



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Escuela de Ingeniería Electrónica

Título

“Evaluación de calidad de redes móviles de tecnología HSPA +, implementadas en el Ecuador.”

**Trabajo de graduación
previo a la obtención del
título de Magister en
Telemática**

Autor:

Ing. Oswaldo Eduardo López Merchán

Director:

Ing. Juan Córdova Ochoa

Cuenca – Ecuador

2013

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, mi esposa quien me apoyó a culminar mis estudios, a mis hijos Ariel y Adrián, que son la inspiración y fortaleza de mi vida.

Agradecimiento

Agradezco al Ing. Juan Córdova Ochoa, quien ha sabido aportar sus valiosos conocimientos, en la dirección de este proyecto, que permitieron cumplir con éxito los objetivos planteados.

Índice de Contenidos

Carátula	I
Dedicatoria.	II
Agradecimiento	III
Indice.....	IV
Resumen	X
Abstract	XI

Capítulo 1

Marco teórico de las tecnologías que comprenden los sistemas móviles celulares y su evolución.

1.1	Introducción.....	13
1.2	Sistemas de telefonía móvil celular.	13
	1.2.1 Generación cero.	13
	1.2.2 Primera generación.	14
	1.2.3 Segunda generación.	15
	1.2.4 Sistemas de tercera generación.....	15
1.3	Sistemas GSM.....	17
	1.3.1 Especificaciones del sistema GSM.....	18
	1.3.2 Calidad del servicio QOS.....	20
	1.3.3 Arquitectura del sistema GSM.....	21
	1.3.4 Señalización en GSM.	23
	1.3.5 Interfaz UM: Canales lógicos.	24
	1.3.6 Capa física de la interfaz de radio GSM.....	26
	1.3.7 Gestión de llamadas.	31
	1.3.8 Cifrado.....	32
	1.3.9 Traspaso.....	32
	1.3.10 Dimensionamiento de la red PLMN/GSM.	33
	1.3.11 Modelo de red.	33
	1.3.12 Modelo de tráfico.	33
	1.3.13 Congestión de red.....	33
	1.3.14 Ingeniería de radio en GSM.....	34
	1.3.15 Factor de ruido del sistema receptor.	34
	1.3.16 Potencia umbral.....	34
	1.3.17 Margen de desvanecimiento.....	35
	1.3.18 Relación portadora / interferencia (C/I).....	35

1.3.19	Agrupación celular y asignación de frecuencias.	35
1.3.20	Características de los transmisores.	36
1.3.21	Características de los receptores.	36
1.3.22	Ingeniería de estaciones base.	36
1.3.23	Red GSM.	37
1.4	Sistemas GPRS.	37
1.4.1	Introducción	37
1.4.2	Características generales del GPRS.	37
1.4.3	Arquitectura de la red GPRS.	39
1.4.4	Arquitectura de protocolos GPRS.	41
1.4.5	Procedimientos GPRS.	44
1.4.6	Calidad de servicio en GPRS.	46
1.4.7	Canales GPRS.	47
1.4.8	Modos de operación de red GPRS.	48
1.4.9	Acceso a la red GPRS.	49
1.4.10	Asignación y compartición de recursos radio.	49
1.4.11	Estructura de protocolos de la interfaz radio.	49
1.4.12	Esquemas de codificación.	50
1.4.13	Procedimientos de radio.	51
1.4.14	Dimensionamiento de radio GPRS.	52
1.5	Sistemas UMTS.	52
1.5.1	Introducción.	52
1.5.2	Servicios de UMTS.	53
1.5.3	Núcleo de red	55
1.5.4	Red de acceso a radio UTRAN.	56
1.5.5	Características principales de UTRAN.	57
1.5.6	Arquitectura de protocolos de la interfaz radio.	57
1.5.7	Recursos para el acceso radio en UMTS.	61
1.5.8	Potencia de RF.	62
1.5.9	Estructura celular.	63
1.5.10	Descripción de los canales físicos.	64
1.5.11	Conexión y acceso a la red.	66
1.5.12	Capacidad y cobertura UMTS.	67
1.5.13	Especificaciones de radio del equipo de usuario UE.	68
1.6	SISTEMA HSDPA, HSUPA.	68
1.6.1	Introducción.	68

1.6.2	HSPA Normalización y Despliegue.....	69
1.6.3	Principios de HSDPA.....	77
1.6.4	Procedimiento de operación de la capa física de HSDPA.....	82
1.6.5	Movilidad.....	83
1.6.6	Mediciones en la BTS para la operación HSDPA.....	84
1.6.7	Capacidad de los Terminales.....	84
1.6.8	L1 y el Rendimiento RLC.....	85
1.6.9	Parámetros lub.....	85
1.6.10	Funcionamiento de la capa MAC en HSDPA.....	85
1.7	Principios de HSUPA.....	86
1.7.1	Tecnologías clave de HSUPA.....	86
1.7.2	Programación para HSUPA.....	87
1.7.3	Canales de transporte y canales físicos E-DCH.....	87
1.7.4	Procedimientos de la capa física.....	88
1.7.5	La Capa MAC.....	89
1.7.6	Programación HSUPA.....	89
1.7.7	Parámetro lub.....	90
1.7.8	Movilidad.....	90
1.7.9	Capacidades y velocidades de datos.....	91
1.7.10	HSDPA Tasas de Bits, Capacidad y Cobertura.....	92
1.7.11	Indicadores esenciales de rendimiento.....	92
1.8	Rendimiento de un usuario individual.....	94
1.8.1	Modulación básica y rendimiento de codificación.....	94
1.8.2	Rendimiento del HS-DSCH.....	94
1.8.3	Rendimiento del HS-SCCH.....	95
1.8.4	Rendimiento del HS-DPCCH de subida.....	95
1.9	Rendimiento del sistema multi usuario.....	95
1.9.1	Ganancia de diversidad multiusuario.....	95
1.9.2	Tasas de datos de usuario.....	96
1.9.3	Perfil multitrayecto.....	96
1.9.4	Topología celular.....	97
1.9.5	Cobertura interior.....	97
1.9.6	Capacidad de transmisión en tiempo real HSDPA.....	97
1.9.7	Eficiencia en la trasmisión lub.....	98
1.9.8	Capacidad y costo de la entrega de datos.....	98
1.9.9	Tiempo de ida y vuelta (Round Trip).....	99

1.10	Evolución del rendimiento HSDPA.....	100
1.10.1	Usuarios UE avanzados.	100
1.10.2	Antena de diversidad de transmisión en el nodo B.....	100
1.10.3	Nodo B beamforming (modelado de haz de antenas).	100
1.10.4	MIMO Múltiple entrada múltiple salida	101
1.11	Características HSUPA.	102
1.11.1	Tasas de Bits, capacidad y Cobertura en HSUPA.	102
1.11.2	Factores generales de rendimiento.....	102
1.11.3	Rendimiento de un usuario.....	102
1.11.4	Capacidad celular.	103
1.11.5	Programación del nodo B.....	104
1.11.6	Mejoras de rendimiento HSUPA.....	106
1.12	Alta velocidad de acceso de paquetes evolution (HSPA +) en 3GPP Release 7.	109
1.12.1	Introducción	109
1.12.2	Reducción del tiempo de instalación.....	109
1.12.3	Incremento de la tasa pico de datos y 16QAM/64QAM.	112
1.12.4	Optimización de capa 2.....	113
1.12.5	Evolución y rendimiento con terminales mejorados.	116
1.12.6	Reducción del consumo de energía con continuidad de paquetes de datos.....	119
1.12.7	Arquitectura FLAT.	122
1.13	Resumen.	124

Capítulo 2

Análisis del estado, proceso de implementación y la regulación de la tecnología celular en Ecuador.

2.1	Telefonía celular en el Ecuador.	126
2.2	Marco legal y normativo.	129
2.2.1	Sección novena, personas usuarias y consumidoras.....	129
2.2.2	Sección cuarta, superintendencias.	130
2.2.3	Análisis.....	132
2.3	Ley especial de telecomunicaciones reformada (Ley No. 184).	132
2.3.1	Capítulo IV. de los usuarios.....	132

2.3.2	Capítulo VI. Del Consejo Nacional de Telecomunicaciones, de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones.....	133
2.3.3	Análisis.....	135
2.4	Reglamento para la prestación del servicio móvil avanzado.....	135
2.4.1	Capítulo VI. De las obligaciones y los derechos de los prestadores del SMA.....	136
2.4.2	Capítulo VIII. de los parámetros y metas de calidad del servicio.....	136
2.4.3	Capítulo XI y XII. de las infracciones y sanciones. del cumplimiento de los planes técnicos fundamentales.	137
2.4.4	Análisis.....	137
2.5	Reglamento de interconexión.....	138
2.5.1	(Resolución No. 602-29-CONATEL-2006 / Registro Oficial No. 41-14-3-2007, última modificación Resolución del CONATEL No. 318 / Registro Oficial Suplemento 732 del 26 de junio del 2012.)	138
2.5.2	Análisis.....	139
2.6	Reglamento para los abonados/clientes-usuarios de los servicios de telecomunicaciones y de valor agregado.....	140
2.6.1	(Resolución No. 477-16-CONATEL-2012.)	140
2.6.2	Análisis.....	143
2.7	Títulos Habilitantes para la prestación del SMA	143
2.7.1	Contratos de concesión de CONECEL S.A y OTECEL S.A.....	144
2.7.2	Análisis.....	160
2.8	Acuerdos para el mejoramiento de calidad de servicio entre la SUPERTEL y las operadoras CONECEL S.A y OTECEL S.A	161
2.9	Título habilitante de autorización para la CNT EP y contrato de concesión de TELECSA S.A.	161
2.9.1	Anexo D: condiciones para la prestación del servicio móvil avanzado.....	162
2.9.2	Análisis.....	175

Capítulo 3

Análisis de mediciones en ambiente real de redes de HSPA +

3.1	Introducción	178
3.2	Conceptos generales.....	179
3.2.1	Capacidad de una red 3G.....	179
3.2.2	Factores que afectan la capacidad de la red.....	179
3.2.3	Calidad de servicio Qos.	181

3.2.4 Normas de calidad del servicio móvil avanzado emitidos por órganos internacionales UIT y ETSI.	182
3.3 KPI (Key Performance Indicator).....	184
3.3.1 KPIs de Voz.	185
3.3.2 KPIs de datos,	186
3.4 KPIs de nivel superior.....	186
3.5 Detalle de KPIs.....	189
3.6 Métodos de evaluación de la red.	196
3.7 Procesado de las mediciones.	200

Capítulo 4

Guía de procedimientos, de referencia para la evaluación de la calidad del servicio móvil avanzado a redes HSPA +.

4.1 Introducción.	214
4.2 Guía de procedimiento.	214
4.2.1 Objetivos.	214
4.2.2 Metodología.	215
4.2.3 Marco Jurídico.	216
4.2.4 Forma de medición.	217
4.2.5 Frecuencia de Medición.	217
4.2.6 Tecnologías que soporta.	217
4.2.7 Parámetros de Calidad.	218
4.2.8 Recomendaciones para el Control.	219
4.2.9 Justificación de los valores propuestos.....	220
Conclusiones	221
Recomendaciones	223
Glorasrio	224
Bibliografía	229

Resumen

La tesis denominada "Evaluación de calidad de redes móviles de tecnología HSPA +, implementadas en el Ecuador", presenta el desarrollo de los posibles parámetros con los que el Organismo Técnico de Control de las Telecomunicaciones en el Ecuador y las operadoras que prestan el servicio, evaluarán la calidad de las tecnologías de tercera generación instaladas en el país, específicamente una guía de procedimientos con los que se puede medir el rendimiento del sistema, para lo cual se realizó una descripción de las características de los sistemas móviles hasta llegar a la tecnología HSPA+; así como pruebas reales de evaluación de la red que permitieron presentar los posibles parámetros con los se debería evaluar la calidad de esa tecnología.

Adicionalmente se presenta una recopilación y análisis del marco legal y normativo actualmente en vigencia en el Ecuador enfocado hacia la evaluación calidad de los servicios y derechos de los usuarios.

ABSTRACT

This thesis entitled "Evaluation of the quality of HSPA+ mobile technologies implemented in Ecuador" shows the possible parameters under which the Telecommunications Control Organism in Ecuador and the operators that provide the system will assess the quality of third generation technologies that have been installed in the country. We specifically present a procedures guide that can help to measure the performance of the system. Thus, we made a description of the characteristics of the mobile systems and HSPA+ technology as well as actual evaluations of the network. This allowed us to present the possible parameters under which the quality of this technology should be evaluated.

In addition, we present a compilation and analysis of the current regulations and legal framework in Ecuador focused on a quality evaluation of the services and the user's rights.



Diana Lee Rodas
Translations by,
Diana Lee Rodas

CAPITULO 1

Marco teórico de las tecnologías que comprenden los sistemas móviles celulares y su evolución.

1.1 Introducción.

En este capítulo se presenta el marco teórico de las tecnologías que comprenden los sistemas de telefonía móvil celular y su evolución hasta la tecnología HSPA+, dando una descripción de las aplicaciones iniciales de las generaciones o etapas que se han dado desde mediados de los años 50 hasta la fecha.

Se estudiará con detalle el tratamiento de las tecnologías UMTS y de forma particular HSPA, que es el objeto de este proyecto, enfocándolo al análisis de calidad.

1.2 Sistemas de telefonía móvil celular.

La UIT define el servicio móvil como un servicio de radiocomunicaciones entre estaciones móviles y estaciones terrestres fijas o entre estaciones móviles únicamente.

Los sistemas de comunicaciones móviles generalmente se clasifican en generaciones o etapas, estas agrupan sistemas que coinciden en el tiempo y que poseen características semejantes. A continuación se desarrollará un análisis de las mismas:

1.2.1 Generación cero.

La llamada generación cero introducida por AT&T utilizaba estaciones base de gran potencia situadas en sitios elevados en la banda de 150 Mhz con 6 canales y un espaciado entre los mismos de 60 Khz, con radios de cobertura muy grandes (mayores a 50 km), este sistema se lo usó para interconectar usuarios móviles (generalmente automóviles) con la red telefónica pública, estos sistemas telefónicos móviles utilizaban canales analógicos (FM) tanto para voz como para señalización con separación en frecuencia entre canales FDMA, (Frequency División Multiple Access) y entre sentidos de transmisión FDD (Frequency Division Duplex).

Con el incremento de la demanda del servicio, la capacidad del sistema era menor que el tráfico, esto se derivó en una baja calidad dando como

consecuencia altas probabilidades de bloqueo; por lo que se llegó a la conclusión de que se necesitaban amplios bloques de espectro radioeléctrico para satisfacer a los consumidores, encontrando la solución en el concepto de telefonía celular.

Ericsson a mediados de los años 50 creó equipos de telefonía móvil celular de menor tamaño que podían ser acoplados en automóviles; en los años 60 luego de la miniaturización de tamaño de los transistores, el tamaño de los equipos móviles se redujo aún más.

En 1969 se aplicó por primera vez el reuso de frecuencias realizado por Bell System comercialmente (6 canales en la banda de 450Mhz). Dentro de esta categoría el sistema más importante fue IMTS (Improved Mobile Telephone System).

1.2.2 Primera generación.

Basada en el concepto celular clásico, que utiliza la reutilización de frecuencias y la división del área de cobertura en celdas, estos sistemas utilizaron canales analógicos en FDMA y FDD. El sistema más representativo de esta generación fue AMPS (Advanced Mobile Phone System), con células cuadradas que cubrían amplias zonas trabajando, en frecuencias de 800 Mhz. Con el fin de impulsar la competencia y evitar los monopolios la Comisión Federal de comunicaciones en los EE.UU. (FCC) promovió la coexistencia de otra operadora de servicio celular adicional a Bell System en el mismo mercado (Bandas A y B) por lo que surgió la operadora Ameritech en Chicago en 1983.

Al mismo tiempo se desarrollaron otros sistemas muy parecidos en diferentes países adaptando las bandas de frecuencia y las canalizaciones de cada uno; TACS (Total Access Communications System) en el Reino Unido y en España; NMT (Nosdiska Mobil Telefongruppen) que operaba en Suecia, Finlandia, Noruega y Dinamarca en la banda de los 450 Mhz, este considerado el primer sistema celular de Europa. Otro estándar fue el AURORA-400 en Canadá, que operaba en la banda de los 420 Mhz y utilizaba 86 células operando en áreas rurales de poca capacidad pero amplia cobertura.

1.2.3 Segunda generación.

En los años 80 surgieron sistemas celulares digitales tanto para voz como para control, en los 90 se triplicó la capacidad con el muestreo, digitalización y multicanalización de las conversaciones, con lo que se logró mejorar el problema de capacidad de los sistemas celulares analógicos.

Entre los principales sistemas de segunda generación estuvieron D-AMPS (AMPS Digital) basado en tecnología digital con acceso múltiple por división de tiempo TDMA (Time Division Multiple Access) y luego su evolución IS-136, CDMA One o IS95, el primer sistema basado en la forma de ensanchamiento empleada DS (Direct Sequence), tecnología de espectro ensanchado, la tecnología CDMA Acceso Múltiple por División de Código totalmente digital y que incrementaría la capacidad entre 10 y 20 veces; el sistema PDC (Personal Digital Cellular) propietario de NTT DO CoMo, y finalmente GSM conocido inicialmente como Grupo Especial Móvil y luego como Sistema Global para Comunicaciones Móviles el cual surge en 1989 y unifica los sistemas europeos.

Los sistemas de segunda generación se diseñaron esencialmente para comunicaciones de voz por lo que la transmisión de datos se la realizaba a tasas bajas (por ejemplo GSM transmitía a una tasa máxima de 9600 bit/s), para superar ese limitante y estar acorde a las nuevas exigencias de los clientes, se definieron varias extensiones a los sistemas 2G; en el caso de GSM sus evoluciones son HSCSD (High – Speed Circuit – Switched Data), GPRS (General Packet Radio Service) y EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution).

1.2.4 Sistemas de tercera generación.

Debido a la creciente demanda de los sistemas 2G y sus evoluciones, a finales de los 90 esos sistemas empezaron a quedarse cortos especialmente para el acceso a datos e Internet, y para soportar servicios avanzados, especialmente multimedia, se desarrollaron los sistemas de tercera generación (3G) UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) y CDMA2000.

Los sistemas 3G han mejorado en capacidad y prestaciones frente a sus antecesores. Geográficamente Europa adoptó UMTS como evolución del sistema de segunda generación GSM, pero con una nueva interfaz radio de mayor capacidad y eficiencia; en el resto del mundo CDMA2000 evolución de CDMA el otro gran sistema 3G que competía con UMTS.

Las especificaciones 3GPP (Third Generation Partnership Project) denominadas "Release" que empezaron con la Release 99 hasta la Release 9 (LTE) actualmente, son la base de las nuevas redes. Las mejoras a esas especificaciones son las tecnologías HSPA (High Speed Packet Access) encaminadas a mejorar las prestaciones en sentido descendente, caso HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), como en sentido ascendente mediante HSUPA (High Speed Uplink Packet Access).

Las tecnologías HSDPA y HSUPA definidas en las Releases 5 y 6 7 del 3GPP respectivamente, permiten alcanzar tasas picos teóricas de hasta 14,4 Mbit/s para descargas y 5,7 Mbit/s en la carga respectivamente. A los sistemas HSPA se los conoce como sistemas de comunicaciones móviles 3.5G. La siguiente evolución de los sistemas 3GPP es HSDPA Evolucionado (HSDPA+) y en plena implementación y desarrollo, LTE (Long Term Evolution), estas evoluciones en la tecnología darán la pauta a los sistemas de cuarta generación 4G con tasas objetivo de decenas e incluso centenas de Mbit/s



Gráfico 1.1 Evolución de los sistemas móviles celulares.

1.3 Sistemas GSM.

En 1982 en el marco de la CEPT (Conference Europeenne des postes et Telecommunications) se constituyó el llamado Groupe Speciale Mobile (GSM) el cual debía preparar el estándar de un sistema de telefonía móvil público destinado para el mercado paneuropeo.

GSM definió una serie de requisitos básicos para el nuevo sistema que definirían los sistemas celulares hasta el momento:

- Itinerancia internacional, dentro de los países de la UE.
- Tecnología Digital.
- Gran capacidad de tráfico.
- Utilización eficiente del espectro radioeléctrico.
- Sistema de señalización digital.
- Servicios básicos de voz y datos.
- Amplia variedad de servicios telemáticos.
- Posibilidad de conexión con la PSTN o ISDN.
- Seguridad y privacidad en la interfaz radio, con protección de la identidad de los usuarios y encriptación de sus transmisiones.
- Utilización de teléfonos portátiles,
- Calidades altas de cobertura, tráfico y señal recibida.

GSM opto por la técnica de acceso múltiple TDMA de banda estrecha, con un códec vocal de 13 kbit/s; con el fin de duplicar la capacidad se desarrolló una mejora en la velocidad 6,5 kbit/s que permitiría duplicar la capacidad de los canales de voz.

La norma se ha ido desarrollando en fases que han ido completando el estándar: la fase 1 concluida en 1990 con las especificaciones del servicio de voz; la fase 2 concluida en 1994, la cual incluía datos y la aparición del servicio de mensajes cortos SMS (Short Message Service); en 1995 con el uso adicional de las bandas de 1800Mhz en Europa y 1900Mhz en EEUU, y la mejora en el códec de voz EFR (Enhanced Full Rate), permitió aplicaciones específicas para datos con tasas de transmisión superiores a las inicialmente especificadas. Se especificaron los servicios de HSCSD (High Speed Circuit Swiched Data) con conmutación de circuitos y GPRS (General Packet Radio

Service) con conmutación de paquetes, lo que permitió aplicaciones de mensajería multimedia MMS (Multimedia Messagerie Systems) y el internet móvil. En itinerancia se logró la extensión de los servicios de red inteligente a través de la aplicación CAMEL (Customized Applications for Mobile Enhanced Logic). Se incorporó una nueva técnica de modulación de 8 niveles lo que permitió triplicar la velocidad de transmisión disminuyendo la cobertura a través de la tecnología EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution), esta técnica se puede combinar con GPRS para obtener EGPRS (Enhanced GPRS) que puede alcanzar una tasa de transmisión de hasta 384 kbit/s.

El ETSI (European Telecommunications Standards Institute), es el encargado de la elaboración de la norma, cuyos grupos RES (Radio Equipments and System) continuaron los trabajos. El comité técnico se denomina SMG (Speial Mobile Group); la sigla GSM se reservó para designar al sistema con el nombre de Global System for Mobile Communications, y este sistema que fue concebido únicamente para Europa se extendió a otros países como Australia, Estados Unidos, India, Indonesia, Sudfrica, etc.

1.3.1 Especificaciones del sistema GSM.

GSM comprende más de 5000 páginas de especificaciones elaboradas y editadas por la ETSI y se dividen en series que ocupan temas específicos como se indica en la Tabla1.

SERIE	TEMA
01	Cuestiones generales.
02	Aspectos de servicio.
03	Aspectos de red.
04	Interfaz y protocolos MS-BS.
05	Capa física de radio.
06	Codificación de la voz.
07	Adaptadores de terminal para MS.
08	Interfaces BS-MSC.
09	Interoperabilidad de redes.

10	Interoperabilidad de servicios.
11	Especificaciones y homologación.
12	Operación y mantenimiento.

Tabla 1.1 Especificaciones GSM.

Fuente: libro "Comunicaciones Móviles" José María Hernando Rábanos.

En esta investigación se estudiara la interfaz de radio o capa física básicamente; las especificaciones principales se presentan a continuación:

Bandas de Frecuencias.	Banda de 850 Mhz.	Transmisión estación móvil 824 -825 en A1, 835 en A2, 845 en B1, 846,5 en A3 y 849 en B2. Transmisión estación base 869-870 en A1', 880-891,5 en A3', en A2', 890 en B1', y 894 en B2'.
	Banda 1900 Mhz.	Transmisión estación móvil 1850 1865 en A, 1870 en D, 1885 en B, 1890 en E, 18895 en F y 1910 en C. Transmisión estación base 1930-1945 en A', 1950 en D', 1965 en B', 1970 en E', 1975 en F' y 1990 en C'
Separación dúplex.	Banda de 850 Mhz.	45MHz
	Banda 1900 Mhz.	95MHz
Separación de canales.		200 Khz, con una selectividad de canal RF adyacente de 18 dB, los valores que corresponden a los segundos y terceros canales son 50dB y 58dB respectivamente como mínimo.
Modulación.		La modulación es GMSK con BbT = 0,3 y velocidad de modulación 270,83 kbit/s en RF, con un rendimiento espectral aproximado de 1bit/s/Hz.
Dispersión Doppler.		La compensación de la dispersión Doppler del canal llega hasta velocidades de 200 km/h.
PIRE máxima de la estación base.		500 W por portadora.
Dispersión Temporal.		Se puede ecualizar una Dispersión Temporal de 16us como máximo
Potencia Nominal de las estaciones móviles.		Estaciones de diversos tipos con potencias máximas de 2, 5,8, 20W y 40W
Estructura Celular y Reutilización.		Es sectorizada de tipo 3/9 o 4/12 para zonas urbanas. En zonas rurales las células son omnidireccionales. El radio celular varía entre un máximo de 35Km en zonas rurales y unos 0,5 km en zonas urbanas
Acceso múltiple.		TDMA con 8 intervalos de tiempo por trama, con una duración de cada intervalo de 0,577 ms. La trama comprende 8 canales físicos que transportan los canales lógicos de tráfico y señalización.
Canales de tráfico.	Canal de tráfico para voz.	Canales de velocidad total y mitad, con un codec vocal de 13 kbit/s y 6,5 kbit/s respectivamente.
	Canal de tráfico para	Servicios de datos a velocidades de 2,4;

	datos.	4,8 y 9,6 kbits
Canales de control.	Se han establecido tres categorías Difusión, Comunes y Dedicados.	
Facilidades de Radio.	Se utilizan algoritmos de control de potencia para regular las potencias de transmisión entre el móvil y la base, se trata de asegurar estrictamente los valores necesarios para determinada calidad de conversación. Se mejora la calidad mediante el cambio de frecuencias FH (Frequency Hopping) produciendo un efecto similar al de la diversidad de frecuencias y reduciendo las interferencias. Técnicas de transmisión discontinua (DTX) únicamente hay señal de RF cuando el usuario está hablando.	
Re selección de célula.	Se efectúa un re selección de célula basándose en criterios de perdida de propagación. Si se rebasa el umbral de pérdida, o si el móvil es incapaz de decodificar los bloques de control o de efectuar el acceso a la estación base, inicia el proceso de re selección.	
Localización Automática.	Se efectúa mediante la evaluación de la señal de control y la devolución de su identidad a la red.	
Traspaso.	La continuidad en una comunicación es asegurada mediante el traspaso de la zona de cobertura de una célula a otra, o cuando se quiere disminuir el tráfico, se lo puede realizar entra canales de células adyacentes o canales de la misma célula. El control del enlace mediante mediciones efectuadas por las estaciones móvil y base permiten el traspaso.	
Señalización.	La señalización entre las estaciones base y los MSC sigue un procedimiento estructurado, similar al de ISDN. Entre los MSC se utiliza el sistema de señalización 7 del UIT-T	
Seguridad.	Se ha establecido una técnica de cifrado para las comunicaciones de voz y datos, así como un complejo sistema de autenticación para el acceso al sistema por parte de los terminales.	

Tabla 1.2 Descripción de Especificaciones GSM.

Fuente: libro "Comunicaciones Móviles" José María Hernando Rábanos.

1.3.2 Calidad del servicio QOS.

A continuación se presentan los objetivos generales de calidad de servicio en un sistema telefónico GSM:

- El tiempo entre el encendido del MS y la disponibilidad del servicio en la red local es 4s (H-PLMN) y en la red de visita (V-PLMN).
- El tiempo de conexión/liberación con la red destino de la llamada es de 4s/2s.
- El tiempo de aviso a la MS de una llamada entrante es 4s en el primer intento y 15s en el último intento.

- El retardo máximo unidireccional máximo es de 90 ms.
- La Inteligibilidad de la voz es del 90%.
- La interrupción máxima en el traspaso es 100 ms dentro de la misma BTS y 150 ms entre BTS distintas.

1.3.3 Arquitectura del sistema GSM.

El sistema GSM se compone de unidades funcionales que se encargan de la ejecución de las funciones del sistema y de las interfaces, estas son las fronteras de separación entre las unidades; el conjunto de estos elementos constituye la arquitectura funcional de GSM, gráfico 1.2.

La estructura GSM se compone de subsistemas: el de estaciones base BSS (Base Station Subsystem), el de conmutación y red NSS (Network Station Subsystem) y el conjunto de estaciones móviles MS (Mobile Stations). Entre estos subsistemas funcionales se han definido dos interfaces básicas: "A" de interfaz de línea entre el NSS y el BSS, y el interfaz "Um" de área o de radio, entre el BSS y el conjunto de MS.

Dentro del BSS: las funciones de control BCF (Base Station Control Functions), los equipos (TRX) que constituyen la unidad funcional BTS (Base Station Transceivers), y el controlador de estación base BSC (Base Station Controller).

Dentro del NSS: los centros de conmutación de servicios móviles MSC (Mobile Switching Center) con sus registros de visitantes VLR (Visitors Location Register), el MSC de pasarela GMSC (Gateway MSC), con el que se realiza la conexión de la PLMN/GSM con las redes públicas externas PSTN, ISDN entre otras, el registro general de abonados HLR (Home Location Register), el registro de identidad de equipos EIR (Equipment Identity Register), el centro de autenticación AuC (Authentication Center), el centro de operación y mantenimiento (operation and maintenance center) y el centro de gestión de red NMC (Network Management Center).

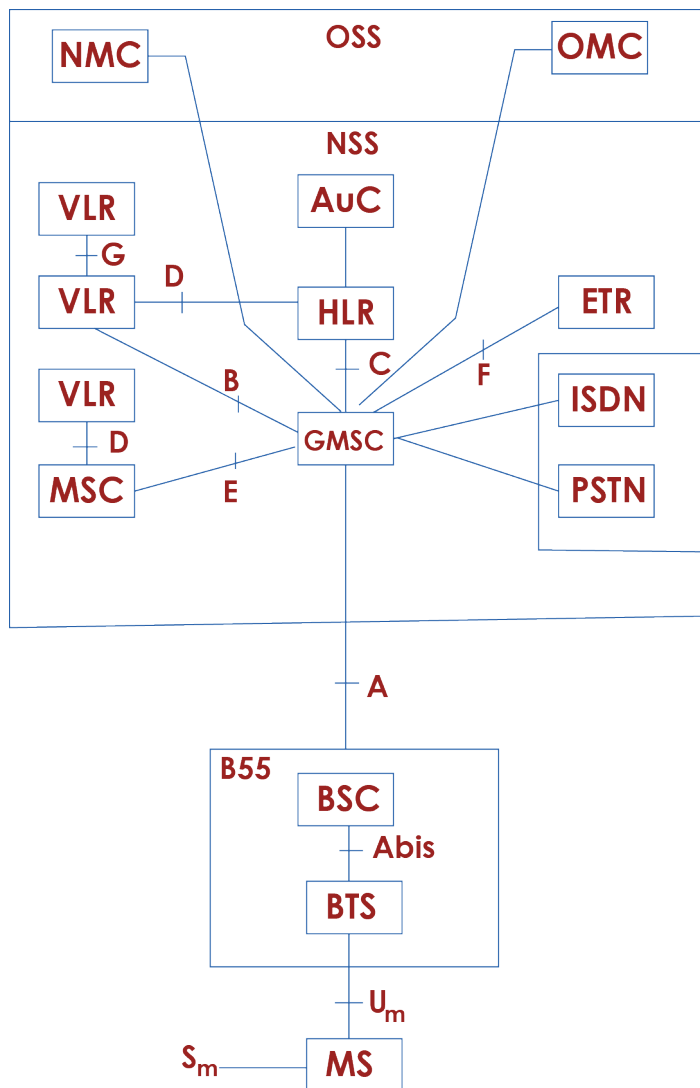


Gráfico 1.2 Arquitectura del sistema GSM

Fuente: libro "Comunicaciones Móviles" José María Hernando Rábanos.

Muchas funciones de control se pueden realizar de forma centralizada en la BSC, cuando así sucede se ha definido la interfaz A-bis entre la BSC y las BTS. La interfaz A separa las funciones de red y conmutación asociadas al MSC, VLR y HLR de las relacionadas con los aspectos radioeléctricos ejecutados en el BSS.

Dentro de la gestiones de movilidad están las de autenticación, localización y aviso a móviles (pagin) y el Interfuncionamiento con redes asociadas (PSTN, ISDN). En la BSS se realiza la gestión de los canales de radio que comprende asignación de canales, supervisión de la calidad de transmisión, organización temporal de los mensajes, codificación y conversión de velocidad.

La MSC realiza todas las actividades de conmutación y gestión de las llamadas desde y hacia las estaciones móviles; el registro de usuarios almacena informaciones relativas a los abonados residentes y visitantes; el HLR registro general de abonados, donde se guarda información sobre el tipo de abonado, código de identificación, número, etc; El VLR registro de visitantes donde se registra de manera temporal un usuario; el centro de autenticación almacena la identidad del abonado móvil y del terminal para la verificación de las llamadas; el centro de operación y mantenimiento, encargado de la supervisión técnica del sistema ayuda con la localización de averías y presenta estadísticas de servicio.

En las estaciones móviles (MS) se han determinado configuraciones de acuerdo al tipo de servicio que puedan prestar, para el servicio de voz la configuración es la MT0, no tiene conectado ningún terminal; para el servicio de datos se debe conectar un terminal TE (Terminal Equipment) que soporte ese servicio; las MS de clase MT1 están conectados a un TE ISDN a través de los interfaces S y R de forma directa o mediante un adaptador de terminal TA (Terminal Adaptors); y la MT" que admite la conexión desde la interfaz R.

1.3.4 Señalización en GSM.

Proporciona funciones de transmisión y conmutación de la red, entre el acceso radio de sus terminales y las redes convencionales fijas.

En GSM se han establecido dos sistemas de señalización:

- El sistema de señalización SS7 que emplea MAP (Mobile Application Part) del SS7 entre las unidades del NSS de GSM y las partes usuario de ISDN, ISUP (ISDN User Part) y de telefonía. Adicionalmete se ha defindo MAP también para niveles de aplicación.

Un sistema específico para el BSS y su interfaz Um, siguiendo los niveles 1 y 3 del modelo OSI (Open System Interconnection), la capa de enlace utiliza dos protocolos el LAPD (Link Access Procedure on D canal) hacia el lado de la red y LAPDm (LAPD mobile) hacia el lado radio. La capa de red contiene la conexión CM (Connection Management), la gestión de

movilidad MM (Mobility Management) y la gestión de recursos radio RR (Radio Resources Management).

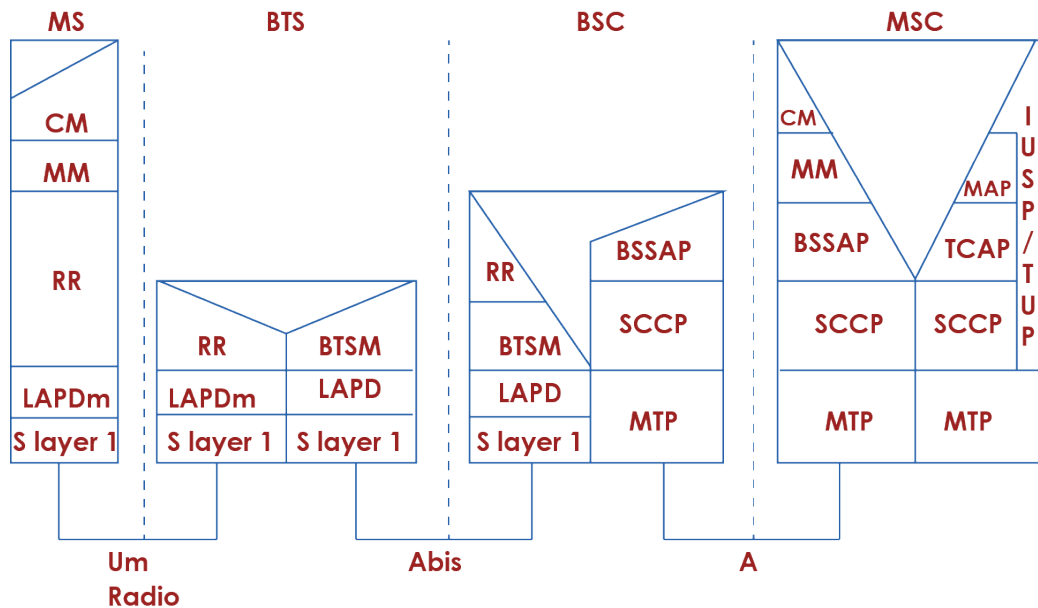


Gráfico 1.3 Modelo de señalización

Fuente: libro "Comunicaciones Móviles" José María Hernando Rábanos.

Los protocolos TUP e ISUP sirven para el establecimiento y supervisión de las llamadas hacia/desde las redes PSTN e ISDN; para la comunicación con las entidades HLR, VLR se usa el protocolo MAP; los protocolos CM, MM y RR se usan para las comunicaciones hacia el BSS, en el BSC, se presenta una situación similar a la MSC.

Los mensajes de capa 3 RR atraviesan de forma transparente entre los terminales y el BSC/MSC, adicionalmente esta capa proporciona la señalización a las aplicaciones de usuario. En la capa 2 el protocolo utilizado es LAPDm, variante del LAPD para su uso en la interfaz radio.

1.3.5 Interfaz UM: Canales lógicos.

Esta interfaz se pensó teniendo en cuenta las características de propagación por el canal de radio móvil y la necesidad de la amplia gama de servicios que ofrece GSM. Para la realización de los protocolos de señalización DM en la interfaz UM se han especificado un conjunto de canales lógicos a los que se accede a través de la capa 2, una primera

división que se puede hacer son los canales de tráfico (Bm, Lm) y los canales de control (DM).

Los canales de tráfico TCH (Traffic Channel) utilizados para el transporte y flujos de información de usuario y las comunicaciones con conmutación de circuitos; los TCH se clasifican por su velocidad digital neta en canales: Canal Bm designado por TCH/F (full rate) a 13 kbit/s para servicios de voz digitalizada y 9,6 kbit para servicios de datos; canal ML designado por TCH/H (Half rate) con velocidades de 6,5 kbit/s para servicios de voz digitalizada y 4,8 kbit/s para servicios de datos.

Los canales CCH (Control Channel) transportan información de señalización para las funciones de la red GSM, registro, localización, conmutación y gestión de movilidad. La norma GSM define los siguientes canales de control:

- RACH (Random Access Channel), ascendente por el que se transmiten peticiones de comunicación no programadas de las MS.
- BCH (Broadcasting Control Channel), descendente el cual difunde información general de la red GSM, de su estación y de las que le rodean, parámetros de configuración del sistema y ráfagas de sincronización; funcionalmente se subdivide en BCCH (Broadcast Common Channel), FCCH (Frequency Correction Channel) y SCH (Synchronization Channel).

El canal PCH (Pagin Channel), descendente utilizado para aviso a las MS.

El canal SDCCH (Stand Alone Dedicated Control Channel) bidireccional utilizado para el intercambio de datos entre una MS y la BTS.

EL canal AGCH (Access Grant Channel), descendente que sirve para la asignación de los TCH o los SDCCH a las MS que solicitaron recursos.

Para la señalización asociada a la llamada, que debe estar presente con la conversación los canales de tráfico llevan asociados dos canales de control el SACCH (Slow Associated Control Channel) y el FACCH (Fast Associated Control Channel).

1.3.6 Capa física de la interfaz de radio GSM.

Establece un conjunto de normas de utilización de los radiocanales y especificaciones de funcionamiento de la interfaz Um ocupándose de:

- Multiacceso,
- Canales Físicos,
- Sincronización,
- Modulación,
- Correspondencia entre los canales lógicos y físicos,
- Codificación de canal,
- Cifrado de la información,
- Control de Potencia,
- Ajuste de temporización,
- Saltos de Frecuencia,
- Transmisión discontinua,
- Recepción Discontinua y,
- Ecuación del canal.

A continuación se realizara una descripción breve de esas características de la capa física:

Multiacceso, GSM define un sistema de multi acceso de tipo TDMA jerárquico, en el nivel inferior está el intervalo de tiempo TS (Time Slot), ocho TS forman una trama (frame), sobre la trama se han definido la multi trama MF (multiframe); una multi trama está formada por 26 tramas y se clasifican en dos tipos MF26 que sirve de soporte de los canales de tráfico y MF51 que sirve de soporte para los canales de control; sobre las multi tramas se establece la super trama SF (Superframe) constituida por 51 MF26 ó 26 MF51 y el nivel más alto de la jerarquía es hipertrama HF (hyperframe) que agrupa 2048 super tramas.

