

UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR

SEDE ECUADOR

Área de Gestión

Maestría en Derecho y Gestión de las Telecomunicaciones

**USO DE LA BANDA 450 MHz CON LA
TECNOLOGÍA DE ACCESO MÚLTIPLE POR
DIVISIÓN DE CÓDIGO; CDMA, EN EL ECUADOR
PARA LA AMPLIACIÓN DEL ACCESO
UNIVERSAL**

Diego Mauricio Uribe Nogales

Tutor: Ing. Jairo Angulo

2009

Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del grado de magíster de la Universidad Andina Simón Bolívar, autorizo al centro de información o a la biblioteca de la universidad para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura según las normas de la universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta tesis dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Andina Simón Bolívar la publicación de esta tesis, o de parte de ella, por una sola vez dentro de los treinta meses después de su aprobación.

Diego Mauricio Uribe Nogales

Abril de 2009

UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR

SEDE ECUADOR

Área de Gestión

Maestría en Derecho y Gestión de las Telecomunicaciones

**USO DE LA BANDA 450 MHz CON LA
TECNOLOGÍA DE ACCESO MÚLTIPLE POR
DIVISIÓN DE CÓDIGO; CDMA, EN EL ECUADOR
PARA LA AMPLIACIÓN DEL ACCESO
UNIVERSAL**

Diego Mauricio Uribe Nogales

Quito – Ecuador

2009

Resumen

Es de transcendental importancia el reto de conseguir que las redes de los operadores de servicios de telecomunicaciones brinden el servicio a la mayoría de los sectores de la Patria, dicho concepto es el denominado acceso universal, y constituye el marco teórico del presente estudio.

Mediante el presente análisis, se determina la viabilidad técnica del uso de la tecnología de acceso inalámbrico de acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz; CDMA 450, para la ampliación del acceso universal en el Ecuador. Lo indicado debido a sus fortalezas técnicas, en especial por la propagación que brinda la banda de frecuencias 450 MHz. Detalla además, los motivos para su gran aceptación a nivel mundial, particularmente en países latinoamericanos como Argentina y Perú.

A la fecha, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones; CONATEL, Organismo Rector de las Telecomunicaciones en el Ecuador, ha emitido Resoluciones que faciliten el uso de esta tecnología por parte de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones; CNT, empresa estatal de telefonía fija, las cuales son recogidas en la presente investigación. Dichas Resoluciones fueron adoptadas, tomando como referencia los resultados obtenidos con el uso de la tecnología CDMA 470, que brinda la empresa ETAPA en el cantón Cuenca, de la provincia del Azuay.

Con estos antecedentes y a fin de validar la investigación realizada, se realizaron estudios teóricos de propagación, en las Provincias de Cotopaxi y Galápagos, obteniéndose la viabilidad técnica para su uso únicamente en Galápagos.

Finalmente, se debe señalar que este estudio no pretende plantear a la tecnología CDMA 450 como única herramienta válida para conseguir lo indicado, sino que recomienda la investigación de nuevas tecnologías que permitan que las telecomunicaciones sean una herramienta que faciliten el desarrollo de la población.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a MiA, a mis padres y hermana.

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

A mi Director de tesis, el Ing. Jairo Angulo por todo su apoyo incondicional.

A la Dra. María Verónica Dávalos, Coordinadora Académica de la Maestría en Derecho y Gestión de las Telecomunicaciones, por su aliento y comprensión.

A todas las personas que me conocen.

Tabla de Contenidos

1. ENFOQUE TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.1 INTRODUCCIÓN	14
1.2 SERVICIO UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES	15
1.2.1 CONSIDERACIONES RELACIONADAS.....	15
1.2.2 ACCESO Y SERVICIO UNIVERSAL	16
1.2.2.1 Acceso universal	16
1.2.2.2 Servicio universal.....	17
1.2.2.3 Características del servicio y acceso universal.....	18
1.3 MODELO DE BRECHAS DEL REGULATTEL	20
1.3.1 BRECHA DE MERCADO Y BRECHA DE ACCESO	20
1.3.1.1 Fundamentos Teóricos	20
1.3.1.2 Frontera de eficiencia de mercado.....	22
1.3.1.3 Brecha de mercado	22
1.3.1.4 Frontera de sostenibilidad	23
1.3.2 BRECHA DE ACCESO	24
1.3.3 FRONTERA DE ASEQUIBILIDAD.....	25
1.3.4 EXPLICACIÓN DEL MODELO USADO POR EL FORO REGULATTEL	25
1.4 SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES QUE FORMAN PARTE DEL SERVICIO Y ACCESO UNIVERSAL	27
1.4.1 SERVICIOS INCLUIDOS POR LA UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES	27
1.4.1.1 Telefonía (llamadas de voz y mensajes de texto).....	27
1.4.1.2 Banda estrecha y banda ancha de acceso a Internet	27
1.4.1.3 Radio y televisión.....	27
1.4.2 SERVICIOS ANALIZADOS POR REGULATTEL	28
1.4.2.1 Interpretación de los resultados REGULATTEL	28
1.4.3 METAS DEL SERVICIO UNIVERSAL	29
1.4.3.1 Objetivos elegidos para el acceso universal	30
1.4.3.2 Recomendaciones del estudio del Foro REGULATTEL.....	30
1.5 INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES Y ACCESO UNIVERSAL	31
1.5.1 TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN PARA EL ACCESO	33
1.5.1.1 Sistemas celulares móviles.....	33
1.5.1.2 Sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha.....	33
1.5.1.3 Acceso utilizando la banda de frecuencias de 450 MHz.....	34
2 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO EN LA BANDA 450 MHZ, CDMA 450	35
2.1 INTRODUCCIÓN	35
2.2 ACCESO AL MEDIO	35
2.2.1 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.....	35
2.2.2 TIPOS DE ACCESO AL MEDIO.....	36
2.2.2.1 Acceso múltiple por división de frecuencia, FDMA.....	36
2.2.2.2 Acceso múltiple por división de tiempo, TDMA	37

2.2.2.3	Acceso múltiple por división de código, CDMA	37
2.3	ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO EN LA BANDA 450 MHZ., CDMA 450 ..	37
2.3.1	ORIGEN	37
2.3.2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA CDMA 450	38
2.3.2.1	Propagación.....	38
2.3.2.2	Control de potencia	40
2.3.2.3	Receptor tipo rastrillo.....	40
2.3.2.4	Otras características.....	41
2.3.3	TIPOS DE REDES CDMA 450	41
2.4	USO DE LA TECNOLOGÍA CDMA 450 A NIVEL MUNDIAL	42
2.4.1	SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES CON CDMA 450.....	43
2.4.2	OTRAS CONSIDERACIONES	43
2.4.2.1	Económicas	43
2.4.2.2	Sociales	44
2.5	SUB-BANDAS DE FRECUENCIA EN 450 MHZ	45
2.6	CAPACIDAD DE USUARIOS DE UNA RED CDMA 450	45
2.7	USO DE LA TECNOLOGÍA CDMA 450 A NIVEL LATINOAMERICANO.....	46
2.7.1	MODELO DE USO EN PERÚ	47
2.7.1.1	Proyecto Huarochirí	48
2.7.2	MODELO DE USO EN ARGENTINA	50
2.8	ASPECTOS RELEVANTES DEL USO DE TECNOLOGÍA DE ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO EN LA BANDA 450 MHZ; CDMA 450.....	53
2.9	REDES DE BACKHAUL	54

3 ACCESO UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES EN EL CASO DE ECUADOR.....

3.1	LAS TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR.....	55
3.1.1	ANTECEDENTES HISTÓRICOS	55
3.1.2	ORGANISMOS DEL SECTOR TELECOMUNICACIONES	56
3.1.3	FONDO PARA EL DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN LAS ÁREAS RURALES Y URBANO-MARGINALES, FODETEL.....	57
3.1.3.1	Plan de servicio universal (PSU).....	58
3.2	BANDA 450 EN ECUADOR.....	60
3.3	USO DE LA TECNOLOGÍA CDMA 470 MHZ POR LA EMPRESA ETAPA.....	61
3.3.1	ANTECEDENTES	61
3.3.2	PARÁMETROS DE OPERACIÓN.....	61
3.3.2.1	Sitios de ubicación de las celdas	62
3.3.2.2	Proyección de la densidad telefónica	62
3.3.3	ELEMENTOS DE LA RED CDMA 1X 470 DE ETAPA.....	64
3.3.4	TARIFAS.....	66
3.3.5	NUMERACIÓN	68
3.4	ANÁLISIS DE LA OCUPACIÓN DE LA BANDA 450 MHZ EN EL ECUADOR	68
3.4.1	OCUPACIÓN	68
3.4.2	OCUPACIÓN DE LA SUB-BANDA A DE CDMA 450	70
3.5	SOLICITUD DE CONCESIONES CDMA 450	73
3.5.1	EMPRESA PACIFICTEL SOCIEDAD ANÓNIMA	73

3.5.2 EMPRESA ANDINATEL SOCIEDAD ANÓNIMA.....	74
3.6 MIGRACIÓN DE LA BANDA 450 MHZ.	75

4 ANÁLISIS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO EN LA BANDA 450 MHZ, CDMA 450 EN EL ECUADOR

4.1 INTRODUCCIÓN	77
4.2 SITIOS PARA IMPLEMENTAR CDMA 450.....	78
4.2.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS.....	79
4.2.1.1 Redes de nueva generación	79
4.2.1.2 Integración de las redes de nueva generación con CDMA 450.....	81
4.2.1.3 Análisis comparativo de uso de CDMA 450 en Ecuador y otros países	81
4.3 ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DEL USO DE LA TECNOLOGÍA DE ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO 450 MHZ, CDMA450 EN GALÁPAGOS.....	83
4.3.1 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	83
4.3.2 ASPECTOS RELEVANTES DE LAS ISLAS GALÁPAGOS	83
4.3.3 DENSIDAD TELEFÓNICA DE LAS ISLAS GALÁPAGOS	85
4.3.4 DISEÑO DE UNA RED CDMA 450 PARA GALÁPAGOS.....	85
4.3.4.1 ICS TELECOM.....	85
4.3.4.2 Cobertura.....	86
4.3.4.3 Tráfico	88
4.3.4.4 Red de Backhaul	89
4.4 ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DEL USO DE LA TECNOLOGÍA DE ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO 450 MHZ, CDMA450 EN COTOPAXI.....	90
4.4.1 COTOPAXI.....	90
4.4.1.1 Información Geográfica	90
4.4.2 ASPECTOS RELEVANTES DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.....	91
4.4.3 DENSIDAD TELEFÓNICA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI	91
4.4.4 DISEÑO DE UNA RED CDMA 450 PARA COTOPAXI	91
4.4.4.1 Cobertura.....	92
4.4.4.2 Tráfico	94
4.5 CONSIDERACIONES TÉCNICAS ADICIONALES.....	95
4.6 OTRAS CONSIDERACIONES	96
4.6.1 ECONÓMICAS.....	96
4.6.1.1 Volúmenes de terminales CDMA 450	96
4.6.1.2 Requerimiento de usuarios	96
4.6.1.3 Costos de operación y mantenimiento.....	97
4.6.1.4 Costos de capital.....	97
4.6.1.5 Ganancia económica del operador	98
4.6.2 SOCIALES.....	100

CONCLUSIONES.....

RECOMENDACIONES.....

BIBLIOGRAFÍA.....

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Coberturas teóricas de las celdas.....	38
Tabla 2.2: Capacidades de transmisión teóricas redes CDMA 450.....	42
Tabla 2.3: Sub-bandas de frecuencia en 450 MHz.....	45
Tabla 2.4: Capacidad de una Red CDMA 450 MHz.....	45
Tabla 2.5: Recursos Económicos del proyecto Huarochirí.....	49
Tabla 2.6. Tabla Comparativa de Servicios.....	51
Tabla 2.7. Tabla Comparativa del Uso de la Tecnología CDMA 450.....	54
Tabla 3.1: Cuadro de Atribuciones de la Banda 450 MHz.....	60
Tabla 3.2: Celdas del Proyecto Etapa 470.....	62
Tabla 3.3: Densidad Telefónica en el Cantón Cuenca antes de instalar CDMA 470.....	63
Tabla 3.4: Proyección Densidad Telefónica Proyecto ETAPA.....	64
Tabla 3.5: Plan Tarifario de la empresa ETAPA.....	67
Tabla 3.6: Sitios de Repetición de las Bandas 450 – 512 MHz.....	70
Tabla 3.7: Características técnicas de la sub-banda A.....	71
Tabla 3.8: Provincias de la concesión otorgada a PACIFICTEL S.A.....	74
Tabla 3.9: Provincias de la concesión a ANDINATEL S.A.....	74
Tabla 3.10: Migración de la Banda 450 en el Ecuador.....	76
Tabla 4.1 Cuadro Comparativo de Uso de la Tecnología CDMA 450.....	82
Tabla 4.2 Densidad Telefónica de Galápagos.....	85
Tabla 4.3 Parámetros Técnicos de la Estación Base.....	87
Tabla 4.4 Parámetros Técnicos del Terminal.....	87
Tabla 4.5: Características Técnicas de la red.....	89
Tabla 4.6 Datos de la red Backhaul.....	89
Tabla 4.7 Proyección de la población de Cotopaxi, año 2008.....	91
Tabla 4.8 Densidad Telefónica de Cotopaxi	91
Tabla 4.9 Parámetros Técnicos de la Estación Base.....	92
Tabla 4.10 Parámetros Técnicos del Terminal.....	93
Tabla A.1: Funciones de los elementos en la Red CDMA.....	106

Índice de Figuras

Figura 1.1 Brecha del Mercado y Modelo de Brecha de Acceso.....	21
Figura 1.2 Resultados REGULATEL.....	29
Figura 1.3 Evolución de los programas de acceso universal.....	31
Figura 1.4 Pasos en el desarrollo del potencial de telecomunicaciones.....	32
Figura 2.1: Características de FDMA, TDMA, CDMA.....	36
Figura 2.2 CDMA 450 MHz, su principal ventaja la propagación.....	39
Figura 2.3: Esquema de un receptor tipo rastrillo.....	41
Figura 2.4 Troncal del Sistema Huarochirí Peruano.....	50
Figura 2.5 Cobertura del Sistema Huarochirí Peruano.....	50
Figura 2.6. Mapa de cobertura COTECAL en El Chalten.....	52
Figura 2.7. Mapa de cobertura COTECAL en El Calafate.....	53
Figura 3.1: Entes del sector Telecomunicaciones en el Ecuador.....	57
Figura 3.2: Estructura de la red CDMA 470 de ETAPA.....	66
Figura 3.3: Ocupación de las Bandas 450 – 512 MHz.....	69
Figura 3.4: Ocupación de la Sub-banda A CDMA 450 en el Ecuador.....	71
Figura 4.1 Migración de las actuales redes hacia redes de nueva generación.....	80
Figura 4.2 CDMA 450 como elemento de las redes de nueva generación.....	81
Figura 4.3 Archipiélago de Colón.....	83
Figura 4.4 Cobertura CDMA 450 Galápagos.....	88
Figura 4.5 Mapa de la Provincia de Cotopaxi.....	90
Figura 4.6 Cobertura CDMA 450 Cotopaxi.....	93
Figura A.1: Red CDMA 1X/1xEV-DO con sistema troncalizado digital.....	106
Figura A.2 Tipos de redes de Backhaul.....	113

Índice de Anexos

Anexo I. Elementos de la Red CDMA 450.....	105
Anexo II. Coberturas CDMA 450 en las provincias de Galápagos y Cotopaxi.....	108
Provincia de Galápagos.....	109
Provincia de Cotopaxi.....	110
Anexo III. Redes de Backhaul.....	111
III.1 Tipos de redes de Backhaul.....	111
III.2 Aplicaciones.....	113
III.3 Backhaul en redes inalámbricas.....	113

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

CAPÍTULO I

1. Enfoque Teórico de la Investigación

1.1 Introducción

La sociedad está constatando continuos cambios tecnológicos, nuestra época ha sido el testigo de vertiginosas revoluciones en los adelantos electrónicos y de telecomunicaciones como nunca antes había ocurrido. Lo expresado, se traduce en evidentes mejoras en la forma de vivir de las personas quienes han logrado llegar a tener una comunicación total, con todo lo que ello implica; multimedia en su computador y oficina, Internet móvil, Sistemas de Comunicación Personal; entre otros, esperando todavía muchísimos cambios tecnológicos, que hasta hace pocas décadas eran impensados.

No obstante, lo indicado contribuye a la creación de realidades diferentes, cuando miramos a nuestro alrededor y determinamos que aún existen zonas del Ecuador en donde encontrar un servicio de telefonía pública es una verdadera ilusión. Este hecho, motiva la aplicación de continuas reformas al régimen normativo de las Naciones, con el fin de establecer normas y Leyes que hagan que el Estado siga siendo el facilitador de instrumentos que contribuyan al desarrollo de los pueblos, estas políticas como se describirá en el presente documento, engloban el concepto denominado servicio universal.

A continuación, se describen los conceptos de servicio y acceso universal, desarrollados en telecomunicaciones con el fin de brindar el servicio a los sectores de la sociedad en donde no existe el mismo, debido a que se encuentran en:

- Zonas alejadas de difícil acceso.
- Zonas de bajo ingreso no rentables.
- Lugares en donde sus abonados son personas con algún tipo de discapacidad.

1.2 Servicio universal de telecomunicaciones

1.2.1 Consideraciones relacionadas

El servicio universal de telecomunicaciones se basa en el derecho que tiene cualquier individuo a acceder a un servicio de telecomunicaciones. El análisis que el Estado efectúa para conseguir dicho objetivo, contempla consideraciones sociales, políticas, económicas y técnicas.

- *Sociales.*- Las telecomunicaciones son una herramienta que permiten reducir las distancias geográficas para la comunicación entre individuos, facilitando el desarrollo de la idiosincrasia de los habitantes de un país. Contribuyen el acceso de una población a mejores servicios de salud, educación y facilitan su conexión a los nuevos servicios de información, como Internet.
- *Políticas.*- El acceso a las telecomunicaciones de todos los habitantes de un país, implica el despliegue de profundas decisiones políticas, que en su gran mayoría dependen de los gobiernos de turno de los países, pero que influyen en toda la población.
- *Económicas.*- En la medida en que sean correctamente utilizadas, las telecomunicaciones permiten el desarrollo económico de los habitantes de una determinada comunidad, contribuyendo a diversificar su producción e incentivando el comercio. Por otro lado, la extensión del servicio hacia todas las localidades, implica un profundo análisis de la realidad económica de un país.
- *Técnicas.*- Toma transcendental importancia para facilitar el acceso a las telecomunicaciones de los habitantes, las políticas empleadas para extender las redes de los operadores de servicios de telecomunicaciones. Como se mostrará con el presente estudio, la fase inicial para permitir el acceso de la población a las telecomunicaciones, es la extensión de las redes de los operadores a la

geografía que no posee cobertura de red. Una de las alternativas para aquello, son las redes inalámbricas y entre ellas la tecnología de acceso múltiple por división de código; CDMA450, que opera en la banda de 450 MHz.

1.2.2 Acceso y servicio universal

Los conceptos de servicio universal y acceso universal nacieron en los Estados Unidos cuando el Presidente de la empresa AT&T, propuso que el sector debía desarrollarse como un monopolio y así evitar la discontinuidad de la red con varios operadores.

El acceso universal consiste en la disponibilidad del servicio básico de telecomunicaciones, generalmente para permitir comunicación de voz, a la mayoría de la población.

El Gobierno del Ecuador, entiende por servicio universal de telecomunicaciones a la obligación de extender el acceso a un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones a todos los habitantes del territorio nacional, sin perjuicio de su condición económica, social, o su localización geográfica, a precio asequible y con la calidad determinada en normas técnicas definidas.

1.2.2.1 Acceso universal

La Unión Internacional de Telecomunicaciones, en colaboración con el InfoDev, un programa de múltiples donantes que mantiene estrechos vínculos con la capacidad operacional del Banco Mundial, indica que el acceso universal implica que todos los ciudadanos puedan acceder a los servicios de telecomunicaciones en algún lugar público, es por ello también llamado acceso público. En términos generales, el número de sitios en los cuales la población accede a los servicios sería al menos uno, para un determinado tamaño de la población.

Por otro lado, el Foro Latinoamericano de Entes Reguladores de Telecomunicaciones; REGULATEL, en su Informe Completo donde analiza la

situación de los programas implementados en América Latina con el fin de conseguir el acceso universal en América Latina, especifica que el acceso universal a las telecomunicaciones implica la disponibilidad razonable de redes y servicios, en forma pública, individual o compartida, a ciudadanos e instituciones dentro de una comunidad determinada. Además que, alcanzar el verdadero acceso universal implica que el 100% de una determinada población pueda obtener, como mínimo, acceso público a un determinado servicio, mediante instalaciones públicas o comunitarias razonablemente disponibles y asequibles.

Resulta evidente el hecho de señalar que, para países en vías de desarrollo como el Ecuador, se requiere que la mayoría de la población tenga posibilidad de acceso a las telecomunicaciones, por lo que es indispensable el encontrar una tecnología que permita la extensión de la cobertura de los servicios de telecomunicaciones a todos los sectores de la Patria, objeto de nuestro estudio.

1.2.2.2 Servicio universal

Para la Unión Internacional de Telecomunicaciones, el servicio universal significa que cada individuo o familia puede beneficiarse del servicio y usarlo privadamente, ya sea en casa, o a través de dispositivos inalámbricos. Para los países en desarrollo, un objetivo de servicio universal sería demasiado ambicioso en la actualidad ya que los mismos deben ser asequibles y estar disponibles, además que sus metas están dirigidas para la proporción de la población que puede pagar por estos servicios.

Para REGULATEL en cambio, el servicio universal en telecomunicaciones busca una condición más absoluta en la que los servicios de telecomunicaciones se suministran en forma generalizada a hogares o individuos por toda un área, lo que implica que son a la vez accesibles y asequibles, sin impedimentos prácticos de suscripción y uso.

Alcanzar un verdadero “servicio universal” implica que el 100% de una población determinada, pueda suscribirse y usar un determinado servicio a nivel individual, residencial o institucional. Por lo indicado, una política de servicio universal no resulta del todo sostenible; desde el punto de vista económico, para los países en vías de desarrollo como es el caso ecuatoriano.

1.2.2.3 Características del servicio y acceso universal

Para la Unión Internacional de Telecomunicaciones; UIT, las características principales del servicio y del acceso universal son:

- *Disponibilidad:* El servicio está a disposición de las partes habitadas del país;
- *Accesibilidad:* Todos los ciudadanos pueden utilizar el servicio, independientemente de su ubicación, género, discapacidad y otras características personales; y,
- *Asequibilidad o poder de compra:* El servicio es asequible a todos los ciudadanos, tanto por su capacidad adquisitiva como por su capacidad de aprendizaje.

Estos tres aspectos son relevantes para los dos conceptos, tanto para el acceso como el servicio universal, pero de diferentes maneras y con distintas tonalidades.

A efectos de conseguir el ascenso del concepto de acceso universal al de servicio universal, se deben considerar los siguientes bloques de construcción:

- *Acceso universal:* Toda persona tiene acceso público asequible y razonable a los servicios de las tecnologías de la información y comunicación, TICs, considerados esenciales para la inclusión social y el desarrollo económico;
- *Cobertura geográfica universal:* El 100 por ciento de la población que vive en los centros poblados por encima de un cierto tamaño, puede obtener un

determinado servicio de las TICs, siempre que el usuario posea la capacidad de pago para dicho servicio;

- *Servicio universal:* El 100 por ciento de las personas o de los hogares tienen la capacidad de recibir servicios de las TICs, categorizados como parte del servicio universal, y una gran mayoría de la población está suscrito a los mismos.

Resulta útil el evidenciar que, las telecomunicaciones van estrechamente relacionadas con otros aspectos que permiten el desarrollo de la población, como la capacidad adquisitiva y el nivel de educación. Y que además, van relacionadas con otros servicios básicos como la energía eléctrica y la vialidad.

Una aplicación que permitió evaluar los conceptos indicados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, fue la efectuada en el año 2006 por REGULATEL.

El Foro Latinoamericano de Entes Reguladores de Telecomunicaciones; REGULATEL, analizó los programas de acceso universal en América Latina, en términos de su impacto general, rentabilidad, sostenibilidad, y de los tipos de redes y servicios suministrados, los resultados de los enfoques de acceso universal considerados en dicha evaluación, incluyeron:

- Eficacia de los programas en cuanto a cantidad de personas y comunidades que han obtenido acceso a la cobertura de red, así como el aumento de las suscripciones y la penetración de los servicios;
- Eficiencia de los proyectos con relación al nivel de subsidio requerido, indicadores de relación costo-beneficio;

- Sostenibilidad de los proyectos en el tiempo, en relación al mantenimiento y el crecimiento continuos después de que el subsidio inicial requerido y otros apoyos públicos se han agotado;
- Impacto de los proyectos en objetivos más amplios de desarrollo socioeconómico dentro de las comunidades, o del país en su conjunto.

1.3 Modelo de brechas del REGULATEL

El Foro Latinoamericano de Entes Reguladores de Telecomunicaciones; REGULATEL, realizó un estudio con el fin de revisar y evaluar los programas actuales de acceso universal planeados en los 19 países donde los reguladores son sus miembros¹, evaluando la brecha de eficiencia de mercado y de acceso universal, y las inversiones/subsidios por parte del sector público necesarias para reducir la brecha de acceso universal.

El énfasis del estudio, está en la expansión de las instalaciones de redes de telecomunicaciones básicas de acceso universal, a lugares y poblaciones que todavía no tienen acceso público o privado a redes que brindan servicios de telecomunicaciones, sea de manera pública o privada.

