

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERIA INFORMATICA

ANALISIS DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACION DE UNA RED DE COMUNICACION MOVIL CELULAR CDMA 2000 1X EN BANDA PCS PARA LA ZONA DE PILLARO EN LA PROVINCIA DEL TUNGURAHUA

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
INFORMATICA MENCION REDES DE INFORMACION**

LUNIX EFREN ORTIZ GUAMANCELA

DIRECTOR: ING. JUAN HERRERA

Quito, Marzo del 2007

DECLARACIÓN

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

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

LUNIX EFREN ORTIZ GUAMANCELA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor ORTIZ GUAMANCELA LUNIX EFREN, bajo mi supervisión.

Ing. Juan Herrera
DIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre, quien en vida estuvo siempre apoyándome y motivándome en el alcance de mis aspiraciones personales.

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que colaboraron en la realización de este Proyecto de Investigación.

CONTENIDO

	Página
CAPITULO I	
MARCO TEORICO	
1.1	INTRODUCCIÓN 1
1.1.1	ANTECEDENTES 1
1.1.2	SITUACION ACTUAL DE TELECSA 4
1.1.3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 7
1.1.4	OBJETIVO DEL PROYECTO 9
1.1.5	ALCANCE DEL PROYECTO 11
1.1.6	HIPOTESIS 12
1.1.7	LIMITACIONES 13
1.2	REDES CDMA 15
1.2.1	INTRODUCCIÓN 15
1.2.2	TECNOLOGÍAS DE MULTIPLEXACIÓN 16
1.2.2.1	Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA) 16
1.2.2.2	Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) 17
1.2.2.3	Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) 17
1.2.3	GENERACIONES CELULARES 18
1.2.3.1	Generación 3G 18
1.2.4	EL ESTÁNDAR CDMA 20
1.2.4.1	Resumen de Revisiones 21
1.2.4.2	El estándar CDMA 2000 22
1.2.4.3	El estándar CDMA 2000 1X 23
1.2.5	SERVICIO MOVIL AVANZADO – SMA 24
1.2.6	ATRIBUTOS DE LOS SISTEMAS CDMA 26
1.2.6.1	Información Paquetizada 26
1.2.6.2	Seguridad y Privacidad 26
1.2.6.3	Control de Nivel de Potencia 26
1.2.6.4	Bajo consumo de potencia en las terminales 27
1.2.6.5	Amplia cobertura con pocas celdas 27
1.2.6.6	Reducción del Índice de Caída de Llamadas 28
1.2.6.7	Distribución del Ancho de Banda por Demanda 28
1.2.7	CDMA VERSUS GSM 29
1.2.8	DESCRIPCION DE LA RED CDMA 30
1.2.8.1	Sub redes de la red CDMA 30
1.2.8.2	Descripción de Nodos 32
1.2.8.3	Esquema de la arquitectura del sistema CDMA 34
1.2.8.4	Interoperabilidad en la Red CDMA 35
1.2.8.5	Señalización en la Interfaz de Aire 36
	Página

1.2.8.6	Relación con el Modelo OSI	37
1.2.8.7	Vocoders Enhanced Variable Rate Code (EVRC)	38
1.2.8.7.1	Vocoders Code Excited Linear Predictive Codec (Tecnología CELP) ..	39
1.2.8.8	Canales del Acople de Envío "Forward Link Channels"	40
1.2.8.9	Canales de Acople Reverso "Reverse Link Channels"	42
1.2.9	CONTROL DE POTENCIA EN CDMA	44
1.2.9.1	Cobertura y el problema Cerca –Lejos	44
1.2.9.2	Control de Potencia - Loop (Lazo) Abierto	45
1.2.9.3	Control de Potencia: Loop(Lazo) Cerrado	45
1.2.9.4	Control de Potencia en el Reverse Link - Loop Abierto	46
1.2.9.5	Control de Potencia en el Reverse Link - Loop Interno y Externo	46
1.2.9.6	Control de Potencia en el Forward Link - Loop Abierto	46
1.2.9.7	Soft Handoff y la Diversidad Espacial	47
1.2.10	REGISTRO DEL MOVIL EN CDMA	48
1.2.10.1	Autenticación de Acceso	48
1.2.10.2	Tipos de Registro de la Estación Móvil (MS)	49
1.3	CRITERIOS DE DISEÑO PARA REDES CDMA.....	50
1.3.1	FLUJO DEL PROCESO DE DISEÑO	53
1.3.2	MÓDULOS DEL PROCESO	54
1.3.2.1	Análisis de Requisitos	54
1.3.2.2	Simulación de Escenarios	54
1.3.2.3	Cálculo de Capacidad en Nodos	54
1.3.2.4	Planificación de la Red de Tráfico	55
1.3.2.5	Planificación de la Red de datos Modo Paquete	55
1.3.2.6	Planificación de la Red de Señalización	56
1.3.2.7	Planificación Lógica de ATM e IP	56
1.3.2.8	Dimensionamiento de equipos de "Hardware" para Nodos	57

CAPITULO II

PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1	ANÁLISIS DEL FACTOR FÍSICO Y TOPOGRÁFICO	58
2.1.1	GEOGRAFÍA Y DEMOGRAFÍA	58
2.1.2	PROYECCIÓN MACRO	59
2.1.3	ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DEL SERVICIO POR DEMANDA	62
2.2	DIMENSION DE CAPACIDAD	69
2.2.1	CAPACIDAD	69
2.2.2	FORWARD LINK Y REVERSE LINK	70
2.2.3	CAPACIDAD ESPECTRAL DEL FORWARD LINK	71

2.2.4	CAPACIDAD ESPECTRAL DEL REVERSE LINK	72
2.2.4.1	Frecuencia de Re- uso	73
2.2.4.2	Carga del "Reverse Link"	74
2.2.5	CAPACIDAD DEL FORWAR LINK VERSUS REVERSE LINK	76
2.3	ALCANCE DE COBERTURA	76
2.3.1	COBERTURA	77
2.3.2	COBERTURA DEL FORWARD LINK (CDMA FORWARD COVERAGE)	78
2.3.3	FORWARD LINK BUDGET	80
2.3.4	MULTITRAYECTORIAS DE PROPAGACIÓN	82
2.3.5	BORDE DE CONFIANZA DE LA CELDA. "CELL EDGE CONFIDENCE (CEC)"	83
2.3.6	SOFT HANDOFF	84
2.3.7	SOFTER HANDOFF	84
2.3.8	DISPONIBILIDAD DEL ÁREA DE CELDA (CELL AREA AVAILABILITY -CCA)	85
2.3.9	RESUMEN DE VALORES TÍPICOS	86
2.3.10	FACTOR DE PENETRACIÓN PARA COBERTURA INDOOR	87
2.3.11	COBERTURA DE CANALES SUPLEMENTARIOS	87
2.3.12	COBERTURA DEL REVERSE LINK (CDMA REVERSE COVERAGE)	88
2.3.13	REVERSE LINK BUDGET	88
2.3.14	MODELOS DE PROPAGACIÓN	90
2.4	DISEÑO DE LA RED CDMA	91
2.4.1	DIMENSIÓN (CAPACIDAD) DE VOZ Y TRÁFICO DE DATOS SEPARADAMENTE	92
2.4.2	DIMENSIÓN (CAPACIDAD) DE VOZ Y TRÁFICO DE DATOS EN CONJUNTO	92
2.4.3	DATOS DE ENTRADA PARA EL DISEÑO DE COBERTURA	92
2.4.4	SPREAD SHEET DE CÁLCULO	93

CAPITULO III

ANALISIS DEL COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO

3.1	ANALISIS DEL COSTO DEL PROYECTO	96
3.1.1	COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	97
3.1.2	COSTOS DE LA ESTRATEGIA COMERCIAL	98
3.1.2.1	Costos de Publicidad	98
	COSTOS DE LA RED DE COMERCIALIZACIÓN	102

Página

3.1.3		
3.2	ANALISIS DEL BENEFICIO DEL PROYECTO	104
3.2.1	BENEFICIOS DEL PLAN DE NEGOCIOS	104
3.3	CONSIDERACIONES DEL ANALISIS COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO	107
3.3.1	CÁLCULO DE LA RELACION B/C	108
3.3.2	CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)	109
3.3.3	CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	111
3.3.4	3.3.4 CÁLCULO DEL PERIODO DE RETORNO DE INVERSION (PRI)	113
3.3.5	CALCULO DEL ROI	114

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	CONCLUSIONES	115
4.2	RECOMENDACIONES	118
	GLOSARIO DE TÉRMINOS	120
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	123

INDICE DE ANEXOS

ANEXO	TITULO	Página
Anexo 1	ESPECIFICACIONES DE LA RED DE ACCESO	125
Anexo 2	ASIGNACIONES DEL ESPECTRO	134
Anexo 3	MENSAJES DE REGISTRO SOBRE LA INTERFAZ DE AIRE	140
Anexo 4	MODELOS DE PROPAGACIÓN	143
Anexo 5	ECUACIONES DE DIMENSIONAMIENTO DE TRÁFICO DE VOZ	145
Anexo 6	CONSIDERACIONES PARA DISEÑO DE COBERTURA INDOOR	148
Anexo 7	DIMENSIÓN DE CAPACIDAD (SPREAD SHEET)	150
Anexo 8	ESTUDIO DE MERCADO (RESULTADOS DE ENCUESTAS)	152

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
CAPITULO I		
1.1	<i>Usuarios de telefonía móvil en el Ecuador – 2002</i>	1
1.2	<i>Abonados de telefonía Móvil-América Latina-2001</i>	2
1.3	<i>Evolución del mercado de telefonía móvil en Ecuador</i>	3
1.4	<i>Crecimiento de la telefonía móvil en el Ecuador (2006)</i>	6
1.5	<i>Participación de mercado – Telefonía Móvil – Ecuador 2006</i>	7
1.6	<i>Proyección de cobertura Alegro PCS- 2004-2005-2006</i>	9
1.7	<i>Mapa de Cobertura - Alegro PCS-Dic-2006</i>	10
1.8	<i>Comunicación inalámbrica</i>	15
1.9	<i>Técnicas de Multiplexación (FDMA)</i>	17
1.10	<i>Técnicas de Multiplexación (TDMA)</i>	17
1.11	<i>Técnicas de Multiplexación (CDMA)</i>	18
1.12	<i>Evolución de las tecnologías</i>	19
1.13	<i>Evolución global de la 3G</i>	19
1.14	<i>Soft Handof</i>	29
1.15	<i>Multitrayectos de la señal</i>	29
1.16	<i>Solución CDMA</i>	31
1.17	<i>Arquitectura del Sistema CDMA</i>	34
1.18	<i>Interoperabilidad CDMA</i>	35
1.19	<i>Arquitectura OSI en CDMA</i>	37
1.20	<i>Función de la Arquitectura OSI en CDMA</i>	37
1.21	<i>Actividad del Vocoder</i>	38
1.22	<i>Canales del acople de envío “Forward Link Channels”</i>	40
1.23	<i>Canales del acople reverso “Reverse Link Channnels”</i>	42
1.24	<i>Radio de Cobertura</i>	44
1.25	<i>Potencia - Loop abierto</i>	45
1.26	<i>Potencia - Loop cerrado</i>	45
1.27	<i>Soft handoff por control de potencia entre celdas</i>	47
1.28	<i>Registro del móvil en el módulo de autenticación HLR</i>	49
1.29	<i>Información necesaria para Consultoría de Redes “Core”</i>	53
CAPITULO II		
2.1	<i>Factores Físicos</i>	58
2.2	<i>Ubicación Geográfica de Pillaro</i>	59
2.3	<i>Mapa del área en estudio</i>	62
2.4	<i>Cobertura de la competencia</i>	64
2.5	<i>Radio bases de la competencia</i>	64
2.6	<i>Cobertura Alegro PCS - Fase B (Escenario 2)</i>	66
2.7	<i>Distribución de las RBS Alegro PCS</i>	67
2.8	<i>Tipos de Recurso de Red</i>	70

2.9	<i>Ecuación de Capacidad del “Forward Link”</i>	72
2.10	<i>Frecuencia de re-uso</i>	74
2.11	<i>Carga del “Reverse Link”</i>	75
2.12	<i>Ecuación de cálculo de capacidad del “Reverse Link”</i>	75
2.13	<i>Comunicación entre Base “Transceiver Station” y “Mobile Station”</i>	77
2.14	<i>RSSI en CDMA</i>	79
2.15	<i>Potencia en el Forward Link Budget</i>	80
2.16	<i>CDMA2000® Forward Link Budget</i>	81
2.17	<i>Multitrayectorias de propagación</i>	82
2.18	<i>Cell Edge Confidence Bell</i>	83
2.19	<i>Cell Edge Confidence</i>	84
2.20	<i>Soft and Softer Handoff</i>	85
2.21	<i>Disponibilidad del área de celda</i>	86
2.22	<i>Factor de penetración para cobertura en edificios</i>	87
2.23	<i>Cobertura canales suplementarios</i>	88
2.24a	<i>Reverse Link Budget</i>	89
2.24b	<i>Reverse Link Budget</i>	89
2.25	<i>Distribución de las RBS Alegre PCS- Sierra Central -Fase C</i>	94
2.26	<i>Cobertura Alegre PCS – Sierra Central - Fase C</i>	94

CAPITULO III

3.1	<i>Factor de penetración de los medios</i>	99
-----	--	----

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
CAPITULO I		
1.1	<i>Abonados de Telefonía Móvil</i>	5
1.2	<i>Abonados de Servicio Móvil Avanzado (SMA) – 2006</i>	6
1.3	<i>Diferencias entre CDMA 2000 1xEV-DO y CDMA 2000 1X</i>	24
CAPITULO II		
2.1	<i>Distribución de población urbana y rural por provincia</i>	63
2.2	<i>Capacidad en CDMA</i>	76
2.3	<i>Resumen de Valores Típicos</i>	86
2.4	<i>Morfología básica</i>	91
2.5	<i>Celdas por Población – Ruta Quito – Riobamba</i>	95

CAPITULO III

3.1	<i>Presupuestos - Proyecto de expansión en Pillaro.....</i>	97
3.2	<i>Diarios de mayor circulación en el Ecuador.....</i>	99
3.3	<i>Resumen de costos de la estrategia comercial al término de la implementación del proyecto.....</i>	103
3.4	<i>Proyecciones de Ventas.....</i>	106
3.5	<i>Proyecciones de Ingresos.....</i>	107
3.6	<i>Análisis Costo / Beneficio.....</i>	109
3.7	<i>Cálculo del Flujo de Caja Neto del Proyecto.....</i>	111
3.8	<i>Cálculo del VAN y TIR.....</i>	112

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene por objetivo diseñar una propuesta tecnológica de comunicación CDMA considerando los parámetros de capacidad y cobertura para atender un tráfico estimado de llamadas en el lugar de estudio y determinar la factibilidad de implementación de la propuesta a través de un análisis del costo versus el beneficio de ejecución del proyecto.

Se propone una base teórica suficiente para llevar adelante las actividades que se describen a continuación en el resumen de los capítulos, considerando que el presente trabajo es un proyecto de expansión de la cobertura de servicios de telefonía móvil ya existentes.

En el capítulo 1 se expone algunos criterios sobre la situación actual de la empresa auspiciante, e identificamos la problemática que nos motiva a desarrollar este trabajo.

Adicionalmente se describe de manera general los principios de comunicación en redes CDMA, sus componentes, características y estándares por los que han estado gobernadas en su camino hacia la evolución de los sistemas de tercera generación.

Para familiarizarse con el vocabulario utilizado, se incluyen algunas definiciones importantes, ya que se las utiliza con frecuencia durante el desarrollo de este proyecto.

Finalmente se explica como interactúan los componentes de una red CDMA a través de la interfaz de aire, y se define algunos criterios importantes para el diseño de redes CDMA.

El capítulo 2 contiene el marco teórico – práctico en base al cual se efectuará el diseño de la red CDMA, mencionando la importancia de nuestro trabajo como parte del plan de expansión a nivel nacional de la empresa auspiciante. Por este motivo nuestro trabajo se enfoca básicamente a dos aspectos importantes; el primero es el dimensionamiento de capacidad de la red y el segundo es el dimensionamiento de cobertura de la red. Estos dos aspectos son analizados en detalle para el caso de estudio como ejemplo referencial del proyecto de expansión del servicio que actualmente lleva a cabo la empresa auspiciante.

El capítulo 3 determina la factibilidad del proyecto a través del análisis Costo/ Beneficio, método en el cual se efectúa un cálculo total de los costos implícitos en la implementación del proyecto y el cálculo del beneficio total del proyecto en el periodo de 3 años.

Los valores de costo total y beneficio total del proyecto son expresados en dólares y traídos a valor presente para un mejor análisis de la relación Costo / Beneficio.

El análisis también es soportado por un estudio de mercado y un plan comercial estimado dentro del mismo período de 3 años.

El capítulo 4 recoge las conclusiones producto de este trabajo, sin dejar de lado las recomendaciones que sugieren los resultados del estudio de mercado efectuado como parte del proyecto, expresados en este capítulo con el propósito de completar, reforzar o ampliar el alcance de las proyecciones del actual plan de expansión (año 2007) de la empresa auspiciante.

PRESENTACIÓN

Alegro PCS es el nombre comercial de Telecomunicaciones Móviles del Ecuador, *TELECSA S.A.*, concesionaria del Estado Ecuatoriano para la prestación del Servicio Móvil Avanzado (SMA).

El Sistema de Comunicación Personal o PCS (siglas en inglés Personal Communication System) es el nombre dado a la tecnología y a los servicios inalámbricos que operan en la banda de los 1.900 MHz.

En la actualidad en el Ecuador existen tres operadoras de telefonía celular, OTECEL, CONECEL y TELECSA que a mediados del 2006 definieron sus participaciones en el mercado de telefonía celular, de acuerdo a la siguiente información del CONATEL.

La empresa OTECEL cuya marca comercial es conocida como Movistar, poseía 2'533.017 usuarios.

La empresa CONECEL con marca comercial PORTA disponía de 4'923.656 abonados.

La empresa de Servicios Móviles Avanzados TELECSA, con nombre comercial ALEGRO poseía 277.841 abonados a julio de 2.006.

La densidad de penetración de telefonía móvil en el Ecuador en ese entonces llega aproximadamente al 58%, siendo el servicio de telecomunicaciones con mayor índice de penetración.

Desde esta perspectiva, el objetivo de este trabajo de investigación ha sido analizar la factibilidad de que Alegro PCS incremente su participación en el mercado a través de un plan de expansión de cobertura de sus servicios, tomando como ejemplo de referencia el análisis específico de factibilidad de implementación de cobertura en una población rural de la provincia del

Tungurahua, que en la actualidad no cuenta con disponibilidad del servicio de telefonía móvil que Alegro PCS ofrece en las principales ciudades del país.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 INTRODUCCION

1.1.1 ANTECEDENTES

Ecuador ha registrado un importante crecimiento del mercado de telefonía móvil en los últimos años. Es así que de acuerdo a las estadísticas del CONATEL, entre los años 1996 y 2002 el número de usuarios de telefonía móvil aumentó más de 26 veces, al pasar de 60.000 abonados en 1996 hasta aproximadamente 1,5 millones de usuarios en el año 2002.

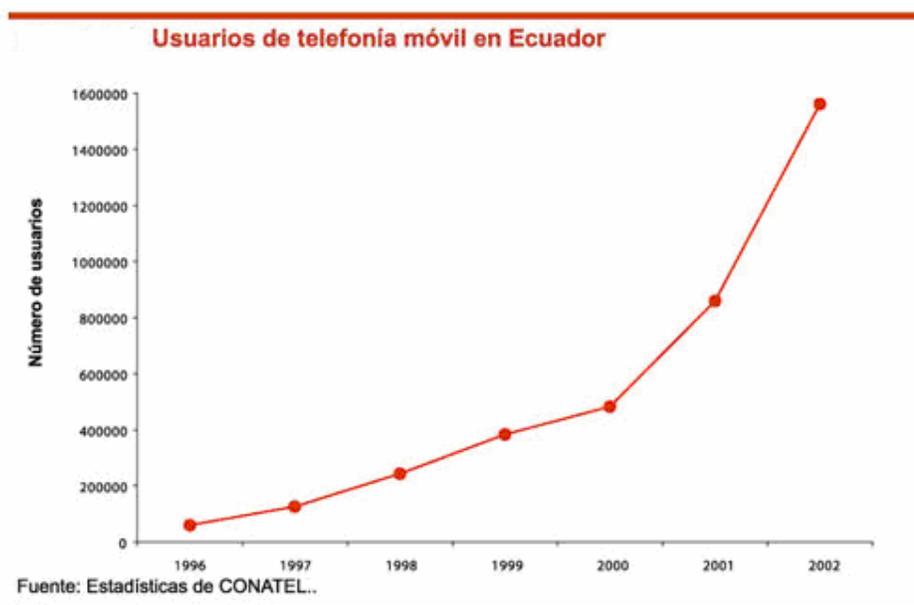


Fig. 1.1 Usuarios de telefonía móvil en el Ecuador - 2002

Fuente: http://www.micip.gov.ec/onudi_libros/competitividad/654.htm

Sin embargo, a pesar de éste inmenso crecimiento, el desempeño de la industria de telefonía celular en el Ecuador era aún menor comparado con otros países. En el 2001 Ecuador se encontraba entre los cuatro países de América Latina con el menor número de abonados de telefonía celular por cada mil personas. Chile, que lideraba las estadísticas en el año 2001 tenía 342 celulares por cada mil habitantes y contaba con 11 veces más usuarios por mil habitantes que Ecuador en ese mismo año.

Abonados de telefonía móvil por mil personas

Ranking 2001	Ranking 1999	País	2001	1999
1	2	Chile	342	150
2	1	Venezuela, RB	263	160
3	9	México	217	79
4	7	Panamá	207	83
5	8	Paraguay	204	81
6	3	Argentina	193	121
7	5	Brasil	167	89
8	4	Uruguay	155	95
9	11	República Dominicana	146	51
10	6	El Salvador	125	83
11	16	Guatemala	97	30
12	10	Bolivia	90	52
13	12	Colombia	76	47
14	13	Costa Rica	76	35
15	15	Ecuador	67	31
16	14	Perú	59	33
17	17	Honduras	36	12
18	18	Nicaragua	30	9
Promedio			142	69

Fuente: Banco Mundial (2002).

Fig. 1.2. Abonados de telefonía Móvil-América Latina-2001

Fuente: http://www.hoy.com.ec/NotiDinero.asp?row_id=195355

Una de las razones de la baja penetración de la telefonía móvil en el Ecuador, en relación con los demás países de la región, era la poca competencia que prevaleció hasta el 2002. En un mercado con características duopólicas, donde dos empresas de telefonía móvil (Porta y BellSouth) eran únicas en el mercado, la dinámica del negocio era baja y los precios altos en relación con la capacidad adquisitiva de los potenciales usuarios que se mantuvieron al margen del servicio⁷⁰.

El inicio de operaciones de un tercer operador de telefonía móvil (Alegro PCS) en diciembre del 2003, abre la posibilidad para que esta situación cambie, a favor de un ambiente competitivo con la exigencia de mayores inversiones destinadas a ampliar la cobertura y modernizar los equipos. Uno de los obstáculos para ampliar el acceso a la telefonía celular a través de su cobertura, especialmente en el área

⁷⁰ Resumen de publicación Web:

http://www.micip.gov.ec/onudi_libros/competitividad/654.htm ,
http://www.hoy.com.ec/NotiDinero.asp?row_id=195355

rural, tiene relación con alto número de antenas celulares (Radiobases) requeridas para una ampliación adecuada del servicio de comunicación a nivel nacional.

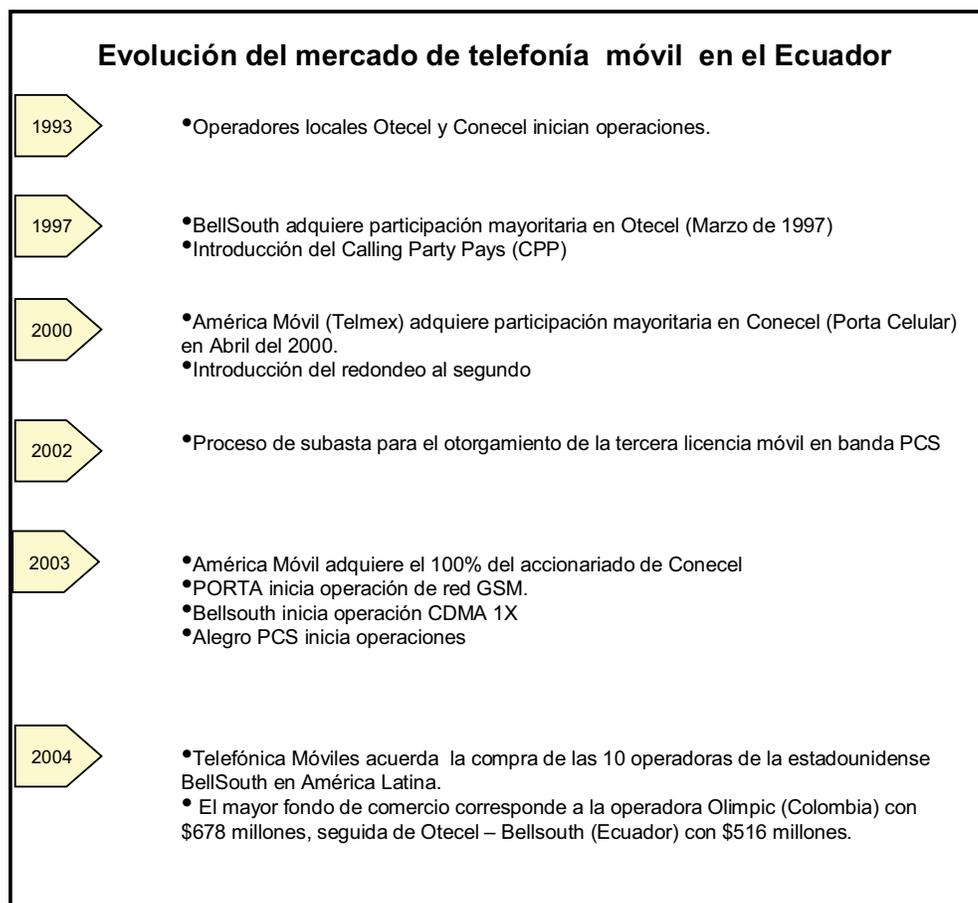


Fig. 1.3. Evolución del mercado de telefonía móvil en Ecuador

Fuente: Estudios de mercado – Gerencia de Marketing- Alegro PCS 2004

Al término del 2004 y ante la llegada de Telefónica Móviles de España al Ecuador, sus competidoras buscaron alternativas. La más preocupada ha sido Conecel (Porta Celular), quien para entonces con 2 millones de abonados lideraba las estadísticas de preferencia en el Ecuador.

Es por este motivo que la competencia se centralizó en la capacidad de inversión de cada uno de los operadores. Para ese entonces Telefónica Móviles realizó una inversión total de \$833 millones para comprar el 100% de las acciones de Otecel (BellSouth), mientras que Conecel fijaba su meta en mantener el 66% de

participación del mercado (1'961.034 clientes), frente al 33% que poseía Telefónica Móviles (1'051.174 abonados).

Por su parte, TELECSA S.A. (Alegro PCS) alcanzaba uno de sus primeros objetivos, al lograr el intercambio de mensajes escritos (SMS) entre las tres compañías operadoras. Pero eso no era todo, sus ejecutivos diseñaron una campaña clave para ganar aquellos nichos de mercado que aún no habían sido atendidos y expandir las bondades del servicio de telefonía móvil. A esto se sumaba el hecho de que las provincias de Bolívar, Zamora Chinchipe, Morona Santiago y la mayoría de sectores rurales aún no habían accedido al servicio, estas provincias no tenían cobertura de ningún operador.⁷¹.

1.1.2 SITUACION ACTUAL DE TELECSA S.A.

Alegro PCS es el nombre comercial de Telecomunicaciones Móviles del Ecuador, TELECSA S.A., concesionaria del estado ecuatoriano para la prestación del Servicio Móvil Avanzado (SMA).

El Sistema de Comunicación Personal o PCS (siglas en inglés Personal Communication System) es el nombre dado a la tecnología y a los servicios inalámbricos que operan en la banda de los 1.900 MHz.

En la actualidad en el Ecuador existen tres operadoras de Telefonía celular, OTECEL, CONECEL y TELECSA que mediados del 2006 definieron sus participaciones en el mercado de telefonía celular de acuerdo a la siguiente información del CONATEL.

- **La empresa OTECEL cuya marca comercial es conocida como Movistar, poseía 2.533.017 usuarios.**

⁷¹ Resumen de Publicación Web:

<http://www.hoy.com.ec/zhechos/2004/libro/tema29.htm>

- La empresa CONECEL con marca comercial PORTA disponía de 4'923.656 abonados.
- La empresa de Servicios Móviles Avanzados TELECSA, con nombre comercial ALEGRO poseía 277.841 abonados a julio de 2.006.

La densidad de penetración de telefonía móvil en el Ecuador en ese entonces llega aproximadamente al 58%, siendo el servicio de telecomunicaciones con mayor índice de penetración.

Finalmente al término del último trimestre del 2006, el dinámico cambio en las preferencias de los usuarios a causa de las promociones de fin de año, determinan un cierre comercial anual con múltiples variaciones definidos en los siguientes resultados de participación de acuerdo a los registros estadísticos de la SUPTEL⁷².

ABONADOS DE TELEFONIA MOVIL – 2006⁷³

FECHA	OTECEL (Movistar)						CONECEL (Porta)				TOTAL
	(TDMA)		(CDMA)		(GSM)		(TDMA)		(GSM)		
	PREPAGO	POSTPAGO	PREPAGO	POSTPAGO	PREPAGO	POSTPAGO	PREPAGO	POSTPAGO	PREPAGO	POSTPAGO	
Dic-06	106.206	24.849	989.513	87.633	1.038.503	243.298	248.428	4.721	4.779.977	603.269	8.126.397
Total de usuarios: 2.490.002						Total de usuarios: 5.636.395					

*Tabla 1.1 Abonados de Telefonía Móvil
Fuente: Estadísticas SUPTEL*

⁷² Resumen de publicación Web:

www.conatel.gov.ec/website/conectividad/sociedad/libro_blanco/II_copilado_libro_blanco.doc

⁷³ Resumen de estadísticas:

http://www.supertel.gov.ec/telecomunicaciones/t_celular/estadisticas/mensual.htm

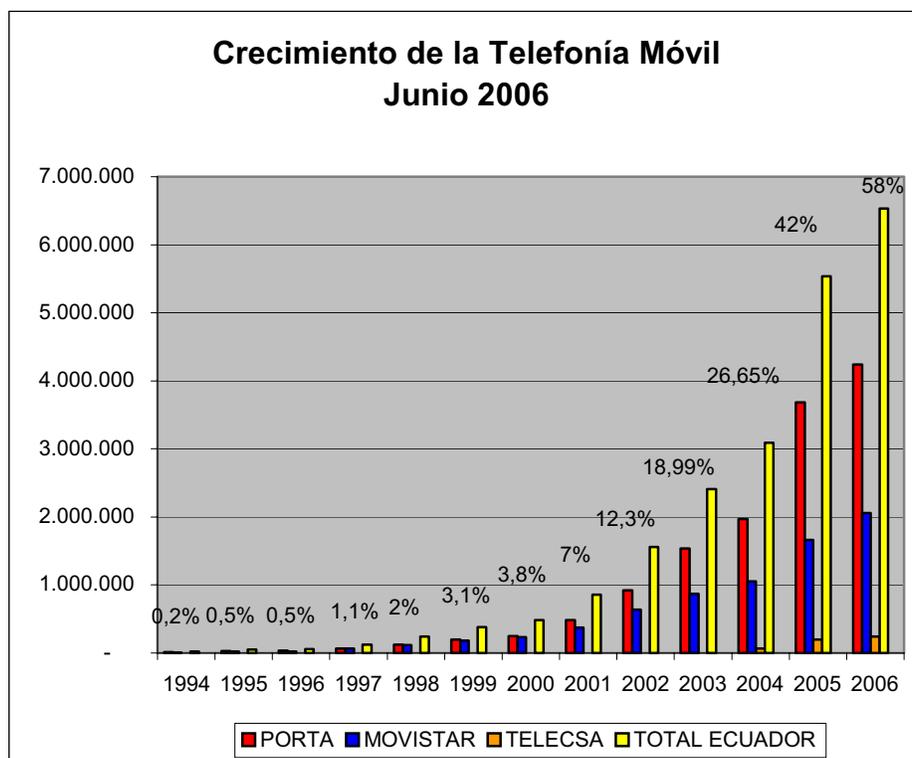


Fig. 1.4 Crecimiento de la telefonía móvil en el Ecuador (2006)

Fuente: http://www.supertel.gov.ec/telecomunicaciones/t_celular/estadisticas/mensual.htm

ABONADOS DE SMA - 2006⁷⁴

FECHA	TELECSA (Alegro) (CDMA)		TOTAL
	PREPAGO	POSTPAGO	
Enero - 06	200.505	33.391	233.896
Febrero - 06	204.203	34.314	238.517
Marzo - 06	209.620	36.161	245.781
Abril - 06	216.570	38.216	254.786
Mayo - 06	222.349	40.925	263.274
Junio - 06	227.624	43.101	270.725
Julio - 06	232.906	44.985	277.891
Agosto - 06	238.898	46.973	285.871
Septiembre - 06	247.110	49.258	296.368
Octubre - 06	256.253	51.367	307.620
Noviembre - 06	273.003	53.311	326.314
Diciembre - 06	303.527	55.126	358.653

Tabla 1.2 Abonados de Servicio Móvil Avanzado (SMA) - 2006

Fuente: http://www.supertel.gov.ec/telecomunicaciones/t_celular/estadisticas/mensual.htm

PARTICIPACION DE MERCADO - 2006⁷⁵

⁷⁴ Resumen de publicación Web:
<http://www.supertel.gov.ec>.

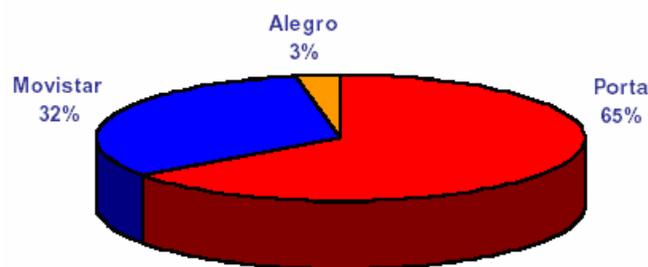


Fig. 1.5 Participación de mercado – Telefonía Móvil – Ecuador 2006
Fuente: Pyramid Research

1.1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar de los esmerados esfuerzos de la telefónica Alegro PCS por posicionarse en el mercado como uno de los mejores proveedores del servicio de comunicación, en poco le ha beneficiado disponer de la mejor tecnología de comunicación llamada CDMA y ofrecer sus servicios a los precios más bajos del mercado, siendo éstas sus principales fortalezas.

El luchar en desventaja contra 2 gigantes de la industria le ha llevado a implementar novedosas estrategias de comercialización de productos que no siempre han generado los resultados esperados.

La creación de novedosos paquetes de servicio de comunicación por parte de los ejecutivos del área de nuevos productos de la telefónica, han tomado su impacto en el costo general del servicio que sus competidores ofrecen en el Ecuador, quienes se han visto obligados a reducir sus tarifas a un nivel mucho más atractivo para los usuarios. Gracias a Alegro PCS los ecuatorianos hoy pueden acceder al servicio con precios mucho más bajos que hace 3 años, sólo que desafortunadamente este factor diferenciador no ha sido suficiente para que Alegro PCS sea el preferido por el consumidor.

⁷⁵ Fuente: Resumen de publicación Web:
http://www.pyramidresearch.com/pa_jan12_pred.htm?SC=PD01a

Los constantes cambios en el entorno político del estado también han generado su impacto al interior de la telefónica, que al no poder contar oportunamente con el flujo de inversión requerido para la ejecución de proyectos y compras de terminales móviles, dicho entorno se ha convertido en uno de los mayores atenuantes del desarrollo de la operadora.

Gracias a los subsidios asumidos por los grandes operadores, la deslumbrante oferta de terminales móviles GSM con novedosas características multimedia y con servicios innovadores, disponibles por menor costo que los teléfonos CDMA, también ha sido otro de los factores que ha determinado que el usuario no aprecie en esencia los bajos costos del servicio de comunicación que ofrece Alegro PCS.

Siendo CDMA una tecnología nueva, también es una de las más caras en cuanto a fabricación de teléfonos móviles se refiere, pues su producción es limitada y comprometida por los fabricantes sólo bajo oferta de compra en grandes cantidades.

Finalmente, se plantea que el factor más adverso para el desarrollo de Alegro PCS ha sido el no haber tenido presencia nacional al menos al término del primer semestre del 2004, y es que el usuario no es consecuente en recordar que fueron casi 2 años el tiempo que le tomó a Otecel y Conecel ampliar la cobertura de servicios cuando iniciaron sus operaciones en el Ecuador, por este motivo a finales del 2006 Alegro PCS replantea su planeación estratégica para el 2007, enfocándose principalmente en “la ampliación de cobertura como el principal atractivo para los usuarios”.