Canales físicos, Cada portadora, ascendente y descendente, mantiene las estructuras de trama y multi tramas TDMA, Las frecuencias de los radiocanales se designan mediante un número entero, denominado número absoluto de canal RF ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel

Number) para la explotación de GSM en Ecuador se reservó bandas de frecuencia de acuerdo al siguiente detalle:

RANGO	BANDAS	LIMITE INFERIOR (MHz)	LIMITE SUPERIOR (MHz)	AB (MHz)
850 (MHz)	A1	824	825	1
	A1'	869	870	1
	A2	825	835	10
	A2'	870	880	10
	A3	845	846,5	1,5
	A3'	890	891,5	1,5
1900 (MHz)	E	1885	1890	5
	E'	1965	1970	5
			TOTAL	35

Tabla 1.3. Bandas de Frecuencia en el Ecuador SMA.

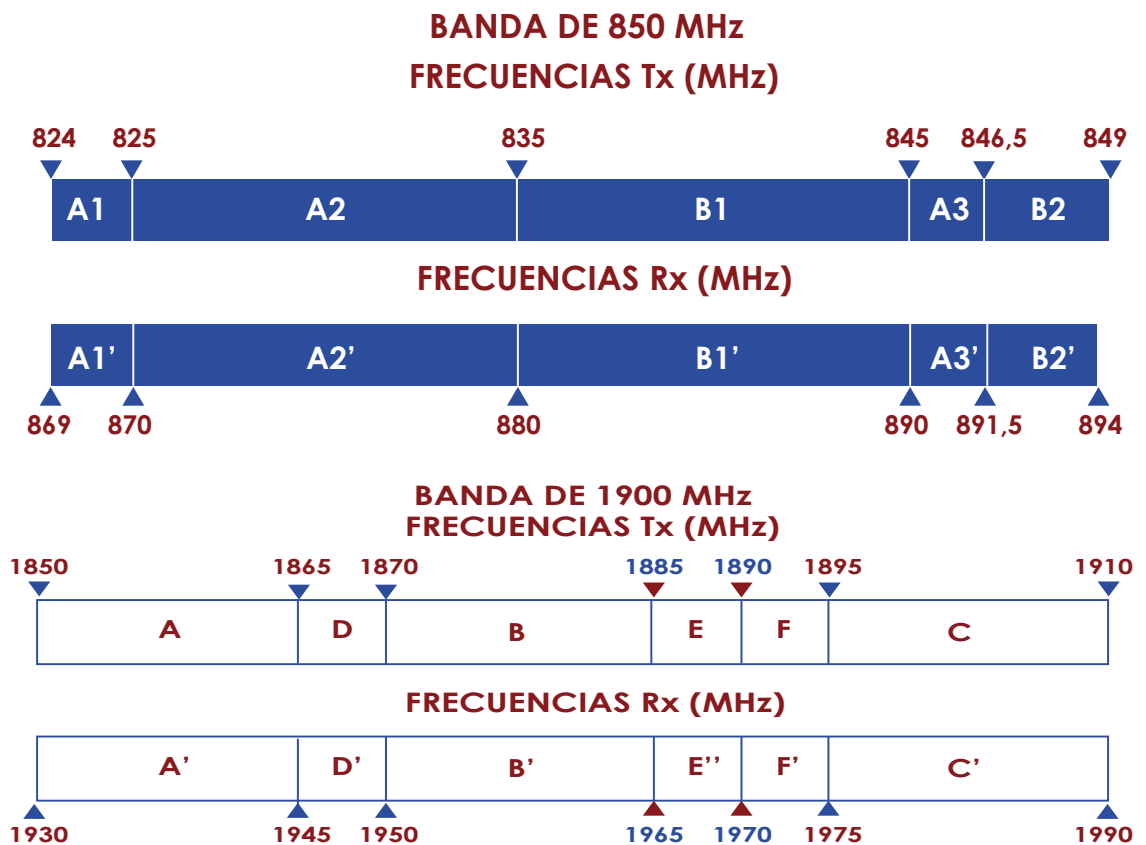


Gráfico 1.4. Descripción de los canales físicos.

Fuente: libro "Anexo 5 Contrato Concesión CONECEL S.A".

A una BTS se le asignan N radiocanales, esta puede ofrecer 8xN canales, allí hay uno especial denominado "radiocanal 0" o "baliza (beacon) B cuyo

intervalo T_{N0} se utiliza para la conexión y vinculación a la red de los móviles MS.

Durante la recepción y la emisión los intervalos tienen el mismo número, pero hay un desplazamiento temporal entre ellos igual a 3 intervalos de forma que toda MS transmite y recibe ráfagas en momentos diferentes. Se han definido 5 tipos de ráfagas:

- Ráfaga normal NB (Normal Burst).
- Ráfaga de corrección de frecuencia FB (Frequency Correction Burst).
- Ráfaga de sincronización SB (Synchronization Burst).
- Ráfaga de relleno DB (Dummy Burst).
- Ráfaga de acceso AB (Acces Burst).

Todas ellas excepto la última constan de 14 bits de los cuales 114 son de información y el resto de tara (over head bits).

Correspondencia canales lógicos - canales físicos, El mapping o funciones de correspondencia de canales lógicos – canales físicos, son reglas de asignación entre pares frecuencia – intervalo y los diferentes canales lógicos, por lo que se han definido cinco clases de correspondencia:

- 1 TCH/F con su SACCH, en un canal físico.
- 2 TCH/H con sus dos SACCH, en un canal físico.
- 1 BCCH y los CCCH, en un canal físico.
- 8 SDCCH con su señalización asociada, en un canal físico.
- 4 SDCCH, BCCH y CCCH, en un canal físico.

Mensajes de difusión, Los datos denominados como Información de sistema SI (System Information) que la BTS trasmite a las MS que están dentro de su cobertura son los necesarios para el establecimiento de las comunicaciones. En estado reposo (idle) vinculado a la M51 o en estado ocupado (busy) es decir con una llamada en curso en la MF26, en ambos casos se puede recibir la SI por dos canales que transmiten los mensajes adecuados para cada uno.

Mediciones de señal en la MS, En una red GSM es muy importante la realización de mediciones de intensidad de señal, eso lo hacen las MS tanto

en su propia frecuencia como en las frecuencias vecinas, esta información es útil al momento de los traspasos de llamadas.

Codificación de canal, La codificación empleada es la denominada concatenación de dos códigos; el externo de tipo bloque que se utiliza para detectar errores y el de código interno, de tipo convolucional utilizado como corrector de errores.

Modulación. En GSM se utiliza modulación GMSK, esta modulación permite la utilización de amplificadores no lineales de RF en los transmisores de la BTS y MS.

Alineación temporal adaptativa. Conociendo que el multiacceso TDMA requiere una excelente sincronización temporal, en el sistema GSM, las MS obtienen la sincronización de las señales recibidas de la BTS que transmiten los intervalos sucesivos en múltiplex temporal TDM, las MS por otro lado envían ráfagas aisladas, una por trama. Ya que el tiempo de propagación depende de la separación MS-BTS puede suceder que ráfagas adyacentes emitidas por dos MS muy separadas entre sí se superpongan parcialmente en la BTS, para resolver este problema GSM utiliza alineación temporal TA (Time Alignment), donde la BTS ordena a las MS lejanas que inicien la transmisión de sus ráfagas con cierto adelanto.

Control de potencia. El control de potencia de transmisión en las BTS y MS se realiza de manera que esa potencia se mantenga en todo momento en el valor mínimo necesario para asegurar niveles de RF y calidad de señal adecuados con el fin de reducir al mínimo la interferencia RF y prolongar la duración de las baterías de los terminales.

Transmisión / recepción discontinuas. Debido a que en los servicios de voz se envía información en un solo sentido y que en una conversación se presentan pausas; el canal está activo menos del 50% del tiempo, esta característica se aprovecha para realizar transmisión discontinua (DTX), que consiste en transmitir ráfagas de señal por el TCH únicamente cuando hay muestras de voz presentes, y no transmitir en los períodos de silencio, esto produce una reducción en la interferencia y ayuda a prolongar la duración de la batería de los terminales.

Funcionamiento con saltos de frecuencia. Cuando el MS se desplaza a poca velocidad o permanece inmóvil se pueden producir errores de bits en ráfagas sucesivas que superen la capacidad del control de código de canal esto a consecuencia del desvanecimiento Rayleigh, lo que dará lugar a la degradación del canal vocal. La diversidad de frecuencia puede resolver este problema, en GSM esa diversidad se combina con TDMA logrando que los intervalos de tramas empleen frecuencias diferentes, de forma que las ráfagas sucesivas del canal TCH se van emitiendo en frecuencias f_1, f_2, \dots, f_n siguiendo un ciclo. A esta forma de transmisión se la llama saltos de frecuencia FH (Frequency Hopping). Cuando la cadencia no es muy alta (217 saltos por segundo) se emplea la técnica SFH (Slow Frequency Hopping).

Gestión de movilidad. De acuerdo al estado del terminal se presentan dos tipos de actuaciones:

- Vinculado a la red, sin ninguna comunicación en curso (modo IDLE), en este caso la función debe asegurar la asociación de la MS a la red, la continuidad de la conexión y la localización y aviso cuando existan llamadas, debe haber mecanismos de control que permitan la prestación del servicio a las MS habilitadas y seguridad que proteja la información de identidad difundida a través de la interfaz radio.
- En modo activo, manteniendo una comunicación (ocupado), en este caso se debe asegurar la continuidad de la comunicación cuando la MS pasa de una célula servidora a otra, mediante funciones de traspaso.

La gestión de movilidad en GSM puede subdividirse en:

- Identificación de MS, puede dividirse en dos componentes, el equipo físico y la tarjeta SIM, la MS queda operativa cuando se inserta la tarjeta SIM al terminal. Se asigna una identificación al terminal y otra al usuario, la primera denominada IMEI (International Mobile Equipment Identity) número de 15 cifras que la graba el fabricante; la segunda IMSI (International Mobile Subscriber Identity) que identifica a un usuario a nivel internacional que consta también de 15 cifras.

- Funciones de Seguridad, en GSM el grado de seguridad previsto es elevado para impedir accesos fraudulentos, por lo que se ha establecido un mecanismo de autenticación de usuarios y verificación de equipos al que están obligadas las MS antes de: cada registro en la red, cada tentativa de llamada y para la obtención de servicios suplementarios.
- Registro de localización de MS, para el registro y localización GSM utiliza las entidades HLR y VLR, HLR contiene entre otras la siguiente información del abonado el IMSI, el MSISDN, el perfil de abonado, y la localización; así mismo el VLR contiene entre otros el IMSI, el TMSI, el MSRN, el código de localización de la MS y la copia de los datos del abonado. EL acceso a los comandos de datos se realiza mediante tres coordenadas: IMSI, TMSI y MSRN. Hay tres tipos de registro de móviles en función de la incorporación/Abandono (Attach/Detach), la situación geográfica y el transcurso del tiempo.

1.3.7 Gestión de llamadas.

Comprende todas las funciones necesarias para el establecimiento, mantenimiento y seguridad de las comunicaciones. Se pueden distinguir tres casos de establecimiento de llamadas de MS a PSTN, de PSTN a MS y de MS a MS las fases que constan para cada caso son las siguientes:

Para el primer caso

- Petición de servicio por la MS
- Autenticación
- Cifrado
- Validación del equipo
- Establecimiento de la comunicación.
- Traspaso
- Liberación

Para el segundo caso

- Análisis de encaminamiento
- Aviso a la MS destinataria

- Autenticación
- Cifrado
- Validación del equipo
- Establecimiento de la comunicación
- Traspaso
- Liberación

1.3.8 Cifrado.

El cifrado digital se utiliza para proteger la confidencialidad de los mensajes de señalización que contienen los datos de los abonados y de la propia transmisión de la información. GSM utiliza el algoritmo A5 del MoU especificado a nivel internacional.

1.3.9 Traspaso.

El traspaso es un mecanismo que prevé continuidad en la llamada y asegura la calidad de la misma cuando esta se encuentra en riesgo de que se pierda o que su calidad se degrade un nivel inadmisibles, también se lo utiliza como mecanismo de control de tráfico y mantenimiento de los canales de radio.

Los algoritmos de traspaso GSM se ejecutan en función de los siguientes casos:

- Intensidad de señal reducida,
- Calidad de señal mediocre,
- Mantenimiento del canal de radio,
- Existencia de una célula con mejores posibilidades de atender la comunicación, y
- Equilibrio de tráfico.

Clases de traspaso: Interno dentro del mismo BSS, de un canal a otro, o entre distintas BTS y externo entre diferentes BSS, que puede dividirse su vez en, dentro del mismo MSC y entre MSC diferentes.

1.3.10 Dimensionamiento de la red PLMN/GSM.

El dimensionamiento de una red PLMN/GSM se puede dividir en las siguientes fases:

- Valoración de la intensidad de tráfico que deberá cursar la red radio en los canales TCH y SDCCH.
- Valoración de los parámetros de movilidad: tasa de traspasos y actualizaciones de posición.
- Dimensionamiento de la BTS en función de la densidad de tráfico y el grado de servicio.
- Dimensionamiento de la red fija para optimizar los costes de los circuitos de conexión.
- Dimensionamiento de los órganos que sustentan las funciones de movilidad (HLR, VLR), de seguridad (AuC, EIR) y de calidad (OMC).
- Modelado del encaminamiento de las llamadas de los enlaces de señalización por la PLM/SM hasta el punto de interconexión con la PSTN.

1.3.11 Modelo de red.

El grado de servicio global de una comunicación depende de la probabilidades de bloqueo en la red fija y en la red de radio por lo que ambas redes se han de dimensionar para cumplir el GoS que se especifique.

1.3.12 Modelo de tráfico.

El modelo debe incluir parámetros de calidad de servicio tales como probabilidad de bloqueo y porcentajes de llamadas completadas con éxito a la red todo ello referido a los canales de tráfico y de señalización.

1.3.13 Congestión de red.

Se utiliza el modelo con pérdidas Erlang B para la red fija desde la PSTN a la BTS, para el bloqueo en la interfaz de radio GSM admite la puesta en cola de los intentos de llamadas, pero de igual manera para el dimensionamiento de los canales se aplicará Erlang B.

1.3.14 Ingeniería de radio en GSM.

Se describirán consideraciones sobre ingeniería de estaciones base así como datos normativos sobre las características de los transceptores de las estaciones base.

1.3.15 Factor de ruido del sistema receptor.

El factor de ruido del sistema receptor de estación base es:

$$f_{sis} = f_u - 1 + f_{pa}l_{ar} + \frac{l_{ar}}{g_{pa}}(f_r l_{ma} - 1)$$

Donde L_{ar} (dB) es el alimentador de la antena, G_{pa} es el preamplificador de ganancia (dB), F_{pa} (dB) es el factor de ruido, L_{ma} (dB) es el multi acoplador para la compartición de la antena por los receptores de la estación con pérdida y F_r es el receptor de factor de ruido.

El factor de ruido del sistema receptor móvil es:

$$f_{sis} = f_a - 1 + f_r$$

Para el caso en el que la antena está conectada directamente al receptor $L_{ar} = L_{ma} = F_{pa} = G_{pa} = 0$ dB. Sin embargo el equipo puede causar ruido artificial.

La degradación en dB será:

$$D(dB) = 10 \log \left(1 + \frac{f_u - 1}{f_r} \right)$$

1.3.16 Potencia umbral.

En GSM se especifica en términos de la relación energía bit/densidad espectral de ruido (E_b/N_0), ya que es un sistema digital. Este umbral está en función del canal lógico y de las condiciones de propagación, debido a los efectos de la dispersión temporal y desplazamiento Doppler. Los valores

umbral para ciertos grados de calidad obtenidos de simulaciones que se aproximan a condiciones reales de propagación se expresan mediante la BER (bit error rate) tasa de errores de bits, el FER (frame error rate) tasa de errores de bits residuales y RBER (Residual BER).

1.3.17 Margen de desvanecimiento.

A fin de que la potencia de señal recibida sobrepase el umbral en el L% se aplica un margen de funcionamiento llamado margen log-normal; ese margen se expresa como:

$$M(L) = k(L) \times P_L$$

Donde L es el porcentaje de cobertura perimetral y por tanto la potencia en los bornes de la antena receptora deberá ser:

$$P_r = S(\text{dBm}) + D + M(L)$$

1.3.18 Relación portadora / interferencia (C/I).

A continuación se presenta los valores de la relación para interferencia cocanal C/I para los tres primeros canales adyacentes:

Tipo de Interferencia	Relación	Valor (dB)
Cocanal	C/I_c	9
Primer canal adyacente	C/I_{a1}	-9
Segundo canal adyacente	C/I_{a2}	-41
Tercer canal adyacente	C/I_{a3}	-49

Tabla 1.4. Relación Portadora Interferencia (C/I).

Los valores de la tabla son mínimos por lo que para reutilizar frecuencias se debe emplear valores medianos.

1.3.19 Agrupación celular y asignación de frecuencias.

Se la define como ACS (Adjacent Channel Suppresion) como $ACS_i = C/I_c - C/I_{ai}$ el valor típico de $ACS_i = 18\text{dB}$, se cumple con este valor si en la misma

célula se utilizan canales adyacentes, por lo que en GSM se planifica que no se empleen canales adyacentes dentro de la misma célula; en un segundo caso ACS = 50 dB donde es posible la utilización en la misma célula de los segundos canales adyacentes.

1.3.20 Características de los transmisores.

Se especifican los niveles de potencia de transmisión referidos al conector de antena del equipo y suponiendo una antena de referencia de 0 dBi de ganancia, así se define la potencia de salida como el valor medido de la potencia promediado en la parte útil de la ráfaga de RF. Para el control de potencia en las MS se han definido 19 pasos entre 5 dBm y 39 dBm. Para el control de potencia en las BTS se han definido 15 niveles con un salto de 2dB por nivel (6 pasos)

La señal RF se emite en ráfagas, por lo que el espectro de RF es resultante del proceso de modulación y de los transitorios de conmutación debido a los cambios de potencia.

1.3.21 Características de los receptores.

En un receptor digital del SMA la tasa de errores de bit BER es la principal característica de calidad, según los tipos de canal y perfiles de propagación; otros parámetros de calidad utilizados en GSM son el FER y el RBER.

Se especifica también la tasa de errores nominal NER (Nominal Error Rate), la que expresa la calidad de recepción exigida en condiciones nominales, con un nivel de entrada de 20 dB sobre la sensibilidad de referencia y sin considerar interferencias.

1.3.22 Ingeniería de estaciones base.

En GSM las BTS están compuestas de un conjunto de equipos transmisores y receptores muy próximos entre sí, elementos pasivos entre los equipos y el sistema radiante común son: Combinadores de transmisores, preselectores, multiacopladores de antena, matrices de recepción y duplexores.

1.3.23 Red GSM.

Al conjunto de enlaces que interconectan las entidades de la red y que sustentan la capa física de los diferentes interfaces se le conoce como red GSM.

La velocidad en los canales de tráfico es de 13 kbit/s para comunicaciones de voz y 9,6 kbits/s para datos, las conexiones a intervalos PCM 64 kbits/s requieren adaptación de velocidad, el códec vocal GSM convierte señales de voz codificadas en PCM 64 kbits/s en señales de 13 kbit/s mediante técnicas de procesado digital de señales, la velocidad final por canal de voz es 16 kbit/s debido a 3 kbit/s adicionales que se requieren para señalización. La transcodificación y adaptación se realizan en una unidad llamada TRAU (Transcoder and Rate Adaptpr Unit).

1.4 Sistemas GPRS.

1.4.1 Introducción

En 1991 por la propuesta del operador alemán DBC (Deutsche Bundespost) se inició la especificación de modo de transmisión de datos con conmutación de paquetes denominada GPRS (General Packet Radio Service), esta norma concluida en 1999 se la consideró generación 2,5.

1.4.2 Características generales del GPRS.

GPRS fue desarrollado con el objetivo de proporcionar comunicaciones de datos móviles con gran eficiencia, para lo que se implementaron cuatro mecanismos:

- El empleo de esquemas de codificación dinámicos y mejorados con respecto a GSM pudiendo conseguirse velocidades máximas de 21,4 kb/s por intervalo.
- La posibilidad de asignación de varios intervalos de tiempo a una comunicación de datos con reserva independiente de los intervalos para los enlaces ascendente y descendente, así usando 8TS se puede alcanzar una tasa de hasta 170 kb/s y el sistema se convierte a tipo asimétrico.

- La posibilidad de compartición de los recursos de radio entre varios usuarios, mediante multiplexación dinámica.
- La utilización de la conmutación de paquetes, tanto en la red como en el acceso radio.

Como consecuencia de esas funcionalidades GPRS puede proporcionar a los usuarios:

- Conectividad desde el terminal móvil con redes de paquetes IP, X25.
- Soporte de aplicaciones basadas en x25 y TCP/IP debido a la eficiencia del servicio.
- Conectividad permanente (always on) con la red, eliminándose los tiempos de establecimiento de llamadas.
- Una mejora sustancial al servicio de mensajería superando la limitación de 160 caracteres del SMS/GSM y permitiendo servicios de mensajería multimedia MMS con mensajes de voz, texto, imágenes estáticas y video.
- La posibilidad de elección entre varios parámetros de calidad de servicio.
- La facturación de los servicios por volumen de información intercambiada y no por tiempo.

El límite de la tasa de transmisión de datos se debe a la modulación subyacente que, es la misma que para GSM, para ampliar ese límite se desarrolló EDGE que utiliza 8PSK, esta combinación GPRS-EDGE permite alcanzar velocidades teóricas de 384 kb/s.

GPRS en su primera fase proporciona el servicio portador PTP (Point To Point) de dos maneras, la una no orientada a la conexión CNLS (Connection Less Network Service) donde los paquetes se envían de origen a destino de forma independiente a través de la red y la segunda PTP orientada a conexión CONS (Connection Oriented Network Service), donde los paquetes se envían por un circuito pre-establecido el cual mantiene la conexión durante los desplazamientos del móvil a través de una misma red GSM.

Para poder lograr el intercambio de paquetes que no son soportados por la MSC de GSM, se ha introducido dos nuevas entidades funcionales, la SGSN

(Serving GPRS Support Node) para la gestión, movilidad de los usuarios y encaminamiento de paquetes; y la GGSN (Gateway GPRS Support Node) que sirve de pasarela entre la infraestructura GPRS y las redes externas de datos; también el BSC de GSM requiere una ampliación funcional denominada PCU (Packet Control Unit), y otras entidades accesorias como las de protección y tarificación. En cuanto a la interfaz radio se crean nuevos canales lógicos y estructuras de canales físicos para transmisiones de paquetes, la señalización y control asociados a las mismas.

Se crea el PDCH (Packte Data Channel) canal físico para paquetes en el que se alojan los nuevos canales lógicos del modo paquete. De manera similar a GSM en GPRS también se divide al área total de servicio de la red en áreas de encaminamiento RA (Routing Areas) una RA GPRS puede abarcar una o más áreas de localización GSM.

1.4.3 Arquitectura de la red GPRS.

En el siguiente gráfico se representa el esquema funcional del GPRS desplegado desde la PCU, es decir en lo concerniente al núcleo de red, las entidades de GSM que se observan representan las conexiones e interfaces con las entidades GPRS.

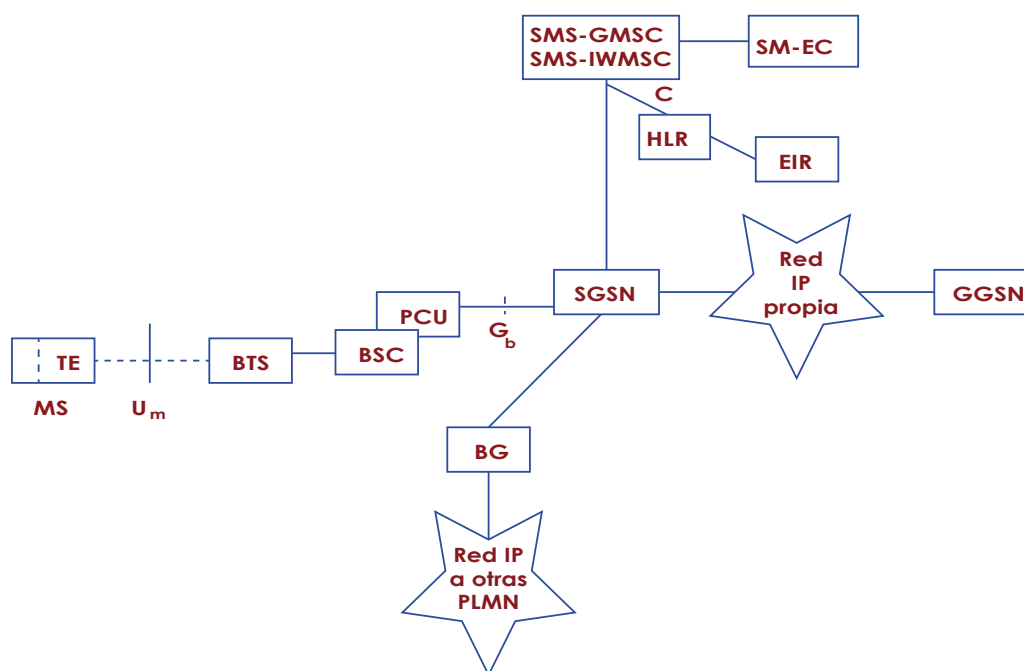


Gráfico 1.5 Arquitectura de red GPRS.

Fuente: libro "Comunicaciones Móviles" José María Hernando Rábanos.

Ahora se presenta de forma resumida las funciones principales de las entidades GPRS.

Control de paquetes PCU. Se encarga del tratamiento (handing) de los paquetes de datos y de señalización, realiza la inserción/extracción de tramas entre los enlaces Abis asociados a los canales PDCH; gestiona las colas de llamadas para la crono ejecución (scheduling) de esta forma se controla la asignación de los recursos de radio; también ejecuta tareas de control de flujo y de los paquetes para que junto con el “handing” se pueda asegurar la calidad de servicio negociada.

Nodo servidor SGSN. Se encarga de la conmutación de paquetes y se sitúa en la red GPRS al mismo nivel que los centros MSC en GSM, además de la conmutación, esta entidad realiza funciones de gestión de movilidad y autenticación, pues se encarga de detectar nuevos móviles en su área RA y proceder con el registro de los mismos (attachment) o al des-registro (detachment), está relacionado con el HLR para conocer los perfiles de usuario y con los MSC/VLR para pasar los usuarios en modo datos a llamas entrantes de voz; también se encarga de la gestión de las sesiones de datos, establecimiento de los contextos, encaminamiento de paquetes hacia el GGSN, transporte de los paquetes de datos hacia/desde las BTS/PCU de su área de servicio desde/hacia el GGSN, cifrado y compresión de los datos de usuario, generación de CDR (Call Detailed Records) que se encargan de la tarificación, también se generan estadísticas de tráfico (contadores), disponibilidades de recursos, alarmas, etc.

Nodo GGSN. Es básicamente una pasarela entre la red de transmisión IP y las redes de datos externas que incorporan funciones de cortafuegos (firewall) con las funcionalidades de conexión necesarias para los servidores ISO (Internet Service Provider); también allí se realiza la asignación de direcciones IP con la ayuda de un servidor DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) o RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service). Al SGGSN se lo conoce como un encaminador (router), para las direcciones IP asignadas a los MS, los GGSN generan también sus propios CDR que son enviados a la pasarela de tarificación (Charign Gateway).

Pasarela de tarificación CG (Charging Gateway). Los datos se tarifican en función del origen y del destino, por ellos la CG recoge los CDRs generados en los SGSN y GGSN, los valida y procesa para enviarlos a la plataforma de tarificación (Billing System). Existen distintos criterios de tarificación que dependen del tipo de contratación: tarifa plana de acceso a internet, en función del volumen de información intercambiada y de acuerdo a la calidad y grado de seguridad contratada QoS.

Servidor de nombres de dominio DNS (Domain Name Server), Se encarga de la traducción de los nombres lógicos del dominio a direcciones IP físicas.

Cortafuegos (Firewall), Dispositivos con software específico que protegen la red de transmisión (IP del operador evitando ataques externos hackers).

Pasarela de frontera BG (Border Gateway), Denominado encaminador (router) proporciona un acceso directo mediante tunelización a una red de transmisión IP-GPRS de otro operador ya sea de forma directa o a través de una red de datos.

Pasarela de interceptación legal LIGH (Lawful Interception Gateway), Allí se almacena el tráfico de los usuarios bajo sospecha para que pueda ser consultado por la autoridad, previo un mandato judicial, es un almacenamiento temporal.

1.4.4 Arquitectura de protocolos GPRS.

Las interfaces básicas de GPR son:

- Um, interfaz de radio,
- Gb, interfaz de red de acceso – núcleo de red, y
- Gn, interfaz entre los nodos GSN.

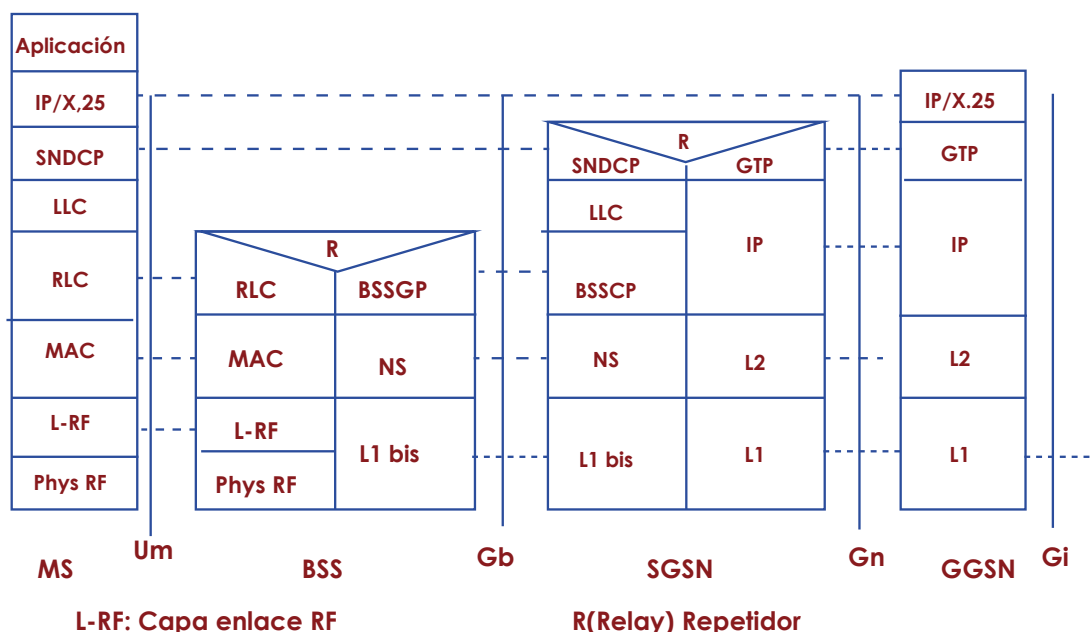


Gráfico 1.6 Arquitectura de Protocolos GPRS.

A continuación se realiza una breve descripción de las funciones de las diferentes capas, con especial atención a las de la interfaz radio.

Capa física (Physic Layer). Esta capa se subdivide en dos: la de RF que especifica la frecuencia portadora, la estructura de los canales, la modulación y las características y requisitos de funcionamiento de los transmisores y receptores; y la capa de enlace físico encargada de la codificación de canal con la detección y corrección de errores e indicación de las palabras – código no corregibles de los procedimientos de sincronización y ajuste del avance temporal, de los procesos de selección celular y actualización del área de encaminamiento, control de potencia de transmisor y recepción discontinua e inserción de la información procedente de las capas RLC/MAC en un bloque de radio a lo largo de cuatro tramas consecutivas.

Capa MAC (Medium Access Control). Permite la compartición de recursos a varias MS, mediante la multiplexación temporal; además gestiona el acceso de las MS con resolución de las contiendas, entre varias MS o entre servicios de una misma MS con detección de colisiones y regulación de las recuperaciones.

Capa RLC (Radio Link Control). Se encarga de proporcionar un enlace radio fiable entre la MS y el BSS y así conseguir un transporte de datos libre de errores, se han previsto dos modos de transferencia de información confirmado y no confirmado.

Capa LLC (Logical Link Control). Proporciona un enlace de datos fiable entre la MS y el SGSN a lo largo de dos interfaces: Um (RLC/MAC) y Gb. La conexión a nivel LLC se mantiene mientras que la MS se desplace a través de células pertenecientes al mismo SGSN

Interfaz Gb. Funciona con retransmisión de tramas (frame relay) que permite la multiplexación dinámica de los usuarios.

Protocolo NS (Network Service). Proporciona un servicio de red hacia las capas superiores necesario para asegurar la comunicación extremo a extremo independientemente de la red de transporte.

Protocolo BSSGP (Base Station System GPRS Protocol). Encargado del encaminamiento y negociación de la calidad del servicio con el BSS, proporciona las siguientes funcionalidades:

- Enlace no orientado a conexión entre el SGSN y el BSS.
- Transferencia de datos en forma no confirmada entre SGSN y BSS.
- Control bidireccional del flujo de datos entre la SGSN y la BSS
- Peticiones de aviso (paging) a MS desde el SGSN hacia la BSS
- Soporte al proceso de eliminación de mensajes antiguos guardados en la BSS.

Interfaz Gn. Esta forma el núcleo de red (Core network) del GPRS, L1 y L, se encargan del transporte de los datagramas IP dentro del núcleo de red entre los nodos SGSN y GGSN; TCP/IP se utilizan para transportar las unidades de datos PDU (Protocol Data Units) del nivel superior GTP a través de la red de transmisión; GTP (GPRS Tunnelling Protocol) permite la transferencia de paquetes de múltiples protocolos entre nodos GSN a través de la red de transmisión mediante encapsulado de los mismos.

1.4.5 Procedimientos GPRS.

Clases de estaciones móviles Los servicios GPRS han definido tres de terminales o MS: los de clase A que permiten el registro simultaneo GSM/GPRS, admiten comunicaciones simultaneas voz/datos (CS y PS); los de clase B que soportan registro y monitorización simultánea (GPRS/GSM), pero no tráfico simultaneo; y terminales clase C que solo soportan GPRS o que admiten GPRS y GSM pero de manera alternativa en un modo u otro. Otra clasificación de los MS puede ser por su capacidad de tráfico, según el número de intervalos (TS) que pueden utilizar en los enlaces ascendente y descendente, en general la capacidad es asimétrica disponiéndose de más TS para el DL que para el UL.

Gestión de la movilidad en GPRS. El procedimiento que debe ejecutar un MS cuando se prende es el de registro en la red (GPRS attach), el direccionamiento GPRS es IP, por lo que luego del registro se ejecuta un proceso de asignación de dirección IP al terminal que forma parte de un proceso más amplio llamado activación de contexto PDP (PDP context activation). La gestión de movilidad en GPRS es similar a las de GSM, el área de servicio se divide en áreas de encaminamiento RA, cada RA está controlada por un SGSN y se identifica como una RAI (Routing Area Identity), la MS monitoriza las RAI para saber si ha cambiado de RA, los avisos (paging) a las Ms se difunden dentro de la RA.

Los estados de gestión de movilidad (MM) relacionadas con un usuario GPRS son:

- Inactivo (IDLE), usuario no registrado en la red GPRS, el SGSN no posee de información de localización y encaminamiento, el terminal no puede realizar ni transmisiones ni recepciones de datos.
- Activo (READY), el terminal ha efectuado un registro y la activación del contexto PDP, se conoce su ubicación a nivel de célula.
- Reposo (STANDBY), el terminal se encuentra en este estado cuando finaliza la fase ready de PDU, la MS realiza la re selección de la célula y notifica al SGSN cuando entra a una nueva RA, la MS también puede iniciar la activación/desactivación de contextos PDP, pero en este

estado no se puede enviar/recibir, si hay datos entrantes para la MS el SGSN envía un aviso (pagin) por toda la RA donde está la MS, para que luego de la aceptación el terminal pase a estado activo.

Gestión de la movilidad en GPRS. El registro lo inicia siempre el MS para que sea conocido por la red; hay dos tipos de registros, el registro GPRS y el combinado GPRS/IMSI, como en GSM, la red otorga al terminal una identidad temporal P-TMSI y usa tripletas de autenticación. El mensaje de registro (Attach – RQ) debe contener entre otros: el IMSI o P-TMSI de la MS, la RAI antigua, el tipo de registro, la capacidad multi-intervalo, el valor de temporización solicitado, los parámetros de recepción discontinua, y la identificación de servicio NSAPI. Luego de la injerencia de las funciones de seguridad y procesos de validación, la red devuelve un mensaje P-TMSI de aceptación de registro, y el enlace lógico TLLI con lo que la MS confirma la recepción del mensaje devolviendo otro de completación del registro y la MS pasa de estado INCATIVO al ACTIVO.

Gestión de localización. Se encarga del seguimiento de la MS, para que pueda realizar y recibir llamadas, estos procedimientos son de reelección de célula y actualización de área de encaminamiento, una MS en modo activo realiza una re selección o actualización de célula (Cell update) cuando pasa de una célula a otra pero dentro de la misma área de encaminamiento

Activación del contexto PDP. Una vez realizado el proceso de registro debe haber un procedimiento que haga visible a esa MS a la red externa a través de una dirección IP, a esta operación se la denomina activación del contexto PDP (PDP context activation), que consiste en determinar dos direcciones IP, la del GGSN vinculada con la red externa y la dirección IP asignada a la MS y establecer una conexión a través de la red IP que conecta la SGN servidor de la MS con el GGSN elegido.

El mensaje de petición de activación debe contener entre otros: el tipo de PDP solicitado, la dirección del PDP, el APN solicitado, la calidad de servicio (QoS) requerida, la comprensión/no comprensión de los datos y/o cabeceras y el identificador del servicio NSAPI.

El APN (Access Point Name) es un nombre que sirve de alias del sistema de nombres de dominio DNS (Domain Name System), este cambia los nombres lógicos del dominio a direcciones IP físicas.

1.4.6 Calidad de servicio en GPRS.

El grado de calidad de servicio (QoS) que se puede ofrecer a los usuarios y que se negocia en el proceso de registro a la red, ya que en GPRS la transmisión es discontinua con conmutación de paquetes por lo que se deben incluir características nuevas en la especificación del QoS, con respecto a los retardos en la recepción de paquetes, prioridades de usuarios y de servicios cuando entran en la lucha para utilizar los recursos compartidos, caudal, volumen de información transmitida por unidad de tiempo y tasa de errores.

GPRS ha establecido cinco parámetros para el perfil de QoS:

- Prioridad (Precedence), que se refiere a los requisitos del servicio en condiciones anormales de funcionamiento, puede ser alta, normal y baja.
- Retardo (Delay), comprende el tiempo de acceso a los canales radio, el de transmisión por la interfaz aire y el tránsito por la red GPRS, la norma especifica el valor máximo admisible de retardo medio y del percentil 95% para conexiones extremo a extremo, desde el móvil hasta la interfaz G_i del GGSN.
- Fiabilidad (Reliability), se especifica en términos de las probabilidades de: pérdida de paquetes (Packet loss), entrega de paquetes duplicados (Duplicate packets), entrega de paquetes desordenados (Out of sequence packets), entrega de paquetes con errores (Corrupted packets).
- Caudal Máximo (Peak throughput), que especifica la tasa de transmisión de bytes o bits a través de la red y se mide en el punto de referencia G_i , depende de los recursos disponibles y capacidad del terminal o está limitado por la red, también se especifica el caudal medio (Mean throughput).

Se especifican por tanto distintos perfiles de QoS posibles que debe soportar la red, al momento de la negociación del QoS en la fase de establecimiento del contexto PDP, la negociación en general trata de obtener valores compatibles con los recursos disponibles.

1.4.7 Canales GPRS.

En GPRS se han definido canales lógicos con sus estructuras de datos para poder proyectarlos sobre los canales físicos se utiliza el llamado PDCH (Packet Data Channel).

Canales lógicos. Estos se dividen en comunes y dedicados, los primeros se encargan de la señalización y el control y los dedicados sirven de soporte al tráfico y señalización asociada.

Los canales comunes del GPRS son: PBCCH (BCCH) Packet Broadcast Control Channel descendente; PCCCH (CCCH) Packet Common Control Channel que agrupan los canales PPCH (PCH) Packet PAgin Channel descendente, PRACH (RACH) Packet Random Access Channel ascendente, PAGCH (AGCH) Packet Access Grant Channel descendente.

Los canales dedicados del GPRS son:

- El PDCH (Packet Data Traffic Channel) bidireccional para el tráfico de paquetes, el PDCH/U en los enlaces ascendentes (UL) y PDRCH/D en los enlaces descendentes (DL).
- Canales de control a través de los cuales se ejecutan las funciones de señalización y control asociadas a toda transferencia de datos y sin el PACCH (Packet Associated Control Channel), el PTCCH (Packet Time advance control channel), El PTCCH/U, por donde los móviles envían ráfagas con las que la red puede determinar la distancia móvil base; y el PTCCH/D.

Funciones básicas de los canales lógicos. El Canal PBCCH, transmite entre otros los parámetros que llevan los canales de control, el número de bloques reservados para el canal PAGCH, el número de bloques reservados para el acceso e informa a las MS sobre cómo calcular su grupo de aviso, y la relación de estaciones base a las que deben medir los móviles.

Canal PPCH, que se utiliza para comunicar a las MS en modo reposo, dentro de su RA, de que tiene una llamada entrante antes de asignar un PDTCH, es decir las MS se encuadran en diferentes grupos de aviso y sus receptores van a modo conectado cuando les corresponda según su grupo.