1.3.1 Brecha de Mercado y Brecha de Acceso

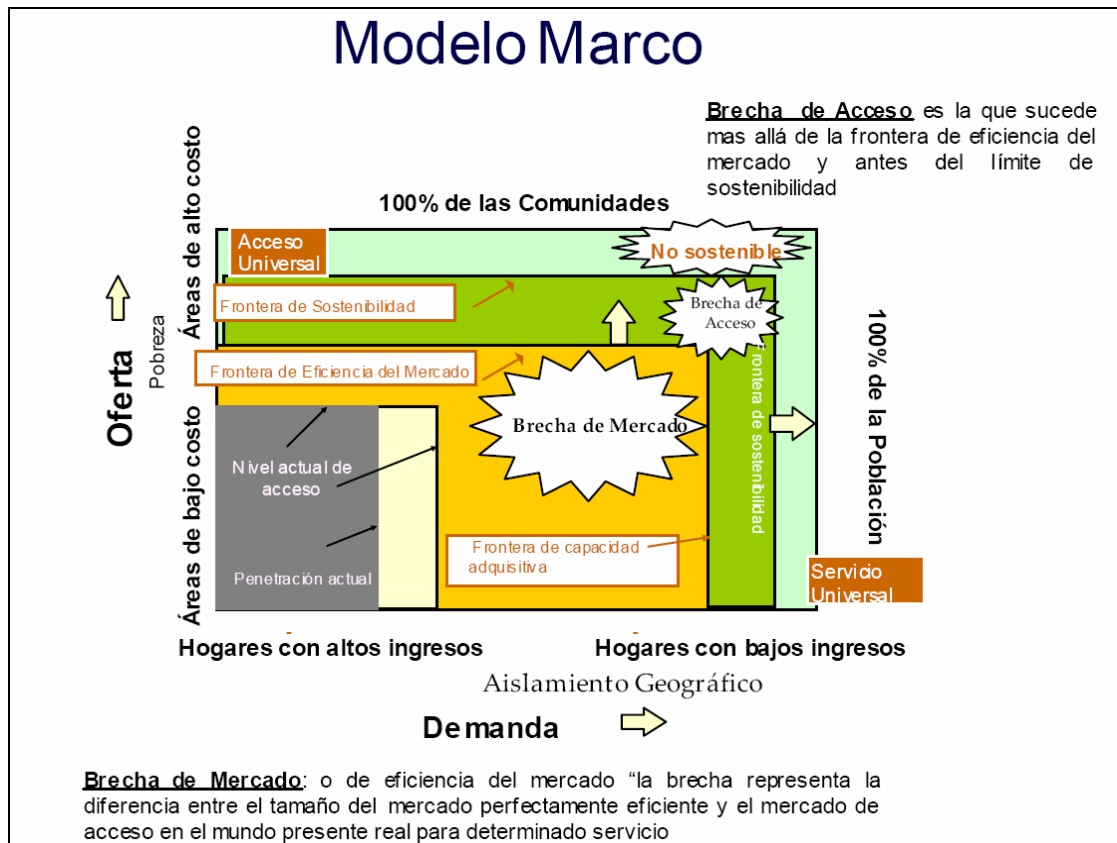
1.3.1.1 Fundamentos Teóricos

Los fundamentos teóricos y económicos clave, que permitieron evaluar los niveles de desarrollo en telecomunicaciones y de impacto de las políticas de acceso universal por parte de REGULATEL, fueron los conceptos de “eficiencia de mercado”, “brechas de mercado” y “brechas de acceso”.

La siguiente figura ilustra las relaciones y términos que definen esta teoría:

¹ Los 19 miembros de REGULATEL son: CNC de Argentina, SITTEL de Bolivia, ANATEL de Brasil, SUBTEL de Chile, CRT de Colombia, ARESEP de Costa Rica, MIC de Cuba, INDOTEL de República Dominicana, CONATEL de Ecuador, SIGET de El Salvador, SIT de Guatemala, CONATEL de Honduras, COFETEL de México, TELCOR de Nicaragua, ASEP de Panamá, CONATEL de Paraguay, OSIPTEL de Perú, URSEC de Uruguay y CONATEL de Venezuela.

Figura 1.1 Brecha del Mercado y Acceso



Fuente: REGULATEL, Nuevos Modelos para el Acceso Universal, Marco Analítico, p. 38

La figura representa un mercado de servicio de telecomunicaciones, donde:

- El eje X representa la demanda y el eje Y la oferta.
- El límite superior de la oferta representa el 100% de las comunidades.
- El límite superior de la demanda representa el 100% de la población.
- El área gris representa la penetración del servicio.
- El área en amarillo claro representa el nivel de acceso al servicio.
- La dirección de la oferta tiende a ser correlativa con los costos más altos de proveer servicios.
- La dirección de la demanda tiende a ser correlativa con los ingresos más bajos.

Algo digno de resaltar es que se puede observar que en el eje de la oferta, el acceso y la penetración son iguales, por cuanto el eje mide la disponibilidad geográfica, en tanto que en el eje de la demanda, es más difícil que la penetración iguale a la

disponibilidad, ya que varias viviendas pueden tener posibilidad de acceso al servicio pero no lo compran.

De manera general, el análisis que efectúa REGULATEL se concentra en el eje Y, es decir en la disponibilidad en el lado de la oferta de cobertura de redes y servicios en zonas geográficas.

1.3.1.2 Frontera de eficiencia de mercado

El modelo planteado por REGULATEL toma como premisa el desarrollo de telecomunicaciones en los distintos países bajo políticas orientadas al mercado, así como políticas de acceso universal.

En ese sentido, se parte de la idea que existe un tamaño teórico de mercado eficiente para cualquier servicio en el cual los operadores competitivos y con fines de lucro, proveerán el servicio sin necesidad de ninguna ayuda económica, siempre y cuando se eliminen las barreras no económicas a la entrada y a la expansión.

Este concepto de ubicación de frontera del mercado está determinado por factores del lado de la oferta y estrechamente relacionado con los factores geográficos, ya que son los que limitan el despliegue de servicios en el mercado, es decir las zonas más alejadas y rurales.

Otros factores de la oferta que influyen en la ubicación de la frontera de eficiencia del mercado son entre otros: costos de infraestructura y equipamiento, costos de adquisición de la licencia para uso del espectro, costos de caminos y electricidad, costos y disponibilidad de recursos humanos, políticas de impuestos y tarifas.

1.3.1.3 Brecha de mercado

La teoría empleada sugiere que el tamaño y alcance de un mercado plenamente “eficiente” para un servicio de telecomunicaciones, es mucho más grande que el actual grado de acceso al mercado. La brecha de mercado es la zona que representa la

diferencia entre el tamaño de este mercado teóricamente eficiente y la dimensión del actual grado real de acceso del servicio considerado.

La brecha de mercado tiende a disminuir en la medida en que las regulaciones permiten que las inversiones fluyan a segmentos del mercado considerados atractivos. La brecha también puede agrandarse si los factores de la oferta reducen los costos de entrega de servicios, pero el mercado se ve impedido de ampliarse de manera proporcional.

El tamaño de la brecha del mercado se debe esencialmente a limitaciones, restricciones y barreras no económicas a la expansión eficaz de servicios por inversores y operadores competitivos. Algunos de los impedimentos más destacables a este tipo de desarrollo promovido por el mercado son:

Barreras de entrada y restricciones de licencias, restricciones de los gobiernos locales en especial por impuestos o para ampliación de infraestructura, derechos de importación elevados, dificultades para obtener financiamiento, limitaciones en recursos humanos, imposibilidad de los clientes para pagar los servicios.

1.3.1.4 Frontera de sostenibilidad

Este límite se encuentra más allá de la frontera de eficiencia de mercado y representa las áreas en las que los servicios de telecomunicaciones podrían funcionar de manera económicamente viable, si parte de los costos de inversión inicial fueran aportados por fuentes externas. Los segmentos que caen fuera de la frontera de eficiencia de mercado son los candidatos más atractivos para un financiamiento con algún tipo de subsidio.

Debe observarse que la inversión que se requiere es la inicial, puesto que a lo largo del tiempo y una vez que la red esté operando, los servicios mismos generarían suficientes ingresos, mensual y anualmente.

Estos conceptos económicos analizados por el REGULATEL, se complementan con los analizados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones²; UIT, cuando señala que el bajo promedio de ingresos por usuario; ARPU, por sus siglas en inglés, que podría presentarse en las zonas rurales o de difícil acceso, no son un obstáculo insuperable para los operadores.

La UIT determinó que las empresas que operan en un ambiente con un bajo promedio de ingresos por usuario; ARPU, son a menudo tan rentables como las empresas en situaciones de elevado ARPU. Por ejemplo, los operadores de Filipinas tienen los más bajos ARPU y reportan elevadas ganancias antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones, indicador denominado: EBITDA.

Así mismo, los EBITDA de los operadores de la India, han aumentado significativamente en los últimos dos años, mientras que sus ARPU se han reducido, lo cual demuestra que desde el punto de vista económico, las telecomunicaciones son un negocio entable, sin embargo de poseer una elevada barrera entrada.

Esta barrera de entrada debería ser subsidiada inicialmente, luego de lo cual el proyecto planteado se convertirá en auto sostenible, bajo las condiciones indicadas.

1.3.2 Brecha de acceso

Es la zona usada para definir dos zonas mostradas en la figura, una dentro de la frontera de sostenibilidad y otra más allá de ese límite. En ninguna de estas áreas se brindaría el servicio, sin algún tipo de subsidio para la elevada inversión inicial, la diferencia es que la una se puede sostener después de este subsidio y la otra no.

Es evidente que, en los países en vías de desarrollo, existen zonas remotas y de bajos ingresos que no podrían generar mercados de telecomunicaciones sostenibles, si no cuentan con un subsidio permanente, zonas no sostenibles.

² UIT-infoDev, *Manual de Regulación de Telecomunicaciones*, módulo 4, numeral 2.3.2

La distinción de la brecha de acceso y la brecha de mercado, ayuda a intrínsecamente a distinguir las zonas en las que el Regulador debe concentrarse en la eliminación de barreras, de aquellas en las que debe concentrarse en la intervención financiera directa.

Así mismo, las fronteras de eficiencia del mercado tienden a desplazarse hacia afuera con la disminución de costos y el aumento de los beneficios brindados por el desarrollo tecnológico, con lo cual y en teoría, el tamaño de las brechas de acceso debería disminuir.

1.3.3 Frontera de asequibilidad

Es la zona que se forma en el lado de la demanda al borde de la frontera del mercado, y determina el límite dentro del cual los hogares pueden pagar los servicios, con precios basados en costos y designa el límite de asequibilidad del servicio, basado principalmente en la distribución de ingresos.

Este límite puede verse además como una frontera de adopción o admisión del servicio, puesto que existen clientes que tienen la capacidad de pagar por el servicio, pero deciden no contratarlo porque no atrae su atención. La gestión de la demanda requiere un análisis de la asequibilidad, cuyo propósito no es objeto del presente estudio.

1.3.4 Explicación del Modelo usado por el Foro REGULATEL

Considerando los conceptos ya indicados, los consultores contratados por el Fondo Entes Reguladores de Telecomunicaciones; REGULATEL, para efectuar el estudio, generaron un modelo de simulación en computadora para estimar el tamaño y la ubicación de las fronteras y brechas de mercado y acceso en los mercados de telecomunicaciones. En ese sentido, el modelo intenta determinar principalmente las siguientes variables:

- Tamaño aproximado de la brecha de mercado en términos de cobertura geográfica. Específicamente el servicio de telefonía de voz con redes móviles, el acceso público básico al Internet mediante telecentros comunitarios, y el acceso a la conectividad de redes de banda ancha.
- Monto de subsidio u otra forma de financiamiento que sería necesaria para cerrar la brecha de acceso para los diferentes servicios.

El modelo consistió en diversos componentes detallados a continuación:

- Detalle sobre el estado actual del mercado de telecomunicaciones en el país, incluyendo la distribución geográfica y demográfica y los niveles de acceso actuales para todos los servicios.
- Supuestos de costos, supuestos sobre las escalas de precios unitarios para los diversos tipos de componentes tecnológicos y de redes necesarios para establecer el acceso a las redes y servicios de telecomunicaciones.
- Desarrollo de la red, cálculos que definen la distribución estimada de instalaciones de red necesarias para proveer el servicio dentro de cada zona geográfica definida, de acuerdo con los datos de entrada y las características de los supuestos de costos.
- Supuestos de ingresos, supuestos básicos relativos al nivel y distribución de ingresos potenciales para cada categoría de servicio y grupo de usuarios.
- Cálculos de ingresos netos, cálculo de la diferencia entre el costo total y los ingresos proyectados por cada servicio dentro de cada zona geográfica.
- Resultados, resumen de los resultados clave, que muestra el nivel actual de acceso y el tamaño del mercado y las brechas de acceso por país.

1.4 Servicios de telecomunicaciones que forman parte del servicio y acceso universal

1.4.1 Servicios incluidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones

Para la Unión Internacional de Telecomunicaciones, los conceptos de servicio universal y acceso universal son aplicables para los siguientes servicios de las tecnologías de la información y comunicación, TICs:

1.4.1.1 Telefonía (llamadas de voz y mensajes de texto)

Este servicio ofrece comunicación uno a uno mediante llamadas de voz entre un grupo extenso de habitantes. En tanto que el uso de mensajes de texto, permite ampliar el acceso y el servicio universal, debido a que la asequibilidad a los de mensajes de texto, permite superar los inconvenientes de la utilización de teclados y pantallas de teléfonos móviles.

1.4.1.2 Banda estrecha y banda ancha de acceso a Internet

Ofrece tanto la comunicación individual uno a uno, como la distribución de contenido de uno-a-muchos. Adicionalmente, mediante el uso de la banda ancha, el correo electrónico puede ser sustituido por mensajes de texto y voz sobre protocolo Internet IP; VoIP, y televisión sobre protocolo Internet IP, IPTV.

El acceso universal a Internet es deseado en muchos países, sin embargo, la gente necesita de mucha más habilidad y cierto nivel de conocimiento para utilizarlo, habilidad y conocimiento superior que el requerido para uso de la radiodifusión o la telefonía, por lo que su accesibilidad requiere de un análisis particular.

1.4.1.3 Radio y televisión

Aunque la radiodifusión no ha sido tradicionalmente parte de las políticas de acceso y servicio universal, estos servicios empiezan a considerarse cada vez más, debido a la convergencia de tecnologías y las ofertas triple-play (voz, datos y video) de los proveedores de servicios, por ejemplo, operadores de televisión que brindan por cable también teléfono y suministran servicios de Internet.

1.4.2 Servicios analizados por REGULATEL

Los resultados por país del modelo usado por REGULATEL muestran el acceso actual, el nivel de la frontera de mercado y el costo de capital calculado requerido para cerrar la brecha de acceso de la penetración de la telefonía celular, el acceso a Internet mediante el uso de telecentros y el acceso a banda ancha.

1.4.2.1 Interpretación de los resultados REGULATEL

El modelo de brechas realizado por el Fondo de Entes Reguladores de Telecomunicaciones, examina las condiciones del lado de la oferta con respecto a la disponibilidad y las brechas en el acceso a las redes y servicios de telecomunicaciones.

Los resultados presentados pertenecen a la cobertura geográfica de estas redes y su accesibilidad por los usuarios potenciales, en determinados centros de población, ciudades, pueblos, poblados, etc.

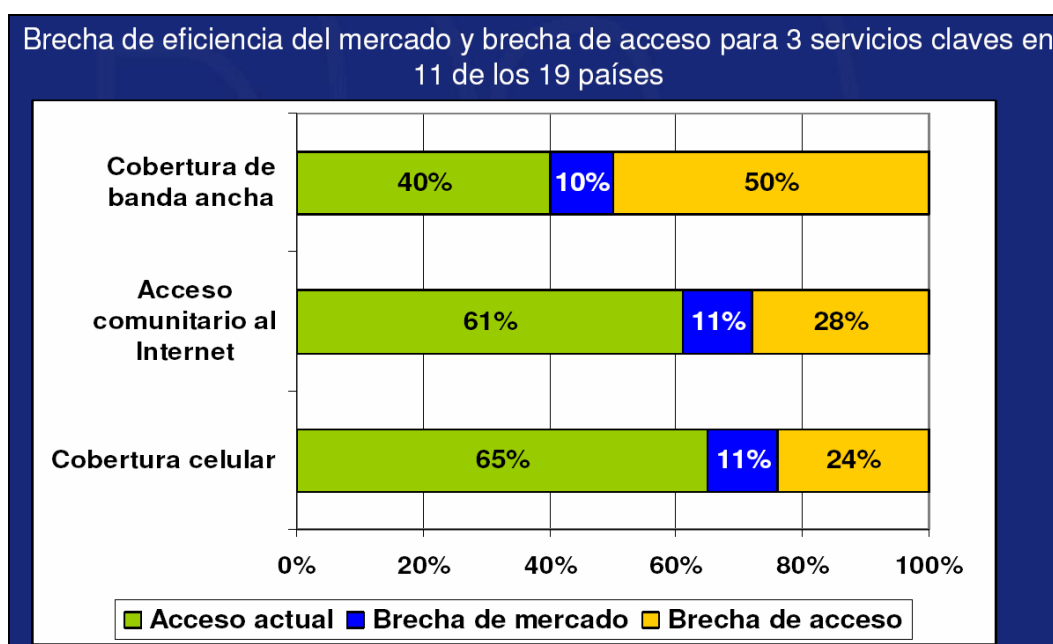
El equipo del proyecto y los consultores locales reunieron datos para generar estimaciones comparativas de las brechas actuales de acceso a diferentes redes y servicios de telecomunicaciones, así como de los recursos que se requerirían para eliminar estas brechas.

La solidez y confiabilidad de los datos reunidos varían considerablemente: ya que los resultados solo pueden considerarse como estimaciones tentativas y generales, y las comparaciones entre países no siempre resultan apropiadas, dadas las diferentes fuentes y contextos de los datos proporcionados.³

Sin embargo, se obtuvieron resultados útiles en este estudio inicial sobre el alcance de las diversas brechas existentes en la región. El resumen de los resultados se muestra gráficamente a continuación de manera global y por servicio.

³ REGULATEL, *Nuevos modelos para el acceso universal en América Latina*, p. 46

Figura 1.2 Resultados REGULATEL



Fuente: Peter Stern, Conferencia Internacional “Conectando el futuro, estrategias para acortar la brecha de acceso a las telecomunicaciones”, Lima, 27 - 28 Noviembre 2006

1.4.3 Metas del servicio universal

Conforme la Unión Internacional de Telecomunicaciones; UIT, las metas de acceso universal y los objetivos de servicio universal pueden ser discretas o escalonadas en función del tipo de servicio, por ejemplo:

- El acceso universal al servicio de Internet de banda estrecha puede lograrse antes del acceso universal al servicio de Internet de banda ancha;
- El servicio universal para las llamadas de voz pueden existir sin necesidad de la existencia del servicio universal para mensajes de texto, en un país que tenga las redes de telefonía fija en todas partes; y,
- El servicio universal para la radio puede lograrse antes del acceso universal para la televisión, debido a que la terminal de radio convencional es más barata, más portátil, robusta y requiere de menos electricidad que los televisores.

1.4.3.1 Objetivos elegidos para el acceso universal

Objetivos alcanzables para países en desarrollo conforme la Unión Internacional de Telecomunicaciones, pueden ser:

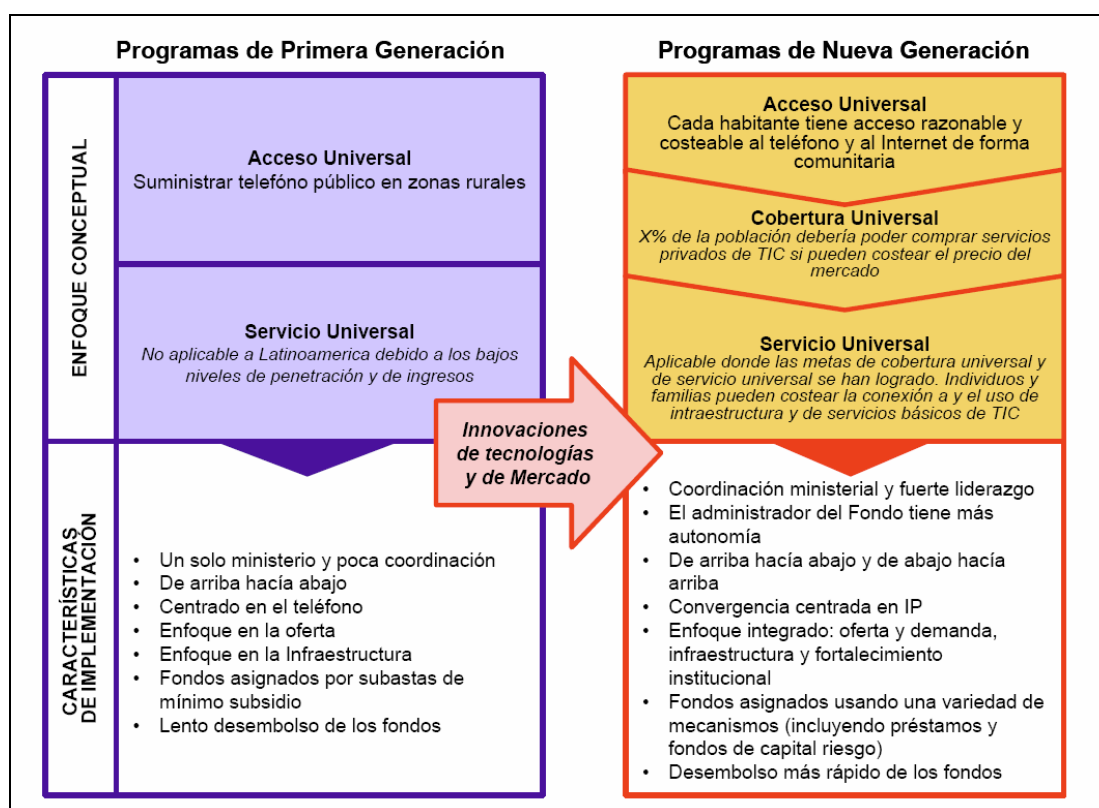
- Cabinas con teléfonos públicos para poblaciones de determinado tamaño; por ejemplo, para todas las comunidades de más de 2000 habitantes;
- Acceso a un teléfono público a una distancia limitada; por ejemplo, a 5 km., las comunidades pequeñas podrían tener su propio teléfono público;
- Un punto de acceso a Internet, en los centros de distritos, capitales de provincia o ciudades que superan un determinado tamaño; por ejemplo, por encima de 20.000 habitantes que ofrece el acceso al servicio con alta velocidad e inclusive con capacidad de banda ancha;

1.4.3.2 Recomendaciones del estudio del Foro REGULATEL

El Foro de Entes Reguladores de Telecomunicaciones, luego de su análisis recomienda, actualizar y redefinir el acceso universal y establecer nuevas metas.

Los responsables de las políticas y los reguladores deberían actualizar y redefinir los programas de acceso universal y establecer nuevas metas medibles de acuerdo con el marco delineado en la siguiente Figura.

Figura 1.3 Evolución de los programas de acceso universal



Fuente: REGULATEL, Nuevos modelos para el acceso universal en América Latina, pág 13

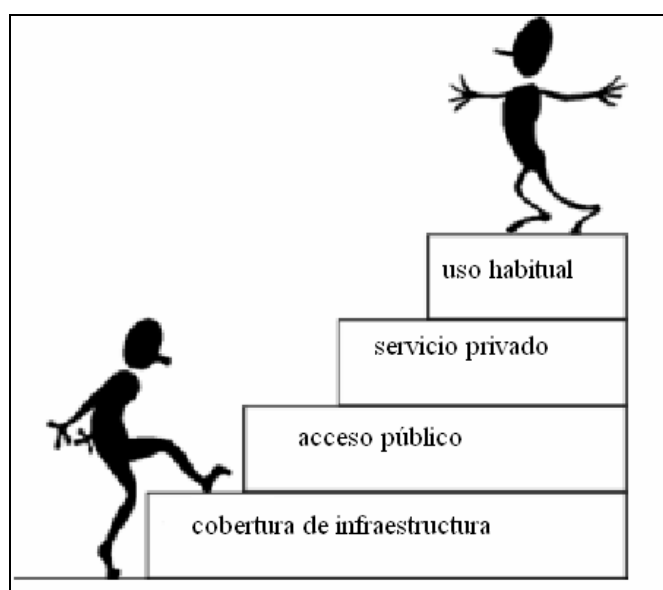
1.5 Infraestructura de telecomunicaciones y acceso universal

La infraestructura física de telecomunicaciones es necesaria para la ampliación de las redes de los proveedores de servicios, aspecto que a su vez facilita el acceso del público en general, mediante el uso de sitios de acceso público; o el acceso privado, mediante el uso equipos terminales de manera individual.

Sin embargo la cobertura geográfica de las redes de telecomunicaciones no siempre es suficiente, en especial para los países en desarrollo. En ese sentido, la Unión Internacional de Telecomunicaciones propone una serie de pasos a seguir con el fin de conseguir el desarrollo del potencial de las telecomunicaciones.

La figura siguiente muestra la progresión a seguir, en términos de infraestructura física y el uso de los servicios, para lograr progreso en el uso de las telecomunicaciones del acceso del público al uso de servicios privados.

Figura 1.4 Pasos en el desarrollo del potencial de telecomunicaciones



Fuente: UIT-InfoDev, *Módulo sobre servicio universal. Herramienta de Regulación*

Un "usuario habitual" utiliza el servicio como cuestión de rutina, considerándolo valioso para su vida cotidiana y no sólo en circunstancias excepcionales o de emergencia. Para convertirse en usuarios habituales, la mayoría de la población requiere tener servicio privado, lo que se consigue si el servicio es accesible y asequible a las circunstancias de cada hogar.

El progreso de la cobertura de infraestructura para el uso rutinario es aplicable tanto para Internet como para la telefonía. Sin embargo, hay una diferencia importante entre la telefonía e Internet. No se requiere ninguna habilidad especial o nivel de educación para utilizar los teléfonos, mientras que el uso de Internet de manera eficaz requiere considerables niveles de la enseñanza y práctica.

En términos generales, la mayoría de la gente necesita o quiere el servicio telefónico, sin embargo, no puede decirse lo mismo de Internet.

Incluso en los países desarrollados, importantes proporciones de la población decide no utilizar Internet por una variedad de razones. Las habilidades requeridas para

su uso, parecen llegar mucho más fácilmente a los más jóvenes, que a las personas de edad avanzada, en ocasiones por falta de interés o por las aptitudes requeridas.

En tanto que, en los países en desarrollo con niveles educativos más bajos es menos relevante el contenido, por lo que hay muchas más razones para que la gente decida que Internet no es para ellos, aún cuando sea accesible y asequible. No obstante lo indicado, es evidente la importancia que adquiere la cobertura que debe necesariamente brindar la red como paso previo para el desarrollo de las telecomunicaciones.

1.5.1 Tecnologías de transmisión para el acceso

En el literal VII.2.2 de su Informe, el Foro de Entes Reguladores REGULATEL, menciona las tecnologías inalámbricas prometedoras para el acceso local a los proyectos de acceso universal, las cuales se lista a continuación:

1.5.1.1 Sistemas celulares móviles

Son una opción viable para la expansión del acceso universal debido a su elevada presencia y nivel de cobertura en la región. Con ello, el costo que implicaría la migración de sistemas de segunda generación a la tercera es pequeño, puesto que el costo elevado de capital, está en la instalación de nuevas radiobases, situación que en la mayoría de casos no es requerida, debido a la gran penetración del servicio.

1.5.1.2 Sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha

Los sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha; BWA, y WiMAX son soluciones muy prometedoras para proveer el acceso asequible a comunidades independientes, considerando además su precio en baja y que son aplicaciones que pueden ser consideradas para proveer acceso universal en un entorno rural plano. Los principales testimonios sobre el funcionamiento de esta tecnología, se registran en Estados Unidos de Norteamérica y Canadá, donde el acceso de las mismas se lo realiza a través de enlaces satelitales tipo VSAT.