1.1.4 OBJETIVO DEL PROYECTO

Diseñar una red de comunicación celular CDMA 2000 1X con cobertura y capacidad de transmisión de voz para la localidad de Píllaro en la provincia del Tungurahua, y determinar su factibilidad de implementación.

Cabe mencionar que aún cuando en la actualidad existe la presencia de Alegro PCS en las principales ciudades del país, en Diciembre del 2003, las proyecciones contemplaban el ofrecimiento inicial del servicio en las ciudades de Quito, Guayaquil y zonas aledañas como parte de una primera fase de implementación.

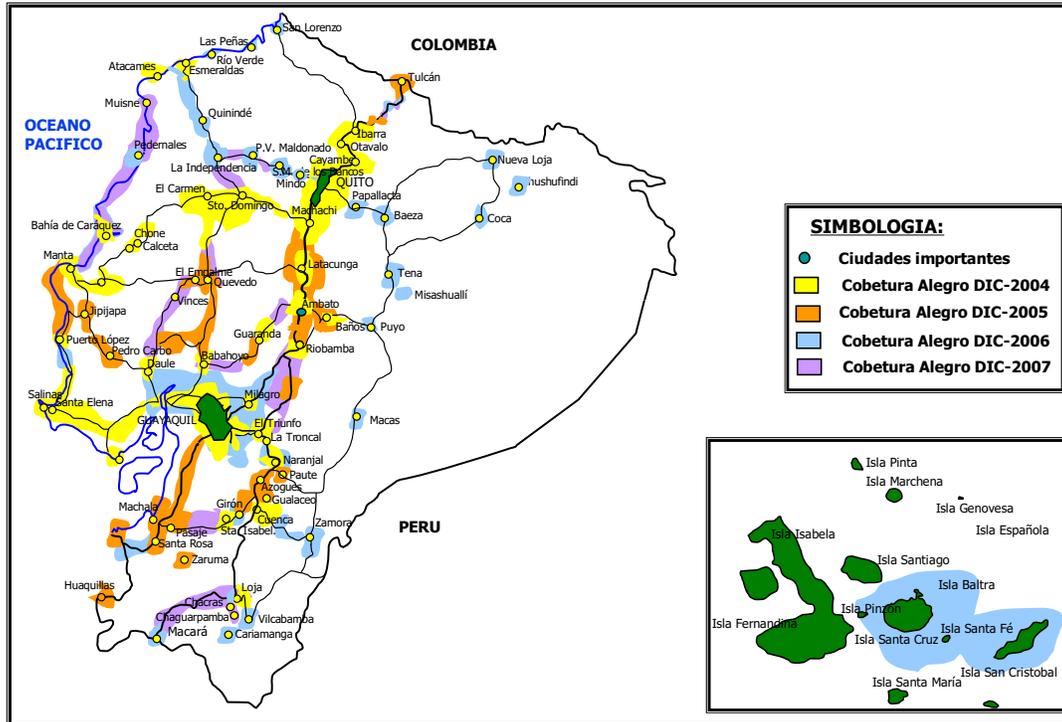


Fig. 1.6 .Proyección de cobertura Alegro PCS- 2004-2005-2006

Fuente: Gerencia de Marketing - Alegro PCS

De ésta manera se esperaría la rápida implementación de una segunda y tercera fase de expansión, en las que se estimaría de forma estratégica las poblaciones a considerarse dentro del mapa de cobertura para los años 2004 -2005 -2006 y 2007.

Sin embargo la situación actual de cobertura de Alegro PCS a nivel Nacional nos deja un amplio espacio para el estudio de factibilidad de implementación de la tercera fase (Sierra Central - FASE C) del plan estratégico de Alegro PCS a ejecutarse en el 2007⁷⁶, en donde el objeto del presente este trabajo es:

- Describir el marco teórico de comunicación CDMA requerido para el desarrollo del proyecto en la localidad de Píllaro.
- Diseñar una propuesta tecnológica de comunicación celular en CDMA con capacidad y cobertura para atender un tráfico estimado de llamadas en el lugar de estudio.
- Determinar la factibilidad de implementación de la propuesta a través del análisis del costo versus beneficio de la ejecución del proyecto.

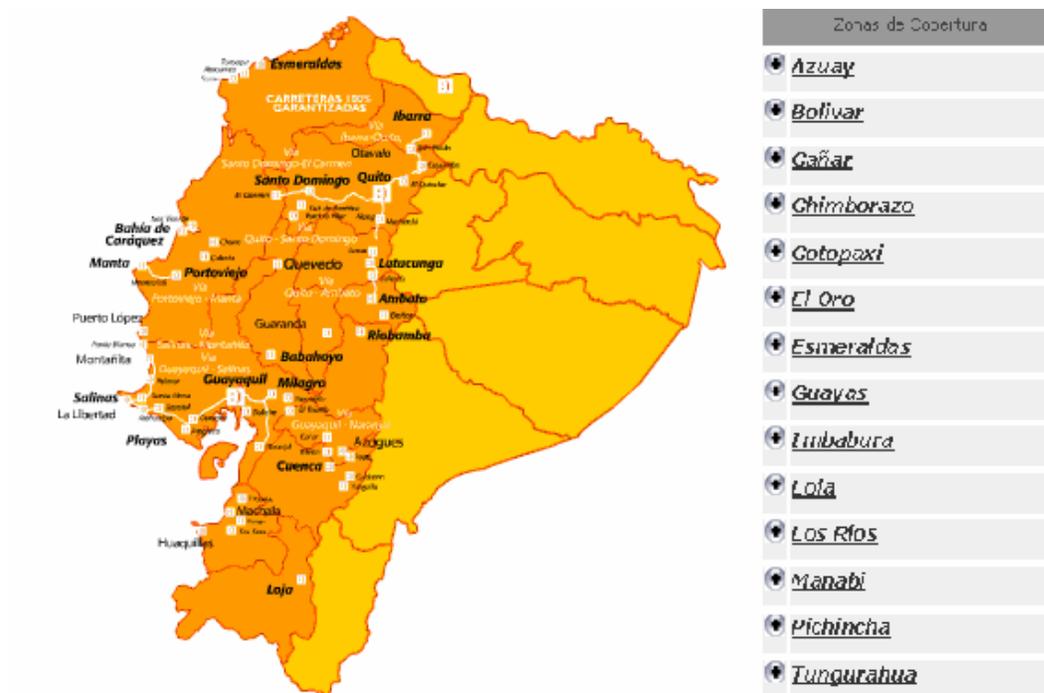


Fig. 1.7. Mapa de Cobertura - Alegro PCS-Dic-2006

Fuente: www.alegropcs.com

1.1.5 ALCANCE DEL PROYECTO

⁷⁶ Fuente:

<http://www.alegropcs.com/interna.asp?inc=cobertura>

Este estudio ayudará a definir si las condiciones y requerimientos de dicha proyección permiten la inclusión de Píllaro dentro del plan de expansión de Alegro PCS para el 2007.

Para el cumplimiento de este propósito, nuestro estudio contempla el diseño de una red de comunicación celular CDMA 2000 1X con cobertura y capacidad de transmisión de voz para el sector de Píllaro, como parte del proyecto **“Sierra Central - Fase C”** de Alegro PCS a implementarse en el 2007.

La propuesta tecnológica del diseño será sujeta a un análisis de factibilidad de implementación con el fin de estimar:

- El costo versus beneficio de la inversión requerida para la implementación de la propuesta tecnológica en la localidad de Píllaro como parte del proyecto de expansión Sierra Central a implementarse por Alegro en el 2007.
- Determinar si la alternativa de Implementación propuesta para el proyecto (red de comunicación CDMA) cumple con los requerimientos de capacidad para atender al tráfico de llamadas estimado en el lugar de estudio.
- Definir un mapa de distribución de tráfico y cobertura estimado por demanda en función de los objetivos de este estudio.

Se propone efectuar todo el análisis de diseño y presupuesto requerido para la implementación del proyecto a fin de evaluar si el factor de costo versus beneficio determina factibilidad de implementación del mismo. Este estudio de carácter técnico y comercial será un aporte referencial para la empresa auspiciante de este proyecto de titulación en el contexto de la toma de decisiones para la inclusión de la localidad de Píllaro en su plan de expansión de cobertura de servicios en el 2007 dentro de la “FACE C” considerada como la zona “Sierra Central del país”.

No se considera como parte de este estudio el realizar análisis de interoperabilidad del diseño de red CDMA a proponer con otros elementos de

red tal como nodos ó conmutadores del sistema central de la red de TELECSA S.A. – Alegro PCS, ya que se estima que está fuera del alcance de los objetivos de este trabajo y de los permisos de acceso a información concedidos por la empresa auspiciante.

Así mismo los aspectos que involucran la interoperabilidad del diseño con los sistemas de facturación, señalización, Sintonía y conectividad en general quedan fuera de este estudio por las razones mencionadas anteriormente.

Cabe señalar que toda la información proporcionada por las diferentes áreas de Alegro PCS involucradas en el soporte al desarrollo de éste proyecto de titulación, ha sido recibida con la condición específica de ser utilizada como aporte al desarrollo de la misma y a ser utilizada sólo con propósitos didácticos, quedando totalmente prohibida su publicación como información oficial de la telefónica ante la opinión pública y medios de comunicación.

1.1.6 HIPOTESIS

Ampliar la cobertura de la red de servicios de alegro PCS hacia las principales ciudades del país, ofreciendo un servicio diferenciador, ha sido su principal objetivo dentro de la primera y segunda fase de su plan de expansión, sin embargo nuestro estudio plantea que este esfuerzo no ha sido suficiente para alcanzar el posicionamiento deseado en el mercado nacional de la telefonía móvil ya que para que Alegro PCS ofrezca un servicio diferenciador de la competencia, debe al menos satisfacer las expectativas de cobertura que sus actuales competidores superaron hace mucho tiempo.

El impacto que genere en la competencia la creación de nuevos productos de Alegro PCS con atractivos costos para los usuarios, será siempre mínimo si no

esta acompañado de una real presencia de sus servicios a nivel nacional, puesto que el mercado de las principales ciudades se encuentra ya captado por las otras operadoras móviles.

No sólo es importante tener presencia en las principales ciudades del país, sino en sus alrededores y las principales carreteras que unen dichas poblaciones, tal como es el caso de Píllaro, población muy próxima a la ciudad de Ambato en la provincia del Tungurahua, y que en el presente trabajo será nuestro caso de estudio.

1.1.7 LIMITACIONES

Los alcances del presente trabajo son el resultado de los acuerdos alcanzados con las diferentes áreas que han ofrecido soporte a este proyecto cuyo desarrollo se ha efectuado bajo algunas limitaciones de acceso a información considerada como confidencial y restringida, por causa del entorno político actual de la telefónica.

Es por este motivo que el presente estudio se realiza sin:

- Disponibilidad de información actualizada referente al presupuesto de inversión previsto por la Telefónica para el 2007. Este tema tiene relevancia al relacionarlo con las proyecciones de la telefónica, considerando que las altas inversiones que han efectuado en los últimos 2 años Movistar y Porta por la conservación e incremento de sus abonados, dejan por fuera a las promociones de Alegro PCS, quien se ve forzada a plantear cada vez más la reducción de costos del servicio como parte de un modelo de comercialización más competitivo, aún cuando éste incida directamente en la rentabilidad del negocio.
- **Conocimiento claro del proceso de reestructuración que el nuevo gobierno planifica realizar en la telefónica a través de los miembros del Directorio de TELECSA S.A. y**

las incidencias que tengan en el Plan estratégico del 2007, estructurado por el actual administrador, la empresa Italiana “VIA ADVISORS”.

1.2 REDES CDMA

1.2.1 INTRODUCCIÓN

A continuación un breve resumen histórico del desarrollo de la telefonía celular⁷⁷:

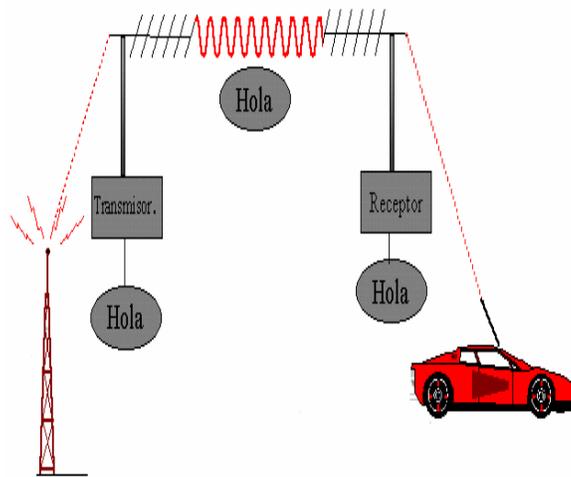


Fig.1.8 Comunicación inalámbrica

Fuente: Manual básico de CDMA – CDMA Wireless Academy -2005

- La telefonía celular es una tecnología que comienza su evolución desde los años 30 y 40 del siglo pasado.
- En esos años se presentaron fundamentalmente dos problemas, el elevado costo y tamaño de los terminales "móviles" y la dificultad de mantener la comunicación establecida cuando el usuario se aleja de la Estación Base (RBS) que lo atiende.
- A fines de los años 80, Europa decide estandarizar un único sistema para todos los países del continente, el resultando fue el Sistema Mundial para

⁷⁷ Fuente:

Resumen obtenido del manual "Curso de CDMA básico" de la CDMA Wireless Academy - Dic- 2005.

Comunicaciones Móviles (GSM) definido por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI).

- A comienzos de los '80 y aprobada en 1982-, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) de Estados Unidos asigna dos bandas en el espectro radioeléctrico para el Servicio de Telefonía Móvil Avanzada (AMPS).
- En 1988 se reemplazan los sistemas analógicos por digitales tanto en Europa como en parte de Norteamérica.
- En 1989 se realizan las primeras demostraciones del funcionamiento de CDMA por parte de Qualcomm y Pacific Bell usando una sola frecuencia, mejorando la capacidad de 10 a 20 veces, y mejor calidad de voz respecto a las redes celulares anteriores.
- En 1991 Qualcomm presenta los resultados de los ensayos con redes CDMA piloto.
- En 1993 la FCC reserva la frecuencia de 1900 para Sistemas de Comunicación Personal (PCS), se amplía el espectro para canales celulares.
- En 1996 se desarrollan las primeras redes CDMA comerciales en Korea y Hong Kong.

1.2.2 TECNOLOGÍAS DE MULTIPLEXACIÓN

Este concepto se refiere a las técnicas empleadas para compartir entre múltiples usuarios el limitado espectro radioeléctrico que una licencia concede a un operador.

Las tecnologías de multiplexación son básicamente tres⁷⁸:

1.2.2.1 Acceso Múltiple por Distribución de Frecuencia (FDMA)

Cada comunicación emplea un vínculo de radio exclusivo para ella, de forma similar a lo que ocurre en la emisión de una emisora de FM.

⁷⁸ Fuente:

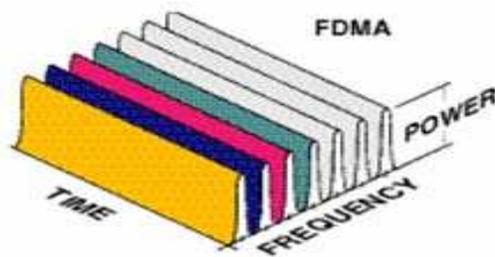


Fig. 1.9 Técnicas de Multiplexación (FDMA)

Fuente: Manual de entrenamiento Nokia –CDMA 2000 –Dic 2003

1.2.2.2 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

Esta técnica consiste en que un mismo vínculo de radio es compartido por varias comunicaciones pero no simultáneamente, las distintas comunicaciones se turnan en el uso del vínculo, correspondiéndole a cada una de ellas un período de tiempo.

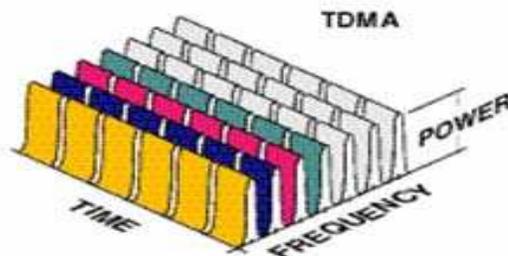


Fig. 1.10. Técnicas de Multiplexación (TDMA)

Fuente: Manual de entrenamiento Nokia –CDMA 2000 –Dic 2003

1.2.2.3 Acceso Múltiple por División de Código (CDMA)

Se basa en la capacidad de un mismo vínculo de radio para comunicaciones codificadas de modo que sólo el originador y el destinatario de cada una de ellas pueden descifrarla, al mismo tiempo los demás oyentes perciban a la misma comunicación como interferencia, que mientras que no sea muy preponderante será perfectamente tolerable.

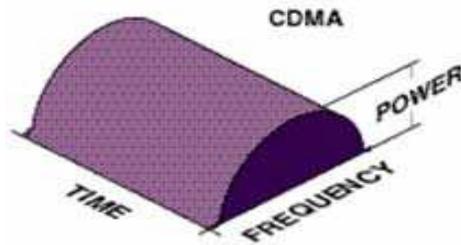


Fig.1.11. Técnicas de Multiplexación (CDMA)

Fuente: Manual de entrenamiento Nokia –CDMA 2000 –Dic 2003

1.2.3 GENERACIONES CELULARES⁷⁹

Definen al conjunto de Tecnologías cuya implementación se rige por características comunes.

Hoy se habla básicamente de generaciones de 1ra a 4ta, siendo las más ampliamente difundidas, las generaciones 1ra, 2da y la denominada 2,5 G, que es un paso intermedio entre la 2da y 3ra generación. En algunas regiones del mundo se está desarrollando la denominada 3ra generación.

1.2.3.1 Generación 3G

Se refiere a la familia de normas que cumplen con los requisitos de la UIT para IMT-2000. La UIT definió los requerimientos para los servicios IMT-2000, comúnmente llamados de 3G (Tercera generación) con características de mayor capacidad, compatibilidad con los sistemas 2G, soporte para multimedia y datos a altas velocidades que cumplan con lo siguiente:

- Mbps en interiores o de manera estacionaria.
- 384 kbps en ambiente peatonal o urbano.
- 144 kbps en ambientes móviles en áreas amplias.
- Velocidad variable en áreas geográficamente extendidas (satélite).
- Múltiples bandas de frecuencia.

⁷⁹ Fuente:
Resumen tomado de www.qualcom.com

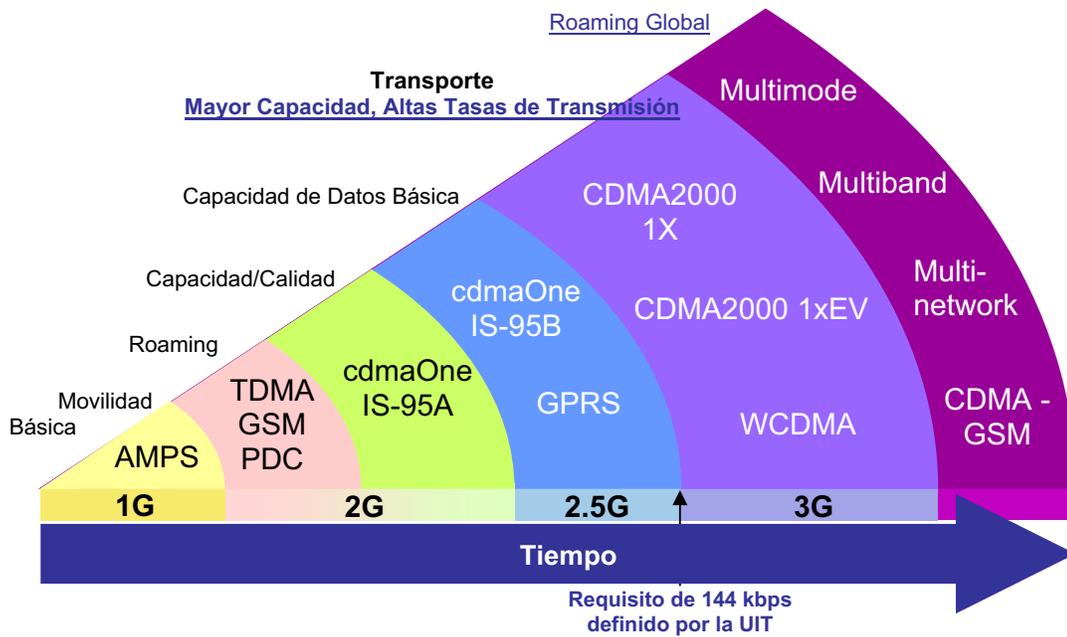


Fig. 1.12. Evolución de las tecnologías⁸⁰

Fuente: www.qualcom.com (Camino a la 3G.)

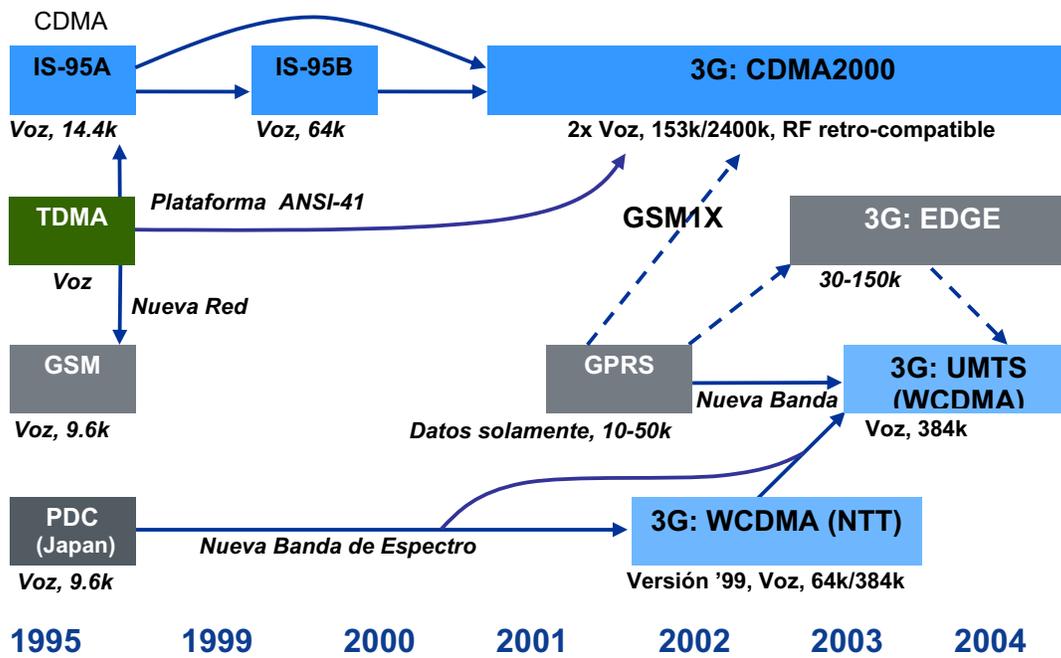


Fig. 1.13. Evolución global de la 3G

Fuente: www.qualcom.com (Camino a la 3G.)

1.2.4 EL ESTÁNDAR CDMA⁸¹

⁸⁰ Fuente: Resumen de tecnologías – “Camino a la 3G” - www.qualcom.com

La “Multiplexación por División de Código” (CDMA) es un término genérico que define una interfaz de aire inalámbrica basada en la tecnología de “espectro extendido” (spread spectrum).

CDMA es una técnica de acceso múltiple especificada por la Asociación Internacional de Telecomunicaciones (TIA) como IS-95.

En marzo de 1992, la TIA estableció el subcomité TR 45.5 con la finalidad de desarrollar un estándar de telefonía celular digital con espectro extendido.

En julio de 1993, la TIA aprobó el estándar CDMA IS-95. Los sistemas IS-95 dividen el espectro en portadoras de 1.25 MHz.

Hoy en día existen muchas variantes, pero el CDMA original se conoce como cdmaOne bajo una marca registrada de Qualcomm y refiere al estándar IS-95 que se define como 2G o segunda generación celular.

IS-95 fué reemplazado por el estándar IS-2000. Este estándar fue introducido para incluir algunos de los criterios presentados en la especificación IMT-2000 para 3G, o tercera generación celular.

Vale mencionar como se relacionan las revisiones del estándar de la capa física cdma2000 con las etapas evolutivas de esta tecnología. La revisión A de marzo del 2000 define el sistema cdma2000 1X, la revisión B de mayo del 2002 define el sistema cdma2000 1XEV-DO, la revisión C de mayo del 2002 define el sistema cdma2000 1XEV-DV, y la revisión D de marzo del 2004 define una evolución del sistema cdma2000 1XEV-DV. Cada una de las revisiones define nuevos canales para relaciones (rates) de dispersión 1X que mejoran la velocidad de transmisión.

1.2.4.1 Resumen de Revisiones:⁸²

⁸¹ Fuente:
Resumen tomado de <http://es.wikipedia.org/wiki/CDMA2000>

⁸² Fuente:

- **IS-95** (cdmaOne): 2nd Generation CDMA radio interface specification.
 - IS-95A version released in 1995.
 - IS-95B released in 1997 (MDR with SCCHs).

- **CDMA2000®**: 3rd generation CDMA radio interface specification.
 - CDMA2000® Rev. 0 released in 2000, Rev. A in 2001.
 - CDMA2000® 1X, Release 0:
 - Double Capacity of IS-95.
 - Up to 153.6 Kbps support.
 - Forward/Reverse Supplemental Channels.
 - Reverse Pilot Channel, Turbo Encoding, QPSK.
 - CDMA2000® 1X, Release A:
 - Simultaneous Voice and Data
 - 307.2 Kbps support, using one 1.25 MHz carrier.
 - Enhanced Reverse Access Channel (R-EACH).
 - Variable Rate Supplemental Channel.
 - Diversity.
 - Shorter Frame Sizes.
 - Dedicated Control Channel.
 - Short Data Bursts.
 - 3X: Wideband version of 1X, using 3.75 MHz of spectrum.

 - CDMA2000® 1X, Release B:
 - Rescue Channel.

- **1xEV-DO (HDR):**
 - 1X Evolution for Data Only (IS-856).
 - New data-only solution minimally based on CDMA2000®.
 - Peak rates up to 2.4576 Mbps and a streamlined access network architecture.

- **1xEV-DV:**
 - 1X Evolution for Data and Voice.

- CDMA2000® Rev. C, approved in 2002. Scheduled deployments by the beginning of 2005.
- Simultaneous high speed data and voice service, added capacity.
- Peak rate of 3.0912 Mbps.

1.2.4.2 El estándar CDMA 2000⁸³

Conjunto de estándares en telecomunicaciones móviles de tercera generación (3G) que utilizan multiplexación CDMA, un esquema de acceso múltiple en redes digitales, para enviar voz, datos, y señalización de comunicación tal como el número telefónico originador de la llamada entre los teléfonos celulares y la estaciones base (RBS).

Se conoce a CDMA 2000 como la segunda generación de la telefonía celular digital de CDMA.

CDMA2000 ha tenido varios cambios técnicos, sin embargo mantiene compatibilidad con los antiguos estándares de telefonía CDMA tal como [cdmaOne](#), que fue el primer estándar desarrollado por [Qualcomm](#), compañía propietaria de varias patentes de tecnología a nivel internacional.

Los estándares CDMA2000, CDMA2000 1x, CDMA2000 1xEV-DO, y CDMA2000 1xEV-DV son evoluciones de CDMA para la interfaz de aire aprobadas por el estándar de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) IMT-2000 y son un sucesor directo de la generación 2G CDMA, IS-95 (cdmaOne).

CDMA2000 está estandarizado por la “sociedad de proyectos de tercera generación” (3GPP2-3rd Generation Partnership Project 2).

⁸³ Fuente:
Resumen tomado de <http://es.wikipedia.org/wiki/CDMA2000>

Para el caso de CDMA2000, es considerada como una marca registrada de la "Telecommunications Industry Association" (TIA-USA) en los Estados Unidos, de manera similar la TIA nombró el estándar 2G CDMA, IS-95, como cdmaOne.⁸⁴

CDMA2000 es un competidor incompatible con otros estándares 3G como W-CDMA⁸⁵ (UMTS)⁸⁶.

1.2.4.3 CDMA2000 1X

Es la raíz del estándar de interfaz inalámbrica CDMA2000, se conoce también como:

- 1x, 1xRTT,
- IS-2000,
- CDMA2000 1X,
- 1X, y cdma2000 (en minúsculas).

La notación "1xRTT" (1 times Radio Transmission Technology) es usada para identificar la versión de la tecnología CDMA2000 que opera en un par de canales de 1,25-MHz (1,25 [MHz](#) una vez, opuesto a 1,25 MHz tres veces en 3xRTT). 1xRTT casi duplica la capacidad de voz sobre las redes IS-95 y aunque es capaz de soportar altas velocidades de datos, la mayoría de desarrollos están limitados a una velocidad pico de 144 kbits/s.

A pesar de que 1xRTT es calificado oficialmente como una tecnología 3G, 1xRTT es considerado por algunos como una tecnología 2.5G (o a veces 2.75G). Esto ha permitido que sea implementado en el espectro 2G de algunos países, limitando los sistemas 3G a ciertas bandas.

⁸⁴ Fuente: Resumen tomado de [http:// es.wikipedia.org/wiki/CDMA2000](http://es.wikipedia.org/wiki/CDMA2000)

⁸⁵ El término W-CDMA es el [acrónimo](#) de Wideband-Code Division Multiple Access (en [español](#) *Acceso múltiple de banda ancha por división de código*).

⁸⁶ Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación ([3G](#)). Sucesor de GSM, también llamado W-CDMA.

1.2.5 SERVICIO MOVIL AVANZADO – SMA

Es un servicio final de telecomunicaciones del servicio móvil terrestre, que permite toda transmisión, emisión y recepción de signos, señales, mensajes escritos, imágenes, sonidos, voz, datos o información de cualquier naturaleza.

- SMA se basa en la tecnología CDMA2000 1X EV-DO.
- SMA es una licencia concedida en PCS (Personal Communication System), en la banda C que abarca las frecuencias:

Uplink: 1895 - 1910 MHz

Downlink: 1975 - 1990 MHz

CDMA2000 1xEV-DO and CDMA2000 1X differences

CDMA2000 1xEV-DO	CDMA2000 1X
data only module (DOM)	1X channel element module (XCEM)
data only radio network controller (DO-RNC)	base station controller (BSC)
data only element management subsystem (DO-EMS)	base station subsystem manager (BSSM)

Tabla 1.3 Diferencias entre CDMA 2000 1xEV-DO y CDMA 2000 1X.

Fuente: de www.cdma-wirelessacademy.com

CDMA2000 1xEV-DO	CDMA2000 1X
AN-AAA (optional but important for inter-technology handoffs) Note: A AAA server is required but the AN-AAA is an optional entity	AAA server
IS-856	IS-95/IS-2000
only near real-time data – rates up to 2.4576 Mbps	voice, and data rates up to 153.6 Kbps
supports only IP services through PDSN and no interaction with MSC	supports IS-41 services through MSC and IP services through PDSN
no forward link power control (full time full power)	fast forward link power control
adaptive coding and modulation	fixed coding and modulation
Time-multiplexed full power single forward link channel	Walsh code separated forward link channel
full power burst pilot	continuous pilot
no soft handoff in forward direction	soft handoff in both directions
asymmetrical data rates: <ul style="list-style-type: none"> • 2.4576 Mbps maximum in forward direction • 153.6 Kbps maximum in the reverse direction. 	potential for symmetrical data rates: <ul style="list-style-type: none"> • from 9.6 to 153.6 Kbps (both directions)
fixed power, variable rate	fixed rate, variable power
dedicated T1/E1 backhaul from BTS to DO-RNC	T1/E1 backhaul from BTS to BSC

87

Tabla 1.3 Diferencias entre CDMA 2000 1xEV-DO y CDMA 2000 1X (Continuación).

Fuente: de www.cdma-wirelessacademy.com

1.2.6 ATRIBUTOS DE LOS SISTEMAS CDMA

⁸⁷ Resumen de Diferencias : Tomado de www.cdma-wirelessacademy.com

A pesar de que la capacidad de llamadas telefónicas que pueden manipularse por parte de un proveedor de servicios de telefonía (carrier) siempre estará definida, este no es un número fijo. La capacidad verdadera del sistema dependerá de muchos factores. Cada dispositivo que se conecte a la red CDMA está programado con un pseudocódigo, *“el cual se usa para extender una señal de baja potencia sobre un espectro de frecuencias amplio”*⁸⁸. La estación base utiliza el mismo código en forma invertida (los ceros son unos y los unos son ceros) para decodificar y reconstruir la señal original. Los otros códigos permanecen extendidos, distinguibles del ruido de fondo.

1.2.6.1 Información Paquetizada

Las redes basadas en CDMA están construidas con protocolos basados en IP (Internet protocol; protocolo de Internet). El estándar cdmaOne ya incorpora en sus terminales los protocolos TCP/IP (Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet) y PPP (Protocolo punto a punto).

1.2.6.2 Seguridad y Privacidad

La técnica de espectro extendido ó ensanchado se utiliza en aplicaciones militares, donde la seguridad de las conversaciones y protección de los datos son cuestiones fundamentales. En un ambiente de negocios también son vitales los aspectos de seguridad y privacidad. CDMA dispone de alrededor de alrededor de 4.4 trillones de códigos que virtualmente eliminan la clonación de dispositivos ya que bajo este sistema de seguridad es muy difícil capturar y descifrar una señal.

1.2.6.3 Control del Nivel de Potencia

El control de la potencia es otro beneficio de los sistemas de CDMA. Empleando técnicas de procesamiento de señales, corrección de error, etc., CDMA supera el problema de la potencia con una serie de ciclos de retroalimentación. Con un control automático de la ganancia en las terminales y una supervisión constante del nivel de señal a ruido y tasas de error en la radio base, picos en el nivel de potencia son regulados con un complejo conjunto de circuitos electrónicos que

⁸⁸ Fuente:

Resumen tomado de <http://www.monografias.com/trabajos11/cdma>

ajusta la potencia a una razón de 800 veces en un segundo. Esto repercute en el ajuste dinámico del tamaño de las celdas.

En una celda congestionada, la potencia de las terminales se elevaría creando una interferencia mutua. En el margen, las transmisiones de alta potencia inundarían las celdas vecinas donde éstas podrían ser tomadas por la radio base adyacente. En una celda de poca densidad, la potencia es tan baja que la celda se reduce efectivamente, transmitiendo sin interferencia hacia las celdas vecinas y mejorando el desempeño de las mismas. Este tipo de ajuste dinámico en el tamaño de las celdas es imposible en TDMA, pues en esta las celdas adyacentes utilizan diferentes frecuencias.

De acuerdo a información encontrada en este estudio se conoce que existen diversos estudios donde CDMA es mucho más eficiente en potencia que TDMA.

1.2.6.4 Bajo consumo de potencia en las terminales

Debido al sistema de retroalimentación de CDMA que mantiene la potencia al más bajo nivel permisible, los terminales móviles consumen menos potencia e incluso sus diseños permiten ser más pequeños. Por este motivo las baterías de equipos CDMA tienen un mayor ciclo de vida que las de equipos TDMA.

1.2.6.5 Amplia cobertura con pocas celdas

La cobertura que ofrece la señal de espectro extendido de CDMA provee ventajas en la industria inalámbrica, por lo que permite a los carriers (Operadoras Celulares) la instalación de menos celdas para cubrir un área más extensa. En la inversión prevista para infraestructura, instalar pocas celdas representa para los carriers un significativo ahorro en presupuestos en radio-bases. Claro que se debe mencionar que dependiendo de la carga del sistema y de la interferencia, la reducción de celdas es aproximadamente un 50% por ciento menor en CDMA que en sistemas como GSM (sistema global para comunicaciones móviles), basado en TDMA.

Es preciso notar que la reducción de celdas solo es válida para operadores que en principio mantuvieron infraestructura CDMA, ya que si utilizaban sistemas

analógicos o basados en otras tecnologías, deberán redistribuir las celdas CDMA en la misma proporción de las celdas ya existentes.

1.2.6.6 Reducción del Índice de Caída de Llamadas

La transferencia o cambio entre celdas (handoff) de CDMA, es un método para transferir la atención de llamadas entre celdas, ésta propiedad reduce inteligentemente el riesgo de perder la comunicación (lazo cerrado) durante el paso de un móvil de una celda a otra. El proceso de cambio conocido como transferencia suave o transparente (soft handoff) entre celdas conduce a pocas llamadas caídas, ya que dos o tres celdas siempre monitorean la llamada. La transferencia entre celdas es transparente para los usuarios debido a que como se utiliza el mismo espectro, es más fácil moverse de una celda a otra sin que el abonado lo perciba.

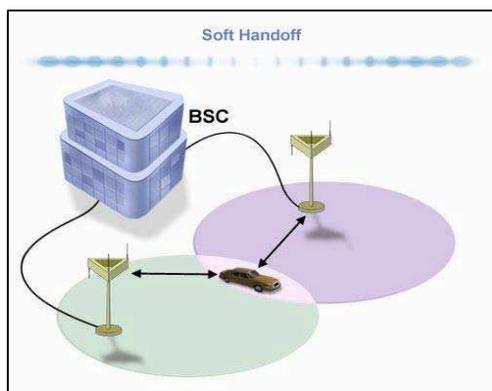
1.2.6.7 Distribución del Ancho de Banda por Demanda

Debido a la tecnología de multiplexación, el canal de 1.25 MHz de CDMA es un recurso común para los terminales del sistema en función de las necesidades propias de éstos, como voz, fax, datos u otras aplicaciones. En un tiempo determinado, la porción de este ancho de bandas que no es utilizada por uno de los usuarios móviles estará disponible para otro usuario. Debido a que CDMA utiliza una porción grande de espectro repartida entre varios usuarios, provee flexibilidad en el ancho de banda para permitir servicios en demanda. En TDMA, debido a que los canales son fijos y pequeños, esto no es posible. De manera general estos análisis determinan que CDMA es de tres a seis veces más eficiente en ancho de banda que TDMA.