Canal PRACH, tiene dos funciones: una en la que la MS lo emplea para solicitar recursos a la red, para realizar una transferencia de paquetes, por otro lado se lo utiliza para solicitar información de temporización.

Canal PAGCH, que se lo utiliza en la fase de establecimiento de llamadas para enviar mensajes de asignación de recursos.

Canal PACCH, que transporta la señalización de capas RLC/MAC vinculada con una transferencia de paquetes.

Canal PTCCH, que se utiliza para la evaluación y difusión del avance temporal (TA).

Canal PDTCH, que se utiliza para el intercambio de paquetes en sentido ascendente y descendente.

La norma GPRS contemplan cuatro posibles agrupaciones de canales lógicos: PBCCH + PCCCH, PBCCH + PCCCH + PDTCH + PACCH + PTCCH, PCCCH + PDTCH + PACCH + PTCCH, PDTCH + PACCH + PTCCH.

Canales físicos y multitramas en GPRS. En GPRS se ha definido una nueva multitrama denominada MF52 formada por 52 tramas SM y con una duración de 240 ms.

1.4.8 Modos de operación de red GPRS.

Si una MS se registra simultáneamente en GSM y GPRS, se presenta el problema de la realización de los avisos (pagin) de llamadas de voz o de datos, en GSM se lo hace a través del canal PCH y en GPRS este canal es PPCH, si bien los avisos de GPRS pueden pasar por el PCH de GSM, por lo que se han definido tres modos de operación de red según como se envíen los mensajes de aviso de llamadas en modo circuito y en modo paquete: NOM I (Network Operation Mode I), NOM II, y NOM III,

1.4.9 Acceso a la red GPRS.

Se han definido dos fases, la única y la doble fase, el mensaje de petición de canal (Channel Request) por el PRACH es como inicia la sesión de paquetes la MS, en la fase única la BSS/PCU analiza la petición y si está de acuerdo contesta con un mensajes de Asignación inmediata (Immediate Assignment) por el canal PAGCH con información que incluye la información de la portadora a utilizar ARFCN, la identificación de los bloques radio que usará el PDTCH, el número de intervalos reservados, el valor del TFI (7 bits), el esquema de codificación CS, la identidad TLLI del enlace lógico MS-BSS, el valor inicial del TA.

El acceso a doble fase tras un análisis el BSS/PCU retorna un mensaje "Immediate Assignment" en el que se reserva a la MS un solo RB para el canal PACCH, el móvil envía un mensaje de petición de recurso Packet Resource Request que contiene la capacidad el multi-intervalo, los bytes necesarios para datos de usuario, y la identidad TLLI del enlace lógico.

1.4.10 Asignación y compartición de recursos radio.

Con el fin de maximizar el uso de los recursos y debido a la naturaleza discontinua y en ráfagas del tráfico GPRS, generalmente se comparte los recursos entre varios usuarios para que cuando uno no los necesite puedan usarlos otros, así la utilización de los canales será casi permanente.

La transmisión unidireccional de paquetes de datos precedentes de capas superiores se denomina TBF (Temporary Block Flow), los móviles pueden tener asignado un TBF para el enlace ascendente (TBF/U y otro para descendente (TBF/D), de esta manera se permite la asignación de recursos de forma asimétrica para el UL y DL.

1.4.11 Estructura de protocolos de la interfaz radio.

A continuación se presentan los formatos de paquetes para las distintas capas de la arquitectura de protocolos:

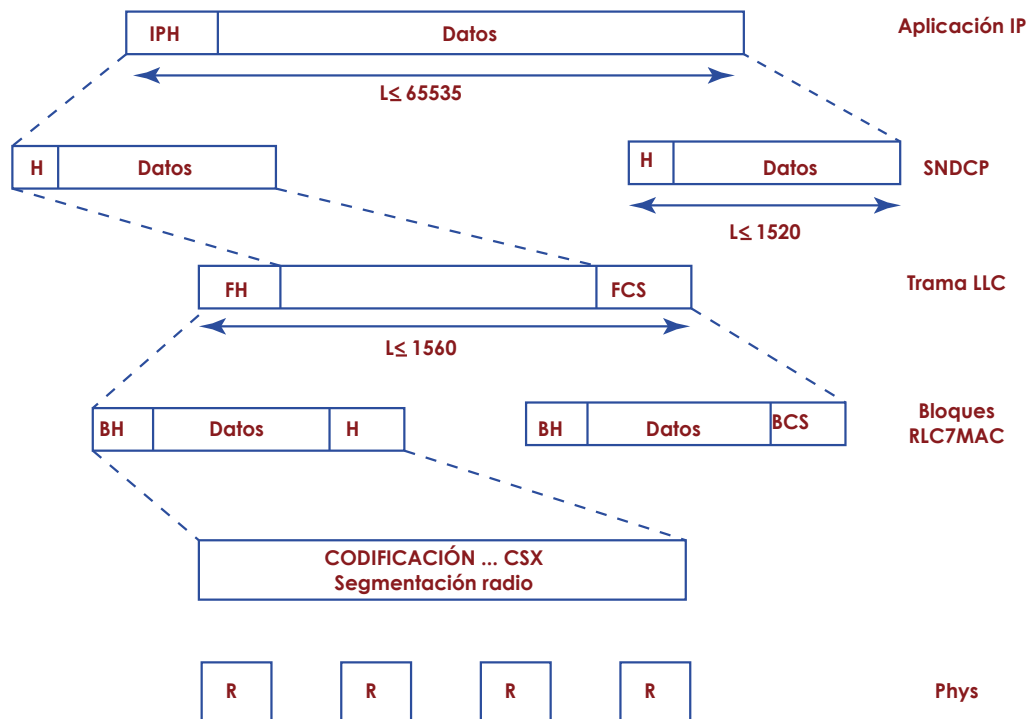


Gráfico 1.7 Estructura de protocolos del interfaz radio

En la capa superior a nivel de aplicación de tipo IP, se realiza una segmentación del datagrama IP en bloques de longitud igual 1520 bytes que es la longitud máxima del campo de datos de las tramas LLC esto se realiza en la capa SNDP; también el tamaño de las tramas BH (Block Header) y su secuencia de control de errores BCS (Block Check Sequence).

En cada bloque RLC/MAC una vez aplicada la codificación CS (Coding Scheme), genera 456 bits; la capa física distribuye estos bits en 4 ráfagas de 114 bits que se transmiten en un intervalo determinado a lo largo de 4 tramas consecutivas de la MF52 constituyendo el bloque de radio.

1.4.12 Esquemas de codificación.

Se han desarrollado cuatros esquemas de codificación CS (Coding Shemes) con diferentes caudales y grados de protección de errores; el CS1 ofrece la máxima protección y el mínimo caudal y por el contrario el CS4 el caudal es máximo y la protección contra errores mínima.

La utilización de unos u otros esquemas de codificación depende de las condiciones del canal radio, en especial de la relación

portadora/interferencia C/I, en condiciones favorables se usan los esquemas 3 y 4 con menor protección y en malas condiciones los esquemas 1 y 2.

1.4.13 Procedimientos de radio.

Los procedimientos más importantes de radio de los que se ocupa la capa física son:

- Selección y re-selección de célula, estos procedimientos ya fueron descritos en las especificaciones GPRS, ahora se enumera parámetros adicionales complementarios a GSM; el C31 que cuenta la prioridad de las células y el C32 que considera los valores de histéresis y margen (offset) para cada pareja de células.
- El avance Temporal TA (Timing Advance), que se encarga de la evaluación del tiempo de antelación con respecto al reloj de la trama con el que el móvil debe realizar la transmisión de los paquetes y de esa manera compensar el retardo de propagación y evitar colisiones en la BTS. En GPRS la evaluación del TA comprende dos fases la de estimación inicial y la de estimación continua.
- El control de potencia debido a la alta sensibilidad a la interferencia de GPRS. Es importante el control de potencia, más complejo que GSM debido a la intermitencia de las transmisiones en los dos sentidos. En el enlace ascendente se ajusta la potencia de transmisión en función de los parámetros transmitidos por la red, en función de esos valores se tienen controles de potencia: de lazo abierto, de lazo cerrado y el basado en niveles de calidad. En el enlace descendente la BTS controla la potencia en función de los informes de calidad de señal recibida que le envían los móviles, la calidad de canal se estima en función del nivel de interferencia durante la trama vacía (idle) de la multitrama, cuando la BTS servidora deja de transmitir.

La recepción discontinua DRX, al igual que en GSM la recepción discontinua prolonga la duración de la batería de los móviles GPRS.

1.4.14 Dimensionamiento de radio GPRS.

Se debe calcular el número de intervalos TS que deben destinarse al GPRS para construir canales PDCH, por lo que se debe determinar si se consiguen las características de calidad de servicio QoS que se hayan previsto como objetivo para el GPRS.

Los datos necesarios para el dimensionamiento son:

- Modelo de tráfico (aplicaciones).
- Características de la red GSM existentes en la zona.
- Condiciones de radio (relación C/I).

1.5 SISTEMA UMTS.

1.5.1 Introducción.

La propuesta de tercera generación europea que cumple con los requisitos técnicos de la IMT-2000, se diseñó de manera global para las comunicaciones sin importar la ubicación geográfica, el terminal utilizado y medio de transmisión.

De Las características objetivo de UMTS se debe destacar:

- Gran variedad de servicios y aplicaciones para móviles,
- Implementación de servicios definidos independientes de la red,
- Servicios con MS transportables en todos los entornos de radio,
- Introducción a los servicios multimedia y de carácter asimétrico,
- Calidad de servicio negociable,
- Velocidad flexible (hasta 2Mbit/s),
- Eficiencia espectral,
- Carácter abierto de la norma, para favorecer economía de escala,
- Norma evolutiva, desarrollo en versiones (releases).

La tecnología de acceso a radio adoptada es CDMA de banda ancha WCDMA con esto se logra conseguir objetivos de capacidad y calidad pretendidos en UMTS, esto provocó que se tenga que desplegar una nueva red de estaciones base ya que esta nueva técnica no es compatible con GSM.

Al ser UMTS un tecnología mundial para la especificación de la norma se constituyó la entidad 3GPP (3rd Generation Project Partnership) que comprende los organismos de estandarización ETSI, ARIB, TTC, TI, TTA y CCSA organismos a nivel mundial de Europa, Japón, EEUU y Corea.

Especificaciones 3G/UMTS:

SERIES DE ESPECIFICACIONES 3G/UMTS	
Serie	Materia
21	Requisitos
22	Aspectos de servicio (Fase 1)
23	Realización técnica (Fase 2)
24	Protocolos de realización usuario red
25	Aspectos radio
26	Codecs
27	Datos
28	Protocolos de señalización (RSS-CN)
29	Protocolos de señalización (Red fija)
30	Gestión de programas
31	Módulo de identidad de usuarios USIM
32	Operación mantenimiento (O&M)
33	Aspectos de seguridad
34	Especificaciones de pruebas y SIM
35	Algoritmos de seguridad

Tabla 1.5 Especificaciones 3G / UMTS

1.5.2 Servicios de UMTS.

En UMTS se pretendió especificar únicamente los mecanismos que permitan la prestación de los servicios, dejando que el mercado sea quien defina e impulse los nuevos servicios, para ello la utilización de lenguajes de programación que sin necesidad de conocer los detalles de funcionamiento permitirán a los proveedores desarrollar servicios, a una de estas interfaces se la conoce como API (Application Program Interfaces).

En la siguiente figura se presenta una visión general de la arquitectura de red de UMTS en la que se pueden ver las tres sub-redes anteriores y una

superior donde residen las aplicaciones y contenidos con sus servidores; se especifican también dos interfaces fundamentales de la estructura la interfaz lu entre la UTRAN y el CN y la interfaz Uu entre los terminales y la UTRAN (interfaz de radio).

La 3GPP ha especificado en dos capas otra estructura funcional en UMTS: la capa de acceso y la de no acceso, estos estados se insertan en las entidades fundamentales UE, UTRAN y CN. En la capa de acceso, están las funciones y protocolos que intervienen en esa red (selección, re-selección y traspaso celular), esta capa proporciona a la capa de no acceso a través de los puntos de acceso al servicio SAP (Service Access Points) los siguientes servicios: el GC, (General Control), que son servicios de difusión de información general sobre la red y las células a los UE presentes dentro de una zona geográfica; el Nt (Notification), para el aviso a los UEs específicos dentro de un área; y el control dedicado DC (Dedicated Control) para el establecimiento y liberación de las conexiones y transferencia de información durante la conexión.

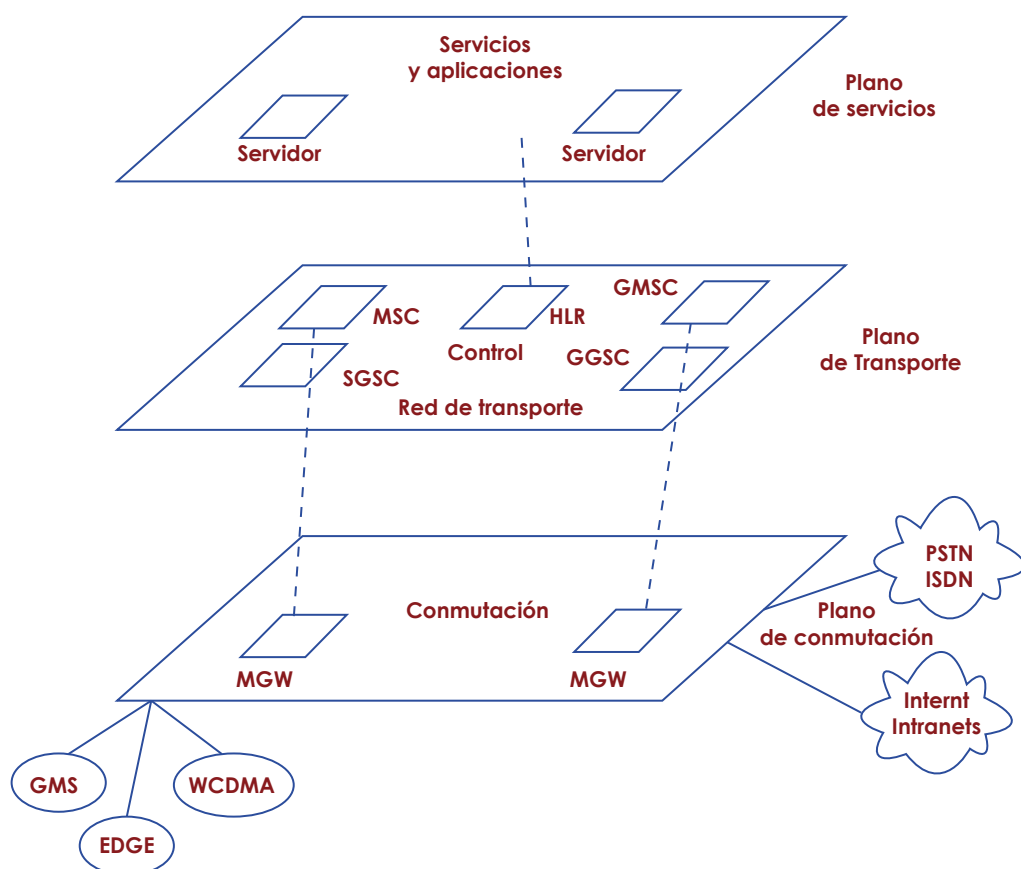


Gráfico 1.8 Arquitectura General de la red UMTS.

Fuente: libro "Comunicaciones Móviles" José María Hernando Rábanos

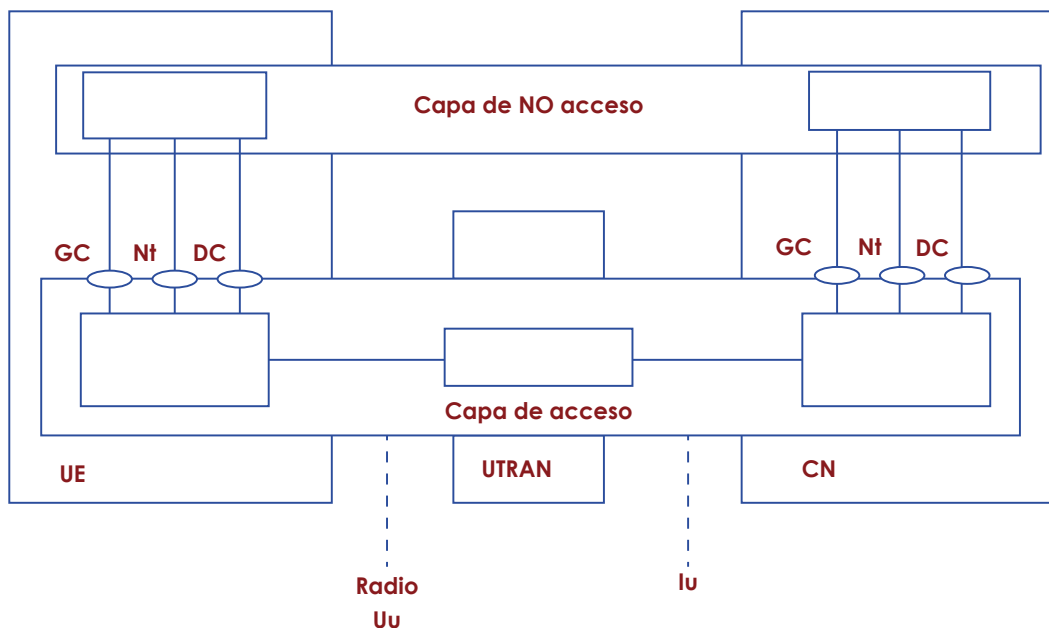


Gráfico 1.9 Capas de la estructura funcional UMTS.
 Fuente: libro "Comunicaciones Móviles" José María Hernando Rábanos

1.5.3 Núcleo de red

En el núcleo se proporcionan las funciones de transporte, gestión e interconexión con otras redes. El CN se estructura en tres planos: servicios, transporte y conmutación.

En la primera fase de UMTS el núcleo de red consta de dos dominios: el de transmisión / conmutación de circuitos CS y el de transmisión / conmutación de paquetes PS; el modo CS se ocupa de las comunicaciones de voz, datos o video en modo circuito y el dominio PS de las comunicaciones de datos en modo paquete.

El U-MSC (UMTS –Mobile Switching Centre) ejecuta las tareas de conmutación de circuitos y señalización con los terminales móviles con ayuda del U-GMSC que se encarga de preguntar al HLR sobre las llamadas de redes telefónicas externas.

El U-SGSN (UMTS Serving GPRS Support Node), nodo servidor de las comunicaciones en modo paquete, que se encarga de la gestión y localización de las llamas de paquetes.

EL U-GGSN (UMTS Gateway GPRS Support Node), que sirve de pasarela hacia las redes de datos PS externas.

El SMS-GMSC (Short Messages Service Gateway MSC) que sirve de interfaz entre el centro de mensajes cortos y la PLMN.

EL SMS-IWMSC (Short Messages Service InterWorking MSC) realiza la interfaz entre los MSC y el centro de servicios de mensajes cortos.

Estos conceptos adoptados facilitaron la migración hacia 3G, pero para ofrecer los nuevos servicios se debe modificar el CN gradualmente. El nuevo núcleo de 3G se basará en conmutación en modo paquete utilizando el protocolo TCP/IP.

1.5.4 Red de acceso a radio UTRAN.

Esta red permite la conexión entre los equipos de los usuarios y el núcleo de la red. La UTRAN es un conjunto de subsistemas de red radio RNS (Radio Network Sbsystem), enlazados al CN por la interfaz lu e interconectados entre si a través de la interfaz lur.

Cada RNS está constituido por un controlador de radio RNC (Radio Network Controller) y un conjunto de nodos B dependientes de él, los nodos B se pertenecen con las estaciones base. Las RNS gestionan a través del RNC un conjunto de células, la conexión entre el terminal de usuario y la UTRAN se la realiza mediante el servidor RNS; los traspasos se ejecutan en la capa de acceso; allí se ejecutan también las decisiones de traspaso que requieren señalización con el UE y las funciones de selección y de división para sustentar la macro diversidad asociada a los traspasos con continuidad SHO (Soft Hand Over) entre nodos B diferentes.

Para el acceso a radio se ha elegido la tecnología CDMA de banda ancha W-CDMA que no es compatible con GSM, por lo que no se puede reutilizar la infraestructura de GSM, y se necesita desplegar una nueva red de estaciones base.

Para la UTRAN se han definido dos modalidades de W-CDMA:

- El modo dúplex de frecuencia FDD (Frequency Division Duplex) que trabaja con dos frecuencias portadoras una para el UL y otra para el DL.

- El modo dúplex temporal TDD (Time Division Duplex), en el cual las comunicaciones utilizan la misma frecuencia para los enlaces ascendente y descendente, las cuales están separados en el tiempo.

1.5.5 Características principales de UTRAN.

Tasa de chips	Elevada para lograr altos factores de expansión y alta capacidad 3,84 kchip/s
Reutilización de frecuencias	Se emplea el mismo radiocanal en todas las células, no se necesita planificación de frecuencias.
Flexibilidad	Para acomodar a usuarios con diferentes requisitos de velocidad y calidad de servicio a través de la expansión de códigos ortogonales OVSF.
Utilidad de la señal piloto	Permite la detección coherente en los nodos B como en los MS mediante el uso de antenas inteligentes en las estaciones base.
Operación asíncrona de las estaciones base	No se requiere GPS externo de sincronización común.
Traspaso con continuidad	Traspaso propio de CDMA.
Control de Potencia	Elevada frecuencia con tasa de 1500 veces por segundo.
Tratamiento de la macro diversidad	Estructuras de receptor tipo Rake en las estaciones base y terminales móviles.
Separación lógica	De las funciones de señalización y de datos de usuario.

Tabla 1.6 Características de UTRAN.

Funciones de UTRA. Las tareas de UTRA ejecutan las siguientes funciones: la de control de admisión, la de control de congestión, la de difusión de información, la de cifrado de canal radio, la de traspaso de las comunicaciones y la de control de gestión de los recursos de radio.

1.5.6 Arquitectura de protocolos de la interfaz radio.

Arquitectura funcional. Esta arquitectura sigue la estructura del modelo OSI específicamente la de capa 2 de la recomendación UIT – R 1035; la capa 2 se subdivide en la RLC (Radio Link Control) y la MAC (Medium Access Control); la capa 3 y la RLC se dividen a su vez en el plano C de señalización y control y el plano U de información de usuarios.

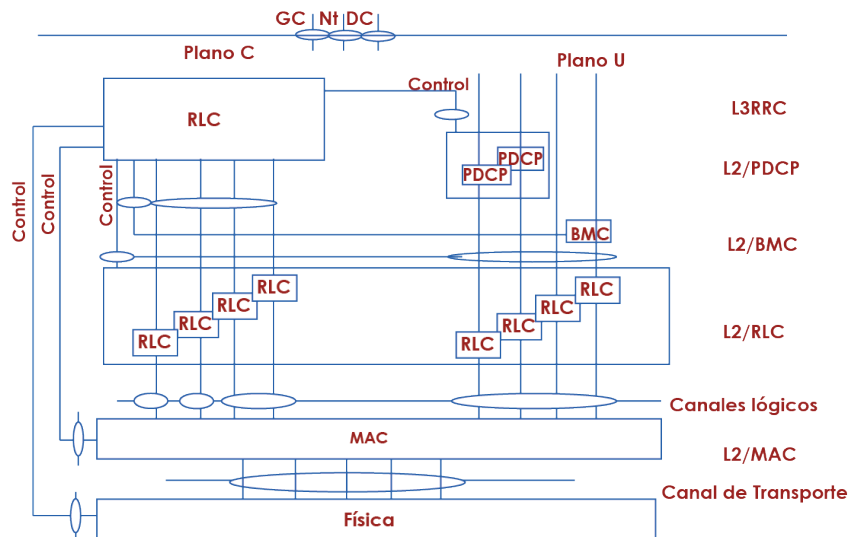


Gráfico 1.10 Arquitectura Funcional de protocolos de la interfaz Radio

La interfaz entre la capa RLC y subcapas CC y MM de la capa 3 se encuentran en el plano C.

El protocolo que se encarga del intercambio de información relativa a los servicios de difusión general se encuentra en la subcapa BMC (Broadcast Multicast Control).

Los servicios en modo paquete se aplican en la subcapa PDCP (Packet Data Convergence Propocol), este protocolo ejecuta tareas de comprensión de paquetes de datos procedentes de las capas superiores para mejorar la eficiencia espectral.

Se establecen tres clases de canales en esta arquitectura: Canales lógicos, canales de transporte y canales físicos.

Los canales lógicos se dividen en canales de control y tráfico estos los proporcionan los SAP entre la RLC y la MAC; así mismo los SAP entre las capas MAC y física proporcionan los canales de trasportes los cuales llevan la información de la capa física las capas superiores.

Los canales de transporte se clasifican en comunes, dedicados y por su sentido de uso, ascendente y descendente. UMTS define seis canales comunes y uno dedicado.

Los canales comunes son: RACH (Random Access Channel) ascendente, el cual cursa peticiones de acceso hechas por los UE; el CPCH (Common

Packet Channel), ascendente, que es una extensión del RACH; el BCH (Broadcasting Channel), descendente, que difunde información de la célula y del sistema; el FACH (Forward Access Channel), descendente, que transmite los mensajes de acceso enviados por el RACH desde los móviles cuando se conoce su posición; el PCH (Pagin Channel), descendente, que transmite datos de aviso a los UE, cuando la red necesita enviar información o existe una llamada entrante; el DSCH (Downlink Shared Channel), descendente, que transporta las señales de datos de usuario y de control para uso compartido entre UEs.

Los canales físicos están definidos en la capa física, y comprenden la frecuencia portadora y el código ortogonal de expansión.

Las funciones básicas de la sub capa RLC son:

- Transferencia de información entre las capas RRC y MAC en modo transparente, no confirmado y confirmado.
- Segmentación de la información para que pueda ser transportada por la UDP de la capa RLC.
- Detección y corrección de errores debido a la retransmisión (ARQ).
- Detección de duplicidades en la recepción de información.
- Control de flujo de datos.

Las funciones básicas de la sub capa MAC son:

- Selección del formato de transporte según el canal.
- Tratamiento de las prioridades de transmisión.
- Organización de los procesos de difusión de información de la célula y del sistema.
- Identificación de los UE.
- Multiplexación y demultiplexación de las unidades de datos.
- Encaminamiento de la señalización de alto nivel.
- Mantenimiento de las conexiones.

Las funciones básicas de la capa física son:

- El procesado de RF.
- Ensanchamiento / modulación y demodulación y des-ensanchamiento.

- Distribución de la potencia entre los canales físicos.
- Multiplexación de canales de transporte.
- Sincronización de frecuencia, de trama, de intervalo y de chip.
- Codificación / decodificación de canal con corrección de errores en recepción FEC (Forward Error Correction).
- Control de potencia (bucle abierto y cerrado)
- Control de la macrodiversidad
- Realización de los traspasos con continuidad: normal SHO (Soft Hand Over) y perfeccionado SRHO (softer HandOver).
- Realización de medidas de RF.

Correspondencias entre canales. A continuación se muestran las correspondencias (mapping) que la norma UMTS establece entre ellos:

Entre canales lógicos y de transporte.

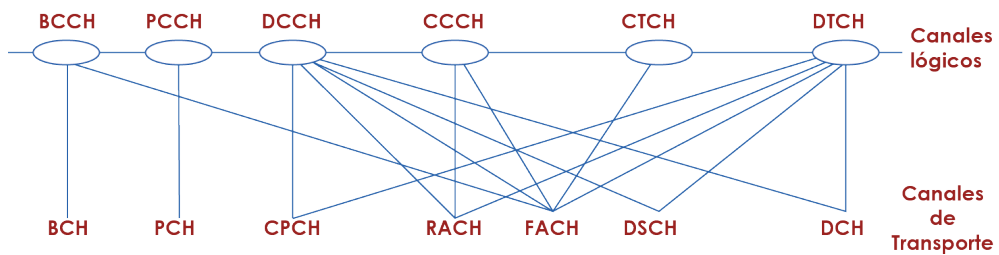


Gráfico 1.11 Correspondencia entre canales lógicos y de transporte.

Entre canales de transporte y los físicos.

ENLACE	CANAL TRANSPORTE	CANAL FÍSICO
Ascendente	RACH	PTACH
	CPCH	PCPCH
	BCH	P-CCPCH
Descendente	FACH	S-CCPCH
	PCH	
Ascendente y descendente	DSCH	PDSCH
	DCH	DPDCH DPCCH
Descendente		SCH PICH AICH AP-AICH CSICH CD/CA-ICH

--- Indica canales multiplexados en tiempo

Tabla 1.7 Correspondencia entre los canales de transporte y físicos

1.5.7 Recursos para el acceso radio en UMTS.

Los recursos que se disponen para el acceso a radio en UMTS se presentan a continuación:

Portadoras RF. Para UMTS se tienen las mismas bandas de frecuencia que para GSM; como se indican en el siguiente cuadro:

BANDA	FRECUENCIAS PARA	FRECUENCIAS PARA	SEPARACIÓN (MH:)
	EL UL (MH:)	EL DL (MH:)	
II	1.850-1.910	1.930-1.990	80
III	1.710-1.785	1.805-1.880	95
IV	1.710-1.770	2.110-2.170	400
V	824-849	859-894	45
VI	830-840	875-885	45

Tabla 1.8. Recursos de Radio para UMTS.

Tramas temporales. Ya que el multiacceso que utiliza UMTS es CDMA y que no se interrumpe la transmisión, no se debería establecer una estructura temporal en tramas e intervalos de tiempo (slots), sin embargo se presentan algunas razones para ello como que la generación de información es periódica, se codifica la señal en bloques de 20ms al igual que la voz, por la necesidad de realizar un control dinámico de la potencia, debido a que se puede modificar la tasa binaria a lo largo de la conexión, para lograr cambios en los formatos de transporte dentro de una conexión establecida, permite dejar espacios de tiempo sin recepción para que se realicen mediciones de señal que ayuden a los trasposos entre sistemas (UMTS y GSM), por todo esto se ha definido un marco temporal para los enlaces ascendentes y descendentes centrado en la trama de tiempo, además de que cada nodo B tiene su propio reloj para la temporización y tramas y no es necesaria una sincronización con fuente externa.

La norma UMTS ha determinado que en el móvil se separen los canales de información de usuario y de control.

Códigos. Para la transmisión de la señal en UMTS se utiliza doble codificación: cada bit se multiplica por el código ortogonal expansor o de canalización asignado al canal físico correspondiente a ese bit, la señal se

expande a 3840 kchip/s, esta señal, a su vez se multiplica a nivel de bit por un código SC (Scrambling Code), que ya no produce expansión. Los códigos SC no son ortogonales sino pseudo-aleatorios PN (Pseudo Noise).

Códigos ortogonales. Estos conservan la ortogonalidad entre los enlaces ascendentes y descendentes de diferentes velocidades y factores de expansión, el factor de expansión variable es OSVF. El número de códigos ortogonales es 512 para el enlace descendente y de 256 para ascendente.

Códigos de aleatorización. Los códigos SC-PN deben tener las siguientes propiedades:

- Buenas características de auto correlación.
- Mínima correlación cruzada.
- Alta cuasi – aleatoriedad.

Codificación de canal. Se especifica dos códigos de canal: el interno, para detección de errores CRC (control de redundancia cíclica), y el código externo para corrección de errores convolucionales y turbo códigos; estos códigos se aplican combinados con el entrelazado en tiempo real y se utiliza codificación FEC con corrección de errores en recepción.

Modulación. Se utiliza modulación QPSK en el enlace descendente con filtros de pre-modulación en coseno alzado RRC (Root Raised Cosine). La velocidad de los símbolos es el doble de la velocidad de los bits.

1.5.8 Potencia de RF.

En CDMA la cobertura y la capacidad dependen de la potencia que es un recurso limitado y que se debe administrar con eficiencia. Para ajustar la potencia de transmisión del canal físico PRACH se utiliza el control de potencia en bucle abierto OLPC (Open Loop Power Control).

El UE antes de iniciar el acceso mide la potencia de recepción del canal CPICH y el BCH difunde la interferencia en el nodo B, así mismo la relación señal / interferencia SIR requerida para el acceso con estos datos hace que el UE ajuste su potencia de emisión de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$P_{TX} = L_{trans} + SIR + I_B + k$$

Donde L_{trans} es la pérdida de transmisión y k una constante fijada por el operador. El OLPC estima la potencia del UE para la transmisión ascendente esto lo hace sobre la información de pérdida de transmisión en el DL, debido a la amplia separación en las frecuencias de UL y DL es probable que exista desvanecimiento selectivo en frecuencia, por lo que las pérdidas en el DL y en UL podrían ser diferentes y las transmisiones del UE llegarían al nodo B con potencia excesiva, lo que aumentaría la interferencia o con potencia insuficiente lo que ocasionaría una degradación en la calidad; sin embargo de esto los accesos iniciales utilizan control de potencia en bucle cerrado CLPC (Closed Loop Power Control) con el que se ajusta la potencia de emisión del UE para que en el nodo B la SIR sea la más próxima a su valor objetivo SIR_{target} .

El nodo B realiza las siguientes acciones: mide la potencia recibida del piloto DPCCH, donde se estima la potencia total de interferencia, con lo que se calcula la SIR de recepción, compara el valor con el objetivo SIR_{target} y si $SIR > SIR_{target}$, ordena una disminución de la potencia al UE (TCP down); si el $SIR < SIR_{target}$ ordena un aumento de potencia al UE (TCP up); el UE al recibir los bits TCO ajusta la potencia de transmisión de los canales DPCCH y DPDCH.

En función de la tasa de errores de bits (BER) y de tramas (FER) en el bucle externo (outer loop), se ajustan los valores de la SIR_{target} en cada conexión.

1.5.9 Estructura celular.

Se utiliza las mismas estructuras celulares que en GSM:

- Macrocélulas, áreas de cobertura no demasiado grandes que se limitan por la capacidad de la célula, generalmente omnidireccionales pero las hay también sectorizadas, misma frecuencia, solo se diferencian por el código.
- Microcélulas, antenas bajas, coberturas urbanas se distinguirán por sus códigos de aleatorización, trabajan en la segunda portadora.

- Picocélulas, trabajan en la tercera portadora, antenas interiores, coberturas específicas, aplicaciones para usuarios estáticos de movimiento lento y elevadas tasas binarias.

Sistemas de antenas. Adicional a las antenas omnidireccionales y sectorizadas se usan antenas inteligentes multihaz, con diagramas de configuración múltiples y configurables, que se dirigen a donde se encuentran los usuarios, así se evita la radiación a zonas vacías, y con ello se reduce la interferencia, traduciéndose en un aumento de la capacidad y calidad del enlace y mejor en la cobertura. Las antenas inteligentes son posibles debido a la implementación de procesadores digitales ASC (Application Specific Integrated Circuits) y el desarrollo de técnicas de tratamiento digital conexas.

Diversidad. En downlink se realiza la combinación de relación máxima MRC (Maximal Ratio Combining); en el caso de UL se realiza la selección en el RNC y para el traspaso perfeccionado SRHO (Softer Hand Over) entre células del mismo sector, también se emplea MRV en el propio Nodo B y se hace uso de la diversidad de espacio convencional en el UL con recepción en dos antenas de la misma célula, también se hace uso de la macrodiversidad asociada al SHO, donde la recepción se la realiza en dos antenas de células diferentes, de la diversidad en espacio en transmisión SSDT (Site Selection Diversity Transmit power control) y de la diversidad mixta de espacio y tiempo STTD (Space Time Transmit Diversity).

1.5.10 Descripción de los canales físicos.

A continuación se presenta los canales físicos de acuerdo a como se van utilizando desde que el usuario enciende su terminal hasta que recibe o realiza llamadas:

CANAL	DESCRIPCIÓN
Canal SCH de sincronización	Canal descendente que se usa para la búsqueda de célula y adquisición de la temporización de trama por parte de las estaciones móviles, consta de dos sub-canales el primario P-SCH y secundario S-SCH.
Canal piloto común CPICH	Canal fundamental del enlace descendente utilizado por los UE para la selección inicial de la célula, previo a la sincronización y recepción de señalización e información de usuario.

Canal común primario P-CCCH.	Este transporta el BCH con un formato de transporte fijo y predefinido, el UE puede encontrarlo con facilidad, una vez que se haya detectado el SC de la célula en el proceso de búsqueda inicial con el SCH.
Canal de acceso PRACH.	Canal físico común de acceso establecido en toda la célula para que los UE realicen por él sus peticiones de recursos o transmisión de paquetes cortos, utiliza el protocolo ALOHA ranurado (S-ALOHA).
Canal de acceso AICH.	En este canal se encuentran los indicadores de adquisición AI (Access Indicators), como consecuencia inicial de acceso del PRACH. Si un UE utiliza en su solicitud de acceso la signatura "s" la confirmación positiva a esa petición se realiza con el AI.
Canal común secundario S-CCPCH.	En este canal se transporta los canales FACH y PCH multiplexados en tiempo, usa control de potencia en bucle abierto y su SF es variable, de 4 a 256 lo que da lugar a diferentes formatos de intervalo; se han definido 18 formatos.
Canal físico común de paquetes PCPCH.	Canal ascendente para acceso en modo paquete, con operación similar al PRACH en estructura y temporización de los intervalos de acceso sin embargo hay tres tipos de preámbulos: el de acceso AP, el de detección de colisión y el de control de potencia.
Canal físicos ascendentes y descendentes DPDCH y DPCCH.	Existen dos tipos de canales físicos ascendentes dedicados, el UL-DPDCH y el UL-DPCCH que se transmiten multiplexados. El UL-DPDCH trasmite el canal de soporte DCH y por el UL-DPCCH envía la información de control generada en la capa1. En cada enlace radio puede haber cero, uno o hasta seis DPDCH, en cambio el DPCCH es único.
Canal descendente compartido PDSCH.	En este canal se transporta el DSCH, es asignado a nivel de trama a un único UE, lo que permite que en una trama UTRAN se pueda signar diferentes PDSCH a otros tantos UE mediante multiplexación temporal, lo que lo convierte en un canal de uso compartido, así también en una trama se puede establecer múltiples PDSCH en paralelo con el mismo SF para un solo UE.
Canal indicador de aviso PICH.	Este canal no se corresponde con ningún canal de transporte, es un canal unidireccional descendente por el que se difunden los indicadores de aviso PI (Page Indicators). La trama del PICH no tiene intervalos.
Canal indicador de aviso CSICH.	Este canal se usa para transportar información del estado del CPCH, funciona multiplexado con el AP-AICH al cual va asociado, transporta los indicadores de estado SI (Status Indicator) del canal CPCH.

Tabla 1.9 Descripción de los canales físicos.

1.5.11 Conexión y acceso a la red.

Las tareas que se deben ejecutar para que la UE se conecte con la red a través de la célula en la que haya registrado son:

- Seleccionar la portadora asignada al operador al que pertenezca el UE.
- Escucha del SCH de la portadora, adquisición de la temporización y extracción del código de aleatorización SC de la célula.
- Obtención de información difundida por el BCH sobre el sistema y la célula donde pretende acampar, a través del P-CCPCH.
- Estimación de la pérdida de propagación del trayecto descendente para ajustar la potencia de emisión a través del CPICH.

El proceso de sincronización descrito brevemente se realiza de la siguiente manera: la correlación con el código P-SCH la realiza el UE que es fijo y conocido, el UE recibirá señales de varios nodos B por lo que se presentaran varios picos en la señal de correlación, el selecciona los picos de mayor amplitud lo que le permite conocer donde empieza la temporización de los peores intervalos de la trama; el UE debe hacer correlaciones intervalo a intervalo con las 16 posibles códigos del SCG de cada intervalo y así determinar dónde empieza la trama, luego se debe obtener el código de aleatorización SC, una vez elegida la célula y conocido el SC el UE accede al P-CCPCH para extraer la información del sistema y de la célula y obtiene los valores de SFN (System Frame Number), número de trama y la referencia temporal para los demás canales, lo que completa la conexión inicial.

Para regular el acceso a la red desde las capas RRC y MAC el UE debe obtener la siguiente información:

- El código de aleatorización para el preámbulo de acceso AP y las SIG disponibles.
- La longitud del campo mensaje (10 o 20ms).
- El valor de AICH-Transmission-Timing para obtener el desplazamiento temporal entre preámbulos y los indicadores de adquisición AI, para que el UE sepa cuando le van a llegar.
- Según el valor de ASC se tendrá el número de subcanales disponibles.
- Máximo número e tentativas de acceso.

- Potencia inicial de transmisión del preámbulo.
- El formato de transporte, también para el mensaje.
- El ASC.