1.5.1.3 Acceso utilizando la banda de frecuencias de 450 MHz.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones en su portal titulado: “Reformular el acceso universal”⁴, indica que la tecnología CDMA450 ofrece una nueva forma de utilizar la tecnología móvil para proporcionar el acceso universal. Al transmitir en frecuencias más bajas, esa tecnología permite utilizar células de tamaño mayor, lo cual permite una reducción de los costos de instalación ya que se necesita un número menor de estaciones de base, para brindar cobertura a un mismo territorio.

Como parte de sus programas de acceso universal, un cierto número de países ya ha implantado la tecnología CDMA450. Uno de ellos es Perú, cuyo operador de zonas rurales *Valtron* ha pasado a ser, desde junio de 2006, el primer operador comercial de red que utiliza esta tecnología en América Latina.

El Foro REGULATEL, en tanto indica que Televias Huarochiri, la empresa regional de telecomunicaciones establecida y operada originalmente de forma privada, ha desplegado una red CDMA 450 para proveer acceso fijo a una provincia entera en los Andes peruanos.

La distancia entre una estación base y un abonado remoto es generalmente de 20 a 30 km, donde es necesario amplificar la señal mediante repetidores de baja potencia.

⁴ <http://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=es&year=2007&issue=07&ipage=universal-access&ext=html>

CAPÍTULO II

2 Acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz, CDMA 450

2.1 Introducción

Conforme se detalló en el Capítulo anterior tanto la Unión Internacional de Telecomunicaciones; UIT, como el Foro de Reguladores de Telecomunicaciones; REGULATEL, evidencian en sus estudios e investigación sobre el acceso universal en telecomunicaciones, la importancia del uso de las tecnologías inalámbricas para ampliar la cobertura geográfica de las redes de los operadores de servicios de telecomunicaciones.

El presente Capítulo detallará los principales aspectos técnicos que motivan a plantear a la tecnología inalámbrica de acceso al medio: CDMA 450, como herramienta para ampliar el acceso universal de telecomunicaciones en el Ecuador.

2.2 Acceso al medio

2.2.1 Comunicación inalámbrica

El medio de transmisión objeto del presente estudio, es el inalámbrico o comunicación inalámbrica, cuyo principio son las ondas electromagnéticas emitidas por un elemento transductor de la señal eléctrica a electromagnética, denominado antena, el cual emite señales que se propagan por el espacio para cubrir una determinada área geográfica a la que se brinda el servicio.

Esta característica constituye su principal ventaja, inclusive desde el punto de vista económico ya que se no requiere de infraestructura adicional para llegar al usuario. Lo indicado, ha hecho que las tecnologías inalámbricas representen una oportunidad para realizar una gran mejora en las comunicaciones, dado que los costos son relativamente independientes de la distancia y de la densidad de abonados⁵.

⁵ Recomendación CITEL, CCP.II/REC. 10 (V-05). CCP.II-RADIO/doc. 733/05 rev.2

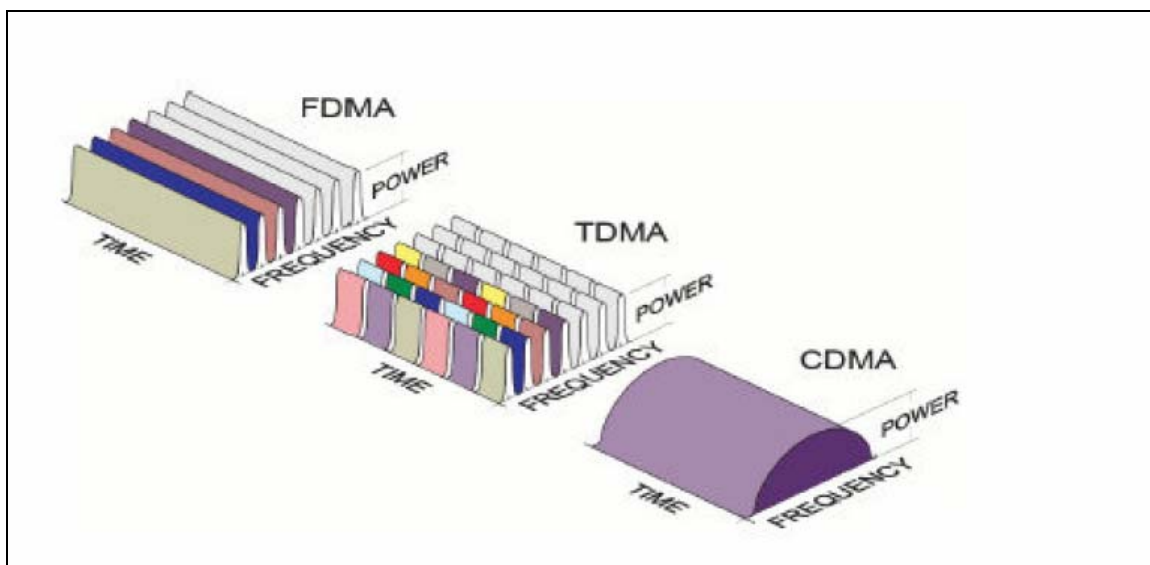
2.2.2 Tipos de acceso al medio

La necesidad de encaminar múltiples comunicaciones a la vez por un mismo medio de transmisión, ha provocado la creación de diferentes tipos de acceso al medio o Multiacceso. El principio de Multiacceso consiste en compartir muchos usuarios en un recurso único de transmisión.

Considerando que una señal puede definirse en función de sus componentes: Potencia, Frecuencia y Tiempo, los diferentes tipos de multiacceso comparten un dominio a la vez mientras que los otros son utilizados sin particiones.

La siguiente figura muestra los principales tipos de acceso al medio inalámbrico:

Figura 2.1: Características de FDMA, TDMA, CDMA



Fuente: Fornaresio Guillermo, Curso CDMA450 Módulo I, pág 4

2.2.2.1 Acceso múltiple por división de frecuencia, FDMA

En el acceso múltiple por división de frecuencia; FDMA, se asignan frecuencias o anchos de banda, divisiones de frecuencia, parciales a cada usuario. Se mantienen bandas de frecuencia sin asignación, denominadas guarda, para evitar interferencias.

Dos de las principales aplicaciones de este tipo de acceso, son las comunicaciones públicas internacionales a través de repetidoras satelitales y los sistemas de telefonía celular con norma analógica.

2.2.2.2 Acceso múltiple por división de tiempo, TDMA

En el acceso múltiple por división de tiempo; TDMA, se asigna el ancho de banda del canal en intervalos de tiempo, denominadas ventanas, a cada usuario. Se establecen intervalos vacíos o de guarda para evitar interferencias.

Las aplicaciones principales de este tipo de acceso son los sistemas telefónicos celulares digitales; GSM, que es el sistema más usado en el mundo, y el de las redes de comunicaciones satelitales tipo VSAT, con arquitecturas TDM/TDMA.

2.2.2.3 Acceso múltiple por división de código, CDMA

En el acceso múltiple por división de código; CDMA, se expande la señal logrando una ocupación de todo el volumen de los recursos por todos los usuarios. Cada usuario emplea un amplio espectro similar al ruido, de acuerdo a un código expensor o de Walsh. A fin de conseguir la comunicación, el receptor necesita conocer el código expensor, como única alternativa de recuperar la señal enviada.

El receptor por la ortogonalidad de los códigos, detecta solamente la señal del canal deseado, ya que hace la correlación de las dos señales, es decir efectúa una medida de la coincidencia de la señal recibida con la señal transmitida.

En CDMA se comparten dos dominios a la vez: tiempo y frecuencia, por lo que es un método híbrido.

2.3 Acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz., CDMA 450

2.3.1 Origen

CDMA450 se refiere a la tecnología CDMA 2000 aplicada en las bandas de frecuencia de 450 MHz. Su origen proviene de las redes móviles analógicas, NMT450 de primera generación. El sistema de telefonía nórdico NMT es una norma para las redes celulares móviles analógicas que empezó a aplicarse en 1981 en Escandinavia

usando la banda 450 MHz, tras lo cual se implementó en otros doce países de Europa Oriental.⁶

Con el fin de permitir la migración de sus redes a tecnología digital, estos países seleccionaron dos tecnologías para hacer evolucionar las redes NMT450: GSM400 y CDMA450. Luego del despliegue de dos redes experimentales GSM400, los fabricantes que habían apoyado este trayecto de evolución renunciaron a él.

Las pruebas continuaron con el sistema CDMA450 (también conocido como IMT-MC-450 o Clase de Banda 5 de multiportadora CDMA IMT-2000). Así, entre octubre de 2000 y diciembre de 2002, varios operadores NMT en Rusia, Hungría, Rumania, Suecia, Georgia y Belarús, garantizaron el éxito de esta tecnología con sus lanzamientos comerciales.

2.3.2 Características técnicas de la tecnología CDMA 450

A continuación se describirán las características técnicas principales de esta tecnología.

2.3.2.1 Propagación

Las bandas de frecuencias de 450 MHz poseen una ventaja en cuanto a propagación de la señal especialmente cuando se la compara con otras tecnologías inalámbricas que operan en frecuencias superiores. Analizando las coberturas teóricas de las celdas, se obtiene que las celdas de CDMA 450 brindan mayores coberturas cuando se las compara con las celdas en otras bandas de frecuencias, como se muestra a continuación:

Tabla 2.1. Coberturas teóricas de las celdas

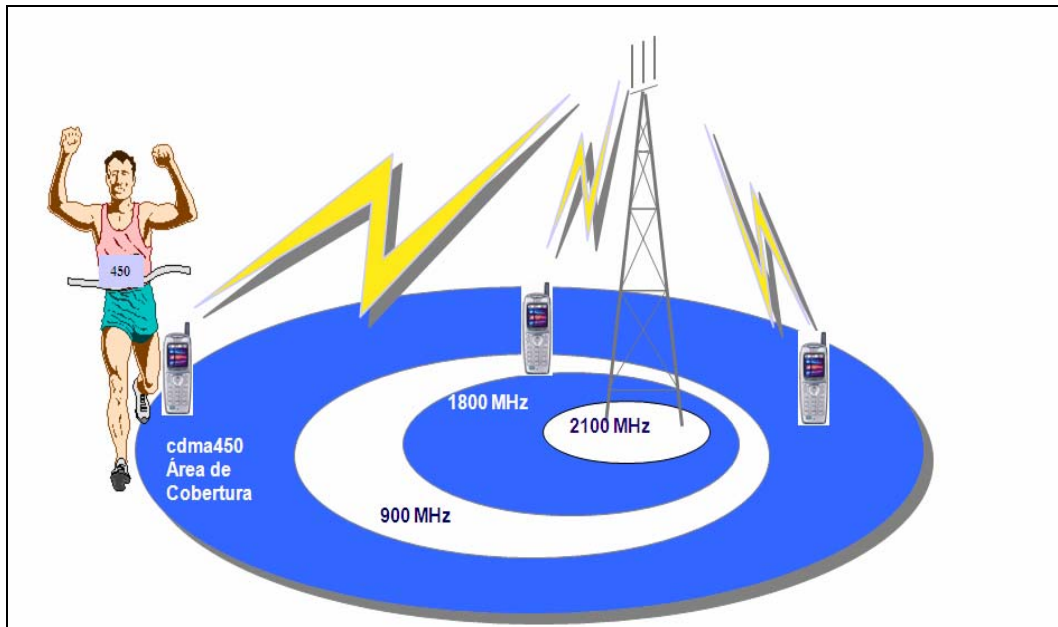
Frecuencia (MHz)	Radio de Celda (Km)	Área de Celda (Km ²)	Celdas necesarias para cobertura equivalente
450	48.9	7521	1
850	29.4	2712	2.8
1900	13.3	553	13.6
2500	10	312	24.1

Fuente: www.450world.org

⁶ Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT-D 2006, Directrices para facilitar la transición de las actuales redes móviles a las IMT-2000 en los países en desarrollo, pág 66

Lo indicado, implica una reducción en la instalación del número de radiobases con el fin de brindar el servicio a una idéntica área en diferentes frecuencias, como se aprecia en la siguiente figura:

Figura 2.2 CDMA 450 MHz, su principal ventaja la propagación



Fuente: www.450world.org

La figura 2.2 evidencia que la utilización de esta banda beneficia a los operadores, puesto que pueden cubrir vastas áreas geográficas con ventajas en términos de costos de infraestructura, operativos y otros costos asociados. Aquello debido a la gran propagación de la señal en esta banda, con lo que es necesario un menor número de radiobases para brindar el servicio a una misma zona geográfica.

Es importante recalcar que en la banda de 450 MHz es posible ofrecer telefonía básica al igual que otros servicios avanzados móviles. Por ejemplo, una red de CDMA 450 desplegada para ofrecer servicio universal en una comunidad rural puede ofrecer al mismo tiempo, servicios como acceso a Internet de banda ancha tanto para hogares, escuelas, hospitales, clínicas móviles; vehiculares, y otras zonas públicas donde las redes alámbricas tradicionales no pueden acceder, dados los costos de infraestructura que lo indicado implicaría.

2.3.2.2 Control de potencia

Como se señaló, con el acceso múltiple por división de código CDMA se expande la señal, consiguiendo una ocupación de todo el volumen de los recursos por todos los usuarios a los que se brinda comunicación.

Debido a que todos los usuarios comparten la misma porción del espectro de radiofrecuencia simultáneamente, el control de potencia es una característica esencial para la operación de los Sistemas CDMA.

La situación descrita, implica un control de la lejanía y proximidad de los terminales, de forma tal que uno transmita exclusivamente la potencia necesaria para conseguir que la comunicación se realice. Para resolver lo planteado, la estación base envía información a los terminales respecto de la calidad y potencia con la que escucha a cada uno de ellos, de acuerdo a las características de propagación en cada instante.

El control de potencia permite además ventajas adicionales, como el ahorro de energía de las terminales, ya que no se desperdicia energía en la etapa de radiofrecuencia; por otro lado, el efectivo control de potencia permite que la capacidad del sistema se optimice. Es decir, manteniendo a los usuarios con el mínimo nivel de potencia, se facilita el ingreso de nuevos usuarios al sistema.

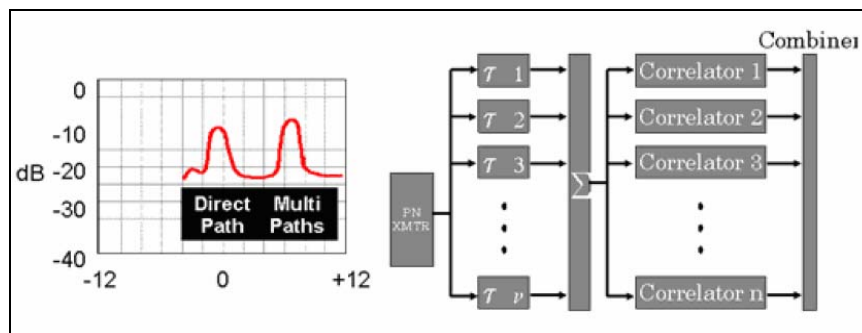
2.3.2.3 Receptor tipo rastrillo

El receptor tipo rastrillo o “rake receiver” por sus siglas en inglés, utiliza distintos receptores, cada uno retardado en tiempo respecto del otro, con el fin de lograr sintonizar las diferentes componentes de la señal original que llegan rebotando por distintos caminos. El receptor posee varios dedos captadores, cada uno de ellos recibe la señal de manera independiente y luego los resultados son combinados para obtener una resultante de mayor amplitud.

Cada uno de los dedos, receptores, recoge parte de la energía de transmisión, como el rastrillo de un jardín recoge las hojas, de ahí su nombre.

La siguiente figura muestra el esquema técnico de un receptor tipo rastrillo:

Figura 2.3: Esquema de un receptor tipo rastrillo⁷



Fuente: Fornaresio Guillermo, Curso CDMA450 Módulo I, pág 18

2.3.2.4 Otras características

Dado que la tecnología de acceso múltiple por división de código; CDMA, utiliza la misma frecuencia de operación puesto que se manejan códigos individuales con el fin de reconocer a los distintos usuarios, no se producen interrupciones de comunicación para usuarios móviles que transitan entre celdas, ya que no existe un cambio de frecuencia que provoque caída de llamadas, aquello se denomina *softhandoff*.

Finalmente otra característica importante de esta tecnología, es el patrón de reuso de frecuencias. El uso de códigos para distinguir a los usuarios, permite que en tanto el código por usuario no se repita, no exista interferencia en el canal, permitiendo que todo el espectro se utilice para brindar el servicio.

2.3.3 Tipos de redes CDMA 450

El desarrollo tecnológico ha hecho que dependiendo de la capacidad de transmisión de datos que permiten, las redes CDMA se clasifiquen en: CDMA2000 1X, CDMA2000 1xEV-DO Rel.0 y CDMA2000 1xEVDO Rev. A. Todos los tipos de redes indicados utilizan una portadora de 1.25 MHz como ancho de banda de canal.

⁷ Fornaresio Guillermo, UIT, Centro de Excelencia, 2008, Curso sobre sistemas CDMA 450, Parte I, pág 18, Ago 2008

A continuación, se resumen las capacidades de transmisión teóricas que permiten los tipos de redes indicados tanto en el sentido estación base-abonado, denominado down link DL, por sus siglas en inglés como en el sentido abonado-estación base, denominado up link UL.

Tabla 2.2. Capacidades de transmisión teóricas redes CDMA 450⁸

Capacidad	CDMA2000 1X (Portadora 1.25 MHz)	CDMA2000 1xEVDO Rel. 0 (Portadora 1.25 MHz)	CDMA2000 1xEVDO Rev. A (Portadora 1.25 MHz)
Máximo	153 kbps (DL) 153 kbps (UL)	2.4 Mbps (DL) 153 kbps (UL)	3.1 Mbps (DL) 1.8 kbps (UL)
Promedio usuario	60 – 100 kbps	300 - 700 kbps (DL) 70 -90 kbps (UL)	600-1400kbps(DL) 500 -800 kbps (UL)

Fuente: www.cdg.org

Al respecto, se debe indicar que lo que el usuario desea es descargar la información que brinda una determinada red, es por ello que las velocidades de transmisión en el sentido estación base-abonado DL, son superiores a las del sentido contrario.

2.4 Uso de la tecnología CDMA 450 a nivel mundial

Acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz, CDMA 450, es una solución tecnológica CDMA2000® en la banda de 450-470 MHz, que se presenta a nivel mundial como una solución accesible para los Servicios de Telecomunicaciones Rurales, líder industrial en capacidad de voz, cobertura extendida y conectividad de banda ancha.

El CDG, Grupo de Desarrollo CDMA, es una asociación comercial formada para contribuir con la implementación y uso a nivel mundial de las tecnologías CDMA. En la mayoría de las 130 compañías miembros de CDG, se incluyen a muchos de los más grandes proveedores de servicios y fabricantes de equipos inalámbricos en el mundo.

Las principales actividades del CDG incluyen el desarrollo de las características y servicios CDMA, relaciones públicas, servicios educativos y seminarios, temas de

⁸ www.cdg.org

regulación del servicio y apoyo internacional. A septiembre de 2008, el CDG certifica que, existen 99 Operadores con Redes Comerciales CDMA en 51 Países, y que 11 Operadores en 10 Países la implementarán el año próximo.⁹

2.4.1 Servicios de telecomunicaciones con CDMA 450

La tecnología de acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz; CDMA 450, posibilita una gran diversidad de servicios de tercera generación; 3G, como telefonía, voz sobre protocolo Internet; VoIP, acceso a Internet, servicios del tipo presione y hable; PTT, servicios de localización, mensajería y televisión.

Dichos servicios brindan las facilidades necesarias a fin de conseguir progresos en diferentes ámbitos, como: Tele-medicina, Tele-educación, Seguridad pública, Productividad empresarial y otros servicios de valor agregado.

Las características expuestas, hacen que esta tecnología sea de fácil elección para satisfacer necesidades de comunicación en mercados emergentes de los países en vías de desarrollo.

2.4.2 Otras consideraciones

2.4.2.1 Económicas

Los países en vías de desarrollo poseen gran cantidad de posibles suscriptores ubicados en áreas rurales y suburbanas de baja penetración, los cuales se encuentran distribuidos dentro de un área geográfica muy amplia con poca densidad de población, aquello motiva la necesidad de encontrar una opción tecnológica que permita cubrir amplias áreas geográficas con un esquema de costos efectivo.

A fin de brindar eficientemente el servicio, se requiere instalar tecnologías con bajos costos de capital y gastos operativos; CAPEX/OPEX, junto con terminales de bajo costo para los usuarios. Los costos para cubrir dichos sitios usando una tecnología alámbrica con hilos de cobre, o la tecnología satelital, resultarían onerosos.

⁹ http://www.cdg.org/technology/3g/resource/CDMA450%20Market%20Facts_Spanish.pdf

Conforme se señaló, el Grupo de desarrollo CDMA; CDG, indica que existen más de 450 millones de suscriptores CDMA a la fecha, esperando un crecimiento a más de 500 de usuarios para el año 2009. Lo indicado, permite la generación de economías de escala con terminales por debajo de los US\$ 35, y operadores que hacen dinero con bajos niveles de ingreso promedio por usuario ARPU, inferiores a los US\$8.

Considerando los antecedentes expuestos, la tecnología de acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz, CDMA 450, representa una solución eficiente y económica para incrementar la penetración telefónica de los países en vías de desarrollo y de superar sus bajos niveles de uso, constituyéndose en una tecnología estratégica.

2.4.2.2 Sociales

Las telecomunicaciones han cambiado la forma de vida de las personas. Hace pocos años, ninguna persona tenía la necesidad de disponer de un teléfono móvil o de recibir comunicación independientemente de su ubicación geográfica. Mediante el uso del correo electrónico o el teléfono móvil, hoy estas formas de recibir y enviar información son cada día más habituales. Más aún, se espera que en los siguientes años, el desarrollo tecnológico continúe en esta evolución.

En ese sentido, la razón que motiva la realización de esta investigación es la de encontrar una tecnología que puesta al servicio de la población, facilite el uso de herramientas tecnológicas, así como de los servicios de telecomunicaciones.

Por ello considerando su amplio uso a nivel mundial, la tecnología CDMA 450 se constituye en una herramienta tecnológica que permite brindar servicios de telecomunicaciones a las zonas más alejadas de los países.

2.5 Sub-bandas de frecuencia en 450 MHz

La Asociación Internacional para uso de la banda 450¹⁰, IA 450, considera que en esta banda de frecuencia, la tecnología adecuada a emplear es CDMA 450 con portadoras de 1.25 MHz de ancho de banda, y cuya distribución de sub-bandas se detalla a continuación:

Tabla 2.3. Sub-bandas de frecuencia en 450 MHz.

SUB-BANDA	Bandas de frecuencia de transmisión (MHz)	
	Estación móvil	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

Fuente: Dirección General de Gestión del Espectro Radioeléctrico, SENATEL

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

2.6 Capacidad de usuarios de una red CDMA 450

Considerando la posibilidad de levantar dos (2) portadoras de la sub-banda de CDMA 450, la Tabla que se muestra a continuación resume el cálculo de la capacidad de usuarios por radiobase.

Tabla 2.4. Capacidad de una Red CDMA 450 MHz.¹¹

Parámetros	CDMA 450
Erlangs por sector por portadora	26.4
Total de Erlangs por sector (2 portadoras)	52.8
Total de Erlangs por sitio (3 sectores)	158.4
Tráfico por abonado	40 mE
Abonados por radiobase	3960

Fuente: Dirección General de Gestión del Espectro Radioeléctrico, SENATEL

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

¹⁰ www.450world.org

¹¹ Fuente: www.cdg.org, DGGER Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, cálculo propio

Los valores teóricos indicados servirán de referencia para la aplicación práctica que se detallará en el Capítulo IV de nuestro estudio.

2.7 Uso de la tecnología CDMA 450 a nivel latinoamericano

La Comisión Interamericana de Telecomunicaciones; CITEI, es el foro principal de telecomunicaciones de la región americana, donde los gobiernos y el sector privado se reúnen para coordinar los esfuerzos regionales para desarrollar la denominada Sociedad Global de la Información.

CITEI es una entidad de la Organización de los Estados Americanos¹², que considerando que en las Américas es urgente el cumplimiento de los objetivos fundamentales del Servicio Universal, especialmente en áreas rurales y de densidad demográfica baja, y conociendo las ventajas de propagación significativas en la utilización de las bandas de frecuencias de 410-430 MHz y 450-470 MHz; emitió la Recomendación CCP.II/REC. 10, de mayo de 2005 (V-05).

En dicha Recomendación, CITEI menciona que en los países de las Américas en donde exista la necesidad de provisión de servicios en las áreas indicadas, se considere el uso de las bandas de 410-430 MHz y/o 450-470 MHz teniendo en cuenta el proceso reglamentario de cada Administración.

Dicha Recomendación incentiva a las administraciones a reasignar las frecuencias de 450 MHz, e incluso de otorgar licencias a nuevos operadores que brinden servicios en áreas rurales y/o de baja población.

Es así que, las siguientes administraciones han creado Resoluciones reasignando el uso de bandas de 450 MHz y/o concesiones para operadores en dichas bandas hasta el año 2007:

¹² <http://www.citel.oas.org/>

- Argentina: SECOM Resolución 161 de 2005 (Sub Banda-A).
- Belice: PUC autorizó carta ejecutiva a BTL licencia marzo de 2007 (Sub Banda-A).
- Bolivia: Resolución Suprema 223768 del 4 de Agosto de 2005 (Sub Banda-A).
- Chile: SUBTEL ofreció en concurso público la Sub Banda-A para telefonía rural el 16 de agosto de 2004 (Sub Banda-A).
- Ecuador: CONATEL Resolución 241-07-CONATEL-2006 31 marzo de 2006 (Sub Banda-F).
- Honduras: CONATEL Resolución NR005/06 del 4 de Octubre del 2006 (Sub Banda-A).
- México: Política de Telecomunicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Título de Concesión 29 de noviembre de 2006 (Sub Banda-A).
- Perú: MTC Resolución 268 del 2005 (Sub Banda-A).
- Surinam: Telsur está realizando pruebas con autorización regulatoria (Sub Banda-A).
- Venezuela: CONATEL Resolución Administrativa 888 el 20 de Diciembre de 2006 (Sub Banda-A)¹³

2.7.1 Modelo de uso en Perú

Para la introducción de la tecnología de acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz; CDMA 450, Perú consideró lo expresado por la Unión Internacional de telecomunicaciones; UIT, la cual señala que la introducción de dicha tecnología, de tercera generación, ofrece la posibilidad de utilizar esta tecnología de telefonía móvil para ampliar el servicio universal, usándola como tecnología de acceso para el servicio de telefonía fija inalámbrica.

¹³ Qualcomm, Respuesta al Ministerio de Comunicaciones Colombiano en relación a su consulta sobre Banda de 450 MHz para los Servicios Fijos y Móviles para Comunicaciones Digitales en Áreas de Densidad Demográfica Baja, 20 de julio de 2007

El gobierno peruano partió para la asignación de este proyecto, de la acertada idea que si la obligación de servicio universal supone una carga “injusta” para el operador, deben existir mecanismos de compensación del coste neto de la obligación de servicio universal.