1.2.7 CDMA VERSUS GSM

Producto de la información recopilada para el fundamento teórico del presente trabajo, a continuación algunas de las principales diferencias entre CDMA y GSM.

- Ancho de Banda CDMA 1.25MHz, GSM 200KHz.
- Velocidad de Transmisión CDMA2000 1X 144Kbps en la práctica mientras que GSM con GPRS es 120Kbps en un ambiente RF ideal, en la realidad oscilan entre 20 y 30Kbps.
- Para todas las tecnologías el suministro potencia se incrementa de manera directa con la Velocidad de Tx, en menor escala sucederá en CDMA.
- El soft handof en CDMA mejora la calidad del servicio ya que hay menor probabilidad de llamadas caídas.



⁸⁹ Fig. 1.14. Soft Handof

Fuente: <http://www.qualcomm.com>

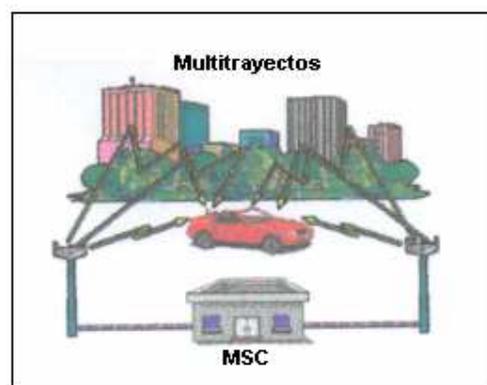


Fig. 1.15. Multitrayectos de la señal

Fuente: <http://www.qualcomm.com>

- La interfaz de aire CDMA es muy segura por la codificación, en GSM también se usan codificaciones.
- El efecto de "multipath" brinda ganancia en CDMA, mientras que en GSM desarrolla pérdidas.
- GSM sobrepasa los 1.000 millones de usuarios, CDMA los 200 millones.
- CDMA usa móviles de baja emisión de potencia -200 mW- en comparación con los móviles GSM de 2 W, lo que redunda en menor interferencia entre móviles.

⁸⁹ Fuente:

Tomado de publicaciones en <http://www.qualcomm.com>

- CDMA no realiza reuso de frecuencias (1 frecuencia), GSM si lo hace (4 frecuencias).
- CDMA ofrece mayor capacidad de tráfico.

1.2.8 DESCRIPCION DE LA RED CDMA

De manera general el sistema de comunicación móvil se divide en 2 partes fundamentales:

- La red de comunicaciones (o red de telefonía celular).
- Los terminales (o teléfonos celulares) que permiten el acceso a dicha red.

Debido a los objetivos de nuestro estudio nos enfocaremos en el análisis funcional de los elementos de “la red de comunicaciones”. Todas las implementaciones que se dignen llamar CDMA deben cumplir con las especificaciones de los estándares antes mencionados, así que por facilidad de acceso a información en nuestra investigación, tomaremos como ejemplo referencial a varios de los productos que la Marca Ericsson propone como solución CDMA 1X en la Industria.

1.2.8.1 Sub redes de la red CDMA⁹⁰

De manera general una solución total CDMA está basada en interfaces abiertas y estándares de la industria, lo cual provee una inversión segura e interoperabilidad flexible, reduciendo el riesgo de temprana obsolescencia en el cambiante de las telecomunicaciones.

⁹⁰ Fuente:
Sub redes CDMA- Resumen tomado del curso “ Ericsson ” CDMA Basic Systems”

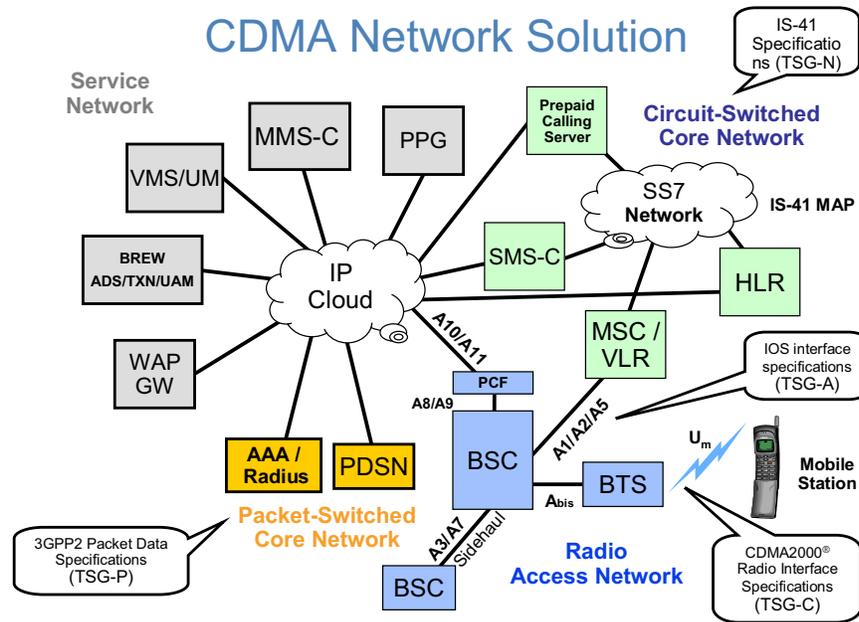


Fig. 1.16 – Solución CDMA

Fuente: Manual de Entrenamiento Nokia – CDMA Overview

La solución CDMA se puede dividir en 4 subredes:

- Red de Radio.
- Red de Conmutación de Circuitos.
- Red de Servicios de Internet.
- Gestión de Red (SW de gestión).

- La *red de radio* es responsable por el acceso al medio físico y la movilidad para las llamadas de voz y paquetes.

- La *red de conmutación* de circuitos es responsable por proveer servicios de interconexión para telefonía, y la administración de la movilidad.

- La *red de servicios de Internet* es responsable por proveer todos los servicios IP y manejo de movilidad para las conexiones de datos sobre paquetes.

1.2.8.2 Descripción de Nodos⁹¹

⁹¹Fuente:

- **BSC (Base Station Controller):** El BSC es el nodo que controla el acceso a la red de radio y provee interfaces abiertas estandarizadas hacia el MSC, PDSN, y otras BSCs.
- **RBS (Radio Base Station):** Provee el acceso de radio a los terminales móviles, su codificación y decodificación CDMA.
- **MSC (Mobile Switching Center):** Es la interfaz entre PSTN y el sistema inalámbrico. Entre los procesos y funcionalidades del MSC se incluyen la interfaz, la conmutación, el procesamiento de llamadas y la tasación para llamadas de voz y datos.
- **HLR (Home Location Register):** El HLR es la base de datos primaria, donde se encuentra la información de los suscriptores, usado para proveer control e inteligencia en las redes ANSI-41.
- **AC (Authentication Center):** El AC maneja las funciones de autenticación usadas para verificar y validar la identidad de un teléfono móvil en una red ANSI-41 utilizando llaves de autenticación y de encriptación.
- **PSTN (Public Switched Telephone Network):** conecta la red local con la red pública conmutada.
- **UM/VMS (Unified Messaging/Voice Mail System):** Plataforma del servicio de mensajería de voz.
- **SMS (Short Message System):** Plataforma del servicio de mensajería de texto.
- **PrePaid:** Es la solución para ofrecer servicios de prepago basados en WIN.

- **PCN (Packet Core Network):** Esta solución soporta todas las características estándares de red IP simple así como las de servicios móviles IP, seguridad, VPN, QoS y Carga de cuenta. El HA y el AAA soportan características únicas para el aprovisionamiento centralizado de suscriptores y el manejo, integración y tarificación de complejos servicios IP. El PCN se compone del PDSN y el AAA, el HA es un nodo que Ericsson ofrece opcionalmente en una solución CDMA.
- **AAA (Accounting, Administration, and Authentication):** El AAA podría ser categorizado como el corazón de una solución de paquetes end-to-end. El AAA es la interfaz para los atributos de los suscriptores de datos sobre paquetes como la administración, autenticación, autorización y aprovisionamiento de servicios.
- **PDSN (Packet Data Service Node):** El estándar TIA/EIA/IS-835 define el comportamiento y la funcionalidad del PDSN. Las funcionalidades pueden ser divididas en diferentes áreas:
 - Interfaz con la red de radio.
 - Administración del servicio IP.
 - Funciones de Seguridad.
 - Interfaz con AAA.
- **WAP (Wireless Application Protocol) Gateway:** WAP conecta el mundo móvil con el mundo de Internet. El modulo WAP de Ericsson soporta las tecnologías necesarias para dar acceso a las terminales compatibles con WAP.

Esquema de la arquitectura del sistema CDMA

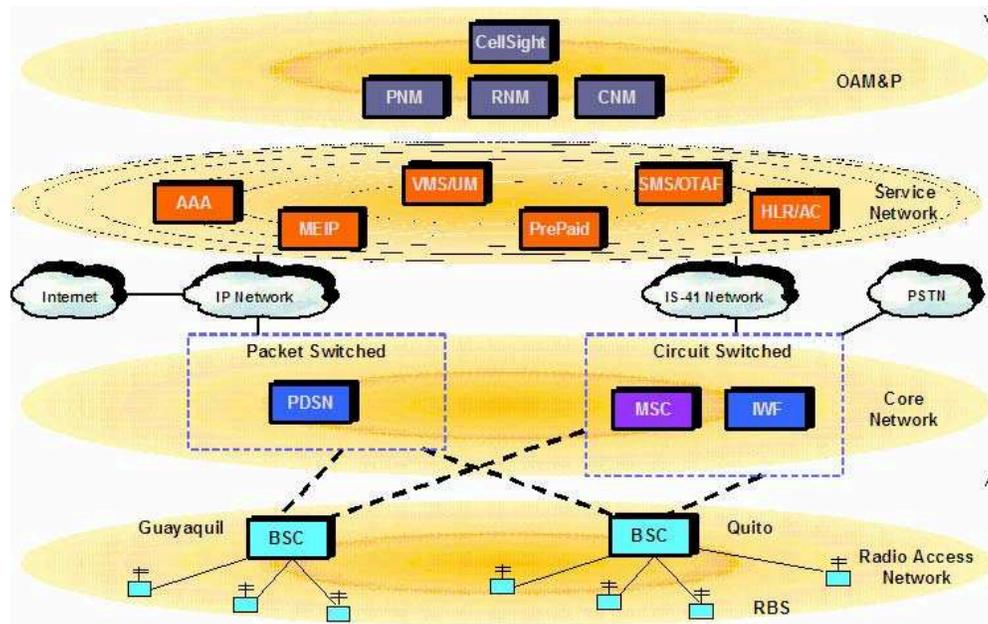


Fig. 1.17. Arquitectura del Sistema CDMA

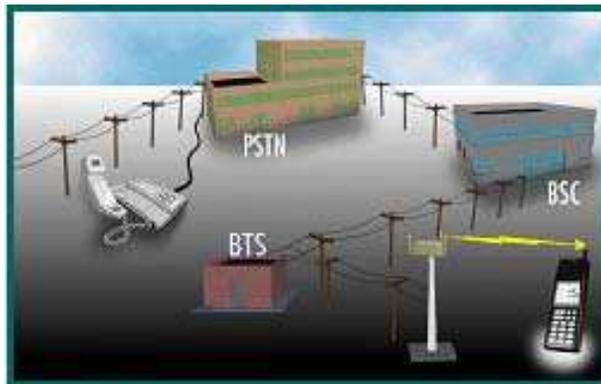
Fuente: curso "Ericsson 's CDMA Basic Systems". Marzo-2004

En la figura 1.17 se observan las características de las subredes del sistema CDMA2000 1X EV-DO, en el que se puede observar 4 subsistemas de red:

- **OAM&P:** red en la que se soportan los diferentes módulos de software de control para el mantenimiento de la red.
- **Red de Servicio:** En ella se integran las diferentes plataformas de servicios básicos y suplementarios de la red.
- **Red Core:** Conformada por los principales elementos de conmutación.
- **Red de Acceso:** Conformada principalmente por las estaciones base que permiten el acceso de radio a las estaciones móviles.

Especificaciones técnicas de RBS y MSC pueden observarse en el anexo 1 de este trabajo.⁹²

Interoperabilidad en la Red CDMA



PSTN: Red Pública
 BSC: Controlador de Estaciones Base
 BTS: Estaciones Base de transceivers

Fig. 1.18. Interoperabilidad CDMA⁹³

Fuente: www.wavetek.com (Introducción a CDMA)

- **La PSTN** (Public Switch Telephone Network): realiza la modulación mediante códigos de pulso de las señales de voz que llegan a través del sistema de telefonía inalámbrica.
- **El BSC**: es la interfaz entre CDMA y el “mundo” vía el PSTN. Entre sus funciones la BSC (Base Station Controller) proporciona vocoding variable. Después del vocoding la voz y los datos son enrutados apropiadamente a través de BTS en 20msec frames vía T1/E1.
- **El BTS**: es el enlace entre las unidades suscriptoras y el sistema. Una vez que la BTS ha codificado, repetido, entrelazado, encaminado, propagado los datos de voz. Luego los datos son preparados para la transmisión usando una forma simulada de “Quadrature Phase Shift Keying”.

⁹² Anexo 1 corresponde a las Características de MSC y RBS 1130

⁹³ Fuente:

Resumen Tomado de curso CDMA Básico en [http:// www.qualcomm.com](http://www.qualcomm.com)

Las unidades suscriptoras reciben la transmisión y realizan detección, descompresión, corrección de-vocoding para regresar los datos de voz a su forma análoga original.⁹⁴

En el anexo 2 de este trabajo se detalla el espectro de frecuencias utilizado por la interfaz de aire.

Señalización en la Interfaz de Aire

- **Definición:** Básicamente CDMA es una tecnología digital que transmite flujos de bits y cuyos canales son divididos usando códigos (Secuencias PN)⁹⁵. CDMA permite compartir el mismo canal de frecuencia con múltiples terminales. Esto no sucede en TDMA (*time division multiple access* ó acceso múltiple por división de tiempo). En el sistema GSM y en D-AMPS, no todos los terminales pueden estar activos todo el tiempo, porque la capacidad de la red limita directamente el número de terminales activas.
- **Diferencias en la señalización IS95 Vs IS2000:** Dentro de la familia de estándares CDMA, las principales diferencias entre la señalización IS-95 (cdmaOne) e IS-2000 son:
 - *“El uso de una señal piloto (PN) sobre el reverse link del IS-2000 que permite el uso de una modulación coherente, y 64 canales más de tráfico sobre el forward link de manera ortogonal al set original”.*⁹⁶
 - Algunos cambios también han sido introducidos en la capa de enlace de datos para permitir el mejor uso de los servicios de datos IS-2000 como protocolos de control de acceso a enlaces y control QoS. En IS-95.

⁹⁴ Encontrar referencia en ANEXO 2: asignación de frecuencias del espectro de Rf.

⁹⁵ Definición PN: Código pseudorandómico de ruido

⁹⁶ Fuente: Resumen de texto tomado de http://es.wikipedia.org/wiki/Acceso_m%C3%BAltiple_por_divisi%C3%B3n_de_c%C3%B3digo

Relación con el Modelo OSI⁹⁷

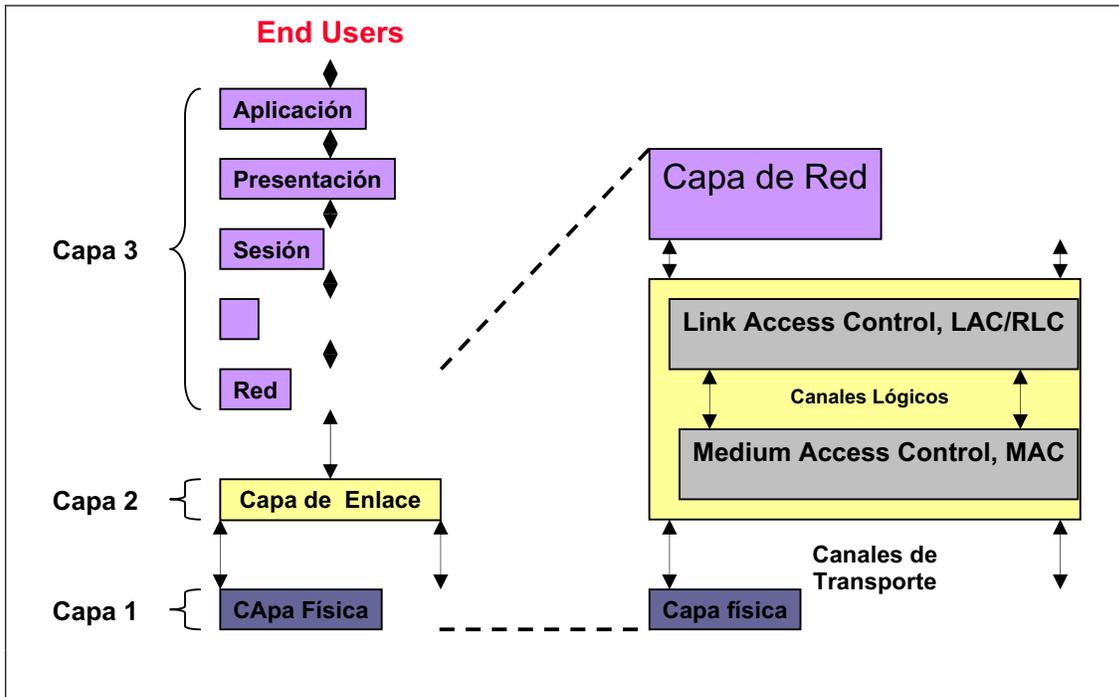


Fig. 1.19 Arquitectura OSI en CDMA

Fuente: - Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA OVERVIEW

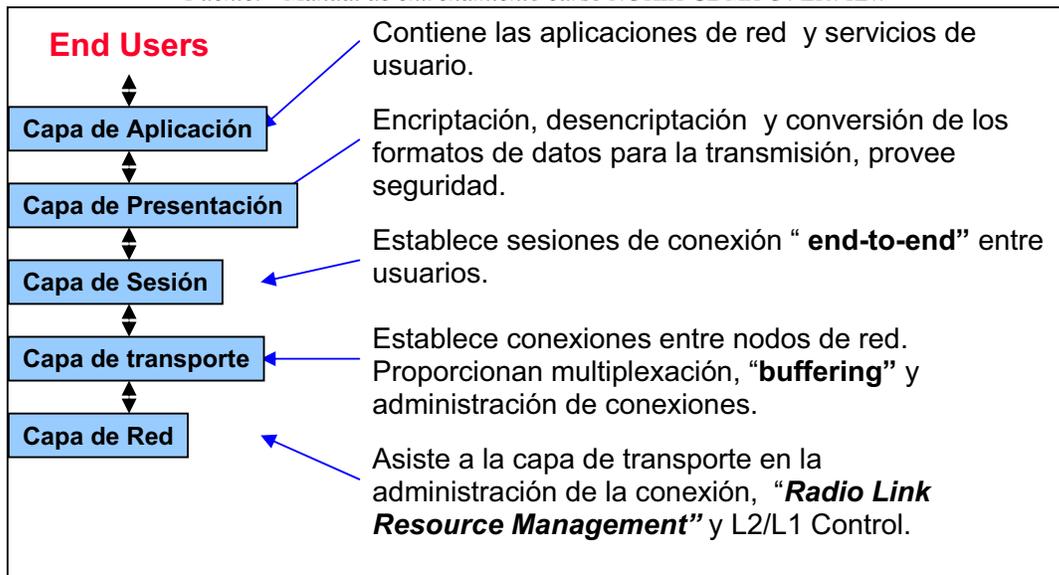


Fig. 1.20 Función de la Arquitectura OSI en CDMA

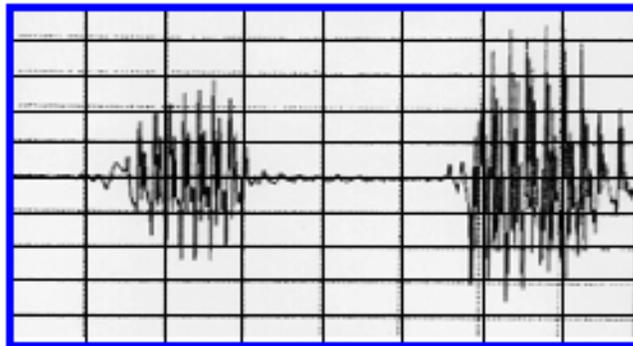
Fuente: - Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA OVERVIEW

⁹⁷Fuente: Arquitectura OSI en CDMA:

Vocoders Enhanced Variable Rate Code (EVRC)⁹⁸

La intensidad de la voz en el lenguaje humano no es constante, al transmitir la voz humana por un canal de comunicación los “vocoders” experimentan una actividad de la voz que varía de 41% a 43%.

Más de la mitad del tiempo no hay actividad en el canal. Por este motivo, para preservar la banda ancha y maximizar la capacidad del canal, CDMA se introduce la codificación EVRC.



La capacidad es proporcional a 1 sobre la Actividad del Vocoder

Fig. 1.21 Actividad del Vocoder⁹⁹

Fuente: - Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA OVERVIEW

La proporción de la variable (EVRC) aprovecha los períodos de baja actividad de la voz, dejando caer la proporción, codificando a 1/2, 1/4 y 1/8 de la velocidad pico. Velocidades de codificación son: 9.6 Kbps, 4.8 Kbps, 2.4 Kbps, 1.2 Kbps.

Incluso a velocidades más bajas, la relación de codificación asegura que el direccionamiento de los datos ingresados se entrelace cuando ingresen a la velocidad pico. Este incremento en símbolos, asegura la redundancia para que el promedio requerido de (Energía /Ruido) = E_b/N_t sea bajo, y se incremente la capacidad y alcance.

⁹⁸ VOCODERS CDMA: Resumen - Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA OVERVIEW- Dic 2003

⁹⁹ Gráfico de referencia tomado de - Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA OVERVIEW - Dic 2003

Vocoders Code Excited Linear Predictive Codec (Tecnología CELP)

La codificación CELP esta basada en los procedimientos de búsqueda de análisis-por síntesis de la magnitud del vector de cuantificación (VQ) y predicción lineal (LP).

- **Long Term Prediction Filter** (filtro de periodicidad de la señal), modula la información de las cuerdas vocales de acuerdo a la adaptación de códigos VQ.
- **Short Term Prediction Filter** (Filtro LP), permite modulación del tracto vocal. Esto se logra usando el décimo modelo de filtro para modular las señales de lenguaje en un espectro de término corto.

El análisis CELP consiste de 3 funciones básicas:

- Predicción lineal.
- Búsqueda de códigos.
- Búsqueda de innovación de códigos estocásticos.

CELP consiste en una síntesis de esas tres funciones realizadas en orden inverso con una cuarta función "postfilter" opcional, las cuales refuerzan el rendimiento.

El lenguaje esta bien re-sintetizado en el receptor que utiliza los parámetros transmitidos. Estos son índices de códigos estocásticos y de ganancia, y los parámetros de la décima línea espectral (LSP).

1.2.8.8 Canales del Acople de Envío “Forward Link Channels”¹⁰⁰

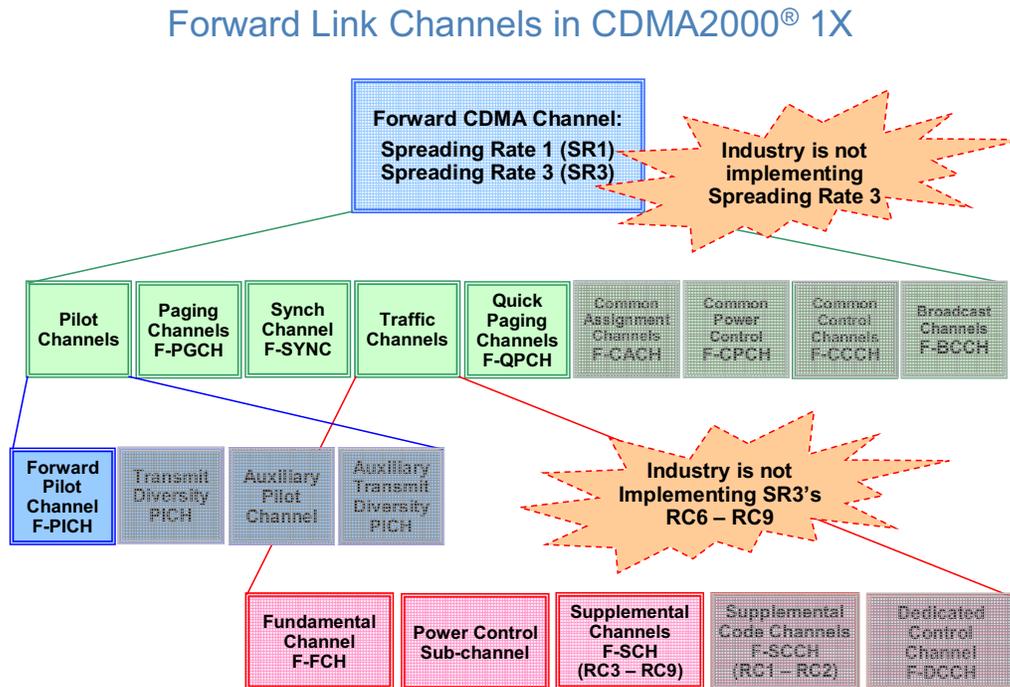


Fig. 1.22 Canales del acople de envío “Forward Link Channels”

Fuente: - Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA OVERVIEW

- **CANAL DE PRUEBA (F-PICH):** Es una no modulada secuencia-directa de la propagación continua del espectro de la señal transmitida por cada estación base CDMA. El canal de prueba permite a una estación móvil adquirir el sincronismo del canal de envío “Forward CDMA”, y provee una fase de referencia para una demodulación coherente, provee también recursos para comparaciones de señales fuertes entre estaciones base para determinar cuando realizar handoff (Cambio de celda).
- **CANAL PILOTO AUXILIAR (F-APICH):** Es una secuencia-directa de señal no modulada propagada a través del espectro, transmitida

¹⁰⁰ Fuente.FORWARD LINK CHANNELS

continuamente por una estación base CDMA. Refiere a un canal de prueba auxiliar y es requerido por el acople de avance “Forward Link” con las aplicaciones de antenas, y provee una fase de referencia para una demodulación coherente de esos links de avance CDMA, a través de canales asociados con el canal auxiliar de prueba.

- **CANAL DE PRUEBA AUXILIAR DEDICADO (F-DAPICH):** Similar al canal de prueba auxiliar (F-APICH), éste es un canal dedicado para un solo móvil usado en un link de avance “spot-beam” y aplicaciones de antena “beam-forming”.
- **CANAL PRINCIPAL (F-FCH):** Es una sección de un canal de tráfico de avance “Forward Channel” que lleva una combinación de alto nivel de datos e información de controladores de poder.
- **CANAL SUPLEMENTARIO (F-SCH):** Es una sección de radio configuración (RC3), a través de 9 canales de tráfico que operan en conjunto con un canal fundamental de envío “Forward(F-FCH)” y este canal de tráfico provee la tasa de transmisión de datos más alta de servicios y en los cuales el nivel mas alto de datos es transmitido.
- **SYNCH CHANNEL (F-SYNC):** Es un canal de códigos el cual transporta los mensajes de sincronización hacia la estación móvil. Para tasas de distribución de 3 portadoras, el canal de sincronismo “Synch” es transmitido en una de las 3 portadoras.
- **PAGING CHANNELS (F-PGCH):** Es un canal de códigos usado para la transmisión de información de control y paginación desde la estación base hacia la estación móvil. Las funciones de distribución de paginación y mensajes específicos del móvil pueden ser realizados en dos canales separados, Canal de Control de Distribución “**Broadcast Control Channel (F-BCCH)**” y el canal de control común “**Common Control Channel (F-CCCH)**”.

Canales de Acople Reverso “Reverse Link Channels”

Reverse Link Channels in CDMA2000® 1X

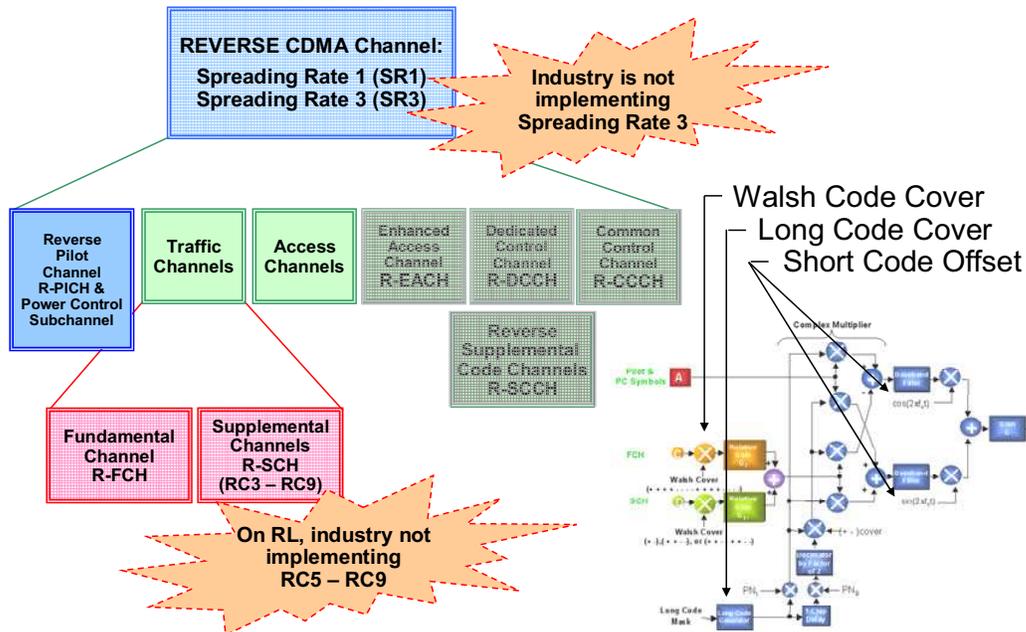


Fig. 1.23 Canales del acople reverseo “Reverse Link Channels”

Fuente: - Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA OVERVIEW

- REVERSE PILOT CHANNEL (R-PICH):** Es una señal no modulada del espectro extendido, transmitida continuamente por la estación móvil CDMA. Un canal de prueba inverso mantiene una fase de referencia para una demodulación coherente y puede proveer información sobre la intensidad de señal.
- REVERSE POWER CONTROL SUBCHANNEL:** Es un sub. canal en el canal de prueba Inverso, usado por la estación móvil para controlar la potencia de una estación base cuando opera en el canal de tráfico de envío “Forward Channel” con Radio Configuraciones (RC) 3 a 9.

- **FUNDAMENTAL CHANNEL (R-FCH):** Es una parte del canal de tráfico inverso que lleva una combinación de datos de alto nivel e información de control de potencia de la portadora.
- **SUPPLEMENTAL CHANNEL (R-SCH):** Es una de las innovaciones de la Radio Configuración 3 (RC3), en la que el canal de tráfico inverso opera junto con el canal fundamental inverso o el canal de control dedicado inverso, en éste canal de tráfico inverso se proporcionan los datos más altos del rango de servicios, y es en el que los datos de más alto nivel se transmiten.
- **REVERSE COMMON CONTROL CHANNEL (R-CCCH):** Se define como una parte del canal inverso de CDMA usado para la transmisión de información de control digital de uno o más estaciones móviles a una estación base. El Canal de Control Común Inverso (RCCCH) puede operar en un “Modo de Acceso Reservado” o el “Modo de Acceso Designado”. Puede ser controlada su potencia en el “Modo de Acceso de Reservado” o el “Modo de Acceso Designado”. Puede soportar “Soft handoff” en el modo de acceso de reservación.
- **REVERSE DEDICATED CONTROL CHANNEL (R-DCCH):** Es parte de la Radio Configuración 3 (RC3) hacia el canal de tráfico inverso, usado para la transmisión de datos de alto nivel e información de control desde una estación móvil hacia una estación base.
- **REVERSE SUPPLEMENTAL CODE CHANNEL (R-SCCH):** Parte de la Configuración de Radio 1 (RC1) y 2 (RC2), el canal de tráfico inverso opera junto con el canal principal inverso y (opcionalmente) con otros canales de código suplementario inverso para proporcionar los datos más altos de tasas de servicios que se transmite.
- **ENHANCED ACCESS CHANNEL (R-EACH):** Es un canal inverso usado por el móvil para comunicarse a la estación base. El “Canal de Acceso Reforzado” opera en el “Modo de Acceso Básico”, “Modo de Acceso Controlado por Potencia” (Power Controlled Access Mode), y “Modo de

Acceso Reservado”. Se usa para la transmisión de mensajes cortos, como señalización, mensajes MAC, contestación de paginación, y llamadas de origen. También puede usarse para transmitir paquetes de los datos en tamaño moderado.

- **ACCESS CHANNEL (R-ACH)** – Es un canal inverso de CDMA usado por estaciones móviles para comunicarse a la estación base. El canal de acceso se usa para intercambio de señales de mensajes cortos, las cuales originan la llamada.

CONTROL DE POTENCIA EN CDMA¹⁰¹

1.2.9.1 Cobertura y el Problema Cerca - Lejos

Existe un problema de desvanecimiento de la señal por causa de que los móviles no pueden transmitir a una misma potencia cuando existen teléfonos que están más cercanos a la RBS, ya que provocaría un bloqueo "drown-out" del móvil más lejos. La cobertura dudará en la función de distribución de los móviles.

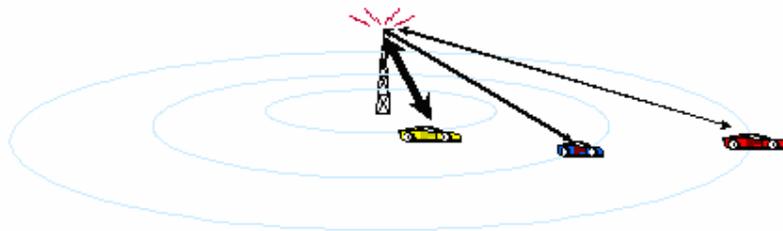


Fig.1.24 Radio de Cobertura

Fuente: - Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA OVERVIEW

El mínimo requerido de “Señal Ruido” (E_b/N_t) aumenta si la interferencia de otro móvil crece. Si la interferencia es intolerable, la capacidad reduciría dramáticamente en ambos enlaces “Reverse y Forward”.

¹⁰¹ CDMA POWER CONTROL- Resumen tomado del Manual de entrenamiento-Curso NOKIA CDMA 2000 OVERVIEW-Dic 2003

1.2.9.2 Control de Potencia - Loop (Lazo) Abierto

El link de control de potencia “Forward y Reverse” en IS-2000 consiste principalmente en un mecanismo de loop abierto y un mecanismo de loop cerrado. El loop abierto hace una inicialización de variables de control de potencia en un sólo tiempo.

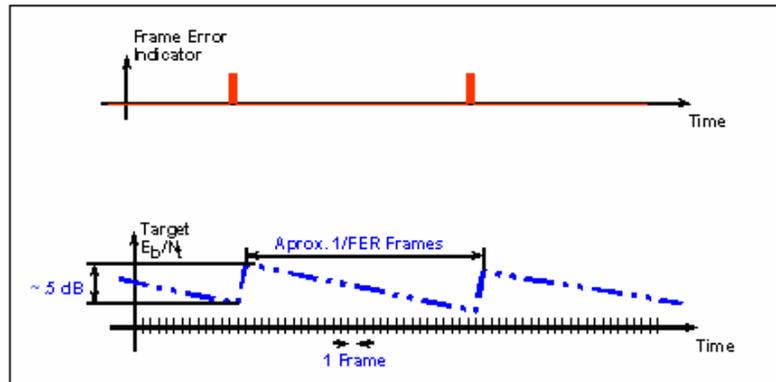


Fig. 1.25 .Potencia - Loop abierto

Fuente: - Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA OVERVIEW

1.2.9.3 Control de Potencia - Loop(Lazo) Cerrado

El loop cerrado del “Forward y Reverse Link” consiste en una función que está constantemente en cambio, supervisa el enlace y hace ajustes rápidos, dinámicos para impulsar variables de control para mantener una Proporción de Error de Frame deseada (FER) para enlace.

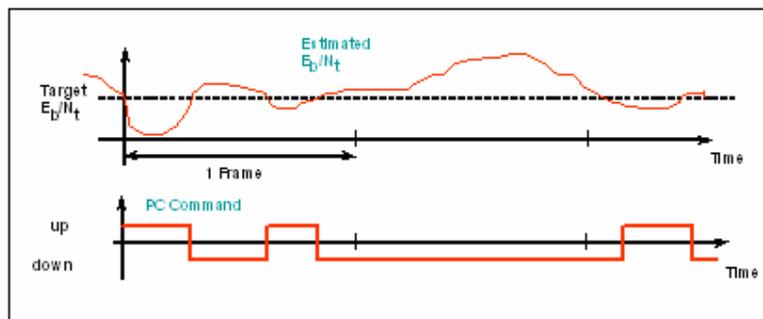


Fig. 1.26 Potencia - Loop cerrado

Fuente: - Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA OVERVIEW

1.2.9.4 Control de Potencia en el Reverse Link - Loop Abierto

Este mecanismo lo inicializa el “R-FCH E_c/I_o ” (RC3-RC5) o setea el “ E_b/N_t ” (RC1, RC2) durante el arreglo del enlace de radio e inter BSS y “hard handoffs”.