Una vez obtenida esa información el UE ejecuta para el acceso las siguientes operaciones: obtiene el número de AS disponible según el subcanal PRACH y el SFN, selección al azar de un subcanal y una SIG, y pone en cero (reset) el contador de retrasmisiones para determinar: la potencia de emisión del AP según el nivel de señal recibido por el CPICH, la transmisión del AP en un intervalo y con un SIG elegido al azar y potencia, así el UE pasa a leer el AICH y selecciona un AP con mayor potencia: cuando supera el número de tentativas establecido se envía un mensaje Nack-on-AICH a la capa MAC, si la respuesta al AP es negativa se envía un mensaje Nack-on al AICH-received, si la respuesta es positiva se espera un tiempo (offset), se ajusta la potencia y se transmite el mensaje; adicionalmente se envía a la capa MAC el mensaje RACH-msgtx; culminado el proceso de acceso se inicia el intercambio de datos para el registro del UE a la red, en caso de requerir llamadas en modo circuito el UE utiliza el PRACH, los recursos para constituir los canales dedicados DPDCH y DPCCH ascendente y descendente los recibe a través del FACH, para las llamadas recibidas el UE al escuchar que tiene un aviso por el PICH lee el S-CCPCH y se obtiene del PCH el contenido de aviso de llamada entrante.

1.5.12 Capacidad y cobertura UMTS.

Para realizar el cálculo de cobertura UMTS, se debe considerar al usuario con un terminal móvil, considerando las pérdidas debido al efecto del cuerpo, o las que se presentan cuando está situado al interior de un edificio, estas no se consideran si se trata de un terminal fijo, o si el usuario está en la calle donde no habría pérdidas por penetración. Generalmente para el cálculo de la distancia de cobertura se aplica la fórmula Hata-Cost 231, considerando una altura del terminal a 1,5m para frecuencias de enlaces ascendentes y descendentes; si los cálculos se realizan de manera correcta los enlaces deben estar bien balanceados, esto hace que la distancia de cobertura sea la misma en ambos sentidos de transmisión, y solo exista diferencia en la capacidad de transmisión.

1.5.13 Especificaciones de radio del equipo de usuario UE.

Las características de radio de los terminales de usuarios en UMTS se basan en la especificación técnica TS 25.101 de la 3GPP, allí se describen parámetros como potencia, sensibilidad y compatibilidad electromagnética necesarios para los cálculos de ingeniería de radio; se consideran entre otras las siguientes magnitudes: energía media por chip del DPCH; densidad espectral de potencia total; densidad espectral de potencia con un ancho de banda $W=3.840\text{kch/s}$, $(1+\alpha)W$, medidos en el conector de la antena del nodo B y en el conector de la antena del UE; y la energía media por chip del simulador de ruido de transmisión.

1.6 SISTEMA HSDPA, HSUPA.

1.6.1 Introducción.

En número de clientes WCDMA a nivel mundial estuvo alrededor de 17 millones a finales de 2004 y sobre los 50 millones en febrero de 2006, sin embargo, solo representan el 2% del total de abonados a nivel mundial. El negocio de las móviles se tornó en el desarrollo de terminales y aplicaciones más atractivas para los usuarios comunes. La capacidad de voz ofrecida es muy elevada debido a los nuevos mecanismos de control de interferencia.

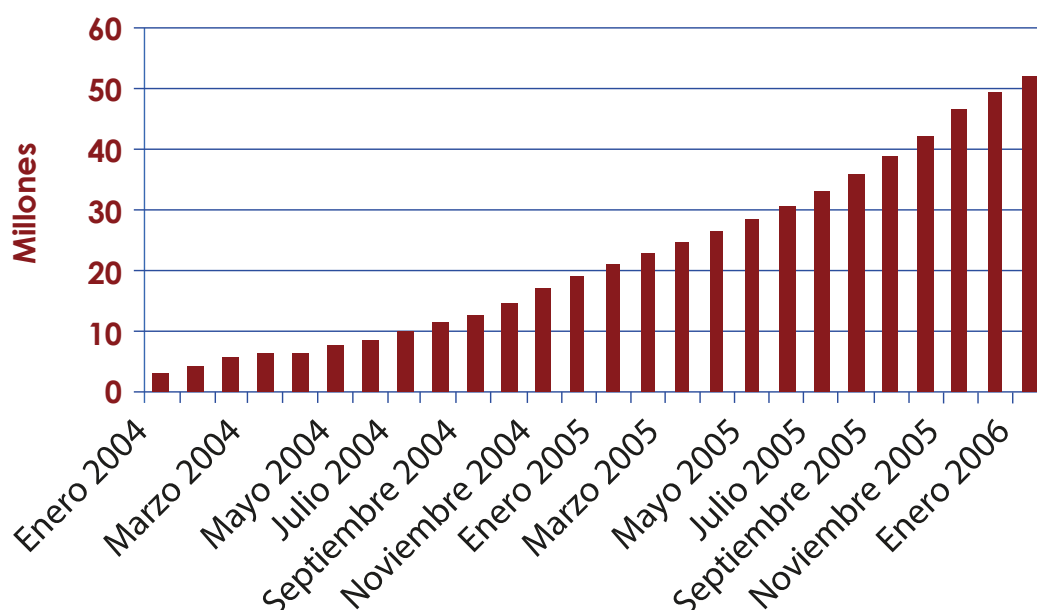


Gráfico 1.12 Crecimiento de suscriptores WCDMA mensual a nivel mundial 2004 - 2006

La capacidad de WCDMA en función del número de usuarios en el área de cobertura se ha incrementado como también la cantidad de minutos que se pueden ofrecer a los usuarios, esto se ha logrado mejorando la calidad con nuevos codecs, además de ofrecer alta eficiencia espectral y eficiencia en hardware disminuyendo el tamaño de las estaciones base significativamente. Los operadores de WCDMA pueden ofrecer servicios de datos, como navegación, video llamadas, noticias; WCDMA permite la transmisión simultánea de voz y datos, servicios de conectividad portátil a internet y de la intranet corporativa con tasas máximas de 384 kbps en ambos sentidos de transmisión.

1.6.2 HSPA Normalización y Despliegue.

HSDPA (High speed downlink packet Access) se basa en la Release 5 de la 3GPP, que se presentó en marzo de 2002; HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) forma parte de la Release 6 de la 3GPP, emitida en diciembre de 2004, a las dos tecnologías se las denomina HSPA (High Speed packet Access), comercialmente HSDPA estuvo en el mercado a finales de 2005 y HSUPA en el 2007.

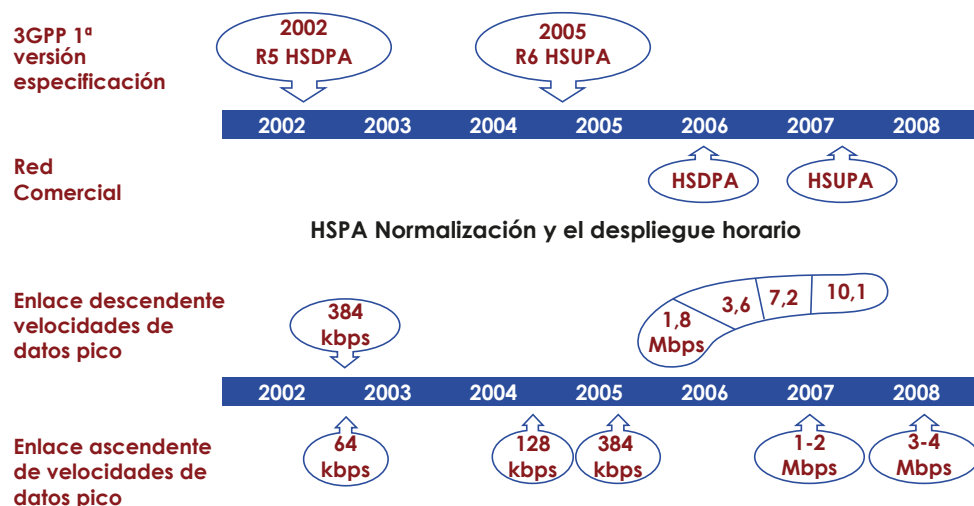


Gráfico 1.13 Evolución del tipo de datos en WCDMA y HSPA

En la figura anterior se puede observar el desarrollo de WCDMA cronológicamente; allí se indican velocidades iniciales para HSDPA de 1,8Mbps y que se incrementan a 3,6Mbps y 7,2Mbps en los años 2006 y 2007 hasta llegar más allá de los 10Mbps con la siguiente tecnología basada en

HSPA; para HSUPA la fase inicial esta de 1 a 2 Mbps, así mismo alcanzaría de 3 a 4 Mbps.

HSPA puede compartir todos los elementos de red en la central y radio con WCDMA, esto incluye la RNC (Radio Network Controller, la SGSN (Service GPRS Support Node) y el GGSN (Gateway GPRS Support Node), además comparten las estaciones base, y las antenas. Lo que se requiere para actualizar WCDMA a HSPA es un nuevo paquete de software y algunas piezas de hardware en las estaciones base y en el RNC, esto permite que la implementación de esta tecnología sea factible y fácil para las operadoras.

Evolución de la capacidad de radio HSPA. Las aplicaciones en HSPA depende del rendimiento del sistema, que incluyen la tasa de datos y la latencia de la red, hay aplicaciones que soportan velocidades bajas pero con un retardo pequeño VoIP y juegos en tiempo real por ejemplo; en otros casos el tiempo de descarga de un archivo de gran tamaño está en función de la velocidad máxima de transmisión y el retardo no influye, GPRS ofrece datos de 30 a 40 kbps con una latencia de 600ms, en la Release 99 y avanza a tasas de 3 a 4 veces más altas y reduce la latencia a 300ms; con EGPRS permiten un adecuado rendimiento a aplicaciones WAP (Wireless Application Protocol) de navegación y aplicaciones push to talk.

Las tasas de datos de HSPA están alrededor de 1-2 Mbps y pueden llegar a 3Mbps en buenas condiciones, también se reduce la latencia a 100ms, esencialmente HSPA es un acceso de banda ancha con movilidad integral y amplia cobertura.

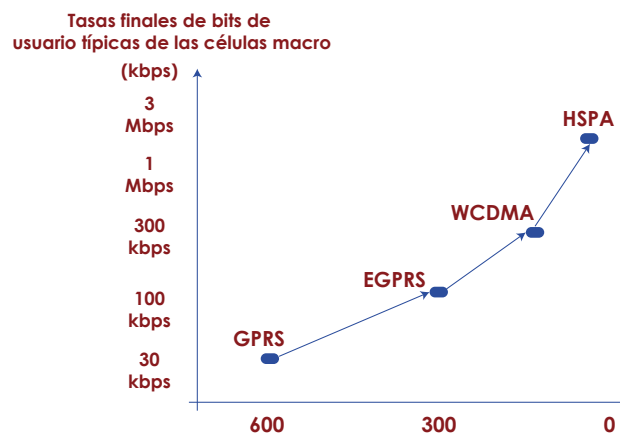


Gráfico 1.14 Evolución de la capacidad de Radif40

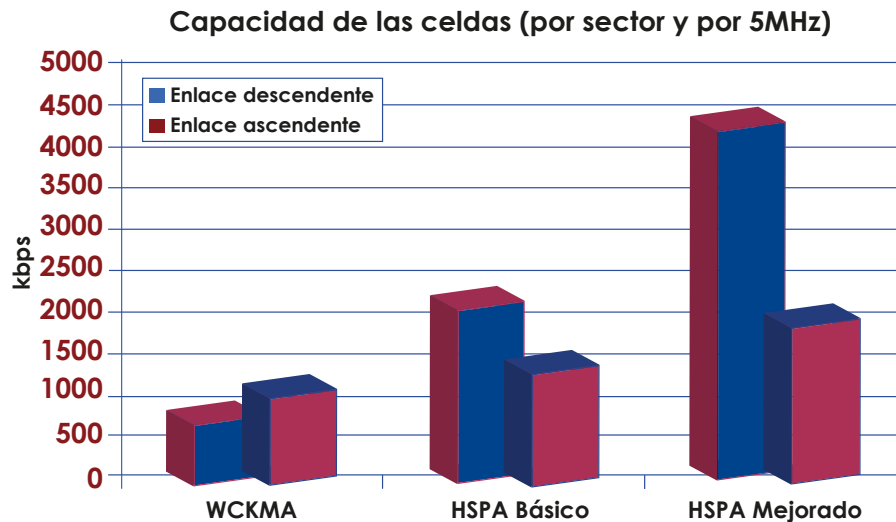


Gráfico 1.15 Evolución de la capacidad de HSPA

En la figuras se representa la evolución de las tecnologías en función de la capacidad y la latencia.

Al tener mayor capacidad en las células y mejor eficiencia espectral HSPA está obligada a proporcionar mayores velocidades de datos, en el caso de la próxima generación HSPA+ se incluye más de una antena típicamente, dos para la ecualización y cancelación de interferencia en la estación base.

Estándar HSPA.

GPP. El proyecto 3GPP, foro donde se definen los estándares de HSDPA y HSUPA, así como también se encargó del WCDMA, EDGE y GSM; en la mayor parte del mundo denomino a estas tecnologías como de tercera generación de comunicaciones móviles o 3G.

Futuro desarrollo de HSDPA y HSUPA. Mientras se entregaba las especificaciones de HSUPA, se produjeron desarrollos en HSDPA Release 6 como: especificaciones de mejora de rendimiento para terminales más avanzados, mejora en el rango de enlace ascendente, mejoras en el ámbito de la movilidad, tiempos de procesamiento más rápidos y señalización más corta.

En la Release 7 se ha definido la continuidad de paquetes de datos para los usuarios, con esto se logra reducir la sobrecarga en señalización que

produce el mantenimiento del enlace, no quiere decir que exista un flujo continuo de datos.

La implementación de MIMO; el principio de esta tecnología consiste en tener dos o más antenas de transmisión con lo que se puede tener diferentes flujos de información y dos o más antenas en la recepción para procesar y separar las sub señales transmitidas.

Otros desarrollos realizados tienen que ver con la reducción de conmutación de circuitos (CS) y conmutación de paquetes (PS), además de mejorar el retardo que existe en el establecimiento de las llamadas y de pasar del estado de reposo al estado activo.

La 3GPP ha iniciado el estudio de viabilidad sobre la red de acceso de radio terrestre UMTS (UTRAN) y su evolución a largo plazo LTE (Long Term Evolution) definiendo entre otros los siguientes objetivos: la latencia de la red debe ser inferior a 5ms con 5Mhz o más de ancho de banda, control de latencia de plano reducido, ancho de banda escalable hasta 20Mhz, velocidades máximas de descargas de hasta 100Mhz y de carga de hasta 50Mhz, mejora en la capacidad de 2 a 3 veces con respecto a la Release 6, mejora de las tasas de datos de usuario final en el borde de la celda.

Se ha logrado mejoras especialmente en la selección de acceso múltiple que se basan en la consecución de una sola portadora por división de frecuencia de acceso múltiple SC-FDMA para la transmisión del enlace y la multiplexación por división ortogonal de frecuencia OFDM en el enlace ascendente.

Otra evolución tiene que ver con la arquitectura de red en la que se necesitan menos nodos para el procesamiento del plano de usuario en comparación con las redes actuales y así logran latencias bajas.

Arquitectura y Protocolos HSPA.

Arquitectura de radio y gestión de recursos. La gestión de recursos de radio (RRM) implementada en HSDPA y HSUPA se basa en el control de programación del controlador de radio (RNC), mientras que en la estación base o Nodo B se implementó principalmente la funcionalidad de control

de potencia de bucle cerrado rápido. Debido a que la programación se ha movido a la BTS existe un cambio en la arquitectura SRNC RRM, en la que todavía se encuentra el control de traspasos y que sigue decidiendo el mapeo adecuado de los parámetros de calidad de servicio QoS.

A continuación se muestra una comparación entre las arquitecturas de red de la Release 99 y la Release 6.

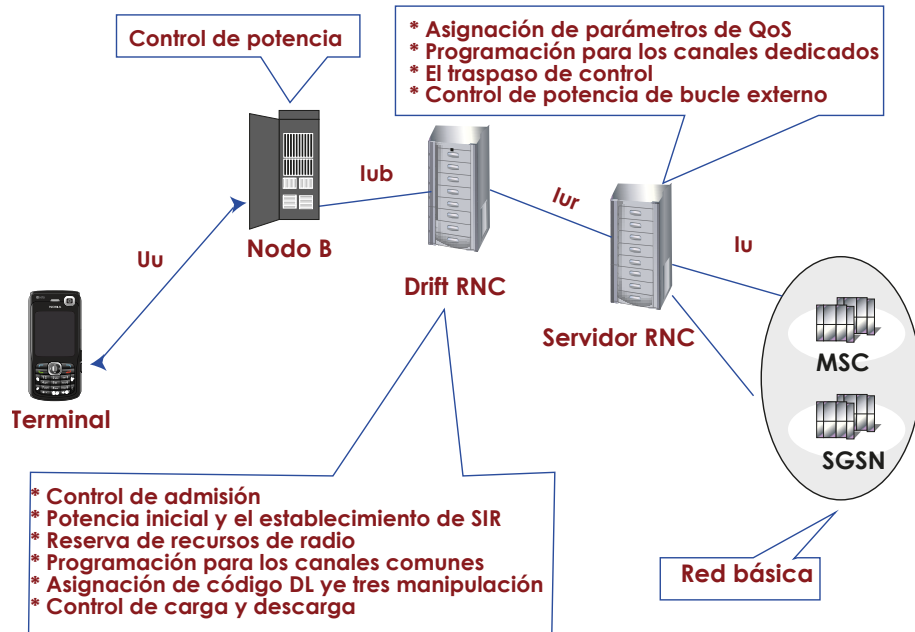


Gráfico 1.16 Release 99 arquitectura de gestión de recursos de radio 1

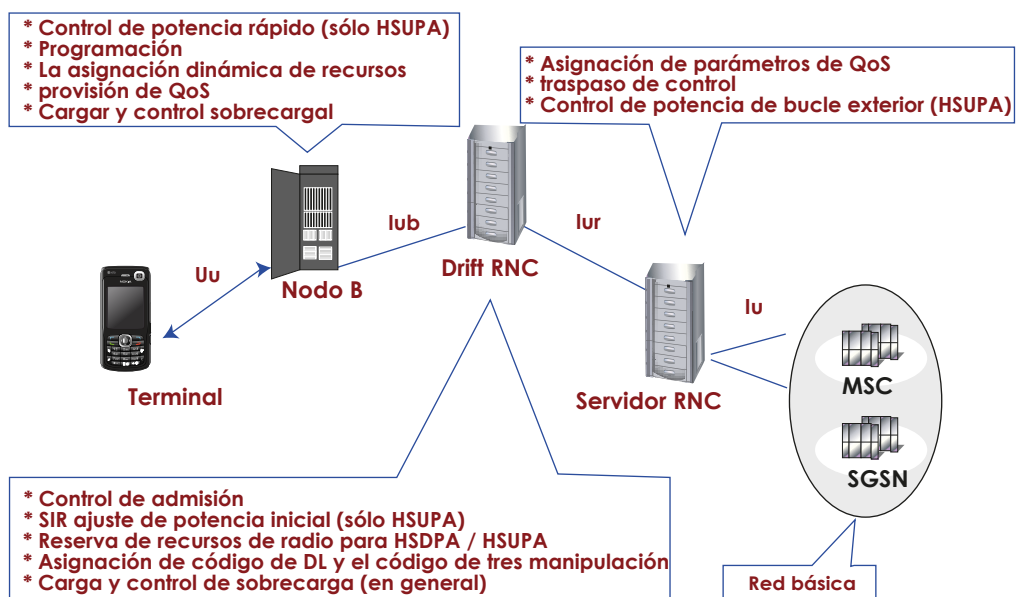
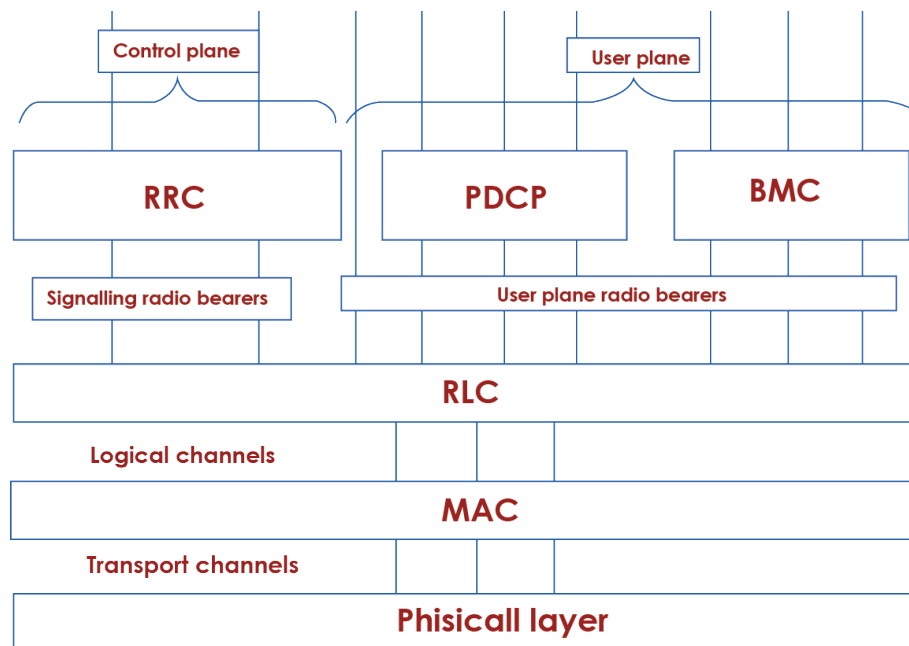


Gráfico 1,17 HSDPA y HSUPA RRM arquitectura en la versión 6

Arquitectura de protocolos de plano de usuario HSDPA y HSUPA. La funcionalidad básica de las diferentes capas de protocolos de HSDPA y HSUPA es similar a la arquitectura presentada por la Release 99. Las diferencias en la arquitectura se pueden definir en la capa de usuario, en el manejo de los datos de usuario y en el plano de control; en la capa RRC el plano de control gestiona la señalización relacionada con la configuración de los canales, la gestión de movilidad, etc, a continuación se muestra la arquitectura general de protocolos.

El protocolo de convergencia de datos por paquetes PDCP se encarga de la comprensión de la cabecera de hasta dos o tres veces el tamaño de la carga útil de los paquetes de voz. La RLC (Radio Link Control) se encarga de la segmentación de la distribución para usuarios y datos de tres modos diferentes: transparente, no reconocido y en modo reconocido. La capa de control de acceso al medio MAC que se encarga de la asignación entre los canales lógicos y las prioridades de manipulación y la selección del formato de transporte. Debido a que la programación se trasladó al nodo B se dispone de una nueva entidad MAC la Mac-es/s que se basa en la información de control de la RNC y la solicitud directa de capacidad del usuario UE al nodo B



Release 99 radio interface protocol architecture

Grafico 1.18 Arquitectura general de protocolos

Debido a que en HSUPA la retransmisión en la capa física ha ocasionado que los paquetes se transmitan fuera de orden, para reordenar estos paquetes se ha implementado la entidad MAC – esta se encarga de que en las capas superiores los paquetes se presenten en orden. De la misma manera que en HSDPA, la capa RLC en HSUPA está encargada de la retransmisión de paquetes si en la capa física no se han entregado correctamente después de que el número máximo de retransmisiones ha excedido o en relación con eventos de movilidad.

Impacto de HSDPA y HSUPA en las interfaces UTRAN. En términos de tasas de datos por la interfaz aérea, los impactos de HSDPA y HSUPA son bien conocidos, también se requiere atención a las interfaces entre la RNC y la estación base Iub ya que ahora hay una mayor tasa de datos en espera que con la Release 99.

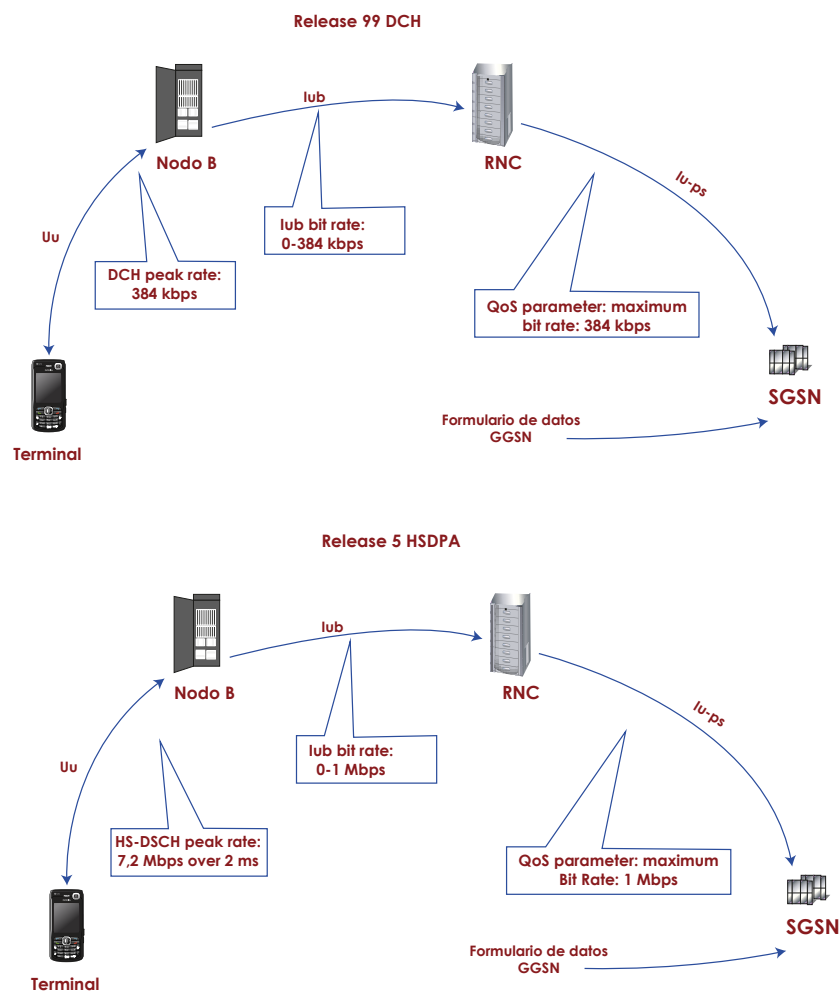


Gráfico 1.19 Ejemplo de HSDPA y Release 99 velocidades de datos en diferentes interfaces.

En la figura se presenta una comparación entre las interfaces utilizadas en la Release 99 y las de HSPA, en el caso de Release 99 la capacidad de transmisión era de 384 kbps por la interfaz lu-ps entre otras, en HSDPA la interfaz se denota como Uu que puede soportar tasas de datos de hasta 14,4Mbps, esto sin embargo no significa la misma velocidad de datos que se utiliza en la interfaz lub y lub-ps para ese usuario en particular desde el punto de vista de un usuario único ya que los recursos de tiempo radio y código son compartidos con otros usuarios por lo tanto la velocidad media de bits es inferior, además de que las tasas máximas de 10Mbps requieren condiciones de radio muy favorables por lo que es poco probable que los usuarios puedan obtener esas velocidades, por lo tanto el promedio de tráfico por la interfaz lub es menor a la tasa pico soportada.

El uso de la memoria intermedia en la estación base permite tener una máxima tasa de conexión entre el terminal y la BTS, mientras que se mantiene la tasa de bits máxima sobre la lub y la lu-PS de acuerdo a los parámetros de QoS recibidos desde el paquete del núcleo.

En el caso de los elementos de red y el terminal en si, el uso de HSDPA y HSUPA causará un gran cantidad de cambios especialmente en la capa física así como en las capas MAC y RLC, también hay cambios en los eventos de movilidad ya que se comparten los recursos lub dinámicamente entre todos y el aumento de la velocidad de datos de 384 kbps a 10Mbps o 14Mbps teóricamente.

Los cambios principales para los terminales en HSDPA están relacionados con la adición de funcionalidades de programación y distribución en la BTS y especialmente la capacidad necesaria para combinar la funcionalidad de los canales.

En HSUPA las nuevas funcionalidades están relacionadas con la manipulación del flujo de datos en el enlace ascendente así como nuevos canales de señalización para HSUPA en enlace descendente.

Un usuario con buenas condiciones de radio obtendrá mejor asignación de lub y los datos se trasladarán más rápido desde el punto de vista de radio, por otro lado cuando la memoria intermedia de la BTS empieza a llenarse

debido a malas condiciones de radio, el control de flujo se reducirá y la tasa de transmisión sería menor.

1.6.3 Principios de HSDPA.

HSDPA versus Release 99 DCH. En Release 99 existen tres métodos diferentes para la operación de los paquetes de enlace descendente de datos: el DCH canal de acceso directo, el FACH y el canal compartido de enlace descendente DSCH, el que ha sido reemplazado con el DSCH de alta velocidad de HSDPA.

El canal FACH cuando configura una conexión y durante las transferencias de estado utiliza volúmenes de datos pequeños, este lleva la señalización cuando el terminal se ha desplazado, para el FACH no hay control de potencia rápido ni traspaso suave.

El DCH es una parte clave en el sistema tanto para la Release 99 como para HSDPA, si el servicio es solo de paquetes de datos entonces el portador de señalización de radio SRB se envía por el DCH, en el caso de conmutación de circuitos de manera paralela a los datos PS el servicio siempre se ejecuta por el DCH, en la Release 6 la señalización también puede realizarse sin el DCH ya que se ofrece una alternativa mejorada el E-DCH, esto con la aparición de HSUPA.

La operación fundamental de HSDPA se basa en la utilización de adaptación de enlace, programación rápida y retransmisión de la capa física, estos métodos mejoran el rendimiento del enlace de datos descendente. HSDPA no es compatible con funciones de control de potencia rápida DCH y traspaso suave (soft handover).

Tecnologías clave en HSDPA. Se han implementado nuevos canales para la operación de HSDPA; para los usuarios de datos de alta velocidad, el canal compartido de enlace descendente HS-DSCH y el canal físico correspondiente. Para la señalización asociada existen dos canales: el canal de control compartido de alta velocidad HS-DSCH para el enlace descendente y el canal físico dedicado HS-SCCH para el enlace ascendente.

La operación de HSDPA se muestra en el siguiente gráfico de forma general, donde el nodo B calcula la calidad del canal de cada usuario HSDPA sobre la base de la retroalimentación recibida de la capa física en el enlace ascendente, la programación y adaptación del algoritmo se lleva a cabo a continuación en función de la configuración y el esquema de asignación de usuarios.

Otra característica importante de esta tecnología es la retransmisión desde la capa física, con HSDPA los paquetes son recibidos en la memoria intermedia de la BTS.

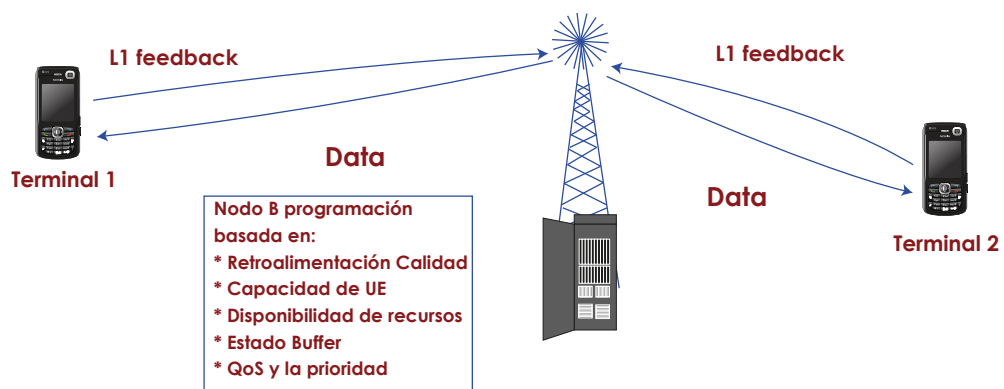


Gráfico 1.20 HSDPA Nodo B principio de programación

La estación base mantiene el paquete en la memoria intermedia, incluso si esta ya ha sido enviada al usuario, para que en caso de falla en la decodificación de paquetes se produzca la retransmisión desde la estación base sin la participación de la RNC.

Alta velocidad de descarga de canal compartido. HS-DSCH es el canal de transporte que lleva los datos de usuario reales en HSDPA, en la capa física se le asigna alta velocidad de canal compartido en enlace descendente. Una propiedad importante de HS-DSCH es su naturaleza dinámica en la asignación de recursos en un tiempo de 2ms, no hay transmisión discontinua DTX a nivel de ranura como con la DCH.

Con el canal HS-PDSCH cuando no existen datos a transmitir, no hay transmisión en absoluto para ese usuario y ese recurso se asigna a otro usuario.

Codificación HS-DSCH. HS-DSCH utiliza turbo codificación, ya que esta supera la codificación convolucional, caso contrario se obtendrían velocidades de datos muy bajas, como solo hay un canal de transporte activo a la vez son necesarios un menor número de pasos en multiplexado y demultiplexado, un problema adicional se presenta en el manejo de 16 QAM y el número de bits transportados por el canal físico incluso cuando los códigos usados permanecen fijos. Para 16 QAM se mapea los bits en función de los números de transmisión, esto ayuda en 16 QAM ya que todos los símbolos no tienen la misma probabilidad de error en la constelación.

Modulación HS-DSCH. Mientras que el DCH solo utiliza modulación QPSK, el HS-DSCH puede utilizar modulación 16 QAM; al tener en su constelación de 6 puntos en lugar de 4, ahora pueden ser transportados 4 bits en lugar de 2 bits por símbolo como en el caso de QPSK. Si bien el CPICH ofrece la información de fase directamente, existe la necesidad de calcular la diferencia de potencia entre el nivel de potencia del CPICH y el HS-DSCH, esto hace que en la estación base también se producen cambios en la energía durante la transmisión.

Control del canal compartido de alta velocidad. EL HS-SCCH tiene dos slots de offset comparado con el HS-DSCH, esto deja a ese canal llevar a un tiempo crítico la información de la señalización, lo que le permite al terminal demodular los códigos de forma correcta. Sobre el HS-SCCH no hay pilotos o control de potencia por lo que la referencia de fase siempre es la misma; el HS-SCCH está dividido en dos partes: la primera lleva la información necesaria para permitir la difusión de los códigos correctos, además de contener la información de modulación, la segunda parte contiene información menos importante como el proceso ARQ que se está transmitiendo, la indicación de que si la información que se está enviando es nueva o pertenece a un paquete anterior, la información sobre la versión de redundancia y de la constelación así como el tamaño del bloque de transporte también pasan en esta segunda parte.

La sincronización entre el HS-SCCH y el HS-DSCH permite al terminal un intervalo de tiempo para determinar el tipo de codificación de la modulación de la propagación.

El principio de funcionamiento de HSDPA utiliza el tiempo de multiplexación, por lo que se puede configurar un solo HS-SCCH, cuando se necesita disponer de más de una multiplexación de código envía más de un HS-SCCH, los terminales pueden aceptar máximo cuatro HS-SCCHs, pero el sistema puede configurar más, generalmente no se utilizan más de cuatro códigos.

La velocidad de transmisión de los datos disponible para cada usuario dependerá tanto de la asignación de potencia, como del medio de propagación y el terminal del usuario.

La codificación de canal es la tercera codificación convolucional, la turbo codificación no tiene sentido con cantidades pequeñas de información, en la segunda parte se realiza la comprobación de redundancia cíclica CRC para verificar la integridad de la información.

Control del canal físico de alta velocidad. El enlace físico ascendente de HSDPA necesita realimentarse de la información desde el terminal hacia la estación base para permitir la adaptación del enlace, la señalización la provee un canal de código paralelo, dejando la operación DCH sin cambios lo que permite un traspaso suave.

La información de realimentación del enlace ascendente la realiza el canal HS-DPCCH, la retroalimentación de HARQ informa a la estación base si el paquete se ha decodificado correctamente, la información del canal CQI realiza el conteo del planificador de la estación base y la velocidad de datos que el terminal espera recibir en un periodo de tiempo específico.

DPCH Fraccional. En la Release 6, se logró una mayor optimización debido a que solo los servicios de paquetes están activos en el enlace descendente que no sea el SRB; con tasas de datos más bajas se consideró que el enlace descendente DCH introduce demasiada sobrecarga y puede consumir mucho espacio de código si busca un gran número de usuarios de datos de baja velocidad como voz sobre IP. La solución fue utilizar en estos casos un F-DPCH, que es básicamente una versión reducida de DPCH que maneja el control de potencia.

El recurso de código tiempo compartido permite a varios usuarios compartir el mismo código con la información del control de potencia, cada usuario solo ve el canal que tiene un símbolo por ranura de alimentación de control de transmisión TCP y asume que no hay transmisión en el resto de símbolos, con varios usuarios la red se configura para que cada usuario tenga el mismo código en tiempos diferentes así los usuarios pueden transmitir con una única fuente de código.

El uso de la diversidad de bucle cerrado se basa en la modificación específica de fase de usuario.

La calidad del enlace celular es crítica ya que los SRB se asignan a la HS-DSCH utilizando el F-DPCH, el enlace ascendente se modifica para que el F-DPCH pueda detectarse de manera fiable a partir de la porción HS-DSCH celular, así el fallo de enlace de radio se detecta en el terminal sólo desde el F-DPCH de la porción HS-DSCH.

Adaptación de enlace HS-DSCH. Los enlaces se adaptan dinámicamente ya que operan con granularidad en 2ms con el HS-DSCH, el MAC-hs en la BTS también se dedicará cada 2ms a la codificación, y a la combinación de la modulación a transmitir, estos se basan en la capa de enlace físico CQI proporcionada por el terminal.

Mediante la adaptación de potencia la red también se beneficiará respecto a la limitación dinámica del control de potencia en el enlace descendente. Para evitar el problema “near-far” (cerca lejos) la potencia del enlace descendente dinámica de control es mucho más limitada.

El nivel de potencia de los usuarios que están cerca de la estación base es mayor que la necesaria para la detección fiable de la señal. La adaptación de enlace toma ese margen extra de tal manera que la energía símbolo requerida corresponde más exactamente a la potencia de símbolos disponibles.

En el siguiente gráfico se puede ver la adaptación del enlace en función de la relación señal interferencia (C/I), esta se basa en la información CQI que

además toma en cuenta otros aspectos como la potencia de la señal, y modulación QPSK a 16 QAM.

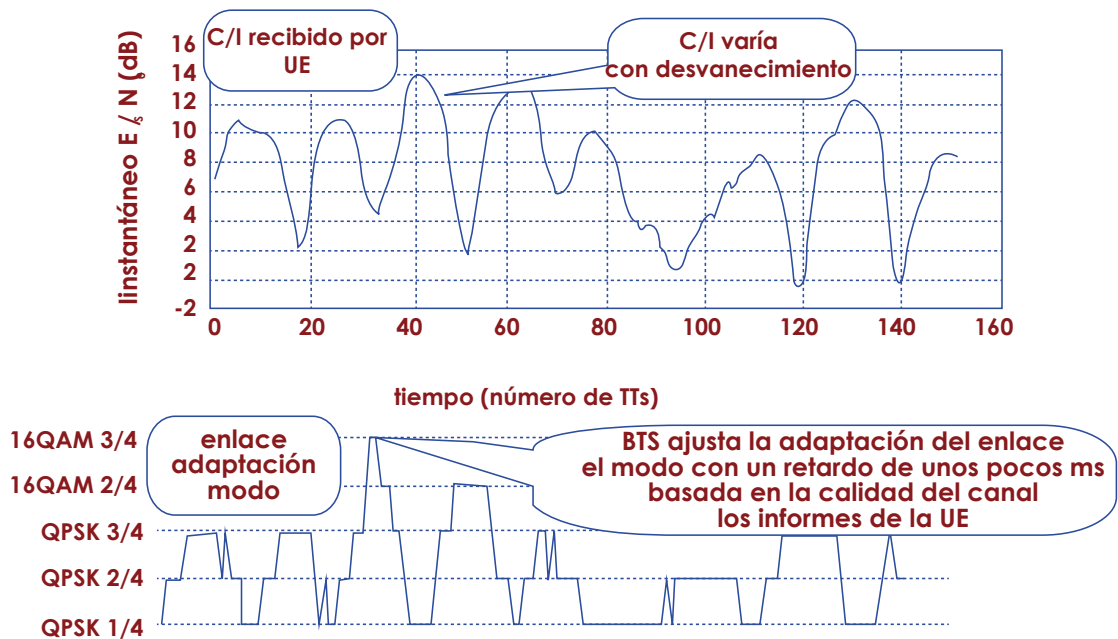


Gráfico 1.21 Enlace Adaptación

1.6.4 Procedimiento de operación de la capa física de HSDPA.

La operación de la capa física HSDPA sigue los siguientes pasos, esto una vez que uno o más usuarios se han configurado usando el HS-DSCH y los datos comienzan a llegar a la memoria intermedia en el nodo B.

El planificador en el nodo B evalúa cada 2ms a los usuarios: los datos en la memoria intermedia, la condición del canal, estado del buffer, el tiempo desde la última transmisión, las retransmisiones pendientes y así sucesivamente.

Una vez que el terminal ha sido escogido por un determinado TTI el nodo B identifica las HS-DSCH necesarias que incluyen los parámetros, el número de códigos la usabilidad de 16QAM y las limitaciones de capacidades del terminal.

El nodo B empieza a transmitir los HS-SCCH dos slots antes del correspondiente TTI, la selección es libre suponiendo que no hay datos para el terminal en el

anterior HS-DSCCH, cuando hay datos anteriores se sigue usando el mismo HSDSCH.

