o digital, a través de la misma fibra.

Permite utilizar la longitud de onda como una nueva dimensión, además del tiempo y el espacio, en el diseño de redes de comunicación. Aún no hemos comentado cuáles son los fundamentos que dan cabida a la tecnología WDM. En un enlace punto a punto de fibra óptica existe una fuente de luz localizada en el extremo transmisor y un fotodetector en el extremo receptor. Las señales originadas por diferentes fuentes ópticas utilizan fibras diferentes y únicas como medio de transmisión. Puesto que toda fuente óptica tiene un ancho de línea limitado, es decir, el rango de longitudes de onda que puede emitir es pequeño, el ancho de banda de la fibra es desperdiciado puesto que únicamente se hace uso de una pequeña porción de éste en la fibra. Los multicanalizadores WDM permiten acoplar diferentes longitudes de onda dentro de una fibra común. De la misma manera, un

dispositivo WDM puede recuperar las longitudes de onda que se transmitieron a través de la fibra óptica.

Cada uno de los canales WDM es diseñado para dejar pasar una longitud de onda o una banda de longitudes de onda en particular. Por ejemplo, un sistema WDM de dos canales podría estar pensado para dejar pasar las bandas de 1310 y 1550nm. El sistema podría utilizarse para enviar dos señales ópticas a través de una fibra común: una señal con longitud de onda de 1310nm se transmitiría a través del canal de 1310nm, y una señal de 1550nm se enviaría por el canal WDM de 1550nm.

Los canales WDM se comportan como filtros que únicamente permiten el paso de las señales ópticas especificadas para cada canal, de tal forma que transmitir una señal de 1310nm a través de un canal de 1550nm no funcionaría. A pesar de que actualmente se desarrollan técnicas para alojar más de 2000 canales en una sola fibra, los multicanalizadores más comunes que existen cuentan con 2,4,8,16,32 ó 64 canales.

Aquéllos que integran dos canales cuyas longitudes de onda se localizan entre las bandas de 1310 y 1550nm se conocen como WDMs de banda amplia. Un multicanalizador WDM de banda angosta es aquél que integra dos o cuatro canales dentro de la banda de los 1550nm. DWDM pertenece a esta categoría WDM de banda angosta y está diseñado para un espaciamiento entre canales de 100GHz (~0.8nm). Debido a este espaciamiento, DWDM puede acoplar ocho o más canales dentro de la banda de los 1550nm.

Al momento de implementar tecnologías WDM, es muy importante que los multicanalizadores utilicen fuentes láser con diferentes longitudes de onda, y que estas fuentes se sintonicen de acuerdo a las longitudes de onda o bandas específicas del multicanalizador. De no utilizar las longitudes de onda correctas, el sistema podría no funcionar adecuadamente.

Valdría la pena señalar que antes de implementar tecnología WDM eran necesarias dos fibras en un sistema de comunicación. Una de ellas estaría conectada al transmisor óptico, mientras que la otra provendría del receptor, permitiendo una comunicación bidireccional, conocida como "full-duplex". Con la llegada de WDM, sólo se requiere de una fibra para proporcionar comunicación "full-duplex", sin importar el número de canales que se tengan. Por ejemplo, en un sistema WDM de cuatro canales se tienen dos sistemas de comunicación a través de una sola fibra; para ocho canales WDM se mantendrían cuatro sistemas de comunicación en la misma fibra. En consecuencia, es muy notable la reducción de fibra óptica de la planta.

Las bandas que se utilizan en las comunicaciones ópticas tienen sus propios nombres. La banda C, por ejemplo, corresponde a las longitudes de onda entre 1530 y 1565nm, y sus sub-bandas son conocidas como banda azul (1527.5 " 1542.5nm) y banda roja (1547.5 ? 1561.0nm). Existen otras bandas conocidas como banda L (1570 - 1610nm) y banda S (1525 " 1538nm), actualmente siendo investigadas para su posterior implementación.

Las técnicas WDM se especifican en términos de la longitud de onda de sus canales (en nanómetros) y con base en su configuración de transmisión - recepción. En ocasiones suele especificarse la longitud de onda de un canal como su frecuencia correspondiente en terahertz. La relación entre frecuencia y longitud de onda se da por la siguiente expresión, en la que el valor 299792 es el estimado de la velocidad de la luz en el vidrio ($\sim 2.99 \times 10^8$ m/s), con el punto decimal ajustado para su correcto uso en la fórmula. Frecuencia (en λ) = $299792 / \text{Longitud de onda (en nm)}$.

A partir de esta expresión se podrá comprender que para un sistema DWDM, cuya separación de canal, según el estándar de la UIT, es de 100GHz (~ 0.8 nm), dos canales adyacentes, el primero con una frecuencia de 192.0THz y el segundo de 192.1THz, cuentan con longitudes de onda respectivas de 1561.42nm y 1560.61nm. Además de hacer notar, mediante este ejemplo, la relación entre frecuencia y longitud de onda de dos canales adyacentes, convendría resaltar también que la separación entre canales, de acuerdo al estándar de la UIT, es precisamente de 100GHz o de aproximadamente 0.8nm, tanto para

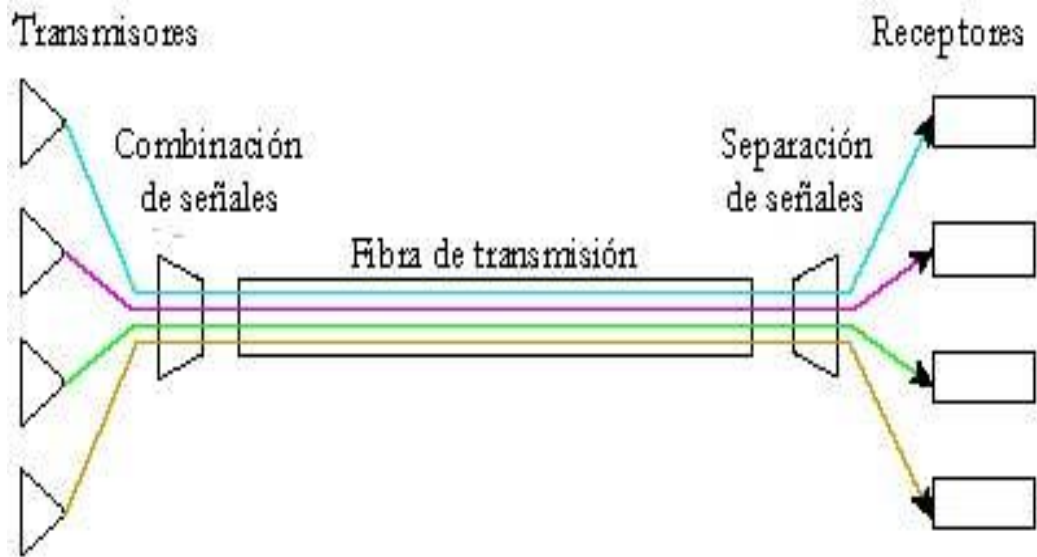
frecuencias como para longitudes de onda. Mientras dos canales adyacentes se encuentren más cerca uno del otro, menor será la banda espectral correspondiente a cada uno de ellos, lo cual hace posible alojar más canales dentro de una misma fibra.

Al considerar el número de canales que DWDM puede alojar, nos sorprendemos inmediatamente. Sin embargo, no es el número de canales lo más importante, sino la velocidad que cada uno de ellos puede alcanzar y la flexibilidad que esta tecnología ofrece a los operadores en términos de escalabilidad. Por poner un ejemplo, un sistema cuya estrategia de crecimiento sea gradual, podrá iniciar implementando DWDM a 100Mbps por canal e incrementar la capacidad de cada uno hasta más de 40Gbps.

DWDM representa uno de los bloques de red más recomendados para ofrecer multi-servicios. El equipo necesario para integrar esta tecnología a una red de fibra óptica abarca fuentes transmisoras condicionadas a determinadas longitudes de onda, multicanalizadores, amplificadores, filtros, dispositivos que separen las señales multicanalizadas y herramienta adecuada para el mantenimiento de la red. La configuración que se utilice puede ser punto a punto o de tipo anillo.

La flexibilidad y capacidad que DWDM ofrece, hace de esta tecnología una alternativa ideal para satisfacer las necesidades de crecimiento de la red hacia una nueva generación de servicios. Su capacidad y flexibilidad permiten integrar el tráfico de una variedad de redes diferentes, incrementando el número de usuarios, proveyendo aplicaciones y servicios complejos y acelerando las tasas de transmisión. Definitivamente se trata de una tecnología prometedora para los sistemas de fibra óptica.

2.5.2. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SISTEMA WDM



2.5.3.

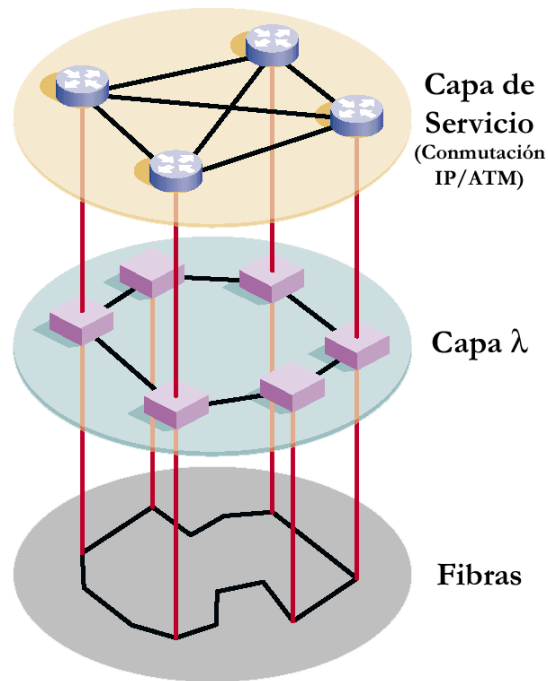


Figura 2.18: Arquitectura de servicios en una red WDM²⁵

²⁵ <http://www.monografias.com/trabajos33/telecomunicaciones/telecomunicaciones.shtml>

2.5.4. ESPECTRO DE ONDAS EMPLEADAS EN WDM

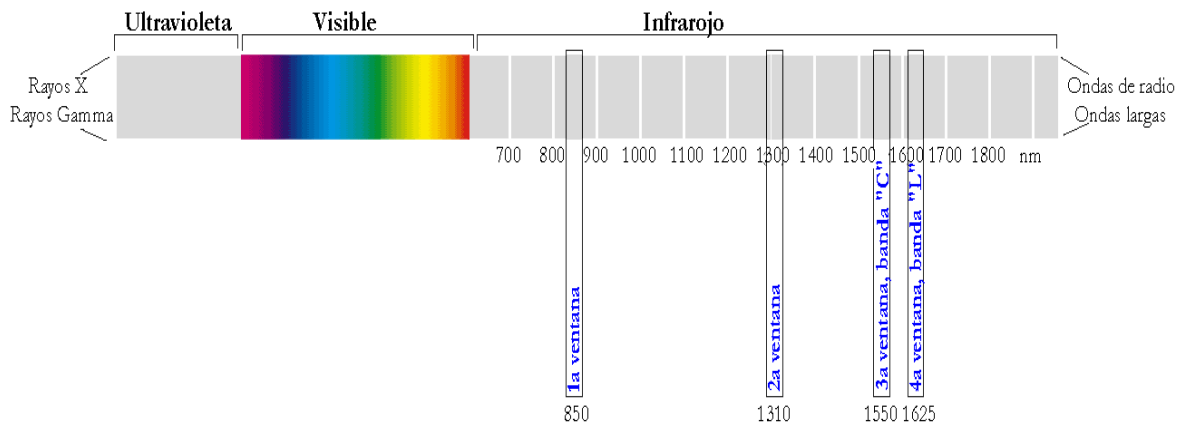


Figura 2.19: Espectro de ondas empleadas en WDM²⁶

2.6. POLÍTICAS REGULATORIAS PARA TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS EN EL ECUADOR.

La inclusión de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha como parte de la Regulación Nacional, representa una oportunidad para promover el desarrollo del sector de telecomunicaciones tomando en cuenta todas las tecnologías inalámbricas existentes y por desarrollar, las cuales pueden operar simultáneamente, proporcionando un servicio acorde a las necesidades del mercado. El CONATEL ha continuado preocupándose por promover los Servicios de Telecomunicaciones, sobre todo en áreas rurales por lo que se aprobó la posibilidad de brindar lo que se denominó Servicios de Telecomunicaciones con cobertura en Áreas Rurales y se pensó en la banda de 450 MHz.