1.2.9.5 Control de Potencia en el Reverse Link - Loop Interno y Externo

Este mecanismo mantiene un FER deseado en el “Canal Principal” y “Canal Suplementario” del “Reverse”(R-FCH, R-SCH), controlando la potencia en el enlace reverso. Éste es registrado por un mecanismo de “loop interno regularizado” y un “loop propietario” del control de potencia exterior.

Para mantener el R-FCH y el E_c/I_o o setpoints de E_b/N_t , el BTS's Reverse del loop interno, se ajusta enviando órdenes de subida / bajada al subcanal de potencia en “Forward “. El móvil (MS) ajusta su rendimiento de MEIRP en pasos de 1dB-0.25dB de desmodulación posterior para cada PCbit recibido en el F-FCH.

1.2.9.6 Control de Potencia en el Forward Link - Loop Abierto

El Loop abierto del “Forward Link” setea el control de transmisión inicial F-FCH durante los soft handoff, así como en hard handoff. Para el F-SCH, este loop determina la potencia seteada mientras esta en soft handoff. El loop controla el límite superior e inferior de potencia de transmisión para F-FCH y F-SCH, así como el nivel inicial, máximo y setpoints de E_b/N_t mínimo del móvil para F-FCH / F-SCH en el “Forward Link” con un FER designado.

El Loop abierto del “Forward Link” mantiene un FER designado en el F-FCH y F-SCH basado en las órdenes de control de potencia recibidas en el “Reverse Link”.

Siempre que en el “Forward Link” el FER instantáneo sea más bajo el su referencia, la ganancia del canal se disminuye en el orden de la capacidad aumentada. Si el FER instantáneo es entonces más alto, la ganancia del canal aumenta en un orden que mejora de la calidad de la llamada. El móvil (MS) informa sobre el nivel de FER a través del canal de envío al BSC, en mensajes con información de las medidas de potencia reportadas.

1.2.9.7 Soft Handoff y la Diversidad Espacial

Diferentes trayectorias de radio ofrecen características de capacidad independientes. El “Soft Handoff” de CDMA permite el uso estratégico de este principio.

En el límite de la celda, donde la señal es más débil, los microteléfonos de CDMA pueden demodular el tráfico de la múltiple-trayectoria. Varios canales de potencia son originados para diferentes sectores de un enlace lógico específico aéreo.

Igualmente, los múltiples sectores pueden demodular la señal del microteléfono. El BSC selecciona el mejor "Frame de datos" y desecha otros afectados por opacidad y desvanecimiento.

En una ganancia de "Soft Handoff", los resultados para los acoplos de "Forward y Reverse Links", mejoran la cobertura (potencia) reduciendo la tasa E_b/N_t a la requerida

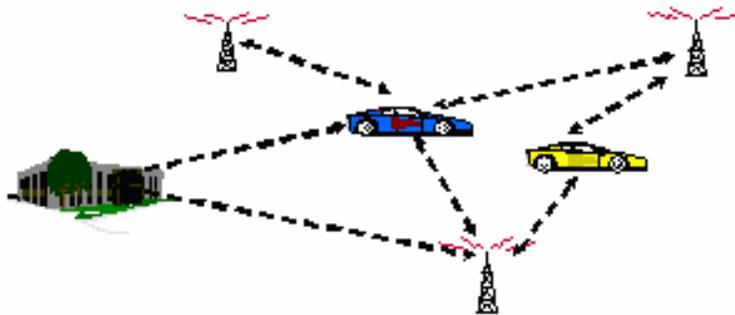


Fig. 1.27. Soft handoff por control de potencia entre celdas

Fuente: - Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA OVERVIEW

1.2.10 REGISTRO DEL MOVIL EN CDMA¹⁰²

1.2.10.1 Autenticación de Acceso

Una de las principales las funciones de seguridad en CDMA es el uso adicional de un mecanismo de autenticidad sobre el frame de datos en la comunicación de RBS con el móvil.

¹⁰² Fuente:

Resumen de Tipos de Registro en CDMA.

Tomado de - *Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA OVERVIEW- Dic 2003*

El proceso confirma la identidad del móvil a través de uso de un “Shared Secret Data (SSD) “

SSD Usa dos palabras de 64bit:

- **SSD_A** se usa para la autenticación.
- **SSD_B** se usa para la privacidad de la voz y encriptación del mensaje.

Éstos códigos pueden ser actualizados con el “A-Key “(llave de autenticidad) y datos randómicos del BTS.

El **A-Key**: es una cadena de 64-bit s conocida sólo por el móvil y el HLR que contiene datos codificados de:

1. **La Firma de autenticidad**: en este caso se compone de 18bits.
2. **La Identidad Internacional de la Estación Móvil: (IMSI)** de registro y terminación se ubican sobre los 6 últimos dígitos del tren de datos del mensaje de origen enviado.
3. **ESN**: Es el número de serie electrónico de la estación Móvil (MS).
4. **RAND**: factor de alteración encontrado en el mensaje de los parámetros de acceso.

1.2.10.2 Tipos de Registro de la Estación Móvil (MS)¹⁰³

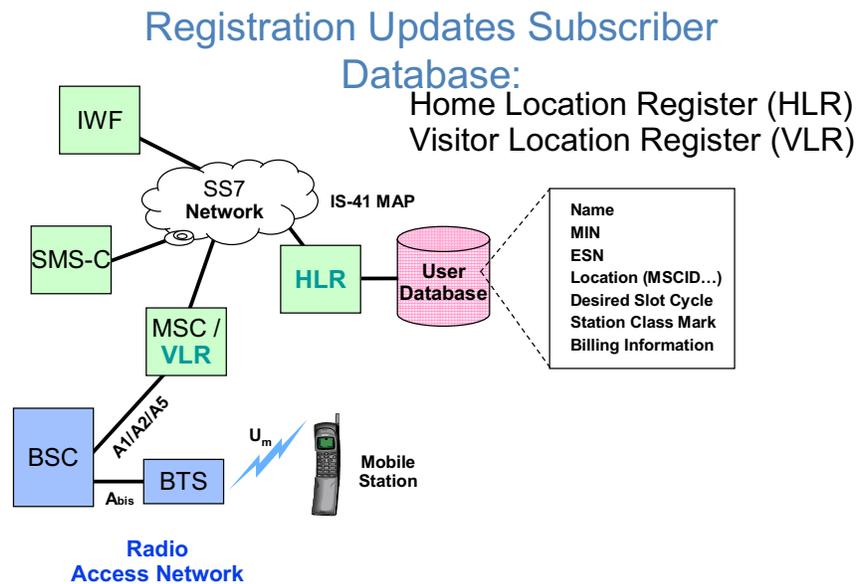


Fig. 1.28 Registro del móvil en el módulo de autenticación HLR.

Fuente: Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA OVERVIEW

- **Encendido:** La estación móvil se registra cuando se enciende, se utiliza interruptores en diferentes bloques de frecuencia PCS, los interruptores son usados para diferentes clases de bandas, con modos de operación alternativos, incluyendo en el sistema analógico.
- **Apagado:** La estación móvil registra la señal de apagado siempre que previamente esté registrada en el sistema actual.
- **Basado-Tiempo:** La estación móvil se registra cuando un cronómetro expira.
- **Basado-Distancia:** Una estación móvil se registra cuando la distancia entre la estación base actual y la última estación base en la que estuvo registrado excede un umbral de tiempo.
- **Basado-Zona:** Una estación móvil se registra cuando entra en una nueva zona.

¹⁰³ Fuente de Tipos de registro del MS:

- Resumen del Manual de entrenamiento NOKIA CDMA 2000 OVERVIEW- Dic 2003

Nota: Un resumen de los principales mensajes es referido en el Anexo 3 “Mensajes de registro en la interfaz de aire”

- **Pedido:** Una estación móvil se registra cuando la estación base la requiere.
- **Canal de Tráfico:** Siempre que la estación base tenga información del registro para una estación móvil que se ha asignado a un Canal de Tráfico, la estación base puede notificar a la estación móvil que esta registrada.
- **Basado-Parámetros:** Una estación móvil se registra cuando ciertos de sus parámetros guardados cambian o cuando entra en un nuevo sistema.
- **Implícito:** Cuando una estación móvil envía un mensaje exitoso o una página de mensaje de respuesta, la estación base puede inferir con la localización de la estación móvil. Esto es considerado un registro implícito.

CRITERIOS DE DISEÑO PARA REDES CDMA¹⁰⁴

De acuerdo a la investigación generada como parte del presente trabajo y la información encontrada en la bibliografía disponible, de manera general el diseño de la una red CDMA debe contemplar los siguientes aspectos.

- Definir requerimientos generales del sistema:
 - Área de cobertura.
 - Requerimientos de capacidad.
 - Limitaciones financieras.
 - Fecha inicial de ofrecimiento del servicio.
 - Posibilidades de migración de tecnología.
 - Demanda de voz y datos.
 - Disponibilidad de espectro.

¹⁰⁴ CRITERIOS DE DISEÑO CDMA: Resumen de temas afines definidos en el curso de CDMA planning de la CDMA wirelessacademy. (Nov-2005) y Ericsson CDMA Basics Systems Manual.

- Grado de servicio propuesto.
- Se necesita cobertura Indoor / Outdoor.

- Identificar la información de entrada para el diseño de red:
 - Mapas geográficos.
 - Demografía del lugar.
 - Coberturas del servicio existentes.
 - Regulaciones gubernamentales.

- Desarrollar un diseño de red inicial considerando toda la información recopilada:
 - Ubicar las celdas donde existe mayor requerimiento de cobertura.
 - Usar condiciones nominales de diseño de celdas como modelo.
 - Usar sectorización de requerimientos.
 - Consideraciones de diseño con configuraciones de red inalámbrica que puedan responder a las demandas del mercado.
 - Hacer una planificación de capacidad para unos 5 a 10 años.

Con estas consideraciones, se ha encontrado en documentos referenciales de Ericsson¹⁰⁵, que los cálculos de tráfico para el diseño de radio se basan en la formula Erlang B, con un GoS del 2 % y del 1% según sea el caso, y parámetros adicionales por defecto.

¹⁰⁵ CRITERIOS DE DISEÑO: Resumen del curso Ericsson's CDMA BASIC SYSTEMS. (Nov-2005) y Ericsson CDMA Basics Systems Manual.

Para la red de conmutación “Core”, se debe considerar la existencia de nuevas plataformas tecnológicas como la AXE810 de Ericsson para los diferentes nodos de conmutación, los cuales soportan múltiples funcionalidades.

Los **Módulos de Diseño de Redes “Core”** en los que se sugiere dividir el diseño son:

- Análisis de Requisitos.
- Simulación de Escenarios.
- Cálculos de Capacidad de Nodos.
- Planificación de la Red de Tráfico.
- Planificación de la Red para Datos Modo Paquete.
- Planificación de la Red de Señalización.
- Planificación Lógica de ATM y IP.
- Dimensionamiento de Equipos de “Hardware” para los Nodos.

Los análisis y cálculos realizados resultarán en un conjunto de recomendaciones similares a las siguientes:

- Documentos de diseño de la red “Core” incluyendo especificaciones de capacidad (nodos, enlaces, servidores, “routers”, “switches”), interfases y relaciones entre los elementos de la red, número y tipo de nodos, interconexión entre los nodos y la capacidad que cada ruta acarrea.
- Documentos que describan el diseño de la red “Core” para datos modo paquete.
- Documentos que describan la planificación de la red de señalización, y los requisitos de los nodos de señalización y enlaces.

- El diseño de las redes “Core” también debe incluir alternativas de como expandir las redes “Core” para conmutación de voz y datos modo paquete con el fin de poder soportar el futuro crecimiento del tráfico y el aumento del volumen de datos.

FLUJO DEL PROCESO DE DISEÑO.

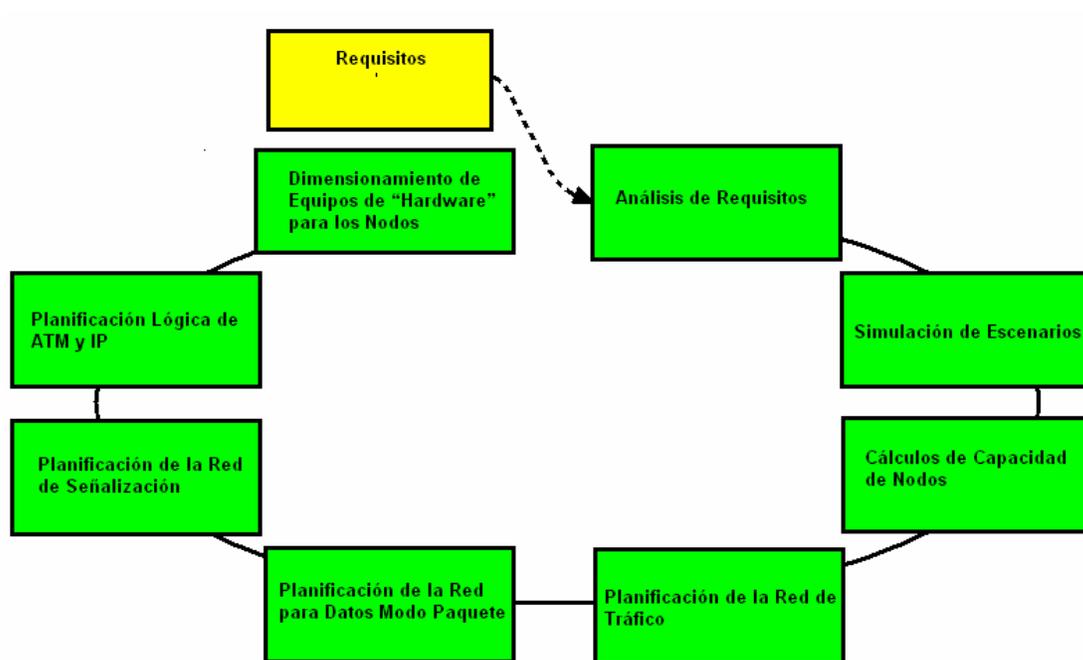


Fig. 1.29. - Información necesaria para Consultoría de Redes “Core”.

Fuente: Manual del curso Ericsson CDMA Basics Systems - Noviembre 2004

MÓDULOS DEL PROCESO

1.3.2.1 Análisis de Requisitos

Durante este módulo recopilar información relacionada a las proyecciones y estimados del perfil de tráfico de la operadora será esencial para diseñar una red “Core” flexible y confiable. También se deberán definir las especificaciones de calidad, servicio y funcionamiento.

1.3.2.2 Simulación de Escenarios

En éste módulo se creará o analizará la arquitectura y topología de la red “Core” al nivel de esquemáticos. Se debe especificar las diferentes condiciones para análisis así como también explorar arquitecturas alternativas para la red. Los escenarios creados se deberán discutir antes de decidir los planes adecuados para la expansión de la red a largo plazo.

Temas que se analizan típicamente pueden ser:

- Localizaciones óptimas para los nodos de la red “Core”.
- Requisitos de interconexión del nodo del elemento de “inter-network”.
- Requisitos de las configuraciones óptimas para los nodos.
- Análisis de los límites del canal de “paging”.

Los escenarios definidos pueden cubrir el crecimiento de la red “Core” sobre cierto período de tiempo y durante condiciones variables.

1.3.2.3 Cálculos de Capacidad de Nodos

Los cálculos de capacidad de nodos son utilizados para analizar la carga específica de equipos de nodos individuales de la red “Core” y también son necesarios para ajustar la topología de la red “Core”, o para recomendar las dimensiones adecuadas del equipo.

Por ejemplo, los cálculos de capacidad de nodos pueden presentar la cantidad máxima de nuevos usuarios en un nodo de MSC o HLR y el tipo de procesador que debe ser utilizado para soportar esa carga. Otro ejemplo es el cálculo de la cantidad de canceladores de eco requeridos para un MSC. Los cálculos también deben ser realizados para examinar el tráfico o la eficiencia de “data throughput”, o para evaluar el impacto de otras funcionalidades y aplicaciones.

Planificación de la Red de Tráfico

En este módulo se determinarán las características de flujo de tráfico y se identificarán los pasos de rutas más indicados entre los nodos de la red “Core”.

Parámetros como el comportamiento de los usuarios para llamadas de voz y aplicaciones de datos modo paquete son esenciales para predecir, por ejemplo, futuros “cuellos de botella” en la red “Core”.

El desarrollo de la topología de la red será determinado basándose en el estimado de capacidad de cada nodo y la distribución y comportamiento del tráfico. También, el tráfico local e internacional será tomado en consideración. El diseño final establecerá el número y tipo de nodos, interconexiones entre los nodos y la cantidad de E1/T1 que cada ruta acarrea.

Planificación de la Red para Datos Modo Paquete

Durante la ejecución de este módulo se seleccionará la tecnología para datos modo paquete que mejor se amolde a la infraestructura de la red de que se quiere diseñar.

El tamaño de la red “Core” para datos modo paquete dependerá de los estimados de volumen de tráfico. La topología también será definida tomando en consideración la distribución de la red, redundancia, escalabilidad, direccionamiento y la estrategia de “routing”.

Todos los “network layers” aplicables deberán ser diseñados en una manera detallada, incluyendo instrucciones para configuración. La selección de tecnología y equipos debe documentarse de forma incluida en una lista de equipos.

Planificación de la Red de Señalización

Una red de señalización diseñada correctamente será la base para construir una red “Core” confiable. La planificación de la red de señalización determinará el “routing” más adecuado y la cantidad requerida de enlaces de señalización a través de la red “Core” para crear una red confiable.

Por ejemplo, los volúmenes de señalización y “routing” entre los MSCs y otros servidores en el “control layer” pueden ser determinados: nodos de GMSC, HLR/AUC, BSC y nodos de la red de datos modo paquete.

Planificación Lógica de ATM e IP

La planificación debe realizarse determinando la estructura de la red lógica ATM “clusters”, estructuras en cascada y redundancia. La planificación también incluirá el diseño de la red IP en el cual se determinarán los esquemas de direccionamiento IP, la redundancia entre nodos IP, seguridad, y dimensionamiento del número individual de equipos IP (por ejemplo: “routers”) necesarios, y la densidad de puertos requeridos en esos equipos para soportar la red.

La capacidad y calidad de servicio (QoS) en enlaces individuales serán definidas para garantizar “ancho de banda” a todos los nodos individuales y a la red en general.

Dimensionamiento de equipos de “Hardware” para Nodos

En éste módulo se dimensionan los equipos de “hardware” relacionados con cada nodo de acuerdo a los resultados obtenidos en el modulo de “Cálculos de Capacidad de Nodos”. El producto final es una lista que puede ser utilizada para ordenar el equipo en una manera más rápida y eficiente.

CAPITULO II
PROPUESTA TECNOLOGICA

2.1 ANALISIS DEL FACTOR FISICO Y TOPOGRÁFICO

2.1.1 GEOGRAFÍA Y DEMOGRAFÍA

Píllaro es una localidad de la Sierra Central del Ecuador, es parte de la Cordillera de los Llanganates¹⁰⁶ y se ubica al norte de la provincia del Tungurahua.

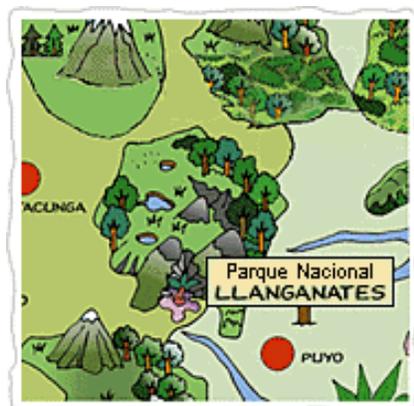


Fig. 2.1 Factores Físicos

Fuente: <http://www.explored.com/ec/ecuador/guia/sierra/llandes.htm>

Píllaro es la cabecera del cantón Santiago de Píllaro que tiene una extensión de 219.709 ha. Se ubica cerca de la ciudad de Ambato, con la que está conectada por carreteras de orden secundario.

Se encuentra a una altura de 2.803 metros sobre el nivel del mar (msnm), y posee una temperatura promedio de media de 13°C.



¹⁰⁶ Definición:

Llanganates : proviene de la voz quichua llanganati ó cerro hermoso; sus antiguos habitantes bautizaron así a la zona quizá asombrados por la sublime apariencia de sus cumbres cuando son iluminadas por el sol de la tarde.

Fig. 2.2 Ubicación Geográfica de Pillaro¹⁰⁷

Fuente: <http://www.ecuaventura.com/mapas.php?opcion=provinciales&codigo=21>

Según el VIº censo de población y vivienda de 2001 tiene una población de 34.925 hab. Cuenta con 7 parroquias rurales: Baquerizo Moreno, Emilio María Terán (Rumipamba), Marcos Espinel (Chacata), Presidente Urbina (Chagrapamba), San Andrés, San José de Poaló y San Miguelito¹⁰⁸.

2.1.2 PROYECCIÓN MACRO

Aún cuando en la actualidad existe la presencia de Alegro PCS en las principales ciudades del país, el plan estratégico de expansión de servicios ha tenido una ejecución periódica de acuerdo a las proyecciones de la telefónica desde su inicio de operaciones en el 2003.

Dichas proyecciones contemplaban el ofrecimiento inicial del servicio en las ciudades de Quito, Guayaquil y zonas aledañas como parte de una primera fase de implementación.

De esta manera se esperaría la rápida implementación de una segunda y tercera fase de expansión, en las que se estimaría de forma estratégica las poblaciones a considerarse dentro del mapa de cobertura para los años 2004 -2005 -2006 y 2007.

Es así que de acuerdo al plan estratégico de Alegro PCS, las poblaciones que contarían con cobertura en el transcurso de la implementación del proyecto estarían agrupadas por módulos geográficos del proyecto macro, definiendo de ésta manera los siguientes sub. proyectos.

¹⁰⁷ Fuente:

http://www.agroecuador.com/php/consulta_canton.php?Pro_ID=6&Can_ID=34

¹⁰⁸ Resumen de información del municipio de Pillaro:

- **Proyecto costa Norte**

Definiendo el vector de cobertura requerido por Alegro PCS en las poblaciones y vías de acceso de la provincia de Esmeraldas.

- **Proyecto Guayas**

Definiendo el vector de cobertura requerido por Alegro PCS en las poblaciones y vías de acceso a la ciudad de Guayaquil, cubriendo poblaciones y vías más importantes de la provincia.

- **Proyecto Loja**

Definiendo el vector de cobertura requerido por Alegro PCS en las poblaciones más importantes de la provincia del Loja.

- **Proyecto Los Ríos**

Definiendo el vector de cobertura requerido por Alegro PCS en las poblaciones y vías de acceso a la ciudad de Babahoyo.

- **Proyecto Machala**

Definiendo el vector de cobertura requerido por Alegro PCS en las poblaciones de la provincia de Machala.

- **Proyecto Manabí**

Definiendo el vector de cobertura requerido por Alegro PCS en las poblaciones de la provincia de Manabí.

- **Proyecto Oriente**

Definiendo el vector de cobertura requerido por Alegro PCS en las poblaciones más importantes de la región Oriental del Ecuador.

- **Proyecto Sierra Norte**

Definiendo el vector de cobertura requerido por Alegro PCS en las poblaciones más importantes de la provincia del Carchi.

- **Proyecto Sierra Sur**

Este proyecto se enfoca en las vías de acceso a la ciudad de Cuenca, por el Norte, ruta Cañar-Azogues.

- **Proyecto Sierra Centro**

Definiendo el vector de cobertura requerido por Alegro PCS en las poblaciones de la ruta Quito-Alausí (provincia de Chimborazo).

Sin embargo, considerando la situación actual de cobertura de Alegro PCS, se puede identificar que aún existe un alto porcentaje de cobertura requerida que no ha sido implementada, la cual se estima deberá ser atendida en su totalidad en una fase final de implementación.

Es por este motivo que aún cuando el presente estudio se enfoca de forma particular en el análisis de “factibilidad de implementación” del servicio en la localidad de Píllaro, las conclusiones que se obtengan servirán de apoyo en la evaluación de “factibilidad de implementación”, para la expansión de servicios en el resto del país, considerando principalmente la inclusión de Píllaro dentro del plan de expansión de Alegro PCS para el 2007 es viable o no.

Para el cumplimiento de este propósito, el presente estudio contempla el diseño de una red de comunicación celular CDMA 2000 1x con cobertura y capacidad de transmisión de voz para el sector de Píllaro en la provincia del Tungurahua,

como parte del proyecto “Sierra Central - Fase C” de Alegro PCS a implementarse en el 2007.

2.1.3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DEL SERVICIO POR DEMANDA

El objetivo de este análisis, desde lo general a lo particular, es definir el vector de cobertura requerido por Alegro PCS en las poblaciones de la ruta Quito-Alausí.

Para este análisis hemos considerado 2 aspectos básicos:

- La población urbana y rural por provincia
- La cobertura de la competencia

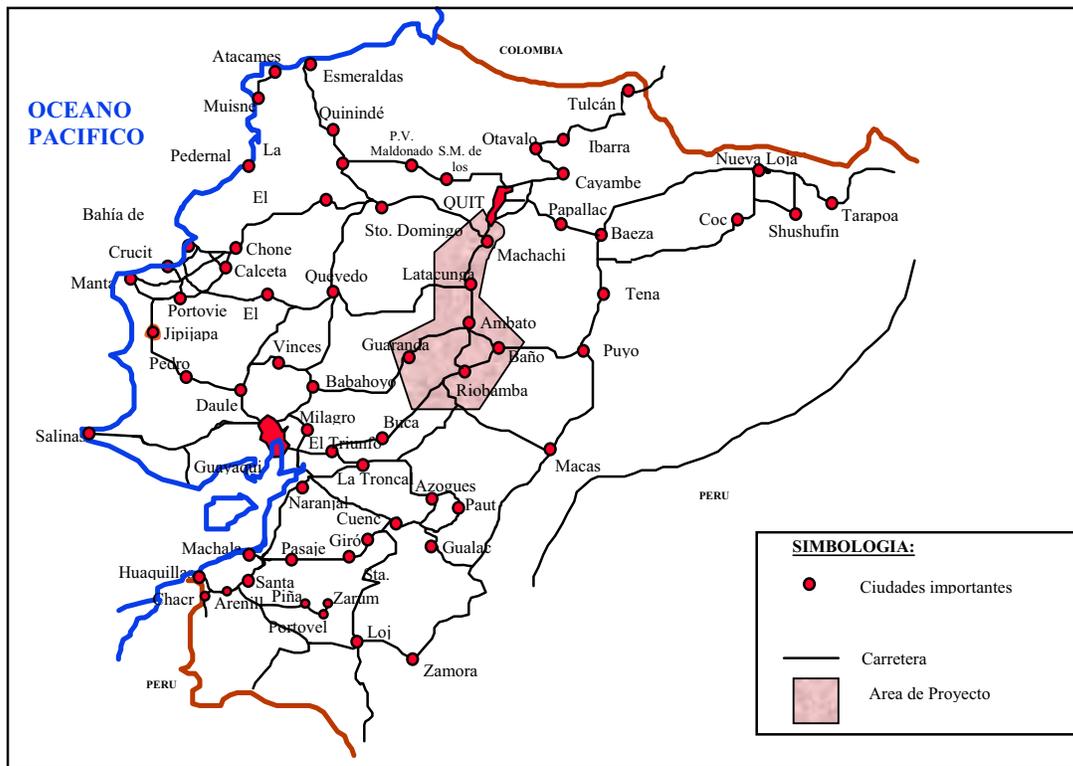


Fig. 2.3. Mapa del área en estudio¹⁰⁹

Fuente: <http://www.alegropcs.com/interna.asp?inc=cobertura>

¹⁰⁹ Fuente:

-Proyecciones de Cobertura- Gerencia Comercial- Alegro PCS.

<http://www.alegropcs.com/interna.asp?inc=cobertura>

-Área de cobertura de Operadores Locales Competidores- Ubicación de RBS.

PROVINCIA	CANTÓN	POBLACIÓN URBANA	POBLACIÓN RURAL	POBLACIÓN TOTAL
Bolívar	Guaranda	20742	60901	81643
Bolívar	San Miguel	5981	20766	26747
Bolívar	Echeandía	4576	6375	10951
Bolívar	Caluma	4535	6539	11074
Bolívar	Chimbo	3907	11098	15005
Bolívar	Chillanes	2336	2336	4672
Bolívar	Las Naves	1191	4074	5265
Chimborazo	Riobamba	124807	68508	193315
Chimborazo	Guano	6872	31016	37888
Chimborazo	Alausí	5563	37260	42823
Chimborazo	Cumandá	5411	3984	9395
Chimborazo	Chambo	3639	6902	10541
Chimborazo	Chunchi	3411	9063	12474
Chimborazo	Pallatanga	3160	7640	10800
Chimborazo	Colta	2295	42406	44701
Chimborazo	Guamote	1912	33298	35210
Chimborazo	Penipe	710	5775	6485
Cotopaxi	Latacunga	51689	92290	143979
Cotopaxi	La Mana	17276	14839	32115
Cotopaxi	Salcedo	9853	41451	51304
Cotopaxi	Pujilí	6815	53913	60728
Cotopaxi	Saquisilí	5234	15581	20815
Cotopaxi	Pangua	1436	18441	19877
Cotopaxi	Sigchos	1272	19450	20722
Pichincha	Mejía	12469	50419	62888
Tungurahua	Ambato	154095	133187	287282
Tungurahua	Baños	10439	5673	16112
Tungurahua	Pelileo	9051	39937	48988
Tungurahua	Píllaro	6299	28626	34925
Tungurahua	Cevallos	2250	4623	6873
Tungurahua	Quero	2238	15949	18187
Tungurahua	Patate	1795	9976	11771
Tungurahua	Mocha	1122	5249	6371
Tungurahua	Tisaleo	1038	9487	10525

Tabla 2.1 Distribución de población urbana y rural por provincia.

Fuente: El autor

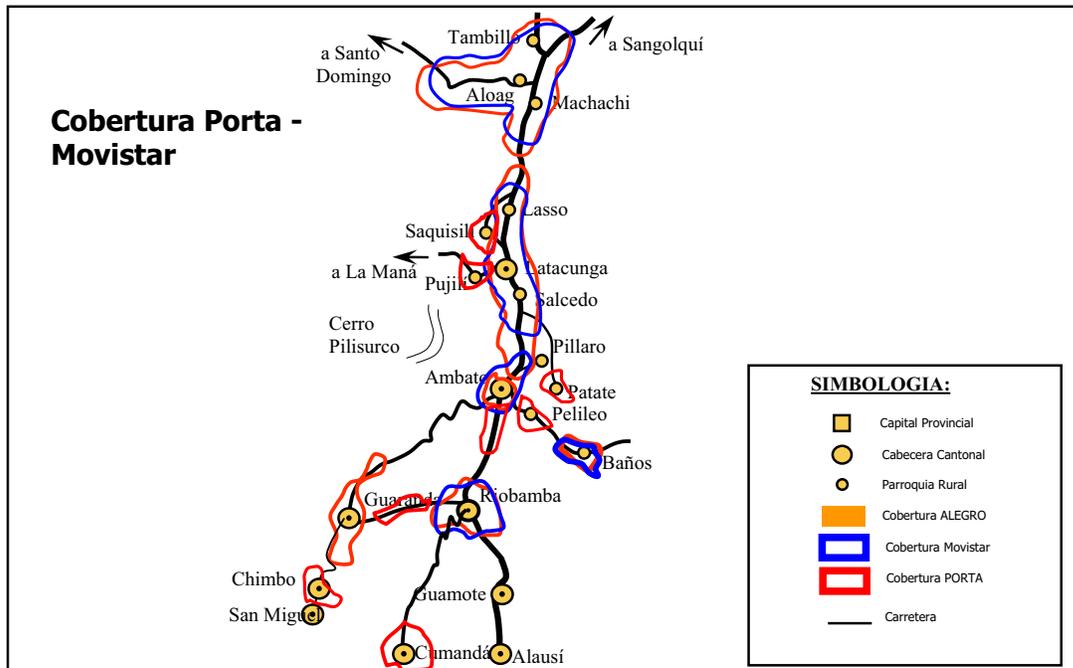


Fig. 2.4 Cobertura de la competencia

Fuente: El autor

La cobertura de la competencia fue estimada en base a la ubicación de las estaciones base y la información de disponibilidad de los servicios publicados en las páginas Web de la competencia.

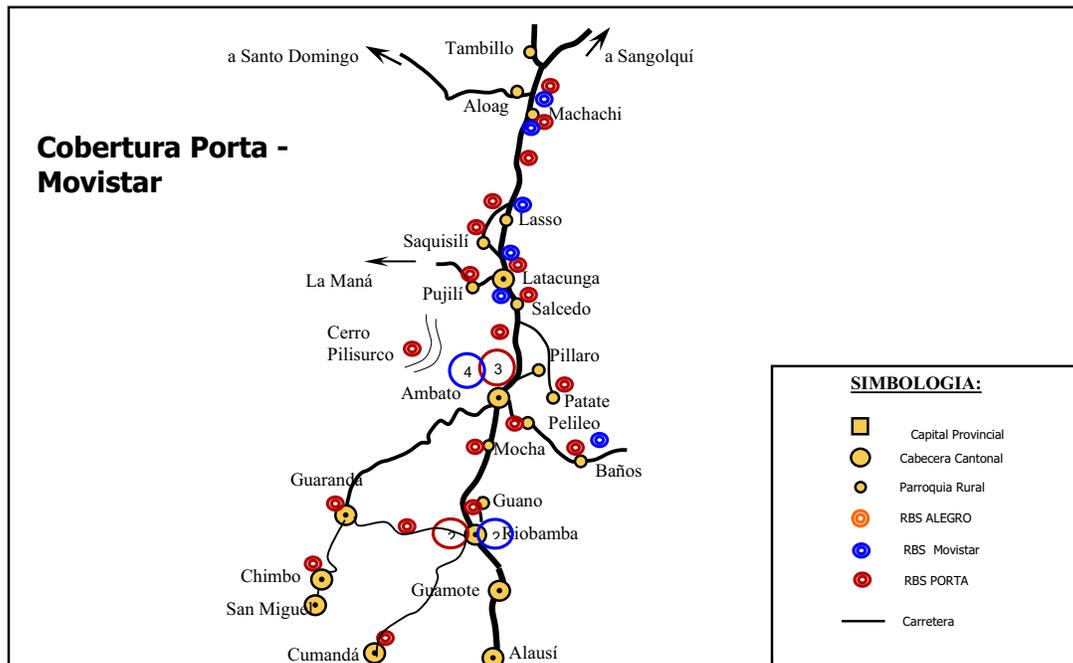


Fig. 2.5 Radio bases de la competencia

Fuente: El autor

De acuerdo a estos criterios la telefónica definió que el proyecto se dividiría en tres fases, las fases A y B serían ejecutadas hasta diciembre del 2006, la fase C será realizada en el 2007¹¹⁰.

Considerando los criterios utilizados para la distribución del servicio por demanda el proyecto total se enfoca en las vías de acceso a Quito por el sur y a la ruta Quito-Alausí (provincia de Chimborazo). Se considera como prioridad cubrir un gran porcentaje de la vía Quito-Riobamba, y la poblaciones de mayor población de la ruta y cercanías como son Baños y Guaranda.

- **Consideraciones de la fase A:**

- Se considera importante dar cobertura en Ambato y la vía de acceso, completando la cobertura en el Parque Industrial de Ambato y la Panamericana en la entrada a la ciudad de Ambato.
- Se incluye la ciudad de Baños por la afluencia de turistas en vacaciones y festividades en el mes de diciembre.
- Las poblaciones a ser cubiertas:
 - Ambato
 - Baños

- **Consideraciones de la fase B:**

- Se consideran únicamente las poblaciones con mayor cantidad de habitantes, y se realizó el diseño garantizando cobertura en el 50% de la vía Quito-Riobamba.
- Se mantiene la continuidad a la salida de Quito hasta Machachi.
- Se consideran las ciudades de Baños y Guaranda.
- Se removieron las poblaciones de Chimbo y Patate, a pesar de que una de las operadoras de la competencia brinda servicio celular en estos lugares, por considerarlos de menor prioridad.
- Poblaciones a ser cubiertas.