2.7.1.1 Proyecto Huarochirí

El proyecto peruano en la provincia de Huarochirí, consiste en el desarrollo de una red de telecomunicaciones rurales entre los distritos, pueblos y comunidades de la provincia de Huarochirí, que permita a las distintas comunidades el uso de servicios como telefonía móvil, telefonía pública, telefonía fija inalámbrica, Internet, capacitación y sensibilización para el uso de la tecnología.

El proyecto inicial planteó el beneficio directo de 126 localidades. Con una población directamente beneficiada de 49114 habitantes. Para su ejecución las autoridades municipales solicitaron a la empresa Valtron un estudio respecto de las telecomunicaciones de la provincia, determinándose que sólo 6 de los 32 distritos tenían telefonía pública.

De esta manera Valtron en conjunto con otra operadora existente de TV Cable, elaboraron el proyecto empleando para ello, una plataforma CDMA 450 adquirida al proveedor tecnológico ZTE.

FITEL, Fondo de Inversión de Telecomunicaciones Peruano, administrado por OSIPTEL, Organismo de Inversión Privada en Telecomunicaciones Peruano, participó en el cofinanciamiento, para lo cual gestionó la aprobación del Proyecto Piloto “Desarrollo de una Red de Telecomunicaciones Rurales entre los Distritos, Pueblos y Comunidades de la Provincia de Huarochirí”.¹⁴

¹⁴ Jorge Mesía OSIPTEL, Seminario III Encuentro Regulatel, Guatemala, 4-6 diciembre 2006

2.7.1.1.1 Aspectos económicos

El Proyecto Huarochirí contó con los siguientes recursos económicos:

Tabla 2.5. Recursos Económicos del proyecto Huarochirí

Fondos FITEL	US\$ 295.000
Valtron	US\$ 956.898
Total	US\$ 1.251.898

Fuente: www.fitel.gob.pe

2.7.1.1.2 Aspectos Técnicos

La provincia de Huarochirí se encuentra ubicada en la parte central y oriental del departamento de Lima y su extensión territorial es de 5657,9 Km².

Su territorio comprende los pisos ecológicos de Yunga, Quechua, Suni, Puna y Janca o Cordillera. La región Janca está sobre los 48000 m.s.n.m. y, en Huarochirí, es indiscutible la presencia de la cordillera occidental de los Andes en la zona de Ticlio y Pariakaka.

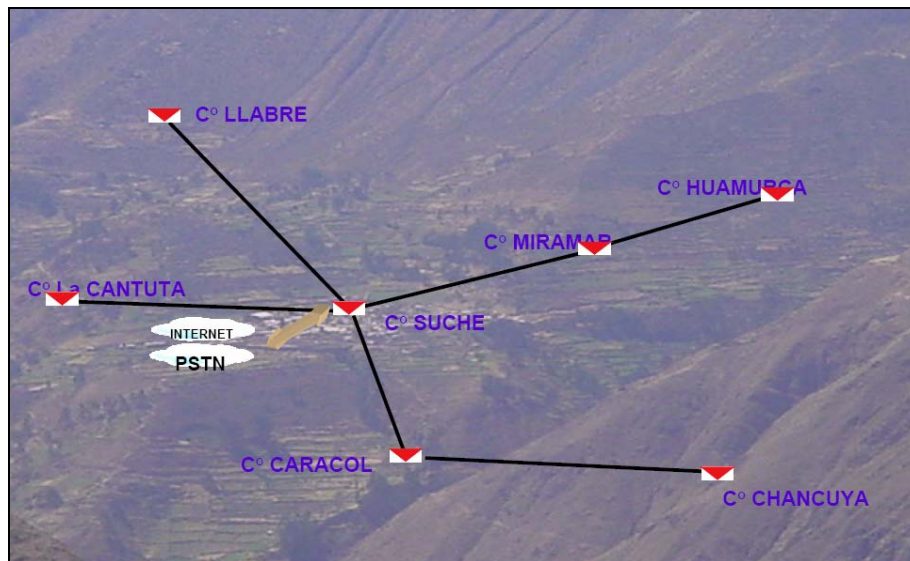
Huarochirí, posee una condición geográfica singular y se debe a que su territorio se encuentra cerca de los Andes, al oeste del nevado Pariakaka, ubicado sobre lo que era, hasta el siglo XX, la ruta principal para comunicarse desde la ciudad capital virreinal de Lima hasta la capital Inca del Cuzco. Fue en este lugar, donde en 1570 los primeros Jesuitas establecieron uno de sus famosos colegios para hijos de los locales para enseñar la escritura, la música y la doctrina católica.¹⁵

Con estas consideraciones, fue que la red se diseñó con el objetivo de conseguir que la accesibilidad de los Servicios de Telecomunicaciones al domicilio rural, sea la misma que al domicilio urbano, en lo posible bajo los mismos parámetros de calidad de servicio, pero con costos menores y en un entorno empresarial auto sostenible.

Las figuras que se muestran a continuación, describen la troncal del sistema y la cobertura de red:

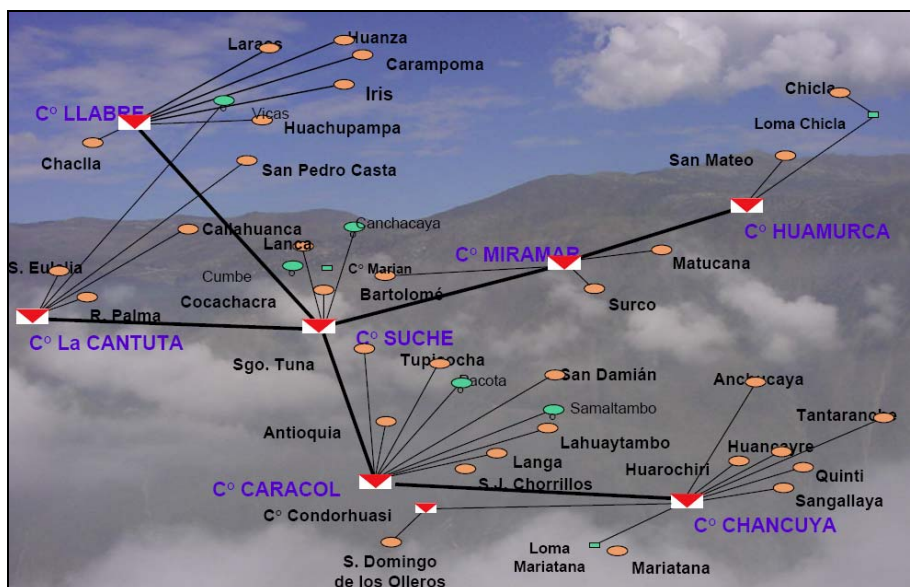
¹⁵ <http://www.huarochiriperu.com/>

Figura 2.4 Troncal del Sistema Huarochirí Peruano



Fuente: www.fitel.gob.pe

Figura 2.5 Cobertura del Sistema Huarochirí Peruano



Fuente: www.fitel.gob.pe

2.7.2 Modelo de uso en Argentina

En este país latinoamericano, la Cooperativa Telefónica de Calafate Limitada (CoTeCal), se convirtió en el primer operador de una red con tecnología de acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz; CDMA450, comercial en ese país y en el segundo, después de Valtron, operador rural peruano. COTECAL brinda servicios de telecomunicaciones a las localidades de El Calafate y El Chaltén ubicadas

en la Patagonia, sur argentino. Con Resolución 172/06 la Secretaría de Comunicaciones emitió la autorización para que COTECAL instale su red.¹⁶

En un corredor de aproximadamente 160 km. de largo por 40 a 70 km. de ancho, la red CDMA450 ha permitido alcanzar áreas con excelente cobertura.

La red de CoTeCal cuenta con tres estaciones macrobase y una estación microbase, está proporcionando cobertura entre el centro de El Calafate, el aeropuerto, la ruta al Lago Roca donde se encuentra el glaciar, los extensos establecimientos agrícolas para pastoreo de ganado denominados “estancias” y los parques nacionales que los rodean. La red instalada en esta zona, es una solución ZTE CDMA 2000.

CoTeCal también opera además otra estación base CDMA450, donada al gobierno argentino por Huawei en El Chaltén.¹⁷

La instalación de una red CDMA 450 hace posible la implementación sustentable de una red de telecomunicaciones en una región con baja penetración telefónica, como muestra la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 2.6. Tabla comparativa de servicios

Datos	Argentina	Patagonia	Santa Cruz	Co TeCal	Valle G.
Densidad (hab/km ²)	13.880	2.350	877	12.110	178
Líneas Fijas	20,4%	17,5%	13,6%	19,5%	32,0%
Servicio Móvil	46,4%	19,9%	16,7%	—	—
Servicios Internet	4,8%	4,3%	3,4%	5,6%	22,7%
Dial-up	3,5%	3,2%	2,5%	4,0%	20,7%
Banda ancha	1,3%	1,1%	0,9%	1,5%	2,0%

Fuente: Fornaresio Guillermo, Curso CDMA450 Módulo IV, pág 35

Con la red CDMA450, CoTeCal brinda servicios de telefonía local fija, acceso a Internet y otros servicios de valor agregado para acceso a datos.

¹⁶ Fornaresio Guillermo, Curso sobre CDMA 450, Capítulo IV, pág 35

¹⁷ <http://froilan.googlepages.com/cdma450>

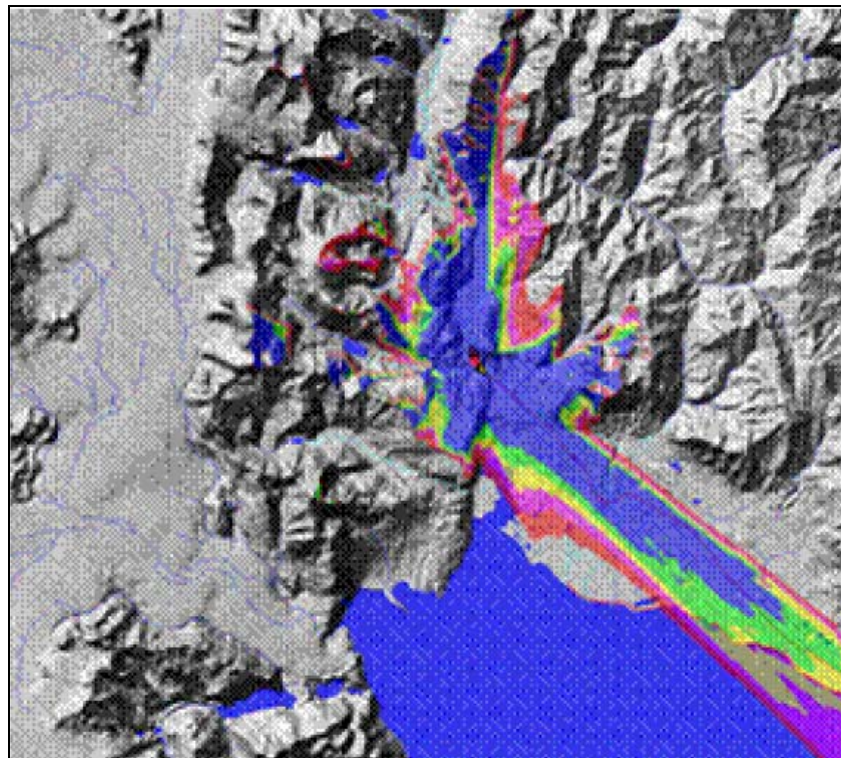
COTECAL realizó la evaluación de la tecnología, eligiendo CDMA 450, por las siguientes ventajas:

- Menor nivel de polución en áreas naturales,
- Menores costos de implementación en áreas naturales,
- Alta eficiencia espectral de la tecnología CDMA.
- Expansión económicamente viable a otras áreas rurales.
- Propagación electromagnética favorable en zonas de difícil topografía como El Calatafe y el Chaltén.

La red instalada cuenta con equipo Huawei, que cubre El Chaltén y otro ZTE que brinda cobertura a El Calafate.

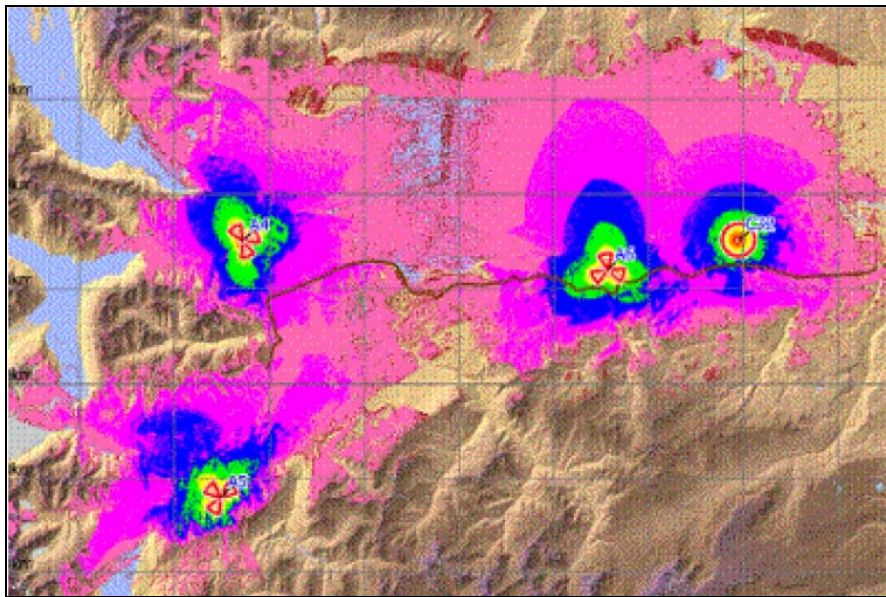
Las figuras que se muestran a continuación evidencian los mapas de cobertura de las estaciones instaladas.

Figura 2.6. Mapa de cobertura COTECAL en El Chalten



Fuente: Fornaresio Guillermo, Curso CDMA450 Módulo IV, pág 36

Figura 2.7. Mapa de cobertura COTECAL en El Calafate



Fuente: Fornaresio Guillermo, Curso CDMA450 Módulo IV, pág 36

La red implementada por COTECAL brinda servicios adicionales como memo box, desvío de llamada, llamada en espera, transferencia de llamadas y conferencias múltiples.¹⁸

2.8 Aspectos relevantes del uso de tecnología de acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz; CDMA 450

La investigación realizada en Argentina y Perú, permite determinar los siguientes aspectos relevantes:

- Las redes CDMA 450 instaladas en ambos países brindan cobertura a una amplia zona geográfica.
- Fueron instaladas en zonas con baja penetración telefónica.
- Las localidades poseen fuentes de tráfico disperso.

Con estos antecedentes, se debe señalar que las características de uso de la tecnología CDMA 450 a nivel latinoamericano permiten considerarla como válida para ampliar el acceso universal de telecomunicaciones en el Ecuador, debido a la similitud de dichas características con la realidad ecuatoriana.

¹⁸ Fornaresio Guillermo, Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT, Curso en línea sobre CDMA 450, semana 4, pág 36

Tabla 2.7. Tabla Comparativa del Uso de la Tecnología CDMA 450

Criterios	Argentina	Perú
Técnicos	CDMA 450 Servicios: Telefonía fija Telefonía móvil Acceso a Internet Dial up, banda ancha Proveedores de equipos: ZTE, Huawei	CDMA 450 para telefonía fija. CDMA 2000 1x (2.5G) para telefonía móvil Servicios: Telefonía fija Telefonía móvil Acceso a Internet Televisión por cable Proveedor de equipos: ZTE
Económicos	Empresa local con financiamiento propio Red comercial	Financiamiento de proveedor de equipos Financiamiento por proyecto Apoyo parcial del fondo de acceso universal Tarifas especiales para llamadas entre teléfonos públicos y fijos en áreas rurales, US\$ 15,5 con uso ilimitado
Sociales	COTECAL, brinda servicios a El Calafate y El Chaltén Cooperativa Telefónica Servicios adicionales de red como buzón de mensajes, desvío de llamadas, llamada en espera, transferencia de llamadas, conferencias múltiples.	Valtron, proyecto piloto en telecomunicaciones rurales (Huarochirí, Perú) Empresa regional fundada y administrada como empresa privada Capacitación de gente del lugar para administrar la empresa Oferta de servicios elaborada después de extenso sondeo de mercado con adaptación a demanda local
Políticos	Resolución 172/06 de la Secretaría de Comunicaciones Argentina	Iniciativa propia para la creación de la empresa emprendida por poblador local Ruddy Valdivia

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

2.9 Redes de backhaul

El término backhaul es usado en telecomunicaciones para definir la red que interconecta diferentes redes locales entre sí a la red principal del operador, o backbone, utilizando diferentes tipos de tecnologías alámbricas o inalámbricas. El Anexo 3 del presente estudio detalla los tipos de redes de backhaul.

CAPÍTULO III

3 Acceso Universal de Telecomunicaciones en el Caso de Ecuador

3.1 Las telecomunicaciones en el Ecuador

3.1.1 Antecedentes históricos

Las telecomunicaciones en el Ecuador tuvieron su origen a fines del siglo antepasado; se considera al 9 de julio de 1884 como el primer hito en su desarrollo histórico, cuando por primera vez se transmitió un mensaje telegráfico entre Quito y Guayaquil por vía alámbrica.¹⁹

El desarrollo tecnológico mundial del siglo pasado estuvo encaminado al fortalecimiento de la denominada Revolución Industrial, por lo que en el Ecuador, siguiendo la tendencia mundial, no se presentaron mayores cambios en el sector, salvo la Fundación de la Empresa de Teléfonos de Quito ETQ en 1949 y la creación de la Compañía de Teléfonos de Guayaquil CTG en 1953.

En 1963 se reestructura la Empresa de Radio Telégrafos y Teléfonos ERTTE y pasa a ser ENTEL. En 1972 se crea el Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones IETEL. El 10 de agosto de 1992 se promulga la Ley Especial de Telecomunicaciones, la cual siguiendo el desarrollo tecnológico mundial, reestructura el sector en el país. Mediante esa Ley se crea la Superintendencia de Telecomunicaciones como Ente de Regulación y Control del sector.

En el año 1995, la Ley Especial de Telecomunicaciones sufre una reforma en la cual se separan los Entes de Regulación y Control, creándose el Consejo Nacional de Telecomunicaciones; CONATEL, como Ente rector de la regulación de las telecomunicaciones en el país y el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión, CONARTEL, como Ente de Regulación de los servicios de difusión.

¹⁹ Superintendencia de Telecomunicaciones, SUPTEL, *Compendio histórico de las telecomunicaciones en el Ecuador*, p. 11

Adicionalmente, con la reforma indicada se crea la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL.

3.1.2 Organismos del sector telecomunicaciones

La Ley Especial de Telecomunicaciones y su Reforma, Ley No. 184 Registro Oficial No. 996 de 10 de agosto de 1992; y, la Ley 94. Registro Oficial No. 770 de 30 de agosto de 1995, establecen la estructura institucional del sector de las telecomunicaciones en el Ecuador.

De esta manera el Consejo Nacional de Telecomunicaciones; CONATEL, es el Ente de Administración y Regulación de las telecomunicaciones en el país. El Consejo Nacional de Telecomunicaciones ejerce a su nombre, las funciones de administración y regulación de los servicios de telecomunicaciones, y es la Administración de Telecomunicaciones, ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones; SENATEL, es el Ente encargado de la ejecución de la política de telecomunicaciones en el país.

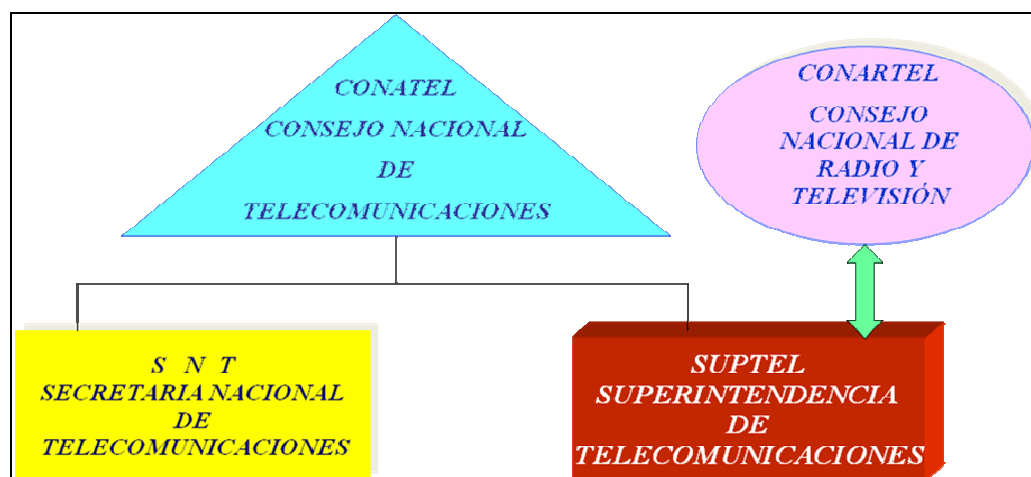
Por otro lado, compete a la Superintendencia de Telecomunicaciones; entre otros, el control y monitoreo del espectro radioeléctrico, el control de los operadores que exploten servicios de telecomunicaciones, supervisar el cumplimiento de los contratos de concesión para la explotación de los servicios de telecomunicaciones y el cumplimiento de las normas de homologación y regulación que apruebe el CONATEL. También controla la correcta aplicación de los pliegos tarifarios aprobados por el CONATEL y que el mercado de las telecomunicaciones se desarrolle en un marco de libre y leal competencia.

Debido a su connotación social, en el Ecuador el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión; CONARTEL, emite las políticas de este sector, con el

apoyo de la Superintendencia de Telecomunicaciones para la elaboración de los informes técnicos previos a la concesión y el control de los parámetros técnicos.

La figura que se muestra a continuación describe la actual estructura de los Entes del sector Telecomunicaciones en el Ecuador.

Figura 3.1: Entes del sector Telecomunicaciones en el Ecuador



Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

3.1.3 Fondo para el desarrollo de las telecomunicaciones en las áreas rurales y urbano-marginales, FODETEL

El Artículo 249 de la Constitución Política del Ecuador de 1998, establece que será responsabilidad del Estado la provisión de servicios públicos de telecomunicaciones, mismos que podrá prestarlos directamente o por delegación a empresas mixtas o privadas, mediante concesión, asociación, capitalización, traspaso de la propiedad accionaria o cualquier otra forma contractual, de acuerdo con la ley.

Establece además que, el Estado garantizará que dichos servicios respondan a principios de eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, continuidad y calidad; y velará que sus precios o tarifas sean equitativos. El artículo 58 de la Ley para la Transformación Económica del Ecuador del año 2000, reformó el artículo 38 de la Ley Especial de Telecomunicaciones, estableciendo que todos los servicios de telecomunicaciones se brindarán en régimen de libre competencia; y, dispuso que el

Consejo Nacional de Telecomunicaciones, cree un fondo para el desarrollo de las telecomunicaciones en las áreas rurales y urbano-marginales.²⁰

Mediante Resolución 543-21-CONATEL-2003 del 28 de agosto de 2003, se crea e incorpora al orgánico estructural y funcional de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, la Dirección de Gestión del FODETEL, para la Administración del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones; FODETEL, bajo la dependencia del Secretario Nacional de Telecomunicaciones.

El principal objetivo del FODETEL es el de diseñar procesos de recaudación y liquidación de los aportes de las operadoras y Fondo Rural Marginal.

En julio de 2007, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones emitió el Plan Nacional de desarrollo de las Telecomunicaciones 2007 – 2012 con el fin de fortalecer en el Ecuador, el uso de las tecnologías de la información y comunicación para establecer el camino hacia la sociedad de la información y el conocimiento.

El objetivo básico y primordial de dicho Plan es integrar y concientizar a toda la sociedad ecuatoriana sobre la necesidad imperiosa de ser parte activa de una nueva sociedad de la información y del conocimiento, con el lema “Todos los ecuatorianos bajo la Sociedad de la Información y del Conocimiento”.²¹

3.1.3.1 Plan de servicio universal (PSU)

Mediante Resolución 511-20-CONATEL-2003 de 12 de agosto de 2003, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones; CONATEL, aprobó el Plan de Servicio Universal en Ecuador, PSU. En su Artículo 3, dicho Plan encarga a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la coordinación de la ejecución, seguimiento y actualización de los programas y proyectos establecidos a través del FODETEL en el PSU.

²⁰ http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php/sector-de-las-telecomunicaciones/tarifas-/49-regulacion-de-servicios/103-reglamento-del-fodetel

²¹ Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL, *Plan de desarrollo de las telecomunicaciones del Ecuador*, p. 3

Establece además, las siguientes definiciones:

- **Servicio Universal:** Es la obligación de extender el acceso de un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones aprobados por el CONATEL a todos los habitantes del territorio nacional, sin perjuicio económico, social o su localización geográfica a precio asequible y con calidad.
- **Acceso Universal:** Disponibilidad de los servicios de telecomunicaciones a una distancia aceptable con respecto a hogares o lugares de trabajo.
- **Áreas Rurales y Urbano Marginales:** En el Ecuador, con el fin de precisar el campo de acción del FODETEL, se definió que las poblaciones menores o iguales a 17.000 habitantes concentrados son considerados como áreas rurales y urbanas marginales.

Con estos antecedentes, los Objetivos del Plan de Servicio Universal ecuatoriano son:

- Fomentar la prestación de los servicios de telecomunicaciones.
- Desarrollar la infraestructura necesaria para mejorar el acceso al uso de Tecnologías de la Información y Comunicación, TIC's.

Se debe indicar que, mediante Resolución 009-03-CONATEL-2008 de 21 de febrero de 2008, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, amplió la definición de áreas urbano-marginales del Plan de Servicio Universal establecida en la Resolución 511-20-CONATEL-2003, a los centros educativos públicos, centros estatales de atención médica, y a organismos de desarrollo social sin fines de lucro, que no disponen de los servicios de telecomunicaciones definidos en dicho Plan o que se consideren insuficientes.

Sin embargo de lo indicado, nuestro país en el año 2008 aprobó una Constitución Política de la República, que permitirá la creación de una nueva estructura organizacional para el sector de las telecomunicaciones.

3.2 Banda 450 en Ecuador

El Plan Nacional de Frecuencias ecuatoriano, emitido mediante Resolución 165-04-CONATEL-2008 de 6 de Marzo de 2008²², establece las atribuciones de la banda 450 MHz, las cuales se muestran a continuación:

Tabla 3.1: Cuadro de Atribuciones de la Banda 450 MHz

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS EN EL PLAN ECUATORIANO
450 - 455 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX 5.209 5.286 5.286A 5.286B 5.286C 5.286D	450 - 455 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX	EQA.55 EQA.60
455 - 456 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.286A 5.286B 5.286C 5.209	455 - 456 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX 5.286B 5.286C	EQA.55 EQA.60
456 - 459 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX 5.287 5.288	456 - 459 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX	EQA.55 EQA.60
459 - 460 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.286A 5.286B 5.286C 5.209	459 - 460 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX 5.286B 5.286C	EQA.55
460 - 470 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX Meteorología por satélite (espacio-Tierra) MOD 5.287 5.288 5.289	460 - 470 FIJO MÓVIL ADD 5.XXX 5.289	EQA.55 EQA.60 EQA.140
470 - 512 RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil 5.292 MOD 5.293	470 - 512 FIJO MÓVIL MOD 5.293	EQA.55 EQA.60 EQA.140

Fuente: Plan Nacional de Frecuencias

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

²² Suplemento del Registro Oficial No. 336 de 14 de mayo de 2008.