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

²⁶ <http://www.monografias.com/trabajos33/telecomunicaciones/telecomunicaciones.shtml>

CDMA 450 1X puede operar en diferentes bandas que son mostradas en la Tabla 2.8. Sub-banda.

Tabla 2.8: Sub-bandas de Operación del CDMA450²⁷

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

En el Ecuador se analizó la factibilidad de concesionar este servicio tomando en cuenta sobre todo la ocupación de bandas en el área solicitada, se concluyó que para el caso particular tratado la banda A (452,500-457,475 y 462,500-467,475 MHz) era la menos congestionada y que existen fabricantes con una basta disponibilidad de equipos por lo que se optó por esta asignación (RESOLUCION 245-11-CONATEL-2009). Ver Anexo 1.

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

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

²⁷ <http://es.scribd.com/doc/25336430/Proyecto-Sobre-CDMA-450-MHz-Completo>

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

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

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

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

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

El Plan Nacional de Frecuencias tiene como objetivo proporcionar las bases para un proceso eficaz de gestión del espectro radioeléctrico, asegurando una utilización óptima del mismo; así como, la prevención de interferencias perjudiciales entre los distintos servicios. Dentro de las normas que se establecen a partir del Plan Nacional de Frecuencias para la adjudicación de bandas y asignaciones de frecuencias, se tiene:

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

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

Compartición de frecuencias.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.7 COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.

Para la selección de la tecnología se analizó las principales características de cada una de ellas y las ventajas que tienen para el sector noroccidente de Riobamba.

La Tabla 2.9 detalla las diferentes ventajas, desventajas y características de las cuatro tecnologías propuestas para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT-EP).

Tabla 2.9: Ventajas y desventajas de las cuatro tecnologías.²⁸

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CDMA 450	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Transmisión inalámbrica. ✓ Alcance 48.9 Km – 100 Km ✓ Costo de implementación bajo. ✓ Alta velocidad de transmisión. ✓ Frecuencia 450 MHz. ✓ Aprobado por CNT. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La presencia de ruido es mínima comparada a TDM.
WDM	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Altas velocidades de transmisión (1 Tbit/s). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Transmisión por fibra. ✓ Costo de implementación alta. ✓ Ausencia de métodos efectivos de administración y gestión de redes.
GPON	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Altas velocidades de transmisión. ✓ Mayor eficiencia de transporte para servicios IP. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Transmisión por fibra. ✓ 20km alcance. ✓ Costo de implementación Muy alta.

²⁸ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

WIMAX	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Transmisión inalámbrica. ✓ Uso más eficiente del ancho de banda. ✓ Alta velocidad de transmisión. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Susceptible a interferencias ✓ Limitación de potencia. ✓ Alto consumo de baterías. ✓ No está certificada. ✓ 8 Km de alcance
--------------	---	---

Una vez analizado y realizado las comparaciones de las principales características de cada tecnología, la que tiene mayores ventajas de aplicación en el sector noroccidente de Riobamba, tanto por su geografía, análisis económico y servicios que demandan los usuarios, la CNT aprobó la factibilidad de la tecnología CDMA 450.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA RED CDMA 450

3.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL SECTOR NOROCCIDENTAL DE RIOBAMBA.

El Sector Noroccidental se encuentra ubicado en la Ciudad de Riobamba junto a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

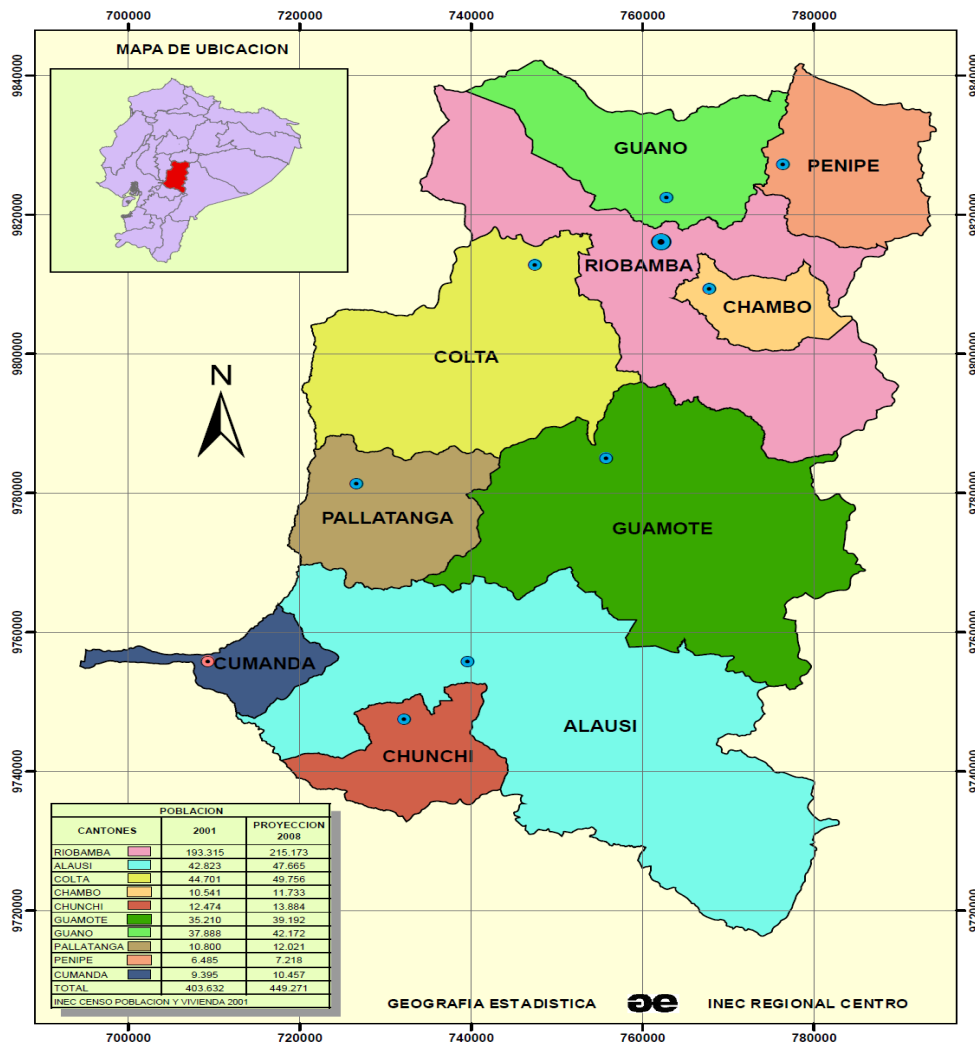


Figura 3.1: Mapa de ubicación general²⁹

²⁹ http://www.codeso.com/TurismoEcuador/Mapa_Chimborazo.html

3.2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

El primer paso para el diseño de la red asido evaluar el sector en donde se prestara todos estos servicios, es decir que se tomara en cuenta todas las características de como son: la planimetría del sector, las facilidades o inconvenientes físicos que presenta el sector, el factor económico del mismo y otros datos que se recolectaron a través de la realización de un censo en el área total y evaluando todos estos aspectos cuadra por cuadra con la ayuda de mapas de la zona y un GPS y otras informaciones se determinó la ubicación de algunos puntos referenciales.

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

El sector donde realizamos la investigación se ubica en el Sector Noroccidental de Riobamba que cuenta con las siguientes localidades (ver Tabla 3.1)

Tabla 3.1: Puntos referenciales de ubicación del sector Noroccidental de Riobamba.³⁰

Lugar	Latitud S	Longitud O	Altura	Distancia
TORRE ESPOCH	1°39'43,16"	78°40'34,91"	2854m	BTS propuesta
GASOLINERA PETROCOMERCIAL	1°39'28,63"	78°41'24,13"	2840m	1.5Km
QUINTA EL BATAN	1°39'51.83"	78°40'30.46"	2841m	2 Km
PARQUE LINEAL BATAN	1°39'56,45"	78°40'43.25"	2828m	2.1 Km
RICPAMBA	1°39'51.30"	78°41'00.41"	2852m	2.2 Km
CANTERA	1°39'42.21"	78°41'17.09"	2862m	1.5 Km
TIERRA NUEVA	1°39'41.83"	78°41'14.04"	2872m	1.3 Km
JARDINES DEL SUR	1°39'30.40"	78°41'29.18"	2895m	1.5 Km
REDONDEL MEDIA LUNA	1°39'25.20"	78°41'37.99"	2907m	1.6 Km
JUAN MONTALVO	1°39'31.06"	78°41'11.41"	2879m	1.4 Km
15 DE NOVIEMBRE	1°39'37.60"	78°40'49.62"	2860m	1.3 Km

³⁰ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

3.3. CENSO

Con el objetivo de cubrir las necesidades de comunicación en los distintos lugares del Sector Noroccidental de Riobamba se obtuvo los siguientes datos:

Cantidad de abonados en toda el área 578 dispersos en una zona bien marcada una con una población completa con un índice de crecimiento (i) 2.6%, y como dato final el factor económico que generalmente en Chimborazo es de 1 ya que la mayoría de habitantes pertenecen a la clase media de la Ciudad de Riobamba.

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

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

3.4. ESTUDIO DE LA DEMANDA.

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

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

Tabla 3.2 Presenta la demanda existente y solicitada para el Sector Noroccidental de la Ciudad de Riobamba con 578 usuarios y como la implementación del sistema CDMA 450 es de muy corto tiempo se podrá satisfacer en corto plazo dicha demanda, esta situación

hace que el presente proyecto de titulación considere necesario estimar la demanda futura de los servicios, con el fin de dar solución rápida y eficaz a los usuarios que deseen posteriormente la prestación de dichos servicios; de esta manera CNT podrá invertir económicamente en forma gradual, ajustándose al crecimiento del número de abonados y del tráfico.