El terminal monitoriza en la red un conjunto específico de canales de máximo cuatro SCCH dados, una vez que el terminal ha decodificado la parte 1 de un HS-SCCH destinado a ese terminal empieza a decodificar las partes restantes del mismo HS-SCCH y a generar los códigos necesarios desde el HS-DSCH.

Luego de la decodificación del HS-SCCH el terminal determina a que proceso ARQ pertenecen los datos y si tienen que ser almacenados en la memoria intermedia de la BTS.

En la Release 6 se envía un ACK /NACK si la función está configurada para ser utilizada por la red. Luego de la decodificación de los datos potencialmente combinados el terminal envía en la dirección ascendente un ACK / NACK, esto en función del resultado del CRC.

Si la red sigue enviando datos para el mismo terminal consecutivamente el terminal se quedará en el mismo HS-SCCH que utilizó la anterior TTI.

La operación HSDPA es síncrona en función de la respuesta de los terminales para un paquete transmitido en el enlace descendente, sin embargo desde el lado de la red es asíncrona cuando un paquete o una retransmisión se envían.

1.6.5 Movilidad.

En HSDPA la principal característica es que no existe transferencia suave, para el HS-DSCH, por lo que se necesita que el terminal sea capaz de soportar seis celdas en el conjunto activo DCH.

Cuando ocurre un cambio en el servicio HS-DSCH el terminal vacía las memorias intermedias al momento de la entrega y pasa a escuchar a una nueva estación base.

El traspaso de celda (handover) tiene lugar en el nodo B, allí también se descargan los paquetes todavía en sus buffers incluyendo los procesos HARQ que no se han terminado.

La Release 6 específica para el traspaso a redes GSM, soporte para traspaso de paquetes, lo que permite reducir el tiempo de interrupción de la entrega a un nivel similar al alcanzado por la Release 99 basada en llamadas de voz donde el usuario final en una red sintonizada correctamente no detecta el cambio de sistema.

1.6.6 Mediciones en la BTS para la operación HSDPA

Hay tres mediciones nuevas en la BTS especificadas en la Release 5 que facilitan la recepción de la información necesaria para el funcionamiento de HSDPA en el RNC:

La potencia Non-HSDPA que muestra la potencia que se utiliza para todos los otros canales de HSDPA (HS-DSCH y HS-SCCH). En la Release 6 esta medida cubre todos los canales de enlace descendente que se utilizan en HSDPA o HSUPA.

El planificador proporciona una medida de la velocidad de bits, esta medida da información sobre la velocidad media de datos por cada enlace en un periodo de medición.

Una medida común en 3GPP es la definición de la potencia requerida para el HS-DSCH que da la información acerca de la potencia estimada por cada prioridad requerida para cumplir con el valor de velocidad garantizada.

1.6.7 Capacidad de los Terminales.

Los terminales pueden indicar 12 categorías diferentes y dependiendo de estas se admiten las tasas máximas descendentes que varían entre 0,9 y 14,4 Mbps, la más alta capacidad se la obtiene con la categoría 10, esta tasa se la puede lograr con turbocoding y "significant puncturing", que resulta de una tasa de código cercana a 1, es decir casi sin codificación.

Además de las categorías físicas existen otros parámetros importantes para la operación HSDPA, el tamaño de la memoria intermedia de reordenación RLC que determina la longitud de la ventana de los datos en la tubería y así garantiza la entrega en secuencia de los datos a las capas superiores en el terminal.

1.6.8 L1 y el Rendimiento RLC.

La velocidad de la capa física de datos depende de los siguientes parámetros: el número de códigos en uso; modulación; tasa de codificación eficaz.

El programador de la BTS puede asignar los tipos de datos para un único usuario y así obtener una conexión continua de alta velocidad de bits o a varios usuarios cuando el usuario promedio de velocidad de datos se divide entre el número de usuarios que comparten los recursos; los datos de velocidad no son típicamente extremo a extremo.

1.6.9 Parámetros lub.

La operación HSDPA necesita un gran número de parámetros que tiene que ser alineados entre el terminal y el nodo B. Estos parámetros pueden dividirse en las siguientes categorías: para la asignación de recursos de nodo B; programador de parámetros; y terminal de parámetros específicos.

El nodo B tiene que conocer la capacidad del terminal (códigos soportados y modulación). El programador de control permite controlar la calidad de servicio QoS en el nodo B, se pueden utilizar diferentes indicaciones prioritarias de programación por usuario y por servicio.

1.6.10 Funcionamiento de la capa MAC en HSDPA.

La capa MAC en HSDPA tiene las siguientes funciones principales: la programación en la BTS y la manipulación del proceso HARQ entre el terminal y la BTS.

En el terminal también se tienen algunos parámetros de la capa MAC, como el reordenar la liberación del paquete, ya que es necesario evitar el estancamiento del proceso, si un paquete no se ha entregado con éxito debido a la operación de la capa física.

Los datos enviados en el HS-DSCH también tienen cabecera MAC. La PDU de MAC-hs que se compone de encabezado y la carga útil, la carga útil consta de una o más unidades MAC-hs de servicio de datos.

En la capa MAC se puede multiplexar diferentes servicios juntos en un único canal de transporte. Esto requiere que ambos servicios tengan similares características de QoS, ya que no es posible separarlas para que el programador BTS las maneje de forma diferente.

Hay dos canales lógicos relevantes para el funcionamiento del HSDPA, estos se asignan en la capa MAC para transportar canales, el de tráfico dedicado DTCH que transporta los datos de usuario y el DCCH que transporta la información de control.

1.7 Principios de HSUPA.

Ahora se estudiara el acceso a paquetes de alta velocidad del enlace descendente de acuerdo a las especificaciones de la Release 6 para HSUPA, a continuación se presentaran las tecnologías clave, los canales, los procedimientos necesarios para implementar HSUPA, el acceso al medio de control MAC y la capa de gestión de movilidad.

1.7.1 Tecnologías clave de HSUPA.

La característica del sistema HSUPA definida por la 3Gpp es la aparición de un nuevo canal de transporte ascendente E-DCH, con características similares a las de HS-DSCH, sin embargo a diferencia de HSDPA – HSUPA no es un canal compartido, por la estructura del E-DCH es más como el DCH de la Release 99 con programación rápida y HARQ, cada UE tiene su propio canal dedicado E-DCH que es la ruta de los datos hacia el nodo B.

A diferencia de HSDPA, HSUPA no es compatible con la modulación adaptativa ya que no es compatible con cualquier esquema de modulación de orden superior, por lo que requiere más energía bit a transmitir.

En el enlace ascendente las tasas de datos son lo suficientemente altas como para requerir que todo el UE transmita energía incluso estando cerca del nodo B estas están disponibles con modulación BPSK y transmisión multicódigo.

1.7.2 Programación para HSUPA.

Los recursos de potencia de transmisión del enlace ascendente de una célula se distribuyen uniformemente a los usuarios, es decir cada UE tiene su propio transmisor y solo puede transmitir datos desde ese UE en particular, así que en el enlace ascendente los recursos de potencia de la célula de transmisión no se puede dar a un UE en un momento y a otro UE en otro momento por lo que los usuarios tienen su propio recurso de potencia del transmisor que no puede ser compartido.

La programación HSUPA no tiene que ver con HSDPA más bien es similar a la programación DCH.

Si suponemos que todos los UEs quieren transmitir al mismo tiempo con una alta tasa de datos el planificador tiene muy poco que ver en enlace ascendente, su tarea es admitir nuevos usuarios y degradar las asignaciones de los usuarios anteriores, diferente a lo que sucede en HSDPA. Con HSUPA el planificador está mucho más cerca de la interfaz radio, tiene más información instantánea sobre la interferencia del enlace ascendente y puede controlar las tasas de datos de ese enlace de manera más rápida.

1.7.3 Canales de transporte y canales físicos E-DCH

Como se ha visto el nuevo canal de transporte de enlace ascendente, E-DCH soporta funciones mejoradas a las de los canales de transporte de enlace ascendente de la Release 99.

El canal de transporte E-DCH es similar al DCH con dos excepciones, no puede haber un solo E-DCH para el UE ya que pueden haber múltiples DCH paralelos que se multiplexan juntos en un solo canal de transporte compuesto codificado CCTrCH, del tipo DCH; sin embargo la capa MAC puede multiplexar múltiples servicios paralelos a la única E-DCH, otra diferencia significativa es la de soporte HARQ para el E-DCH que está prevista en la cadena de transporte y procesamiento de canal lo cual es algo nuevo.

En el enlace descendente tres canales físicos se introdujeron para proporcionar información HARQ y facilitar la programación de enlace

ascendente: el E-DCH HARQ, cuya funcionalidad es transformar los bloques de transporte proporcionados por la capa MAC a los bits transmitidos en los canales físicos; el E-RGCH y el E-AGCH.

1.7.4 Procedimientos de la capa física.

El procedimiento de operación de la capa física de HSUPA tiene menos elementos en comparación con HSDPA, una de las razones principales es que a más de las funciones en materia de control terminal de transmisión se encuentra en las especificaciones MAC. Los procedimientos de la capa física abarcan la manipulación de la señalización de la capa física de la operación del nodo B y HSUPA en modo comprimido. Además, el procedimiento de operación HARQ está cubierto en diferentes partes de las especificaciones y descripciones de los diferentes canales y secciones diferentes de tiempo.

HARQ. El principio fundamental de operación del HARQ en HSUPA tiene muchas similitudes con HSDPA en cuanto a la retrasmisión de combinación, ahora como la dirección de enlace es diferente, la memoria intermedia suave se mantiene en el nodo B en lugar de en el terminal; el terminal mantienen los datos sin confirmación de recepción y la retrasmisión de la capa MAC si se proporciona un NACK desde el nodo B en el conjunto activo E-DCH.

La diferencia fundamental en el procedimiento de operación es la naturaleza sincrónica del proceso HARQ en HSUPA. No hay necesidad de configurar el número de procesos HARQ, lo que facilita la operación de esa aplicación en el Nodo B en términos de procesamiento que tiene que cumplirse en todos los casos.

HARQ y Soft Handover. La operación HARQ se realiza utilizando reglas similares a las del control de potencia del enlace ascendente, en HSUPA todos los nodos B en el conjunto activo están implicados, si una única parte del nodo B del conjunto activo envía un ACK, la información dada a la capa MAC es un ACK que se considera como una transmisión exitosa y pasa al siguiente paquete.

Mediciones con HSUPA Si bien no directamente HSDPA introduce nuevas mediciones de los terminales en la capa física que deben ser reportados a la red, con HSUPA se añade una nueva medición que se refiere al margen de alimentación del terminal. El margen de potencia de transmisión UPH se define como la relación de la potencia de transmisión máxima UE y la potencia de código DPCCH. UPH indica los recursos disponibles de energía, define en qué medida el terminal puede incrementar la velocidad de datos, si el valor del UPH es bajo el terminal está en estado de energía limitado, si ese valor es alto se puede incrementar la velocidad de los datos.

En el nodo B las mediciones de HSDPA pueden ser usados para HSUPA, la RTWP (Received total wideband power) incluye el impacto de todas las transmisiones de la red en el receptor del nodo B.

1.7.5 La Capa MAC

El plano de usuario MAC HSUPA tiene más funcionalidades que en las especificaciones de HSDPA, esto debido a que el control de la programación se lleva a cabo en la estación base, esta programación actualmente la controla la transmisión de datos de enlace ascendente del E-DCH. La capa MAC en HSUPA se divide en RNC y BTS, la MAC-e maneja las tareas de los demás sistemas y las MAC-es en el RNC garantiza la entrega en la secuencia a la capa RLC dentro de la RNC

Cuando el canal lógico E-DCH es asignado para utilizar HSUPA no hay necesidad de usar la cabecera de MAC-d por lo tanto esta no es parte del flujo de datos, la cabecera MAC-es tiene el número de secuencia de transmisión necesaria TSN que permite la reordenación en el RNC. La cabecera MAC-e tiene un indicador de descripción de datos DDI que identifica el canal lógico así como la información de la MAC-d su flujo y tamaño.

1.7.6 Programación HSUPA.

La programación de HSUPA funciona mediante el ajuste de las limitaciones del proceso del UE de selección E-TFC. El parámetro básico del nodo B que ajusta la programación es el factor de ganancia máximo que se puede usar

para el E-DPDCH de transmisión. Como el control de potencia rápido mantiene el nivel de potencia recibida DPCCH bastante constante, esta se ajusta al máximo permitido.

La programación se facilita mediante tres canales físicos E-AGCH y E-RGCH en el enlace descendente y un bit libre E-DPCCH en el enlace ascendente. La capa MAC define las reglas para establecer el bit libre transmitido en la E-DPCCH.

1.7.7 Parámetro lub

Similar a la HSDPA, HSUPA necesita también un gran número de parámetros que se alinean entre el terminal y el nodo B, en base a algoritmos específicos de los proveedores en la RNC y de la capacidad del terminal, estos parámetros pueden dividirse en: parámetros para la asignación de recursos del nodo B para indicar los códigos que esta disponibles para la E-HICH / E-AGCH / E-RGCH; parámetros para controlar el comportamiento del planificador como indicador de programación de prioridad, la tasa de datos máxima, el valor máximo RTWP o tasa de bits garantizada, y los parámetros específicos como la capacidad de la terminal, límite de "puncturing", la palabra de código en el HICH E-AGCH / terminal E-RGCH que está escuchando.

Hay pocos parámetros que se envían desde el nodo B hacia el RNC que se refieren a la capacidad de HSUPA, el nodo B puede responder a un mensaje de auditoria.

1.7.8 Movilidad.

HSUPA puede operar en modo soft handover, sin embargo pueden ser diferentes conjuntos activos en uso como en el caso de la Release 99, donde la motivación es asegurar que el control de potencia del enlace ascendente se maneja de tal manera que el problema cerca lejos no podría ocurrir, por lo tanto el tamaño del conjunto activo se define en la Release 6, las especificaciones de 3GPP requieren que el terminal maneje menos células, máximo cuatro para el funcionamiento e HSUPA.

La posibilidad de que surjan diferentes conjuntos activos se da en los siguientes casos: si el conjunto activo contiene las estaciones base que no tienen capacidad de HSUPA, entonces al menos el DPCCH se recibe por todas las estaciones base en conjunto activo DCH.

El cambio en el servicio de E-DCH celular está basado en los mismos criterios que los que utiliza HSDPA para el mismo. Desde el punto de vista de la capacidad, todos los dispositivos con capacidad HSUPA son necesarios para HSDPA.

El modo comprimido en HSUPA depende de la longitud de la TTI, con un TI de 2 ms la solución es simple ya que como en el enlace ascendente de E-DPDCH no se transmite en absoluto si se superpone el modo comprimido total o parcialmente con el TTI, la solución es la misma que con HSDPA.

Con un TTI de 10ms el comportamiento del terminal depende de casos como: si la transmisión inicial experimenta un modo comprimido brecha (GAP TX) la retransmisión envía el mismo número de ranuras en el TTI.

Si se produce un GAP Tx para la retransmisión entonces solo algunas ranuras disponibles se utilizarán, la funcionalidad de adaptación de la velocidad se asume para la difusión del factor de selección y el mismo número de ranuras como en la transmisión inicial, pero únicamente se transmitirá tantas ranuras como las que estén disponibles en la estructura.

La operación se simplifica con la definición de que la retransmisión siempre asumirá el mismo número de ranuras de adaptación de velocidad y del factor de difusión de selección. De igual manera que en HSDPA el uso del modo comprimido en E-DPDCH puede ser evitado.

1.7.9 Capacidades y velocidades de datos.

Se escogió el mismo método para determinar las capacidades en HSUPA y en HSDPA, el terminal informa a la red de una de las seis categorías posibles, las principales diferencias entre las categorías están relacionadas con la capacidad del terminal multicódigo y de apoyo de un TTI de 2ms.

En todas las categorías se puede llevar a cabo la transmisión multicódigo, la máxima capacidad de enlace ascendente DCH cuando se configura simultáneamente con HSUPA es 64 kbps para todas las categorías de UE.

Hay un impacto similar en la tasa de bits por encima de la capa física debido a la sobrecarga en la MAC y las capas RLC, como en el caso de HSDPA por lo tanto las tasas de datos por encima de la capa RLC se reducen en comparación con las tasas máximas de datos de la capa física.

1.7.10 HSDPA Tasas de Bits, Capacidad y Cobertura.

Los factores generales de rendimiento, desde HSDPA depende en gran medida de los parámetros de despliegue, el servicio, y la rentabilidad varían significativamente de una hipótesis a otra. Algunas condiciones esenciales para el rendimiento HSDPA se refieren a los algoritmos de red HSDPA como el paquete de MAC-hs planificador, la adaptación del enlace HS-DSCH, el control de potencia de transmisión de HS-DSCH y la asignación de recursos HSDPA, el escenario de implementación, los niveles de interferencia tales como la pérdida de propagación, las zonas libres de dominancia, las pautas de movilidad y la propagación multitrayecto, la capacidad de rendimiento del receptor UE, pico de velocidad de datos, número de alta velocidad física del canal compartido de enlace descendente HS-PDSCH, el número de antenas de transmisión y recepción, y los algoritmos de banda base del receptor, la calidad de servicio QoS de tráfico mezcla de la Release 99 del canal dedicado DCH y el de tráfico de HSDPA adecuado, número de usuarios activos y sus correspondientes requisitos de QoS.

1.7.11 Indicadores esenciales de rendimiento.

Las características fundamentales de HSDPA son: AMC (Adaptive Modulation and Coding); HS-PDSCHs (Multicode Trasmision), y L1 rápido HARQ (Automatic Repeat Request), con estos dominios diferentes para la adaptación, la medida del rendimiento HSDPA es ligeramente diferente a la tradicionalmente usada para la Release 99 DCH, en esa especificación se usa E_b / N_0 para medir la energía bit por usuario respecto al ruido, esta energía corresponde a cierta tasa de error de bloque BLER únicamente para un determinada velocidad de datos donde el parámetro de

adaptación solo es la ganancia de difusión. Sin embargo la E_b / N_0 métrica no es una medida eficiente para HSDPA ya que la velocidad de bits en HS-DSCH varía en cada intervalo de tiempo de transmisión TTI usando diferentes esquemas de modulación, tasas efectivas de código y un número de códigos HSPDSCH. Por lo tanto, definir el promedio HS-DSCH relación señal interferencia (SINR) como la relación de banda estrecha después de la difusión de la HS-PDSCH.

El promedio de HS-DSCH SINR para un receptor Rake se puede expresar como:

$$SINR = SF_{16} \frac{P_{HS-DSCH}}{(1 - \alpha) \cdot P_{own} + P_{other} + P_{noise}}$$

Donde SF_{16} es el factor de HS-PDSCH de difusión 16, $P_{HS-DSCH}$ es la potencia recibida de la HS-DSCH sumando todos códigos activos HS-PDSCH, P_{own} es la interferencia recibida en la célula, P_{other} es la interferencia recibida en las otras células y el P_{noise} es la potencia de ruido recibida. El HS-DSCH SINR es la métrica esencial para la planificación y dimensionamiento de la red HSDPA, otro parámetro de uso común es la relación de banda ancha del ruido de la propia célula a otra célula más la interferencia del usuario.

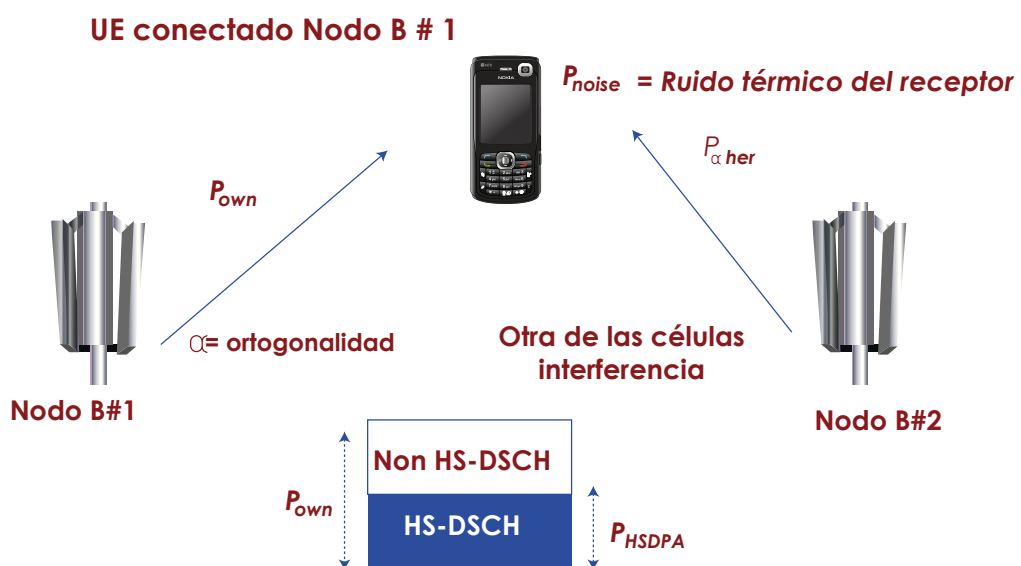


Gráfico 1.22 Factores de rendimiento HSDPA

1.8 Rendimiento de un usuario individual.

1.8.1 Modulación básica y rendimiento de codificación.

HSDPA proporciona modulación adaptativa y la codificación para ajustar la velocidad de datos a la calidad del canal disponible. Para maximizar la cobertura y robustez en cuadratura QPSK se utiliza la turbo codificación y un único código de HS-PDSCH. Cuando las condiciones del canal mejoran, la energía puede ser dividida en varios HS-PDSCHs para asegurar el punto SINR de funcionamiento más eficaz para cada código. Para condiciones de SINR muy alta se emplea 16 QAM y con condiciones más bajas QPSK, lo analizado representa la modulación y codificación sin esquemas de retrasmisión y sin adaptación de enlace.

1.8.2 Rendimiento del HS-DSCH.

A continuación se presenta el rendimiento que incluye adaptación del enlace y los esquemas de retrasmisión, el rendimiento HS-DSCH está en función de la relación portadora interferencia C/I , que es la potencia recibida de HS-DSCH dividida por el ruido y la interferencia sin des escalonamiento.

La tasa datos de HS-DSCH se compara con la capacidad teórica de Shannon para un ancho de banda de 3,84 Mhz, únicamente existe un aproximado de 2dB de diferencia entre el límite de Shannon y el rendimiento simulado de HS-DSCH, esto debido a las limitaciones del decodificador e inexactitudes en la estimación de la recepción.

Las diferencias en la adaptación del enlace se compensan en parte por el uso del HARQ y la combinación suave, ya que la energía de las transmisiones erróneas ayuda a mejorar la probabilidad de las retrasmisiones de decodificación correctamente. HSDPA soporta redundancia incremental que proporciona una ganancia adicional sobre la combinación de persecución cuando la tasa de código efectiva de la primera transmisión excede $1/3$. La adaptación típica del nivel de enlace de destino es del 10% del BLER después de la primera transmisión.

1.8.3 Rendimiento del HS-SCCH.

El rendimiento de la probabilidad de error de HS-SCCH debe ser bajo ya que el HS-DSCH solo puede ser decodificado por el UE. El HS-SCCH SINR es la SINR efectiva después de la difusión del HS-SCCH incluyendo el factor de ortogonalidad y la ganancia de procesamiento de 128.

1.8.4 Rendimiento del HS-DPCCH de subida

El HS-DPCCH de enlace ascendente es de energía relativa controlada para el DPCCH del enlace ascendente en cada intervalo del slot. La relación de potencia entre el DPCCH y el HS-DPCCH está dada por los parámetros D_{ack} , D_{Nack} , D_{CQI} , que son fijados por el controlador de red de radio RNC a través del RRC de señalización al UE.

1.9 Rendimiento del sistema multi usuario.

1.9.1 Ganancia de diversidad multiusuario.

La ganancia de diversidad multiusuario proviene de programar a los usuarios cuando experimentan SINR relativamente buena, evitando al mismo tiempo la programación de los usuarios que experimentan desvanecimientos profundos, la ganancia de diversidad multiusuario está sólo disponible a velocidades moderadas UE donde el programador de paquetes es capaz de seguir las variaciones rápidas de desvanecimiento del canal radio. A altas velocidades ya no puede seguir las variaciones del canal informes de MCC de radio de los UE, el aumento de la diversidad multiusuario es marginal. La misma observación se aplica para los usuarios estacionarios donde el canal es constante. El planificador proporcional equitativo puede proporcionar una ganancia menor a 0 km/h, esto debido a las variaciones de interferencia. La ganancia de diversidad multiusuario de un canal radio también depende del número de usuarios HSDPA simultáneos en la célula. Una ganancia se puede lograr con dos usuarios en paralelo, la ganancia de diversidad multiusuario sólo aumenta marginalmente cuando el número de usuarios es mayor a cinco.

1.9.2 Tasas de datos de usuario.

El rendimiento HSDPA experimentado por un usuario depende del número de usuarios asignados por célula HSDPA que comparten el HS-DSCH común. La función de distribución acumulativa del rendimiento HSDPA experimentado por el usuario se muestra en el siguiente gráfico, suponiendo 7W de asignación de potencia y cinco códigos HS-PDSCH, mientras que la energía restante se utiliza para la transmisión de los canales de la Release 99. Como es de esperar el rendimiento HSDPA disminuye a medida que más usuarios se asignan por celda. La disminución en el rendimiento por usuario HSDPA no es inversamente proporcional al número de usuarios asignados a ella, esto se debe a que la ganancia de diversidad multiusuario aumenta con más usuarios, los usuarios que experimentan altas tasas de datos están típicamente cerca de la porción HS-DSCH celular, mientras que usuarios servidos con velocidades inferiores generalmente están en el borde de la celda.

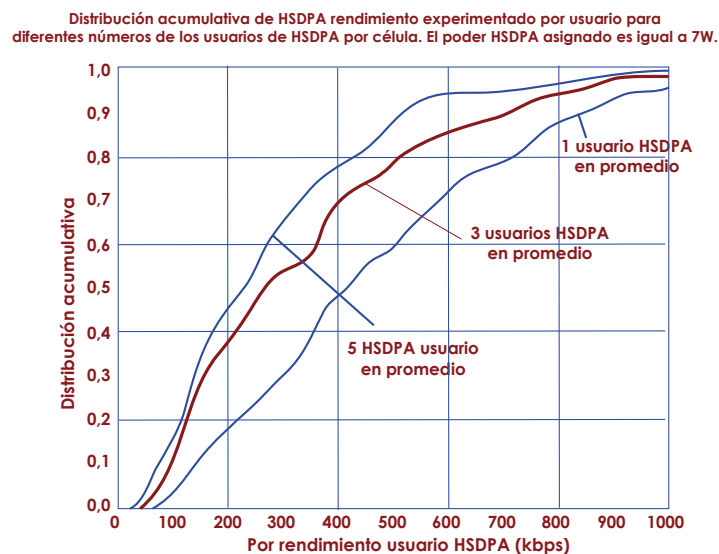


Gráfico 1.23 Factores de rendimiento HSDPA

1.9.3 Perfil multitrayecto.

Un perfil de retardo es representativo en macro células donde las antenas del nodo B están montadas por encima del nivel de la azotea, sin embargo los usuarios situados cerca del nodo B pueden experimentar un perfil de retardo con menos dispersión temporal, en el caso de los peatones la UIT

define un perfil de retardo de potencia que se utiliza normalmente para micro células donde la antena del nodo B está por debajo del tejado plano. El peatón tiene una menor dispersión temporal y por lo tanto también mejora el factor de ortogonalidad del enlace descendente.

1.9.4 Topología celular.

La topología celular tiene impacto en el rendimiento HSDPA, la configuración micro celular se caracteriza por el aislamiento mayor entre células vecinas que se traduce en menor interferencia entre células así como menor propagación multi trayecto por lo que el promedio de rendimiento celular HSDPA aumentará de 2.2Mbps para macrocélulas a 4.8Mbps para microcélulas, la modulación 16 QAM permite el mayor rendimiento HSDPA.

1.9.5 Cobertura interior.

Las simulaciones realizadas generalmente utilizan un modelo urbano macro celular, asumiendo que los usuarios se encuentran en la calle al aire libre, esto debido a la suposición de que pocos usuarios se encuentran en interiores, en la práctica para asumir esta situación se han repetido las simulaciones con una pérdida adicional de - 20dB.

1.9.6 Capacidad de transmisión en tiempo real HSDPA.

Hasta ahora se ha presentado resultados de rendimiento para el tráfico de menor esfuerzo, sin limitaciones estrictas de QoS, a continuación se presentan resultados de velocidad de bits constante de streaming con búfer de reproducción de 5 seg. Velocidades de transmisión de 128 kbps son simuladas mediante el control de enlace de radio RLC, las nuevas secuencias de llamadas se generan de acuerdo con un proceso de Poisson homogéneo con una duración de llamada de 40 seg, la funcionalidad de play – out del buffer en el usuario es explícitamente simulada, una vez que la cantidad de datos almacenados en el buffer llega a 640 kilobits en el play – out buffer de reproducción, se inicia el play – out de 128 kbps, por lo tanto con una velocidad de bits de 128 kbps el tiempo mínimo de buffering inicial es igual a 5 seg. Un usuario satisfecho se define como un usuario con un

tiempo de almacenamiento en buffer inicial de menos de 8 segundos sin experimentar eventos de re almacenamiento en el buffer, un usuario insatisfecho es aquel en el que el tiempo de buffer inicial es mayor a 8 segundos, o experimenta re-buffering de eventos.

Por último los usuarios sujetos a los tiempos iniciales de buffering o re-buffering mayores a 10 segundos se descartan, teniendo en cuenta los requisitos para streaming con velocidades constantes de bits, la calidad basada en el control de admisión HSDPA, puede ser necesaria si hay muchos usuarios de streaming que entran en la célula.

1.9.7 Eficiencia en la transmisión lub.

Uno de los gastos operacionales significativos para muchos operadores de WCDMA es la transmisión lub entre RNC y el nodo B especialmente las usadas en los enlaces E1/T1, en la actualidad la mayoría de los operadores utilizan un modo de transferencia asíncrono ATM de transmisión en el lub, conociendo así mismo que el protocolo de internet IP basado en la transmisión también es compatible con las especificaciones 3GPP, la eficiencia del lub mejorado para HSDPA proviene de los siguientes factores:

Un rápido intercambio dinámico del ancho de banda HSDPA lub distribuido entre los usuarios activos de HSDPA, en el caso de la Release 99 el ancho de banda lub suele asignarse por separado para cada usuario lo que no le permite compartir dinámicamente el exceso de capacidad durante los periodos de baja capacidad; el buffer de datos en el nodo B significa que la transmisión con altas tasas de datos pico en la interface aire se puede soportar sin necesidad de mayor ancho de banda similares a lub; HSDPA no necesita transferencia blanda, por lo que los datos transmitidos a un usuario HSDPA solo se envían una vez más desde una solo lub, en el caso de la Release 99 que utiliza transferencia suave donde se requiere múltiples enlaces lub.

1.9.8 Capacidad y costo de la entrega de datos.

La capacidad de datos depende de un número de suposiciones en adición a los modelos de tráfico, cual es la hora de mayor ocupación, como se

distribuye el tráfico durante el día, en el caso de la voz el tráfico tiende a ser relativamente constante durante el día, en los datos se depende de las aplicaciones utilizadas, que podrían ser ráfagas, especialmente si HSDPA se utiliza para acceso inalámbrico fijo en hogares, se supone una ocupación del 20% del tráfico diario. La ocupación de la hora pico del 80% no se puede lograr en la práctica en todas las células, ya que la red debe estar diseñada para proporcionar una cobertura también en aquellas áreas donde la densidad de tráfico no es elevada.

1.9.9 Tiempo de ida y vuelta (Round Trip).

Desde el punto de las aplicaciones la máxima velocidad de datos que se utiliza típicamente para los sistemas de radio no es una medida suficiente por si sola para describir el rendimiento. La velocidad de datos pura es relevante si tenemos en cuenta el tiempo de descarga de un archivo grande, para otro tipo de aplicaciones velocidades bajas son suficientes pero requieren una latencia muy baja, estas aplicaciones incluyen voz sobre IP push to talk y juegos en tiempo real.

La latencia puede ser medida como el tiempo de ida y vuelta RTT, que se define como el tiempo que necesita un paquete IP para ir desde el terminal a través de todos los elementos de la red al servidor de aplicaciones y regresar. Si el tamaño del paquete es pequeño la velocidad de datos no afecta el retraso, pero la demora se define entonces en las estructuras de trama del sistema y por el procesamiento de los elementos de la interfaz y los retrasos, el RTT se define gráficamente en la siguiente figura:



Gráfico 1.24 Definición del tiempo de ida y vuelta (RTT)

1.10 Evolución del rendimiento HSDPA.

1.10.1 Usuarios UE avanzados.

Los receptores UEs avanzados son capaces de obtener una SINR superior, lo que resulta en mayores tasas de bits de usuario y capacidades de células, nuevos UEs automáticamente reportan mayores valores CQI por lo que el planificador del nodo B asignara automáticamente las tasas de bits; se han considerado tres tipos de UEs: un receptor rake con diversidad (Tipo I Release 6); un receptor de un solo ecualizador (tipo II Release 6); y un receptor con ecualizador con diversidad de receptor (tipo III Release 7).

1.10.2 Antena de diversidad de transmisión en el nodo B.

Tanto en lazo abierto como en lazo cerrado una antena doble transmitirá esquemas de diversidad compatibles con HSDPA, sin embargo en el esquema de lazo abierto, el espacio de tiempo de transmisión de diversidad STTD, no proporciona ningún beneficio adicional para HSDPA con velocidades bajas y moderadas del UE; el STTD proporciona una ganancia de capacidad de 10% a 20% cuando una ventana round robin se aplica, y cuando los usuarios se están moviendo demasiado rápido para que el planificador proporcional equitativo para rastrear canales de radio de desvanecimiento rápido. La diversidad de lazo abierto proporciona una mayor ganancia, en la de bucle cerrado no se puede aplicar con DPCH fraccional, pero se requiere utilizar un DCH asociado.

1.10.3 Nodo B beamforming (modelado de haz de antenas).

Suponiendo una dispersión azimutal baja en el conjunto de antenas del nodo B se puede tener una mayor capacidad en entornos macrocelulares, se logra un aumento de alrededor del 150% mediante la formación de una red de haces fijos con una red de antenas que constan de cuatro elementos, una de las ventajas de la conformación de haces es que se pueden introducir múltiples códigos de aleatorización en el nodo B mediante la asignación de diferentes códigos para diferentes haces, esto permite incrementar el espacio de código sin poner en peligro la ortogonalidad del enlace descendente, como observación final cabe

destacar que la formación de haz también ayuda a mejorar el rendimiento del enlace ascendente.

1.10.4 MIMO Múltiple entrada múltiple salida

En el caso de múltiples antenas de transmisión y recepción estas forman un escenario denominado MIMO multiple input, multiple output, que se puede utilizar para crear canales virtuales ortogonales paralelos de información desde el nodo B al UE de manera que la velocidad de datos puede aumentar aún más. Los canales virtuales de información paralelos se obtienen mediante el uso de algoritmos de procesamiento de señales para ajustar adaptativamente los pesos de la antena utilizando en el transmisor y en el receptor una función de respuesta al impulso del canal radio entre los diferentes puertos de la antena.

En principio las velocidades de datos pico MIMO pueden aumentar un factor L en el caso de una antena de transmisión y una de recepción, sin embargo la creación de canales paralelos L requiere una SINR relativamente alta desde la matriz del canal de radio $N \times M$.

En la práctica 2x2 MIMO en escenarios macro celulares típicamente solo ofrece un canal dominante virtual con una SINR alta.

En conclusión la Release 99 proporciona en la práctica 384 kbps como máxima velocidad de datos en el enlace descendente, mientras que HSDPA lleva esta tasa de datos pico inicialmente a 1,8 y 3,6 Mbps y se prevé llegar a 10Mbps. Las simulaciones y mediciones muestran que el rendimiento del enlace HSDPA es robusto debido a las retransmisiones rápidas L1, a la redundancia incremental y a la adaptación del enlace. Otra característica es que HSDPA reduce la latencia de la red en comparación con la Release 99.

1.11 Características HSUPA.

1.11.1 Tasas de Bits, capacidad y Cobertura en HSUPA.

A continuación se presenta un breve resumen de los principales factores de rendimiento HSUPA, incluyendo las tasas de bits, la capacidad y la cobertura.

1.11.2 Factores generales de rendimiento.

Estos dependen del escenario seleccionado, de los parámetros de despliegue y servicio, así como de HSDPA, por ello muchos de los parámetros son similares a los explicados en HSDPA a continuación se describen brevemente.

Algoritmos de red, específicos para HSPA como el planificador del nodo B, basado en paquetes, la asignación de recursos y el algoritmo de cambio de celda en servicio.

Equipo de usuario de capacidad del transmisor UE, máxima velocidad de bits y máximo de potencia de transmisión.

El receptor de rendimiento y capacidad en el Nodo B, número de antenas de recepción, tipo de receptor y los márgenes de aplicación.

Tráfico, una mezcla del canal dedicado DCH y el tráfico HSUPA adecuado, tipo de tráfico como streaming versus mensajería y número de usuarios activos.

1.11.3 Rendimiento de un usuario.

Para la descripción de rendimiento se realiza el estudio del canal E-DCH; a nivel de enlace se usan los llamados canales de referencia fijos FRC, FRC que son un conjunto de configuraciones del canal E-DCH definidos en 3GPP.

Para cada FCR existe un par de relaciones de potencia sugeridas entre el mayor canal de datos físicos dedicado E-DPDCH y el DPCCH. Las relaciones de potencia son los llamados "factores beta", que se define como la media

de los canales de los trayectos múltiples. Estos factores beta se han diseñado para la recepción de diversidad de antenas.

La fiabilidad del canal de control E-DPCCH debe ser alta, para un adecuado rendimiento de decodificación de E-DPDCH, si este se pierde o ha recibido una palabra de código incorrecta, los buffers HARQ pueden dañarse fácilmente por una inadecuada combinación suave. Dado que el E-DPCCH no lleva codificación CRC, esta se basa en un enfoque de umbral de detección para canalizar la energía necesaria, el umbral se define como la tasa de falsas alarmas, que se refieren al caso en que no hay datos transmitidos por el UE.

1.11.4 Capacidad celular.

Se considera la injerencia limitada de la capacidad de la célula, el aumento de la capacidad de HSUPA se obtiene principalmente mediante L1, HARQ y la programación del nodo B.

HARQ. Los avanzados sistemas de retransmisión de capa física que emplean una combinación de ganancia suave, redundancia incremental y bajo retardo de retransmisión son algunos de los rasgos centrales de HSUPA. La introducción de sistemas L1 HARQ tienen dos ventajas principales: las retransmisiones son más rápidas en el L1, y la utilización de una combinación suave de retransmisiones.

Las retransmisiones causan menos demoras y variaciones de retardo con esquemas de retransmisión controlados, L1 localizado en el nodo B, que son esquemas de retransmisión basados en L2 este último situado en el RNC, retransmisiones rápidas permiten tener mayor probabilidad de retransmisión manteniendo el rendimiento del usuario, esto conduce a una disminución de la requerida E_b / N_0 y por lo tanto un aumento en la eficiencia espectral, combinando técnicas de combinación de percusión CC y de redundancia incremental IR se puede mejorar aún más el rendimiento del nodo B.

Para una energía dada recibida por la relación bit a ruido, la redundancia incremental proporciona una frecuencia de HARQ más bajo que en el caso de no tenerlo. La ganancia de redundancia incremental HARQ depende

del punto de operación del sistema cuanto mayor sea el E_b / N_0 , menor es la BLEP objetivo en la primera transmisión y a la ganancia de HARQ.

Para una energía dada recibida por la relación bit a ruido, la redundancia incremental proporciona un marco inferior, siguiendo la definición de transmisión de la celda, la eficiencia espectral del enlace ascendente es inversamente proporcional a la E_b / N_0 efectiva. El punto de funcionamiento óptimo depende típicamente de la propagación y el escenario de la movilidad así como de si se utiliza o no las técnicas de combinación.

La redundancia incremental puede ser despegada con éxito para aumentar aún más la eficiencia espectral de enlace ascendente, aunque la ganancia de HARQ es realmente apreciable únicamente para valores de FER superiores al 50%. Sin embargo el precio a pagar es un aumento en el retardo de transmisión, la tasa de reducción de datos de usuario así como la mayor potencia de procesamiento en la estación base debido a retransmisiones múltiples. Suponiendo una región de la operación más realista para la transmisión en BLEP primero entre 20% y 30% la ganancia de transmisión de la celda L1 HARQ es aproximadamente 15% a 20%.

1.11.5 Programación del nodo B.

La programación del nodo B se basa en la señalización de control L1 la cual puede funcionar mucho más rápido que la programación basada en RNC, con L3 de control de señalización se puede proporcionar al sistema dos ventajas principales: un control más estrictos de la potencia total recibida del enlace ascendente se puede lograr con una programación rápida de paquetes en el nodo B, esto permite una adaptación más rápida a las variaciones de interferencia; el nodo B permite la programación de rápida reasignación de recursos de radio entre los usuarios. Para reducir los retrasos, el algoritmo de programación del nodo B se basa en la utilización de los recursos de radio asignados y no requiere la señalización explícita de una petición de capacidad desde el UE al nodo B.