3.3 Uso de la tecnología CDMA 470 MHz por la empresa ETAPA

3.3.1 Antecedentes

La tecnología CDMA 470, conlleva el mismo desarrollo tecnológico que la CDMA 450, sólo que ocupa como medio de transmisión, la banda de frecuencias de 470 MHz.

Mediante Resolución No. 677-33-CONATEL-2006 de 14 de diciembre de 2006, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones aprobó la solicitud de concesión para la explotación de frecuencias a efecto de brindar Servicios de Telecomunicaciones con Cobertura en las Áreas rurales para la Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado; ETAPA, del Cantón Cuenca.

El 16 de enero del 2007, se suscribió el Contrato de Concesión para el uso de frecuencias entre la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones; SENATEL, y la Empresa ETAPA del Cantón Cuenca.²³

Con estos antecedentes, durante el mes de julio y agosto de 2008, la Intendencia Regional Sur de la Superintendencia de Telecomunicaciones realizó las inspecciones de las radiobases del sistema, cuyos resultados se detallan a continuación:

3.3.2 Parámetros de operación

El objetivo de la implementación de esta red inalámbrica por parte de la Empresa ETAPA, fue llegar a obtener una cobertura del 22 % de telefonía fija inalámbrica en las zonas rurales del Cantón Cuenca.

El servicio que se brinda es similar al que permite una red de telefonía móvil, pero con terminales de acceso fijo que brindan telefonía fija inalámbrica, FWA; por sus siglas en inglés, *Fixed Wireless Access*.

²³ Intendencia Regional Sur, Superintendencia de Telecomunicaciones, Memorando No. STS-2008-399 de 22 de septiembre de 2008

Para conseguir el objetivo indicado, ETAPA implementó una red de acceso inalámbrico FWA, para el área rural del Cantón Cuenca utilizando tecnología CDMA1X en la banda de frecuencias 470 MHz, con una capacidad de 12.000 líneas.

3.3.2.1 Sitios de ubicación de las celdas

Los datos relevantes del Cantón Cuenca de la Provincia del Azuay, son:

- Fundación española: 12 de Abril de 1557.
- Patrimonio Cultural de la Humanidad
- Población total: 480.000 habitantes
- Población urbana: 345.000 habitantes
- Población rural: 135.000 habitantes
- Altitud 2.581 m.s.n.m.
- Área geográfica: aprox. 50% prov. Azuay
- Cuenca es considerada como la tercera ciudad del Ecuador

La siguiente tabla muestra la ubicación geográfica y las características de las cinco radiobases instaladas por la empresa ETAPA:

TABLA 3.2: Celdas del Proyecto Etapa 470

Sitio	Coordenadas		Altura msnm	Infraestructura Existente	Facilidad de acceso
Dizha (Ugzhaloma)	2 58' 07"	78 54' 51"	2954	Si	Si
Bibin	2 48' 33,5"	78 58' 44,3"	2840	Si	Si
Gualguazhumi	2 53' 33,4"	78 54' 38,7"	3070	NUEVA	No
Tucurrumi	2 59' 53"	79 02' 0,6"	2876	NUEVA	No
Soldados	2 55' 07"	79 12' 59"	4020	NUEVA	No

Fuente: Intendencia Regional Sur, SUPERTEL

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

3.3.2.2 Proyección de la densidad telefónica

A continuación, se muestra las densidades telefónicas: existente y esperada, en las zonas de interés donde el proyecto CDMA 470 de la empresa ETAPA brinda cobertura:

Tabla 3.3. Densidad Telefónica en el cantón Cuenca, antes de la instalación del Proyecto CDMA 470 Mhz.

Celda	Parroquias a cubrir	Población	Número de líneas actuales	Densidad Telefónica actual (%)	Número de líneas por celda (PROYECTADA POR ETAPA)
TUCURRUMI	TARQUI	8902	1008	11.32	950
	LA VICTORIA	4617	256	5.54	760
	CUMBE	5010	512	10.22	590
	TURI	6692	711	10.62	761
SUBTOTAL		25221	2487	9.86	3061
DIZHA (UGZHALOMA)	SANTA ANA	4739	319	6.73	724
	QUINGEO	5646	59	1.04	1183
	EL VALLE 1	9346	738	7.90	1318
SUBTOTAL		19731	1116	5.66	3225
GUALGUAZHUMI	LLACAO	4501	854	18.97	136
	PACCHA	5311	770	14.50	398
	NULTI	4589	652	14.21	358
	RICAURTE	14006	2706	19.32	375
	EL VALLE 2	9346	738	7.90	1318
SUBTOTAL		37753	5720	15.15	2585
BIBIN	CHECA	2698	620	22.98	0
	CHIQUINTAD	4073	529	12.99	367
	OCTAVIO CORDERO	2178	148	6.80	331
	SIDCAY	3439	634	18.44	123
	SININCAY	12650	1410	11.15	1373
SUBTOTAL		25038	3341	13.34	2194
Soldados	Soldados		0	0	331
TOTAL		107743	12664	11.75	11065

Fuente: Intendencia Regional Sur, SUPERTEL

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

Con estos datos, la empresa ETAPA determinó el número de líneas a instalarse, considerando que el objetivo era conseguir una densidad telefónica de 22 % en cada una de las parroquias indicadas.

De esta manera, la siguiente tabla, muestra el número de líneas a instalarse, utilizando la tecnología CDMA 470.

Tabla 3.4: Proyección de Densidad Telefónica con el Proyecto Etapa 470²⁴

Celda	Parroquias a cubrir	Población	Número de líneas totales	Densidad Telefónica esperada (%)	Escuelas rurales a servir con acceso a INTERNET
TUCURRUMI	TARQUI	8902	1958	22.00	
	LA VICTORIA	4617	1016	22.01	
	CUMBE	5010	1102	22.00	
	TURI	6692	1472	22.00	
SUBTOTAL		25221	5548	22.00	42
DIZHA (UGZHALOMA)	SANTA ANA	4739	1043	22.01	
	QUINGEO	5646	1242	22.00	
	EL VALLE 1	9346	2056	22.00	
SUBTOTAL		19731	4341	22.00	34
GUALGUAZHUMI	LLACAO	4501	990	22.00	
	PACCHA	5311	1168	21.99	
	NULTI	4589	1010	22.01	
	RICAURTE	14006	3081	22.00	
	EL VALLE 2	9346	2056	22.00	
SUBTOTAL		37753	8305	22.00	20
BIBIN	CHECA	2698	620	22.98	
	CHIKUINTAD	4073	896	22.00	
	OCTAVIO CORDERO	2178	479	21.99	
	SIDCAY	3439	757	22.01	
	SININCAY	12650	2783	22.00	
SUBTOTAL		25038	5535	22.11	34
Soldados	Soldados		331		2
TOTAL		107743	24060	22.33	132

Fuente: Intendencia Regional Sur, SUPERTEL

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

3.3.3 Elementos de la red CDMA 1x 470 de ETAPA

A continuación se describen los elementos que forman parte de la red CDMA 1x de la empresa ETAPA. Dichos elementos fueron provistos por el fabricante chino Huawei.

²⁴ Martínez Xavier Ing., Intendencia Regional Sur, Superintendencia de Telecomunicaciones, elaboración propia

- **Radio Access Controller (RAC):** Es el equipo que sirve de interfaz entre el equipo Gateway de nueva generación; NGN, de ETAPA y las estaciones base; BTS, a instalarse en el sistema, en el caso de ETAPA tiene instalado un RAC en el edificio de la Central Centro y se interconecta vía interfaz V 5.2 hacia el media Gateway UMG que existe en ese lugar.

Para la provisión del servicio de INTERNET, el RAC se interconecta con la red pública de conmutación de paquetes, PDSN. Dicha red de dominio de paquetes, cuenta con un Sistema de Autorización, Autenticación y Contabilización; AAA, para el sistema de tarificación y un Firewall para seguridad de la red.

La conexión del RAC hacia las 5 BTS se realiza mediante enlaces de microonda.

- **BTS 3606:** Se encuentran instaladas 5 estaciones base modelo 3606, con diferentes configuraciones, conforme el número de sectores por BTS y el número de portadoras por sector.

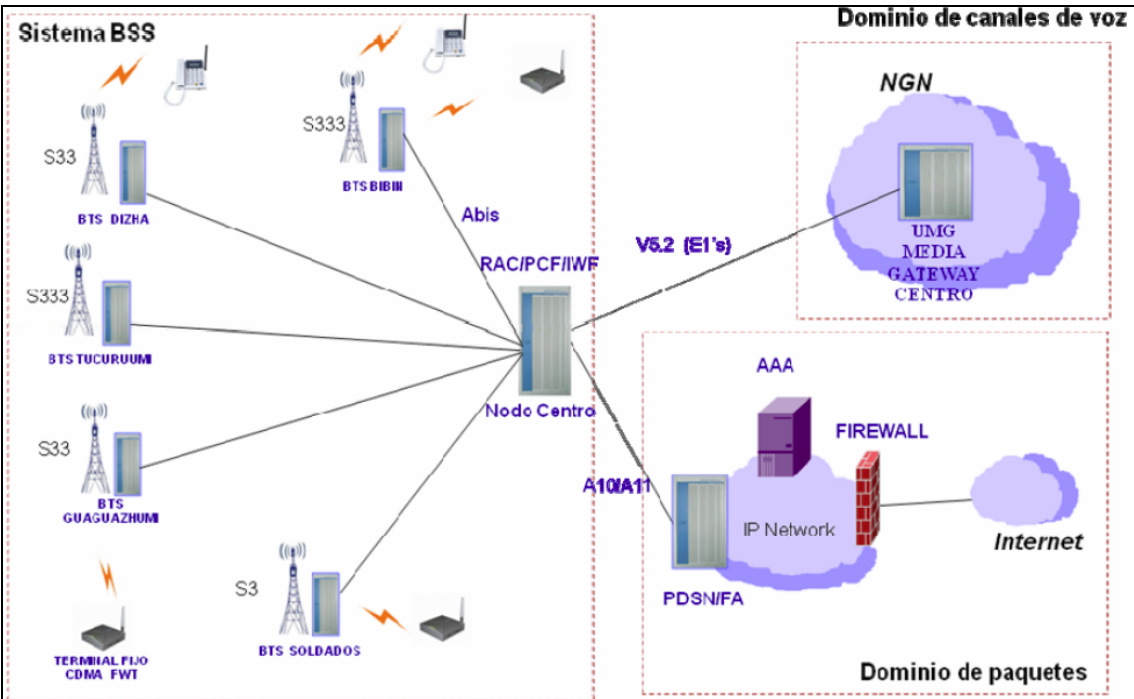
Es importante el recordar que dichas estaciones se encuentran ubicadas en los siguientes sitios:

- Loma de Dizha, en la Parroquia Santa Ana.
- Sector de Bibin, en la Parroquia Octavio Cordero.
- Cerro Gualguazhumi, en la Parroquia Nulti.
- Loma de Tucurumi, en la Parroquia Tarqui.
- Loma Soldados.

- **Terminal CDMA fijo ETS1000 / ETS2000:** Equipos terminales fijos para usuarios.

En la figura que se muestra a continuación, se visualiza la estructura de la red CDMA 470 de la Empresa ETAPA.

Figura 3.2: Estructura de la red CDMA 470 de ETAPA



Fuente: Intendencia Regional Sur, SUPERTEL

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

3.3.4 Tarifas

Las tarifas con las que la empresa ETAPA brinda el servicio, son las establecidas en su pliego tarifario aprobado por el CONATEL. El terminal fijo posee un costo de 120 dólares de los Estados Unidos de Norteamérica.

La siguiente tabla muestra dichas tarifas:

Tabla 3.5: Plan Tarifario de la empresa ETAPA

CONCEPTO	US\$
DERECHO DE INSCRIPCIÓN	
CATEGORÍA A	32
CATEGORÍA B	62
CATEGORÍA C	120
PENSIÓN BÁSICA	
CATEGORÍA A	0,8
CATEGORÍA B	1,99
Consumo hasta	200 minutos
CATEGORÍA B	3,99
Consumo hasta	500 minutos
CATEGORÍA B	4,79
Consumo más de	500 minutos
CATEGORÍA C	9,99
MINUTOS DE USO LOCAL	
CATEGORÍA A	0,002
CATEGORÍA B	0,002
CATEGORÍA B 1	0,006
CATEGORÍA B 2	0,007
CATEGORÍA C	0,022
MINUTOS USO LD REGIONAL	
CATEGORÍA A	0,004
CATEGORÍA B	0,028
CATEGORÍA C	0,056
MINUTOS USO LD NACIONAL	
CATEGORÍA A	0,008
CATEGORÍA B	0,056
CATEGORÍA C	0,112
A REDES CELULARES	
CATEGORÍA A	0,170
CATEGORÍA B	0,170
CATEGORÍA C	0,170

Fuente: Intendencia Regional Sur, SUPERTEL

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

3.3.5 Numeración

Conforme el Plan Técnico Fundamental de Numeración, el código de área es el 07 y la serie asignada para el uso es la 4030000.²⁵

3.4 Análisis de la ocupación de la banda 450 MHz en el Ecuador

En concordancia con las notas EQA correspondientes, la banda 450 – 512 MHz está atribuida en forma general para la operación de sistemas FIJO y MOVIL, y en forma particular las bandas de 470 – 472 MHz y 482 – 487 MHz, están asignadas para la operación de Sistemas Buscapersonas compartiendo con sistemas simplex.

Adicionalmente, en esta banda se encuentran atribuidos segmentos de bandas de frecuencias para seguridad pública conforme se hizo constar en Plan Militar de Frecuencias.²⁶

3.4.1 Ocupación

La siguiente figura detalla el número de asignaciones por provincia que se encuentran registradas en las bases de datos de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones SENATEL, de un total de 4936 que se tiene en toda la banda, concentrándose la mayor ocupación en las provincias de Guayas, Pichincha, Los Ríos, Azuay, El Oro y Manabí.

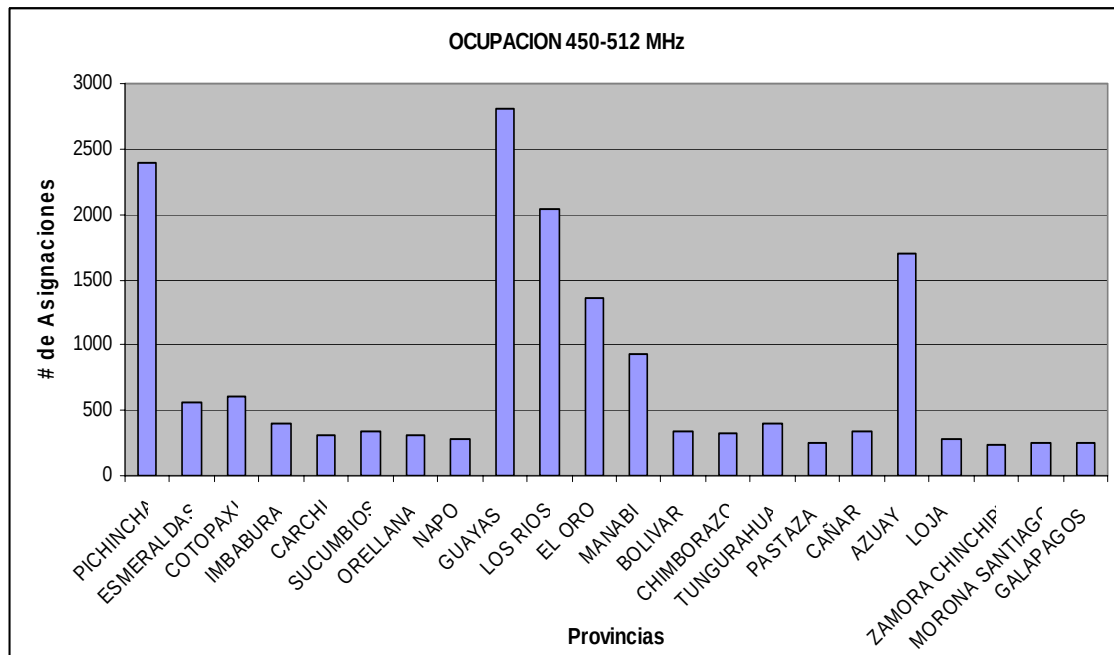
En el gráfico se incluyen los usuarios que cuentan con contrato de concesión, solicitudes que se encuentran en trámite de aprobación y frecuencias de uso reservado²⁷.

²⁵ Intendencia Regional Sur, Superintendencia de Telecomunicaciones

²⁶ Base de Datos SIGER, Dirección General de Radiocomunicaciones de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

²⁷ Dirección General de Gestión del Espectro Radioeléctrico, DGGER, de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL, *Informe Situación de la Banda de 450 – 512 MHz*.

Figura 3.3: Ocupación de las Bandas 450 – 512 MHz



Fuente: Dirección General del Espectro Radioeléctrico de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL.

Se debe señalar que debido a los elevados niveles de propagación que permiten estas bandas de frecuencias, se tienen coberturas que comprenden más de una provincia y la mayor parte de las estaciones repetidoras que se han autorizado, están ubicadas en los Sitios que se detallan a continuación:

Tabla 3.6: Sitios de Repetición de las Bandas 450 – 512 MHz²⁸

Sitios de Repetición	No de Asignaciones
AZUL	374
PICHINCHA	353
PUENGASI	125
ATACAZO	94
GUIRILLO	89
PAREDONES	69
ILUMBISI	63
PADREURCO	56
HIERBABUENA	47
CHILLA	43
COCHABAMBA	43
PUCARA	41
HOJAS	40
REPEN	31
FORESTAL	29
ILAMBULO	29
HITO CRUZ	26
LOURDES	21
MIRADOR	20

Fuente: Dirección General del Espectro Radioeléctrico de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL.

3.4.2 Ocupación de la sub-banda A de CDMA 450

Los antecedentes indicados, evidenciaron la dificultad de implementar la tecnología de acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz; CDMA 450, en el Ecuador. Por ello la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL, analizó las alternativas que permitan viabilizar su uso.

En nuestro país, las sub-bandas CDMA 450 tienen poco espectro disponible, ya sea debido a que se cuenta con muchos concesionarios en operación, así como por la asignación de espectro para las Fuerzas Armadas, de acuerdo al Plan Militar.

Sin embargo, después del análisis respectivo se determinó que la sub-banda A detallada a continuación, permite implementar en el país la tecnología CDMA 450.

²⁸ Dirección General de Gestión del Espectro Radioeléctrico, DGGER, de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL, *Informe Situación de la Banda de 450 – 512 MHz*.

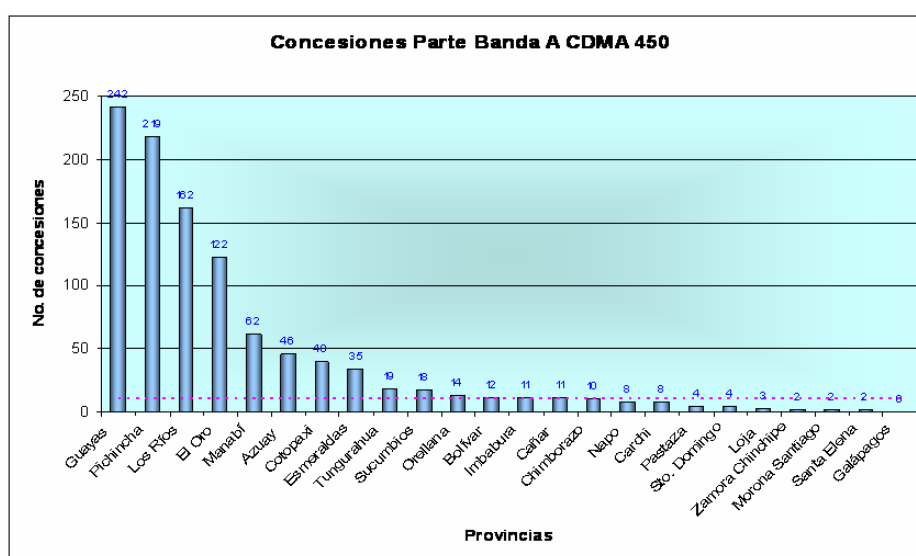
Tabla 3.7: Características técnicas de la sub-banda A

SUB-BANDA	Bandas de frecuencia de transmisión (MHz)	
	Estación móvil	Estación base
A	452.500 - 457.475	462.500 - 467.475

Fuente: Dirección General del Espectro Radioeléctrico, SENATEL.

La siguiente figura muestra el número de concesiones otorgadas en el Ecuador, para operar en la Sub-banda A CDMA 450.

Figura 3.4: Ocupación de la Sub-banda A CDMA 450 en el Ecuador



Fuente: Dirección General del Espectro Radioeléctrico, SENATEL.

Se puede observar que la mayor ocupación se encuentra en las provincias de Guayas y Pichincha, además de aquellas provincias que se hallan vinculadas a las dos anteriores, en especial las de la Costa.

Con estos antecedentes, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, considerando que es función del Estado incentivar el desarrollo del país, facilitando el acceso a los distintos servicios de telecomunicaciones y en ejercicio de sus atribuciones legales, emitió la Resolución 005-02-CONATEL-2008 de 7 de febrero de 2008.

Mediante esta Resolución se resolvió realizar las acciones necesarias para la liberación de una parte de la sub-banda A de CDMA 450, comprendida en los rangos de

frecuencias: 454,400 – 457,475 y 464,400 - 467,475 MHz, para las provincias en las cuales se tenga un número menor o igual a diez concesiones de frecuencias, con la finalidad de permitir la implementación de sistemas orientados a brindar servicios de telecomunicaciones fijos inalámbricos para las áreas rurales.

De esta manera, las diez provincias que formaban parte de dicha liberación de frecuencias eran: Chimborazo, Napo, Carchi, Pastaza, Loja, Zamora Chinchipe, Morona Santiago y Galápagos.

Sin embargo luego del análisis respectivo, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones remitió al Consejo Nacional de Telecomunicaciones²⁹ un informe técnico y jurídico en cuanto al uso de la sub-banda A de CDMA 450, para proyectos de interés social.

En dicho informe se solicitó que el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, analice la posibilidad de liberar los rangos de frecuencias indicados en la Resolución 005-02-CONATEL-2008 de 7 de febrero de 2008, a nivel nacional, siempre y cuando exista posibilidad de reasignación de frecuencias.

De esta forma, mediante Resolución 331-C-CONATEL-2008 de 23 de junio de 2008, dicho Consejo resolvió en su artículo único:

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, en las provincias en las cuales se tenga un número menor o igual a diez (10) concesiones de frecuencias en dichos rangos.

En aquellas provincias en las cuales se tenga un número mayor a diez concesiones, la SENATEL deberá verificar la disponibilidad de espectro

²⁹ Oficio SNT-2008-0662 de 13 de junio de 2008

para la reasignación de los concesionarios salientes y, además, el compromiso del operador entrante de indemnizar a dichos concesionarios. Todo esto con la finalidad de permitir la implementación de sistemas orientados a brindar servicios de telecomunicaciones fijos inalámbricos en áreas rurales.

La Resolución indicada se la adoptó con el fin de permitir la implementación de sistemas orientados a brindar servicios de telecomunicaciones fijos inalámbricos en áreas rurales, viabilizando de esta manera el uso de la tecnología CDMA 450 en el Ecuador.

3.5 Solicitud de concesiones CDMA 450

3.5.1 Empresa PACIFICTEL Sociedad Anónima

Prevía solicitud de la empresa operadora PACIFICTEL S.A., mediante Resolución 313-11-CONATEL-2008 de 12 de junio de 2008, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones en su artículo uno resolvió: *“Autorizar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la suscripción del contrato de concesión de uso de frecuencias otorgado a favor de PACIFICTEL S.A.”.*

La concesión otorgada a PACIFICTEL S.A. incluye los bloques de frecuencias 454,400 – 457,475 (Tx) y 464,400 – 467,475 (Rx), en las provincias de Azuay, Cañar, Loja, Morona Santiago y Zamora Chinchipe.

Adicionalmente, el CONATEL emitió las Resoluciones en las cuales se estipula el número de estaciones de abonado que deberá instalar la operadora. A continuación se muestra un cuadro en el que se resumen de dichos datos:

Tabla 3.8: Provincias de la concesión otorgada a PACIFICTEL S.A.

PROVINCIA	No. ESTACIONES DE ABONADO	RESOLUCIÓN
Loja	7.546	313-11-CONATEL-2008
Morona Santiago	7.025	313-11-CONATEL-2008
Zamora Chinchipe	6.773	313-11-CONATEL-2008
Azuay	5.164	332-C-CONATEL-2008
Cañar	6.716	333-C-CONATEL-2008
TOTAL	33.224	

Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

3.5.2 Empresa ANDINATEL Sociedad Anónima

Mediante Resolución 349-16-CONATEL-2008 de 31 de julio de 2008, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones en su artículo uno resolvió: *“Autorizar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la suscripción del contrato de concesión de uso de frecuencias otorgado a favor de ANDINATEL S.A.”.*

La concesión otorgada a ANDINATEL S.A. incluye los bloques de frecuencias 454,400 – 457,475 (Tx) y 464,400 – 467,475 (Rx), en las provincias de Bolívar, Carchi, Chimborazo, Imbabura, Napo, Orellana, Sucumbíos y Pastaza, según el siguiente detalle:

Tabla 3.9: Provincias de la concesión a ANDINATEL S.A.

PROVINCIA	No. ESTACIONES DE ABONADO
Bolívar	2.494
Carchi	4.368
Chimborazo	9.593
Imbabura	1.034
Napo	290
Orellana	274
Sucumbíos	1.812
Pastaza	966
TOTAL	20.831

Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

Se debe indicar que el estudio inicial de esta operadora, contemplaba la instalación de la tecnología CDMA 450 en otras provincias como Cotopaxi, pero el estudio no fue aceptado debido al pequeño y limitado número de usuarios a los cuales se brindaría el servicio, aspecto que se demostrará en el Capítulo IV del presente estudio.

Una vez que el CONATEL otorgó la concesión de la sub-banda A de CDMA 450 y la SENATEL suscribió y registró el Contrato, comienza a decurrir el plazo para ejecutar la reasignación de frecuencias a los concesionarios existentes en las áreas de cobertura solicitadas por los operadores entrantes.

Asimismo, el operador entrante asumirá el pago de la indemnización correspondiente a los gastos, en los que deban incurrir por la compra de nuevos equipos o por la reprogramación de los ya existentes, de los concesionarios de frecuencias cuyos contratos se encuentren vigentes al momento de la concesión al operador entrante.