Tabla 3.2: Demanda inicial de telefonía en el sector noroccidental de Riobamba.³¹

Lugar	Latitud S	Longitud O	Altura	Distancia	Número de abonados de voz	Número de abonados de datos	Número total de abonados
TORRE ESPOCH	1°39'43,16"	78°40'34,91"	2854m	BTS			
GASOLINERA PETROCOMERCIAL	1°39'28,63"	78°41'24,13"	2840m	1.5Km	100	20	120
QUINTA EL BATAN	1°39'51.83"	78°40'30.46"	2841m	2 Km	25	4	29
PARQUE LINEAL BATAN	1°39'56,45"	78°40'43.25"	2828m	2.1 Km	24	5	29
RICPAMBA	1°39'51.30"	78°41'00.41"	2852m	2.2 Km	15	4	19
CANTERA	1°39'42.21"	78°41'17.09"	2862m	1.5 Km	50	10	60
TIERRA NUEVA	1°39'41.83"	78°41'14.04"	2872m	1.3 Km	40	9	49
JARDINES DEL SUR	1°39'30.40"	78°41'29.18"	2895m	1.5 Km	40	8	48
REDONDEL MEDIA LUNA	1°39'25.20"	78°41'37.99"	2907m	1.6 Km	50	13	63
JUAN MONTALVO	1°39'31.06"	78°41'11.41"	2879m	1.4 Km	70	15	85
15 DE NOVIEMBRE	1°39'37.60"	78°40'49.62"	2860m	1.3 Km	60	16	76
TOTAL					474	104	578

3.5. DEMANDA DE LAS LÍNEAS TELEFÓNICAS PROYECTADAS A CINCO AÑOS

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

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

³¹ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

$$D(t) = D_0 \cdot (1+i)^t \quad (1)$$

Donde:

D(t) = Demanda a t años

D₀ = Demanda Inicial en un tiempo de 0 años, investigada después de un censo

i = índice de crecimiento poblacional Anual 2.6%

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

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

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

$$D(5) = D(0)(1+i)^5$$

Tabla 3.3: Demanda inicial proyectada a cinco años.³²

Lugar	t (años)	i (%)	(1+i)	D(0)	D(5)
GASOLINERA PETROCOMERCIAL	5	0.026	1.026	120	136
QUINTA EL BATAN	5	0.026	1.026	29	33
PARQUE LINEAL BATAN	5	0.026	1.026	29	33
RICPAMBA	5	0.026	1.026	19	22
CANTERA	5	0.026	1.026	60	68
TIERRA NUEVA	5	0.026	1.026	49	56
JARDINES DEL SUR	5	0.026	1.026	48	55
REDONDEL MEDIA LUNA	5	0.026	1.026	63	72
JUAN MONTALVO	5	0.026	1.026	85	97
15 DE NOVIEMBRE	5	0.026	1.026	76	86
TOTAL				578	657

3.6. ESTUDIO DE TRÁFICO

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:

³² Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

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

Dónde:

A= tráfico total.

t_i = tiempo de duración de la llamada.

T= Periodo de observación.

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

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

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

Donde t_m = tiempo promedio de ocupación.

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

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

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

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

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

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

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

Accesibilidad, es el rendimiento de un grupo de salida determinado esencialmente por la cantidad de líneas de salida del grupo que pueda alcanzarse, o sea comprobarse en cuanto a

su estado de ocupación (libres u ocupadas), desde una línea de entrada a través de la red de conmutación contemplada.

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

Para voz, se considera:

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

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

$$n = 1$$

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

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

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

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

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

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

El tráfico total ofrecido A , se define como:

$$A = C * X$$

Siendo X = Número de abonados en total.

De acuerdo a los estudios de demanda y de tráfico para el sector Noroccidental de Riobamba se puede dar los siguientes resultados:

Tabla 3.4: Tráfico total en Erlang³³

LUGAR	TIPO DE SERVICIO	NÚMERO DE ABONADOS	TRÁFICO POR ABONADO (Erlang /Abonado)	TRÁFICO TOTAL (ERLANG)
GASOLINERA PETROCOMERCIAL	Voz	100	0.05	5
	Internet	20	0.2	4
	Subtotal	120		9
QUINTA EL BATAN	Voz	25	0.05	1.25
	Internet	4	0.2	0.8
	Subtotal	29		2.05
PARQUE LINEAL BATAN	Voz	24	0.05	1.2
	Internet	5	0.2	1
	Subtotal	29		2.2
RICPAMBA	Voz	15	0.05	0.75
	Internet	4	0.2	0.8
	Subtotal	19		1.55
CANTERA	Voz	50	0.05	2.5
	Internet	10	0.2	2
	Subtotal	60		4.5
TIERRA NUEVA	Voz	40	0.05	2
	Internet	9	0.2	1.8
	Subtotal	49		3.8
JARDINES DEL SUR	Voz	40	0.05	2
	Internet	8	0.2	1.6
	Subtotal	48		3.6
REDONDEL MEDIA LUNA	Voz	50	0.05	2.5
	Internet	13	0.2	2.6
	Subtotal	63		5.1
JUAN MONTALVO	Voz	70	0.05	3.5
	Internet	15	0.2	3
	Subtotal	85		6.5
15 DE NOVIEMBRE	Voz	60	0.05	3
	Internet	16	0.2	3.2
	Subtotal	76		6.2
TOTAL		578		44.5

³³ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

3.7. CÁLCULO DEL NÚMERO DE RADIO BASES.

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

Por cobertura, y

Por capacidad.

3.8. DISEÑO POR CAPACIDAD

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 representado mediante la siguiente fórmula:

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

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

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 a utilizarse, el presente proyecto ha considerado equipos de marca HUAWEI, según la calidad de tráfico (GOS = 1%) el número de celdas que se requiere para satisfacer la demanda será la indicada en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Número de celdas con una calidad de tráfico del 1%.³⁴

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%) [Erlags]	80.306
Número de sectores por celda	3
Tráfico soportado por celda [Erlags]	240.918
Tráfico total requerido [Erlags]	45.5
Tráfico total requerido / Tráfico soportado por celda	0.18
Número de celdas	1

Por lo tanto, con una sola radio base CDMA450 se puede satisfacer la demanda de servicios de aproximadamente 578 usuarios, garantizando la calidad de tráfico y permitiendo la expansión de la red gradualmente.

³⁴ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

3.9. DISEÑO POR COBERTURA.

Este método permite conocer el número de celdas (óBTSs) 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 mencionaron anteriormente los equipos a utilizarse en el presente proyecto son equipos de marca HUAWEI y sus especificaciones técnicas se indican en el Anexo C. El sector noroccidental de Riobamba cubre una superficie aproximada de 21.16 Km² (ó 2116 Hectáreas). En la Tabla 3.6 se indica el procedimiento del cálculo del número de celdas por el método de cobertura.

Tabla 3.6: Número de celdas por el Método de Cobertura.³⁵

DATOS	CDMA 450
Área total de la zona [Km ²]	158.7
Radio de celda [Km]	50
Área de la celda [Km ²]	7521
Área total / Área de la celda	0.02
Nº de Celdas (Cobertura)	1

Por lo tanto, sólo es necesario una radio base para cubrir esta zona, pero además se debe asegurar que los radios enlaces con cada una de las localidades sean óptimos para garantizar una buena calidad del servicio. Además es de recalcar que la Empresa CLARO dispone de una torre de 30 m en la repetidora de la ESPOCH que se encuentra situada en un punto estratégico desde el cual se tiene línea de vista a todo este sector, por tal razón este punto es la ubicación de la estación base BTS.

Se realizó una visita a este lugar, donde se observó que la infraestructura física de la torre se encuentra en buena condición. Se pudo constatar que también existe el suministro de energía eléctrica lo que optimizará la implementación del sistema.

³⁵ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

En la torre existente en la ESPOCH será la apropiada para instalar las antenas del sistema CDM450 proyectado para el sector Noroccidental de Riobamba. (Ver la Figura 3.2).



Figura 3.2: Nodo de transmisión de la ESPOCH.³⁶

3.10. PLAN DE NUMERACIÓN.

La red CDMA450 WLL diseñada para el sector Noroccidental de Riobamba requiere la asignación aproximada de 578 nuevos números telefónicos, por tal razón y en base a los datos de capacidad de las centrales telefónicas de la CNT se plantea la alternativa de la Central Telefónica a la cual se interconectaría el sistema CDMA 450, la cual es:

³⁶ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

Tabla 3.7: Número disponibles asignados a la central.³⁷

Nombre de la central	Serie Asignada	Capacidad	Provincia
Rio nor-occidente	318 - 318	1216	Chimborazo

La central ofrece la suficiente capacidad de números telefónicos, como también permitirá el desarrollo eficiente de la red y de sus servicios, gracias a que el sistema CDMA450 es totalmente compatible con esta central. En la figura 3.3 se muestra en su totalidad la estructura del sistema CDMA 450WLL.

³⁷ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

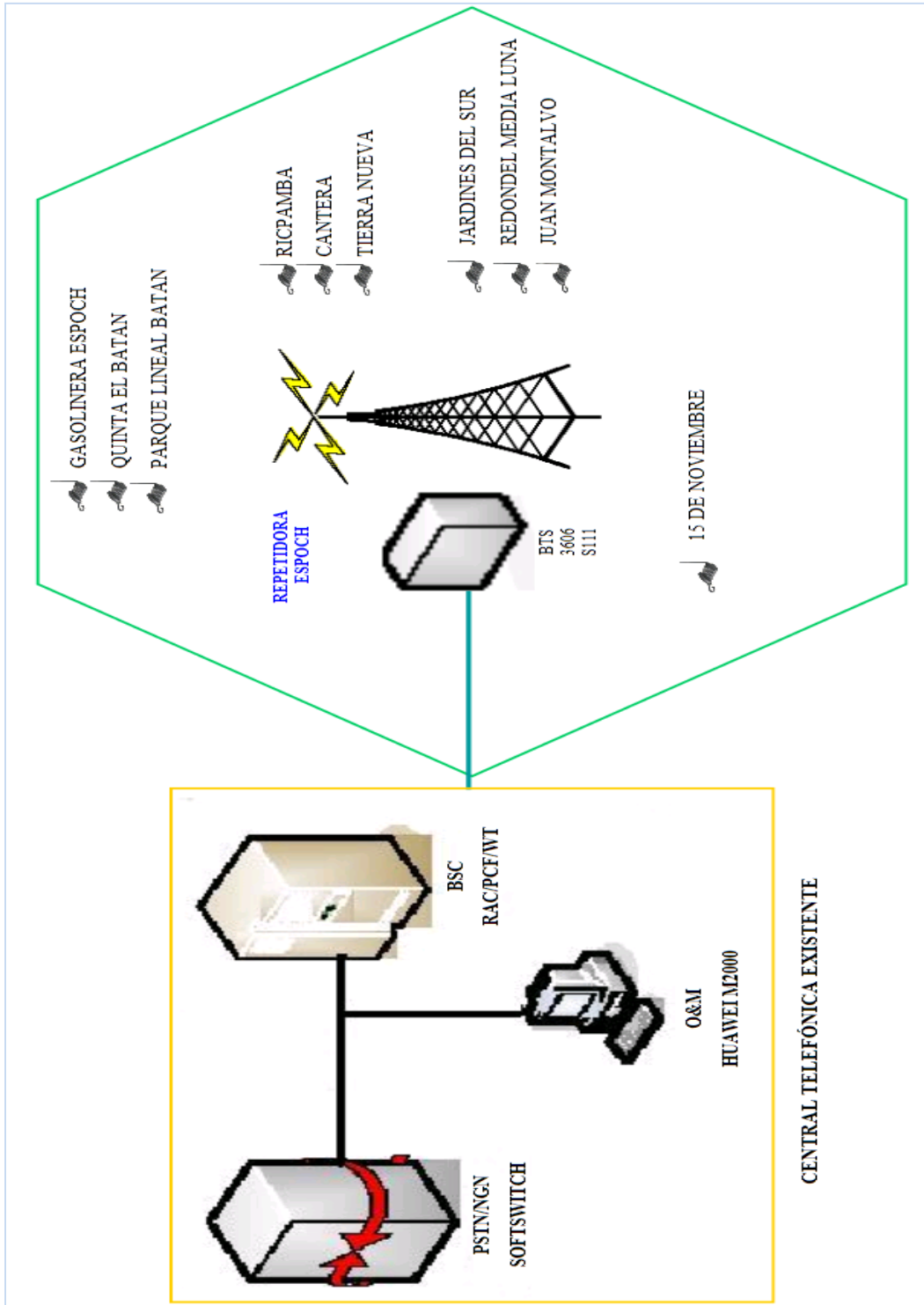


Figura 3.3: Estructura del Sistema CDMA450 WLL en el Sector Noroccidental de Riobamba³⁸

³⁸ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

3.11. ESTRUCTURA GENERAL DE LA RED

En el siguiente diagrama se muestra la estructura de la red, basada en la solución brindada por la compañía ZTE para la red CDMA 450 para el sector Noroccidental de Riobamba.