Con los dos RNC y el nodo B de programación, en el nodo B se supone se desplegaran una diversidad de antenas con procesamiento de señales recibidas Rake.

En la siguiente figura se ilustra el estado de un usuario respecto a la generación y transmisión de paquetes de datos, el cual puede dividirse en tres fases principales:

La primera fase de la llamada de paquetes, donde los datos de usuario se generan en la memoria intermedia de usuario RLC; en la segunda fase los datos se transmiten en base a la ocupación del buffer y la velocidad de datos signada por el programador de paquetes; y finalmente durante la tercera fase se considera el "tiempo de lectura", en esta fase no hay transmisión de datos debido a que el buffer se vacía durante el tiempo de lectura.

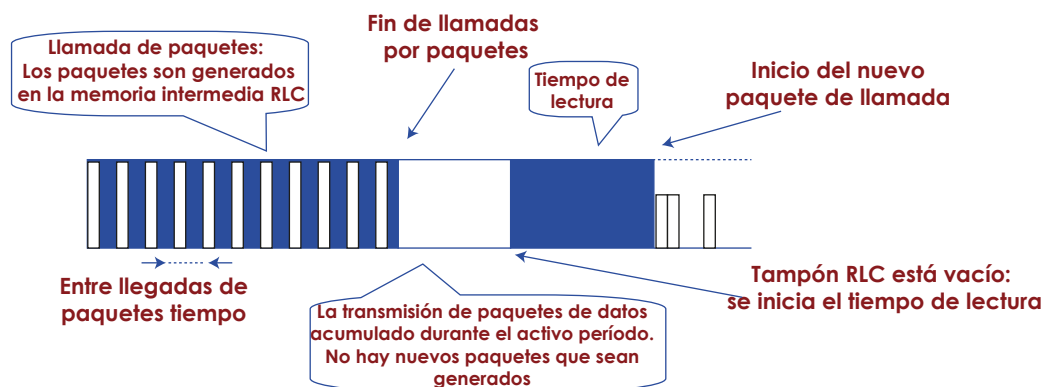


Gráfico 1.25 Modelo de tráfico de origen y la función de bucle cerrado

El promedio de velocidad de datos durante las llamadas de paquetes es 250 kbps. El rendimiento del algoritmo de planificación del nodo B se compara con la RNC de la Release 99 y es compatible con la aplicación programador de paquetes. El sistema se supone opera con la primera transmisión BLEP igual al 10%. La idea es comparar dos escenarios de programación la operación del canal físico con la misma probabilidad de error, concentrándose así en la eficiencia del algoritmo de asignación de recursos.

El impacto de la programación rápida del nodo B sobre el rendimiento del sistema se puede ver en el aumento de las distribuciones de ruido de la RNC

y el nodo B de programación, ambas distribuciones tienen un corte de aumento de ruido del 5% que es igual a -6dB , es decir la probabilidad de que se supere una subida de 6 dB es del 5%. La programación rápida de paquetes del nodo B permite que el sistema pueda controlar más eficientemente la potencia total recibida en el enlace ascendente el margen de potencia requerido para evitar que el sistema entre en una región de carga no deseada se reduce, el promedio de carga del enlace ascendente para satisfacer el aumento de ruido se puede aumentar y por consiguiente el rendimiento de la celda mejora.

1.11.6 Mejoras de rendimiento HSUPA.

Los tipos de enlace ascendente y los datos espectrales de eficiencia se pueden mejorar con soluciones de antena y de banda base, antenas adicionales y la formación de arreglos de antenas pueden funcionar de dos modos distintos: el modo de diversidad y el modo de formación de haz. Las técnicas de diversidad deben confiar en la independencia estadística entre los elementos de la antena para reducir la probabilidad de desvanecimientos profundos y además son capaces de proporcionar un medio de señal – interferencia – ruido SINR por la ganancia combinando coherentemente las señales recibidas en cada elemento de la antena. Técnicas de “beamforming” estrechas y rayos directos hacia el usuario, de tal manera que la interferencia de acceso múltiple se reduce por medio del filtrado espacial y la supresión de señales de interferencia potencial.

La elección básica debe maximizar la diversidad o la ganancia de la antena. La evaluación de desempeño de los diferentes enfoques de antenas se muestra como la diversidad y conceptos de conformación de haces funcionan de manera similar con un pequeño número de antenas por sector, mientras que el enfoque convencional de formación de haz empieza a superar técnicas de diversidad, muestran un mejor rendimiento en ambientes de baja movilidad de largos periodos de pro mediación pueden ser aplicadas para mejorar las estimaciones del canal. La elección de la solución de antena se debe considerar tanto los requisitos en el enlace ascendente y en el enlace descendente.

En una combinación de rechazo de interferencias; la diversidad de antenas tradicionales utiliza la relación máxima de combinación MRC donde la interferencia IRC explota las propiedades espaciales de la interferencia. La MRC tiene como objetivo maximizar la potencia de señal recibida mientras que IRC pretende maximizar la potencia de señal recibida y mejorar sustancialmente el rendimiento para el caso de interferencias dominantes. HSUPA permite altas velocidades de datos pico, lo que posiblemente conduce a escenarios de interferencia que se caracterizan por interferentes dominantes, la IRC tiene el potencial de proporcionar una capacidad significativa y ganancias de cobertura, en el caso de baja velocidad de datos en los usuarios WCDMA, no hay interferentes dominantes y el receptor de IRC es relativamente simple en comparación con el empleo del algoritmo MUD, los algoritmos IRC se utilizan en GSM.

Detección Multiusuario; aunque la interferencia de acceso múltiple MAI a menudo se aproxima como adición al ruido blanco gaussiano AWGN en realidad está compuesto de distintas señales recibidas de acceso múltiple por división de código de usuarios CDMA, como consecuencia la interferencia de acceso múltiple posee una estructura y puede ser considerada por el receptor. Sin embargo el detector óptimo multiusuario presenta un gran inconveniente, su complejidad de implementación es una función exponencial del número de usuarios y como consecuencia no es factible para los receptores CDMA.

Avanzados receptores de estaciones base tienen el potencial para impulsar significativamente las tasas de bits de usuario final, en esta perspectiva cuatro ramas de antenas de diversidad y la cancelación de interferencia HSUPA puede proporcionar una ganancia más alta que en el caso de la Release 99.

La ganancia de rendimiento combinado HSUPA con diversidad de antenas y cancelación de interferencia en comparación con la inicial norma WCDMA 99, permite la mejora general de transmisión de la celdas del 200% y 300%, dependiendo de la eficacia del receptor de cancelación de interferencia desplegado.

Como conclusión al estudio de HSUPA se puede indicar que WCDMA Release 99 proporciona en la práctica 384 kbps como velocidad máxima de datos en el enlace ascendente, mientras que HSUPA empuja la tasa de datos pico inicialmente a 1- 2 Mbps y más tarde hasta 3 – 5 Mbps. Las velocidades de datos más altas en HSUPA se logran sin modulación de orden superior, esto permite el funcionamiento eficiente del amplificador de potencia móvil y facilita una buena cobertura para altas velocidades de datos.

HSUPA utiliza técnicas avanzadas para mejorar también la capacidad de la célula y la eficiencia espectral en células cargadas, las técnicas incluyen transmisiones rápidas L1 con HARQ y rápida programación basada en el nodo B. Retransmisiones rápidas permiten una mayor tasa de error en HSUPA que en la DCH de la Release 99, mientras que todavía se mantiene el mismo retraso de extremo a extremo. Si la tasas de error de bloque se incrementa de 1% a 10%, el aumento de la capacidad es del 15% al 20%, y con niveles de tasa de error de bloque incluso más allá del 50%. La programación rápida en el nodo B permite el uso de niveles más altos de interferencia media en HSUPA que en el DCH de la Release 99. El aumento de la capacidad de programación de señal a interferencia, estrecha la distribución y reduce la probabilidad de interrupción de interferencia. El aumento de la capacidad de programación rápida es del 10% al 20% en función de la probabilidad de corte requerida, en total el aumento de la capacidad esperada de HSUPA es de 25% a 60%.

La capacidad celular HSUPA puede mejorar aún más mediante el uso en la estación base una formación de haz de antenas de cuatro ramas de recepción, la combinación de rechazo de interferencia y la cancelación de interferencia. Estas técnicas pueden reducir la cantidad de interferencia y por lo tanto proporcionan mayores velocidades de datos y mayor capacidad en la célula.

1.12 Alta velocidad de acceso de paquetes evolution (HSPA +) en 3GPP Release 7.

1.12.1 Introducción

HSDPA incluido en la Release 5 emitido por la 3GPP incluye mejoras importantes en la capacidad de transmisión de datos del enlace descendente, luego llegó la mejora para el enlace ascendente con HSUPA Release 6. Ahora la 3GPP Release 7 trae una serie de mejoras sustanciales en la capacidad, rendimiento y arquitectura de la red.

La Release 7 de 3GPP presenta a HSPA + y acerca el próximo paso a LTE (Long Term Evolution); LTE aparece en la Release 8, que incrementa aún más las capacidades de radio. Las soluciones 3GPP Release 7 y 8 para la evolución de HSPA se trabajan en paralelo con el desarrollo **de LTE**.

1.12.2 Reducción del tiempo de instalación.

Con la introducción de la Release 5 WCDMA, mejoró la velocidad de datos y la latencia; con la Release 6 aparece HSDPA y HSUPA, y el rendimiento de usuario final pudo mejorarse aún más mediante la minimización de la llamada de paquetes en el tiempo de conexión y tiempo de asignación de canal, el paquete incluye el establecimiento de llamada de RRC, el establecimiento de conexión RAB, y el establecimiento y activación de contexto PDP.

Cuando el establecimiento de llamada se ha hecho una vez, el tiempo de preparación posterior incluye sólo el cambio de estado RRC de UMTS; se estudiarán a continuación el UTRAN, el canal de búsqueda URA_PCH, el estado del canal de la célula de localización Cell_PCH, y el canal de afirmación de estado Cell_DCH.

En la Release 6 se introducen mejoras en el tiempo de establecimiento de llamada, de paquete, en el mapeo de los portadores de señalización radio SRB en HSDPA y HSUPA, la configuración de la conexión RRC, utilizando mínimos equipos de usuario UE.

Las configuraciones predeterminadas se pueden utilizar en la configuración de la conexión RRC, y en la configuración del portador de radio para reducir el tamaño del mensaje, en la conexión RRC el mensaje de instalación dura típicamente siete bloques de transporte en la Release 5. Cada 10ms el intervalo de tiempo TTI puede llevar dos bloques sobre el canal de acceso FACH, dando lugar a un total de 40ms de tiempo de transmisión, si el RRC utiliza sus configuraciones por defecto la configuración es mucho más corta.

Estas mejoras en la Release 6, pueden llevar el tiempo de preparación de paquete por debajo del 1s. El mapeo de la SRB en HSPA, permite una rápida señalización, evita reconfiguraciones y su tiempo de activación. Una vez que la llamada de paquetes se ha establecido, los datos de usuario pueden fluir en HSDPA y HSUPA.

Cuando la transmisión de datos está inactiva durante unos pocos segundos o milisegundos el UE se mueve al estado Cell_PCH, para reducir al mínimo el consumo de energía del móvil.

Cuando hay más datos para ser enviados o recibidos el UE se mueve del estado Cell_PCH al estado Cell_DCH.

Las tasas de datos FACH se puede aumentar a cientos de kilobits por segundo, incluso más allá de 1Mbps. El usuario final puede obtener acceso inmediato a velocidades de datos relativamente altas sin la latencia de la asignación de canales. La transmisión del estado sería prácticamente sin cortes, una vez que la reserva de recursos para la asignación de canal está disponible, una transición sin problemas puede tener lugar a partir de eCell_FACH a CELL_DCH ya que el canal físico no cambia.

La transición del estado Cell_PCH a Cell_DCH, se la puede hacer en dos etapas, primero a partir del Cell_PCH a Cell_FACH y segundo desde Cell_FACH a Cell_DCH. Release 7 de la 3GPP aporta una mejora a la transición de Cell_PCH a sCell_FACH; el UE puede mantener la red celular de radio temporal y la red de radio HS-DSCH temporal H-RNTI en el estado Cell_PCH, sin realizar una actualización de la célula, que confirme ese procedimiento.

Además, la red puede enviar de inmediato los datos de enlace descendente al UE que se encuentra en estado Cell_PCH. La transmisión puede comenzar en el estado de "pagin" del UE, esto puede lograrse mediante la utilización del canal indicador de "pagin" que indica si hay datos a transmitir al UE en HSDPA. La transmisión de estado de Cell_FACH a Cell DCH inicia cuando más datos deben ser enviados o recibidos por ejemplo en una transmisión HTTP o la recepción de grandes paquetes de descarga HTTP mediante TCP. Con eCell_FACH de la Release 7 la transmisión y recepción de radio continua en el HS-DSCH durante el tiempo en que la red reserva recursos para la transición de estado, una vez que la reserva de recursos se ha completado, el controlador de red de radio RNC envía la reconfiguración de la portada de radio, la transición de estado entonces es prácticamente homogénea ya que el canal de enlace descendente físico no tiene que ser reconfigurada, la transición se muestra en la siguiente figura.

Puesto que existen canales físicos que se utilizan en el estado eCell_FACH, hay solo pequeños cambios en las especificaciones de L1, que permiten la rápida aplicación de esa característica.

Además el estado eCell_FACH utiliza RLC del tamaño de la PDU, así como la segmentación del control de acceso al medio MAC-Hs implementada en la Release 7 para reducir la sobrecarga del protocolo del enlace descendente y la disponibilidad.

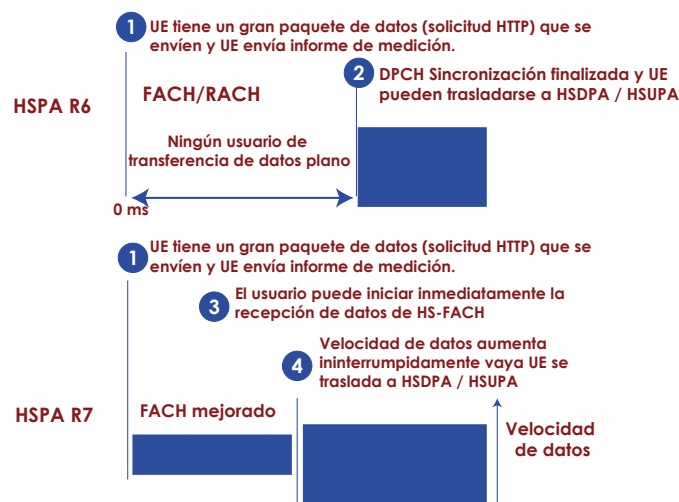


Gráfico 1.26 Perspectiva del usuario final a la transición del estado

1.12.3 Incremento de la tasa pico de datos y 16QAM/64QAM.

La velocidad de datos del enlace pico descendente en la Release 6 HSDPA es 10,8Mbps con codificación y 14,4 Mbps sin codificación de canal; la velocidad de datos pico en la Release 6 es de 5,76Mbps sin codificación de canal. Hay un número de maneras en teoría de elevar la tasa de datos a un pico superior que incluyen: mayor ancho de banda, modulación de orden superior o de flujo múltiple, entrada múltiple salida múltiple de transmisión MIMO, en la Release 7 se incluye la modulación de orden superior tanto para los enlaces ascendentes como descendentes y en el caso de MIMO en la dirección del enlace descendente.

El concepto de MIMO se basa en la transmisión de doble red adaptativa D-TxAA, se trata de una doble palabra de código en un esquema multi antena de transmisión con dos modos de funcionamiento: modo de doble flujo y transmisión de un único flujo de transmisión. En la transmisión, los dos flujos de datos no son codificados y modulados por separado, sino que se transmiten en la misma extensión de código ortogonal. Los dos flujos de datos se transmiten simultáneamente a través de ambas antenas utilizando corriente de pesos específicos de antena, creando dos haces ortogonales.

Por lo tanto D-TxAA también puede verse como multi extensión de corriente de bucle cerrado, en modo de transmisión de diversidad 1. Los pesos de antena preferidos son entregados desde el UE al nodo B del canal de control físico dedicado de alta velocidad HS-DPCCH, junto con la información de calidad del canal CQI en vez de HSDPA MIMO DPCCH en la Release 99.

En 16 QAM y 64 QAM las constelaciones aparecen en la siguiente figura, 16 QAM puede duplicar la velocidad de bits en comparación con el desplazamiento de fase en cuadratura QPSK mediante la transmisión de 4 bits en el lugar de 2 bits por símbolo.

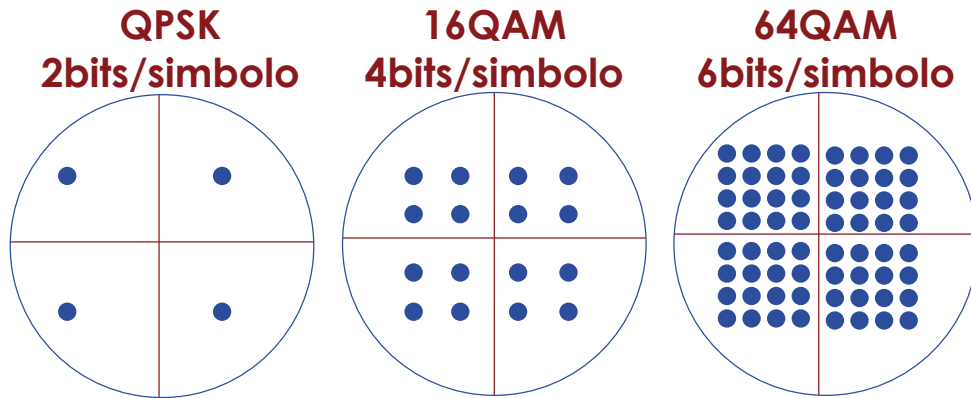


Gráfico 1.27 Constelación 64 QAM

Con 64 QAM puede aumentar la velocidad de transmisión pico en un 50% en comparación con 16QAM, 64QAM trasmite 6 bits desde un solo símbolo, por otro lado los puntos de la constelación están más cerca uno de otro para la modulación de orden superior y la relación requerida señal a ruido para la recepción correcta es mayor. La diferencia necesaria relación señal a ruido es aproximadamente de 6 dB entre 16QAM y QPSK, y entre 64QAM y 16QAM por lo tanto el enlace descendente 64QAM y 16QAM ascendente pueden ser utilizados solo cuando las condiciones de los canales sean favorables.

La velocidad máxima en 64QAM es 21,1Mbps y 28Mbps con MIMO, la combinación 2 x2 MIMO y modulación 64QAM llega a un pico teórico de velocidad de datos más allá de 40 Mbps, combinación que no se incluye en la Release 7. La modulación 64QAM mejora la velocidad de datos de usuario con 15 a 25% de probabilidad, dependiendo de la programación. El resto del tiempo las condiciones del canal no son suficientemente buenas para permitir la recepción de la modulación 64QAM.

1.12.4 Optimización de capa 2.

La especificación de la Release 99 de WCDMA se basa en las retransmisiones de paquetes que van del RNC al UE de la capa RLC (capa2), la PDU RLC tiene que ser relativamente pequeña para evitar las retransmisiones de paquetes muy grandes en el caso de errores de transmisión. Los paquetes de 40 bytes se transmiten desde el RNC al MAC-hs del nodo B en el caso de HSDPA. El MAC-hs combina los paquetes RLC

adecuadamente para formar los bloques de transporte para la transmisión de la interfaz de aire. El tamaño de bloque de transporte depende de la velocidad de bits instantánea, las unidades correspondientes al UE realizan la segmentación de bloques de transporte a los paquetes RLC y la capa RLC construye el protocolo IP nuevamente.

HSDPA y HSUPA permiten la optimización de la capa 2, ya que las retransmisiones de la capa 1 se utilizan y la probabilidad de retransmisiones de la capa 2 es muy baja. Esta optimización se incluye en la Release 7 en la operación de descarga y se llama solución de segmentación flexible RLC y MAC-hs. La solución de la Release 7 se puede observar en la siguiente figura, la RLC flexible aporta una serie de beneficios en términos de eficiencia y capa 2 en términos de altas tasas de bits.



Gráfico 1.28 Concepto RLC flexible en 3GPP Release 7

La sobrecarga del RLC relativa disminuye en un 5% en el caso de un paquete RLC 40 byte, cuando el tamaño del paquete RLC aumenta a 1500 bytes, la sobrecarga se reduce por debajo del 0,2% y el total de sobrecarga de la capa 2 en un 15,6%.

El tamaño del bloque RLC puede adaptarse de forma flexible de acuerdo con el tamaño de paquete de cada aplicación, esa flexibilidad ayuda a evitar el relleno innecesario, lo que ya no se requiere en la solución flexible de RLC, esto es importante sobre todo para los paquetes pequeños IP que son típicos en voz sobre IP o aplicaciones de streaming.

Las tasas de datos más altas se pueden lograr con tamaños de bloques grandes RLC, el tamaño de la ventana RLC puede limitar el rendimiento

máximo, este aspecto tiene especial relevancia en la Release 7, donde MIMO y 64QAM aumentan la velocidad de datos máxima.

Se requiere menos procesamiento de paquetes en el RNC y en el terminal. El número de paquetes a ser transformados se reduce claramente ya que el tamaño del paquete RLC es mayor. Las operaciones innecesarias de segmentación también se pueden evitar.

La arquitectura de la capa 2 solo se aplica en los estados Cell_FACH, Cell_DCH, esto permite la transición de estado transparente y sin interrupción de la transmisión de datos.

La sobrecarga de RLC se muestra en el gráfico 1.28 incluyendo la cabecera RLC 2-byte y el relleno. La Release 6 presenta como solución un paquete fijo RLC de 40 bytes, mientras que en la Release 7 se asume que el tamaño del paquete RLC es igual al tamaño del paquete IP. El tamaño fijo del bloque RLC puede causar una sobrecarga superior al 50% incluso para pequeños tamaños de paquetes IP, esta sobrecarga varía entre el 5% y el 10% para los tamaños más grandes de paquetes IP. La Release 7 presenta una solución que aporta una sobrecarga por debajo del 10% para los paquetes IP pequeños y menores al 1% para los paquetes grandes IP.

La solución de RLC flexible que presenta la Release 7 se aplica a la dirección de enlace descendente mínimamente. Una solución similar también puede ser considerada para el enlace ascendente en otras versiones del 3GPP, la solución de enlace ascendente requiere algunas modificaciones en comparación con la solución de enlace descendente debido a la diversidad de enlace ascendente macro.

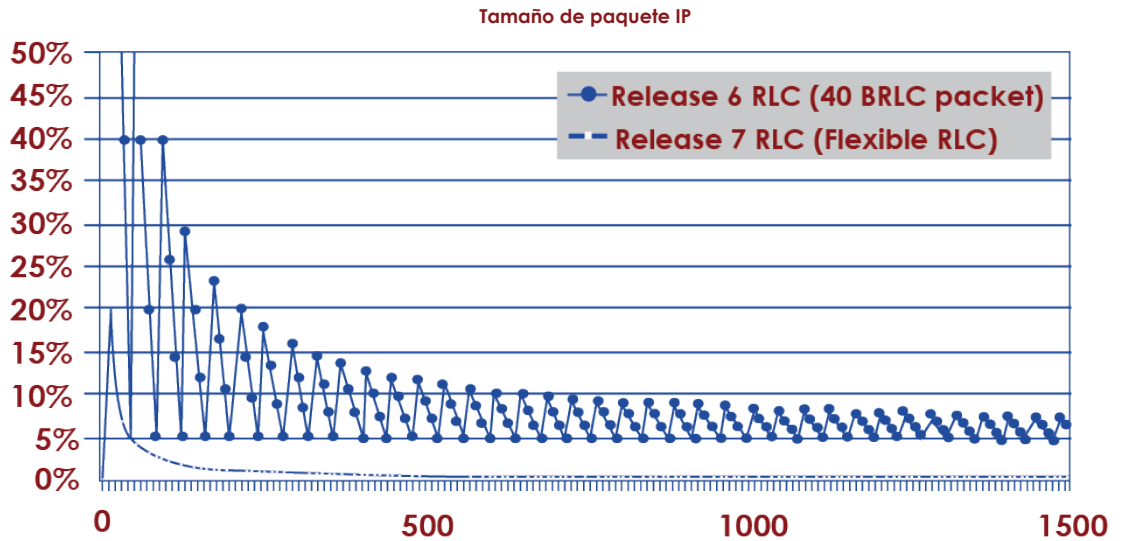


Gráfico 1.29 Sobrecarga de protocolo RLC incluyendo la cabecera y el acolchado

1.12.5 Evolución y rendimiento con terminales mejorados.

La Release 5 incluye los requisitos mínimos para el receptor HSDPA. Estos requisitos se basan en Rake utilizando una sola antena, la Release 6 presenta dos tipos de requisitos de rendimiento mejorado: el tipo 1 que se basa en un receptor Rake de dos antenas, y el tipo 2 que se basa en una sola antena de nivel chip de ecualización. La Release 7 introduce requisitos de tipo 3, que están basados en un ecualizador de chip de dos antenas.

La 3GPP no define el tipo de receptor terminal que se tiene que usar. El receptor de referencia en el que los requisitos se basan debe permitir la alineación de los resultados de simulación sin ordenar la implementación real de una solución particular.

La diversidad de antena mejora la relación señal interferencia, ya que la interferencia está parcialmente correlacionada en las diferentes antenas. El ecualizador de chip elimina la interferencia intracelular causada por la propagación de trayectos múltiples, lo que conduce a una mayor relación señal interferencia.

Las diferentes mejoras de los requisitos HSDPA y asumiendo receptores tipo de referencia se resumen.

Receptores HSDPA Mejorados.

Requisitos de desempeño	Receptor de línea base	3GPP Release	Ganancia de rendimiento
Requisito mínimo	1 antena Rake	Release 5	Receptor básico
Tipo 1 Mejorado	2 antenas Rake	Release 6	Mejor rendimiento también contra la interferencia de otra célula con dos antenas. HSDPA receptor de referencia para la evaluación del desempeño relativo LTE
Tipo 2 Mejorado	1 antena de Ecuador	Release 6	Mejora del rendimiento frente a las interferencias intra-celular
Tipo 3 Mejorado	2 antenas de Ecuador	Release 7	Combina los mecanismos de ganancia de reducción de la interferencia intra-celular y la diversidad receptor

Tabla Nº. 1.10 Características de los Receptores HSDPA mejorados

Ecualizador de una antena; el ecualizador muestra una ganancia de rendimiento en el orden del 70% sobre el Rake de una sola antena en áreas donde la interferencia intracelular es la fuente dominante de la interferencia. El ecualizador muestra sólo la ganancia menor en el canal, ya que casi no hay propagación por trayectos múltiples, por lo que no hay interferencia de trayectos múltiples.

Ecualizador de dos antenas; este ecualizador proporciona una mayor ganancia de rendimiento cuando se combina con la diversidad de recepción de la antena. La razón es que la diversidad de antena mejora la señal recibida respecto al ruido contra las interferencias entre células, por lo tanto la interferencia entre celdas comienzan a no ser más el limitante ya que puede ser mitigado por el ecualizador. Con $G=10\text{dB}$ el ecualizador es capaz de duplicar las ganancias proporcionadas por el arreglo de dos antenas o una antena de ecualización con canales múltiples.

Los resultados presentados suponen un número fijo de códigos, la modulación y codificación no han tomado en cuenta la posibilidad de adaptación del enlace. Cuando la relación señal interferencia aumenta con receptores mejorados se obtendrán valores más altos de CQI en la estación base. El CQI se refiere a la tasa de datos particular que un terminal espera ser capaz de recibir con la intensidad de la señal actual en un entorno de trayectos múltiples y la capacidad de recepción del terminal. A medida que el ecualizador de chip mejora la capacidad del terminal para recibir datos en condiciones difíciles del canal, el resultante valor CQI es mayor que el de un terminal sin ecualizador. La diversidad de antenas aumenta los valores reportados por el MCC en la misma forma. Un mayor CQI permite que la estación base transmita bloques de transporte de tamaños más grandes, no se requieren modificaciones a los algoritmos de las estaciones base para tomar ventaja de los terminales receptores mejorados, estos mejoran las tasas de usuario único de datos y también las capacidades celulares.

Otras mejoras en la capacidad del enlace descendente se pueden lograr con MIMO y 64QAM. El gráfico 1.30 muestra la capacidad de la célula incluyendo estas características, en la figura se asume un buffer infinito por lo tanto las capacidades absolutas son más elevadas. La capacidad de la célula es así el doble con todas las características de la Release 7 en comparación con la Release 6. La mayor capacidad de ganancia viene desde el receptor ecualizador. La ganancia MIMO es del 17% en comparación con la transmisión de una sola base de antena de la estación. El aumento de la capacidad adicional de 64QAM es muy bajo cuando MIMO ya está incluido.

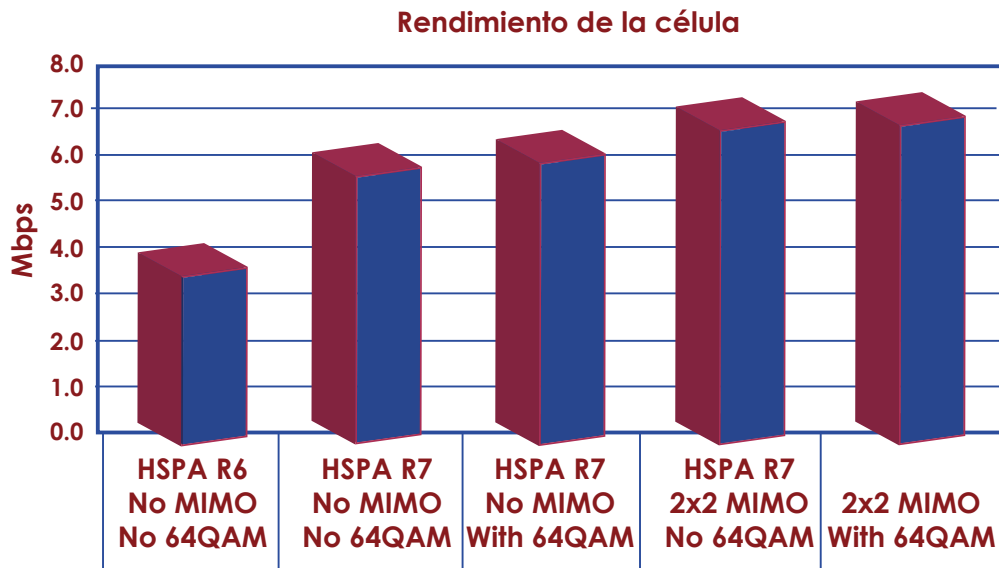


Gráfico 1.30 Capacidad de las celdas con 64QAM y 2x2 MIMO con tampón infinita

Los tipos de datos de usuario en el borde de la celda están limitados principalmente por la interferencia de otra célula; la diversidad de antenas se puede utilizar para mejorar el rendimiento de borde de célula, pero la reducción de la interferencia entre celdas también podría ayudar en esos lugares. La 3GPP ha estudiado el beneficio de rendimiento de la mitigación de interferencia entre celdas basándose en un ecualizador virtual ideal, a estos tipos de receptores se los conoce como de tipo 2i y 3i, para terminales de simple y doble antena respectivamente. El rendimiento para el usuario con un terminal en el borde de la celda podrían mejorar en aproximadamente el 20% con un receptor idealmente combinado con diversidad de receptor y en un 5% con un receptor de antena única. La mejora en la capacidad de la celda promedio es menor que la mejora para los usuarios celulares de borde.

1.12.6 Reducción del consumo de energía con continuidad de paquetes de datos.

La evolución tecnológica, en general, ayuda a disminuir el consumo de energía del móvil, además el control rápido y preciso en WCDMA ayuda a minimizar los niveles de potencia de transmisión, el reto sigue siendo para el móvil WCDMA, que necesita tener recepción y transmisión continua, y requiere la radio frecuencia RF, así como sus componentes que trabajan todo el tiempo durante la llamada de voz y datos. La Release 7 de la 3GPP

introduce una serie de mejoras a HSDPA y HSUPA que ayudan a reducir el consumo de energía para los datos en ráfagas o paquetes de servicios de baja velocidad, como VoIP, estas mejoras son parte de la función de conectividad continua de paquetes de la Release 7.

En la Release 6, el canal de control del enlace ascendente físico se transmite incluso si no hay ningún canal de datos activos, en la Release 7 el terminal móvil interrumpe la transmisión de canal de control cuando no hay datos de plano de usuario a ser enviados. Esta solución se denomina transmisión discontinua de enlace ascendente o más exactamente, la transmisión discontinua DPCH de enlace ascendente. La transmisión discontinua se llama también gatin, esta transmisión permite el apagado de los componentes terminales RF cuando no hay transmisión, un concepto similar también se introduce en el enlace descendente, lo que permite al UE apagar su receptor a veces, el terminal será informado en el enlace descendente sobre los posibles tiempos en los que pueden ser programados los datos.

El terminal puede utilizar el modo ahorro de energía en la cadena del receptor de RF durante otros estados en los que no tiene datos que recibir, esta solución se denomina enlace descendente de recepción discontinua DRX.

El concepto de transmisión discontinua se muestra en el gráfico 1.31, debido a los conceptos introducidos por la Release 7, los tiempos de operación pueden ser más largos que para las Releases 99, 5 y 6 para tasas bajas de servicios, como VoIP o servicios generadores de tráfico ráfagas. El menor consumo de energía es también beneficioso en el caso en el que los datos como una página web se han descargado y que la conexión está inactiva, pero todavía en el estado Cell_DCH.



Gráfico 1.31 Transmisión discontinua DPCCH de enlace ascendente para el servicio de voz

Otro método para la reducción del consumo de energía del móvil en la Release 7 es el estado eCell_FACH, allí la transición del estado Cell_PCH a eCell_FACH trabaja más rápido ya que los plazos de actualización de celda de paginación, de actualización y de confirmación de celda pueden evitarse, por lo tanto la red puede funcionar con temporizadores significativamente más cortos del estado de inactividad CELL_FACH y empuje de las UEs al estado Cell_PCH más agresivo que en la Release 6, esto reduce el consumo de batería del UE y tiene un efecto directo sobre los tiempos de espera del UE, para mejorar el tiempo de reacción adicional en el estado Cell_PCH el enlace descendente para el intercambio de datos, en la Release 7 se adicioneo un ciclo más corto de DRX.

El gráfico 1.32 presenta una mejora en el tiempo de espera en comparación con la Release 6 cuando la capa de aplicación presenta un mensaje de actividad cada 30s. El tiempo de inactividad en Cell_FACH se supone de 2s en el caso de la Release 6, si el tiempo de inactividad se podría reducir a 1s con eCell_FACH, entonces la vida de la batería podría mejorar en un 50%.

**Mejora el tiempo de espera Cell_FACH temporizador de inactividad.
Caso de la referencia, 2 s temporizador (7)**

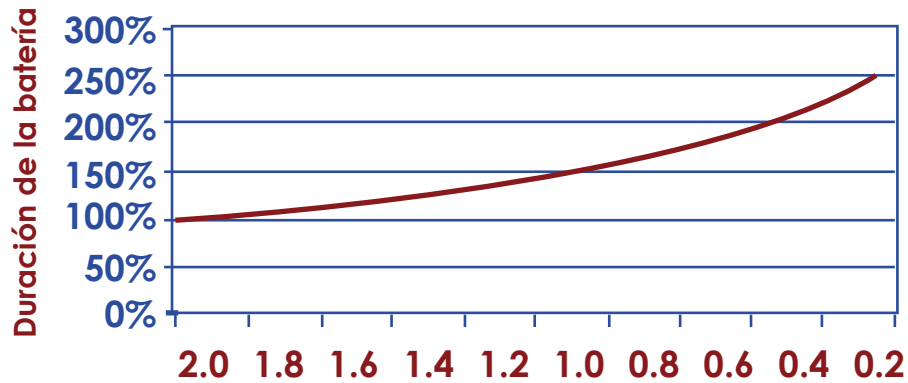


Gráfico 1.32 Tiempo en Celular FACH (s)

1.12.7 Arquitectura FLAT.

Las redes 3GPP se utilizan cada vez más para servicios de paquetes basados en IP, la Release 6 tiene cuatro elementos de red en el usuario y el plano de control: la estación base, la RNC, el sistema de servicio general de radio por paquetes GPRS, y el gateway GPRS, la arquitectura de la Release 8 LTE tendrá únicamente dos elementos de red: la estación base en la red de radio y el Access Gateway en la red central A-GW. La evolución hacia una arquitectura plana también se considera beneficiosa para HSPA, especialmente cuando una gran parte del tráfico se basa en el dominio de conmutación de paquetes, la arquitectura de red plana reduce la latencia de la red y por lo tanto mejora el rendimiento global de los servicios basados en IP, en el modelo plano también mejora tanto el usuario y la eficiencia del plano de control; la eficiencia del transporte de última milla mejora ya que los protocolos de radio UMTS como el protocolo RLC se terminan en el nodo B y no necesitan ser llevados por la última milla al RNC.

La introducción de las tecnologías HSDPA y HSUPA permite una arquitectura a plana; en las Releases 5 y 6 se distribuyen más funcionalidades desde el RNC al nodo B, por lo que es posible diseñar un plano de arquitectura de red de radio HSPA donde todas las funcionalidades del RNC se encuentren en el nodo B, dicha arquitectura se puede implementar basándose en las Releases 5 y 6 y mediante el uso de las interfaces abiertas existentes; no hay necesidad inmediata para definir la arquitectura de red de radio plana en

las Release 7, se ha decidido incluir algunas definiciones y aclaraciones en la Release 7 de la 3GPP para arquitectura plana, estas definiciones están relacionadas con el número máximo de RNC que se pueden conectar a la red principal, la Release 6 permite un máximo de 40 RNCs para ser conectados a cada SGSN, este espacio de direcciones está expandido en la Release 7, ya que el SGSN está conectado directamente cada estación base, la Release 7 también incluye aclaraciones para el tratamiento de voz CS cuando el terminal que llama se encuentra en la capa de la frecuencia de paquetes sólo arquitectura plana.

La evolución de la arquitectura del paquete de HSPA está diseñada para ser compatible con las versiones anteriores de terminales existentes de las Releases 5 y 6 que pueden funcionar con la nueva arquitectura. Las arquitecturas jerárquicas y planos se ilustran en la figura 15,15, la Release 7 incluye mejoras en la arquitectura de planos, tanto en el núcleo de paquetes y en la red de radio, la solución llamada túnel directo permite al plano de usuario para omitir la SGSN, el dimensionamiento SGSN no se verá afectado por el volumen del plano de usuario, la arquitectura plana de red de radio RNC integra esa funcionalidad como parte de la estación base. El dimensionamiento RNC no se verá afectado por el volumen de tráfico, ya que ningún elemento RNC se requiere, cuando la arquitectura de radio plana y la soluciones de túnel directo SGSN se combinan, solo hay dos elementos de red en el plano de usuario de la misma manera que en la arquitectura LTE.

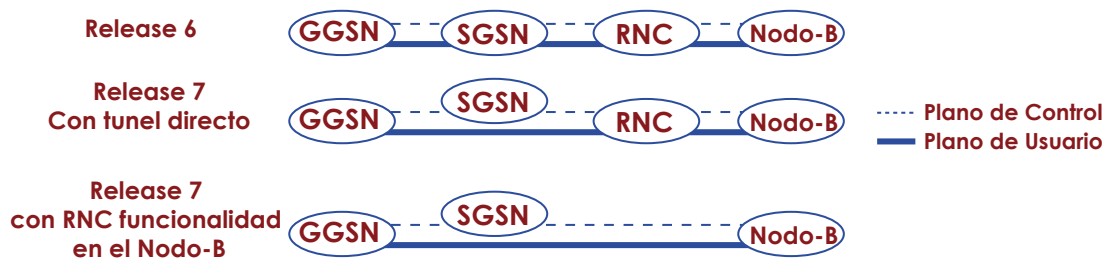


Gráfico 1.33 La evolución hacia la arquitectura plana

1.13 Resumen.

Mientras 3GPP está trabajando en un nuevo sistema de radio LTE en la Release 8 hay una serie de mejoras importantes que también se tienen en la norma existente HSPA, estas proporcionan mejoras en el rendimiento de usuario final en la reducción de los tiempos de establecimiento de llamadas, los tiempos de asignación de canal, el consumo de energía del terminal y el aumento de las tasas pico de bits. El tiempo de asignación de canal se puede disminuir con el concepto de estado eCell_FACH, haciendo que la transición de estado sea integral. El consumo de potencia del terminal para servicios de baja velocidad se puede reducir con transmisión discontinua de enlace ascendente y el enlace descendente de recepción en el estado Cell_DCH y con la utilización más agresiva del estado Cell_PCH, las velocidades de bits pico se pueden incrementar al doble con 2x2 MIMO hasta 28,8Mbps.