3.6 Migración de la banda 450 MHz.

Con el fin de dar cumplimiento a lo dispuesto por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones mediante Resoluciones 331-C-CONATEL-2008 de 23 de junio de 2008 y Resolución 313-11-CONATEL-2008 de 12 de junio de 2008, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones en coordinación con la Superintendencia de Telecomunicaciones, proyectó la migración de diferentes concesionarios.

La siguiente tabla, contiene el listado inicial de frecuencias de la Sub-banda A que deben ser migradas, junto con las nuevas frecuencias a las que se pretende migrar, con el fin de permitir la implementación de la tecnología CDMA 450 en el Ecuador:

Tabla 3.10: Migración de la Banda 450 en el Ecuador³⁰

AREA OPERACIÓN	FRECUENCIAS (MHz)		NUEVAS FRECUENCIAS (MHz)	
	TX	RX	TX	RX
GUAYAS, AZUAY Y EL ORO	452.075	457.075	493.2625	499.2625
AZUAY-CAÑAR	450.125	455.125	488.775	494.775
CUENCA Y ALREDEDORES	450.400	455.400	488.4625	494.4625
AZUAY-CAÑAR	450.200	455.200	488.3375	494.3375
GUAYAS-AZUAY-EL ORO	452.050	457.050	493.3125	499.3125
CUENCA Y SUS ALREDEDORES	451.275	456.275	488.1875	494.1875
CUENCA Y ALREDEDORES	451.025	456.025	488.450	494.450
AZUAY	451.050	456.050	488.475	494.475
CUENCA Y SUS ALREDEDORES	450.050	455.050	488.525	494.525
AZUAY	450.950	455.950	488.600	494.600
CUENCA Y SUS ALREDEDORES	450.875	455.875	488.4375	494.4375
CUENCA Y SUS ALREDEDORES	451.950	456.950	488.5125	494.5125
AZUAY	450.250	455.250	488.7625	494.7625
AZUAY	450.325	455.325	488.8125	494.8125
AZUAY	450.450	455.450	488.8375	494.8375
AZUAY	450.550	455.550	488.8625	494.8625
CUENCA Y ALREDEDORES	450.575	455.575	488.625	494.625
CUENCA Y ALREDEDORES	454.725	459.725	488.6375	494.6375
CUENCA Y ALREDEDORES	451.100	456.100	488.675	494.675
CUENCA Y ALREDEDORES	466.850	461.850	488.7	494.7
CUENCA Y ALREDEDORES	450.013	455.013	488.4875	494.4875
GUAYAS-EL ORO-AZUAY	466.3375	461.3375	465.3875	460.3875
CUENCA Y ALREDEDORES	450.975	455.975	488.75	494.75
CUENCA Y ALREDEDORES	454.650	459.650	488.7875	494.7875

Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

³⁰ Fuente: Dirección General de Radiocomunicaciones, Superintendencia de Telecomunicaciones

CAPÍTULO IV

4 Análisis para la Implementación de la Tecnología de Acceso Múltiple por División de Código en la Banda 450 MHz, CDMA 450 en el Ecuador

4.1 Introducción

Es comúnmente aceptado, que las telecomunicaciones son una herramienta básica para incrementar el acceso a la información de los habitantes en un país, con el objetivo de conseguir el incremento de su estilo de vida, y con miras a satisfacer de mejor manera sus necesidades de vida, incluyendo educación, salud, relaciones comerciales, cultura e inclusive ocio.

Los adelantos tecnológicos recientes han permitido reducir el costo de la infraestructura de telecomunicaciones y la penetración de los teléfonos móviles alrededor del mundo se ha incrementado drásticamente, sin embargo la mayoría de los beneficios que brindan las telecomunicaciones se han restringido a las zonas urbanas.

La extensión de la cobertura hacia las zonas rurales aún es un gran reto, debido a una combinación del limitado poder de compra de sus habitantes y a la baja penetración telefónica que poseen dichas localidades. El hecho de proveer cobertura de servicios de telecomunicaciones, implica proporcionar caminos para brindar su acceso, situación similar a la de proveer caminos para transportar los diferentes productos.

Como se explicó en el Capítulo II del presente estudio, CDMA 450 es una tecnología prometedora que permite conectividad rural en regiones emergentes, ya que combina un estándar celular establecido (CDMA 2000) y un no convencional pero prometedor espectro de frecuencia 450 MHz.

El presente Capítulo evidencia que el uso de la tecnología CDMA 450 sirve para ampliar la cobertura de las redes de los operadores, con el fin de brindar servicios de telecomunicaciones a todas las zonas elegidas del Ecuador denominada ampliación del

acceso universal. Esto permite que nuestro país posea redes de telecomunicaciones que faciliten su desarrollo, mediante el uso adecuado de herramientas tecnológicas.

Se tendrán en cuenta algunas consideraciones técnicas, legales y económicas que permitan concluir lo antes enunciado.

4.2 Sitios para implementar CDMA 450

Tal como se detalló en el Capítulo III del presente estudio, mediante Resoluciones 313-11-CONATEL-2008 de 12 de junio de 2008 y 349-16-CONATEL-2008 de 31 de julio de 2008, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones resolvió autorizar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la suscripción de los contratos de concesión de uso de frecuencias, otorgados a favor de PACIFICTEL S.A. y ANDINATEL S.A., respectivamente.

Sin embargo, mediante Escritura Pública otorgada ante el Notario Décimo Séptimo del Cantón Quito, se legalizó la FUSIÓN DE LAS COMPAÑÍAS ANÓNIMAS ANDINATEL SOCIEDAD ANÓNIMA Y PACIFICTEL SOCIEDAD ANÓNIMA Y CREACIÓN DE LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT SOCIEDAD ANÓNIMA, inscrita en el Registro Mercantil el 30 de Octubre de 2008.

Con estos antecedentes y a fin de implementar la tecnología CDMA 450, la nueva Corporación Nacional de Telecomunicaciones deberá únicamente dar cumplimiento a lo dispuesto por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones mediante Resolución 331-C-CONATEL-2008 de 23 de junio de 2008.

Es decir, en aquellas provincias en las cuales se tenga un número 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; CNT, de indemnizar a dichos concesionarios.

El presente Capítulo plantea a las provincias de Cotopaxi y Galápagos, para confirmar el hecho de proponer a la tecnología CDMA 450, como herramienta válida ampliar el acceso universal de telecomunicaciones en el Ecuador.

4.2.1 Consideraciones Técnicas

4.2.1.1 Redes de nueva generación

Las redes de cobre con las que cuales habitualmente se brinda el servicio de telefonía fija, no pueden ser actualizadas para brindar servicios de telecomunicaciones que demandan gran cantidad de ancho de banda como el video en tiempo real, y su máxima capacidad de aprovechamiento se consigue con técnicas xDSL, las cuales tampoco permiten dicho propósito, debido a su naturaleza y limitado desarrollo tecnológico.

Por ello, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones; CNT, ha iniciado la migración de su infraestructura hacia las redes de nueva generación; NGN.

Aquello demandará un profundo análisis, que permita la convivencia de las redes de nueva generación con las actuales redes de cobre, de forma tal que su instalación sea transparente para los usuarios.

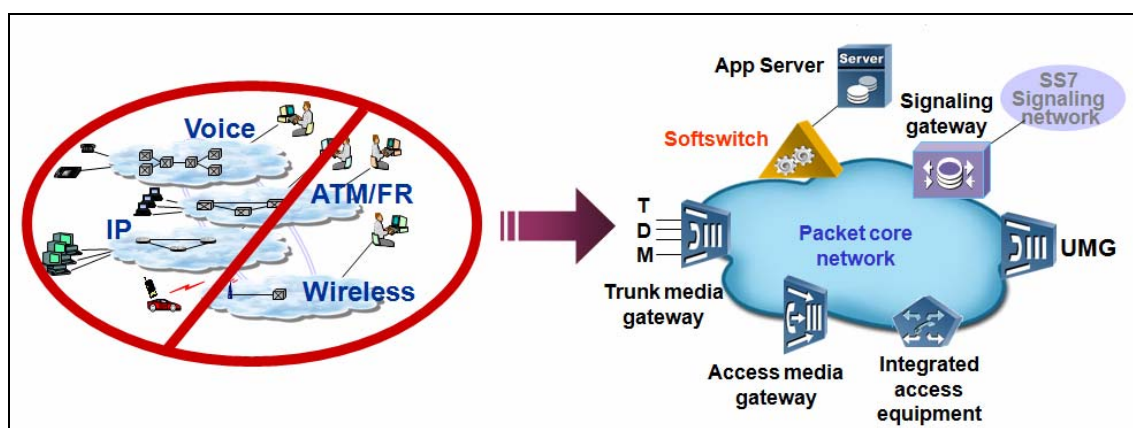
En la actualidad las redes de operadores, se instalan de manera vertical e independiente, para cada servicio. Por ejemplo, una red celular brinda exclusivamente el acceso inalámbrico al servicio, y requiere de todos sus elementos para hacerlo: gestión, multiacceso, energía, optimización; entre otros. Situación similar ocurre con un operador de telefonía fija el cual debe contar con infraestructura independiente para brindar el servicio y de esta manera poder gestionarlo.

La instalación de redes independientes para brindar servicios de telefonía similares, se elimina con el concepto de redes de nueva generación, en las cuales la gestión de servicios se concentra en una capa de red. De esta manera, bajo una estructura

horizontal se brinda una variedad de servicios de telecomunicaciones, con información que cursa la red; tráfico, basado en la conmutación de paquetes.

En la siguiente figura, se aprecia en detalle la migración indicada, desde redes independientes que manejan servicios de voz, aplicaciones Internet IP, e infraestructura inalámbrica, que poseen diferentes protocolos de comunicación como el modo de transferencia asincrónico; ATM y el Frame Relay/FR, hacia una única estructura de red basada en la transmisión de paquetes sobre protocolo Internet; IP.

Figura 4.1 Migración de las actuales redes hacia redes de nueva generación³¹



Fuente: Pinzón Luis, Tendencias de Telecomunicaciones, 2008

De esta forma la voz, que es el tradicional negocio de las redes actuales, es gestionada en esta nueva arquitectura como paquetes en la capa de transporte.

Para conseguir lo indicado se requiere desconcentrar la red, lo cual se consigue con la migración de la actual estructura de transporte. Se pretende por ello, migrar canales E1s, con limitadas capacidades transporte, hacia canales STM1s, con altas capacidades para el transporte de información, que permitan ofrecer nuevos servicios.

A nivel de elementos de red, se requiere la instalación de un Media Signal Gateway, para manejar la señalización SS7 existente en las redes actuales, y un núcleo de red; Core, IP/MPLS.

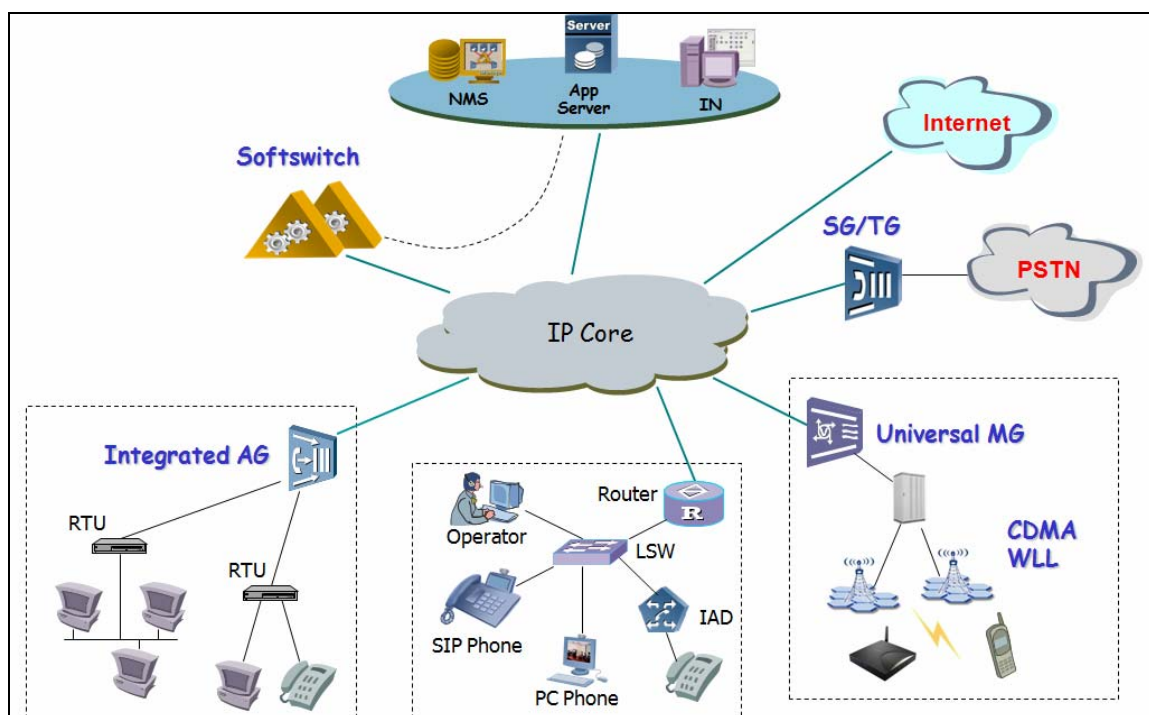
³¹Luis Pinzón, Tendencias en Telecomunicaciones , Congreso 2008

4.2.1.2 Integración de las redes de nueva generación con CDMA 450

Las redes inalámbricas CDMA 450 forman parte de las redes de nueva generación; NGN, para la ampliación de su cobertura.

La siguiente figura muestra la integración de la tecnología CDMA 450 con los elementos de una red de nueva generación; NGN. Se aprecia además, la integración de todos los elementos de red, servidores de aplicaciones, Internet, redes telefónicas existentes y de conmutación de paquetes, bajo un núcleo llamado Core, con protocolo Internet.

Figura 4.2 CDMA 450 como elemento de las redes de nueva generación³²



Fuente: www.huawei.com

4.2.1.3 Análisis comparativo de uso de CDMA 450 en Ecuador y otros países

La siguiente tabla efectúa un análisis comparativo del uso de la tecnología en los países investigados durante el presente estudio:

³² www.huawei.com

Tabla 4.1. Cuadro comparativo de uso de la tecnología

Criterios	Argentina	Perú	Ecuador
Técnicos	CDMA 450 Servicios: Telefonía fija Telefonía móvil Acceso a Internet Dial up, banda ancha Proveedores de equipos: ZTE, Huawei	CDMA 450 para telefonía fija. CDMA 2000 1x (2.5G) para telefonía móvil Servicios: Telefonía fija Telefonía móvil Acceso a Internet TV por cable Proveedor de equipos: ZTE	CDMA 450 para telefonía fija. Telefonía fija inalámbrica, WLL Acceso a Internet Proveedor de equipos: Huawei
Económicos	Empresa local con financiamiento propio Red comercial	Financiamiento de proveedor de equipos Financiamiento por proyecto Apoyo parcial del fondo de acceso universal Tarifas especiales para llamadas entre teléfonos públicos y fijos en áreas rurales, US\$ 15,5 con uso ilimitado	Aportes de los operadores Contribuciones de operadores al servicio universal Tarifas conforme las categorías autorizadas por el CONATEL
Sociales	COTECAL, brinda servicios a El Calafate y El Chaltén Cooperativa Telefónica Servicios adicionales de red como buzón de mensajes, desvío de llamadas, llamada en espera, transferencia de llamadas, conferencias múltiples.	Valtron, proyecto piloto en telecomunicaciones rurales (Huarochirí, Perú) Empresa regional fundada y administrada como empresa privada Capacitación de gente del lugar para administrar la empresa Oferta de servicios elaborada después de extenso sondeo de mercado con adaptación a demanda local	Proyectos asignados a ETAPA y CNT Empresa estatal de telefonía fija y municipal del Cantón Cuenca Administración local Se realizó una evaluación de las necesidades de telefonía existente, previo a la autorización del proyecto
Políticos	Resolución 172/06 de la Secretaría de Comunicaciones Argentina	Iniciativa propia para la creación de la empresa emprendida por poblador local Ruddy Valdivia	Resoluciones del Consejo Nacional de Telecomunicaciones, emitidas a favor de empresas públicas: ETAPA y CNT

Fuente: Intendencia Regional Sur, SUPERTEL

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

4.3 Estudio de la viabilidad técnica del uso de la tecnología de acceso múltiple por división de código 450 MHz, CDMA450 en Galápagos

4.3.1 Información geográfica

Las Islas Galápagos, o Archipiélago de Colón están localizadas en el Océano Pacífico, 1.000 Km. al Oeste de las costas de Ecuador en América del Sur. Están compuestas de 13 Islas principales, 6 pequeñas y más de 40 islotes distribuidos a su alrededor. Tienen una extensión 8008 Km². Están localizadas justo en la Línea Ecuatorial o Equinoccial, tanto en el hemisferio Norte como en el hemisferio Sur.

Sus coordenadas geográficas son:

Latitud: 1° 40' N - 1° 36' S

Longitud: 89° 16' E - 92° 01' O

Figura 4.3 Archipiélago de Colón



Fuente: www.galapagospark.org

4.3.2 Aspectos Relevantes de las Islas Galápagos

Las Islas Galápagos son muy conocidas por su increíble vida salvaje. Es el único lugar en la Tierra en donde los animales no les tienen temor a los humanos y las personas pueden acercarse a ellos (pájaros, tortugas, leones marinos, etc.) con toda

tranquilidad sin que huyan. Cerca del 40% de los animales en Galápagos son endémicos a estas Islas.³³

Las Galápagos son de origen volcánico y su isla más grande es Isabela, sin embargo la más habitada es Santa Cruz con su ciudad más importante Puerto Ayora. En la Isla San Cristóbal se encuentra Puerto Baquerizo Moreno, que es la capital de las Islas Galápagos.

En 1959 las Islas fueron declaradas Parque Nacional y la Estación Charles Darwin fue establecida para proteger a todas las especies y animales de Galápagos. Con el tiempo, en 1978 las Islas Galápagos fueron galardonadas como Patrimonio de la Humanidad.

Se manejan diversas opiniones en relación a si el aumento de turismo puede ser o no motivo suficiente para poner en riesgo la biodiversidad extraordinaria de las Islas, las cuales aún mantienen el 95% de su diversidad original, sin embargo dicho análisis no es objeto del presente estudio. La realidad es que cualquier actividad mal realizada en estas Islas, causaría la pérdida de un tesoro natural irremplazable. Sin embargo parte de esta realidad es que el Archipiélago es pobre en recursos, y los costos de transporte para alcanzar los mercados es alto. Se debe recordar que, las materias primas deben ser transportadas del Ecuador continental.

Lo indicado, contribuye a que el turismo en las Islas se constituya en su principal fuente de ingresos, según información del Plan Nacional Galápagos, sobre los 145000 turistas ingresaron a las Islas durante el año 2006, y continúa en crecimiento.

Estas consideraciones sustentan la viabilidad de plantear la tecnología CDMA 450, como válida para brindar servicios de telecomunicaciones a los turistas que ingresan al Archipiélago, y a sus pescadores.

³³ <http://www.galapagos-islands-tourguide.com/mapa-de-galapagos.html>

4.3.3 Densidad telefónica de las Islas Galápagos

La siguiente tabla, muestra la densidad telefónica en las Islas al 30 de septiembre de 2008:

Tabla 4.2 Densidad Telefónica de Galápagos³⁴

Provincia	Población	Líneas de telefonía fija	Densidad Telefónica
GALÁPAGOS	23.141	4.583	19,8%

Fuente: www.conatel.gov.ec

4.3.4 Diseño de una red CDMA 450 para Galápagos

Una red inalámbrica se diseña bajo consideraciones de cobertura y capacidad, es decir, teniendo en cuenta la cantidad de usuarios que se puede atender simultáneamente, calculando el tráfico que se cursaría y determinando la zona a la cual se brindará el servicio. Generalmente se llega a un compromiso entre estas dos variables, a fin de atender al mayor número de usuarios dentro de una determinada cobertura.

Se debe considerar como hecho importante, que no existen asignaciones en la banda 450 MHz en la provincia de Galápagos.

4.3.4.1 ICS TELECOM

Con el fin de determinar la cobertura que se conseguiría al instalar una estación base CDMA 450 en las Islas Galápagos, se utilizó la versión 6 del programa de cálculo de propagación de enlaces ICS TELECOM, de la empresa francesa ATDI.

El ICS TELECOM es un programa de ayuda, para la creación y gestión de redes de comunicación inalámbrica dentro de la gama de frecuencias VHF, UHF y SHF. Ofrece una gama completa de herramientas para permitir la creación de un estudio de ingeniería, y la optimización de redes de comunicación inalámbrica.

³⁴ Secretaría Nacional de Telecomunicaciones; SENATEL, *Estadísticas de telefonía fija*

La gestión simultánea de redes inalámbricas y sus elementos, transmisores, receptores y radiogoniómetros empleados para la detección de emisiones no autorizadas, permiten que el programa ICS TELECOM, sea una herramienta de referencia para la Planificación de Redes radioeléctricas y el control del espectro.

El software brinda sus resultados del cálculo, sobre soportes cartográficos con tecnología avanzada. Posee imágenes de referencia geocodificadas, modelos numéricos de terreno, tipos de suelo, propagación sobre el agua y gran variedad de métodos de cálculo, adaptados a las diferentes necesidades que se presentan, en países como el Ecuador que poseen envidiable geografía.

El programa ICS TELECOM permite también los siguientes campos de aplicación: búsqueda de emplazamientos, cálculos de interferencias y asignación de las frecuencias. Es utilizado por la Dirección General de Radiodifusión y Televisión de la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador, para el análisis de los estudios de ingeniería que presentan los concesionarios de dichos servicios.

4.3.4.2 Cobertura

De la experiencia obtenida en estudios similares, se escogió el cerro Crocker de la Isla Santa Cruz en las Islas Galápagos como el sitio para la instalación de una estación radiobase CDMA 450.

- **Estación base**

A continuación se describen los parámetros técnicos de la Estación Base que fueron usados para la obtención de la cobertura, mediante el uso del programa ICS TELECOM.

Tabla 4.3 Parámetros Técnicos de la Estación Base

UBICACIÓN	CERRO CROCKER
COORDENADAS	90 19 27 W; 0 38 28 S
ALTURA	847 m.s.n.m.
AZIMUTH DE MÁXIMA RADIACIÓN	Omnidireccional
ÁNGULO DE RADIACIÓN	0
POLARIZACIÓN	Circular
COBERTURA PRINCIPAL	Isla Santa Cruz
POTENCIA DEL TRANSMISOR	43 dBm
PIRE	54 dBm
FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN	462,5 MHz
FRECUENCIA DE RECEPCIÓN	467,475 MHz
SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR	-120 dBm, 6 dBuV/m
MODELO DE PROPAGACIÓN	Okumura-Hata

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

Los parámetros técnicos del terminal usados para la obtención de la cobertura, mediante el uso del programa ICS TELECOM, fueron:

- **Terminal**

Tabla 4.4 Parámetros Técnicos del Terminal

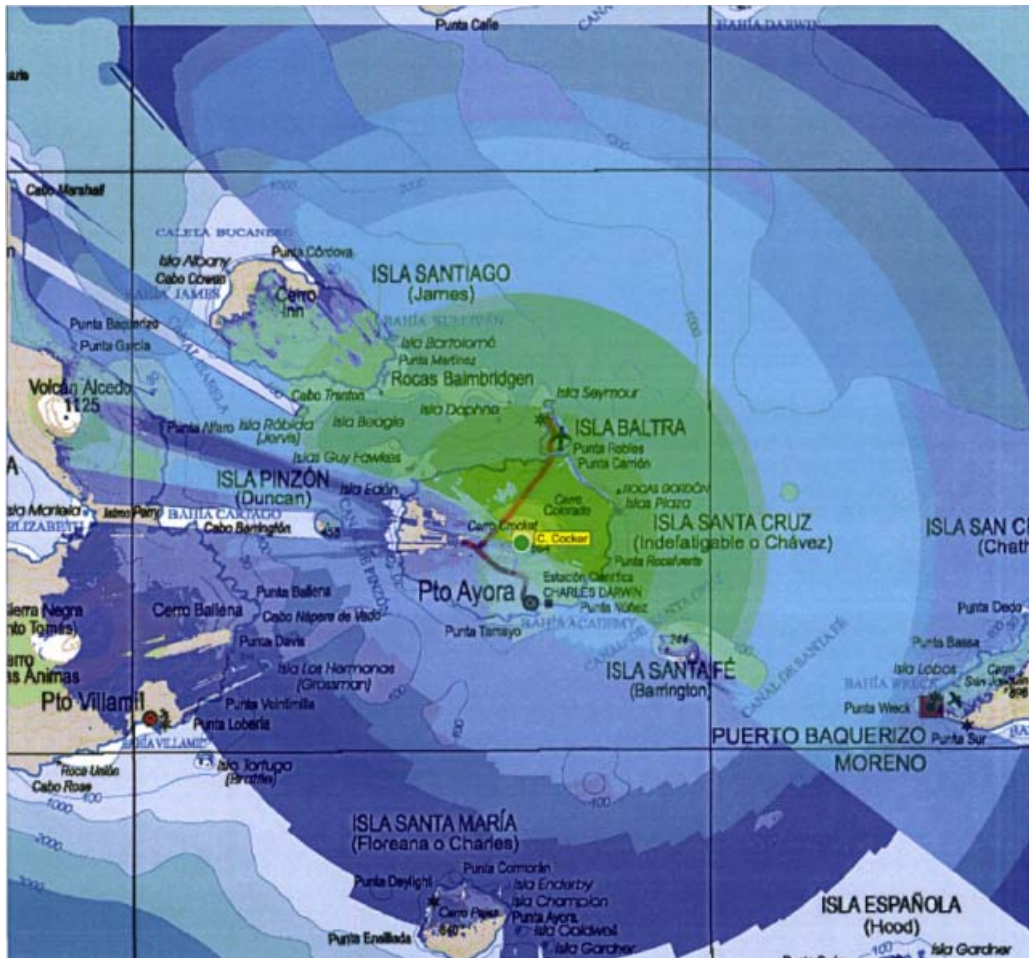
POTENCIA DEL TERMINAL	23 dBm
FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN	452,5 MHz
FRECUENCIA DE RECEPCIÓN	457,475 MHz
SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR	-118,46 dBm, 8 dBuV/m

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

Los parámetros técnicos indicados se obtuvieron en una investigación de productos existentes en el país proveídos por la empresa china Huawei.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del software indicado, son:

Figura 4.4 Cobertura CDMA 450 Galápagos



Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

El Anexo 2 del presente estudio, muestra el gráfico de cobertura en formato tipo A4, con los niveles de densidad de potencia obtenidos.

Se puede apreciar que desde el punto de vista de la cobertura, con la instalación de una estación base CDMA 450 en el sitio mencionado, es posible brindar servicio a prácticamente la totalidad de la zona turística de las Islas.