¹¹⁰ Fuente:

En el segundo escenario se tomaron en cuenta las siguientes poblaciones a ser cubiertas:

- Amaguaña
- Aloag
- Lasso
- Latacunga
- Salcedo
- Baños
- Riobamba

La cobertura al término de la fase B de éste proyecto se aprecia en la siguiente gráfica:

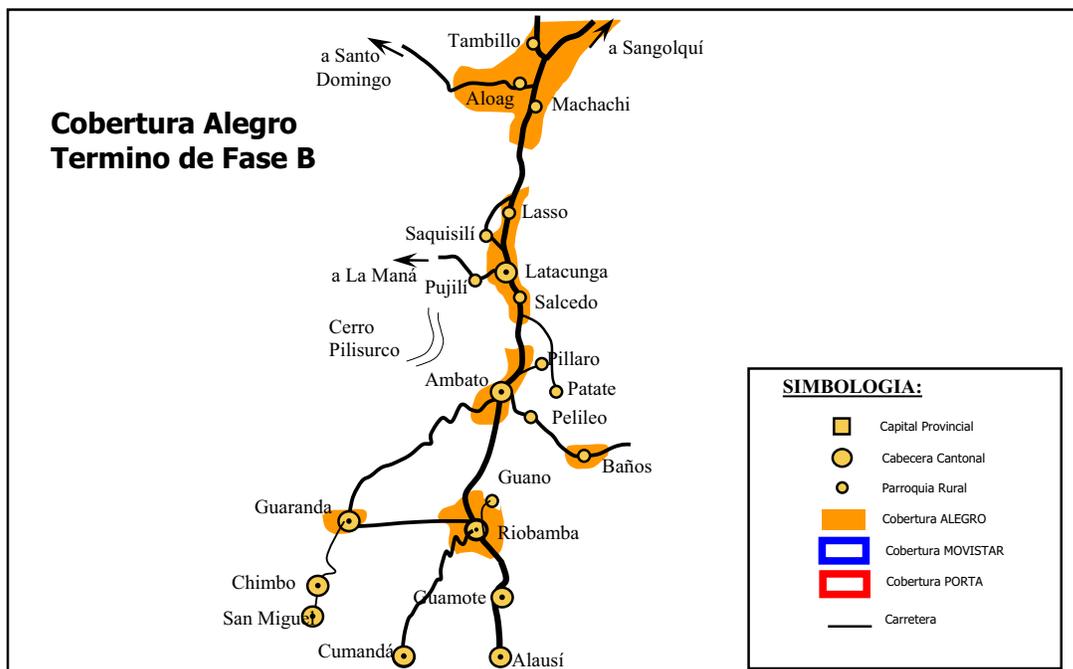


Fig. 2.6 Cobertura Alegro PCS - Fase B (Escenario 2)

Fuente: El autor

En esta gráfica se puede observar que:

- La cobertura de Alegro se consigue 50% de cobertura Quito-Riobamba.
- Se completa la Cobertura vía Sangolquí Aloag.

- En la zona de Latacunga, se garantiza cobertura con continuidad desde Lasso hasta Salcedo.
- Baños estará cubierta como isla.

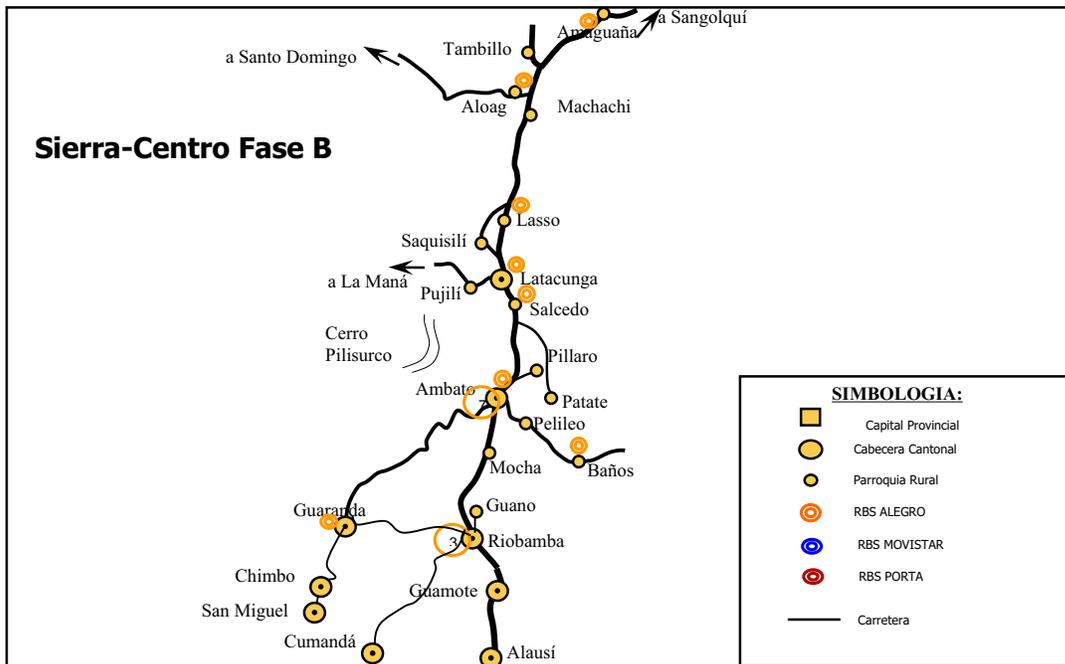


Fig. 2.7 Distribución de las RBS Alegre PCS

Fuente: El autor

Las RBS's serán distribuidas según la figura 2.7, en la cual se presentan una ubicación estimada de las mismas para lograr cubrir el vector descrito en la figura. 2.6.

- **Consideraciones de la fase C:**

Nuestra propuesta de expansión de cobertura en fase C en el 2007, estima que es vital para un total posicionamiento de Alegre PCS el disponer de cobertura al menos en los lugares donde la competencia ya esta presente.

- Por este motivo se considera importante dar cobertura en las vías y se realiza un diseño incluyendo en este proyecto la vía Quito-Ambato de manera continua y Ambato Riobamba en un 90%.
- Se incluyen las poblaciones cercanas a la ciudad de Guaranda.

- Se iguala en cobertura a la competencia en las principales poblaciones a excepción de Patate (1975 hab. área urbana) y la vía Riobamba-Guaranda por considerarla de menor prioridad urbana.
- Se incluye Alausí (5563 hab.) con el objeto de iniciar cobertura en la vía al Cañar.
- Se incluye la población de Mulaló.
- Las poblaciones a ser cubiertas serían:
 - o Mulaló.
 - o San Miguel.
 - o Chimbo.
 - o Pelileo.
 - o Píllaro.
 - o Pujilí.
 - o Saquisilí.
 - o Chambo.
 - o Alausí.
 - o Cumandá.
 - o Patate.
 - o Latacunga.
 - o Cevallos.
 - o Guamote.
 - o Quisapincha.
 - o Quero.
 - o Mocha.
 - o Guano.

Sin embargo, a pesar de las consideraciones previstas es necesario adicionalmente evaluar, si en términos de viabilidad del proyecto, todas las poblaciones antes mencionadas deben idealmente ser consideradas.

El problema radica en que por factores de tiempo, costes de inversión y rentabilidad es necesario identificar zonas de prioridad para las proyecciones de crecimiento.

Por este motivo como ejemplo y trabajo de este proyecto de titulación, a continuación efectuaremos un estudio pormenorizado del diseño y costos de implementación de la red de “Servicio Móvil” en una población que particularmente no se encuentra en el trayecto de la carretera Quito – Ambato, pero si en sus proximidades y que adicionalmente dispone de cobertura con la competencia (PORTA), como es el caso de Píllaro.

Los resultados de éste estudio servirán de criterio referencial a Alegro PCS para de manera similar determinar si el mapa de cobertura propuesto al final de esta fase, debe considerar a todas las poblaciones propuestas.

2.2 DIMENSION DE CAPACIDAD¹¹¹

En el ejercicio de dimensión de capacidad para la población de Píllaro se involucran las mismas consideraciones del diseño de una red de comunicación con alcance nacional, por lo que para la práctica de éste estudio se adaptará dichas consideraciones pero bajo un enfoque a escala y específico, determinado por las características de la población de Píllaro. Para este efecto previamente se a continuación algunos conceptos adicionales:

2.2.1 CAPACIDAD

La capacidad en sistemas CDMA es la habilidad de la red entera o de uno de sus elementos, a través del cual se da soporte a aplicaciones individuales en instancias simultáneas ó a ambos como una función de interferencia garantizando un grado de servicio requerido.

La capacidad de CDMA es limitada por los recursos de hardware disponibles en la red o nodo de red, así como por los recursos espectrales ofrecidos y la interferencia encontrada dentro de la red.

¹¹¹ Fuente: Resumen - Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA 2000 OVERVIEW Dic-2003

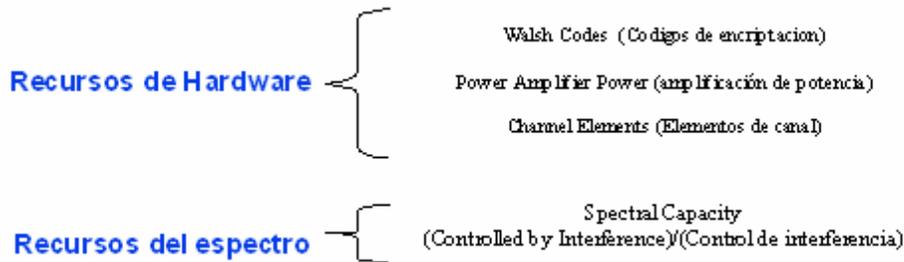


Fig. 2.8. Tipos de Recurso de Red

Fuente: Manual de entrenamiento NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

2.2.2 FORWARD LINK Y REVERSE LINK

El acoplamiento entre la estación base y la estación móvil se conoce como “Forward Link”.

El acoplamiento entre estación móvil y estación base se conoce como “Reverse Link.”

El máximo número de móviles que pueden ser soportados en el “Forward link” de un sistema CDMA es diferente del máximo número de usuarios a ser soportados en el “Reverse Link.”

Normalmente la capacidad de los sistemas CDMA esta limitada por la capacidad del “Reverse Link.”

La capacidad del “Forward Link” es gobernada por el total de transmisiones de potencia de la celda y la distribución de canales de tráfico más otros canales incluyendo el de Piloto, paging, y canales de sincronismo.

Si el control amplificador de potencia de la base no puede proveer suficiente potencia para los canales de “Forward traffic channels”, la capacidad del sistema limita al “Forward Link”.

Los “soft handoffs” proveen capacidad al “Reverse Link”, sin embargo estos soft handoffs afectan la capacidad del “Forward Link”, es así que la capacidad del “Forward Link” es reducida por el número y tipos de “soft handoffs”.

2.2.3 CAPACIDAD ESPECTRAL DEL FORWARD LINK

La capacidad espectral del “Forward Link” indica el número de usuarios que pueden ser soportados por sector y por cada portadora de 1,25MHz. Y está determinada por las características de varios canales de radio tales como:

- **Porcentaje del amplificador** de potencia reservado para canales de tráfico.
- **El procesamiento de ganancia (PG)** en la señal: Spreading Rate/Data Rate.
- **Mínimo valor de Energía irradiada / Ruido (Eb/Nt)** para mantener el FER (Frame Error Rate)Requerido.
- **Ciclo obligatorio** (factor de actividad) de transmisión de señal: Actividad del Vocoder, no actividad de voz.
- **Señal de interferencia** de radio dentro del canal de radio.

Se debe añadir que el estándar CDMA2000[®] introduce varias características para proveer al “Forward Link” capacidad.

- **Control de potencia más rápido para el Forward Link.-** Los canales de tráfico del “Forward Link” (Fundamental and Supplemental Channels) pueden estar comúnmente controlados sobre los 800 Hz. Ésta es la más importante característica al incrementar capacidad de voz sobre el “Forward Link.”
- **Mejor corrección de errores en el envío.-** Convolución de la tasa de códigos mas alta 1/4 (K = 9), y Turbo coding (K = 4) para aplicaciones de datos.

- **Cuadratura en fase para “Forward Link”. (QPSK).**- QPSK mapas de más bits en cada modulación.

Forward Link Pole Capacity Equation

$$S_{MAX} = \sum_{i=1}^K S_i = \frac{1 - \left(\frac{PilotEc}{I_{or}} + \frac{PagingEc}{I_{or}} + \frac{SyncEc}{I_{or}} \right)}{\frac{1}{N_{MAX}} \cdot \sum_{i=1}^K N_i \cdot h_i \cdot v_i \cdot V_{BO,i} \cdot \frac{m_i \cdot R_{b,i}}{R_c} \cdot Traffic \frac{E_{b,i}}{N_i} \cdot E \left\{ \frac{1}{\gamma_i} \right\} \cdot \beta_i}$$

h_i Handoff Reduction Factor
 v_i Activity Factor (transmit duty cycle): VOCODER ACTIVITY
 $V_{BO,i}$ Packet Data Back-off Factor, $V_{BO} \geq 1$.
 m MAC, RLP and Retransmission factor
 $R_c/R_{b,i}$ Processing Gain
 $E_{b,i}/N_t$ Required Traffic Channel Eb/Nt corresponding to rate $R_{b,i}$ at nominal FER
 γ_i Best-serving Sector Carrier to Interference Ratio
 β_i Average excess transmit power Power Control Back-off Factor. β is 0 dB for IS-95.

Average Voice Capacity:
30-34 simultaneous users / sector-RF (Mobility, 1% FER)
45-54 simultaneous users / sector-RF (WLL, 1% FER)

Fig. 2.9. Ecuación de Capacidad del “Forward Link”

Fuente: Manual de entrenamiento curso NOKIA. CDMA 2000 - OVERVIEW

2.2.4 CAPACIDAD ESPECTRAL DEL REVERSE LINK

Indica el número de usuarios que pueden ser soportados por sector por portadora de 1,25MHz y está determinado por varias características del canal de radio entre los que se incluye:

- **Frecuencia de re uso y eficiencia:** Reducción de la capacidad debida a interferencia en la banda.
- **El procesamiento en la ganancia (PG)** de la señal: Spreading Rate / Data Rate.
- **Mínimo valor de Eb/Nt** para mantener el FER requerido.

- **Ciclo necesario de transmisión de la señal (activity factor):** Actividad del vocoder, NO actividad de voz.
- **Carga:** Interferencia de la misma u otras celdas, reducción de cobertura y capacidad.

De igual manera que para el “Forward Link”, CDMA2000 introduce varias características para la proveer capacidad espectral al “Reverse Link”.

- **Canal Piloto:** Reverse Link Pilot Channel (R-PICH). - Una coherente demodulación en la BTS es ahora posible a través del uso de una referencia, la transmisión constante de una señal piloto en el “Reverse Link”. Esto representa la principal característica para proveer capacidad al “Reverse Link”, reduciendo el cociente de señal ruido y mejorando la calidad del receptor.
- **Heterodyne Shift Keying (HPSK) Modulation.** - La modulación HPSK provee realce en la capacidad del “Reverse Link”. Más bits son mapeados en cada símbolo de modulación.

2.2.4.1 Frecuencia de Re-uso

CDMA tiene una frecuencia de re uso =1. Esto es que la misma frecuencia está implementada como una capa alrededor de toda la red. Esto se debe a que la capacidad individual de cada sector ó celda experimenta un porcentaje de reducción de la teórica capacidad máxima alcanzada.

Este porcentaje es la “*frecuencia de re uso de eficiencia*”.¹¹²

¹¹² “*frecuencia de re uso de eficiencia*”

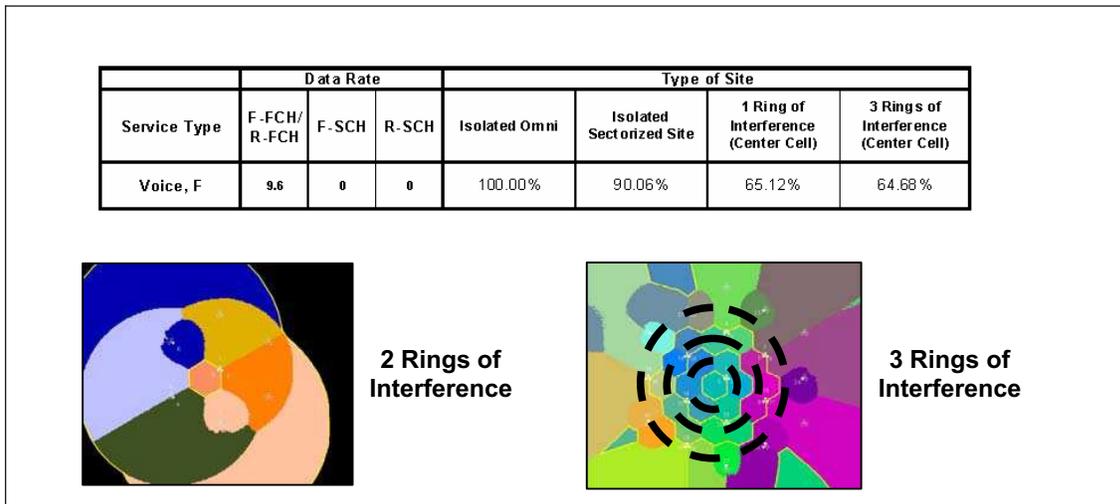


Fig. 2.10 Frecuencia de re-uso

Fuente: Manual de entrenamiento NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

2.2.4.2 Carga del “Reverse Link”

Si la interferencia en el canal aumenta constantemente, los teléfonos móviles (handsets) aumentarán su potencia continuamente hasta alcanzar el máximo nivel, en éste punto el canal de acople “Reverse Link” puede romperse. Esto pasa en regiones muy alejadas de la celda. Como los niveles de interferencia continúan a un rizado de señal, la región de la cobertura se contrae a sólo esos teléfonos que están más cercanos a la BTS y que consecuentemente puedan cerrar cada vez más el “Reverse Link”. A esto se le conoce como “Respiración Celular / (Cell Breathing).”¹¹³

¹¹³ “Respiración Celular / (Cell Breathing)

Fuente: Resumen del Manual de entrenamiento curso NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW –Dic 2003

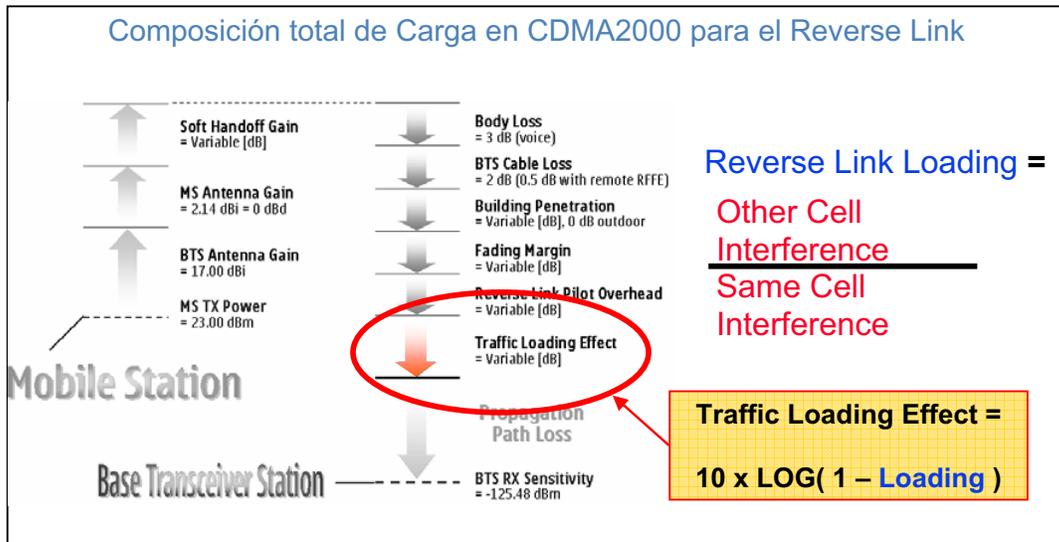


Fig. 2.11 Carga del “Reverse Link”

Fuente: Manual de entrenamiento NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

Finalmente la ecuación de cálculo de capacidad del “Reverse Link” considera todos los posibles factores de atenuación de la potencia de la señal de acople tal como se describe en el siguiente resumen.

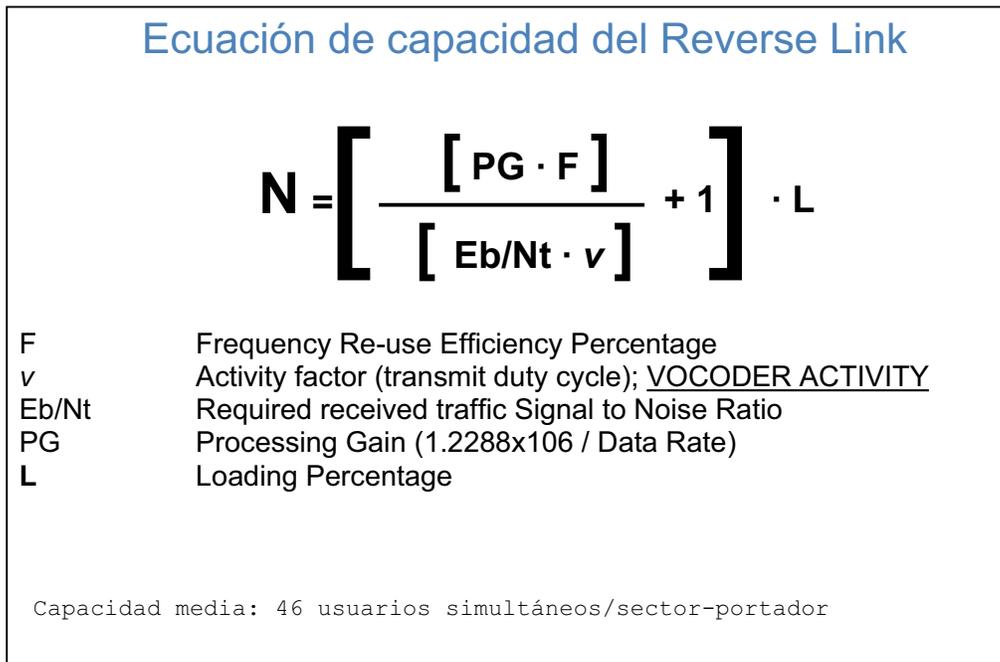


Fig. 2.12. Ecuación de cálculo de capacidad del “Reverse Link”¹¹⁴

Fuente: Manual de entrenamiento NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

¹¹⁴ Fuente:

Sin embargo se debe considerar que debido a que el “Forward Link” soporta solamente de 30 a 34 usuarios simultáneos, la capacidad de CDMA es también limitada por el “Forward Link”.

2.2.5 CAPACIDAD DEL FORWARD LINK VERSUS REVERSE LINK

La capacidad del “Forward Link” de CDMA está limitada por la interfaz de aire, así como por la codificación de la señal “Walsh codes” y la amplificación de potencia de la BTS y MS.

La capacidad del “Reverse Link” en cambio se ve limitada únicamente por los elementos de canales “Channels Elements”, debido a que los “CSM” chipsets del diseño de Qualcomm, ofrecen la mitad de módems sobre el “Reverse Link” comparado con el “Forward Link.”

CDMA Capacity	Forward Link	Reverse Link
Air Interface Capacity	X	
Walsh Code Capacity	X	
Channel Element Capacity		X
PA Power Capacity	X	

Tabla 2.2. Capacidad en CDMA.

Fuente: Manual de entrenamiento NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

2.3 ALCANCE DE COBERTURA¹¹⁵

En el ejercicio de dimensión de cobertura para la población de estudio se involucran las mismas consideraciones de diseño de una red de comunicación

¹¹⁵ Fuente:

Resumen del Manual de entrenamiento curso NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW –Dic 2003

con alcance de cobertura nacional, sólo que para nuestro ejemplo dichas consideraciones serán adaptadas a las características de la población de estudio.

Para este efecto previamente se citará algunos conceptos:

2.3.1 COBERTURA

En una red CDMA, el término cobertura se define como el área geográfica, interna o externa (indoor and outdoor) donde la estación móvil (MS) puede censar la presencia del “Reverse Link y Forward Link” de la estación base de transceivers (BTS).

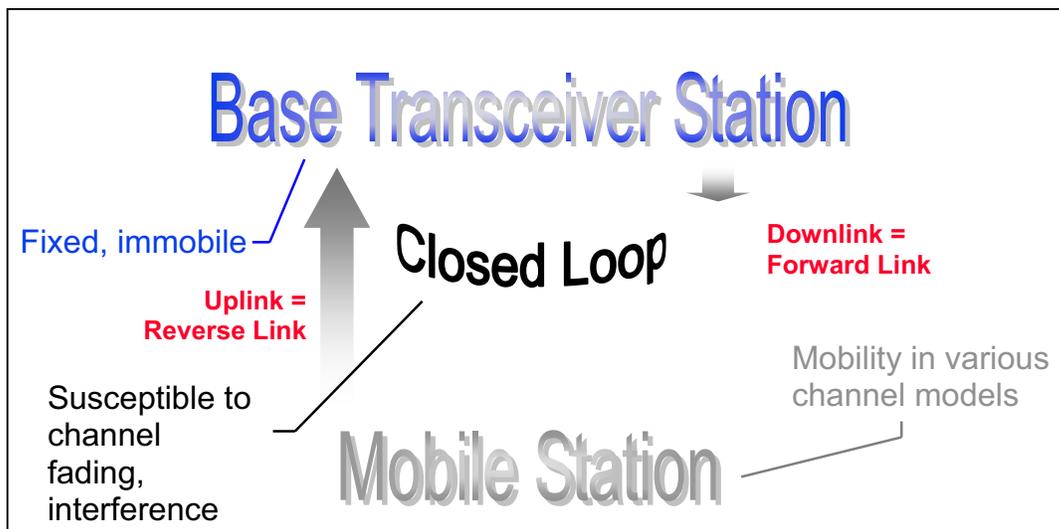


Fig. 2.13 Comunicación entre Base “Transceiver Station” y “Mobile Station”

Fuente: Manual de entrenamiento NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

2.3.2 COBERTURA DEL FORWARD LINK (CDMA FORWARD COVERAGE)

Es el área donde la estación móvil (MS) puede cerrar el "Forward Link" con la estación base (BTS). De igual forma se define la cobertura del "Downlink".

La calidad de "Forward Link" y los canales de control y tráfico esta limitada por:

- La intensidad de la Señal /Ruido (S/N) del "Canal Piloto" (Forward Pilot Channel (F-PICH)) que acrecienta el total de interferencia en la banda, específicamente la relación de E_c/I_o (Energía / Ruido) del piloto Individual. Esto porque el F-PICH es usado para remodular todos los canales de trafico y control del "Forward Link."
- La calidad de los canales de sincronización (F-SYNC) y paginación (F-PGCH) si éstos están en marcha lenta (Idle State). Esto porque el período de expiración definido es de $T=30m$.
- La calidad del canal de tráfico fundamental (F-FCH), si en el estado de tráfico está controlado por el "Forward Link Budget."

La calidad de cualquier canal está determinado por la relación de los saltos de interferencia total de energía en la banda (Ruido + Energía CDMA) o E_c/I_o .

E_c/I_o ¹¹⁶ en [dB] es una métrica usada para caracterizar la fuerza y calidad de la señal. RSSI era un valor análogo usado en TDMA y AMPS, hoy virtualmente sin sentido.

¹¹⁶ " **E_c/I_o** "

Fuente: Manual de entrenamiento NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

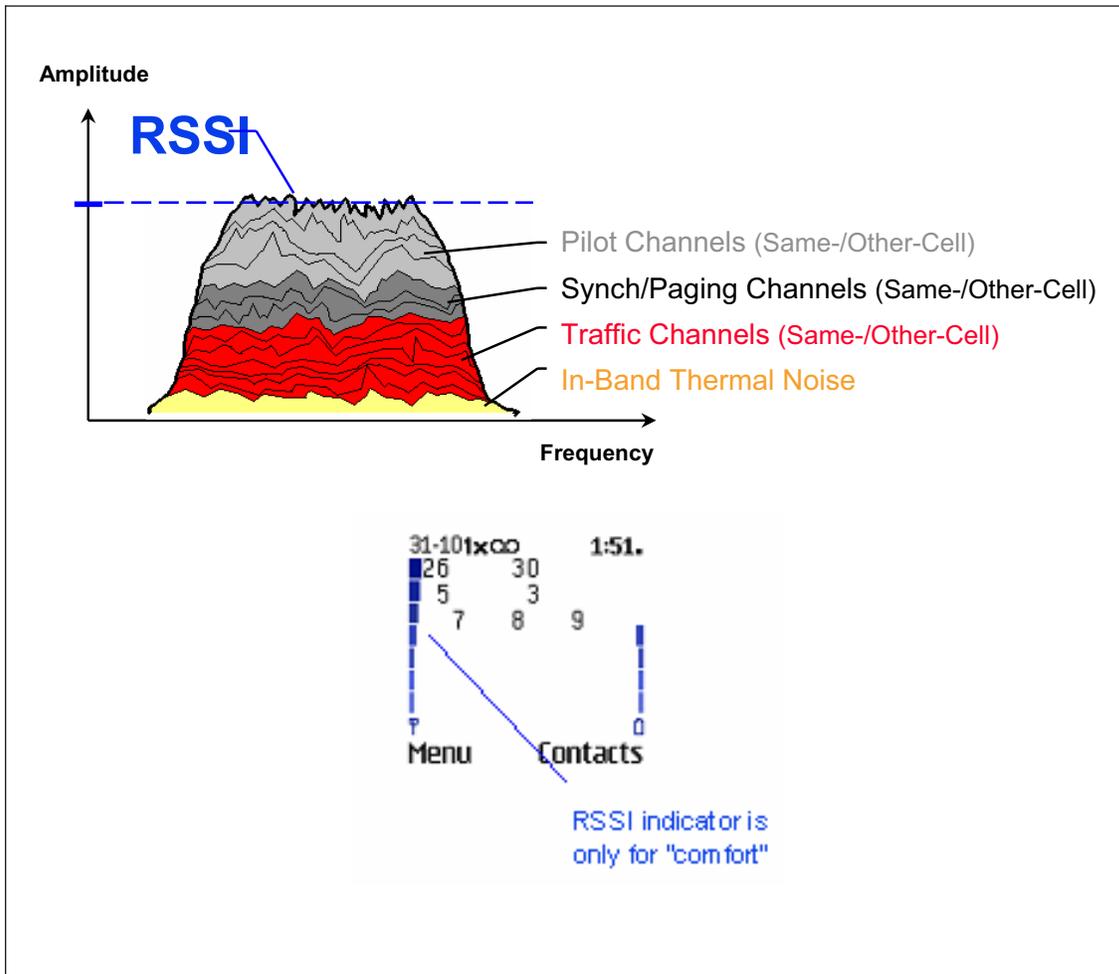


Fig. 2.14 RSSI en CDMA

Fuente: Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA 2000 OVERVIEW Dic-2003

El indicador RSSI puede únicamente ser usado como referencial de energía presente en la banda proveniente de algún “carrier” en área rural o en construcciones, pero no puede indicar si el canal de tráfico puede ser satisfactoriamente usado por un canal piloto con un marco (frame) mínimo de errores.

Por lo tanto, el indicador de señal que se observa en los handsets (teléfonos – [MS]) en un lado de la pantalla es únicamente una característica referencial en CDMA para los antiguos usuarios de TDMA. El real indicador de calidad de señal en el canal es la calidad de E_c/I_o .

2.3.3 FORWARD LINK BUDGET

Se define como la máxima potencia de transmisión para los canales de tráfico fundamental (F-FCH), Suplementario (F-SCH) y típicamente ubicada en la BTS.

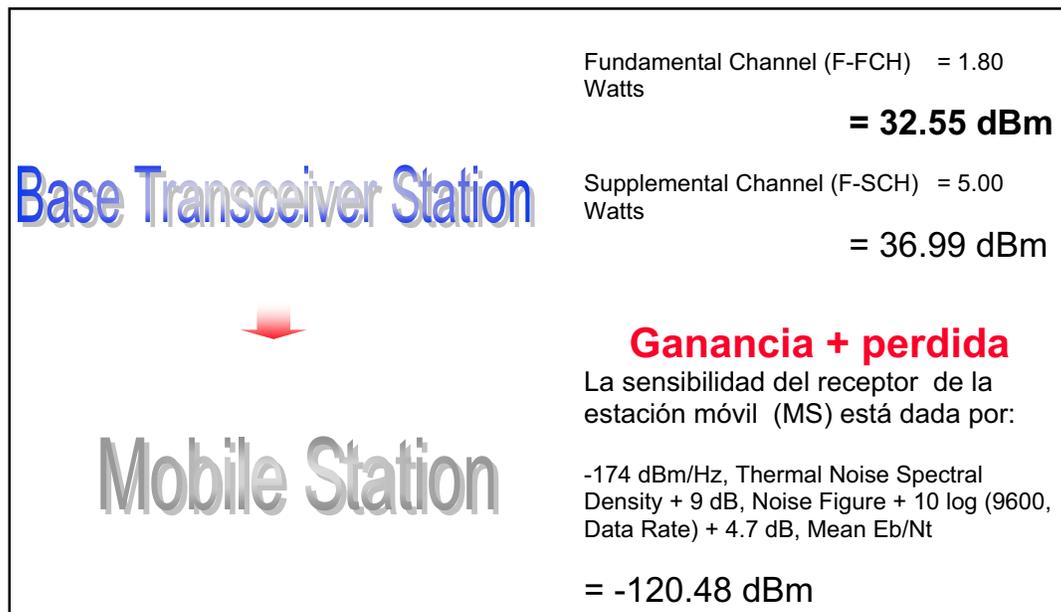


Fig. 2.15 Potencia en el Forward Link Budget

Fuente: Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA 2000 OVERVIEW Dic-2003

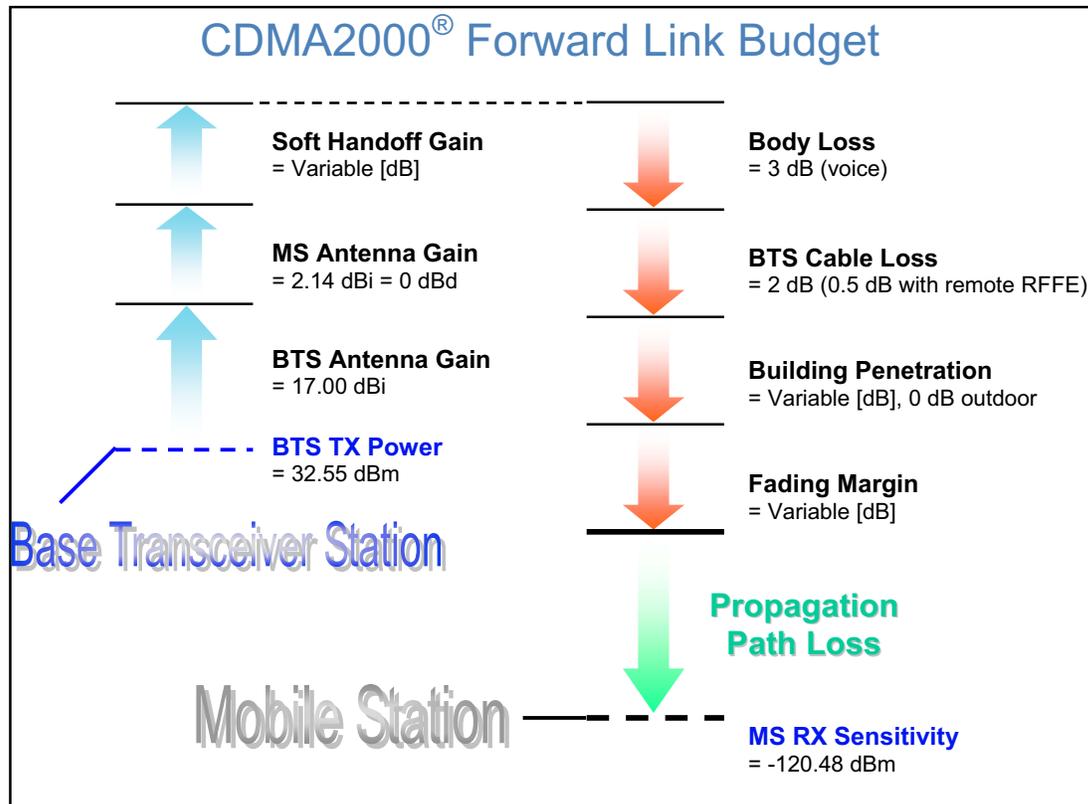


Fig. 2.16 CDMA2000® Forward Link Budget

Fuente: Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA 2000 OVERVIEW Dic-2003

El Margen de desvanecimiento y ganancia de “Soft handoff” están relacionados con el borde de confianza de la celda, la disponibilidad del área de la celda y el registro del “Estándar de Desviación Normal”.

La ganancia de “Soft handoff” es UNICAMENTE considerada si el “Link Budget es designado para una celda de enlace “handoff”.

La pérdida de trayectoria que la señal puede aguantar inmóvil sin romper el “Forward Link”, se define como la pérdida de trayectoria máxima permitida (MAPL).