Los tipos de datos de usuario y la capacidad de los operadores de celda de enlace descendente mejoran en la Release 7 con el nuevo tipo de requisitos de los terminales para un ecualizador de dos antenas; también características de 64QAM y MIMO proporcionan una mejora en la capacidad de la célula. Todas las características de la Release 7 juntas incrementan casi el doble de la capacidad de la célula en comparación con la Release 6, las velocidades máximas más altas y las capacidades de célula también se facilitan por la capa 2 en la optimización del enlace descendente, la capacidad de VoIP del enlace ascendente se ha mejorado en un 50% con la transmisión de enlace ascendente discontinua.

La mayoría de las mejoras de la Release 7 de 3GPP están basadas en simples mejoras a las plataformas de red y de terminales, lo que permite una evolución fluida, la Release 7 logra la simplificación de la arquitectura de red, el número de elementos de red para el plano de usuario se puede reducir de cuatro en la Release 6 a dos en la Release 7. La arquitectura plana en HSPA de la Release 7 es similar a la arquitectura acordada por la 3GPP para LTE, lo que permitiría una evolución posterior suave de HSPA a LTE.

Capítulo 2

Análisis del estado, proceso de implementación y la regulación de la tecnología celular en Ecuador.

2.1 Telefonía celular en el Ecuador.

La telefonía celular en Ecuador proporciona servicios de telecomunicaciones en una amplia área del país, llamada área de cobertura, ha sido un soporte para el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones desde su aparición en la década de los 90, esta forma de comunicación se ha caracterizado por el uso de nuevas formas de codificación, multiplexación, transmisión, etc, contraria a la evolución lenta que ha marcado a la telefonía fija.

El 20 de Marzo de 1990 el IETEL contrata a la consultora norteamericana Teleconsult los estudios para la telefonía rural, telefonía celular y red pública de datos. El 5 de julio de 1991 se realiza el acta de entrega – recepción definitiva de los estudios de ingeniería entre Teleconsult y el IETEL, el 3 de abril de 1992 el Directorio de IETEL mediante Resolución 92-011 aprueba el reglamento para la concesión del servicio de telefonía celular; en abril de 1992 el IETEL llama a concurso para la concesión de dos bandas de frecuencias en el rango de los 800 Mhz; en agosto de 1992 el Directorio de IETEL califica a 6 compañías que presentaron las propuestas; el 10 de agosto de ese mismo año se expide la Ley Especial de Telecomunicaciones, con la que se crea la Superintendencia de Telecomunicaciones, como ente regulador y el EMETEL como operador.

El EMETEL en 1993 entrega los documentos del concurso al nuevo organismo de control Suptel, el 19 de abril de 1993, la Suptel expide el Reglamento para el Servicio de Telefonía Móvil Celular y convalida el proceso. El 12 de mayo de 1993 se califica a las compañías MOVITEL S.A., OPETEL S.A., Ecuador Cellular One S.A., OPTEL S.A., CONECEL S.A. y OTECEL S.A. en la primera fase del concurso.

El 27 de mayo de 1993 la Suptel establece la prelación de los oferentes en función de las ofertas económicas y descalifica a Cellular One y a Opetel. El 14 de junio de 1993 comienza las negociaciones con las compañías CONECEL S.A. y OTECEL S.A., concesionándose la prestación de los servicios

de telecomunicaciones durante el período de 15 años a esas operadoras, las cuales empezaron su funcionamiento con la tecnología AMPS en la banda de frecuencias A, constituyéndose así la entrada de la telefonía celular en el Ecuador, el acto formal de asignación de la nueva empresa que prestaría el servicio de telefonía celular en el país se realizó el 2 de agosto de 1993. En 1993 las empresas iniciaron con la tecnología AMPS, para en 1997 CONECEL y OTECEL ya con los nombres de Porta y BellSouth Ecuador respectivamente, lanzan la red digital TDMA, permitiendo desde el 2001 la provisión del servicio de SMS. Además en el año 2002 OTECEL lanzó su red CDMA y posteriormente en el 2003 la tecnología CDMA 1x para el servicio de datos.

En el año 2003 CONECEL (PORTA) efectuó el lanzamiento de la tecnología GSM, y un poco más tarde la instalación y configuración del portador de datos GPRS.

El 3 de abril del año 2003 la empresa TELECSA S.A. (ALEGRO PCS) actualmente CNT EP (Corporación Nacional de Telecomunicaciones) recibió una concesión para la prestación del SMA, cuya red entró en funcionamiento el mes de diciembre del mismo año, mediante la utilización de la tecnología CDMA 1X (EVDO). La introducción de esta nueva operadora permitió mejorar la competencia el mercado celular al disminuir las tarifas, permitir un mayor número de abonados y la interconexión de las redes para la mensajería escrita.

En el año 2004 la empresa Telefónica Móvil de España adquiere el 100% de las acciones de OTECEL S.A. y en el 2005 BellSouth deja de aparecer como nombre comercial para convertirse en MOVISTAR y a partir del mismo año lanzan la tecnología GSM.

En el año 2005 ALEGRO lanzó el primer servicio de Internet inalámbrico con velocidades de 70 kbps, y en el 2006 a través del servicio NIU Banda Ancha ofrecía tasas de transmisión que llegaban hasta los 400 kbps y a pesar de la eficiencia de la tecnología CDMA, el éxito comercial de GSM conllevó a ALEGRO a la prestación de los servicios GSM desde el año 2007 a través de la utilización de la red de acceso de MOVISTAR.

El 14 de agosto del 2008, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), aprobó el texto para renovar el contrato de concesión a ser suscrito con la operadora CONECEL S.A. en el cual se concede el permiso para la explotación del Servicio Móvil Avanzado (SMA). Además el 16 de octubre del 2008, el CONATEL autorizó a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) el otorgamiento a favor de la operadora OTECEL S.A. la concesión del SMA, cuyo contrato de concesión contemplaba similares condiciones legales y técnicas al suscrito con la operadora CONECEL S.A.

En de octubre de 2008 tras la fusión de Andinatel S.A. y Pacifictel S.A. se crea la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT S.A., luego de un poco más de un año en febrero de 2010, la CNT S.A., se convierte en empresa pública, y pasa a ser desde ese momento la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, en marzo de 2010 se realiza una nueva fusión de la CNT EP., con la empresa TELECSA (Alegro).

La concesión para el ofrecimiento del SMA ha permitido disponer a nuestro país de los 2 principales estándares de comunicación 3G: CDMA 2000 1xEVDO y UMTS, operativos en algunas ciudades de nuestro país.

La evolución de la banda ancha móvil, en el Ecuador ha visto tecnologías como AMPS, GSM, GPRS, EDGE, WCDMA (UMTS), HSPA, HSPA+ y actualmente se espera LTE, en lo que respecta a las tecnologías 3GPP. Y por otro lado CDMA 2000 y EV-DO en lo que respecta a la tecnología 3GPP2. La evolución a largo plazo (Long Term Evolution) de UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network – Red de Acceso de Radio Terrestre Universal) es una tecnología desarrollada para el acceso de radio de paquetes optimizados con alta velocidad de datos y baja latencia, que permite además soportar los servicios de voz.

Adicionalmente a las mejoras puramente técnicas, el aspecto económico también juega un papel primordial en el desarrollo de HSPA +. Esto incluye los costos de despliegue y puesta en servicio así como la migración de estaciones UMTS a HSPA +, el que se adopte HSPA + y no se pase directamente a LTE estuvo determinado por esas razones. La coexistencia y

cooperación de tecnologías como GSM, GPRS, HSPA y HSPA+ es también un requerimiento importante.

2.2 Marco legal y normativo.

La constitución de la República (Registro Oficial No. 449 del 30 de octubre de 2008), establece aspectos relacionados con la calidad del servicio que son aplicables a la telefonía celular que serán enumerados a continuación:

2.2.1 Sección novena, personas usuarias y consumidoras.

"Art. 52.- Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características.

La ley establecerá los mecanismos de control de calidad y los procedimientos de defensa de las consumidoras y consumidores; y las sanciones por vulneración de estos derechos, la reparación e indemnización por deficiencias, daños o mala calidad de bienes y servicios, y por la interrupción de los servicios públicos que no fuera ocasionada por caso fortuito o fuerza mayor.

Art. 53.- Las empresas, instituciones y organismos que presten servicios públicos deberán incorporar sistemas de medición de satisfacción de las personas usuarias y consumidoras, y poner en práctica sistemas de atención y reparación.

El Estado responderá civilmente por los daños y perjuicios causados a las personas por negligencia y descuido en la atención de los servicios públicos que estén a su cargo, y por la carencia de servicios que hayan sido pagados."

Art. 54.- Las personas o entidades que presten servicios públicos o que produzcan o comercialicen bienes de consumo, serán responsables civil y penalmente por la deficiente prestación del servicio, por la calidad defectuosa del producto, o cuando sus condiciones no estén de acuerdo con la publicidad efectuada o con la descripción que incorpore. (...)"

“Art. 55.- Las personas usuarias o consumidoras podrán constituir asociaciones que promuevan la información y educación sobre los derechos, y los representen y defiendan ante las autoridades judiciales o administrativas.

Para el ejercicio de este derecho u otro derecho, nadie será obligado a asociarse.”

Capítulo sexto. Derechos de libertad.

“Art. 66.- Se reconoce y se garantizará a las personas el derecho a:

(...)25. El derecho a acceder a bienes y servicios públicos y privados de calidad, con eficiencia, eficacia y buen trato, así como a recibir información adecuada y veraz sobre su contenido y características (...).”

Capítulo segundo, Políticas públicas, servicios públicos y participación ciudadana.

“Art. 85.- La formulación, ejecución, evaluación y control de las políticas públicas y servicios públicos que garanticen los derechos reconocidos por la Constitución, se regularán de acuerdo con las siguientes disposiciones:

(...)1. Las políticas públicas y la prestación de bienes y servicios públicos se orientarán a hacer efectivos el buen vivir y todos los derechos, y se formularán a partir del principio de solidaridad (...).”

2.2.2 Sección cuarta, superintendencias.

“Art. 213.- Las superintendencias son organismos técnicos de vigilancia, auditoría, intervención y control de las actividades económicas, sociales y ambientales, y de los servicios que prestan las entidades públicas y privadas, con el propósito de que estas actividades y servicios se sujeten al ordenamiento jurídico y atiendan al interés general. Las superintendencias actuarán de oficio o por requerimiento ciudadano. Las facultades específicas de las superintendencias y las áreas que requieran del control, auditoría y vigilancia de cada una de ellas se determinarán de acuerdo con la ley. (...).”

Capítulo cuarto. Soberanía Económica. Sección Primera. Sistema económico y política económica.

“Art. 283.- El sistema económico es social y solidario; reconoce al ser humano como sujeto y fin; propende a una relación dinámica y equilibrada entre sociedad, estado y mercado, en armonía con la naturaleza; y tiene por objetivo garantizar la producción y reproducción de las condiciones materiales e inmateriales que posibiliten el buen vivir. (...)”

Capítulo quinto. Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas.

“Art. 313.- El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.

Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua y los demás que determine la ley.

Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley.

El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación.”

2.2.3 Análisis.

Como se puede observar en los artículos indicados, la Constitución, establece los lineamientos básicos del modelo de regulación de la calidad (QoS) para los servicios de Telecomunicaciones, principios con los que se debe garantizar que los usuarios ejerzan su derecho a disponer de servicios de telecomunicaciones de óptima calidad, con eficiencia, eficacia y buen trato, así como a no recibir información engañosa.

El derecho de las personas, usuarios y consumidores de elegir bienes y servicios con calidad, para esto la ley establece mecanismos de control de calidad, procedimientos de defensa y sanción debido a la vulnerabilidad de esos derechos. Los prestadores de servicios públicos dentro de sus sistemas deben medir la satisfacción de los usuarios así como reparar si los derechos han sido vulnerados.

El estado debe promover políticas públicas para controlar que los servicios públicos garanticen los derechos reconocido en la Constitución, para el sector de la Telecomunicaciones la Superintendencia de Telecomunicaciones es la encargada de vigilar, auditar y controlar que los servicios sean otorgados con calidad.

Siendo las Telecomunicaciones parte de los sectores estratégicos el estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los mismos a través de leyes que permiten el control de la calidad y procedimientos de defensa al consumidor.

2.3 Ley especial de telecomunicaciones reformada (Ley No. 184).

2.3.1 Capítulo IV. de los usuarios.

“**Art. 25.-** Derecho al servicio.- Todas las personas naturales o jurídicas, ecuatorianas o extranjeras, tienen el derecho a utilizar los servicios públicos de telecomunicaciones condicionado a las normas establecidas en los reglamentos y al pago de las tasas y tarifas respectivas.

Las empresas legalmente autorizadas establecerán los mecanismos necesarios para garantizar el ejercicio de los derechos de los usuarios.”

2.3.2 Capítulo VI. Del Consejo Nacional de Telecomunicaciones, de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Título I (ley 94). El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).

(Título agregado por el Art. 10 de la Ley 94, R.O. 770, 30-VIII-95)

“Art. ... (1).- Del Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).- Créase el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) como ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el país (...).

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones tendrá la representación del Estado para ejercer, a su nombre, las funciones de administración y regulación de los servicios de telecomunicaciones, y es la Administración de Telecomunicaciones del Ecuador ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).(…)”

“Art. ... (3).- Compete al Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL):

(...), d) Aprobar las normas de homologación, regulación y control de equipos y servicios de telecomunicaciones;(…)

j) Expedir los reglamentos necesarios para la interconexión de las redes;(…)”

Título II De la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

(Título agregado por el Art. 10 de la Ley 94, R.O. 770, 30-VIII-95)

“Art. ... (1).- De la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.- Créase la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, como ente encargado de la ejecución de la política de telecomunicaciones en el país, con domicilio en la ciudad de Quito (...)”

“Art. ... (2).- Compete al Secretario Nacional de Telecomunicaciones:

(...), f) Elaborar las normas de homologación, regulación y control de equipos y servicios de telecomunicaciones, que serán conocidas y aprobadas por el CONATEL;(...)”

Título III De la Superintendencia de Telecomunicaciones.

“Art. 34. (Sustituido por el Art.11 de la Ley 94, R.O. 770, 30-VIII-95).- Créase la Superintendencia de Telecomunicaciones, que tendrá su domicilio en la ciudad de Quito para el ejercicio de las funciones asignadas a ella en la presente ley”

“Art. 35.- (Sustituido por el Art. 12 de la Ley 94, R.O. 770, 30-VIII-95).- Las funciones de la Superintendencia de Telecomunicaciones, son:

- a) Cumplir y hacer cumplir las resoluciones del CONATEL;
- b) El control y monitoreo del espectro radioeléctrico;
- c) El control de los operadores que exploten servicios de telecomunicaciones;
- d) Supervisar el cumplimiento de los contratos de concesión para la explotación de los servicios de telecomunicaciones;
- e) Supervisar el cumplimiento de las normas de homologación y regulación que apruebe el CONATEL;
- f) Controlar que el mercado de las telecomunicaciones se desarrolle en un marco de libre competencia, con las excepciones señaladas en esta Ley, (...)”
- g) Controlar que el mercado de las telecomunicaciones se desarrolle en en marco de libre competencia, con las excepciones señaladas en esta Ley.
- h) Juzgar a las personas naturales y jurídicas que incurran en las infracciones señaladas en esta Ley y aplicar sanciones en los casos que correspondan; y,
- i) Las demás que le asigne la Ley y el Reglamento.

Título VIII. Régimen de Libre Competencia.

“Art. 39.- (Sustituido por el Art. 58 de la Ley 2000-4, R.O. 34-S, 13-III-2000).- Protección de los derechos de los usuarios.- Todo usuario tiene derecho a recibir el servicio en las condiciones contractuales estipuladas con el proveedor del servicio, y a que dichas condiciones no sean modificadas unilateralmente sin su consentimiento, salvo por fuerza mayor a ser indemnizados por el incumplimiento a dichos términos contractuales por parte del proveedor del servicio.”

2.3.3 Análisis.

La ley especial de Telecomunicaciones, le da la potestad al CONATEL de verificar la ejecución del plan de expansión de las operadoras, haciendo cumplir exigencias de calidad a través de la SUPERTEL, es decir el control de la calidad (QoS) se establece en los contratos de concesión suscritos con las operadoras del servicio móvil avanzado.

La ley no establece parámetros específicos sobre la calidad de servicio de la telefonía móvil, los parámetros establecidos están dirigidos al servicio de telefonía fija, se hace referencia a otros parámetros que fije la UIT, pero no menciona otras entidades de normalización internacional.

2.4 Reglamento para la prestación del servicio móvil avanzado

(Resolución No. 498-25-CONATEL-2002/ Registro Oficial No. 687-2002-10-21. Última reforma Resolución 107-04-CONATEL/ Registro Oficial 566 del 8 de abril del 2009)

Art. 5.- El título habilitante para la instalación, prestación y explotación del SMA es un concesión otorgada por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones, previa autorización del CONATEL. Tendrá una duración de 15 años y podrá ser renovado de conformidad con el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada (...).

2.4.1 Capítulo VI. De las obligaciones y los derechos de los prestadores del SMA.

“Art. 21.- Constituyen obligaciones de los prestadores del SMA:

1. Instalar, prestar y explotar el SMA conforme a lo establecido en su título habilitante e inscribir en el Registro Nacional de Telecomunicaciones cualquier modificación realizada;

(...) 3. Prestar el SMA en forma continua y eficiente de acuerdo con este reglamento y con los parámetros y metas de calidad del servicio establecidas en el título habilitante;

(...) 5. Establecer y mantener un sistema de medición y control de la calidad del servicio, cuyos registros de mediciones deberán ser confiables y de fácil verificación. Estos sistemas y registros estarán a disposición de la Superintendencia de Telecomunicaciones, cuando ésta lo requiera;

6. Prestar todas las facilidades a la Superintendencia de Telecomunicaciones para que inspeccione y realice las pruebas necesarias para evaluar la calidad del servicio, la precisión y confiabilidad del sistema;

(...) 9. Establecer y mantener un sistema de recepción de reclamos de sus usuarios y reparación de daños en su sistema. Todos los reclamos relacionados con el objeto del Título Habilitante del SMA deberán ser registrados y solucionados en los plazos establecidos en los parámetros y metas de calidad del servicio. Dicho sistema deberá estar a disposición de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones cuando éstas lo requieran; (...)”

2.4.2 Capítulo VIII. de los parámetros y metas de calidad del servicio.

“Art. 25.- Los parámetros técnicos y metas de calidad de la prestación del servicio deberán estar relacionados al menos a:

- Calidad de servicio.
- Atención al usuario.
- Emisión de facturas de cobro.
- Plazos máximos para reparación e interrupción del servicio.

La información del cumplimiento de estas obligaciones deberá ser entregada conforme se haya acordado en el Título Habilitante del SMA a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y a la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Los parámetros y metas de calidad de servicio iniciales constarán en el Título Habilitante y serán establecidas anualmente por el CONATEL teniendo en cuenta el punto de vista del prestador del SMA.

Todos los costos relacionados con el cumplimiento de los parámetros y metas de calidad del servicio serán asumidos exclusivamente por los prestadores del SMA.

Art. 26.- La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, teniendo en cuenta los avances tecnológicos y de crecimiento de las necesidades del servicio por parte de la sociedad, podrá de común acuerdo con los prestadores del SMA revisar en cualquier momento los parámetros y metas de calidad del servicio, observando lo dispuesto en la reglamentación pertinente y en el Título Habilitante del SMA, y tomando en cuenta las recomendaciones de la UIT."

2.4.3 Capítulo XI y XII. de las infracciones y sanciones. del cumplimiento de los planes técnicos fundamentales.

Art. 33.- Las infracciones cometidas en la prestación del SMA serán juzgadas y sancionadas con arreglo al marco jurídico bajo el cual se hubieran realizado.

Art. 34.- Los prestadores del SMA se sujetarán a los planes técnicos fundamentales emitidos por el CONATEL."

2.4.4 Análisis.

Con este reglamento aparecen lineamientos generales para el control de la calidad, y se presentan los mecanismos de relación entre las entidades de regulación y control y las operadoras móviles. El título habilitante contiene la información de la parte fundamental del modelo de regulación de la calidad QoS.

Obligaciones como un servicio continuo y eficiente se encuentran en el título habilitante, además allí se establecen los parámetros de calidad del servicio, atención al usuario, emisión de facturas, control de interrupciones de servicio, este control se lo realiza mediante equipos de monitoreo y sistemas de recepción de reclamos.

Así mismo se define la periodicidad en tiempo para la medición de los parámetros y metas de calidad, los mismos que son establecidos por el CONATEL, y revisados por la SENATEL debido a necesidades o cambios tecnológicos, tomando en cuenta las recomendaciones de organismos internacionales como la UIT. Si bien el reglamento hace mención a que se tome en cuenta a las recomendaciones de la UIT, no se limita a este, ya que la regulación de calidad (QoS) toma en cuenta las recomendaciones de otros organismos internacionales especializados en el tema como la ETSI.

2.5 Reglamento de interconexión.

2.5.1 (Resolución No. 602-29-CONATEL-2006 / Registro Oficial No. 41-14-3-2007, última modificación Resolución del CONATEL No. 318 / Registro Oficial Suplemento 732 del 26 de junio del 2012.)

“Art. 17.- Condiciones técnicas.- Los acuerdos de interconexión establecerán, como mínimo, las siguientes condiciones técnicas:

(...) f) Índices de calidad de servicio,

(...) l) Forma en la cual se garantizará que al efectuarse la interconexión, se dará cumplimiento a los planes técnicos fundamentales aprobados por el CONATEL y los que se aprobaran en el futuro.

(...) q) Métodos que serán empleados para medir parámetros e índices de calidad, operación y gestión;{...}”

“Art. 26.- Calidad de servicio de telecomunicaciones.- Para efectos de control, será responsabilidad exclusiva de los prestadores de servicios de telecomunicaciones involucrados en la interconexión, el logro de niveles de calidad independientemente del número de interconexiones efectuadas y

los servicios de telecomunicaciones operarán como un sistema completamente integrado.

La responsabilidad del servicio frente al usuario, recaerá sobre el prestador con el cual dicho servicio haya sido contratado.

Art. 27.- Disponibilidad de capacidad.- Los prestadores tienen la obligación de mantener disponible la capacidad de interconexión suficiente para cumplir con sus obligaciones de interconexión.

Los prestadores interconectados mantendrán disponible y se suministrarán entre sí la información sobre los estimados de tráfico necesario para dimensionar la interconexión, la cual debe ser revisada por lo menos cada ciento ochenta (180) días calendario y estar incluida en el acuerdo de interconexión.

Art. 28.- Aviso de ampliaciones.- Los prestadores de servicios de telecomunicaciones que suscriban un acuerdo de interconexión deberán realizar las ampliaciones que sean necesarias en sus instalaciones, a fin de cumplir con su responsabilidad en la preservación de la calidad de servicio, ante el aumento de tráfico que pueda producirse en las diversas partes de sus redes como consecuencia de la interconexión, tanto al inicio de ésta, como en su desarrollo posterior. El prestador que requiera realizar ampliaciones deberá comunicar por escrito al otro prestador, por lo menos con noventa (90) días calendario de anticipación, la capacidad de infraestructura requerida.

Los programas de ampliación que prevean los prestadores para el sistema de interconexión deberán ser actualizados y presentados anualmente a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones."

2.5.2 Análisis.

Aspectos técnicos como los índices de calidad están establecidos en los acuerdos de interconexión, de tal manera que se garanticen índices de calidad, gestión y operación.

Los prestadores de servicio de telecomunicaciones son los encargados del control de la calidad, observando aspectos de la interconexión como los niveles de calidad independientemente del número de interconexiones realizadas.

La calidad extremo a extremo (QoS e2e) es responsabilidad compartida de los prestadores del servicio, pero para el usuario la responsabilidad es del operador con el cual contrato el servicio.

Para los servicios de SMA la calidad "end to end" debe contemplar la calidad dentro de la misma red móvil, red móvil a red móvil, fuera de su red y red móvil der fija (PSTN), el Estado tiene que garantizar una calidad integral y no solamente dentro de la red del operador.

2.6 Reglamento para los abonados/clientes-usuarios de los servicios de telecomunicaciones y de valor agregado

2.6.1 (Resolución No. 477-16-CONATEL-2012.)

Sección 1, Alcance y Definiciones

"Artículo 1.-Alcance.- El presente reglamento tiene como propósito establecer los mecanismos para que los derechos de los abonados/clientes-usuarios sean garantizados y satisfechos por los prestadores de servicios de telecomunicaciones y de valor agregado, así como regular las relaciones entre estos.

"Artículo 2.- Principios aplicables.-

1. Principios constitucionales, para la prestación de los servicios de telecomunicaciones y valor agregado.- La provisión de los servicios debe responder a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad.

(..) 3. Calidad.- Los prestadores deberán proveer los servicios con calidad, eficiencia y buen trato, así como, poner a disposición del abonado/cliente-

usuario la información adecuada y veraz sobre su contenido y características.

(..) 5. Orientación.- La prestación de los servicios se orientarán a hacer efectivos el buen vivir y todos los derechos de los abonado/clientes-usuarios (...)

Sección 2. Derechos y Obligaciones de los abonados y usuarios de los Servicios de Telecomunicaciones y de Valor Agregado.

“Artículo 15.- Acceso a la información, contenidos y aplicaciones.-

15.1 Acceder a la información veraz, clara, completa, actualizada, transparente, oportuna eficaz y adecuada sobre las condiciones técnicas, jurídicas, económicas y comerciales, que le permitan conocer las características esenciales de los servicios que ofrezca el prestador (naturaleza, calidad, cantidad y tarifa), y a que dicha información esté reflejada en el contrato de prestación de servicios. El acceso a esta información será gratuito (...).”

“Artículo 16.- Condiciones contractuales.-

16.1 Recibir el servicio del prestador conforme los términos o condiciones acordados entre las partes y a que dichas condiciones no sean modificadas unilateralmente sin su consentimiento, para lo cual los contratos de prestación de servicios deberán incluir adicionalmente las condiciones técnicas específicas mínimas de prestación de los servicios contratados por el abonado /cliente. Si la contratación considera un período o períodos de aplicación de condiciones especiales, el contrato deberá especificar adecuadamente las estipulaciones respecto de dichos términos, incluyendo su duración o condiciones bajo las cuales dejará de aplicarse.

(...) 16.7 Recibir los servicios contratados conforme las obligaciones relativas a calidad que deben ser cumplidas por el prestador del servicio. (...).”

“Artículo 29.- Informar.-

(...) 29.8 Los prestadores de servicios finales deberán mantener permanentemente a disposición de los abonados/clientes-usuarios, información relativa a:

a) Régimen de protección de los derechos de los abonados/clientes-usuarios de los servicios de telecomunicaciones.

(...) i) Los parámetros de calidad que se consideran en la prestación de los servicios (...)"

“Artículo 31.- Atención y reclamos.-

31.1 Recibir y atender los reclamos de los abonados/clientes-usuarios, los que podrán hacerse mediante atención presencial en los denominados centros de atención al usuario en días y horas hábiles, así como en otros horarios en lo que haya atención al público con fines comerciales; y en cualquier horario en páginas electrónicas o en centros de llamada (Call center) conforme el régimen contractual y reglamentario aplicable.

(...) 31.3 Proporcionar a sus abonados/clientes-usuarios, los servicios de información y de recepción de quejas, conforme el régimen contractual y reglamentario aplicable (...).

Sección VI. Asociaciones.

“Artículo 42.- Asociación de abonados/clientes-usuarios y prestadores.- Tanto los abonados/clientes-usuarios de los servicios de telecomunicaciones, así como los prestadores de servicios de telecomunicaciones, podrán asociarse, con fines de defensa de intereses comunes, promover iniciativas o procurar la protección y la defensa de los derechos e intereses de los consumidores; así como, promover la información, educación, representación y el respeto de los mismos ante el CONATEL y la sociedad en general en observancia de lo dispuesto en la Ley orgánica de Defensa del Consumidor. Su accionar no tendrá efecto vinculante respecto del ejercicio de las competencias y atribuciones del CONATEL, SENATEL, la SUPERTEL o el Ministerio de Telecomunicaciones, no obstante, las observaciones y recomendaciones que puedan llegar a

formularse, dentro de los procedimientos reglados, serán analizados con la pertinencia y oportunidad que disponga el ordenamiento jurídico vigente.”

2.6.2 Análisis.

Los mecanismos para que los usuarios- abonados / clientes estén garantizados y satisfechos por los prestadores de SVA con respecto a la calidad se especifican en este reglamento.

La regulación de la calidad QoS se encarga de las exigencias y características que se presentan entre los prestadores de SVA y los usuarios, enfocándose en los derechos de estos y en las obligaciones de los prestadores del servicio.

2.7 Títulos Habilitantes para la prestación del SMA

Las empresas OTECEL S.A. y CONECEL S.A. suscribieron los contratos de Concesión para la prestación del Servicio Móvil Avanzado, del Servicio Telefónico de Larga distancia Internacional el 20 de noviembre y 26 de agosto de 2008 respectivamente, los contratos establecieron que esos servicios pueden prestarse a través de Terminales de Telecomunicaciones de uso público y Concesión de las bandas de frecuencias esenciales. En el anexo 5 de estos contratos se indica la metodología de medición de los parámetros de calidad, estableciendo valores objetivo y periodicidad de las mediciones.

En el caso de la CNT EP el Consejo Nacional de Telecomunicaciones mediante Resolución No. 267-11-CONATEL-2012 de 15 de mayo del 2012, aprobó, entre otros aspectos, el texto del Anexo D, Condiciones para la Prestación del Servicio Móvil Avanzado, inscrito en el Registro Público de Telecomunicaciones el 13 de junio del 2012, incluyendo el Apéndice 1, con las obligaciones a cumplir por parte de la CNT E.P. correspondientes a los índices de calidad de servicio, metodología de medición y plan de implementación.

2.7.1 Contratos de concesión de CONECEL S.A y OTECEL S.A

El contrato con CONECEL S.A, fue suscrito el 26 de agosto del 2008 y su adendum del 30 de julio del 2009; el contenido del contrato de OTECEL S.A suscrito el 20 de noviembre del 2008, es igual al de CONECEL S.A. en lo que respecta al modelo de regulación de calidad QoS aplicable al SMA, por lo que a continuación se presenta un análisis de la calidad QoS0020 en base al contrato de CONECEL S.A..

“CLAUSULA NUEVE.- Área de la Concesión.- La Sociedad Concesionaria, en virtud de este Contrato, tiene derecho a prestar los Servicios Concesionados en todo el territorio ecuatoriano, de conformidad con sus propios planes de expansión y con el Plan Mínimo de Expansión indicado en el Anexo dos (2) de este Contrato.-”

“CLAUSULA DOCE.- Obligaciones generales.- Son obligaciones de la Sociedad Concesionario, además de las que se deriven del texto del presente Contrato y las establecidas en la Legislación Aplicable, las siguientes: Doce punto Uno.- Prestar los Servicios Concesionados conforme a lo establecido en este Contrato y la Legislación Aplicable: Doce punto Dos.- Cumplir con el Plan Mínimo de Expansión constante en el Anexo dos (2) de este Contrato; Doce punto Tres.- Prestar los Servicios Concesionados de conformidad con los términos de este Contrato, la Legislación Aplicable, los parámetros de calidad establecidos en el Anexo cinco (5), y las excepciones de los numerales treinta y cuatro punto cinco (34.5) y treinta y cuatro punto siete (34.7);

(...) Doce punto Seis.- Establecer y mantener un Sistema de Medición y Control de la Calidad del Servicio, cuyos registros de mediciones deberán ser confiables y de fácil verificación. A estos sistemas y registros tendrá acceso la SUPERTEL, cuando ésta lo requiera, en ejercicio de su actividad de control; Doce punto Siete.- La Sociedad Concesionaria tendrá la obligación de efectuar la medición de los Parámetros Mínimos de Calidad que constan en el Anexo cinco (5) y sus modificaciones, de conformidad con la Legislación Aplicable, serán puestos a disposición de lo SUPERTEL para su monitoreo y revisión mediante un sistema automatizado de acceso a

través de la Internet, con la respectiva clave de acceso que identifique a quienes accedan; Doce punto Ocho.- Prestar todas las facilidades a la SUPERTEL para que inspeccione y realice las pruebas necesarias para evaluar la calidad del servicio; Doce punto Nueve.- Presentar en forma periódica a la SENATEL y a la SUPERTEL, acorde con sus requerimientos, todos los datos, documentación e información referentes a la operación de los Servicios de Telecomunicaciones Concesionados y a la ejecución del Contrato en aplicación de la cláusula veintidós (22) del presente Contrato;

(...) Doce punto Once.- Recibir y atender los reclamos de los Usuarios, en días y horas hábiles, los que podrán hacerse mediante atención presencial en los centros de atención al usuario en los días y horas en los que exista atención al público para venta de servicios, en páginas electrónicas o en centros de llamadas (call center), estos dos últimos con atención durante veinticuatro (24) horas, todos los días del año;

CLÁUSULA TRECE.

Trece punto Dos.- Es de responsabilidad de la Sociedad Concesionario que todo Componente Técnico o de Red Tangible o intangible permita el cumplimiento de los índices de calidad previstos en el Anexo cinco (5) de este Contrato (...).”

“CLAUSULA VEINTIDOS. Registros e informes. -

Veintidós punto Dos.- Informes.- Sin perjuicio de lo indicado en el Anexo cinco (5), la Sociedad Concesionaria está obligada a entregar a la SENATEL y a la SUPTEL, durante la vigencia de este Contrato, con la periodicidad que se indica a continuación, lo siguiente: a) Información mensual.- A presentarse dentro de los primeros quince (15) días del mes subsiguiente: Uno) Cantidad total de Líneas Activas, prepago y pospago, por tecnología, al cierre del mes calendario y número de líneas desactivadas correspondientes al mes calendario, de acuerdo al formato que determine la SENATEL; Dos) Al menos cien (100) copias de facturas tomadas al azar y su respectivo detalle de llamadas realizadas, de conformidad con el Ordenamiento Jurídico Vigente; y, Tres) Reporte de Frecuencias Esenciales por Radiobase (RBS), y Frecuencias No Esenciales utilizadas, de acuerdo al

formato que determine la SENATEL.- b) Información trimestral.- A presentarse, según corresponda hasta el quince de abril, el quince de julio, el quince de octubre o el quince de enero, de conformidad con el formato que establezca la SENATEL.- Uno) Total de minutos de tráfico telefónico cursados, salientes, entrantes y dentro de lo propio red, Total de minutos por interconexión entrante y saliente, por operadora y conforme o la clasificación de tráficos establecidos en los acuerdos o disposiciones de interconexión con los que se realiza la liquidación. Total de minutos de tráfico telefónico, entrantes y salientes por nodo de conmutación. Todo lo anterior registrado mensualmente; Dos) Total de minutos de tráfico telefónico facturados y su valor para pospago salientes, entrantes y dentro de la red. Total de minutos de tráfico tasado y su valor para prepago salientes, entrantes y dentro de la red. Todo lo anterior registrado mensualmente; Tres) Total de mensajes cortos facturados y su valor para pospago salientes, entrantes y dentro de lo red. Total de mensajes cortos tasados y su valor para prepago salientes, entrantes y dentro de lo red, Total de mensajes cortos por interconexión entrante y saliente y sus respectivos valores, por operadora. Todo lo anterior registrado mensualmente; Cuatro) Para servicios facturados o tasados de cualquier otra naturaleza, deberá reportarse el volumen total de tráfico y sus respectivos valores totales cobrados, para prepago y pospago, saliente, entrante, dentro de lo red y de interconexión por operadora. Todo lo anterior registrado mensualmente; Cinco) Para servicios facturados de cualquier naturaleza de larga distancia internacional, deberá reportarse el volumen total de tráfico y sus respectivos valores totales cobrados, para prepago y pospago, saliente, entrante a otras operadoras. Todo lo anterior registrado mensualmente; Seis) Tráfico cursado en Erlangs en lo Hora Cargada, por celda, medidos durante todos los días del trimestre; Siete) Actualización del inventario de las Radiobases en operación; Ocho) Número de minutos procesados por tecnología tales como CDMA, GSM u otras que pudieran implementarse en el futuro.- c) Información semestral.- A presentarse hasta el treinta uno de julio y treinta y uno de enero de cada año, de conformidad con el formato que establezca la SENATEL: Uno) Diagrama de la arquitectura de la red que muestre, como mínimo, red de acceso, transporte, conmutación y plataformas de servicios

con su ubicación geográfica.- Dos) Encuestas definidas en el Anexo Cinco (5); y, Tres) Hora Cargada del sistema por controladora de Radiobases, medido diariamente.- d) Información Anual.- A presentarse hasta el treinta de junio de cada año: Uno) Copia de los Estados Financieros auditados por una compañía auditora externa, nacional o internacional presentados a la Superintendencia de Compañías; Dos) Copia de la declaración del impuesto a la renta presentada a la autoridad competente; Tres) Reportes de Contabilidades Separados; Cuatro) Certificado de cumplimiento de obligaciones emitido por la Superintendencia de Compañías; y, Cinco) Estado pormenorizado de la ejecución del Plan Mínimo de Expansión.- En el primer reporte que corresponda a la información trimestral y semestral se incluirá el período correspondiente al veintisiete de agosto del dos mil ocho al treinta y uno de diciembre del dos mil ocho.- Veintidós punto Tres.- Toda la información prevista en esta Clausula deberá estar a disposición de la SENATEL y de la SUPERTEL mediante un sistema automatizado con acceso a través de la Internet con clave de acceso que identifique a quienes acceden a ella, en los formatos que establezca para el efecto la SENATEL.-

(...) Veintidós punto Siete.- La información entregada al CONATEL, a la SENATEL o a la SUPTEL, que sea de carácter confidencial y no divulgable (Según Adenda eliminar “y no divulgable”) de acuerdo con el Ordenamiento Jurídico Vigente, deberá ser presentada y tratada como tal por los funcionarios que tengan acceso a ella (...).”

“CLAUSULA TREINTA Y TRES.- Supervisión y control: Treinta y tres punto uno. –

(...)Treinta y tres punto dos.- Sin perjuicio de las funciones y atribuciones de control y supervisión que la Legislación Aplicable asigna a la SUPTEL, este organismo de control verificará el cumplimiento de los Parámetros Mínimos de Calidad previstos en este Contrato. Para tal fin, podrá inspeccionar las instalaciones, los equipos y aparatos de la Sociedad Concesionaria en el momento que estime conveniente. La Sociedad Concesionaria tendrá la obligación de efectuar la medición de los Parámetros Mínimos de Calidad que constan en el Anexo cinco (5) y las resoluciones que en lo posterior, sobre parámetros de calidad de servicio, dicte el CONATEL. Las mediciones realizadas por la Sociedad Concesionaria serán puestas, a disposición de la

SUPTTEL para su monitoreo y revisión mediante un sistema automatizado a través de la Internet con clave de acceso que identifique a quienes accedan.-

(...) Treinta y tres punto cuatro.- En el término de noventa (90) días contados a partir de la fecha de Entrada en Vigencia del presente Contrato, la Sociedad Concesionaria está en la obligación de presentar toda la documentación de soporte técnico que certifique que el o los Sistemas de Medición y Control de la Calidad del Servicio implementados por la Sociedad Concesionaria permiten medir los parámetros que correspondan, señalados en el Anexo cinco (5) de este Contrato. Tal certificación deberá ser otorgada por el proveedor de los Sistemas de Medición y Control de la Calidad del Servicio.- La SUPTTEL, tomando en consideración las observaciones de la Sociedad Concesionaria, establecerá las guías de procedimiento para la presentación de la documentación referida en el inciso anterior. Esta documentación servirá de base para realizar auditorías al Sistema de Medición y Control de la Calidad del Servicio. Cada vez que la Sociedad Concesionaria realice un cambio en su Sistema de Medición y Control de la Calidad del Servicio, deberá informar a la SUPTTEL y actualizar la documentación del Sistema de Medición y Control de Calidad del Servicio, dentro del Plazo de treinta (30) días, contados a partir de la implementación del cambio.- La supervisión y control de los servicios otorgados a la Sociedad Concesionaria serán llevados a cabo por la SUPTTEL, de conformidad con la Legislación Aplicable y el Anexo cinco (5).