4.3.4.3 Tráfico

Desde el punto de vista tráfico de voz se plantea una red CDMA 450 con las siguientes características técnicas:

Tabla 4.5 Características Técnicas de la red

Parámetros	CDMA 450
Erlangs por sector por portadora	26.4
Total de Erlangs por sector (2 portadoras)	52.8
Total de Erlangs por sitio (3 sectores)	158.4
Tráfico por abonado	40 mE
Abonados por radiobase	3960

Fuente: Dirección del Espectro Radioeléctrico de la SENATEL

En tanto que, la transmisión de datos se realizará con una tasa efectiva de transmisión de datos; throughput, de 32 kbps.

Considerando las características planteadas se propone como estrategia de negocio, la atención inicial del tráfico de voz, sin que ello limite el acceso al Internet de los abonados, pero con bajas velocidades de comunicación.

4.3.4.4 Red de Backhaul

La ex PACIFICTEL S.A., posee una central telefónica ubicada en Puerto Ayora de la Isla Santa Cruz, por lo que se propone un enlace radioeléctrico en la banda de 15 GHz, entre el Cerro Crocker y dicha central, para la comunicación entre los usuarios de la red CDMA 450 y la red de telefonía pública básica conmutada.

Los datos del enlace propuesto serán:

Tabla 4.6 Datos de la red Backhaul

UBICACIÓN TRANSMISOR	CERRO CROCKER
COORDENADAS	90 19 27 W; 0 38 28 S
ALTURA	847 m.s.n.m.
UBICACIÓN RECEPTOR	PUERTO AYORA
COORDENADAS	90 19 20 W; 0 44 36 S
ALTURA	20 m.s.n.m.

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

De esta manera se determina la viabilidad desde el punto de vista técnico de instalar la tecnología CDMA 450 en las Islas Galápagos.

A continuación, se plantea la realización de un ejercicio similar, para encontrar la viabilidad que representaría la instalación de la tecnología CDMA 450 en la provincia de Cotopaxi.

4.4 Estudio de la viabilidad técnica del uso de la tecnología de acceso múltiple por división de código 450 MHz, CDMA450 en Cotopaxi

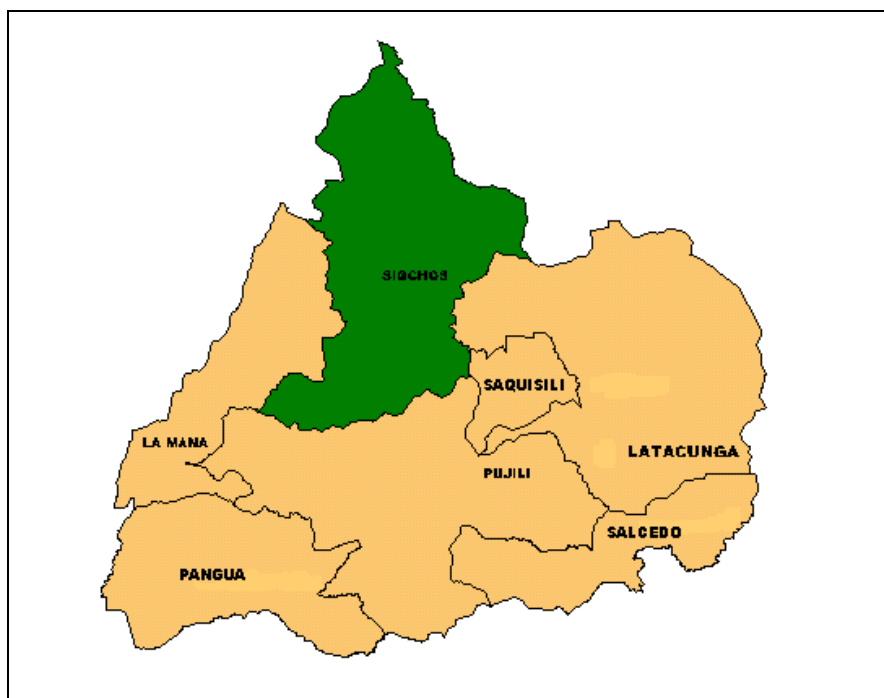
4.4.1 Cotopaxi

Cotopaxi es una provincia ubicada en el callejón interandino, en el centro-norte de Ecuador, nombrada así por el volcán Cotopaxi.

4.4.1.1 Información Geográfica

La provincia de Cotopaxi, se divide en 7 cantones: Latacunga, La Maná, Pangua, Pujilí, Salcedo, Saquisilí; y, Sigchos. La siguiente figura muestra su división geográfica.

Figura 4.5 Mapa de la Provincia de Cotopaxi



Fuente: División Política del Ecuador

4.4.2 Aspectos relevantes de la Provincia de Cotopaxi

La tabla que se muestra a continuación indica la proyección de habitantes de la provincia de Cotopaxi para el año 2008.

Tabla 4.7 Proyección de la población de Cotopaxi, año 2008³⁵

CANTÓN	HABITANTES
LATACUNGA	168.254
LA MANA	37.53
PANGUA	23.228
PUJILÍ	70.967
SALCEDO	59.954
SAQUISILI	24.324
SIGCHOS	24.216
TOTAL	408.473

Fuente: www.inec.gov.ec

Bajo esta premisa es interés del autor, el brindar cobertura de servicios de telecomunicaciones utilizando CDMA 450, al cantón Sigchos.

4.4.3 Densidad telefónica de la Provincia de Cotopaxi

La siguiente tabla, muestra la densidad telefónica en Cotopaxi al 30 de septiembre de 2008:

Tabla 4.8 Densidad Telefónica de Cotopaxi³⁶

Provincia	Población	Líneas de telefonía fija	Densidad telefónica
COTOPAXI	406.442	35.608	8,76%

Fuente: Secretaría Nacional de Telecomunicaciones

4.4.4 Diseño de una red CDMA 450 para Cotopaxi

Como se explicó en el Capítulo III del presente estudio, la instalación de la tecnología CDMA 450 en la provincia de Cotopaxi, no fue considerada por la ex-ANDINATEL S.A.

³⁵ www.inec.gov.ec

³⁶ Secretaría Nacional de Telecomunicaciones; SENATEL, *Estadísticas de telefonía fija*

A continuación se realizará un ejercicio académico, con el fin de encontrar algunos de los motivos que permitieron determinar la no viabilidad del proyecto indicado en dicha Provincia.

Siguiendo el mismo procedimiento empleado para el diseño de la red CDMA 450 realizado para Galápagos, se procederá al diseño de la red para la provincia de Cotopaxi, determinando la zona a la cual se brindará el servicio y el tráfico que cursaría por la red.

4.4.4.1 Cobertura

Para determinar la cobertura que se conseguiría al instalar una red CDMA 450 en la provincia de Cotopaxi, se utilizó la versión 6 del programa de cálculo de propagación de enlaces ICS, de la empresa francesa ATDI.

Se escogió el cerro Simaurco como sitio para la instalación de una estación radiobase CDMA 450. De esta manera, se ingresaron a dicho programa, los siguientes parámetros técnicos:

Tabla 4.9 Parámetros Técnicos de la Estación Base

UBICACIÓN	CERRO SIMAURCO
COORDENADAS	78 50 00 W; 0 43 55 S
ALTURA	3960 m.s.n.m.
AZIMUTH DE MÁXIMA RADIACIÓN	240
ÁNGULO DE RADIACIÓN	0
POLARIZACIÓN	Horizontal o Vertical
COBERTURA PRINCIPAL	Cotopaxi
POTENCIA DEL TRANSMISOR	43 dBm
PIRE	54 dBm
FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN	462,5 MHz
FRECUENCIA DE RECEPCIÓN	467,475 MHz
SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR	-120 dBm, 6 dBuV/m
MODELO DE PROPAGACIÓN	Okumura-Hata

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

Los parámetros técnicos del terminal usados para la obtención de la cobertura fueron:

Tabla 4.10 Parámetros Técnicos del Terminal

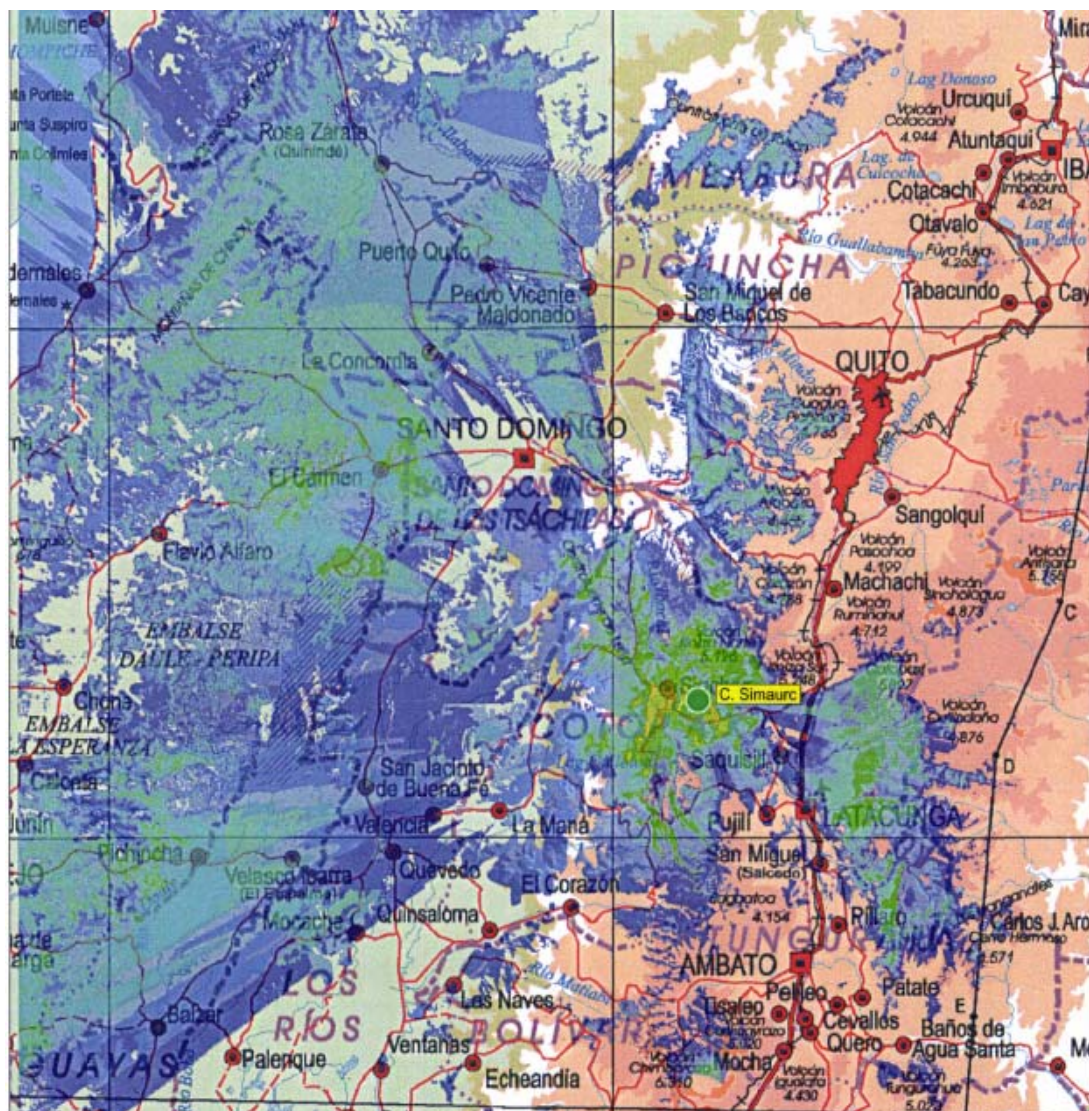
POTENCIA DEL TERMINAL	23 dBm
FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN	452,5 MHz
FRECUENCIA DE RECEPCIÓN	457,475 MHz
SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR	-118,46 dBm, 8 dBuV/m

Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

Los parámetros técnicos indicados se los obtuvieron de una investigación de productos existentes en el país proveídos por la empresa china Huawei.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del software indicado, son:

Figura 4.6. Cobertura CDMA 450 Cotopaxi



Elaboración: Diego Uribe, 03-2009

El Anexo 2 del presente estudio, muestra el gráfico de cobertura en formato tipo A4, con los niveles de densidad de potencia obtenidos.

Se puede apreciar que desde el punto de vista de la cobertura, con la instalación de esta radiobase, se sobrepasa los límites geográficos de la Provincia. Se debe recordar que la extensión de la provincia es de 6008 km².

Lo indicado lejos de ser lo óptimo, conlleva múltiples dificultades para el operador. Desde el punto de vista técnico, la principal dificultad que ocasionaría la instalación de esta estación base, es la gran cantidad de interferencia generada a los usuarios fijo-móvil en la sub-banda A de la banda 450 MHz, en todas las Provincias aledañas.

4.4.4.2 Tráfico

Desde el punto de vista tráfico de voz, se considera que una red CDMA 450 puede brindar el servicio a 3960 abonados por radiobase.

Sin embargo, el Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos; INEC,³⁷ efectuó en el año 2006, un estudio sobre las condiciones de vida de los ecuatorianos, considerando como línea de indigencia a los ingresos mensuales percibidos menores a US\$ 31,92 dólares de los Estados Unidos América, y línea de pobreza a los ingresos mensuales percibidos menores a US\$ 56,60 dólares de los Estados Unidos de América.

El resultado arrojó que la provincia de Cotopaxi, es una de las provincias más pobres del país, con 21,7% de nivel de indigencia y con 47,9% de nivel de pobreza. Con lo que, no se lograría en la principal zona de cobertura que cubre el cerro Simaurco, la cantidad de usuarios suficiente para sustentar la instalación de una radiobase CDMA 450.

De esta manera, se determina que desde el punto de vista económico inclusive, y bajo los parámetros indicados, no es viable la instalación de la tecnología CDMA 450

³⁷ www.inec.gov.ec

para brindar servicios de telecomunicaciones a la Provincia de Cotopaxi, puesto que el servicio no sería sostenible.

No se generaría la suficiente cantidad de tráfico, por el pequeño número de usuarios que requerirían el servicio, y sus ingresos no alcanzarían para cubrir el costo que implicaría para el operador indemnizar a los usuarios de los servicios “fijo-móvil” que ocupan la sub-banda A de 450 MHz.

4.5 Consideraciones técnicas adicionales

El análisis efectuado, robustece las apreciaciones ya indicadas a lo largo de este estudio, del por qué CDMA 450 es una solución apropiada de conectividad para áreas rurales.

A continuación se detalla lo indicado:

4.5.1 Tamaño de la celda. Las principales ventajas de usar 450 MHz son sus características de propagación y mejor penetración comparada con las frecuencias comúnmente utilizadas.

4.5.2 Tamaño flexible de las celdas. La tecnología CDMA, administra la capacidad y cobertura de la celda, por lo que puede adaptar dinámicamente este tamaño, ya sea para servir a grandes rangos cuando no se necesita usar el sistema a toda capacidad o para entregar alta capacidad cuando no se requieren grandes coberturas. El efecto de este encogimiento dinámico de celda se le conoce como *respiración de celda* y ocurre cuando más y más usuarios se conectan a la estación base y el tamaño de celda efectiva decrece.

4.5.3 Tecnología establecida. CDMA es una tecnología establecida, con muchas industrias, como Qualcomm, Huawei, ZTE, ALCATEL-LUCENT y otras que proveen economías de escala y soporte.

4.6 Otras consideraciones

De manera adicional a las características técnicas antes indicadas, es importante para el objeto de nuestro estudio, listar otras consideraciones que representan para el Ecuador, el uso tecnología CDMA 450 como herramienta para la extensión de las redes de los operadores y del acceso universal.

Por ello, a continuación se agruparán las consideraciones indicadas en aspectos económicos y sociales, señalando que aquello no es exclusivo y que necesariamente las tres consideraciones: técnicas, económicas y sociales, van relacionadas entre sí, y que en muchas ocasiones, aspectos técnicos que pueda sobrellevar el uso esta tecnología, ocasionan variaciones en los aspectos sociales y económicos; y viceversa.

4.6.1 Económicas

4.6.1.1 Volúmenes de terminales CDMA 450

CDMA se basa en una tecnología ya establecida de la familia CDMA2000, lo que quiere decir que la mayoría de los equipos de red gozan de los beneficios de un alto volumen de producción. Sin embargo, en lo que se refiere a los terminales CDMA 450, el volumen de producción es considerablemente menor que la producción de los terminales de las bandas competidoras 850 y 1900 MHz.

Afortunadamente, el problema inherente a bajas economías de escala se ha reducido sustancialmente en los últimos años con el crecimiento del número de usuarios que se incrementa rápidamente y se espera que se reduzca aún más en el futuro cercano.

4.6.1.2 Requerimiento de usuarios

Al igual que cualquier otra tecnología celular, para que sea eficiente económicamente, el número de usuarios debe superar un cierto umbral para el cual el costo de implementar la red sea justificado. En otras palabras, CDMA 450 debe exceder al menos unas pocas decenas de miles de usuarios; una pequeña localidad rural no ofrece tal cantidad de usuarios.

Lo que quiere decir que las redes a muy baja escala no son posibles, consideración que se determinó en el presente estudio, al encontrar que no es factible la instalación de esta tecnología en la provincia de Cotopaxi.

4.6.1.3 Costos de operación y mantenimiento

Las redes existentes por conmutación de circuitos, u orientadas a la conexión, representan para el operador elevados costos de operación y mantenimiento, OPEX, por sus características intrínsecas de operación y por la vulnerabilidad del medio de transmisión. Por ejemplo, cuando se rompe un cable en una determinada zona, se requiere abrir la totalidad de sus pares telefónicos instalados.

Lo indicado, implica desperdicio de recursos que no se emplean adecuadamente. Adicionalmente, no es del todo viable la realización del mantenimiento de las redes de cobre, debido a la vida útil de dicho material y a su fabricación.

De su parte, las redes inalámbricas de nueva generación; NGN; CDMA 450, basadas en la transmisión por paquetes, producen eficiencia en el manejo de sus costos operacionales; OPEX, ya que su gestión se realiza mediante software, utilizando centros de gestión. Basta con correr un comando o programarlo desde un computador, para que los operadores obtengan el detalle personalizado de la operación de la red.

Al permitir mayores velocidades de transmisión, las NGN brindan al operador una presión competitiva, ya que logran ofrecer nuevos servicios sobre el protocolo Internet; IP, evitando las desventajas ocasionadas por el encolamiento de paquetes y la saturación de las redes actuales, aspecto que se ve reflejado en la calidad del servicio.

4.6.1.4 Costos de capital

Desde el punto de vista de la inversión en cambio, la instalación de redes de nueva generación NGNs, conlleva bajos costos de capital CAPEX, y más aún considerando el hecho de que son redes inalámbricas.

Lo indicado, ocasiona que el operador obtenga alta retención de sus clientes, con bajos niveles de deserción; churn, gracias a la calidad con que se brindan sus servicios.

Permite altos niveles de ingreso por usuario; ARPU, porque se incrementa la demanda de servicios, con una alta satisfacción del cliente y mayor competencia, puesto que motiva a que los otros operadores, busquen alternativas tecnológicas para ofrecer mejores servicios.

Finalmente, permite que los operadores entreguen altos niveles de calidad de servicio mediante el uso de redes paquetizadas IP, lo que a su vez ocasiona que el Ente de Control del sector, implemente mejoras en sus acciones de control, para garantizar la prestación adecuada del servicio.

4.6.1.5 Ganancia económica del operador

Con el fin de determinar las ventajas económicas que permiten a los operadores la instalación de redes de nueva generación como CDMA 450, se planteó la siguiente fórmula:

$$\text{Ganancia} = (\text{Número de Suscriptores} * \text{ARPU}) - (\text{CAPEX} + \text{OPEX})$$

Donde:

ARPU: Ingreso promedio mensual por abonado

CAPEX; Costos de capital, inversión inicial.

OPEX: Costos de operación y mantenimiento.

Para fines académicos del ejercicio, se plantea que la primera parte de la ecuación, número de Suscriptores multiplicado por el ARPU, permanece constante por la prestación del servicio, tanto para redes de cobre por conmutación de circuitos orientadas a la conexión, como para redes de nueva generación que poseen conmutación de paquetes, ya que se considera que la red es concebida únicamente para brindar el servicio de telefonía fija, aspecto que como ya se ha explicado a lo largo de este estudio no ocurre en la práctica.

Con los antecedentes expuestos, resta por demostrar que los costos de inversión y de operación son mayores cuando se pretende instalar redes fijas de cobre, al compararla con la instalación de redes inalámbricas.

Se obtiene una visión más clara, al revisar cada uno de los ítems que se encuentran involucrados en los costos que representan para el operador un tendido de redes alámbricas, como son: obtención de permisos, rotura del terreno, tendido del medio de transmisión: cobre, cable coaxial o fibra óptica, relleno del terreno y puesta en marcha del sistema.

Las consideraciones indicadas, pasan desapercibidas al plantear el uso de tecnologías inalámbricas, donde al tener disponibilidad de espectro, se requiere únicamente la instalación de una estación base con su infraestructura. Además, hay que considerar que para esta tecnología es posible que los mismos usuarios realicen la instalación de sus terminales.

Lo indicado, demuestra las ventajas que para el operador representa la instalación de una tecnología inalámbrica en zonas de amplitud geográfica extensa, y con fuentes de tráfico dispersa, como son las zonas rurales.

Finalmente, con la instalación de redes inalámbricas de nueva generación, lo que es de esperar que ocurra es que el operador incremente su número de suscriptores y sus ingresos promedio mensual por abonado, ya que por ejemplo, el operador por la misma red brindará el servicio de telefonía fija y acceso a Internet, aumentando la primera parte de la ecuación planteada y maximizando sus ganancias.

Desde el punto de vista del operador, la instalación de redes NGN, permite además el manejo de economías de escala, debido al aumento de suscriptores, en aspectos como costo de terminales y categorización de usuarios por tiempo de uso y tipo de servicios.

4.6.2 Sociales

Como se ha indicado, con el uso de las redes de nueva generación NGN, CDMA 450, el usuario percibe excelente calidad de voz y privacidad, debido a las características técnicas de la red, como el manejo de paquetes sobre protocolo Internet, IP.

Con ello, la instalación de redes nueva generación permite los siguientes beneficios para el usuario:

- Bajos costos tanto por el terminal como por el servicio.
- Más comodidad debido a las ventajas que se le brinda, por ejemplo el hecho de recibir facturación única por el uso de varios servicios, con el detalle de su consumo.
- Abundantes planes para el servicio contratado, como voz e Internet, o voz y mensajes de texto.
- Valor personal. El usuario pasa a ser un cliente; y como tal, es la base de la empresa, concientiza al operador que sin clientes no hay negocio, invitándolo además a establecer planes de consumo personalizados.

Adicionalmente, se debe indicar que los seres humanos nos comunicamos mediante el uso de imágenes, sonidos y texto. Estas tres maneras han sido desarrolladas de manera independiente a lo largo de toda la evolución humana. Sin embargo, nunca antes como en la actualidad, se han desarrollado formas simultáneas de comunicación

Considerando lo indicado, el Ecuador, ha iniciado un proceso de cambio en todas sus áreas de producción, empezando por el cambio de su Constitución Política. Para el área telecomunicaciones, se esperan cambios que permitan que el sector ingrese en un desarrollo sostenible. Por ello, resulta prioritario que el gobierno dirija sus esfuerzos hacia llevar las redes de telecomunicaciones para todos los habitantes del país.

CONCLUSIONES

- De la investigación realizada cuya hipótesis fue: “El uso de la tecnología de acceso inalámbrico CDMA 450 permitirá la ampliación de las redes de los operadores para la prestación de los servicios de telecomunicaciones, es decir ampliación del acceso universal”, la evidencia empírica demuestra que efectivamente el uso de la tecnología de acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz; CDMA 450, permite al Ecuador extender la cobertura de las redes de los operadores de servicios, facilitando ampliar el acceso universal de telecomunicaciones.
- Ecuador es un país en vías de desarrollo que prioriza la ampliación del acceso universal de telecomunicaciones. El servicio universal es aún una meta por conseguir, sin embargo el uso de CDMA 450, permitirá extender la prestación del servicio de telefonía fija en las provincias de Chimborazo, Bolívar, Carchi, Imbabura, Napo, Orellana, Sucumbíos y Pastaza, según la disponibilidad de frecuencias en la banda 450 MHz para dichas provincias.
- El espectro radioeléctrico es un recurso escaso. Las políticas implementadas por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador, permiten el uso de la banda 450 MHz con la tecnología de acceso múltiple por división de código, obteniéndose de esa manera el mejor aprovechamiento de este recurso, ya que es utilizado actualmente para brindar el servicio de telefonía fija inalámbrica en lugar de su uso habitual, como medio de transmisión para la comunicación de radios de dos vías.
- La principal bondad de la tecnología de acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz, es que permite la extensión de las redes de los operadores con el uso de pocas estaciones base, sin embargo la relación portadora interferencia que presente el sistema, limita la incorporación de un número

extenso de usuarios. Por ello, su uso es adecuado en ambientes rurales con fuentes de tráfico limitado y disperso.

- Bajo la administración del gobierno actual, el Ecuador ha fortalecido la empresa pública en el sector telecomunicaciones, otorgándole la posibilidad de alcanzar nuevos abonados en todo el país con el uso de la tecnología CDMA 450. El tiempo brindará la posibilidad de juzgar sobre la validez de este hecho, sin embargo con este estudio se ha demostrado su viabilidad técnica.
- Utilizando el programa informático ICS Telecom, se realizó un estudio teórico para simular la instalación de la tecnología de acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz; CDMA 450, en las provincias de Cotopaxi y Galápagos, encontrándose viabilidad técnica para su instalación en Galápagos.
- CDMA 450 es una tecnología de amplio uso a nivel mundial, utilizada para la extensión de las redes de servicios de telecomunicaciones. En esta tesis se mostró su uso en Perú y Argentina, y en el cantón Cuenca de Ecuador.