2.3.4 MULTITRAYECTORIAS DE PROPAGACIÓN ¹¹⁷

¹¹⁷Fuente:

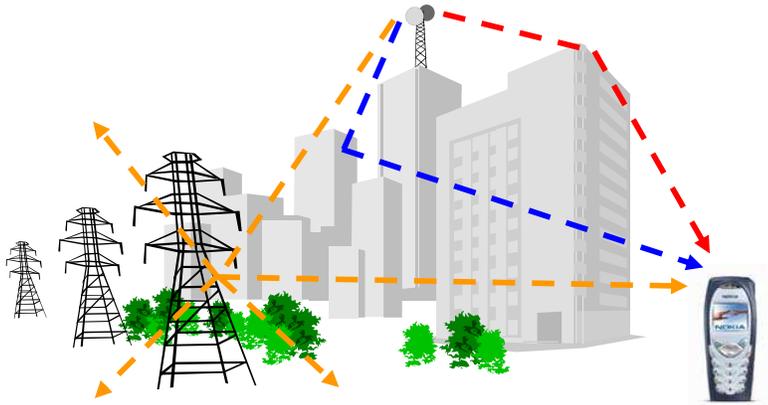


Fig. 2.17. Multitrayectorias de propagación

Fuente: Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA 2000 OVERVIEW Dic-2003

Las señales transmitidas son propagadas a lo largo de trayectorias únicas antes de ser demoduladas en el receptor. Dichas trayectorias son causadas por efectos de propiedades de ondas electromagnéticas tal como:

- **Refracción:** causada por la reflexión de la radiación alrededor de las esquinas.
- **Reflexión:** resulta cuando los objetos sobre los que la radiación afecta son más grandes que la longitud de onda.
- **Scattering-Dispersión,** alternadamente, se distribuye si la obstrucción del objeto es más pequeña comparada con la longitud de onda de la señal irradiada.
- **Fast Fading** – rápido desvanecimiento, es el resultado en la red de esos tres procesos en el entorno de “RF”. Un patrón resultante de onda es producido por la adición de componentes multidireccionales de señal irradiada. La fuerza de la señal varía periódicamente en función de longitud de onda y de la distancia recorrida en la propagación.

2.3.5 BORDE DE CONFIANZA DE LA CELDA. “CELL EDGE CONFIDENCE (CEC)”

Representa el porcentaje de llamadas que pueden cerrar el acople (link) de la "BTS" en el borde de la celda, considerando el registro normal del desvanecimiento de señal en la locación.

La probabilidad de que las llamadas puedan ser realizadas en el borde de la celda es del 50% por "default."

Para mejorar esta probabilidad, los planificadores / diseñadores de Red introducen un margen de desvanecimiento (Fading Margin) en decibeles (dB) dentro del "Link Budget" para artificialmente reducir en los diseños el radio de la celda. Esto incrementa la probabilidad de que las llamadas puedan ser realizadas en el borde de la celda, en esencia lo que hacemos es cambiar la forma de la "campana".

Las medidas tomadas en una localización variarán en un cierto plazo debido a los cambios en el canal del "RF". La potencia recibida en una localización particular es al azar y es distribuida de una manera normal, con una desviación estándar de 0dB.

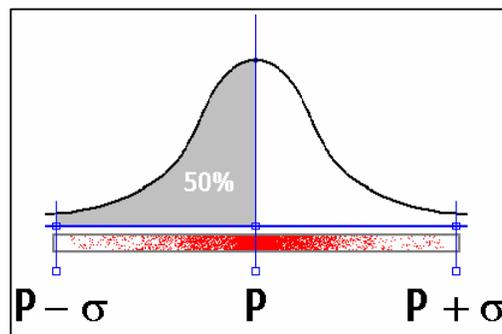


Fig. 2.18 Cell Edge Confidence Bell

Fuente: Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA 2000 OVERVIEW Dic-2003

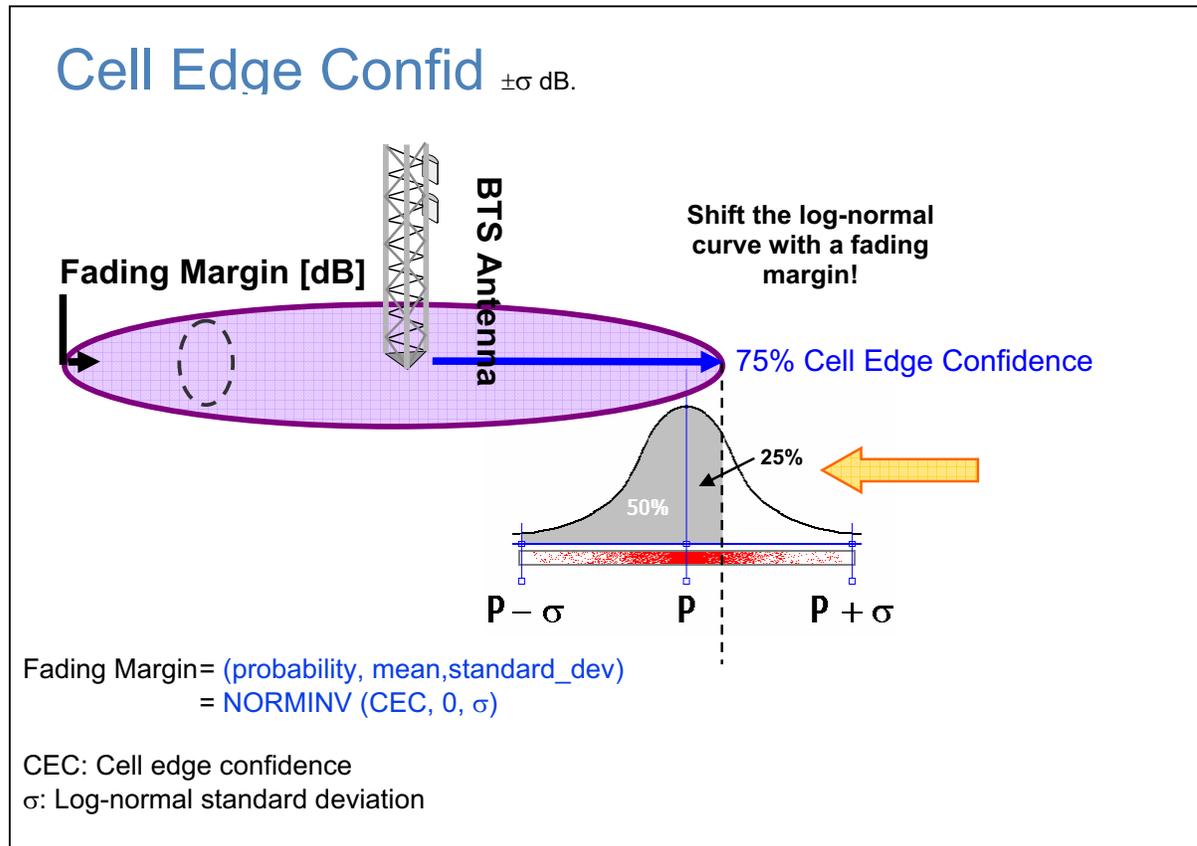


Fig. 2.19 Cell Edge Confidence

Fuente: Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA 2000 OVERVIEW Dic-2003

2.3.6 SOFT HANDOFF

Ocurre cuando los canales de tráfico están asignados al mismo móvil desde dos o más sectores de separadas BTS. El número requerido de "Chanel Elements"(CE) es igual al número de BTS involucrados en el Handoff.

2.3.7 SOFTER HANDOFF

Ocurre cuando los canales de tráfico son asignados al mismo móvil desde dos o más sectores de la misma BTS. Únicamente un "Chanel Element" (CE) es requerido.

Soft and Softer Handoff



Fig. 2.20. Soft and Softer Handoff

Fuente: Manual de entrenamiento NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

Cuando la estación móvil detecta una señal piloto suficientemente fuerte y que no esté asociada con un canal de tráfico, ésta envía “un mensaje” con la medida de la intensidad de la señal a la BTS.

Si el control de admisión de la BSC lo permite, la BTS puede asignar un canal de tráfico con el piloto del “Mobil Station” (MS) y direccionar al “Mobil Station” a efectuar el handoff.

2.3.8 DISPONIBILIDAD DEL ÁREA DE CELDA (CELL AREA AVAILABILITY -CAA)

Representa el porcentaje de llamadas que pueden ser realizadas dentro del área de la celda, considerando “Slow fading” en cada locación. El uso del modelo de propagación Hata Okumura/COST-231 es requerido para una adecuada predicción de CAA.¹¹⁸

¹¹⁸ Hata Okumura: conceptos básicos

http://www.wirelessapplications.com/wireless/services/lostFound/images/Hata_Final.pdf

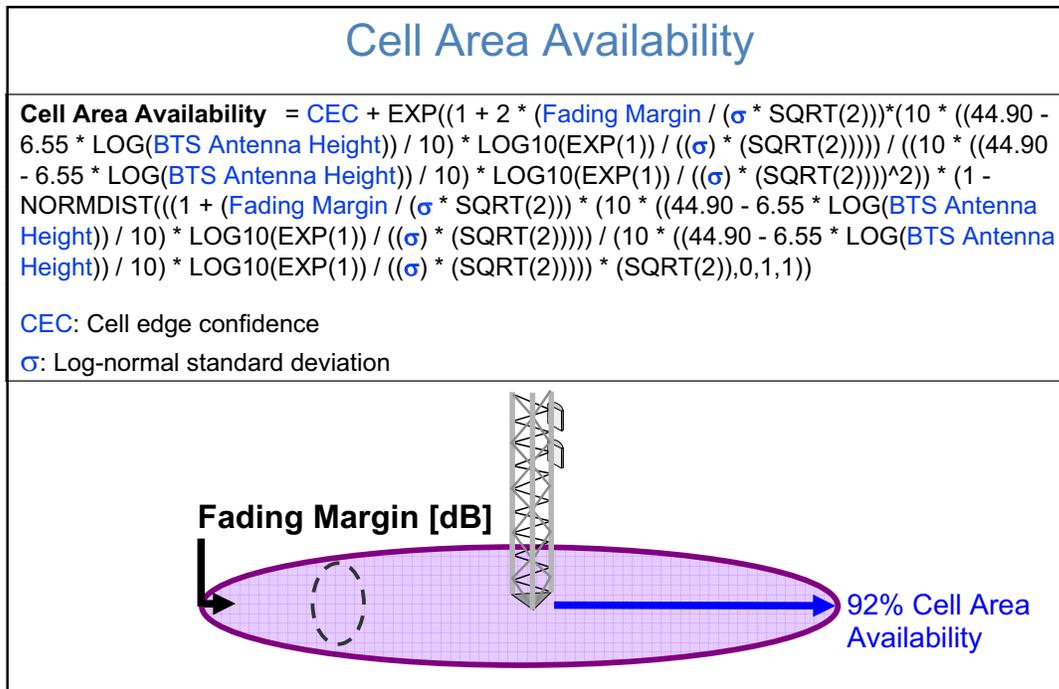


Fig. 2.21. Disponibilidad del área de celda

Fuente: Manual de entrenamiento NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

2.3.9 RESUMEN DE VALORES TÍPICOS

A continuación se presenta un resumen de valores típicos de confianza de celda y ganancia para la generación de un “soft handoff”.

From Cell Edge Confidence to Soft Handoff Gain...

Cell Edge Confidence	Cell Area Availability	Log Normal Standard Deviation (Db)	Fading Margin (dB)	Soft Handoff Gain (dB)
75%	90%	8	-5.40	3.72
80%	92%	8	-6.73	3.81
85%	95%	8	-8.29	3.92
90%	97%	8	-10.25	4.06
95%	98%	8	-13.16	4.26
75%	92%	6	-4.05	2.82
80%	94%	6	-5.05	2.89

Tabla 2.3 Resumen de Valores Típicos

Fuente: Manual de entrenamiento curso -NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

2.3.10 FACTOR DE PENETRACIÓN PARA COBERTURA INDOOR

La pérdida de intensidad de señal por penetración en edificios es usualmente especificada para cada morfología. Los resultados definen un diferente MAPL, que es calculado para cada región de campo.

Mientras el máximo de trayectoria varia, también varían los radios de celda.

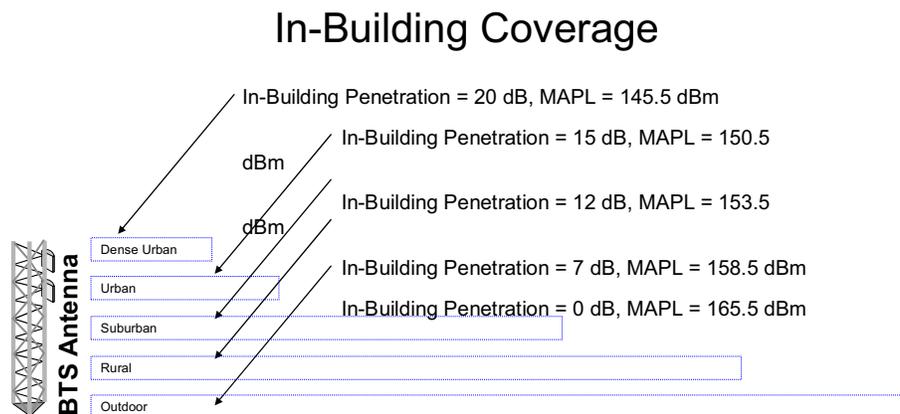


Fig. 2.22. Factor de penetración para cobertura en edificios

Fuente: Manual de entrenamiento curso -NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

2.3.11 COBERTURA DE CANALES SUPLEMENTARIOS

Mientras la velocidad de conexión incrementa, la sensibilidad del receptor llega a ser más positiva. Esto hace que la trayectoria máxima permitida se encoja, reduciendo el radio de conexión de la celda.

Supplemental Channel Data Coverage

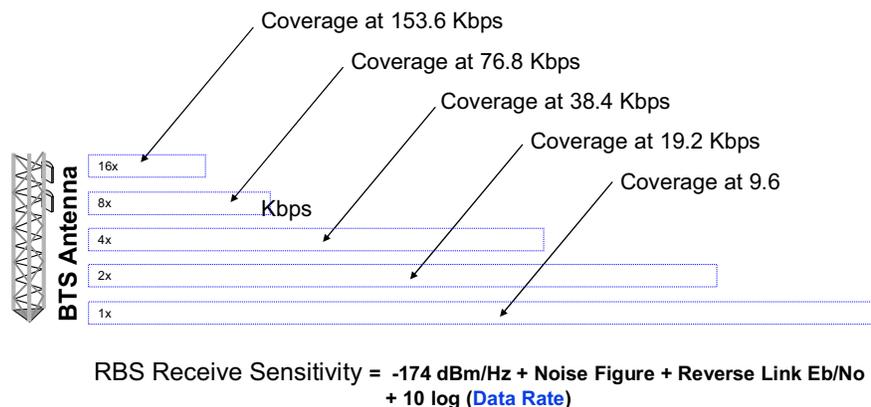


Fig. 2.23 Cobertura canales suplementarios.

Fuente: Manual de entrenamiento curso -NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

2.3.12 COBERTURA DEL REVERSE LINK (CDMA REVERSE COVERAGE)

Consiste en la región donde la estación móvil puede cerrar la comunicación del "Reverse Link" con la estación base (BTS). Está limitado únicamente por la calidad del canal de tráfico del (Reverse Link Budget).

2.3.13 REVERSE LINK BUDGET

Consiste en "la máxima transmisión de potencia típicamente radiada por el teléfono es típicamente 23.00 dBm".¹¹⁹

¹¹⁹REVERSE LINK BUDGET (Extracto)

Tomado del Manual de entrenamiento curso -NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW- Dic 2003

CDMA2000® Reverse Link Budget

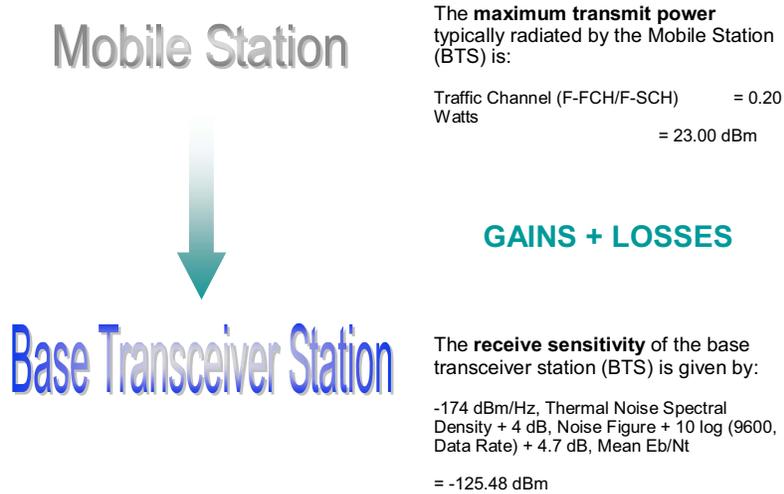


Fig. 2.24 a. Reverse Link Budget

Fuente: Manual de entrenamiento curso -NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

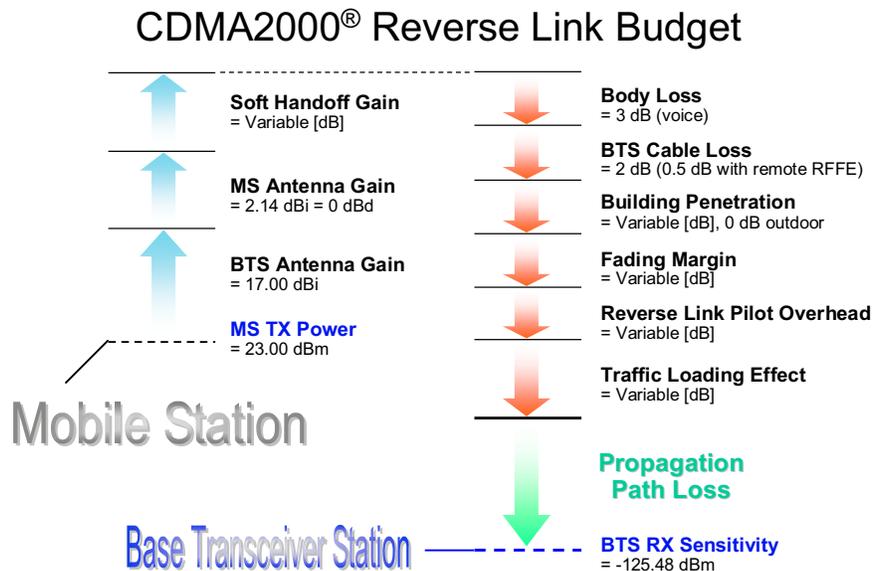


Fig. 2.24b. Reverse Link Budget

Fuente: Manual de entrenamiento curso -NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

2.3.14 MODELOS DE PROPAGACIÓN

En función de convertir la máxima trayectoria de pérdida (MAPL) al correspondiente radio de la celda, se debe usar un modelo de propagación.

Existen varias opciones, dependiendo de la clase de banda, así (Band Class 0=Cellular band, 800MHZ, mientras que para banda PCS ,1900 MHz.

En cada grupo varios modelos son disponibles. Cada uno tiene distintas propiedades que permiten a un modelo varios aspectos (Morfologías, distribución en edificios, etc.)

Una desventaja de trabajar en diseño con los modelos de cálculo con valores comunes en tablas de Excel (Spreadsheet), es que las características del terreno no están consideradas en el análisis. Sin embargo se considera que son una herramienta referencial muy útil.

Herramientas de Network Planning pueden adicionar importantes aspectos al análisis.

Un resumen de las especificaciones que consideran de forma general los modelos de propagación se presentan en el anexo 4 de este trabajo.

Generalmente el área de 3 celdas ó área de la BTS es computada sobre una morfología básica. Cada región morfológica es normalmente implementada con un diferente promedio de altura de las antenas de BTS. Distintos criterios de penetración son utilizados, tal como los criterios para coeficientes.

$$3 - \text{Cell Area} = \sqrt{(6.75) \times (\text{Radius}^2)}$$

Ecuación 2.1

Debido al cómputo del número de BTS requerido para toda la red, el área de mercado es dividida entre todas las morfologías y su correspondiente área de

BTS tal como se describe en la ecuación. Las cantidades de BTS requeridas para cada región son entonces adicionadas.

$$\text{Number of BTS} = \frac{\text{Market Area}}{\text{3-Cell Area}}$$

Ecuación 2.2

“Es decir que finalmente cada mercado es analizado por su morfología básica”.¹²⁰

Morphology	Area (km ²)	Cell Radius	3-Cell Area	Number of BTS
Dense Urban	15	0.8	2.08	7.22
Urban	150	1.3	3.38	44.41
Suburban	750	5.6	14.55	51.55
Rural	1100	12.5	32.48	33.87
Water	50	-	-	-
Total	2065			138

Tabla 2.4 Morfología básica

Fuente: Manual de entrenamiento curso -NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW

2.4 DISEÑO DE LA RED CDMA¹²¹

Las redes CDMA pueden ser dimensionadas usando varias técnicas, debido a que la relación casi lineal del número de paquetes conmutados ó circuitos conmutados de voz y datos que simultáneamente viajan en el servicio, es posible hacer lo siguiente:

¹²⁰ Tomado del Manual de entrenamiento curso -NOKIA. CDMA 2000 OVERVIEW- Dic 2003

¹²¹ Fuente: Resumen del Manual de entrenamiento curso –“Ericsson’s CDMA BASYC SYSTEMS” Noviembre 2004

2.4.1 DIMENSIÓN (CAPACIDAD) DE VOZ Y TRÁFICO DE DATOS SEPARADAMENTE

Consiste en encontrar el número de sectores requeridos para cada servicio para luego adicionarlos. En este proceso se determina el número de usuarios simultáneos para cada servicio que deberá soportar las portadoras por sector. Se debe mencionar que se puede dimensionar el tráfico de voz ó circuitos conmutados usando Erlangs ó Kbps, en este último caso los Kbps serán el conocido "Throughput."

2.4.2 DIMENSIÓN (CAPACIDAD) DE VOZ Y TRÁFICO DE DATOS EN CONJUNTO

Consiste en buscar el número de sectores requeridos para todos los servicios. En este proceso se determina el número de usuarios que simultáneamente serán soportados para cada servicio por sector, portadora y tipo de tráfico.

Un resumen de las ecuaciones para el dimensionamiento de tráfico de voz se presenta en el **ANEXO 5**.

2.4.3 DATOS DE ENTRADA PARA EL DISEÑO DE COBERTURA

Aún cuando en este estudio se utilizan de forma didáctica las ecuaciones definidas anteriormente, algunas consideraciones adicionales deben ser tomadas cuando se utiliza para el diseño de red una hoja de cálculos estándar (Spread Sheet). A continuación se lista un resumen de las más principales. Un listado adicional con detalles específicos sobre algunas consideraciones para cobertura "Indoor" y dimensionamiento del "Forward link" se detallan en el **ANEXO 6** de este trabajo.

- **Parámetros del Reverse Link Budget**

- Ganancia de las antenas de las BTS.
- Velocidad de conexión (Niveles de Recepción).
- Perdidas por causa de cuerpos difractares.
- Limite de las celdas por causa de la desviación estándar Morfológica.
- Perdidas por penetración "In Building".
- Perdidas por cableado de las BTS.
- Carga promedio de las celdas (For Reverse link Design).
- **Parámetros del modelo de propagación**
 - Altura de las antenas (Morfolología).
 - Factor de corrección de la propagación.
 - Bandas de frecuencia.
- **Parámetros misceláneos**
 - Área de mercado.

2.4.4 SPREAD SHEET DE CÁLCULO

Todos los datos antes referidos han sido integrados en una hoja de cálculo automatizada, donde ingresamos los parámetros de entrada más comunes para un diseño acorde a nuestro requerimiento.

Usamos estas referencias para un propósito de cálculo didáctico y de estudio ya que la magnitud de la población de Píllaro nos permite considerar escenarios básicos.

Par ver en detalle los parámetros de calculo refiérase al **ANEXO 7** de este documento.

Considerando los cálculos descritos en el ANEXO 7 y de acuerdo con las proyecciones de cobertura esperada por Alegro PCS una vez finalizado el proyecto "Sierra Central FACE C", éste requeriría de la siguiente distribución de radio bases.

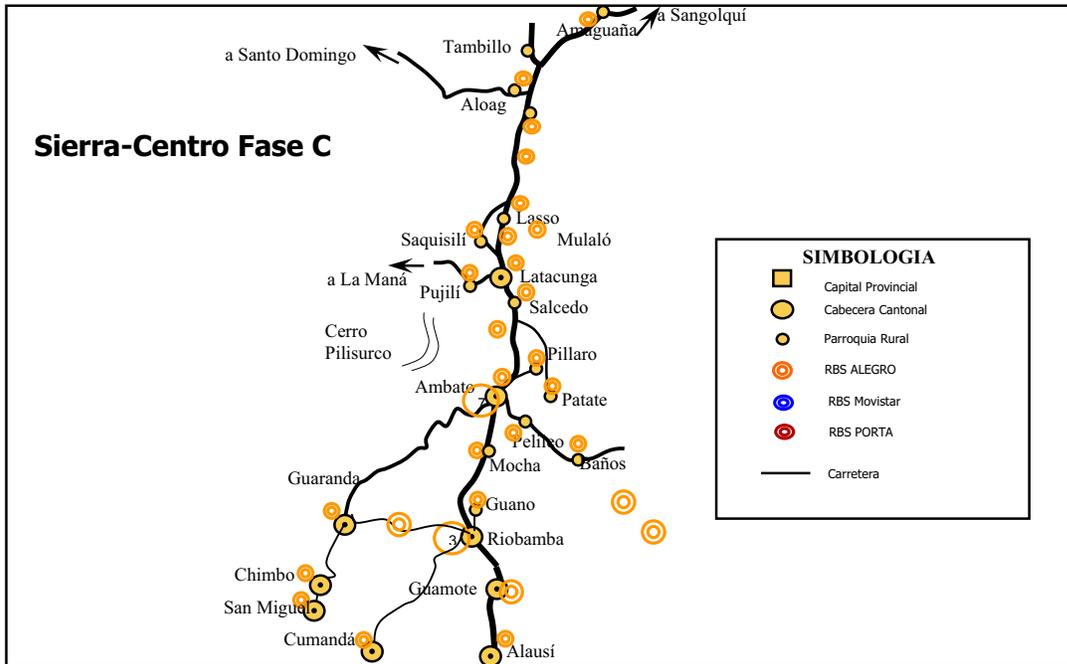


Fig. 2.25 Distribución de las RBS Alegre PCS- Sierra Central -Fase C

Fuente: El Autor

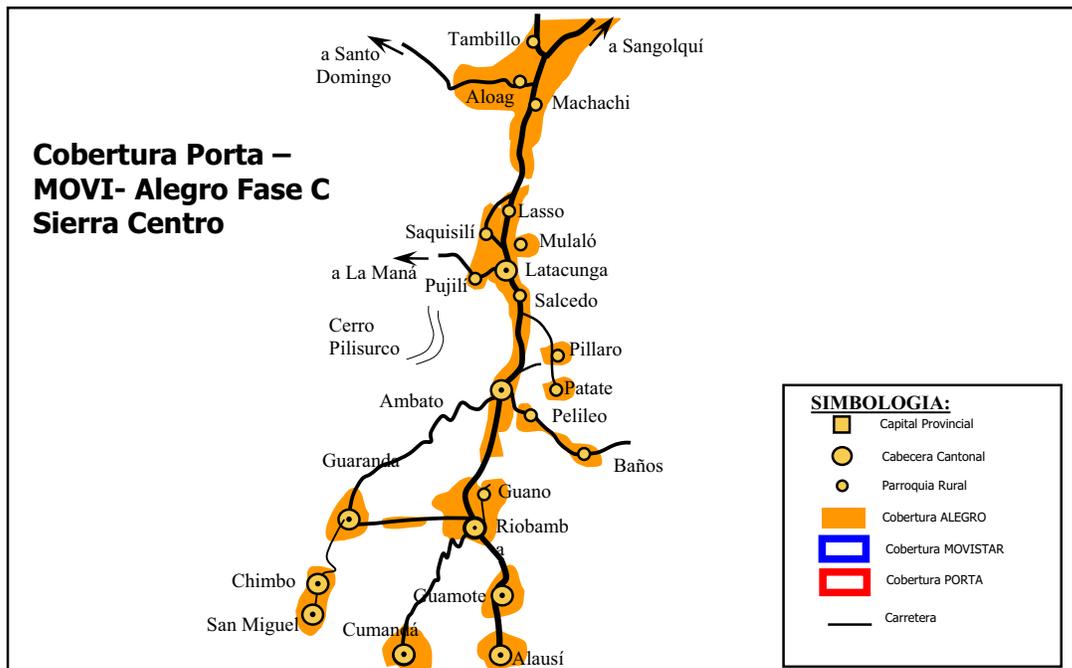


Fig. 2.26 Cobertura Alegre PCS – Sierra Central - Fase C

Fuente: El Autor

En la figura 2.26, la cobertura de Alegro PCS en la vía Quito-Riobamba, se garantiza en el 80%, por lo que con ésta proyección se superaría la cobertura de la competencia.

De acuerdo a este diseño, a continuación una tabla comparativa de número de celdas por población en la zona en estudio entre las diferentes operadoras.

Población	Número de RBS MOVISTAR	Número de RBS Porta	Número de RBS Alegro PCS - Fase C
Amaguaña	1	1	1
Aloag	1	1	1
Machachi	1	1	1
Vía Machachi-Lasso(Chasqui)	0	1	1
Lasso	1	1	1
Mulaló	0	0	1
Vía Lasso-Latacunga	1	1	1
Saquisil	0	1	1
Latacunga	2	2	1
Pujilí	0	1	1
Salcedo	1	1	1
Vía Salcedo-Ambato	0	1	1
Parque Industrial Ambato	0	0	1
Ambato	4	3	7
Píllaro	0	1	1
Pelileo	0	1	1
Patate	0	1	1
Baños	1	1	1
Mocha	0	1	1
Guano	0	1	1
Guaranda	0	1	1
Riobamba	2	2	3
Vía Riobamba-Guaranda	0	1	1
Chimbo	0	1	1
San Miguel	0	0	1
Cumandá(Bucal)	1	1	1
Alausí	0	0	1
Total	16	27	35

Tabla 2.5 Celdas por Población – Ruta Quito – Riobamba

Fuente: El Autor

CAPITULO III

ANALISIS DEL COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO

3.1 ANALISIS DEL COSTO DEL PROYECTO¹²²

Con el fin de preparar adecuadamente un proyecto de inversión, de manera general se debe considerar las distintas etapas que lo conforman: idea, preinversión, inversión y operación. A su vez la etapa de preinversión implica seguir los pasos sucesivos de estudios de factibilidad.

Para llevar a cabo un proyecto de inversión, son necesarios varios estudios técnicos: de mercado, técnico, organizacional, legal y financiero.

Se debe destacar que es en el estudio financiero donde se resume toda la información obtenida a través de los otros estudios, que sirve para calcular los “flujos de caja”¹²³ sobre los cuales se calcularán los distintos indicadores de su rentabilidad.

En éste capítulo se analizará los diferentes factores que se consideran en la elaboración del presupuesto requerido, ya que en su cúmulo está determinada la inversión total que demanda el proyecto para entrar en operación.

En el caso de este trabajo, el análisis del costo del proyecto se enfocará en los costos totales que generan los módulos de “implementación del proyecto”, considerando que se trata de un proyecto de “expansión” y cuya recuperación de inversión se prevé al término del 3er año.

Módulos de implementación del proyecto:

- Costo de implementación de la propuesta tecnología.
- Costos de ejecución de la estrategia comercial (publicidad y ventas).

¹²² Fuente:

Resumen tomado de: http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_netto

No se consideran los costos involucrados en estudios de “Mercado” ni “Estudios Técnicos” referidos en los Anexos “1, 7, 8, 9 “y capítulo 2 de éste trabajo respectivamente, debido a que son parte del trabajo de éste proyecto de titulación y por tanto han sido financiados por su autor. Tampoco se considera costos de permisos de operación legal ante el ente “Regulatorio” ¹²⁴ debido a que se ampara en los derechos de la concesión de la tercera banda celular efectuada en el año 2003.

3.1.1 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

De acuerdo al estudio definido en el capítulo 2 y las especificaciones técnicas de los elementos de red necesarios para la implementación del proyecto, definidos en el anexo “1 “de éste trabajo, se establece la necesidad del siguiente presupuesto:

Descripción	Precio Total en USD sin IVA			Subtotal	OBSERVACIONES
	Año 1	Año 2	Año 3		
Red Core	\$ 17.742,36	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 17.742,36	Licenciamiento para 1 RBS de 64 CEC
RF	\$ 59.729,69	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 59.729,69	Se incluye 1 RBS Ericsson modelo 1130
Transmisión	\$ 37.742,86	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 37.742,86	Enlaces de transmisión 1 RBS por 3 años
Fuerza	\$ 10.797,93	\$ 10.797,93	\$ 10.797,93	\$ 32.393,78	Energía para 1 RBS- (baterías, niveladores.)
Civil	\$ 80.000,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 80.000,00	Obra civil para 1 RBS con renta del site por 3 años
Plataformas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	Por definir - fase inicial solo es de Servicio de Voz
Repuestos	\$ 3.250,00	\$ 3.250,00	\$ 3.250,00	\$ 9.750,00	Incluye Repuestos de 1 RBS
Renta de espacio Físico para torres	\$ 9.600,00	\$ 9.600,00	\$ 9.600,00	\$ 28.800,00	
Servicios	\$ 13.500,00	\$ 13.500,00	\$ 13.500,00	\$ 40.500,00	Incluyen Project Management, instalación y mantenimiento
Total proyecto expansión Píllaro				\$ 306.658,69	

¹²³ **Flujo de caja:** “Se define como el saldo disponible para pagar a los accionistas y para cubrir el servicio de la deuda (intereses de la deuda + principal de la deuda) de la empresa”.

¹²⁴ “Ente Regulatorio”: Organismo de control en el país, tal como la Súper Intendencia de Telecomunicaciones

Tabla 3.1 Presupuestos - Proyecto de expansión en Pillaro
Fuente: El Autor y Gerencia de Abastecimientos Alegro PCS

3.1.2 COSTOS DE LA ESTRATEGIA COMERCIAL

De igual manera la estrategia comercial define que por tratarse de un proyecto de “expansión” no es necesario evaluar la creación de nuevos productos, sino más bien enfocarnos en el posicionamiento de la Marca “Alegro PCS” en el lugar de interés a través de:

- Publicidad.
- Instalación de nuevos puntos de venta autorizados (Red de Comercialización), que a su vez puedan ofrecer servicio pos venta.

La creación de nuevos productos para un “proyecto de expansión” comercialmente no es necesario, ya que la principal ventaja de la presencia de Alegro PCS en la zona de Píllaro es poder ofrecer el acceso a una segunda alternativa de servicio de telefonía celular, con la cual se podrá contar con la actual oferta de los productos y servicios de comunicación de “VOZ” existentes en el “portafolio comercial”, los cuales han sido elaborados para captar el interés de diferentes segmentos de mercado.

3.1.2.1 Costos de Publicidad

Para evaluar el presupuesto de la campaña publicitaria, previamente se ha considerado como referencia el factor de penetración que tuvieron los medios de comunicación en el Ecuador hasta Diciembre del 2006.



Fig. 3.1 Factor de penetración de los medios¹²⁵

Fuente: Fuente IBOPE TIME

Circulación de Diarios			Cobertura	
Diarios		Tiraje diario	Costa	Sierra
Universo	Lunes a Sábado	133.000	80%	20%
	Domingo	205.000		
Comercio	Lunes a Viernes	100.000	15%	85%
	Sábado	120.000		
	Domingo	170.000		
Extra	Lunes a Domingo	220.000	60%	40%
Expreso	Lunes a Domingo	74.000	80%	20%
Mercurio - Cuenca	Lunes a Sábado	19.000	Cuenca 80%	
	Domingo	23.000	Azuay 20%	
Tiempo - Cuenca	Lunes a Viernes	16.000	Cuenca 90%	
	Sábado	20.000	Azuay 10%	
Hora-Nacional	Lunes a Domingo	129.640	40%	60%
Heraldo - Ambato	Lunes a Sábado	9.000	Ambato 80%	
	Domingo	11.000	Tungurahua 20%	
Nacional - Machala	Lunes a Sábado	17.000	Machala 75%	
	Domingo	19.000	El Oro 25%	
Correo - Machala	Lunes a Sábado	12.000	Machala 75%	
	Domingo	15.000	El Oro 25%	
Opinion - Machala	Lunes a Sábado	14.000	Machala 85%	
	Domingo	15.000	El Oro 15%	
Diario - Portoviejo	Lunes a Sábado	26.300	Portoviejo 70%	
	Domingo	33.000	Manabí 30%	
Mercurio - Manta	Lunes a Viernes	20.000	Manta 90%	
	Sábados y Domingos	25.000	Manabí 10%	
Prensa - Riobamba	Lunes a Viernes	8.000	Riobamba 75%	
	Sábados y Domingos	10.000	Chimborazo 25%	
Metro Hoy - Quito	Lunes a Viernes	100.000	Quito 100%	
Diario Hoy - Quito	Lunes a Viernes	53.000	10%	90%
	Sábado	59.000		
	Domingo	69.000		
Telégrafo - Guayaquil	Lunes a Sábado	50.000	90%	10%
	Domingo	60.000		
Albonoticias - Guayaquil	Sábado	45.000	Guayaquil 100%	
Notinorte - Guayaquil	Viernes	45.000	Guayaquil 100%	
La Verdad - Ibarra	Lunes a Domingo	5.000	Ibarra 90%	
			Imbabura 10%	

¹²⁶ Tabla 3.2. Diarios de mayor circulación en el Ecuador

Fuente: Link Publicidad – TOP de Diarios

- **Televisión:**

¹²⁵ Fuente IBOPE TIME del Ecuador – Dic 2006

¹²⁶ Fuente: Gerencia de Marketing- Alegro PCS.
Link Publicidad - Estudios de mercado para Alegro PCS – Nov – 2006.

- Las negociaciones, normalmente son anuales, pero se pueden negociar periodos menores.
- Se pueden negociar pre-pagos, lo cual genera descuentos adicionales en los costos.
- Las mismas se hacen en base a descuentos a las tarifas publicadas. Los canales basan sus tarifas por segundo.
- No existen unidades modulares, los comerciales se los cuantifica por segundo.