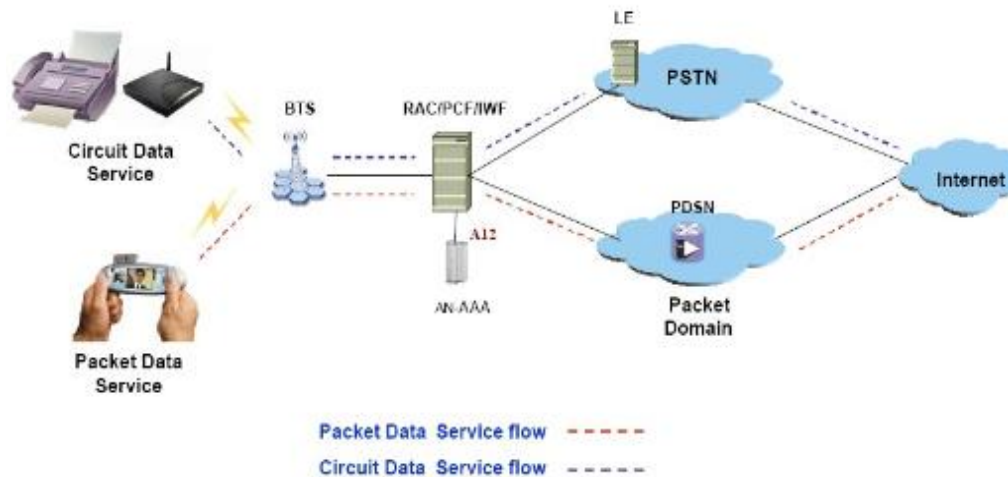


Figura 3.4: Estructura de la red CDM4540.³⁹

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

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

El software RADIO_MOBILE requiere la ubicación geográfica de las localidades, parámetros técnicos de los equipos, frecuencia de transmisión y de recepción de los equipos, alturas de las antenas de la BTS como del terminal, las ganancias de las antenas, el tipo de clima, tipo de red fija o móvil, etc. Junto con el Departamento de Transmisión de la CNT y con la ayuda de la respectiva carta topográfica de escala 1:50.000, se han obtenido las latitudes y longitudes de las localidades que se muestra en la tabla 3.8.

³⁹ <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16/6/Capitulo3.pdf>

Tabla 3.8: Información geográfica del sector Noroccidental de Riobamba.⁴⁰

REPETIDORA	Lugar	Latitud S	Longitud O	Altura	Distancia
ESPOCH	TORRE ESPOCH	1°39'43,16"	78°40'34,91"	2854m	BTS
	GASOLINERA PETROCOMERCIAL	1°39'28,63"	78°41'24,13"	2840m	1.5Km
	QUINTA EL BATAN	1°39'51.83"	78°40'30.46"	2841m	2 Km
	PARQUE LINEAL BATAN	1°39'56,45"	78°40'43.25"	2828m	2.1 Km
	RICPAMBA	1°39'51.30"	78°41'00.41"	2852m	2.2 Km
	CANTERA	1°39'42.21"	78°41'17.09"	2862m	1.5 Km
	TIERRA NUEVA	1°39'41.83"	78°41'14.04"	2872m	1.3 Km
	JARDINES DEL SUR	1°39'30.40"	78°41'29.18"	2895m	1.5 Km
	REDONDEL MEDIA LUNA	1°39'25.20"	78°41'37.99"	2907m	1.6 Km
	JUAN MONTALVO	1°39'31.06"	78°41'11.41"	2879m	1.4 Km
	15 DE NOVIEMBRE	1°39'37.60"	78°40'49.62"	2860m	1.3 Km

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

Se considera que la antena del suscriptor será instalada en las terrazas o tejados de los domicilios del abonado; es decir, a una altura de 6 m (considerando que la mayoría de las viviendas son de dos plantas, que es común en esta zona subtropical suburbana).

Las antenas de la estación base se colocan en una torre de 30 m de altura.

Las ganancias de las antenas de la estación base son de 15 dBi y del suscriptor es de 10 dBi, la sensibilidad de recepción de la BTS es de -128 dBm.

Dado que los perfiles topográficos realizados para cada una de las localidades, presentan línea de vista con visibilidad directa y sin obstáculos en la primera zona de Fresnel, con el software RADIO_MOBILE se obtiene las pérdidas por propagación totales de cada radio enlace tanto en el sentido directo o reverso del mismo.

La máxima potencia de transmisión de la estación base es de 43dBm/portadora.

El tipo de red a simularse es fija inalámbrica, en un clima subtropical.

⁴⁰ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

3.12.1. RED DE ACCESO

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

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

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

GASOLINERA ESPOCH

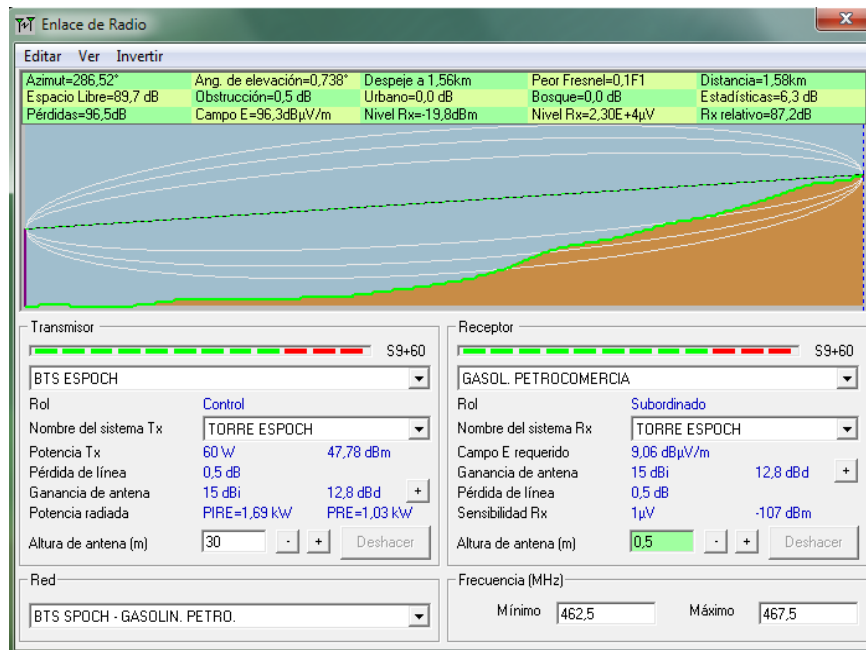
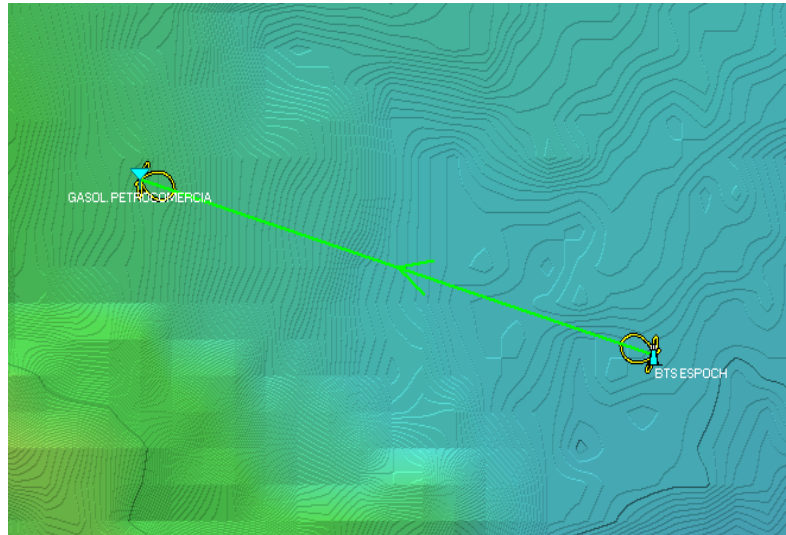


Figura 3.5: Resultados del Radio enlace Torre Epoch – Gasolinera Espoch⁴¹

⁴¹ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. SIMULACION RADIO MOBIL, 2012

QUINTA EL BATAN

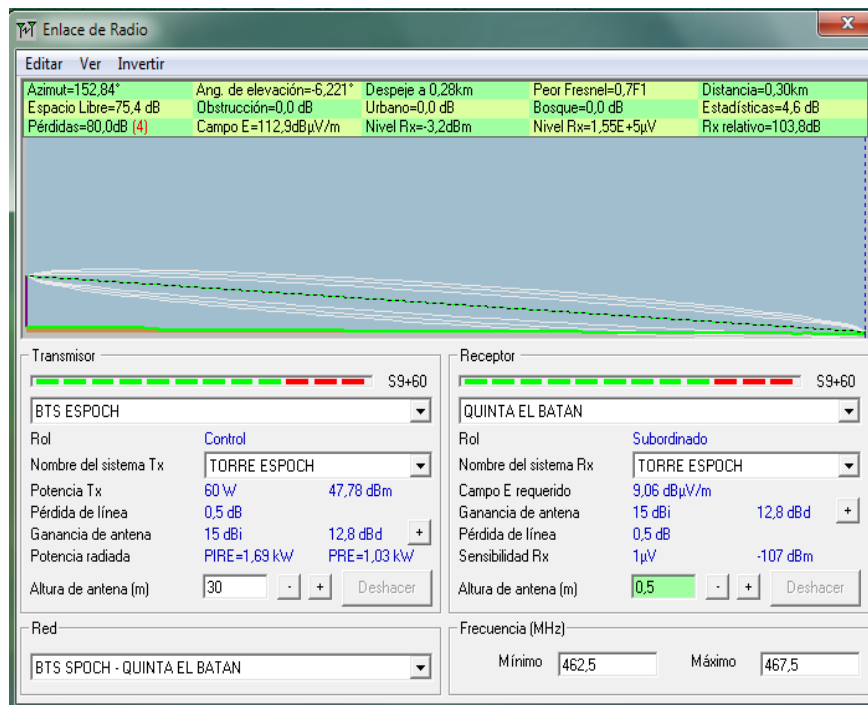
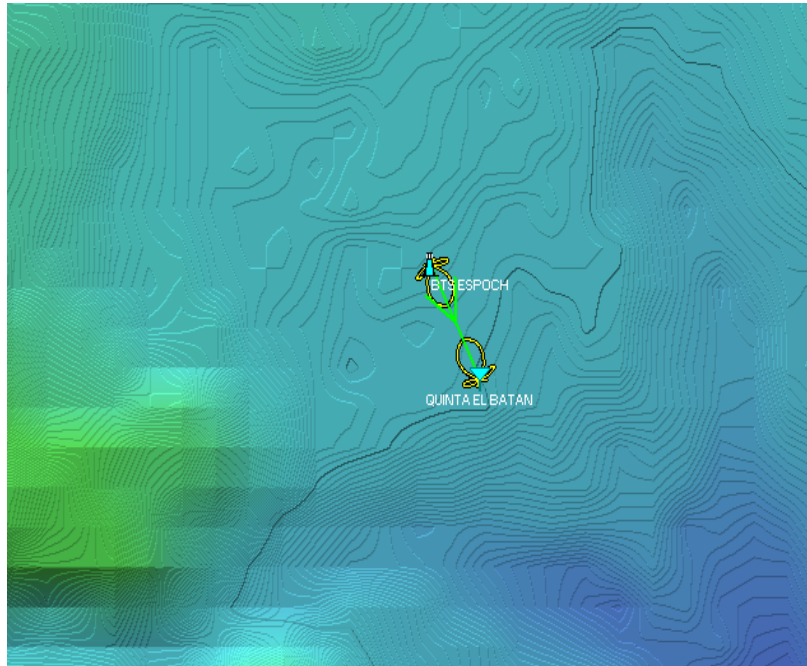