RECOMENDACIONES

- El Estado Ecuatoriano debe implementar políticas que permitan el uso de las nuevas tecnologías, con el fin de conseguir ampliar el acceso y el servicio universal de telecomunicaciones, como las implementadas para el uso de la tecnología de acceso múltiple por división de código en la banda 450 MHz, CDMA 450.
- Los adelantos tecnológicos que permite el desarrollo de la microelectrónica, posibilitan el aparecimiento continuo de nuevas tecnologías de bajo costo. Este hecho, motiva el estudio de nuevas alternativas que permitan brindar servicios de telecomunicaciones a todos los sectores de la población, por lo que se recomienda la permanente actualización de este tipo de estudios.
- Las telecomunicaciones no son un fin, son un medio y más que ello una herramienta que en la medida en que son correctamente utilizadas, de mejor manera contribuirán al desarrollo de nuestros compatriotas. En este trabajo, se ha realizado el estudio de una tecnología que permita poner a disposición de la población las telecomunicaciones; sin embargo, se recomienda efectuar estudios que permitan la generación de contenidos adecuados que crucen por estas redes, para el mejor aprovechamiento de las herramientas tecnológicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Constitución Política de la República del Ecuador. 1998.
- Base de datos de frecuencias Siger, Dirección General de Radiocomunicaciones de la Superintendencia de Telecomunicaciones.
- Chillón Medina José María. Derecho de las Telecomunicaciones y de las Tecnologías de la Información. Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones Indotel. República Dominicana 2004.
- Comisión Europea. Libro verde sobre la convergencia de los sectores de telecomunicaciones, medios de comunicación y tecnologías de la información y sobre sus consecuencias para la reglamentación, Bélgica 1997.
- Comisión Federal de los Estados Unidos de Norteamérica, FCC, Acta de Telecomunicaciones. Concepto de servicio universal. Estados Unidos de Norteamérica 1996.
- Dirección General de Gestión del Espectro Radioeléctrico, DGGER, de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL, Informe Situación de la Banda de 450 – 512 MHz., 2008.
- Dirección General de Radiocomunicaciones, Superintendencia de Telecomunicaciones.
- Fillip Barbara, Foote Dennis. Elaborando la conexión, Telecentros para el desarrollo. Academia para el desarrollo educacional. Estados Unidos de Norteamérica. Marzo 2007.
- FODETEL. Reglamento del Fondo para el desarrollo de las telecomunicaciones en áreas rurales y urbano-marginales. Ecuador, 2000.
- Fornaresio Guillermo, Unión Internacional de Telecomunicaciones; UIT, Centro de Excelencia, 2008, Curso sobre Sistemas Inalámbricos y Multimedia de Tercera Generación / CDMA 450. Agosto 2008.
- GRETEL. “El nuevo marco regulatorio europeo de las Comunicaciones Electrónicas y su implantación en España”. Cuaderno 3. Revisión de la Definición y Análisis de los Mercados de Referencia. 2004
- Hank Intven McCarthy Tétrault, info Dev, Manual de regulación de Telecomunicaciones, Módulo 6 Servicio Universal. Nov 2000.
- Intendencia Regional Sur, Superintendencia de Telecomunicaciones, Informe sobre la Red CDMA 470 de ETAPA, 2008.
- Mesía Jorge, OSIPTEL, Seminario III Encuentro Regulatel, Guatemala, 4-6 diciembre 2006.
- Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones-OSIPTEL. Análisis del Sector de las Telecomunicaciones. Boletín Trimestral editado por la Gerencia de Políticas Regulatorias. Sub-Gerencia de Investigación. Perú, octubre-diciembre 2006.
- Pinzón Luis, Tendencias en Telecomunicaciones, Congreso Quito 2008.
- Qualcomm, Respuesta al Ministerio de Comunicaciones Colombiano en relación a su consulta sobre Banda de 450 MHz para los Servicios Fijos y Móviles para Comunicaciones Digitales en Áreas de Densidad Demográfica Baja, 20 de julio de 2007.
- Recomendación CITEL, CCP.II/REC. 10 (V-05). CCP.II-RADIO/doc. 733/05 rev.2
- REGULATEL, Nuevos modelos para el acceso universal en América Latina, 2005.
- Stern Peter, Conferencia Internacional “Conectando el futuro, estrategias para acortar la brecha de acceso a las telecomunicaciones”, Lima, 27 - 28 Noviembre 2006.

- Stern Peter A., Townsend David N. and Stephens Robert. Nuevos modelos para el acceso universal de los servicios de telecomunicaciones en América Latina, lecciones del pasado y recomendaciones para una nueva generación de programas de acceso universal para el siglo XXI. Resumen Ejecutivo. Foro Latinoamericano de Entes Reguladores de Telecomunicaciones- REGULATEL. noviembre 2006.
- Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL, Plan de desarrollo de las telecomunicaciones del Ecuador, 2008.
- Secretaría Nacional de Telecomunicaciones; SENATEL, Estadísticas de telefonía fija, 2009.
- Superintendencia de Telecomunicaciones, SUPTEL, Compendio histórico de las Telecomunicaciones en el Ecuador, 2007.
- Suplemento del Registro Oficial No. 336 de 14 de mayo de 2008.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT, Resumen del Informe Sobre el Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones 1998, Acceso Universal, Marzo de 1998.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-infoDev, Módulo sobre servicio universal. Herramienta de Regulación, abr 2008.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT-D, Directrices para facilitar la transición de las actuales redes móviles a las IMT-2000 en los países en desarrollo, 2006.

Páginas web:

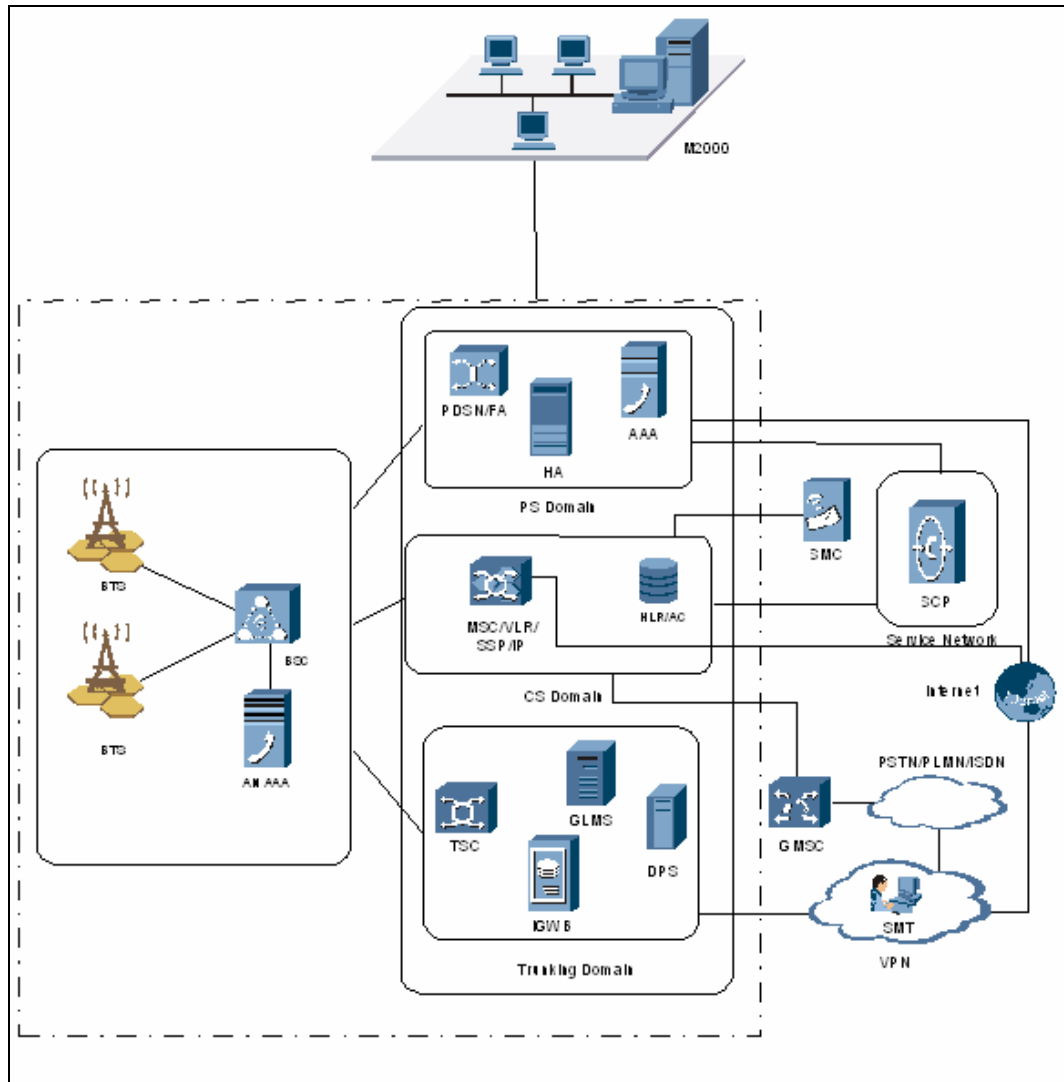
- <http://www.cdg.org/technology/3g/cdma450.asp> Artículo: “GOBIERNOS DE TODO EL MUNDO ELIGEN CDMA2000 EN LA BANDA DE 450MHZ PARA PROPORCIONAR SERVICIOS ECONÓMICOS DE VOZ Y DATOS” CDMA Development Group (CDG).
- <http://weblogs.cfired.org.ar/blog/archives/000723.php> Artículo: “ Lucent Technologies y Anatel presentaron resultados de la prueba con tecnología cdma450 para combatir la brecha digital en Brasil 06.07.2004.
- [www.ahciet.net/comun/pags/agenda/eventos/2006/143/ponencias/IVFOROAHCIET MOVIL CarlosKillian.ppt](http://www.ahciet.net/comun/pags/agenda/eventos/2006/143/ponencias/IVFOROAHCIET%20MOVIL%20CarlosKillian.ppt) Carlos Killian Director para América Latina y el Caribe “CDMA 450 Una Solución Para Servicio Universal”
- IV FORO IBEROAMERICANO AHCIET MOVIL 2006 Octubre, 2006.
- http://fjallfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-06-94A1.pdf FCC VoIP Universal Service Order
- <http://froilan.googlepages.com/cdma450> Artículo: Argentina estrena red CDMA 450
- <http://www.450world.org> Artículo: CDMA 2000
- <http://www.cdg.org> Artículo: CDMA 2000
- <http://www.citel.oas.org> Artículo: Comisión Interamericana de Telecomunicaciones
- <http://www.conatel.gov.ec> Artículo: Consejo Nacional de Telecomunicaciones
- <http://www.galapagos-islands-tourguide.com/mapa-de-galapagos.html> Artículo: Mapa de Galapagos
- <http://www.huawei.com> Artículo: Página Oficial de Huawei
- <http://www.inec.gov.ec> Artículo: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- <http://www.itu.int> Artículo: International Telecommunication Union
- http://www.zytrax.net/solutions/config/back_haul.htm Artículo: Back-Haul or Relay

ANEXO 1

Elementos de la red CDMA 450

La siguiente figura muestra la arquitectura de una red CDMA.

Figura A.1: Red CDMA 1X/1xEV-DO con sistema troncalizado digital



Fuente: www.huawei.com

A continuación se lista las funciones de los elementos en una red CDMA.

Tabla A.1: Funciones de los elementos en la Red CDMA

Elemento	Función
Base Transceiver Station (BTS) / Estación Base	La BTS es usada para transmitir y recibir señales de radio y para implementar la comunicación entre la red móvil y los terminales de abonado.
Base Station Controller (BSC) / Controlador de la Estación Base	La BSC se usa para implementar las siguientes funciones: • Controlar y administrar las BTS's. • Configurar conexiones de llamadas. • Implementar control de potencia. • Administrar recursos de radio. • Implementar handoffs que aseguran conexiones de radio confiables.
Mobile Switching Center (MSC) / Centro de Conmutación Móvil	El MSC se usa para implementar las siguientes funciones: • Configuración de llamada. • Selección de Rutas. • Asignación de Recursos de Radio. • Administración de movilidad. • Registro de Ubicación. • Conmutación de canales dentro de un área. • Generación de facturas. • Coordinación de servicios con la red telefónica. • Interfaz SS7 e interfaz de red.
Visitor Location Register (VLR) / Registro de Ubicación de Visitante	El VLR es una base de datos dinámica. Almacena la información de los suscriptores en su respectiva área MSC. El VLR está integrado físicamente con el MSC.
Service Switching Point (SSP) / Punto de Conmutación de Servicio.	El SSP es usado para detectar peticiones de servicio inteligente, para comunicarse con el SCP, y para responder a las peticiones de servicio del SCP. Un SSP proporciona control de llamadas y conmutación de servicio. El SSP está integrado físicamente con el MSC/VLR.
Intelligent Peripheral (IP) / Periférico Inteligente	El IP está integrado físicamente con el MSC como una unidad funcional de red. A través de la interfaz interna, el IP proporciona recursos dedicados al SSP para implementar servicios inteligentes.
Home Location Register (HLR) / Registro de Ubicación Principal	El HLR es una base de datos para administración de suscriptores móviles. Almacena la información de suscripción, estado del suscriptor, e información de la ubicación de la estación de abonado.
Authentication Center (AC) / Centro de Autenticación	El AC maneja la información necesaria para la autenticación del suscriptor. Físicamente se encuentra integrada con el HLR.
Short Message Center (SMC) / Centro de Mensajes Cortos	El SMC es usado para guardar y retransmitir mensajes cortos de texto. También proporciona servicios suplementarios relacionados.
Service Control Point (SCP) / Punto de Control de Servicio	El SCP es el componente central de la red inteligente. Implementa las siguientes funciones: • Guarda información del suscriptor. • Recibe las peticiones del SSP y las decodifica. • Inicializa el servicio de acuerdo al evento reportado por el SSP y configura llamadas inteligentes mediante el envío de instrucciones de control hacia el SSP de acuerdo al servicio.

Elemento	Función
Gateway Mobile Switching Center (GMSC) / Centro de Conmutación de Compuerta Móvil	El GMSC pide la información de enrutamiento de un suscriptor y provee interconexión entre redes.
Packet Data Serving Node (PDSN) / Nodo de Servicio de Paquete de Datos	El PDSN es un gateway usado para conectar la red móvil y el backbone de la red IP. Proporciona el acceso a servicios de paquetes de datos para suscriptores móviles.
Home Agent (HA) / Agente Principal	El HA provee la interfaz entre la red móvil y el Internet. Es un nodo auxiliar para suscriptores móviles para acceder al Internet. Soporta retransmisión de datos downlink en modo túnel IP móvil y retransmisión de datos uplink mediante túnel reverso.
Authentication, Authorization and Accounting (AAA) / Autenticación, Autorización y Contabilización	EL servidor AAA tiene un gran desempeño en la verificación remota para suscriptores dial-in. Provee autenticación, autorización, contabilización y servicios de información de valor agregado. Soporta múltiples tipos de bases de datos y permite operaciones flexibles.
Trunk Switching Center (TSC) / Centro de Switching de Enlace	El TSC se utiliza para procesar señalización de llamadas de enlace e implementar distribución de información de llamadas de enlace. Un TSC puede conectarse con múltiples PCFs.
Group and List Management Server (GLMS) / Servidor de Administración de Grupo y Lista	El GLMS se usa para administrar información acerca de: • Grupo de enlace. • Suscriptores del servicio de enlace. • Despachador. • Red Privada Virtual (VPN).
iGateway Bill (iGWB) / Compuerta de Cobros	La iGWB se utiliza para recolectar, almacenar, filtrar, clasificar y enviar cuentas.
Dispatcher Server (DPS) / Servidor Despachador	La DPS se utiliza para implementar las siguientes funciones: • Configuración de llamada y conversión de voz. • Transferencia de llamadas y conexión con la red pública. • Transferencia de comandos de control de sesión. • Transferencia de información del estado de sesión de enlace.
Service Maintenance Terminal (SMT) / Terminal de Mantenimiento de Servicio	El SMT permite al administrador y al operador administrar la información de suscriptores, grupos, áreas de ubicación y demás información relacionada.
iManager M2000 (M2000) / Administrador M2000	El M2000 es la plataforma centralizada de administración para la red. El M2000 se usa para implementar las siguientes funciones: • Administrador centralizado de averías • Administrador centralizado de desempeño • Administrador centralizado de configuración • Administrador centralizado de topología • Administrador centralizado de seguridad • Administrador del sistema

Fuente: www.huawei.org

ANEXO

UBIC. Tx.: Cerro Crocker
Coord.: 90°19'27" W; 00°38'28" S
Altura: 847 m.s.n.m.
Azimut de máxima radiación:
Omnidireccional
Angulo de inclinación: 0°
Polarización: Circular
Cobertura Principal: Isla Santa Cruz
Potencia de tx: 43 dBm
P.I.R.E.: 54 dBm
Ganancia: 11 dBi



Interference

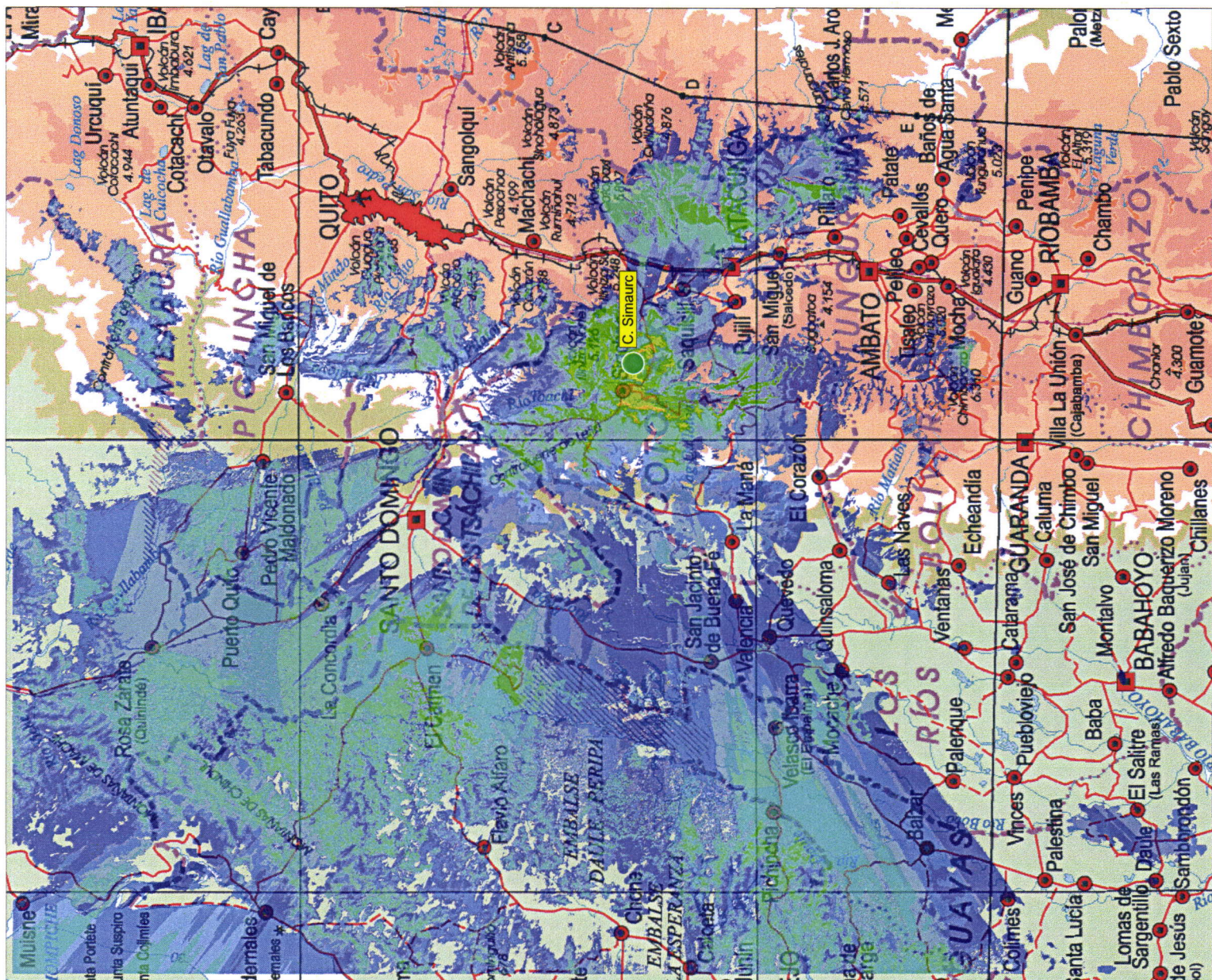


COBERTURA CDMA

ANEXO

UBIC. Tx.: Cerro Simaurco
 Coord.: 78°50'00" W; 00°43'55" S
 Altura: 3960 m.s.n.m.
 Azimut de máxima radiación: 240°
 Angulo de inclinación: 0°
 Polarización: Lineal H / V
 Cobertura Principal: Cotopaxi
 Potencia de tx: 43 dBm
 P.I.R.E.: 54 dBm
 Ganancia: 11 dBi

50 km



ANEXO III

Redes de Backhaul

El término Backhaul es usado en telecomunicaciones para definir la red que interconecta diferentes redes locales entre sí, a la red principal del operador, o backbone, utilizando diferentes tipos de tecnologías alámbricas o inalámbricas.

En una red de telecomunicaciones con determinada jerarquía, el backhaul de la red comprende las uniones entre el núcleo, o columna vertebral de la red y pequeñas subredes secundarias ubicadas en los filos de la red jerárquica entera.

Por ejemplo, mientras que los teléfonos celulares que se comunican con una sola torre constituyen una subred local, en la conexión entre la torre celular y el resto del mundo comienza con la unión del backhaul al núcleo de la red de la operadora móvil.

Si se visualiza la red jerárquica entera como un esqueleto humano, la red del núcleo sería la espina dorsal, en tanto que las uniones del backhaul serían los miembros, las redes del borde serían las manos y los pies, y las uniones individuales dentro de esas redes del borde serían los dedos de las manos y los pies.

La opción de la tecnología backhaul debe tomar en cuenta parámetros como la capacidad, costo, alcance, y la necesidad de los recursos como espectro de frecuencias, fibra óptica, cableado, y los derechos de paso.

III.1 Tipos de redes de backhaul

Las tecnologías de backhaul incluyen:

- Transmisión microonda punto a punto (terrestre o, en algunos casos, por satélite).
- Tecnologías microonda punto a multipunto como son LMDS, WiFi, WiMAX, etc., utilizadas para enlazar varios puntos geográficos que generan llamadas a un nodo central.

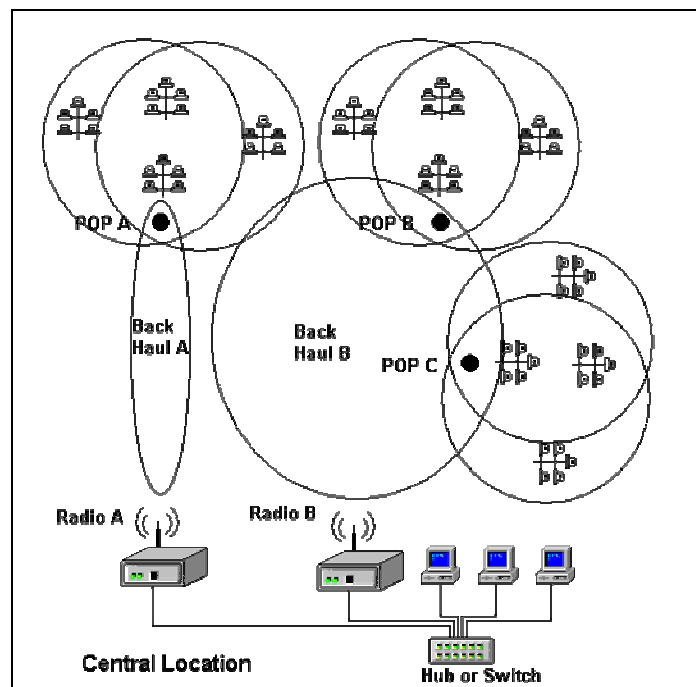
- Variantes de la tecnología de línea suscriptor de abonado DSL, tales como ADSL y SHDSL.
- Interfaces de PDH y de SDH/SONET, tales como fracciones de E1/T1, E3, T3, STM-1/OC-3, sobre cable o fibra óptica, etc.
- Redes satelitales.

En definitiva, las redes de backhaul son usadas para el traslado de información desde un punto de presencia o concentración POP, hasta una ubicación central.

El siguiente diagrama muestra dos posibles configuraciones:

- Una conexión backhaul directa desde el punto de concentración, POP A.
- Una más grande red backhaul que escoge el tráfico de los puntos de concentración, POPs B y C.

Figura A.2 Tipos de redes de Backhaul



Fuente: http://www.zytrax.net/solutions/config/back_haul.htm

Cada uno de los POPs pueden ser un punto de concentración para una red multi célula o también podrían ser una ubicación remota fuera del rango de rentabilidad de la localización central.

Cada una de las conexiones de la red backhaul pueden ser una simple conexión punto a punto o una conexión multi enlace.

Las redes de Backhaul pueden ser siempre instaladas en diferentes configuraciones, con el fin de minimizar el tráfico de la red.

III.2. Aplicaciones

Las redes de backhaul ofrecen la posibilidad de extender servicios de telecomunicaciones como: Internet, configuraciones Intranet o Extranet, redes de Acceso de proveedores de servicios de Internet ISP. Redes de área local LAN-LAN distribuidas, seguridad, telemetría, y redes de largo alcance.¹

Las redes de backhaul ofrecen la oportunidad de reducir costos operacionales así como también la entrega de nuevos servicios rentables. Con estos antecedentes, el paisaje competitivo en el mercado inalámbrico obliga a los proveedores de servicios a buscar nuevas maneras de crecer y optimizar sus redes de acceso backhaul.

De igual manera, el crecimiento rápido en el número y la diversidad de los sitios de las redes celulares y las plataformas de conmutación, está teniendo una influencia correspondiente en el tamaño y la complejidad de la transmisión backhaul y las redes de área extendida, WANs.

III.3 Backhaul en redes inalámbricas

La red de backhaul en redes que hacen uso del espectro radioeléctrico como medio de transmisión, se define como la porción de la red que interconecta las diferentes plataformas de radio frecuencia RF de los portadores con el núcleo.

¹ http://www.zytrax.net/solutions/config/back_haul.htm

Esta parte de la infraestructura de la red lleva llamadas inalámbricas desde las plataformas de servicio RF hasta la central de transmisión móvil MSC, y posteriormente al correspondiente punto de terminación del servicio como la red de telefonía básica conmutada, PSTN y el Internet.

Por todo lo indicado, las redes de backhaul toman especial importancia en el diseño de de soluciones inalámbricas como CDMA 450, objeto de nuestro estudio. Su adecuada selección, permite mejor ubicación de los sitios a los cuales se brindará servicio, lo que a su vez posibilita ahorros de costos en la inversión del proyecto.

Se debe tener en cuenta que, una vez decidida la distribución de los sitios en el área de cobertura CDMA 450, la red de backhaul es la encargada de realizar el vínculo entre las estaciones base y los otros elementos de la red CDMA 450, por lo que su diseño deberá ser tal que no se constituya en un factor limitante o facilite el bloqueo de una comunicación.².

Con el fin de evidenciar que el uso de la tecnología CDMA 450, contribuirá a extender las redes de los operadores de servicios de telecomunicaciones con el fin de ampliar el acceso universal de telecomunicaciones, la elección de una red de backhaul o retorno contribuirá no sólo a garantizar la adecuada calidad de servicio que reciban estas necesitadas zonas de comunicación, sino a la disminución de costos.

En ese sentido, se debe enumerar los componentes técnicos que forman parte de una red CDMA 450, mismos que debido a su detalle técnico, se presentan en el Anexo 1 del presente estudio.

La aplicación de las redes de *backhaul* se detalla en el Capítulo IV del presente estudio, en el cual se evidencia la elección de esta red, dependiendo de la ubicación geográfica del sitio al cual se brindará servicio.

² Fornaresio Guillermo, Curso sobre CDMA 450, Capítulo IV, pág 19