- **Diarios:**

- Las tarifas de los diarios están hechas en base a columnas de ancho por centímetros de alto, algunos diarios manejan módulos de avisos.
- Las negociaciones generalmente son anuales y se basan en bonificación de espacios (en base a notas de créditos re-invertibles), por montos de US\$ 85.000 en adelante en los dos diarios de mayor circulación y lectoría. Esto en las secciones regulares. Sin embargo, son más flexibles a negociar en los suplementos o especiales que generalmente mantienen.
- Los diarios de menor circulación, o de otras ciudades que no sean Guayaquil y Quito, son más flexibles en las negociaciones, las cuales casi siempre se dan en espacios bonificados, y en casos muy puntales descuentos a las tarifas.
- Aparte de los avisos normales, se pueden manejar inserciones, las cuales se cotizan dependiendo de cuales sean sus diseños y calidad de papel.

- **Vía Pública:**

- En el caso de vallas de 10 x 4 (medida promedio), el costo parte de los publicados y se acuerdan descuentos de acuerdo al número de unidades que se vayan a instalar.
-

- La cantidad de vallas puede ser mayor o menor, dependiendo también de los sectores en las que se las vaya a ubicar.
 - Otra forma de negociar es mediante bonificación de tiempo de exposición.
 - Los periodos a negociar, generalmente son de un año, pero también se pueden acordar periodos menores.
- **Radio:**
 - Dado que en el país existen un gran número de estaciones de radio, las negociaciones de las mismas es sumamente flexible.
 - Por cuanto la cobertura de las mismas no es muy amplia, hay que contratar en un número alto de emisoras para tener una pauta sostenida.
 - Se pueden negociar paquetes de cuñas mensuales o por periodos más amplios, así como también auspicios de programas puntuales.
 - Las tarifas están dadas en módulos de 10", 20", 30", 40" o 60".¹²⁷
 - Para duraciones, generalmente, mayores se renegocian las tarifas.

Con estas referencias se estima que el presupuesto de publicidad debe considerar:

- Publicidad en radio.
- Publicidad en diarios.

No se considera inversión en publicidad televisiva por los altos costos que representa versus el bajo índice de audiencia al que queremos llegar.

La publicidad en vía al momento no es conveniente ya que su negociación está de acuerdo al número de unidades que se vayan a instalar por periodos que generalmente son de un año.

¹²⁷ Tiempo cuantificado en segundos

3.1.3 COSTOS DE LA RED DE COMERCIALIZACIÓN

Gracias a la dinámica del negocio de comercialización de servicios de telefonía móvil se estima que existen 2 posibilidades de implementación de la red de comercialización:

- Bajo el esquema de franquicias.
- Implementación de tiendas directas.

La venta de franquicias para la implementación de puntos de venta en el lugar de interés, es una novedosa forma de conseguir alianzas estratégicas de desarrollo del negocio en función de que por un monto de inversión inicial se ofrece la oportunidad de establecer un negocio que desde ya cuenta con el respaldo de una empresa cuya marca tiene reconocimiento a nivel nacional.

Entre las principales ventajas para el franquiciado está que en su gestión de ventas percibirá una comisión por venta de hasta el 300% del valor de consumo básico definido en el producto y que además contará con el soporte de la “Operadora telefónica” en la publicidad del negocio, aprovisionamiento de insumos, abastecimiento de papelería, formularios ó documentos de suscripción, importación de equipos móviles, permisos de comercialización, etc.

Sin embargo en muchas ocasiones el proceso de búsqueda y selección de interesados debe hacerse muy rápidamente y realmente el interés del negocio demanda oportunidad en relación al tiempo, por ello en nuestro estudio consideraremos la implementación de una sola franquicia con exclusividad para implementar un centro de atención y ventas que nos permita tener presencia operativa y de servicio garantizada por el lapso de 3 años a partir del primer día de operaciones en el lugar, con este recurso el cliente contará desde ya con un servicio diferenciador de la competencia al cual podrá acudir por atención a consultas, compra de productos, y servicio posventa en general.

El recaudo por pago de servicios se estima que podrá efectuarse por debito bancario ó pago directo en agencias bancarias que se encuentren ya incluidas en convenios de recaudo existentes a nivel nacional.

Con todas estas consideraciones, nuestro costo estimado para la puesta en marcha de la estrategia comercial que apoye el inicio de operaciones al término de la implementación de nuestro proyecto en resumen es:

Concepto	Costo Referencial	Año 1	Año 2	Año 3	Sub Total	Observaciones
Publicidad en radio	\$ 2.600,00	\$ 10.400,00	\$ 10.400,00	\$ 10.400,00	\$ 31.200,00	380 cuñas por mes de 30' de Lunes a Sábado- Referencia Radio "la Mega" costo \$2600- Se estima 4 campañas por año en las fechas de mayor movimiento comercial
Publicidad en diarios	\$ 10.320,00	\$ 41.280,00	\$ 41.280,00	\$ 41.280,00	\$ 123.840,00	Referencia-publicación de una página completa ,tercera pagina del diario Heraldo en un día ordinario- Se estima 4 páginas por año
Material POP	\$ 1.800,00	\$ 7.200,00	\$ 7.200,00	\$ 7.200,00	\$ 21.600,00	Fuente: Departamento de "Trade Marketing" de Alegro PCS. Comprende el apoyo de material publicitario, hojas volantes, papelería de contratos, formularios y servicio de envíos de courier de insumos. Se estima 4 aprovisionamientos de este tipo en el año
Papelería	\$ 2.000,00	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00	\$ 24.000,00	

Costo total Estrategia Comercial	\$ 200.640,00
---	----------------------

Tabla 3.3 Resumen de costos de la estrategia comercial al término de la implementación del proyecto

Fuente: El Autor y Gerencia de Abastecimientos de Alegro PCS

3.2 ANALISIS DEL BENEFICIO DEL PROYECTO

Muchos son los tipos de beneficios que un proyecto de expansión puede generar al negocio, algunos son de tipo tangible y cuantificable pero otros realmente no lo son como por ejemplo:

- Fidelidad del cliente.
- Percepción de un servicio diferenciador.
- Reducción del índice de cancelación de suscripciones.
- Posicionamiento de la marca.
- Motivación del personal.
- Mayor sentido de pertenencia en la empresa por parte de los empleados.
- Enfoque al crecimiento y excelencia.
- Análisis implícito del FODA¹²⁸ de la compañía.
- Conocimiento de la competencia.
- Mayor conocimiento sobre lo que los clientes prefieren.
- Mejora de la percepción del cliente sobre la proyección de la empresa.

Los beneficios para la empresa se reflejan en el contexto global del negocio, más no individual con respecto al proyecto que se plantea, sin embargo con el objeto de poder hacer el análisis de factibilidad en función de la relación costo / beneficio, evaluaremos el beneficio de la proyección de ingresos que generará nuestro proyecto de expansión en el periodo de 3 años luego de su implementación.

3.2.1 BENEFICIOS DEL PLAN DE NEGOCIOS

Considerando que Alegro PCS es el tercer operador de telefonía Móvil en el Ecuador y que de acuerdo a las estadísticas de la SUPTEL, alcanzó una participación del 4,33% del mercado al cierre del 2006, luego de 3 años de permanencia en la industria. Se estima que una de sus principales oportunidades de negocio

¹²⁸ FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

está en captar los nichos de mercado que aún no han sido atendidos oportunamente por la competencia.

En igual forma, a Marzo del 2007, las estadísticas de la SUPTEL determinan que la telefónica Porta lidera la participación de mercado, seguido de Movistar y finalmente Alegro PCS.

- Conecel (Porta): **5´ 762.873** abonados.
- Otecel (Movistar): **2´ 501.826** abonados.
- TELECSA (Alegro PCS): **374.078** abonados.

El comportamiento histórico de los últimos 3 años también es importante para determinar una posible proyección del negocio.

De acuerdo a datos del INEC (Marzo del 2007), el Ecuador dispone de una población aproximada de 13´500.000 habitantes, lo que determina que el factor de penetración de Alegro PCS en el mercado es del 2,77%, es decir que considerando la población existente en Píllaro que corresponde a un aproximado de 34.925 habitantes, existe la potencial posibilidad de captar un aproximado de 1000 nuevos clientes en el primer trimestre de operaciones.

Tomando en cuenta que Alegro PCS cuenta ya con ofertas y servicios que ha desarrollado a lo largo de los últimos 3 años, se debe además considerar que:

- El Consumo promedio mensual por año (ARPU)¹²⁹ es de \$10.
- El índice de crecimiento entre el 2005 y 2006 fue del 36%
- El índice de crecimiento mensual promedio en el 2005 fue del 4,46%

- El índice de crecimiento mensual promedio en el 2006 fue del 2,79%
- Que la proyección del índice de crecimiento para Diciembre del 2007 es del 1,35% para los sectores donde ya existe la presencia de Alegro PCS.

De acuerdo con estas consideraciones proporcionadas por la gerencia comercial de Alegro PCS, alinear el presente trabajo con los objetivos del plan de negocios de la compañía, define que para las proyecciones del presupuesto de ventas y retorno de inversión se debe contar con un período máximo de 3 años.

Proyección de ventas (suscripciones) por año.¹³⁰
Período de recuperación de inversión

Mes / Año	Año 1		Año 2		Año 3	
	Ventas / Mes	Total	Ventas / Mes	Total	Ventas / Mes	Total
Mes 1	450	450	53	1937	35	2656
Mes 2	350	800	54	1991	36	2692
Mes 3	250	1050	56	2046	36	2729
Mes 4	200	1250	57	2103	37	2765
Mes 5	100	1350	59	2162	37	2803
Mes 6	100	1450	60	2222	38	2841
Mes 7	65	1515	62	2284	38	2879
Mes 8	68	1582	64	2348	39	2918
Mes 9	71	1653	66	2413	39	2957
Mes 10	74	1727	67	2481	40	2997
Mes 11	77	1804	69	2550	40	3038
Mes 12	80	1884	71	2621	41	3079

Tabla 3.4 Proyecciones de Ventas

Fuente: El Autor

¹²⁹ ARPU: Valor en Dólares del consumo promedio mensual del servicio de telefonía por cada usuario durante el año. De acuerdo a las estadísticas de la Gerencia de Marketing de Alegro PCS corresponde al valor de \$10

¹³⁰ **Año 1:** Factor de crecimiento a partir del séptimo mes= 4,46%,

Año 2: Factor de crecimiento = 2,79%

Año 3: Factor de crecimiento = 1,35%

Proyección de ingresos por suscripciones de servicios
Período de recuperación de inversión

Mes / Año	Año 1	Año 2	Año 3
Mes 1	\$ 4.500	\$ 19.365	\$ 26.565
Mes 2	\$ 8.000	\$ 19.905	\$ 26.923
Mes 3	\$ 10.500	\$ 20.461	\$ 27.287
Mes 4	\$ 12.500	\$ 21.032	\$ 27.655
Mes 5	\$ 13.500	\$ 21.618	\$ 28.028
Mes 6	\$ 14.500	\$ 22.221	\$ 28.407
Mes 7	\$ 15.147	\$ 22.841	\$ 28.790
Mes 8	\$ 15.822	\$ 23.479	\$ 29.179
Mes 9	\$ 16.528	\$ 24.134	\$ 29.573
Mes 10	\$ 17.265	\$ 24.807	\$ 29.972
Mes 11	\$ 18.035	\$ 25.499	\$ 30.377
Mes 12	\$ 18.839	\$ 26.211	\$ 30.787
Sub Total	\$ 165.136	\$ 271.574	\$ 343.542
Total	\$ 780.252		

Tabla 3.5 Proyecciones de Ingresos

Fuente: El Autor

3.3 CONSIDERACIONES DEL ANALISIS COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO¹³¹

El análisis Beneficio / Costo, ó comúnmente conocido como Costo / Beneficio, es un proceso en el cual se estima el valor en dólares de los diferentes costos y beneficios de las actividades requeridas para la consecución de un proyecto. Con este método es factible estimar el impacto financiero total del alcance de nuestro proyecto.

¹³¹ Análisis de costo / beneficio

Fuente: Resumen obtenido de:

<http://www.eumed.net/libros/2006b/cag3/2f.htm>

http://es.wikipedia.org/wiki/Retorno_de_la_Inversi%C3%B3n

Utilizar un análisis Costo / Beneficio nos da la posibilidad de tener en cuenta tanto los beneficios como las desventajas de aceptar o no el proyecto y su inversión.

Existen varios métodos para efectuar un análisis Beneficio / costo (B/C) de un proyecto de inversión a largo plazo, pero el análisis de la Relación B/C es el generalmente utilizado en complemento con el análisis de flujos de caja requeridos durante el período contemplado para la recuperación de la inversión del proyecto, cuantificando el valor del dinero en tiempo a través de la obtención de indicadores de rentabilidad tal como la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual Neto (VAN), el Período de Recuperación de la Inversión (PRI) y el Retorno de la Inversión (ROI).

3.3.1 CÁLCULO DE LA RELACION B/C

Por este motivo el análisis de la relación B/C es uno de los métodos más recomendados para evaluar inversiones del gobierno central, gobiernos locales y regionales, además de su uso en el campo de los negocios para determinar la factibilidad de los proyectos en base a la razón de los beneficios y costos asociados al proyecto.

En las entidades crediticias internacionales es casi una exigencia que los proyectos con financiación del exterior sean evaluados con éste método.

Consideraciones:

La relación Beneficio / Costo está representada por el cociente B/C, donde:

B: Representa el beneficio total en dólares que se conseguirá con la ejecución del proyecto dentro de un periodo de evaluación.

C: Representa la suma del total de costos de cada factor de consideración del proyecto, en este caso algunos factores como la mano de obra tendrán un costo fijo, otros deberán ser estimados a fin de obtener una proyección.

Análisis:

El análisis de la relación B/C, puede tomar valores mayores, menores o iguales a 1, en cada caso esto significa que:

Si $B/C > 1$ los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.

Si $B/C = 1$ los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente.

Si $B/C < 1$ los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

Para la aplicación de este método de análisis traemos a valor presente todos los costos y beneficios estimados anteriormente en dólares para el proyecto, que en resumen determinan que:

Costos del Proyecto		Beneficios del proyecto	
Descripción	Valor	Descripción	Valor
Propuesta Tecnológica	\$ 306.658,69	Ingresos por facturación de servicios	\$ 780.252
Plan Comercial	\$ 200.640,00		
Total	\$ 507.298,69	Total	\$ 780.252

Tabla 3.6 Análisis Costo / Beneficio

Fuente: El Autor

En donde al aplicar la relación B/C tenemos que el resultado es:

Relación B/C=	1,54
-------------------------	-------------

Lo que implica que el proyecto es aconsejable, sin embargo el análisis debe ser complementado con el cálculo de los siguientes indicadores.

3.3.2 CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN).¹³²

Consiste en actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar el proyecto, descontados a un cierto tipo de interés ("la tasa de descuento"), y

¹³² Fuente: Resumen tomado de <http://www.mofinet.com/esp/mofinet3.html>

compararlos con el importe inicial de la inversión. Como tasa de descuento se utiliza normalmente el coste promedio ponderado del capital (cppc)¹³³ de la empresa que hace la inversión.

$$\text{VAN} = - A + [\text{FC1} / (1+r)^1] + [\text{FC2} / (1+r)^2] + \dots + [\text{FCn} / (1+r)^n]$$

Ecuación 3.1

Siendo:

A: desembolso inicial

FC: flujos de caja

n: número de años (1,2,...,n)

r: tipo de interés ("la tasa de descuento")

$1/(1+r)^n$: factor de descuento para ese tipo de interés y ese número de años

FCd.: flujos de caja descontados

Los criterios de análisis son:

- Si $\text{VAN} > 0$: El proyecto es rentable.
- Si $\text{VAN} < 0$: El proyecto no es rentable.

Este método se considera el más apropiado para analizar la rentabilidad de un proyecto considerando que:

- El Valor Actual Neto surge de sumar los flujos de fondos actualizados de un proyecto de inversión.
- Mide la riqueza que aporta el proyecto medida en moneda del momento inicial.
- Para actualizar los flujos de fondos, se utiliza la tasa de descuento.

¹³³ **cppc**: "Se define como la suma del coste ponderado en "%" de los recursos ajenos y de los recursos propios".

Fuente: tomado de <http://www.mofinet.com/esp/manual.html>

De acuerdo a recomendación de la Gerencia Financiera de Alegro PCS se utilizará un $\text{cppc} = 10\%$.

- Entre dos proyectos alternativos, se debe seleccionar el que tenga mayor VAN.
- Existe un único VAN para cada proyecto.
- Considera todos los flujos de fondos del proyecto.
- Considera los flujos de fondos adecuadamente descontados.
- Mide la rentabilidad en términos monetarios.

Por lo antes expuesto es necesario considerar el cálculo del flujo de caja neto del proyecto descontando el flujo de caja negativo generado en cada año por concepto del pago de comisiones por ventas de suscripciones que efectúe la franquicia asignada como punto de venta para el lugar.

Cálculo del Flujo de Caja Neto del Proyecto			
	Año 1	Año 2	Año 3
Ventas	1884	737	458
FC-Positivo	\$ 165.136	\$ 271.574	\$ 343.542
FC-Negativo	\$ 56.518,34	\$ 22.113,74	\$ 13.728,11
FC-Neto	\$ 108.618,11	\$ 249.459,94	\$ 329.813,53

Tabla 3.7 Cálculo del Flujo de Caja Neto del Proyecto

Fuente: El Autor

3.3.3 CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)¹³⁴

Se define como la tasa de descuento o tipo de interés que iguala el VAN a cero.

$$\text{VAN} = -A + [\text{FC1} / (1+r)^1] + [\text{FC2} / (1+r)^2] + \dots + [\text{FCn} / (1+r)^n] = 0$$

Ecuación 3.2

Los criterios de análisis son:

- Si TIR > tasa de descuento (r): El proyecto es aceptable.
- Si TIR < tasa de descuento (r): El proyecto no es aceptable.

¹³⁴ Fuente: Resumen tomado de <http://www.mofinet.com/esp/mofinet3.html>

Este método presenta más dificultades y es menos fiable que el anterior, por eso suele usarse como complementario al VAN, ya que el TIR:

- Son todas aquellas tasas que hacen que el VAN=0.
- Considera todos los flujos de fondos del proyecto.
- Considera los flujos de fondos adecuadamente descontados.
- Puede existir más de una TIR por cada proyecto, dependiendo del comportamiento de los flujos de fondo.
- Existirá una única TIR para un proyecto cuando éste se considere bien comportado, o sea que haya un único cambio de signo de los flujos de fondos.
- Mide la rentabilidad en términos porcentuales.

Representación de los cálculos básicos de índices VAN y TIR del proyecto				
Introducir la tasa de descuento <i>en porcentaje</i>	Introducir la desembolso inicial <i>en negativo</i>	Introducir flujo del 1º año	Introducir flujo del 2º año	Introducir flujo del 3º año
Tasa de descuento	Desembolso Inicial	Flujo de caja 1	Flujo de caja 2	Flujo de caja 3
10,00%	-\$ 507.298,69	\$ 108.618,11	\$ 249.459,94	\$ 329.813,53
INDICES DE RESULTADO				
Valor actualizado Neto VAN =		\$ 45.404,07		
Tasa Interna de Retorno TIR =		14,25%		

Tabla 3.8 Cálculo del VAN y TIR

Fuente: El Autor

De acuerdo a los resultados de calculo del VAN y TIR del proyecto aplicando las ecuaciones 3.1 y 3.2 respectivamente, el criterio de decisión ratifica que el proyecto es viable.

3.3.4 CÁLCULO DEL PERIODO DE RETORNO DE INVERSION (PRI)¹³⁵

Se define como el período que tarda en recuperarse la inversión inicial a través de los flujos de caja generados por el proyecto.

La inversión se recupera en el año en el cual los flujos de caja acumulados superan a la inversión inicial.

No se considera como el método más recomendado para la toma absoluta de decisiones. Pero al igual que el método del TIR, el PRI puede ser utilizado complementariamente con el VAN, considerando que:

- Se interpreta como el tiempo necesario para que el proyecto recupere el capital invertido.
- Mide la rentabilidad en términos de tiempo.
- No considera todos los flujos de fondos del proyecto, ya que ignora aquellos que se producen con posterioridad al plazo de recuperación de la inversión.
- No permite jerarquizar proyectos alternativos.
- No considera los flujos de fondos adecuadamente descontados.

El criterio de decisión es el siguiente:

Aceptar los proyectos con $PRI < p$, siendo “p” el plazo máximo de corte previamente definido.”

De acuerdo la información de la tabla 3.4 “Proyecciones de ventas”, el “PRI está determinado en 30 meses”, siendo “p= 36 meses”, lo que concluye que bajo éste indicador el proyecto también es viable.

¹³⁵ Fuente: Resumen tomado de <http://www.mofinet.com/esp/mofinet3.html>

3.3.5 CALCULO DEL ROI¹³⁶

ROI o “Return Of. Investments” se define como “*el beneficio que se obtiene por cada unidad monetaria invertida durante un período de tiempo*”.

Permite analizar la viabilidad de un proyecto y medir su éxito. Al momento de decidir una inversión, es fundamental que cada céntimo invertido en tecnología retorne con utilidades que incentiven dicha inversión.

ROI= (Beneficios/Costes) x100

Ecuación 3.3

La medida del ROI está relacionada con la relación Costo/Beneficio. En ocasiones las dificultades que el ROI tiene para ser cuantificado es por causa de factores como el cambio tecnológico, las características propias de cada proyecto que conduce a diferentes interpretaciones del ROI, falta de estructuración adecuada al momento de medir las finanzas durante un proyecto, factores intangibles como satisfacción de usuarios y mejoras en proyecciones de desarrollo.

Para el presente estudio el cálculo de este indicador se cuantifica en:

Relación B/C=	1,54
------------------	------

ROI = 1,54 X 100

ROI = 154 %

Lo que concluye que la inversión inicial es factible recuperar en un 154% al término del tiempo de 3 años proyectado.

¹³⁶ Fuente: Resumen tomado de <http://principiosdeconomia.iespana.es/>

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo al estudio realizado y su enfoque de análisis de factibilidad, se concluye que los criterios de decisión para proyectos de inversión, a través del análisis de la relación costo / beneficio, deben acompañarse siempre de un estudio de los indicadores VAN y TIR (VAN principalmente), ya que éstos consideran el valor presente del dinero que generarán los flujos de caja netos del proyecto a lo largo del tiempo. Determinando así un indicador más real de la rentabilidad de la inversión.
- Al evaluar las consideraciones del análisis costo / beneficio se identifica que el proyecto es factible desde el punto de vista financiero, por lo que se concluye que la rentabilidad se cumple por efectos de utilizar una margen “conservador”¹³⁷ en la inversión inicial, esto gracias al soporte del proyecto en la estructura comercial actualmente existente en la telefónica.
- El cumplimiento efectivo de las proyecciones de retorno de inversión está determinado por los presupuestos de ventas que garantizan los flujos de caja efectivos, si no existe su cumplimiento estricto, los índices de rentabilidad determinados por el cálculo del VAN y TIR podrían reducirse considerablemente, incrementando el Período de Recuperación de la Inversión (PRI) en un lapso mucho mayor que los proyectados, poniendo en riesgo la inversión.
- Se concluye también que aún cuando los análisis numéricos definen la factibilidad de ejecución del proyecto en función de sus beneficios cuantificados financieramente, existen otros beneficios que paralelamente aportarán al desarrollo de la compañía, tal como es el caso de posicionarse como uno de los proveedores del servicio con mayor cobertura en el país, que

a más de ofrecer un servicio diferenciador, incrementa competitivamente su presencia y participación en el mercado local.

- Gracias al estudio de mercado efectuado en la zona como parte de éste trabajo, se concluye también que aún existe una gran expectativa por parte del mercado, en espera de que Alegro PCS incremente sus servicios a nivel nacional. Esto por causa de que aún se cree que su cobertura está limitada sólo a las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca, lo que demuestra que es necesario hacer un relanzamiento publicitario de la cobertura de Alegro PCS, a efecto de que los potenciales usuarios conozcan las reales fortalezas de la telefónica estatal.
- Así mismo los resultados del estudio de mercado demuestran que en la actualidad el costo del servicio no es el único factor que define la demanda preferencial del proveedor en el mercado sino la disponibilidad del servicio a nivel nacional, es decir que los usuarios de sectores rurales específicamente hacen un esfuerzo económico por adquirir un servicio de comunicaciones y determinar un presupuesto mensual en comunicación aún cuando su capacidad económica por mes no supere los \$300, dando de esta manera prioridad al su necesidad de comunicación incluso ante sus necesidades básicas.
- Se concluye además que de acuerdo al estudio de mercado, Píllaro ofrece la oportunidad de captar clientes del segmento obrero, artesanal e incluso campesino, debido a que sus actividades se desarrollan en el aparato productivo de la pequeña industria.
- De acuerdo al estudio técnico desarrollado, se concluye que gracias a las excelentes características de reflexión en la propagación de CDMA en banda 1900, el ofrecimiento del servicio en la población de Píllaro es posible con la instalación de tan sólo una radio base, la cual garantizará de manera efectiva una alcance de propagación de hasta 80Km, en línea de vista.

¹³⁷ Conservador: Terminología que denota reducción del riesgo

- La presencia de cobertura y su intensidad de señal no está determinada por el nivel de RSSI que se indica en la pantalla de los terminales móviles, sino en el nivel de energía “Ec/Io” (Señal / Ruido) que indica si realmente el canal de tráfico puede ser satisfactoriamente usado por un canal piloto (PN) con un marco (frame) mínimo de errores. En consecuencia el indicador de señal que se observa en los handsets (teléfonos – [MS]) en un lado de la pantalla es únicamente una característica referencial en CDMA para los antiguos usuarios de TDMA. El real indicador de calidad de señal en el canal es la calidad de “Ec/Io” (Señal / Ruido).
- Otra importante observación es que de acuerdo a las características de CDMA, la dimensión de su capacidad está determinada por la capacidad del acople reverso “Reverse Link” mientras que la dimensión cobertura esta determinada por la potencia del acople de envío “Forward Link”.
- Aún cuando la publicidad de la industria de la telefonía celular relaciona la marca y los eslogan de venta con las mejoras tecnológicas, sólo la tecnología CDMA 2000 1X es realmente considerada como la que mejor ventajas ofrece en calidad y diversidad de servicios para los mercados de telecomunicaciones móviles, sin embargo la poca participación de ésta tecnología en el mercado mundial le ha sido desfavorable al punto convertirla en una de las más caras y poco preferentes en desarrollo para los fabricantes de terminales móviles versus la dominante GSM europea.
- A pesar que Alegro PCS dispone de la mejor tecnología de comunicación en su infraestructura de red CDMA 2000 1X, para los usuarios no es sinónimo de tecnología la forma en como se comunican, sino las prestaciones funcionales que le pueden ofrecer los dispositivos de comunicación móvil (teléfonos), es decir, el usuario de hoy desea disponer de un teléfono que además de satisfacer sus necesidades de comunicación, sea un medio de información, entretenimiento y diversión integrado, concepto que actualmente sus competidores proyectan de forma convincente.

4.2 RECOMENDACIONES

- Los criterios de decisión para la inversión de este proyecto son recomendados para el análisis del desarrollo de futuros proyectos similares que realice la telefónica, debido a que los valores de costos y beneficios han sido calculados en valor presente y bajo la proyección del valor del dinero durante el periodo estimado de 3 años para la recuperación del capital, tal como ha sido su requerimiento para el auspicio de este trabajo.
- Considerando las excelentes características de reflexión en la propagación de CDMA en banda 1900 y con el propósito de optimizar los recursos de inversión, se recomienda realizar un alcance a este estudio para validar la factibilidad de implementación tecnológica en la población de “Pinllo” ubicada a 15 minutos de la ciudad de Ambato, considerando alcance de cobertura y capacidad tanto para la población de Píllaro como de Pelileo.
- Explorar la posibilidad de adquirir equipo e infraestructura a menor costo en países donde la tecnología predomina como es el caso del continente asiático, ya que de acuerdo a nuestra investigación de mercado, los usuarios relacionan el costo del servicio con el costo del teléfono, situando a Alegre PCS bajo la percepción de ser uno de los operadores con el servicio más caro. Esto por causa de que los teléfonos de tecnología CDMA son más costos incluso en el mercado internacional versus los costos de tecnología teléfonos GSM.
- El área de Marketing incluya como parte del proceso general de proyecciones de ampliación de cobertura, un estudio de mercado en el cual inicialmente la fuerza de ventas establezca una cartera de clientes que tengan interés en la demanda del servicio. Este proceso de pre-venta debería efectuarse con al menos un mes de anticipación a la instalación de la radio base, con el propósito de sobrepasar los presupuestos de ventas al momento del inicio de operaciones. Preservando de esta manera la integridad de los indicadores de rentabilidad del proyecto al momento de su implementación.

- Se recomienda además previo al lanzamiento comercial elaborar una agenda de actividades que permita coordinar pruebas técnicas y ensayos de tipo comercial, es decir prever información sobre posibles problemas y sus soluciones, capacitación previa para la fuerza de ventas, análisis y monitoreo de calidad del servicio, etc.
- Análisis de factibilidad de incluir servicios de valor agregado tal como acceso WAP¹³⁸ a Internet, mensajería multimedia y transmisión de datos.
- Elaborar una esquema de operación y mantenimiento de la radio base utilizando comparativas de monitoreo de carga de tráfico permanentes durante los 3 primeros meses, ya que de acuerdo a las proyecciones de ventas, la radio base incrementará sustancialmente su carga de tráfico durante éste periodo y es precisamente cuando existen estas variaciones que se hacen necesarias las rutinas y programas de afinamiento de los equipos de transmisión.
- Coordinar programas de apoyo comunitario con el municipio de la localidad con el fin de no sólo ofrecer auspicio a actividades de ayuda comunitaria sino a actividades culturales y deportivas que fomenten la riqueza étnico -cultural y productiva de la zona, como uno de los principales atractivos turísticos. Esto con el fin de posicionar la imagen corporativa de empresa Ecuatoriana en el lugar y además estratégicamente captar el tráfico cursante (llamadas) proveniente del turismo en la zona.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

CA Centro de Autenticación

AC	Corriente Alterna
AAA	Administración, autenticación, autorización y aprovisionamiento de servicios de la Red de Conmutación de Paquetes
AAL2	ATM Adaptation Layer Type 2
AN-AAA	Access Network AAA
ANC	Access Network Controller (1xEV-DO)
ANM	Access Network Manager (1xEV-DO)
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BHCA	Intento de llamada en la hora ocupada
BSC	Controlador de Estaciones Base
BAM	Basic Access Mode
CDMA	Acceso Múltiple por División de Códigos
CDG	CDMA Development Group
CC	Channel Card
CE	Channel Element
CPP	Connectivity Packet Platform
FA	Frequency Assignment (RF Carrier)
GOS	Grado de Servicio
HLR	Base de datos de usuarios propios del sistema
IVR	Contestador de Voz Interactivo
IP	Protocolo de Internet
IOS	Interoperability Specification
IRP	Integration Reference Points
LNA	Low Noise Amplifier
MCPA	Multi-Carrier Power Amplifier

¹³⁸ WAP: Wireless Access Protocol

MSC	Conmutador Móvil
MoIP	Mensajería sobre IP
MIEP	Servidor Proxy para acceso Móvil a Internet
MTBF	Tiempo medio alto entre fallas
NMS	Subsistema de Administración de Red

NE Network Element

NMS Network Management System

OTASP	Provisión de Servicio sobre el Aire
OTAPA	Administración de Parámetros sobre el Aire

PCH Paging Channel

PDSN Packet Data Serving Node

PTT Push To Talk

PSTN	Red Telefónica Pública Conmutada
PLMN	Red Móvil Pública
PDSN	Nodo de Servicio de Conmutación de Paquetes
PPCS	Servicio de Llamadas de Prepago
PCN	Red de Conmutación de Paquetes
PCS	Sistema de Comunicación Personal
PDH	Jerarquía Digital asincrónica

RBS Radio Base Station

RF Radio Frequency

RNC Radio Network Controller

RNM Radio Network Manager

RBS	Estación Base
RAN	Red de Acceso a Radio

SS7	Sistema de Señalización No. 7
SMS	Sistema de Mensajes Cortos
	STM Synchronous Transfer Mode
SMA	Sistema Móvil Avanzado
STP	Punto de Transferencia de señalización
TCP	Protocolo de Control de Transferencia
	TCP Transfer Control Protocol
	TDM Time Division Transfer Multiplexing
UM/VMS	Mensajería Unificada/Sistema de Correo de Voz
VLR	Base de datos de usuarios visitantes
WAP	Protocolo de Aplicación Inalámbrico
WIN	Red Inalámbrica Fija
	WLL Wireless Local Loop

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- Prasad, N.R., "GSM Evolution Towards Third Generation UMTS/IMT-2000," 1999 IEEE International Conference on Personal Wireless Communications, Jaipur, India, February 1999.
- Proakis, J.G., *Digital Communications*, McGraw-Hill, New York, 1989.
- Skold, J., et al., "Cellular Evolution into Wideband services," Proceedings of IEEE VTC, May 1997.
- Soroushnejad, M., and Geraniotis E., "Multi-Access Strategies for an Integrated Voice/data CDMA Packet Radio Network," IEEE Transaction of Communications 43, February 1995.
- Tripathi, N.D., Reed, J.H., and Vanlandingham, HF., "Handoff in Cellular Systems," IEEE Personal communications, December 1998.
- Viterbi, A. J., and Padovani, R., "Implications of Mobile cellular CDMA," IEEE Communication magazine, December 1992.
- Viterbi, A.J., et al., "Soft Handoff Extend CDMA Cell Coverage and Increases Reverse Link Capacity," IEEE JSAC, October 1994.
- Gabriel Baca Urbina., "Evaluación de Proyectos", México Mc Graw – Hill, 1995.

Manuales de Cursos:

- Manual de entrenamiento Nokia. Curso "CDMA 2000 Overview", Diciembre 2003.
- Manual de entrenamiento Ericsson, Curso "Ericsson's CDMA BASIC SYSTEMS", Noviembre 2004.

- Sinopsis Informativa sobre, Planificación estratégica de Alegro PCS para el 2003-2004-2005 y 2006. Proporcionada por la Vicepresidencia de SVC y Operaciones Comerciales.

Sitios Web:

- CDMA WIRELESS ACADEMY: www.cdma-wirelessacademy.com
- QUALCOMM: www.qualcomm.com
- ALEGRO PCS: www.alegropcs.com
- WIKIPEDIA: <http://es.wikipedia.org/wiki/CDMA2000>
- MOTOROLA: www.motorola.com
- NOKIA: www.nokia.com
- The 3rd Generation Partnership Project (3GPP): www.3gpp.org
- Telecommunication Industry Asociation (TIA): www.tiaonline.org
- International Telecommunications Union: www.itu.int/net/home/index.aspx
- CDMA Development Group: www.cdg.org
- ABANFIN - Asesores Bancarios y Financieros : www.abanfin.com
- Aula Facil.com – Cursos de evaluación de proyectos: www.aulafacil.com
- Zona Económica - Análisis de mercados: www.zonaeconomica.com

ANEXO 1
ESPECIFICACIONES DE LA RED DE ACCESO Y RED
CENTRAL COMERCIALIZADA POR ERICSSON¹³⁹

¹³⁹ Fuente:

Manual de entrenamiento – curso “Ericsson’s CDMA BASIC SYSTEMS”. Noviembre 2004

RADIO ACCES NETWORK AND CORE NETWORK

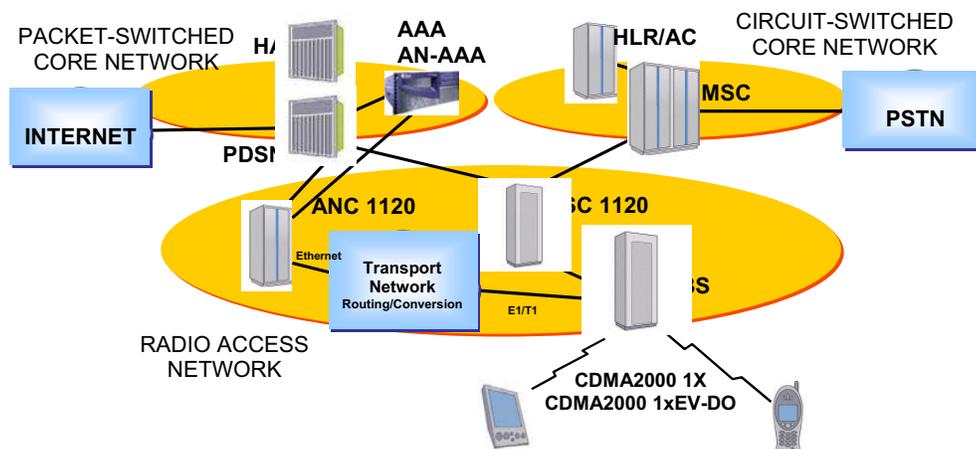


Figura 1. Radio Access Network- (Componente)s.