Figura 3.6: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Quinta el Batan⁴²

⁴² Maribel Yaucén, Marco Llamuca. SIMULACION RADIO MOBIL, 2012

PARQUE LINEAL EL BATAN

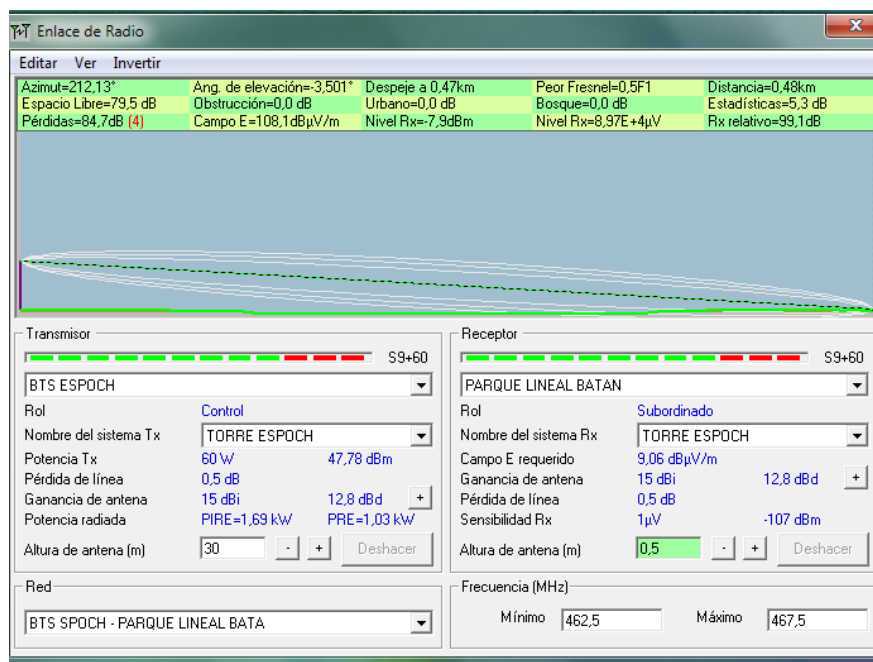
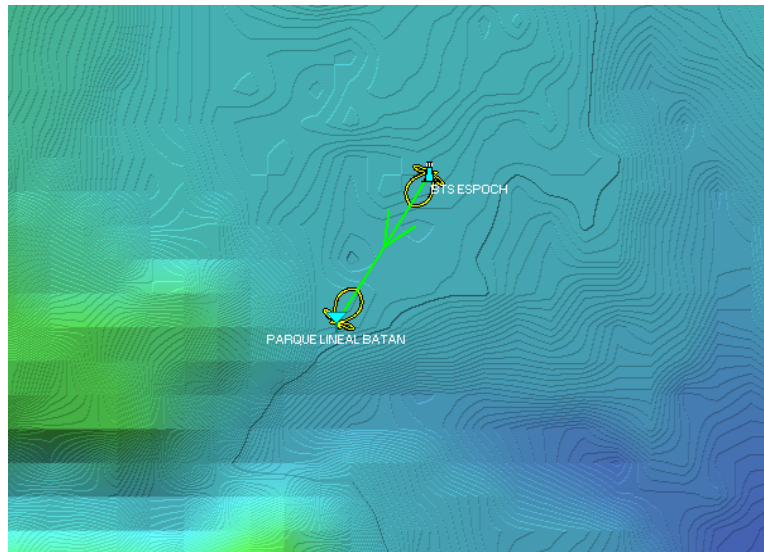


Figura 3.7: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Parque lineal el Batan⁴³

⁴³ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. SIMULACION RADIO MOBIL, 2012

RICPAMBA

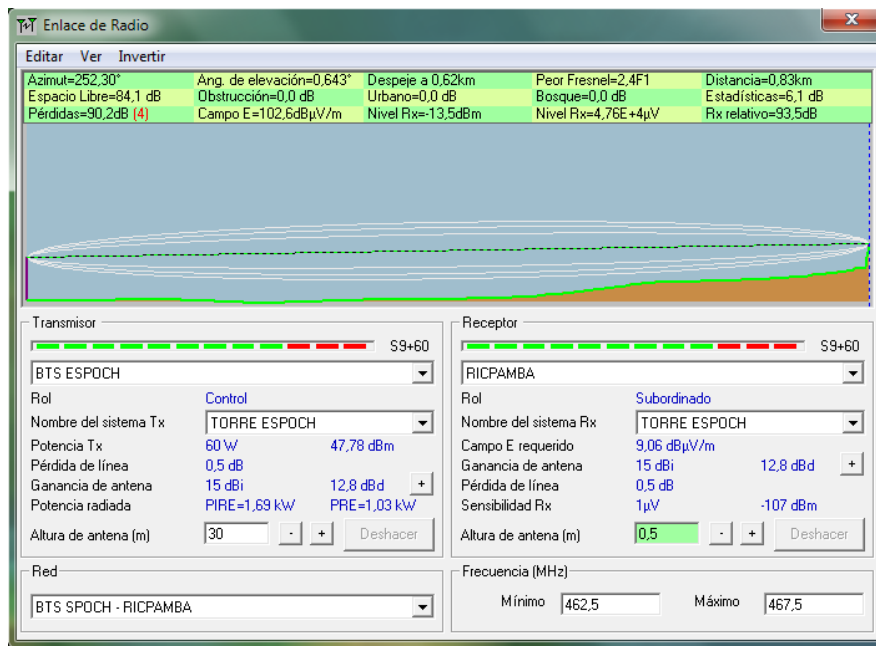
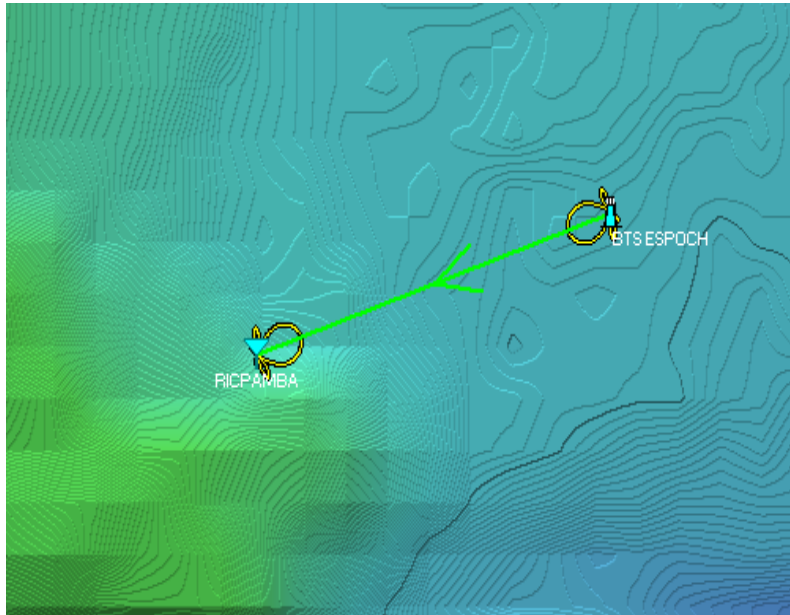


Figura 3.8: Resultados del Radio enlace Torre EsPOCH – Ricpamba.⁴⁴

⁴⁴ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. SIMULACION RADIO MOBIL, 2012

CANTERA

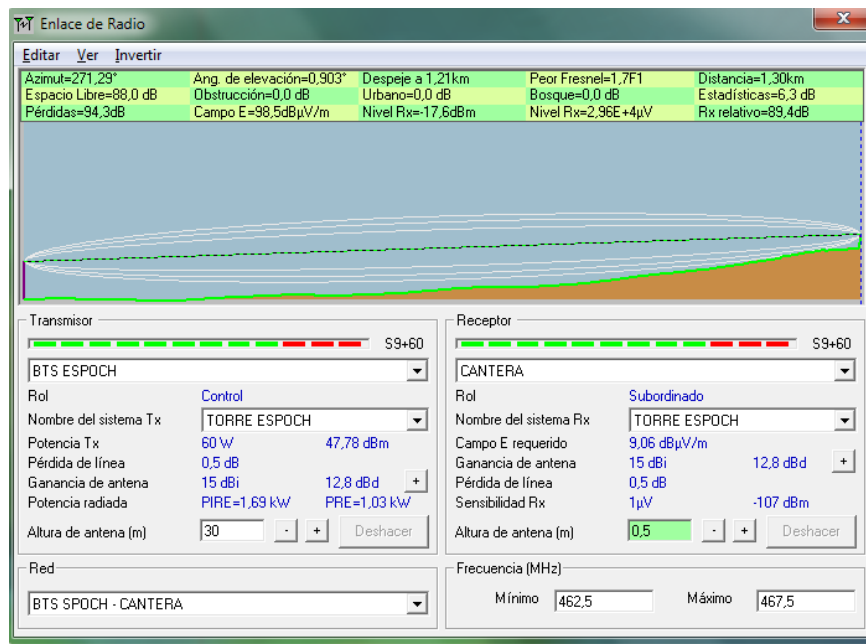
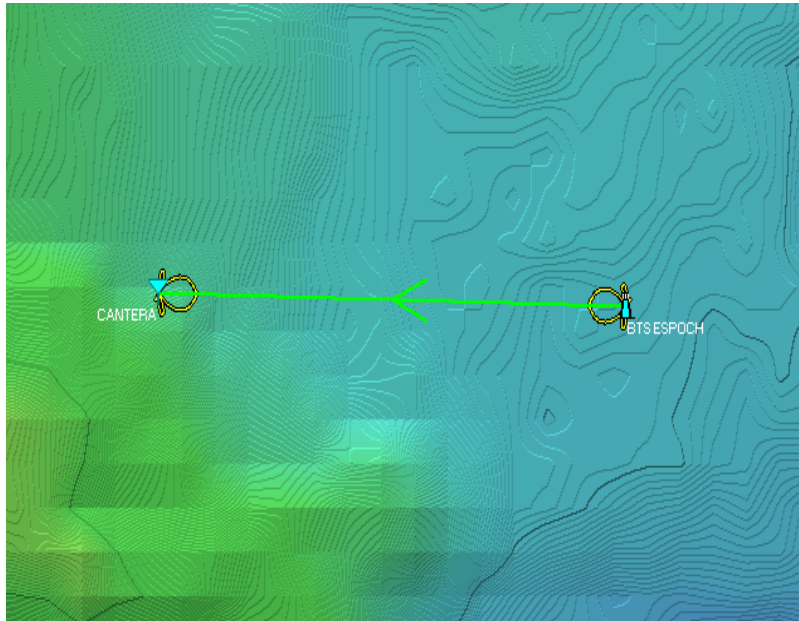


Figura 3.9: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Cantera.⁴⁵

⁴⁵ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. SIMULACION RADIO MOBIL, 2012

TIERRA NUEVA

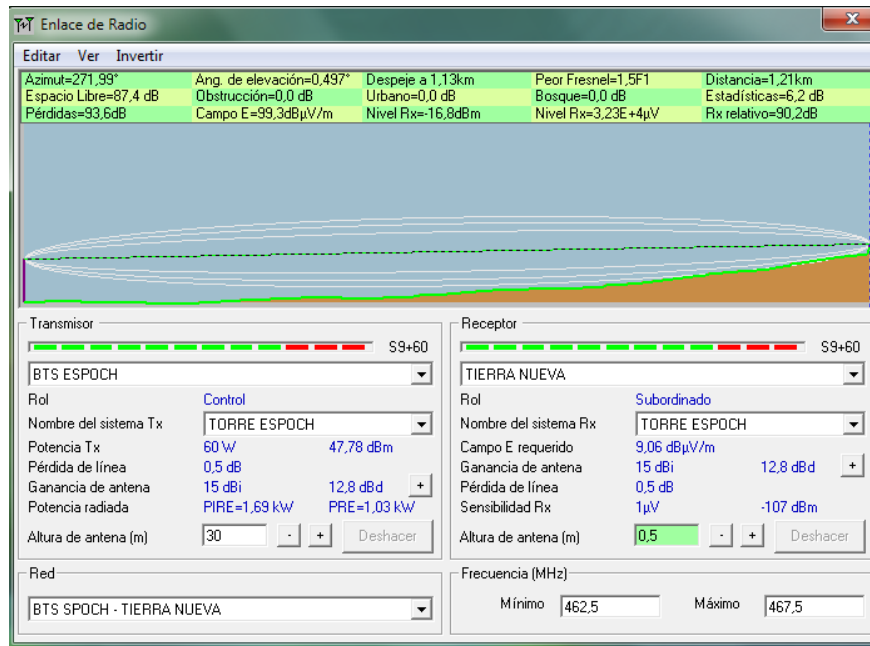


Figura 3.10: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Tierra Nueva⁴⁶

⁴⁶ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. SIMULACION RADIO MOBIL, 2012

JARDINES DEL SUR

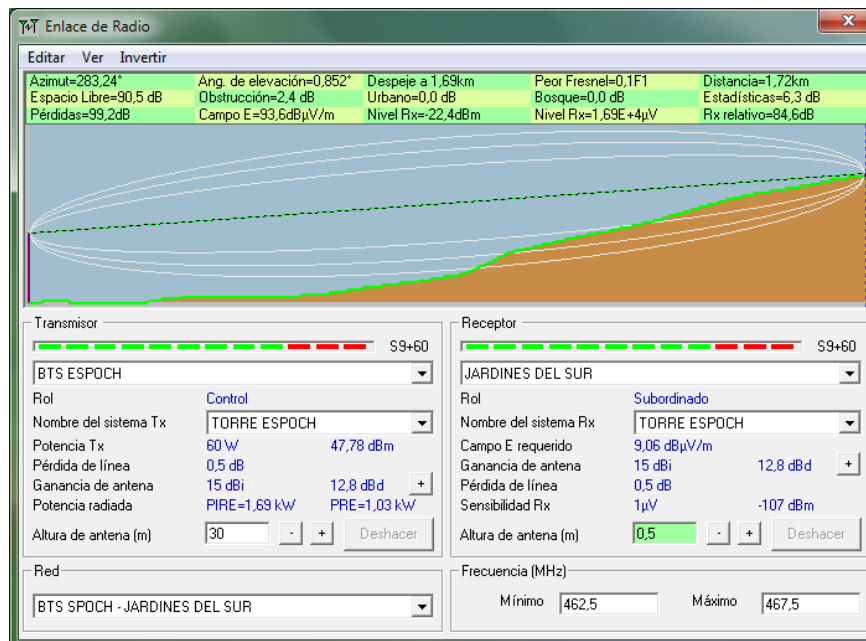
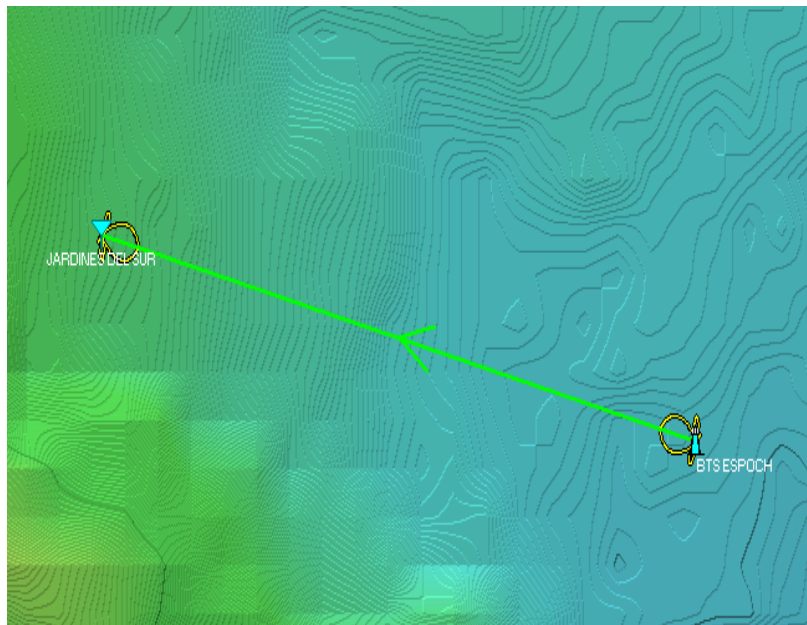


Figura 3.11: Resultados del Radio enlace Torre EsPOCH – Jardines del Sur.⁴⁷

⁴⁷ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. SIMULACION RADIO MOBIL, 2012

REDONDEL MEDIA LUNA

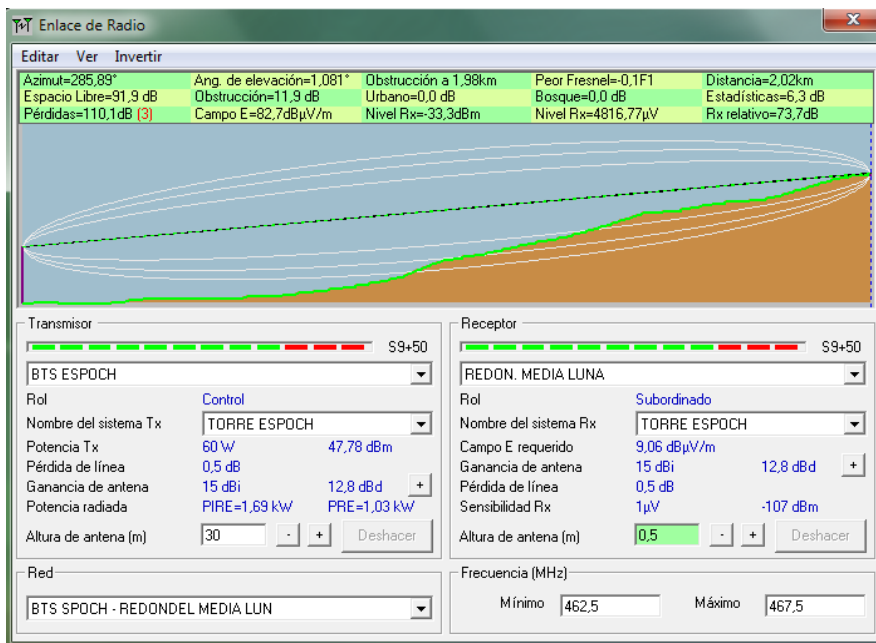
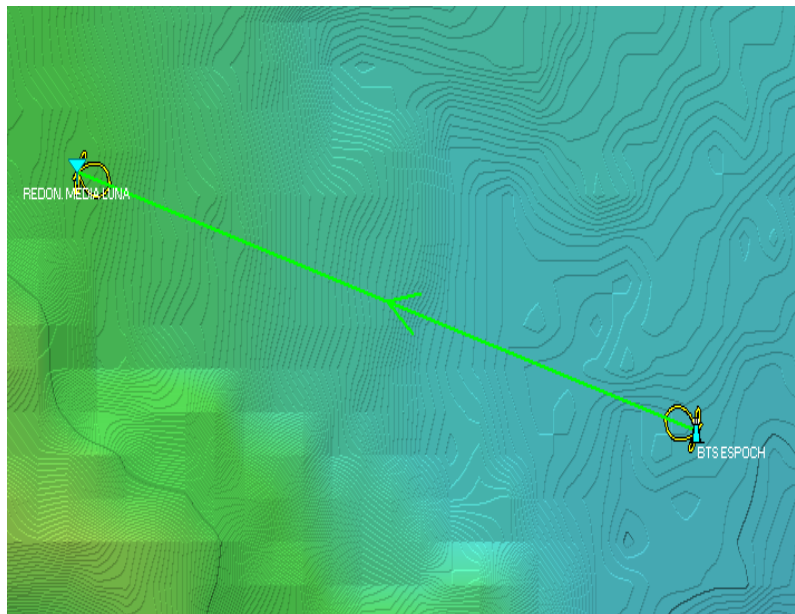


Figura 3.12: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Redondel Media Luna.⁴⁸

⁴⁸ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. SIMULACION RADIO MOBIL, 2012

JUAN MONTALVO

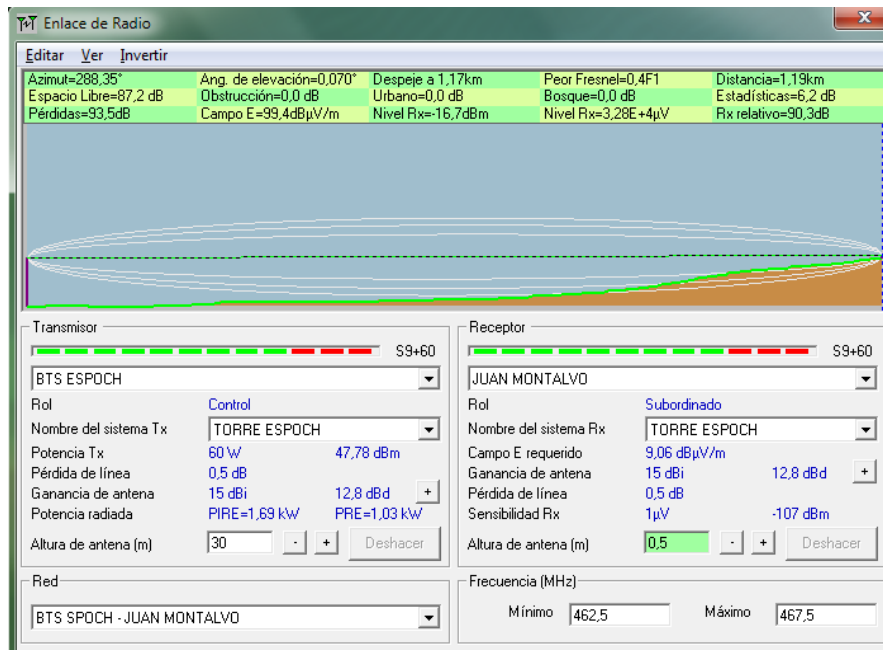
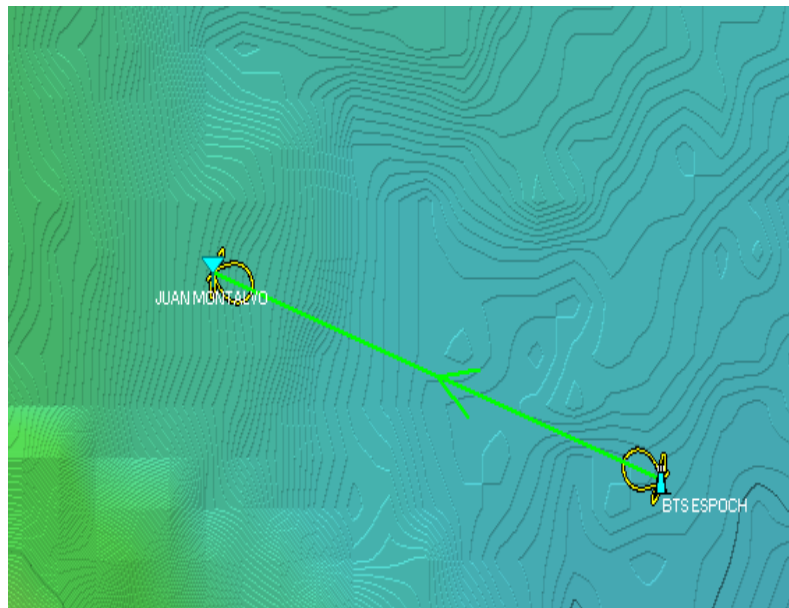