1.1 RED DE ACCESO RAN (RADIO ACCES NETWORK)

Ericsson's CDMA2000 Radio Access Network (RAN) provee una solución comprensiva para los operadores de redes móviles, ofreciendo las Estaciones de Radio Base(RBS) y las estaciones base controladoras (BSC), CONJUNTO QUE ofrece eficiencia operacional, y un acople con la evolución hacia las próxima generación de tecnologías como CDMA2000 1xEV.

**De manera general una solución Ericsson's CDMA2000 RAN,
consiste de:**

- Radio Base Stations: RBS 1127, RBS 1130, RBS 1131, RBS 1140 and RBS 1143
- Operación disponible en 450Mhz, 800MHz, 1900MHz y 2.1GHz band classes.

- Incluye solución de productos tal como antenas, interfaz para soportar hardware y sistemas de potencia.
- Base Station Controller: BSC 1120 (Legacy Models C,F y Nuevos modelos B1,C1 and F1).
- Funciones para CDMA2000 RAN (software para la BSC y el RBS).
- Módulos ANC1120 y ANM para control operacional y administrativo de la red 1XEV-DO.
- Radio Network Manager (RNM).

1.1.1 ESPECIFICACIÓN DE LAS RBS

Esta arquitectura se basa en radio bases RBS 1127 y 1130 de Ericsson. Dichas RBS pueden contener hasta 6 portadoras por sector. Si existe el requerimiento de sumar más portadoras, se pueden adicionar más gabinetes. Las configuraciones ofrecidas son:

Tipo de Radio Base (RBS)	Configuración	Sectores/RBS	Portadoras / RBS
RBS 1127/1130	1x3	3	1
RBS 1127/1130	2x3	3	2

Tabla 1. Especificación RBS



Figura 2. RBS 1130

La RBS 1130 provee la funcionalidad state-of-the-art CDMA2000 en uno de los más pequeños paquetes físicos de la industria. RBS 1130 es un indoor macro RBS con capacidad para soportar más de 6 RF carriers (expandible a 12).

Cada radio base incluye para todos los sitios de radio RBS lo siguiente:

- Fuente de Poder.
- Antenas.
- Material básico de instalación.
- Protección de Sobre Voltaje.
- Software de control y manejo a control remoto (Radio Network management).

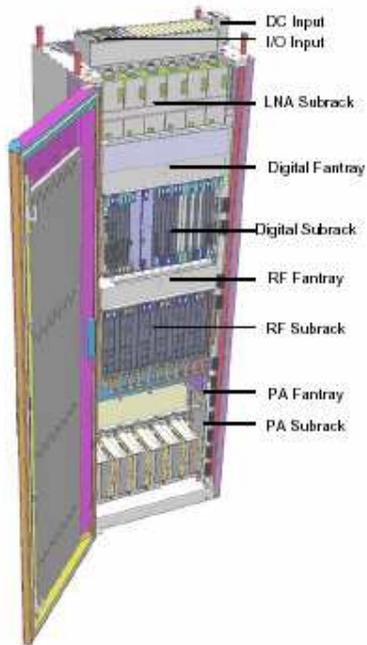


Figura 3. RBS 1130-Diagrama interno

De acuerdo a las especificaciones del grafico, El gabinete central aloja el hardware para hasta 6 portadores de voz por 3 sectores. Un Slot de extensión (para desarrollos futuros) se puede desplegar para acomodar los 6 portadores adicionales. Los operadores pueden implementar una sola celda de la portadora y aumentar la capacidad con el incremento de portadoras en RBS 1130 cuando que el tráfico de la celda aumente.

1.1.2 ESPECIFICACIONES DEL BSC:



Figure 0-1. BSC 1

Figura 4. Aspecto físico del BSC

Especificación de Hardware

El BSC 1120 se basa en la plataforma CPP de Ericsson y sirve como el gateway hacia la red de radio. Provee la interfaz al MSC y ejecuta toda la administración de los recursos de radio, y también todas las funciones de administración de la red de radio en general.

El BSC soporta el tráfico de voz y datos sobre “backhauled” basados en paquetes y de gran capacidad que provienen de la RBS. El BSC generalmente se limita por el tráfico en hora pico (Busy hour traffic) incluido el tráfico de voz y de paquetes.

Especificación de Software

- La funcionalidad de SW incluida corresponde a los features básicos más una selección de Las características premium opcionales para BSC.

1.2 CORE NETWORK (Topología de la Plataforma de Conmutación)

La Arquitectura de la red Core del ejemplo está basado en la tecnología de conmutación Ericsson AXE-810. Se utiliza la nueva práctica de construcción la cual provee un ahorro substancial en espacio de los equipos y en consumo de energía. También ofrece fácil crecimiento. Algunas de las principales ventajas de la nueva plataforma AXE 810 de Ericsson se muestran en la figura 5.

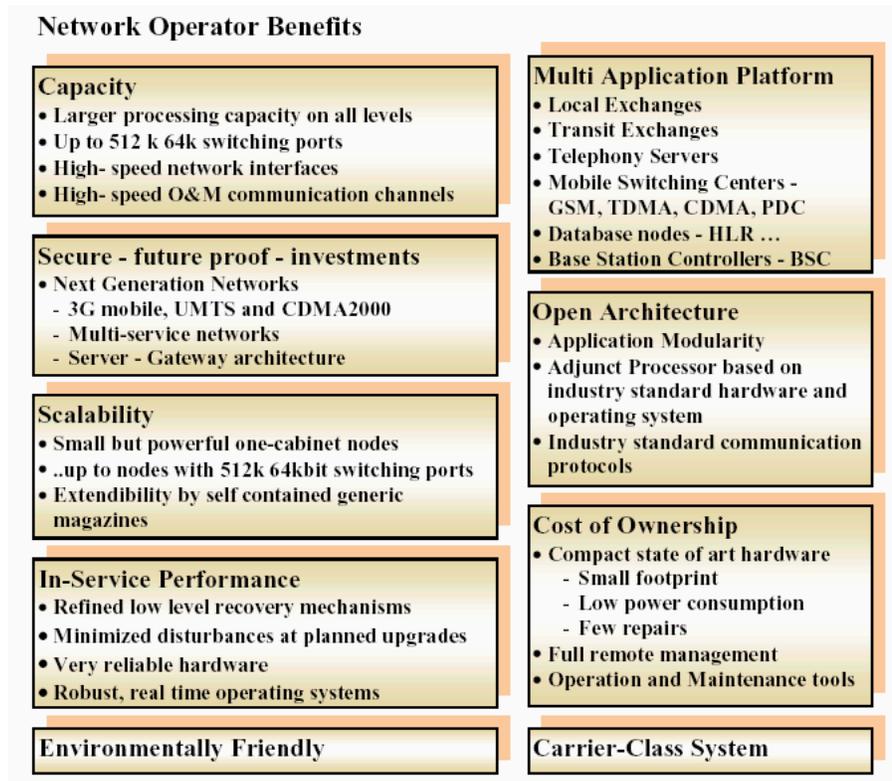


Figura 5 - Ventajas de la plataforma AXE 810

1.2.1 ESPECIFICACIONES DEL MSC (Mobile Switching Center)

Especificación de Hardware

En el modelo de MSC que servirá al sistema es el AXE 810 (APZ 212 33), CMX3G. La MSC Ericsson es un pre-paquete con una capacidad dada en Erlangs debido a la cantidad de troncales conectadas a ésta.

Dependiendo en la cantidad de HW conectado a la MSC y del comportamiento del suscriptor se analiza el tamaño del paquete mas apropiado para cada fase. La capacidad de cada MSC cumple con funciones de expansión para cada fase de ampliación y crecimiento del sistema y así soportar adecuadamente la demanda de tráfico.

Especificación de Software

La funcionalidad de SW incluida esta basada en el sistema Ericsson versión R4. Todos los features básicos más una selección de features opcionales para MSC/VLR.

La siguiente lista de Facilidades Premium han sido seleccionados para ser incluidos en proyectos generales.

- Identificador de Número Llamante (CNI).
- Datos Inalámbricos CDMA2000.
- Autenticación.
- SMS (Short Message Service).
- Paquete de Correo de Voz.
- WIN.
- OTASP.
- ITU-T-ISUP para Ecuador.
- Conmutación de Datos por Circuitos cdmaOne .
- WinFIOL V6.0 y Herramientas 6.0.

Capacidad de Procesamiento del MSC

Asumiendo una funcionalidad integrada de MSC/VLR/STP en la red Core, la capacidad del procesador no es un factor limitante. En el caso de configuraciones de alto desempeño, las limitaciones en la capacidad del procesador se deben verificar siempre. Ya que la arquitectura de AXE es completamente redundante, las actualizaciones se realizan en el lado standby del CPU y solo se pone en operación luego de haber realizado las verificaciones funcionales correspondientes.

1.2.2 ESPECIFICACIONES DEL NODO PCN

Existen 3 nodos que constituyen el PCN conocidos como el PDSN, el HA (opcional) y el AAA. La principal tarea del PDSN es mantener y terminar el enlace a la estación móvil sobre la interfaz R-P. El PDSN soporta la funcionalidad FA (Foreign Agent). El AAA es la pieza central de la solución PCN de Ericsson. El se encarga de manejar la tasación, autorización, autenticación, administración y aprovisionamiento de servicios además de la administración centralizada de las políticas de servicios de datos. Estos 3 nodos PCN tienen diferentes criterios de dimensionamiento y límites.

Cuando se dimensiona un nodo PDSN, el principal parámetro para tener en consideración son el número de sesiones PPP simultáneas y el “peak packet rate” a ser manejado por el nodo. Para el AAA el límite principal es el número de transacciones de autenticación que se generan en un segundo.

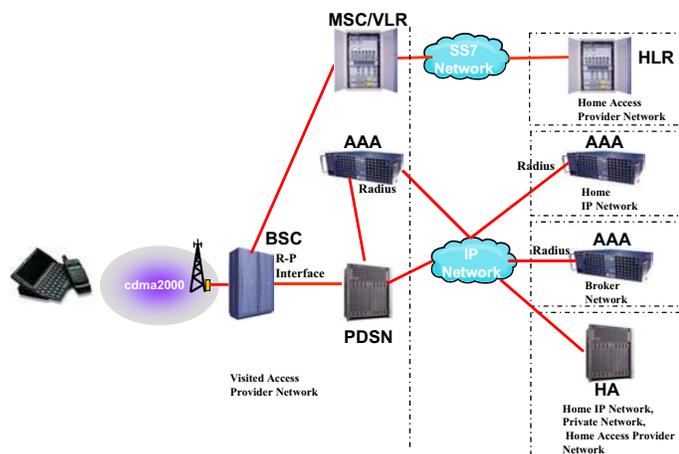


Figura 6.- Estructura del PCN

1.2.3 SERVICE NETWORK: ESPECIFICACIONES DEL HLR/AC

Especificación de Hardware

El HLR se dimensiona en la plataforma Ericsson Jambala TSP 4.0 con la versión HLR/AC 4.0 en software. Como principio de diseño el HLR se dimensiona centralizado con un nodo geográficamente redundante para protección y confiabilidad de la red.

El AC es una aplicación de SW que se ejecuta sobre la misma plataforma de HW del HLR.

Especificación de Software

La funcionalidad de SW incluida esta basada en el sistema Ericsson versión R4. Todos los features básicos más una selección de features opcionales para HLR/AUC. Las siguientes funcionalidades están integradas en la plataforma hardware del HLR/AUC:

- La capacidad licenciada para el SW de HLR es la del número total de suscriptores.
- Se incluyen los Facilidades Básicas y una selección de funcionalidades adicionales.

El paquete contiene los siguientes “features” (características) adicionales:

- WIN Fase 2.
- Funcionalidad AC.
- OTASP.
- Se incluyen las funcionalidades básicas para AC.
- La capacidad licenciada para el SW de AC es la misma que la del SW de HLR.

ANEXO 2
ASIGNACIONES DEL ESPECTRO¹⁴⁰

2.1 ASIGNACION DEL ESPECTRO RADIELECTRICO (FREQ)

Band Class 0: Cellular Band (850 MHz) - 45 MHz FDD Separation
30 KHz Channel Separation (AMPS/TDMA)

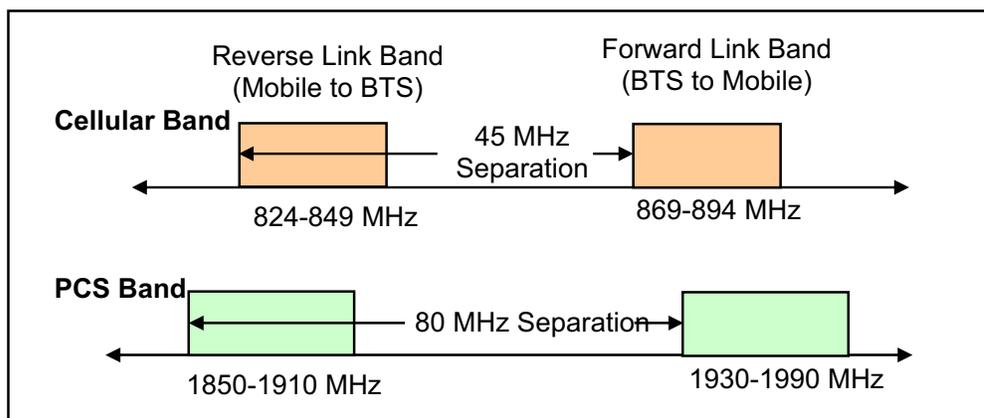
BLOCK	BANDWIDTH	CHANNEL #	RX FREQ	TX FREQ
A	10 MHz	1 - 333	870.03 - 879.99	825.03 - 834.99
B	10 MHz	334 - 666	880.02 - 889.98	835.02 - 844.98
A'	1.5 MHz	667 - 716	890.01 - 891.48	845.01 - 846.48
B'	2.5 MHz	717 - 799	891.51 - 893.97	846.51 - 848.97
A''	1 MHz	991 - 1023	869.04 - 870.00	824.04 - 825.00

Band Class 1: PCS Band (1900 MHz) – 80 MHz FDD Separation
50 KHz Channel Separation (AMPS/TDMA)

BLOCK	BANDWIDTH	CHANNEL #	RX FREQ	TX FREQ
A	15 MHz	25 - 299	1931.25 - 1944.95	1851.25 - 1864.95
D	5 MHz	300 - 399	1945.00 - 1949.95	1865.00 - 1869.95
B	15 MHz	400 - 699	1950.00 - 1964.95	1870.00 - 1884.95
E	5 MHz	700 - 799	1965.00 - 1969.95	1885.00 - 1889.95
F	5 MHz	800 - 899	1970.00 - 1974.95	1890.00 - 1894.95
C	15 MHz	900 - 1175	1975.00 - 1988.75	1895.00 - 1908.75

Nota: Están dadas frecuencias centralizadas

Los productos CDMA2000[®] comerciales operan en las bandas celulares (850MHz) y PCS (1900MHz)



¹⁴⁰ Fuente: Resumen de Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA 2000 –OVERVIEW – Dic. 2003

2.2 NUMERO DE CANALES Y FRECUENCIAS CENTRALES

Cellular (850 MHz) Channels

Transmitter	CDMA Channel Number	Center Frequency for CDMA Channel (MHz)
Mobile Station	$1 \leq N \leq 799$	$0.030 N + 825.000$
	$991 \leq N \leq 1023$	$0.030 (N - 1023) + 825.000$
Base Station	$1 \leq N \leq 799$	$0.030 N + 870.000$
	$991 \leq N \leq 1023$	$0.030 (N - 1023) + 870.000$

PCS (1900 MHz) Channels

Transmitter	CDMA Channel Number	Center Frequency for CDMA Channel (MHz)
Mobile Station	$0 \leq N \leq 1199$	$1850.000 + 0.050 N$
Base Station	$0 \leq N \leq 1199$	$1930.000 + 0.050 N$

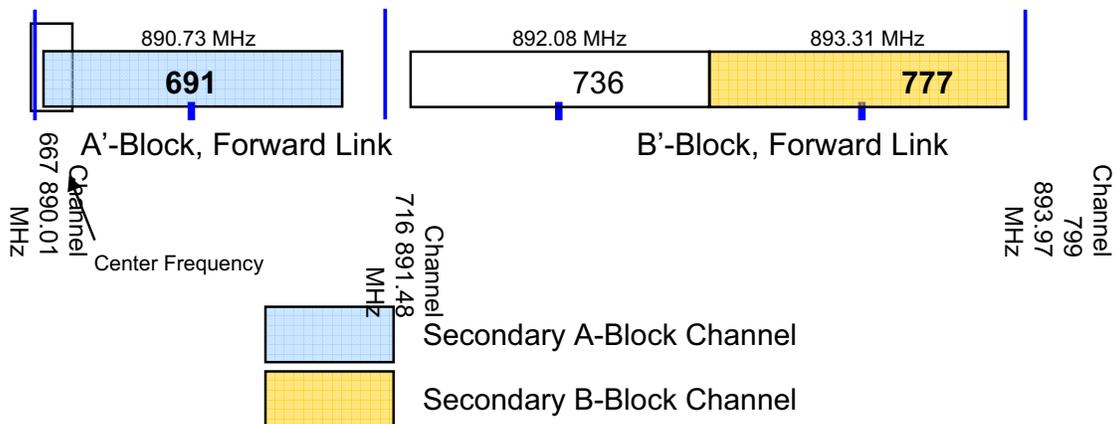
2.3 ASIGNACIONES PARA EL ESPECTRO EN BANDA CELULAR

System Designator	CDMA Channel Validity	CDMA Channel Number	Transmit Frequency Band (MHz)	
			Mobile Station	Base Station
A' (1 MHz)	Not Valid	991-1012	824.040-824.670	869.040-869.670
	Valid	1013-1023	824.700-825.000	869.700-870.000
A (10 MHz)	Valid	1-311	825.030-834.330	870.030-879.330
	Not Valid	312-333	834.360-834.990	879.360-879.990
B (10 MHz)	Not Valid	334-355	835.020-835.650	880.020-880.650
	Valid	356-644	835.680-844.320	880.680-889.320
	Not Valid	645-666	844.350-844.980	889.350-889.980
A' (1.5 MHz)	Not Valid	667-688	845.010-845.640	890.010-890.640
	Valid	689-694	845.670-845.820	890.670-890.820
	Not Valid	695-716	845.850-846.480	890.850-891.480
B' (2.5 MHz)	Not Valid	717-738	846.510-847.140	891.510-892.140
	Valid	739-777	847.170-848.310	892.170-893.310
	Not Valid	778-799	848.340-848.970	893.340-893.970

2.4 CANALES PREFERIDOS EN BANDA CELULAR

Cellular Band (850 MHz)

System A and B Secondary CDMA Channels 691 and 777



2.5 ASIGNACIONES PARA BANDA PCS

Block Designator	CDMA Channel Validity	CDMA Channel Number	Transmit Frequency Band (MHz)	
			Mobile Station	Base Station
A (15 MHz)	Not Valid	0-24	1850.000-1851.200	1930.000-1931.200
	Valid	25-275	1851.250-1863.750	1931.250-1943.750
	Cond. Valid	276-299	1863.800-1864.950	1943.800-1944.950
D (5 MHz)	Cond. Valid	300-324	1865.000-1866.200	1945.000-1946.200
	Valid	325-375	1866.250-1868.750	1946.250-1948.750
	Cond. Valid	376-399	1868.800-1869.950	1948.800-1949.950
B (15 MHz)	Cond. Valid	400-424	1870.000-1871.200	1950.000-1951.200
	Valid	425-675	1871.250-1883.750	1951.250-1963.750
	Cond. Valid	676-699	1883.800-1884.950	1963.800-1964.950
E (5 MHz)	Cond. Valid	700-724	1885.000-1886.200	1965.000-1966.200
	Valid	725-775	1886.250-1888.750	1966.250-1968.750
	Cond. Valid	776-799	1888.800-1889.950	1968.800-1969.950
F (5 MHz)	Cond. Valid	800-824	1890.000-1891.200	1970.000-1971.200
	Valid	825-875	1891.250-1893.750	1971.250-1973.750
	Cond. Valid	876-899	1893.800-1894.950	1973.800-1974.950
C (15 MHz)	Cond. Valid	900-924	1895.000-1896.200	1975.000-1976.200
	Valid	925-1175	1896.250-1908.750	1976.250-1988.750
	Not Valid	1176-1199	1908.800-1909.950	1988.800-1989.950

2.6 CANALES PREFERIDOS PARA PCS y AMPS

Sistemas Personales de Comunicación (PCS) Canales preferidos:

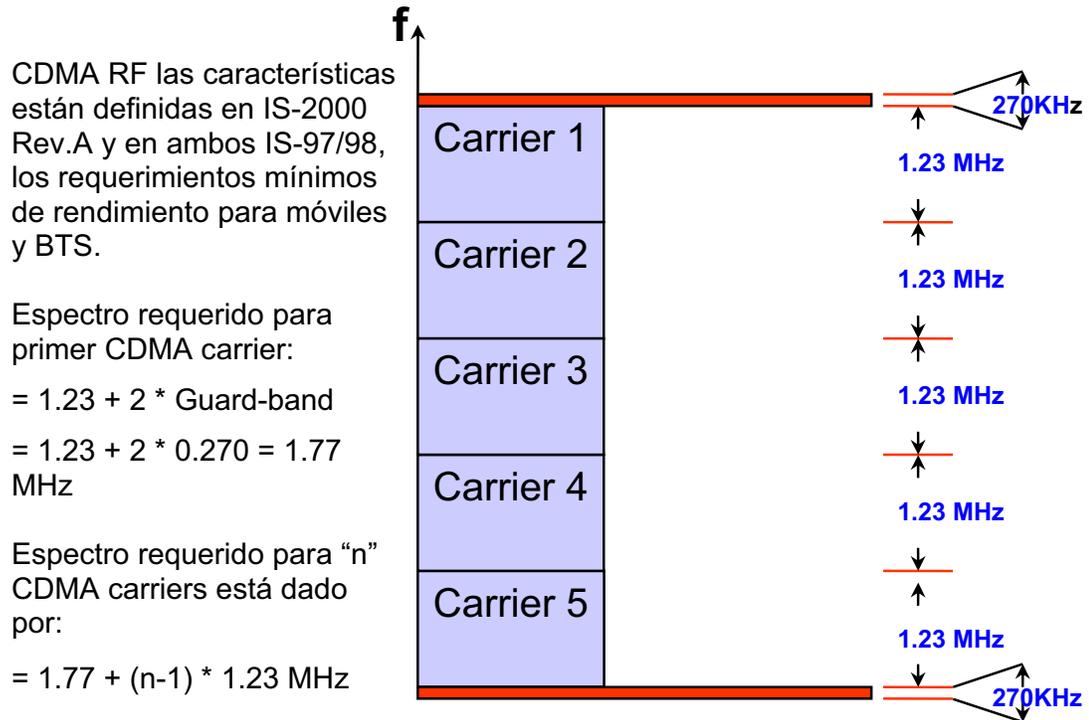
- **A-Banda:** Canales 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275
- **B-Banda:** Canales 925, 950, 975, 1000, 1025, 1050, 1075, 1100, 1125, 1150, 1175
- **C-Banda:** Canales 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675
- **D-Banda:** Canales 325, 350, 375
- **E-Banda:** Canales 725, 750, 775
- **F-Banda:** Canales 825, 850, 875

Sistema AMPS Canales Preferidos:

Canal de control dedicado (DCCH) A/B-banda Canales preferidos

- **DCCH A Canales:** Canales 313 – 333
- **DCCH B Canales:** Canales 334 - 354

2.7 PLANIFICACION DE FRECUENCIAS PARA PORTADORAS CDMA



ANEXO 3
MENSAJES DE REGISTRO SOBRE
LA INTERFAZ DE AIRE¹⁴¹

¹⁴¹ Fuente: Resumen de Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA 2000 –OVERVIEW – Dic. 2003

3.1 MENSAJES DE REGISTRO

The Registration Message

Field	Length (bits)
REG_TYPE	4
SHIFT CYCLE INDEX	3
MOHS P REV	8
SCM	8
MOH TERM	1
RETURN CAUSE	4
QPCH SUPPORTED	0 or 1
ENHANCED RC	0 or 1
UZED INCL	0 or 1
UZED	0 or 16
REQ LOC INCL	0 or 1
REQ LOC TYPE	0 or 3
OFD SUPPORTED	0 or 1
STS SUPPORTED	0 or 1
SN OCH SUPPORTED	0 or 1
WLL INCL	0 or 1
WLL DEVICE TYPE	0 or 3
HOOK STATUS	0 or 4
RNC INFO INCL	1
SEQ ENCRYPT SUP	0 or 8
SEQ ENCRYPT REQ	0 or 1
KEY SEQ NEW	0 or 4
RNC SEQ H	0 or 24
RNC SEQ H SEQ	0 or 8
UL ENCRYPT SUP	0 or 8

REG_TYPE – Registration Type.

This field indicates which type of event generated the registration attempt.

REG_TYPE (binary)	Type of Registration
0000	Timer-based
0001	Power-up
0010	Zone-based
0011	Power-down
0100	Parameter-change
0101	Ordered
0110	Distance-based
0111	User Zone-based
All other REG_TYPE values are reserved.	

3.2 MENSAJES DE OPCIONES DE SERVICIO

Service Options

Service Option	Service Name	Associated Standard
2	Mobile Station Loopback (8 kbps) calls	
3	Enhanced Variable Rate Voice Service (8 kbps) calls	IS-127
4	Asynchronous Data Service (9.6 kbps) calls	IS-99
5	Group 3 Facsimile (9.6 kbps) calls	IS-99
6	Short Message Services (Rate Set 1) calls	IS-637
7	Packet Data Service: Internet or ISO Protocol Stack calls	IS-657
9	Mobile Station Loopback (13 kbps) calls	
12	Asynchronous Data Service (14.4 or 9.6 kbps) calls	IS-707
13	Group 3 Facsimile (14.4 or 9.6 kbps) calls	IS-707
14	Short Message Services (Rate Set 2) calls	IS-637
15	Packet Data Service: Internet or ISO Protocol Stack (14.4 kbps) calls	IS-707

Service Options

Service Option	Service Name	Associated Standard
17	High Rate Voice Service (13 kbps) calls	IS-733
18	Over-the-Air Parameter Administration (Rate set 1) calls	IS-683-A
19	Over-the-Air Parameter Administration (Rate set 2) calls	IS-683-A
32	WLL Diagnostic Test calls	
33	144 kbps Packet Data Service, Internet or ISO Protocol Stack calls	IS-707
35	Location Services, Rate Set 1 (9.6 kbps) calls	PN-4535
36	Location Services, Rate Set 2 (14.4 kbps) calls	PN-4535
54	IS-2000 Markov Service Option calls	3GPP2 C.S0025
55	IS-2000 Loopback Service Option calls	3GPP2 C.S0013-A
4100	Asynchronous Data Service, Revision 1 (9.6 or 14.4 kbps) calls	
4101	Group 3 Facsimile, Revision 1 (9.6 or 14.4 kbps) calls	

Service Options

Service Option	Service Name	Associated Standard
4103	Packet Data Service: Internet or ISO Protocol Stack, Revision 1 (9.6 or 14.4 kbps) calls	
32768	Qualcomm QCELP Voice Service Option (13 kbps) calls	QC Proprietary
32798	Qualcomm Markov Service Option (Rate Set 1) calls	QC Proprietary
32799	Qualcomm Markov Service Option (Rate Set 2) calls	QC Proprietary

ANEXO 4
MODELOS DE PROPAGACION¹⁴²

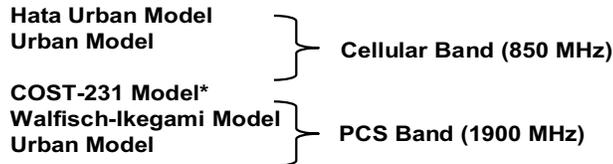
4.1 MODELOS DE PROPAGACION PARA BANDA CELULAR Y PCS

Propagation Models

In order to convert the Maximum Allowable Path Loss (MAPL) to a corresponding cell radius (R), a propagation model is used.

There are several options to use, depending on the Band Class of the network (Band Class 0 = Cellular Band, 800MHz, while Band Class 1 = PCS Band, 1900 MHz). In each group, various models are available for selection. Each has distinct properties that allow one to model several aspects (morphologies, building distribution) more accurately.

One **drawback in spreadsheet design** is that terrain is not considered in the analysis. Network planning tools can add this important aspect to the analysis.



Please note that the following guidelines apply (non-linearly):

- As the MAPL decreases, so does the corresponding cell radius. More BTS are required to cover the same market area.
- As the MAPL increases, the cell radius expands. Less BTS are required for coverage purposes.

* *The European COST-231 model is a PCS Band-variant of the popular Cellular Band Okumura Hata propagation model.*

4.2 MODELO OKUMURA HATA

Okumura Hata Propagation Model

The Okumura Hata propagation model is used industry-wide to model RF propagation in a variety of morphological environments. The model is valid within the following constraints:

- 1 < Radius < 20 Km
- 150MHz < Frequency < 1500MHz
- 30 meters < BTS Antenna Height < 200 meters
- 1 meter < MS Antenna Height < 10 meters

Maximum Allowable Path Loss (MAPL) = Slope * log(**Radius**) + Intercept

Slope = 44.9 – (6.55 * log(BTS Antenna Height))

Intercept = -13.82 * log(BTS Antenna Height) + Intercept2 + Intercept1 + Morphology Correction Factor –

a(MS Antenna Height)

Intercept1 = -C5 * log(Frequency)² = 0

Intercept2 = 69.55 + 26.16 * log(Frequency)

a(MS Antenna Height) = 3.2 * (log(11.75 * MS Antenna Height))^{0.5}

...for urban Environments

= (1.1 * log(Frequency) – Antenna Height) – 1.56 * log(Frequency)

+ 0.8

...for suburban Environments

MAPL = (44.9 – (6.55 * log(BTS Antenna Height))) * log(**Radius**) – 13.82 * log(BTS Antenna Height) + 69.55 + 26.16 * log(Frequency) + Morphology Correction Factor – **a(MS Antenna Height)**

ANEXO 5

ECUACIONES DE DIMENSIONAMIENTO DE TRAFICO DE VOZ¹⁴³

¹⁴³ Ecuación de dimensionamiento de tráfico de voz: Resumen del Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA 2000 Overview

5.1 POR CONMUTACION DE CIRCUITOS

Dimensioning Circuit-Switched Voice Traffic

Voice Traffic Model Resolution {

- Voice Erlangs per Subscriber
- Busy Hour Call Attempts per Subscriber (BHCA)
- Average Call Holding Time (ACHT)
- Subscribers

$$\frac{\text{Erlangs}}{\text{Subscriber}} = \frac{\text{ACHT} \times \text{BHCA} \times \text{Sub}}{3600 \text{ seconds/hour}} = \frac{\text{Session Duration} \times \text{Sessions / Day} \times \text{Busy Hour Factor}}{3600 \text{ seconds/hour}}$$

$$\text{Voice Erlangs / Subscriber} \times \text{Voice Subscriber} = \text{Required Voice Erlangs}$$

$$\text{Erlangs} \times \text{Data Rate} \times \text{Vocoder Activity}$$

$$= \text{Required Voice Kbps}$$

5.2 ECUACIONES BASICAS

Dimensioning Circuit-Switched Voice Traffic: 1

$$\text{Voice Erlang / Subscriber} \times \text{Voice Subscriber} = \text{Voice Erlangs}$$

Assumes sector only handles voice traffic ($N_{\text{voice}}/N_{\text{MAX}} = 100\%$).

Calculated using 2% Grade of Service, Erlang-B Table.

Required Voice Erlangs

Erlangs per Sector

As calculated with the Forward Link capacity equation, circa 33.55 simultaneous subscribers/sector-RF, or 24.63 Erlangs.

$$= \text{Required Voice Sectors}$$

Dimensioning Circuit-Switched Voice Traffic: 2

Erlangs x Data Rate x Vocoder Activity

As calculated with the Forward Link capacity equation, circa 33.55 simultaneous subscribers/sector-RF, or 24.63 Erlangs.

Required Voice Kbps

This is equivalent to 119.39 Kbps.

Average Voice Sector Throughput

$$= \text{Required Voice Sectors}$$

$$\text{Throughput} = \text{Number of Erlangs} \times \text{Connection Speed} \times \text{Vocoder Activity}$$

ANEXO 6

CONSIDERACIONES PARA DISEÑO DE COBERTURA INDOOR¹⁴⁴

¹⁴⁴ Fuente: Resumen de Manual de entrenamiento curso NOKIA CDMA 2000 –OVERVIEW – Dic. 2003

Indoor Coverage Design: Link Budget

To model in-building coverage, several changes must be made to the IS-2000 Link Budget:

- > **RBS antenna gains** lowered, in the range 2-7 dBi
Omni, bi-directional or 90° directional antennas may be used.
- > Inclusion of **feeder losses**:
1/2" medium-loss, 3/8" high-flex feeder cable or 7/8" low-loss feeder cable.
- > Inclusion of **Power Splitters, Equal Types** (2-Way, 3-Ways and 4-Way)
- > Addition of **Power Splitters, Unequal Types** (7 dB, 10 dB and 15 dB)
Forward or tap configuration.
- > Addition of **longitudinal and coupling losses** for leaky cable distribution systems
- > The **mobile channel model** is limited to Pedestrian (or Fixed) types.
- > Introduction of a **near-far noise margin**, equal to 2 dB
- > **Higher log-normal shadow standard deviation**:
6 dB in dense urban areas at 850-900 MHz
- > Different **Forward and Reverse Link Eb/Nt set points**
- > Addition of **wall losses (L_w)** expressed as density in dB/m
- > Addition of **inter-floor losses (L_f)** expressed in dB

ANEXO 7

**SPREAD SHEET
DIMENSION DE CAPACIDAD¹⁴⁵**

ANEXO 6 - DIMENSION DE CAPACIDAD - PARA VOLUMEN DE TRAFICO EN LA LOCALIDAD DE PILLARO



Percentage of Subs using circuit application in the network:	100%
Percentage of Subs using packet application in the	8%

Voice mErlangs in Busy **10,0**
Voice Vocoder Activity **51,8%**
Voice Connection **9,6**

Application Type	Application Name	Application Type Penetration	Service Penetration	Sessions per Day	Session Duration (Seconds)	Busy Hour Factor	Packet Calls per Session	Forward Packets per Packet Call	Forward Bytes per Packet (Bytes)	Forward KBytes per Subscriber in Busy Hour (KBytes)	Forward Kbps per Subscriber (Kbps)	"Erlang Factor"	Traffic Distribution
Circuit	Voice	100%	100%	4	45	20%	-	-	-	22,36	0,050	13,03	72,78%
Packet	Internet Browsing (with	8%	80%	4	300	20%	10	60	650	19,97	0,044	4,27	23,83%
Packet	Email "Fetch" (with	8%	40%	4	60	20%	1	630	325	5,24	0,012	0,43	2,38%
Packet	Email "Send" (with Attached File)	8%	30%	1,5	90	20%	1	315	65	0,15	0,000	0,18	1,01%

Total Traffic Volume per Subscriber: 47,71 0,106 **Total:** 100,00%

TOTAL SUBSCRIBER POPULATION: **3.300**

TOTAL TRAFFIC VOLUME: 157.453,0 **349,9**

TOTAL SECTORS REQUIRED:	3,1
TOTAL 1x3 BTS REQUIRED:	1,0

ANEXO 8
ESTUDIO DE MERCADO

RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE MERCADO
REALIZADA EN EL LUGAR DE ESTUDIO

ESTUDIO DE MERCADO SOBRE SERVICIOS DE TELEFONÍA CELULAR

OBJETIVO:

**IDENTIFICAR DEMANDA DEL SERVICIO
POBLACION DE PILLARO-PROVINCIA DEL
TUNGURAHUA**

LUGAR DE ESTUDIO

PARAMETROS

MUESTRA
EQUIVALENCIA

500 ENCUESTADOS
100%

EVALUACION

ITEM	PREGUNTAS	RESPUESTAS	EQUIVALENCIA (%)
1	Su edad esta entre?		
		15-20 años	38%
		21-30 años	45%
		31-en adelante	17%
2	Trabaja?	Si	86%
		No	14%
	Trabaja?	Para los que respondieron Si	
3	Su salario es?	>\$300	28%
		<\$300	42%
		bordea los \$300	16%
4	Tiene usted celular?	Si	42%
		No	58%
	Tiene usted celular?	Para los que respondieron SI	
5	que tipo de plan tiene?	Prepago	38%
		Pospago	4%
6	Su promedio de consumo mensual es?	> \$10	9%
		<\$10	5%
		bordea los \$10	28%
7	Cual es su actual proveedor de servicio?		
		Porta	4%
		Movistar	36%
		Alegro	2%
8	Según su criterio-¿Cual es el operador que mejor tecnología tiene?		
		Porta	19%
		Movistar	15%
		Alegro	8%
9	Que ha escuchado sobre el servicio de Alegro		
		Bueno	22%
		Malo	4%
		No sabe-No responde	16%
	Tiene usted celular?	Para los que respondieron No	
10	Le interesaría comprar uno?	Si	37%
		No	21%
	Le interesaría comprar uno?	para los que responden Si	
11	Que tipo de plan?		
		Prepago	27%
		Pospago	3%
		No sabe - No responde	7%
	Le interesaría comprar uno?	Para los que responden No	
12	En el caso de que en algún momento necesite comprar un celular, con que operador lo compararía?		
		Porta	7%
		Movistar	4%
		Alegro	2%
		No Sabe no responde	8%