Figura 3.13: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – Juan Montalvo⁴⁹

⁴⁹ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. SIMULACION RADIO MOBIL, 2012

15 DE NOVIEMBRE

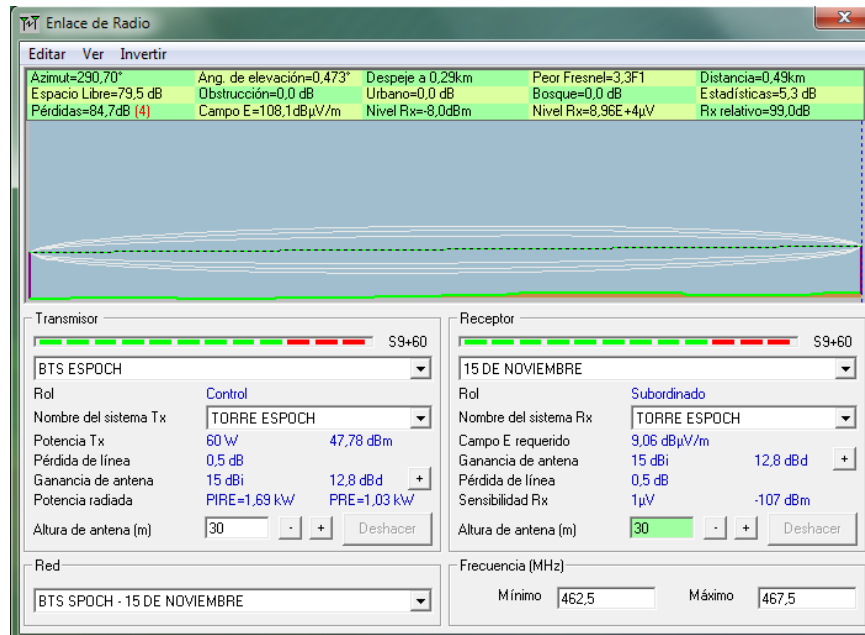
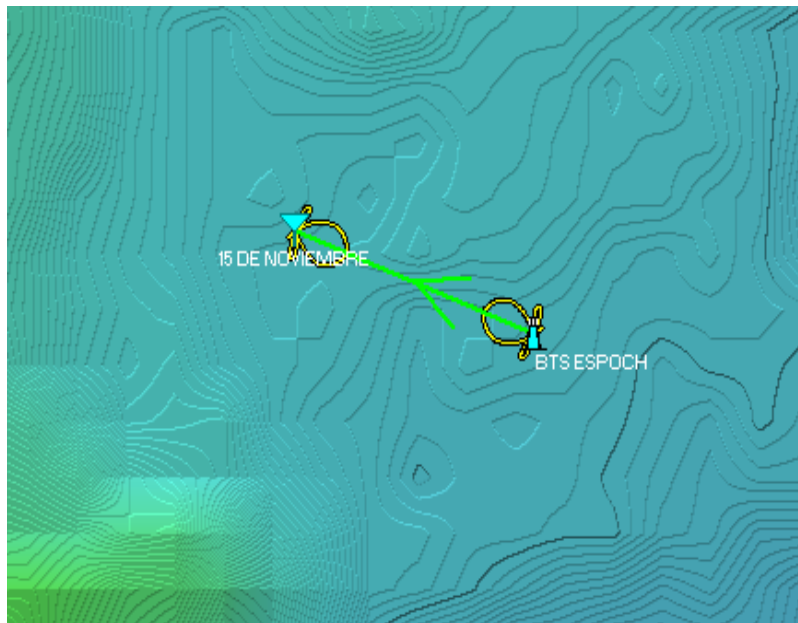


Figura 3.14: Resultados del Radio enlace Torre Espoch – 15 de Noviembre.⁵⁰

⁵⁰ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. SIMULACION RADIO MOBIL, 2012

CAPÍTULO IV

4.1. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA RED CDMA 450

El sector es muy alejado al centro de la ciudad, por lo cual carece de una red de acceso óptima para brindar servicios de calidad, y es nuestro reto primordial brindar el mejor servicio en lo referente a voz y datos.

4.2. DETERMINACIÓN DEL EQUIPAMIENTO Y LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA.

4.2.1. Determinación del equipamiento.

4.2.1.1. Equipamiento de red

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

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

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

4.2.1.2. HUAWEI y ZTE.

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

Tabla 4.1: Equipos HUAWEI Y ZTE para la infraestructura de red.⁵¹

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

⁵¹ <http://www.huawei.com>, www.zte.com.cn


4.2.2.2. Equipamiento de usuario.

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

4.2.2.2.1. Telefonía

Se describe algunas opciones de equipos de telefonía fija inalámbrica, así como sus principales características:

Tabla 4.2: Equipos HUAWEI Y ZTE para telefonía fija inalámbrica.⁵²




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

⁵² <http://www.huawei.com>, www.zte.com.cn

4.2.2.2.2. Voz y Datos.

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

Tabla 4.3: Equipos HUAWEI Y ZTE para acceso a la red de datos.⁵³

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

⁵³ <http://www.huawei.com>, www.zte.com.cn

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

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

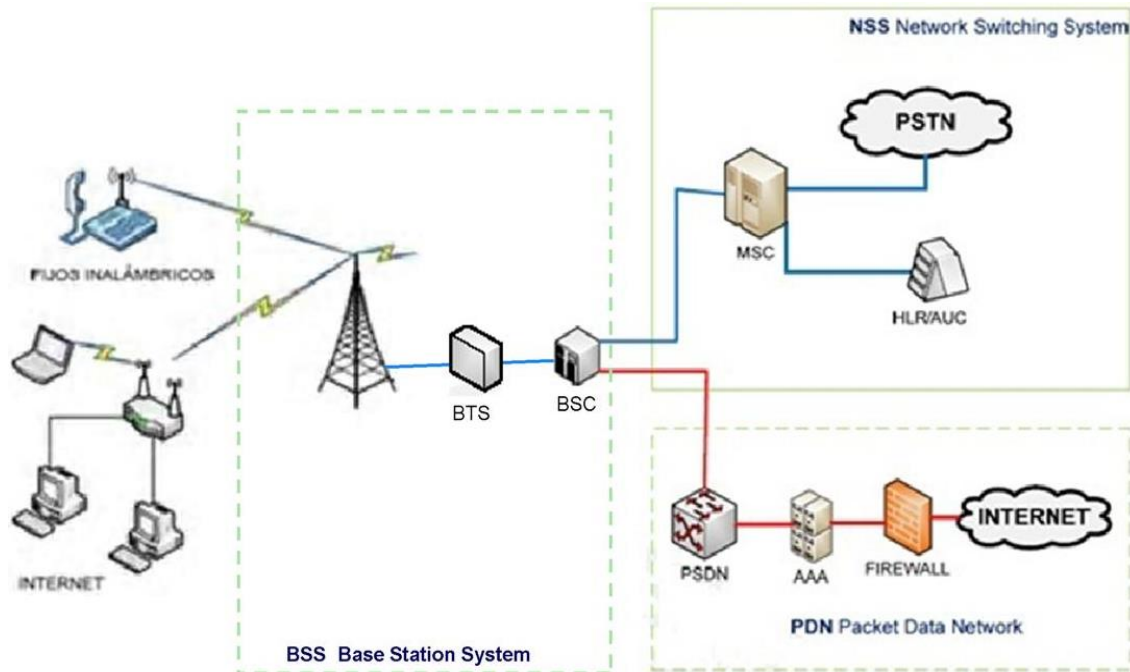


Figura 4.1: Diseño de la Red CDMA450 propuesta final.⁵⁴

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

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

⁵⁴ <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16/6/Capitulo3.pdf>

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

Precios de los equipos donde están incluidos BBS (Base StationSystem), PDS (Packed Data System), M2000 (Sistema de Gestión), Antenas, Alimentadores, y Repuestos.

Precios del transporte y seguros internacionales y locales de los equipos.

Precios del servicio de entrenamiento para el manejo de los equipos y servicios profesionales.

Los precios de los servicios profesionales de optimización de red de RF y de mantenimiento anual del sistema CDMA450 son opcionales.

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

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

Tabla 4.4: Costos de equipamiento⁵⁵

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO USD	CANTIDAD	SUBTOTAL
1	BSC	250.000	1	250.000
2	BTS (Inc. Antenas)	80.000	1	80.000
3	TERMINALES DE USUARIO	100	635	63.500
Sub Total USD				393.500
Costo De Aduana (43 %)				169.205
CONSTO EN DOLARES AMERICANOS INC IVA				562.705

⁵⁵ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

4.4.1. COSTOS DE INTERCONEXIÓN

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

Tabla4.5: Costos de interconexión⁵⁶

ITEM	DESCRIPCIÓN	CARGO UNITARIO POR ADECUACION DE RED	CANTIDAD	SUBTOTAL
1	Total Telefonía	80	570	45.600
2	Internet	80	65	5.200
Sub Total USD				50.800
Costo De Aduana (43 %)				6.046
CONSTO EN DOLARES AMERICANOS INC IVA				56.846

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

Tabla4.6: Costos de inversión⁵⁷

ITEM	DESCRIPCIÓN	SUBTOTAL
1	Equipamiento	562.705
2	Interconexión	56.846
COSTO EN DÓLARES AMERICANOS INC IVA		619.551

4.4.2. COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

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

⁵⁶ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

⁵⁷ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

Tabla 4.7: Costos de operación y mantenimiento⁵⁸

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO USD	SUB TOTAL
1	Costo mensual por pago de energía eléctrica	100	100
2	Costo mensual de transporte	500	500
3	Pago al personal	2.000	2.000
Sub Total USD			2.600
Costo de IVA (12%)			309,4
COSTO EN DOLARES AMERICANOS INC IVA			2.909,4

⁵⁸ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

Las necesidades de comunicación presentes en los sectores mas alejados de nuestro hacen necesaria la búsqueda y elección de la tecnología adecuada para satisfacerlas, de tal manera que esta cubra los requerimientos básicos de las telecomunicaciones como son la cobertura, la capacidad y la rentabilidad del sistema.

CDMA450 es una tecnología que combina las eficiencias espectrales, la mayor capacidad de voz y las altas velocidades de transmisión de datos de CDMA2000 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 sectores alejados 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 sectores alejados 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 CNT, tendrá que asumir con todos los costos de migración de los usuarios existentes para tener la banda limpia y poder brindar el servicio, lo que sería poco beneficioso para el operador y para los usuarios existentes en esta banda.

Las bondades de la tecnología CDMA 2000 1x y EVDO aplicadas en la banda de 450 MHz, son aplicadas en la construcción de redes inalámbricas o para extender el acceso de las redes fijas utilizando infraestructura wireless (sin cables), es decir, evitado ampliar las redes de cobre y todos los costos que implica esto.

El diseño satisface la necesidad de penetración de señal, cubriendo el 100% del área planificada y tomando en cuenta la capacidad requerida para brindar los servicios tanto de voz como de datos a la demanda inicial de usuarios y su proyección de crecimiento durante los próximos 5 años.

El diseño propuesto garantiza capacidad para más de cinco años, debido a que se propone una radio base con 3 sectores, y cada sector con tres portadoras para la cobertura celular. Esta alternativa permite que la capacidad se incremente en casi tres veces con respecto a la capacidad de una radio base con una sola celda.

Según el análisis por capacidad, para brindar cobertura se necesita una BST direccional, tomando en cuenta la geografía de esta zona no influye en la característica de cobertura de la radio base. Por lo tanto, se combina la capacidad requerida con la mejor cobertura.

El bajo costo inicial en inversión de capital, brinda a CNT la posibilidad de ajustar dicha inversión en forma simultánea al crecimiento del número de abonados. Ello se debe al rendimiento muy favorable de la propagación de las ondas radioeléctricas en este nivel de frecuencias, lo que requiere un número muy pequeño de estaciones base para cubrir una zona determinada, como es el caso del presente proyecto donde solo se utiliza una sola radio base para cubrir el sector.

En el presente proyecto se pudo constatar que no existe el servicio de telefonía y datos y la gran demanda que existe del mismo, ya que sus moradores manifestaron su descontento y solicitan a la CNT su mejora y que atienda a la demanda existente en el menor tiempo posible porque tal situación afecta a los negocios y desarrollo educativo.

En el sistema diseñado (CDMA450 WLL) no se considera la movilidad del usuario, por tal motivo la antena del equipo del suscriptor es directiva en la red de telefonía fija inalámbrica, a diferencia de las antenas omnidireccionales en el equipo del suscriptor en un sistema de telefonía móvil inalámbrico.

Gracias al espectro ampliado, la tecnología CDMA provee una alta inmunidad a interferencia y condiciones de propagación de múltiples pasos inherentes al ambiente.

Las áreas que forma parte del sistema diseñado cuentan con gran visibilidad radioeléctrica permitiendo obtener resultados favorables para la transmisión de la información es decir una alta confiabilidad de los enlaces.

Los sistemas CDMA2000 1x y EV-DO en la banda de 450 MHz ofrecen equipos con un gran desempeño garantizando una excelente calidad de voz, privacidad y rápido acceso a Internet.

Los costos de implementación y de mantenimiento de la red CDMA450 versus las desventajas del sistema Wimax permiten concluir que más factible y beneficioso para CNT es la solución CDMA 450 WLL no sólo por lo rentable sino por la gran capacidad de abonados que puede satisfacer, además permitirá ampliar la red progresivamente y recuperar la inversión de capital en menor tiempo.

El trabajar en la banda de frecuencia de los 450 MHz, permite tener una mayor área de cobertura comparada con frecuencias que en la actualidad son utilizadas, reduciendo de esta manera el número de estaciones base, lo que se refleja en menores costos de inversión.

En la actualidad la banda de los 450 MHz está siendo utilizada por varios países de Europa para comunicaciones móviles de última generación. En América latina su utilización ha sido para brindar servicios de voz y datos a zonas con poca densidad poblacional.

5.2. RECOMENDACIONES.

Se recomienda la exploración de la tecnología CDMA 450, ya que presta muchos servicios y beneficios, dando de esta manera una mejor capacidad y calidad de transmisión de cualquier tipo de información.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO II

[http:// www. eveliux.com/mx/la-evolucion-de-la-telefonía-movil.php](http://www.eveliux.com/mx/la-evolucion-de-la-telefonía-movil.php)

[http:// www.cdg.org](http://www.cdg.org).

vonWuthenau, Celedonio. “CDMA450 Facilitando la Conectividad e Inclusión Social en América Latina”.

Moisés Remuzgo Hurtado CDMA 450: Una solución para zonas rurales.

Carlos Killian. “CDMA 450. Una Solución para Servicio Universal”.

Carlos Killian. INTERNATIONAL 450 ASSOCIATION. IA450. IA450 América Latina.

Weinschenk., C. Fernando “Redes Celulares de próxima generación.”

OEA. Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. “Propuesta Sobre Sistemas Fijos y Móviles de Acceso Inalámbrico en la Banda de 450 MHz en América Latina”.

OEA. Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. “Beneficio Y Despliegues de la Tecnología CDMA en la Banda de 400-450 MHz “

Colin Chandler. Vice Chairman.International 450 Association.“CDMA 2000 and CDMA 450.”

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.”

VadimBelavski.NMT Association. NMT ASSOCIATION: TWO STEPSFORWARD IN 450 MHZ BAND.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO III

SENATEL. www.conatel.ec.

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

Javier Vaquero Ing., “CDMA en el Bucle Local de Abonado”. Motorola/Telcel

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO IV

“HUAWEI: www.huawei.com”

“ZTE: www.zte.com.cn

Huawei: www.huawei.com/mobileweb/en/view.do?ide=723

Axesstel: www.axesstel.com/fixed/3G_broadband_gateways.php

Huawei: www.huawei.com/mobileweb/en/view.do?ide=723

Axesstel: www.axesstel.com/fixed/3G_broadband_gateways.php

ANEXOS

Anexo 1.

RESOLUCION 245-11-CONATEL

CONSIDERANDO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Que mediante resolución 331 - C - CONATEL – 2008, de 23 de junio de 2008 el Consejo Nacional de Telecomunicaciones resolvió modificar el Art. 1 de la Resolución 005-02-CONATEL-2008 de 7 de febrero de 2008 en el siguiente sentido: Realizar las acciones necesarias para la liberación de una parte de la sub-banda A de CDMA 450, comprendida en los rangos 454,400–457,475 Mhz y 464,400-467,475 Mhz en las provincias en las cuales

se tenga un número menor o igual a (10) concesiones de frecuencias en dichos rangos. En aquellas provincias en las cuales se tenga un mayor a diez concesiones, la SENATEL deberá verificar la disponibilidad de espectro para la reasignación de los concesionarios salientes y, además el compromiso del operador entrante de indemnizar a dichos concesionarios.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Anexo 2.

ENCUESTA⁵⁹

ENCUESTA

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

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

Si dispone servicio telefónico.

Si.....

No.....

SI

NO

1. **¿Posee del servicio telefónico?**
 - a) Celular.....
 - b) Fijo.....
2. **¿Cree usted que requiere más líneas telefónicas?**

Si..... No.....
3. **¿Si usted no cuenta con servicio telefónico fijo desearía tener?**
 - a) 1 Línea.....
 - b) 2 Líneas.....
 - c) Más.....
4. **¿Cuál es el servicio que usted posee?**
 - a) Voz.....
 - b) Datos (Internet).....
5. **¿En qué horas del día se realizan mayor número de llamadas?**
 - a) 06H00 – 10H00
 - b) 10H00 – 14H00
 - c) 14H00 – 18H00
 - d) 18H00 – 22H00
6. **¿Se siente conforme con el servicio que le brindan?**

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

Porque.....

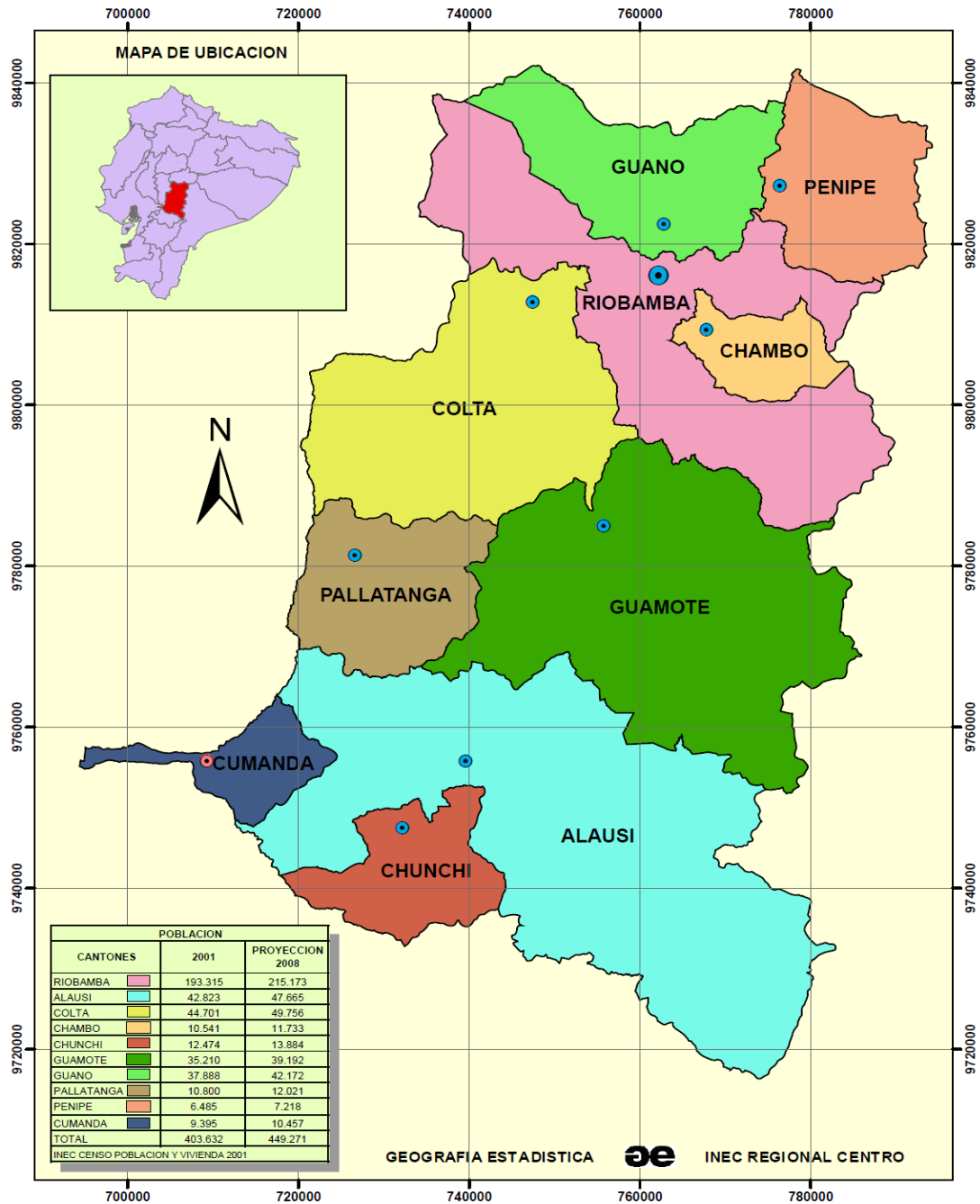
1. **¿Si usted no cuenta con el servicio telefónico fijo desearía tener?**

Si..... No.....
2. **¿Con cuántas líneas telefónicas desearía disponer?**
 - a) 1 Línea.....
 - b) 2 Líneas.....
 - c) Más.....
3. **¿Con que servicio desearía disponer?**
 - a) Voz.....
 - b) Datos (Internet).....
4. **¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por este servicio?**
 - a) 5 \$ Servicio Voz.....
 - b) 20 \$ Servicio Voz y Datos.....
5. **¿Cuáles serían las horas en que ocuparía más el servicio?**
 - a) 06H00 – 10H00
 - b) 10H00 – 14H00
 - c) 14H00 – 18H00
 - d) 18H00 – 22H00

⁵⁹ Maribel Yaucén, Marco Llamuca. 2012

Anexo 3.

CANTÓN RIOBAMBA (PROVINCIA DE CHIMBORAZO)⁶⁰



⁶⁰ http://www.codeso.com/TurismoEcuador/Mapa_Chimborazo.html