CLAUSULA TREINTA Y CUATRO.- Obligaciones en la prestación de los Servicios Concesionados.- Treinta y cuatro punto uno.- La Sociedad Concesionaria está obligada a prestar los Servicios Concesionados sobre la base de los siguientes principios: eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, continuidad y calidad, conforme a lo previsto en el presente Contrato, así como en las decisiones que fueran emitidas por el CONATEL y la SENATEL de conformidad con lo Legislación Aplicable.- Treinta y cuatro punto dos.- Continuidad de los Servicios Concesionados.- Salvo los casos previstos en este Contrato, la Sociedad Concesionaria no podrá interrumpir, suspender o discontinuar la prestación de los Servicios Concesionados, en

todo o en parte, sin autorización previa de la SENATEL, la misma que entrará en vigencia una vez notificada a la SUPTEL. Esta autorización no se requerirá para la reubicación de terminales de Servicios Finales de Telecomunicaciones a través de terminales de telecomunicaciones de uso público.-

Treinta y cuatro punto cinco.- Interrupción de la Prestación de los Servicios Concesionados.- La Sociedad Concesionaria podrá interrumpir la prestación de los Servicios Concesionados, únicamente en los siguientes casos: a) Para el Servicio Móvil Avanzado (SMA).- En los casos en que la Sociedad Concesionaria requiera realizar trabajos de mantenimiento preventivo o mejoras tecnológicas en su infraestructura que interrumpan la prestación de los Servicios Concesionados, por un lapso mayor de una (1) hora, comunicará esta situación por escrito a la SENATEL, la SUPTEL y a los Usuarios a través de un medio de comunicación masivo y del propio servicio; en ambos casos, con una anticipación no menor de tres (3) días calendario previas al inicio del mantenimiento.- b) Terminales Inalámbricos de Uso Público.- En los casos en los que la Sociedad Concesionaria requiera realizar trabajos de mantenimiento preventivo o mejoras tecnológicas en su infraestructura que interrumpa la prestación de los Servicios Concesionados a través de dichos terminales, en un porcentaje superior al cinco por ciento (5%) de los mismos, por un lapso mayor de una (1) hora, comunicará esta situación por escrito a la SENATEL y la SUPTEL, con una anticipación no menor de tres (3) días calendario.- Treinta y cuatro punto seis.- Interrupciones no programadas.- En caso de que se produzca una suspensión de servicio debido a Interrupciones no programadas la Sociedad Concesionaria notificará este hecho, vía correo electrónico, a la SENATEL y a la SUPTEL, dentro de los treinta (30) minutos subsiguientes de haberse producido. En dicha comunicación se hará constar el plazo durante el cual se estima que se restablecerá el servicio.- En caso de que la Interrupción se produzca durante la ejecución de trabajos que no contemplaban una Interrupción, se considerará como una interrupción no programada.- En caso de que la Interrupción no programada se deba a un evento de Fuerzo Mayor, la Sociedad Concesionaria se obliga a presentar a la SENATEL y la SUPTEL, en un Término de cinco (5) días, las pruebas que acrediten tal existencia. La

SUPTTEL, dentro del Término de quince (15) días, calificará si el evento presentado obedece a causas de Fuerza Mayor o Caso Fortuito.- Si la Interrupción no programada se prolongare por más de cuatro (4) horas, la Sociedad Concesionaria deberá, obligatoriamente y por cualquier medio, dar aviso a sus usuarios.-

“CLAUSULA CUARENTA. Parámetros Mínimos de Calidad de los Servicios.- Cuarenta punto Uno.- Los Servicios Concesionados serán prestados sobre la base de los Parámetros Mínimos de Calidad establecidos en el Anexo cinco (5).-

Los Parámetros de Calidad del servicio constan en el Anexo cinco (5) del presente Contrato y posteriormente serán establecidos anualmente por el CONATEL, teniendo en cuenta el punto de vista de la Sociedad Concesionaria.- Cuarenta punto Dos.- La SENATEL de conformidad con el procedimiento que para el efecto establezca y considerando los avances tecnológicos, el crecimiento de las necesidades de los Servicios Concesionados y las inversiones requeridas, podrá revisar de común acuerdo con la Sociedad Concesionaria en cualquier momento los Parámetros Mínimos de Calidad tomando en cuenta las recomendaciones de la UIT, de la European Telecommunications Standards Institute (ETSI y de la Federal Communications Commission (FCC). La SENATEL someterá a consideración del CONATEL los Parámetros Mínimos de Calidad revisados. En cualquier caso, debe procurarse la mejora del servicio al Usuario. De ninguna manera los nuevos Parámetros Mínimos de Calidad podrán ser inferiores a los establecidos como Parámetros Mínimos de Calidad establecidos inicialmente en el Anexo cinco de este Contrato.- Cuarenta punto Tres.- Para efectos de determinación del tamaño de la muestra usada en el cálculo de los Parámetros Mínimos de Calidad establecidos en el Anexo cinco (5), se excluirán los días atípicos señalados en el numeral veintidós punto seis (22.6) y el periodo de tiempo que duren los efectos derivados de un evento calificado como Fuerza Mayor.- Cuarenta punto Cuatro.- Todos los costos relacionados con el cumplimiento de los Parámetros Mínimos de Calidad de los servicios serán asumidos exclusivamente por la Sociedad Concesionaria.-(...)”

“CAPITULO NOVENO: RÉGIMEN DE PROTECCIÓN DEL USUARIO.- CLAUSULA CUARENTA Y UNO.- Derechos de los Usuarios.- Cuarenta y Uno punto Uno.- En la prestación de los servicios, la Sociedad Concesionaria respetará los derechos de los Usuarios que fueren previstos en el Contrato de adhesión, en este Contrato y en el Ordenamiento Jurídico Vigente, será responsable por las acciones que se deriven de la trasgresión a dichos derechos en la prestación de tales servicios, así como por las condiciones deficientes de los productos y servicios que se ofrezcan.- Cuarenta y Uno punto Dos.- Los Usuarios tienen derecho a disponer de información veraz, clara, completa, oportuna y adecuada que les permita conocer las características esenciales de los bienes y servicios que ofrezca la Sociedad Concesionaria (naturaleza, calidad, cantidad y precios) y reivindicar todos los derechos de los Usuarios de conformidad con el Ordenamiento Jurídico Vigente.- Cuarenta y Uno punto Tres.- Los Usuarios tienen derecho a recibir los servicios conforme a los parámetros de calidad establecidos en la Legislación Aplicable y en este Contrato.- Cuarenta y Uno punto Cuatro.- A más de los Planes Tarifarios que se establezcan conforme al numeral cuarenta y cuatro punto dos (44.2), los Usuarios tienen derecho a disponer de Planes Tarifarios que consideren la acumulación de saldos no utilizados, por lo cual la Sociedad Concesionaria está obligada a crearlos en el Plazo de setenta (70) días contados a partir de la Fecha de Entrada en Vigencia, a acumulación de saldo es obligatoria en prepago y, tanto en pospago como en prepago, se aplicará mientras la línea se encuentre catalogada como activa.- Cuarenta y Uno punto cinco.- Es derecho de los Usuarios que las condiciones de prestación de los Servicios Concesionados se establezcan en los modelos de contratos de adhesión que deben ser a probados por el CONATEL. Los Usuarios tienen derecho a que los términos de los contratos de adhesión no sean modificados unilateralmente por la Sociedad Concesionaria, para la modificación se requerirá de la autorización expresa del Usuario por cualquier medio. Los cambios unilaterales serán nulos y no tendrán ningún valor.-

“CLAUSULA CUARENTA Y DOS.- De las reclamaciones.- Cuarenta y Dos punto Uno.- De acuerdo con lo dispuesto en la Legislación Aplicable y en este Contrato, la Sociedad Concesionaria mantendrá un sistema eficiente para

la solución de quejas y reclamos, debiendo atenderlos dentro de un Plazo máximo de quince (15) días (Reemplazar la frase “dentro de un plazo máximo de quince días (15) días por “de conformidad con lo previsto en el Anexo Cinco”). Cuarenta y Dos punto Dos.- Sin perjuicio de lo anterior, el Usuario tendrá derecho a acudir a los organismos competentes establecidos en el Ordenamiento Jurídico Vigente para la solución efectiva de sus quejas y reclamos.-”

“CAPITULO DECIMO SEGUNDO: INCUMPLIMIENTOS CONTRACTUALES Y SANCIONES.- CLAUSULA CINCUENTA Y UNO.- Normas generales.- Las disposiciones del presente capítulo regulan exclusivamente los incumplimientos de carácter contractual. En cuanto a las sanciones por infracciones de carácter legal se observará lo preceptuado por la Legislación Aplicable.-

(...)CLAUSULA CINCUENTA Y DOS.- Incumplimientos contractuales.- Cincuenta y Dos punto Uno.- Incumplimientos de primera clase.- Se considerarán como incumplimientos de primera clase las siguientes acciones u omisiones: a) Incumplimiento de los Parámetros Mínimos de Calidad, codificados como cinco punto tres (5.3), cinco punto cuatro (5.4), cinco punto seis (5 .6), cinco punto siete (5.7) cinco punto ocho (5.8), cinco punto once (5.11) y cinco punto doce (5.12) en el Anexo cinco (5) de este Contrato, en un desvío mayor al dos por ciento (2%) en desmedro del valor objetivo del índice, o cuando no se hayan subsanado incumplimientos de los Parámetros Mínimos de Calidad antes señalados, con un desvío menor o igual al dos por ciento (2%) en desmedro del valor objetivo del índice, de acuerdo a lo establecido en la cláusula cincuenta y tres (53] de este Contrato.- b) Repetición por dos ocasiones consecutivas sin alcanzar el valor objetivo del índice conforme a la frecuencia de medición, de cualquiera de los Parámetros Mínimos de Calidad codificados como cinco punto uno (5.1), cinco punto dos (5.2) y cinco punto cinco (5.5) en el Anexo cinco (5) de este Contrato.- c) Incumplimiento del parámetro de calidad, codificado como cinco punto diez (5.10) en el Anexo cinco (5) de este Contrato, en un desvío mayor al diez por ciento (10%) en desmedro del valor objetivo del índice, o cuando no se haya subsanado el incumplimiento del parámetro

de calidad antes señalado, con un desvío menor o igual al diez por ciento (10%) en desmedro del valor objetivo del índice, de acuerdo a lo establecido en la cláusula cincuenta y tres (53) de este Contrato.- d) Afectación Efectiva del Servicio mayor a seis punto cincuenta y siete (6.57) horas y menor a ocho punto setenta y seis (8.76) horas por trimestre, siempre que el Grado de Afectación de la Prestación del Servicio sea menor a diez por ciento (10%) por cada Interrupción.- e) Interrupción de servicio de cualquier Radiobase de la red que tenga una duración mayor a veinticuatro (24) horas para el territorio continental ecuatoriano y cuarenta y ocho (48) horas para la Provincia Insular de Galápagos.- f) No informar a las autoridades y a los usuarios las condiciones de los Planes Tarifarios y los cambios de tarifas, de conformidad con el numeral doce punto treinta y cinco (12.35) y los numerales cuarenta y cuatro punto dos (44.2), cuarenta y cuatro punto seis (44.6) y cuarenta y cuatro punto siete (44.7).- g) No activar las líneas a las que hace referencia el numeral treinta y tres punto tres (33.3).- h) No remitir ni presentar al CONATEL la información a la que hace referencia el numeral veintidós punto cinco (22.5).- i) No notificar a la SUPTEL, a la SENATEL y a los usuarios la Interrupción no programada del servicio, de conformidad con lo establecido en el numeral treinta y cuatro punto seis (34.6).- Cincuenta y Dos punto Dos.- Incumplimientos de segunda clase.- Se considerarán como incumplimientos de segunda clase las siguientes acciones u omisiones: a) Afectación Efectiva del Servicio mayor o igual a ocho punto setenta y seis (8.76) horas por trimestre, siempre que el Grado de Afectación de la Prestación del Servicio sea menor al diez por ciento (10%) por cada Interrupción.- b) Interrupción parcial del servicio, cuyo Grado de Afectación de la Prestación del Servicio sea mayor o igual al diez por ciento (10%) y menor al veinte y cinco por ciento (25%), con aplicación de la sanción de acuerdo con la duración de la Interrupción establecida en el numeral cincuenta y seis punto tres (56.3) del presente Contrato.- c) Incumplimiento de las metas del Plan Mínimo de Expansión de hasta el veinte por ciento (20%) establecidas en el Anexo dos (2), de acuerdo a los numerales doce punto dos (12.2) y veintiuno punto uno (21.1). d) No entregar a petición de la autoridad competente que opere el servicio de llamadas de emergencia, la información sobre la localización aproximada

de las llamadas de conformidad con lo establecido en el numeral doce punto cinco (12.5).- e) No notificar al CONATEL lo previsto en el numeral dieciséis punto dos (16.2).- f) Negativa a prestar todas las facilidades o no permitir el acceso a funcionarios de la SUPTEL, debidamente autorizados e identificados, a las instalaciones, equipos o documentación que sea necesaria para las funciones propias de ese organismo, de conformidad con lo establecido en los numerales doce punto ocho (12.8) y doce punto quince (12.15).- g) No remitir ni presentar a la SENATEL y la SUPTEL la información estipulada o presentarla en forma manifiestamente incompleta, falsa o fuera de los plazos, de conformidad con los numerales veintidós punto dos (22.2) y veintidós punto seis (22.6).- h) No establecer y mantener el sistema automatizado con acceso a través de la Internet al que hace referencia los numerales veintidós punto tres (22.3) y veintidós punto cuatro (22.4). Problemas de acceso por fallas eventuales en el acceso a Internet no serán motivo de esta sanción.- i) No disponer de servicios de información y asistencia para atención de reclamos, de conformidad con lo previsto en los numerales doce punto once (12.11) y doce punto doce (12.12).- j) Cobrar tarifas por encima de los techos tarifarios aprobados o en forma distinta a lo pactado de conformidad con los numerales doce punto veintiocho (12.28), cuarenta y cuatro punto tres (44.3) y cuarenta y cuatro punto ocho (44.8).- k) No llevar sistemas de Contabilidad Separada de conformidad con los numerales doce punto dieciocho (12.18) y doce punto diecinueve (12.19).- l) Aplicar subsidios cruzados entre los Servicios Concesionados, de conformidad con el numeral doce punto veinte (12.20).- m) No establecer ni mantener el Sistema de Medición y Control de Calidad del Servicio, de conformidad con lo previsto en el numeral doce punto seis (12.6).-

(...) p) No notificar a la SUPTEL, a la SENATEL y a los usuarios la Interrupción programada del servicio, de conformidad con lo establecido en el numeral treinta y cuatro punto cinco (34.5).-

(...) r) Reincidir en un incumplimiento de primera clase.- Cincuenta y Dos punto Tres.- Incumplimientos de tercera clase.- Se considerarán como incumplimientos de tercera clase las siguientes acciones u omisiones : a)

Interrupción parcial del servicio que produzca un valor mayor o igual al veinte y cinco por ciento (25%) en el Grado de Afectación de la Prestación del Servicio, con aplicación de la sanción de acuerdo con la duración de la Interrupción establecida en el numeral cincuenta y seis punto tres (56.3).- b) Incumplimiento de las metas del Plan Mínimo de Expansión mayor al veinte por ciento (20%) establecidas en el Anexo dos (2), de conformidad a los numerales doce punto dos (12.2) y veintiuno punto uno (21.1).- c) Incumplir con la obligación señalada en el numeral diecisiete punto uno (17.1).- d) Reincidir en un incumplimiento de segunda clase.- Cincuenta y Dos punto

Cuatro.-Incumplimientos de cuarta clase.- Se considerarán como incumplimientos de cuarta clase las siguientes acciones u omisiones: a) No realizar la notificación prevista en el numeral trece punto dos (13.2).- b) Reincidir en un incumplimiento de tercera clase de los que constan en los literales a), b) y c) del numeral cincuenta y dos punto tres (52.3) (...).”

“CLAUSULA CINCUENTA Y TRES.- Subsanación.- En el caso de que cualquiera de los Parámetros Mínimos de Calidad codificados como cinco punto tres (5.3), cinco punto cuatro (5.4), cinco punto seis (5.6), cinco punto siete (5.7), cinco punto ocho (5.8), cinco punto once (5.11) y cinco punto doce (5.12) del Anexo cinco (5) de este Contrato, sean incumplidos en un desvío menor o igual al dos por ciento (2%) en desmedro del valor objetivo del índice, la SUPTTEL notificará a la Sociedad Concesionaria para que subsane dicho incumplimiento. La subsanación del incumplimiento se realizará durante el siguiente período de medición y será verificada cuando la Sociedad Concesionario presente el reporte correspondiente a dicho periodo conforme lo previsto en el Anexo cinco (5) para estos parámetros. Si se verificare que no se efectuó la subsanación, la SUPTTEL iniciará el procedimiento administrativo de imposición de la sanción prevista en la cláusula cincuenta y siete (57).- En el caso de que el parámetro de calidad codificado como cinco punto diez (5.10) establecido en el Anexo cinco (5) de este Contrato, sea incumplido en un desvío menor o igual al diez por ciento (10%) en desmedro del valor objetivo del índice la SUPTTEL notificará a la Sociedad Concesionaria para que subsane dicho incumplimiento. La subsanación del incumplimiento se realizará durante el siguiente período de

medición y será verificado cuando la Sociedad Concesionaria presente el reporte correspondiente a dicho periodo, conforme lo previsto en el Anexo cinco (5) para este parámetro. Si se verificare que no se efectuó la subsanación, la SUPTTEL iniciará el procedimiento administrativo de imposición de la sanción prevista en la cláusula cincuenta y siete (57).-

CLAUSULA CINCUENTA Y CUATRO.- Reincidencia.- Se considerará reincidencia cuando la Sociedad Concesionaria hubiese incurrido en el mismo incumplimiento y exista identidad de causa y efecto en un determinado período, contado a partir de la fecha de la notificación del acto con el cual se agotó la vía administrativa del procedimiento de juzgamiento del primer incumplimiento, de conformidad con la cláusula cincuenta y siete (57) de este Contrato .- El período que se considera para la aplicación de la reincidencia para todos los incumplimientos de primera, segunda o tercera clase es de nueve (9) meses, exceptuando los Parámetros Mínimos de Calidad codificados como cinco punto uno (5.1), cinco punto dos (5.2) y cinco punto cinco (5.5).- Para aquellas obligaciones cuyo período de cumplimiento son anuales, o en el caso de los Parámetros Mínimos de Calidad codificados como cinco punto uno (5.1), cinco punto dos (5.2) y cinco punto cinco (5.5) la reincidencia se producirá cuando la Sociedad Concesionaria hubiese sido sancionada por dos incumplimientos consecutivos.-

CLAUSULA CINCUENTA Y CINCO.- Sanciones contractuales.- Los incumplimientos contractuales citados en la cláusula cincuenta y dos (52) del presente Contrato darán lugar a la aplicación de los siguientes sanciones: Cincuenta y cinco punto Uno.- Sanción a los incumplimientos de primera clase: Corresponde a una amonestación escrita.- Cincuenta y Cinco punto Dos.- Sanción a los incumplimientos de segunda clase: Corresponde a una multa de hasta quinientos (500) Salarios Básicos Mínimos Unificados.- Cincuenta y Cinco punto Tres.- Sanción a los incumplimientos de tercera clase: Corresponde a una multa de entre quinientos uno (501) Salarios Básicos Mínimos Unificados hasta mil doscientos cincuenta (1.250) Salarios Básicos Mínimos Unificados.- Cincuenta y Cinco punto Cuatro.- Sanción a los incumplimientos de cuarta clase: Corresponde a una multa de

entre el mil doscientos cincuenta y un (1.251) Salarios Básicos Mínimos Unificados hasta cinco mil (5.000) Salarios Básicos Mínimos Unificados.-

CLAUSULA CINCUENTA Y SEIS.- Atenuantes, Agravantes y Gradación de las sanciones.- Cincuenta y Seis punto Uno.- Para determinar el monto de la sanción, cuando no se encuentre especificado, se considerarán las siguientes circunstancias agravantes y atenuantes: Se considerarán circunstancias agravantes: a) Haber sido sancionado con anterioridad por un incumplimiento contractual por la misma causa. - b) Un incumplimiento producido por causas que ya fueron establecidas en auditorías técnicas de la SUPTEL y donde la Sociedad Concesionaria no adoptó las medidas correctivas de acuerdo a las recomendaciones de esas auditorías.- c) La obtención de beneficios económicos por parte del infractor - d) La culpa grave, en los términos del Código Civil.- Se considerarán circunstancias atenuantes: a) No haber sido sancionado con anterioridad por la misma causa.- b) Haber reconocido en el procedimiento administrativo de juzgamiento el incumplimiento.- c) Haber adoptado medidas de remediación frente al incumplimiento previo a la imposición de la sanción.- d) Haber adoptado medidas compensatorias a favor de los usuarios frente al incumplimiento, previo a la imposición de la sanción.- Cincuenta y Seis punto Dos.- La aplicación de las sanciones relacionadas con los Parámetros Mínimos de Calidad descritos en el Anexo cinco (5) deberá ser determinada en función del nivel de incumplimiento de acuerdo a lo siguiente: a) Para los Parámetros Mínimos de Calidad codificados como cinco punto tres (5.3), cinco punto cuatro (5.4), cinco punto seis (5.6), cinco punto siete (5.7), cinco punto ocho (5 .8), cinco punto once (5.11) y cinco punto doce (5 .12) del Anexo cinco (5) de este Contrato, se aplicará lo siguiente: UNO) Incumplimiento de los Parámetros Mínimos de Calidad, en un desvío mayor del dos por ciento (2%) y menor o igual al cinco por ciento (5%) en desmedro del valor objetivo, corresponderá al treinta por ciento (30%) de la diferencia entre los valores máximo y mínimo aplicables a la sanción, valor al cual deberá sumarse el valor mínimo de la misma sanción. Esta misma sanción se aplicará en desvíos menores o iguales al dos por ciento (2%) en desmedro del valor objetivo y que no hayan sido subsanados.- DOS) Incumplimiento de los Parámetros Mínimos de Calidad, en un desvío mayor

o igual al cinco por ciento (5%) y menor o igual al diez por ciento (10%) en desmedro del valor objetivo, corresponderá al sesenta por ciento (60%) de la diferencia entre los valores máximo y mínimo aplicables a la sanción, valor al cual deberá sumarse el valor mínimo de la misma sanción.- TRES) Incumplimiento de los Parámetros Mínimos de Calidad, en un desvío mayor al diez por ciento (10%) en desmedro del valor objetivo, corresponderá al máximo de la sanción.- b) Para los Parámetros Mínimos de Calidad codificados como cinco punto diez (5.10) del Anexo cinco (5) de este Contrato, se aplicará lo siguiente: UNO) Incumplimiento del parámetro de calidad, en un desvío menor al diez por ciento (10%) en desmedro del valor objetivo, y que no haya sido subsanado, corresponderá al diez por ciento (10%) de la diferencia entre los volares máximo y mínimo aplicables a la sanción, valor al cual deberá sumarse el valor mínimo de la misma sanción. DOS) Incumplimiento del parámetro de calidad, en un desvío mayor al diez por ciento (10%) y menor o igual al veinte y cinco (25%) por ciento en desmedro del valor objetivo, corresponderá al cincuenta por ciento (50%) de la diferencia entre los valores máximo y mínimo aplicables o la sanción, valor al cual deberá sumarse el valor mínimo de la misma sanción.- TRES) Incumplimiento del parámetro de calidad, en un desvío mayor al veinte y cinco (25%) por ciento en desmedro del valor objetivo, corresponderá al ciento por ciento (100%) de la diferencia entre los Valores máximo y mínimo aplicables a la sanción, valor al cual deberá sumarse el valor mínimo de la misma sanción.- c) Cuando corresponda una sanción pecuniaria por un incumplimiento del parámetro de calidad codificados como cinco punto uno (5.1), cinco punto dos (5.2) y cinco punto cinco (5.5) del Anexo cinco (5), se aplicará el cien por ciento (100%) del valor de la penalidad.- Reincidencia: En caso de presentarse reincidencia se aplicará la sanción de la clase inmediatamente superior utilizando los mismos porcentajes especificados en los literales a), b) y c) de esta Cláusula.- Cincuenta y Seis punto Tres.- La aplicación de las sanciones en lo relacionado a la Interrupción del servicio deberá ser determinada en función de la duración de la Interrupción de acuerdo con lo siguiente: a) Por la Afectación Efectiva del Servicio mayor o igual a ocho punto setenta y seis (8.76) horas y menor a diez punto noventa y cinco (10.95) horas por trimestre, siempre que el Grado

de Afectación de la Prestación del Servicio sea menor al diez por ciento (10%) por cada Interrupción, corresponderá al cincuenta por ciento (50%) de la diferencia entre los valores máximo y mínimo aplicables a la sanción, valor al cual deberá sumarse el valor mínimo de la misma sanción.- b) Por la Afectación Efectiva del Servicio mayor o igual a diez punto noventa y cinco (10.95) horas por trimestre, siempre que el Grado de Afectación de la Prestación del Servicio sea menor al diez por ciento (10%) por cada Interrupción, corresponderá al ciento por ciento (100%) de la diferencia entre los volares máximo y mínimo aplicables a la sanción, valor al cual deberá sumarse el valor mínimo de la misma sanción.- c) Duración igual o menor de sesenta (60) minutos, corresponderá al veinte por ciento (20%) de la diferencia entre los valores máximo y mínimo aplicables a la sanción, valor al cual deberá sumarse el valor mínimo de la misma sanción.- d) Duración mayor que sesenta (60) minutos e igual o menor de dos (2) horas, corresponderá al cuarenta por ciento (40%) de la diferencia entre los volares máximo y mínimo aplicables a la sanción, valor al cual deberá sumarse el valor mínimo de la misma sanción.- e) Duración mayor a dos (2) horas e igual o menor de cuatro (4) horas, corresponderá al ochenta por ciento (80%) de la diferencia entre los valores máximo y mínimo aplicables a la sanción, valor al cual deberá sumarse el valor mínimo de la misma sanción.- f) Duración mayor a cuatro (4) horas corresponderá al máximo de la sanción.- Recurrencia: En caso de presentarse recurrencia se aplicará la sanción de la clase inmediatamente superior utilizando los mismos porcentajes especificados en los literales a), b), c), d), e) y f) de esta Cláusula.-(...)"

"CLAUSULA OCHENTA Y DOS.- Cláusula Transitoria.- La Sociedad Concesionaria hasta que certifique el Sistema de Medición y Control de la Calidad del Servicio, de acuerdo o lo establecido en el numeral treinta y tres punto cuatro (33.4) del presente Contrato, deberá reportar los índices de calidad de la forma establecida en el Acuerdo para el Mejoramiento de la Calidad del Servicio suscrito con la SUPTEL de diecinueve de abril de dos mil siete.- Usted Señor Notario se servirá agregar las demás cláusulas de estilo para la validez y firmeza del presente instrumento.-"

“ANEXO 5 PARÁMETROS DE CALIDAD

LISTA DE PARÁMETROS

- 5.1 Relación con el cliente.
- 5.2 Porcentaje de reclamos generales.
- 5.3 Tiempo promedio de resolución de reclamos.
- 5.4 Tiempo promedio de espera por respuesta de operador humano.
- 5.5 Porcentaje de reclamos de facturación y débito.
- 5.6 Porcentaje de llamadas establecidas.
- 5.7 Tiempo de establecimiento de llamada.
- 5.8 Porcentaje de llamadas caídas.
- 5.9 Zona de cobertura.
- 5.10 Calidad de conversación.
- 5.11 Porcentaje de mensajes cortos con éxito.
- 5.12 Tiempo promedio de entrega de mensajes cortos.

2.7.2 Análisis

En los contratos de concesión se establece de manera detallada el modelo de regulación de la calidad QoS del SMA, así como se especifican los parámetros de calidad, que los operadores tienen que medir y reportar; también se define la revisión de los parámetros y metas de calidad, anualmente o en el momento que se requiera, sustentándose en la Cláusula 40.-40.2 del contrato, esto considerando los avances tecnológicos, las necesidades de los servicios concesionados y las inversiones requeridas, los cambios en los parámetros de calidad deben tener en cuenta entre otras las recomendaciones de la UIT, la ETSI y la FCC sin restringirse únicamente a ellas.

En el Anexo 5 de los contratos se especifica que la sociedad concesionaria debe realizar la medición de los parámetros mínimos de calidad.

Adicionalmente a esto la SUPERTEL verificará el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos en el contrato.

Los contratos establecen también sanciones contractuales de I, II, III y IV clases, que fijan sanciones respecto a las interrupciones de servicio y a la forma de subsanación.

En lo que respecta a los derechos de los usuarios, estos también se encuentran en los contratos de adhesión, además del derecho de los usuarios a recibir servicios conforme a los parámetros de calidad establecidos

Se fijan las compensaciones debido a incumplimientos de los operadores a los parámetros mínimos de calidad, las mismas que son determinadas técnicamente por la SUPERTEL.

2.8 Acuerdos para el mejoramiento de calidad de servicio entre la SUPERTEL y las operadoras CONECEL S.A y OTECEL S.A

Las operadoras OTECEL S.A y CONECEL S.A respectivamente, firmaron con la Superintendencia de Telecomunicaciones un acuerdo para el mejoramiento de la calidad de servicio, el 19 y 20 de abril del 2007, mediante los cuales la SUPERTEL en conjunto con las operadoras ejecutaban tareas para identificar áreas de baja calidad de servicio y para mejorarlas de acuerdo a un plan de acción establecido.

2.9 Título habilitante de autorización para la CNT EP y contrato de concesión de TELECSA S.A.

El contrato de concesión entre la SENATEL y la empresa TELECSA S.A para la prestación del Servicio Móvil Avanzado se celebró el 3 de Abril del 2003.

El 30 de octubre del 2008, la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, CNT S.A, se conformó de la fusión ANDINATEL S.A y PACIFICTEL S.A., posteriormente el 14 de enero del 2010, la CNT S.A., se convierte en Empresa Pública, y se convierte en, La CORPORACIÓN

NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP., y el 30 de julio del 2010 se oficializó la fusión de la CORPORACIÓN con la Empresa TELECSA.

La SENATEL el 1 de junio del 2011 emitió el Título Habilitante para la CNT EP.

Título Habilitante para la CNT EP.

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, previa autorización del CONATEL, el 01 de junio de 2011, emitió el Título Habilitante de autorización, denominado: "Condiciones Generales para la prestación de los Servicios de Telecomunicaciones" conjuntamente con sus Anexos y Apéndices, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP.

2.9.1 Anexo D: condiciones para la prestación del servicio móvil avanzado.

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones mediante Resolución No. 267-11-CONATEL-2012 de 15 de mayo del 2012, aprobó, entre otros aspectos, el texto del Anexo D, Condiciones para la Prestación del Servicio Móvil Avanzado, el cual se incorpora como parte integrante e inseparable de las "Condiciones Generales para la prestación de los Servicios de Telecomunicaciones" conjuntamente con sus anexos y Apéndices, para la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP de 1 de junio del 2011.", Dicho Anexo se encuentra incorporado y vigente a partir de la inscripción en el Registro Público de Telecomunicaciones; esto es, desde el 13 de junio del 2012, incluyendo el Apéndice 1, donde se establecen las obligaciones a cumplir de parte de la CNT E.P. en lo que corresponde a índices de calidad de servicio, metodología de medición y plan de implementación.

Los aspectos más destacados relacionados con la calidad (QoS) del SMA son los siguientes:

Para con el abonado/cliente-usuario:

- El abonado/cliente-usuario tiene derecho a disponer de servicios autorizados en el presente anexo y que estos sean de óptima calidad.

- Recibir y atender los reclamos de los abonados/clientes-usuarios, en días y horas hábiles, los que podrán hacerse mediante atención presencial en los centros de atención al usuario en los días y horas en los que exista atención al público para venta de servicios, en páginas electrónicas o en centros de llamadas (call center), estos dos últimos con atención durante veinticuatro (24) horas, todos los días del año.
- Los abonados/clientes-usuarios están facultados a dirigir solicitudes y requerimientos relacionados con la prestación de los servicios autorizados en el presente Anexo, los que deberán considerarse en lo pertinente, de conformidad con lo establecido en la Constitución, la Ley Orgánica de Empresas Públicas y el Ordenamiento Jurídico Vigente.

Compensación al abonado.-

- Cuando la prestación del servicio se interrumpa o sufra alteraciones por causas imputables a la Empresa Pública, que impliquen el incumplimiento de los Parámetros Mínimos de Calidad y hayan sido determinadas técnicamente por la SUPERTEL, la Empresa Pública deberá reintegrar o compensar, a elección del abonado, la parte proporcional de los servicios no prestados, dentro del plazo de treinta (30) días contados desde la fecha en que se produjo la interrupción o alteración. Asimismo, la Empresa Pública, de acuerdo con el Ordenamiento Jurídico Vigente, deberá reintegrar o compensar a los abonados, a elección de éstos, aquellos valores cobrados indebidamente. La Empresa Pública deberá incorporar las presentes disposiciones en los contratos que celebre con sus abonados.
- Los abonados / clientes.- usuarios tienen derecho a recibir los servicios conforme a los parámetros de calidad establecidos en el Ordenamiento Jurídico Vigente y en este Anexo.
- En cualquier momento, el abonado podrá solicitar cualquier medio, sin costo alguno, la suspensión para la recepción de mensajes masivos de carácter comercial. La Empresa Pública se obliga a adoptar las acciones para bloquear los mensajes masivos comerciales que genere, o aquellos generados por clientes que hayan contratado paquetes

comerciales para envío masivo de mensajes y cuya suspensión haya sido solicitada por el abonado.

- De acuerdo con lo dispuesto en el Ordenamiento Jurídico Vigente y en este Anexo, la Empresa Pública mantendrá un sistema eficiente para la solución de quejas y reclamos, debiendo atenderlos de conformidad con lo previsto en el Apéndice 1. Sin perjuicio de lo dispuesto en el presente Anexo, el abonado/cliente-usuario tendrá derecho a acudir a los Organismos competentes establecidos en el Ordenamiento Jurídico Vigente para la solución efectiva de sus quejas y reclamos.
- La Empresa Pública deberá establecer mecanismo de evaluación del grado de satisfacción de los abonados/clientes-usuarios, los mismos que serán conocidos y aprobados por la SUPERTEL.
- La Empresa Pública, garantizará el efectivo cumplimiento de los derechos de los abonados/clientes-usuarios contenidos en el ordenamiento Jurídico Vigente.

Obligaciones para con los órganos de regulación y control:

- Registrar, atender y gestionar los reclamos relacionados con la prestación de los servicios autorizados, de conformidad con lo establecido en el Apéndice 1 del presente Anexo. Dicho registro deberá estar a disposición de la SENATEL y de la SUPERTEL cuando éstas lo requieran. El registro deberá contener, al menos, los siguientes datos: (i) nombre del usuario, (ii) motivo de la queja, (iii) el resultado y (iv) el tiempo que tomó la solución de la queja, para lo cual la SENATEL y la SUPERTEL establecerán el formato único conforme lo previsto en el Apéndice 1.
- Permitir el ingreso a sus instalaciones, a funcionarios debidamente autorizados por la SUPERTEL, de acuerdo al procedimiento establecido por esta entidad tomando en consideración la opinión de la Empresa Pública, para la realización de inspecciones, sin necesidad de notificación, brindarles todas las facilidades requeridas y presentarles los datos técnicos y más documentos que tengan relación con este Anexo, cuando así se requiera. Se dejará constancia, por escrito, de la información obtenida y entregada.

- Proporcionar a la SUPERTEL la información indispensable para los fines de las auditorías técnicas. Bajo ningún concepto se impedirá el acceso a información, bases de datos, contenidas en soporte papel o documento electrónico, programas informáticos, equipos, u otras: recurriendo a su calificación de confidencial.
- Acatar las recomendaciones emitidas por el Superintendente de Telecomunicaciones, dentro del ámbito de su competencia, como resultado de las Auditorías practicadas.
- La Empresa Pública permitirá a la SUPERTEL el ingreso al Centro de Gestión de Red (Network Operation Center – NOC) que muestre el estado de la red y las alarmas activas en tiempo real que afecten de cualquier forma la prestación de los servicios autorizados en el presente Anexo.

ARTÍCULO 4: PLAN MÍNIMO DE EXPANSIÓN.-

- 4.3 La Empresa Pública tendrá la obligación de presentar un informe de ejecución del Plan Mínimo de Expansión, de conformidad con el Ordenamiento Jurídico Vigente, el que estará disponible para la SUPERTEL y SENATEL para su monitoreo y revisión respectivamente, mediante un Sistema Automático de Adquisición de Datos (SAAD) a través de la Internet, con la respectiva clave de acceso que identifique a quienes accedan. La información deberá ser ingresada al Sistema hasta el 15 de enero del año siguiente al de la verificación de cumplimiento.

ARTÍCULO 5.- REGISTROS E INFORMES:

- 5.1 Informes.- La Empresa Pública está obligada a entregar a la SENATEL y a la SUPERTEL, durante la vigencia de este instrumento, con la periodicidad que se indica a continuación, y en los formatos establecidos por el efecto por la SENATEL, mismos que serán remitidos por dicha institución en un plazo de treinta (30) días posteriores al registro del presente Anexo, lo siguiente:
 - 5.1.1 Información mensual.- A presentarse dentro de los primeros quince (15) días del mes subsiguiente:

- 5.1.1.1 Cantidad total de Líneas Activas, prepago y pospago, por tecnología, al cierre del mes calendario y número de líneas desactivadas correspondientes al mes calendario, de acuerdo al formato que determine la SENATEL.
- 5.1.1.2 Al menos cien (100) copias de facturas tomadas al azar y su respectivo detalle de llamadas realizadas, de conformidad con el Ordenamiento Jurídico Vigente.
- 5.1.2 Información trimestral.- A presentarse, según corresponda hasta el 15 de Abril, el 15 de julio, el 15 de octubre y el 15 de enero, de conformidad con el formato que defina la SENATEL.
- 5.1.2.1 Total de minutos de tráfico telefónico cursados, salientes, entrantes y dentro de la propia red. Total de minutos por interconexión entrante y saliente, por operadora y conforme a la clasificación de tráficos establecidos en los acuerdos o disposiciones de interconexión con los que se realiza la liquidación. Total de minutos de tráfico telefónico, entrantes y salientes por nodo de conmutación. Todo lo anterior registrado mensualmente.
- 5.1.2.2. Total de minutos de tráfico telefónico facturados y su valor para pospago salientes, entrantes y dentro de la red. Total de minutos de tráfico tasado y su valor para prepago salientes, entrantes y dentro de la red. Todo lo anterior registrado mensualmente.
- 5.1.2.3 Total de mensajes cortos facturados y su valor para pospago salientes, entrantes y dentro de la red. Total de mensajes cortos tasados y su valor prepago salientes, entrantes y dentro de la red. Total de mensajes cortos por interconexión entrante y saliente y sus respectivos valores, por operadora. Todo lo anterior registrado mensualmente.
- 5.1.3 Información semestral.- A presentarse hasta el 31 de julio y 31 de enero de cada año, de conformidad con el formato que establezca la SENATEL:
- 5.1.3.1 Diagrama de la arquitectura de la red que muestre, como mínimo, red de acceso, transporte, conmutación y plataformas de servicios con su ubicación geográfica.

- 5.1.3.2 Encuestas definidas en el Apéndice 1.
- 5.1.3.3 Hora cargada del sistema por controladora de radiobases, medido diariamente.
- 5.1.3.4 Información relativa al número de centros de atención al usuario implementados, en cumplimiento del artículo 3.1.4.
- 5.1.4 Información Anual.- A presentarse hasta el 30 de junio de cada año lo siguiente, a excepción del numeral 5.1.4.6:
- 5.1.4.4 Estado de cumplimiento del Apéndice 1.
- 5.4. El Sistema Automatizado de Adquisición de Datos (SAAD) deberá implementarse de conformidad con el artículo 15 de las Condiciones Generales para la prestación de servicios de telecomunicaciones, La información de respaldo correspondiente a lo mostrado por el sistema deberá estar disponible para su verificación, hasta veinte y cuatro (24) meses después de su carga. El SAAD estará a disposición de la SENATEL y SUPERTEL con acceso de diferentes niveles a toda la información que se señala en el numeral 5 de este instrumento. El plazo determinado en el artículo 15 de las Condiciones Generales para la prestación de servicios de telecomunicaciones, respecto de la aplicación para el Servicio Móvil Avanzado, regirá a partir de la aprobación, notificación y registro del presente Anexo.

ARTÍCULO 6: ÍNDICES DE CALIDAD EN LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO.-

- 6.1 La Empresa Pública tendrá la obligación de efectuar la medición de los Índices de Calidad que constan en el Apéndice 1 y las resoluciones que en lo posterior, sobre parámetros de calidad de servicio dicte el CONATEL. Los resultados de las mediciones realizadas por la Empresa Pública y sus respectivos archivos de respaldo, estarán a disposición de la SUPERTEL y SENATEL para su control mediante el Sistema Automatizado de Adquisición de Datos (SAAD).

- 6.2 En el caso de que en lo posterior se emita la normativa de carácter general sobre Índices de Calidad, la Empresa Pública tiene el derecho de hacer conocer al CONATEL sus puntos de vista, conforme al procedimiento establecido en el Ordenamiento Jurídico Vigente.
- 6.3 La Resolución que dicte el CONATEL modificando o reformado los Índices de Calidad, entrará a formar parte del presente Anexo, una vez efectuado el registro y notificación, en forma automática, sin necesidad de otra formalidad o requisito.
- 6.4 El cumplimiento de los índices de calidad será controlado por la SUPERTEL y será remitido a la SENATEL oportunamente para su conocimiento.

ARTÍCULO 7.- DERECHOS Y OBLIGACIONES DE LA EMPRESA PÚBLICA

- 7.1 Adicionalmente a los derechos y obligaciones establecidos en las Condiciones Generales para la prestación de servicios de telecomunicaciones, la Empresa Pública cuenta con los derechos establecidos y considerados en los distintos artículos del presente Anexo, y el ordenamiento Jurídico Vigente.
- 7.7. Tener capacidad técnica para satisfacer los requerimientos de tráfico generado por los abandonos/clientes-usuarios, en condiciones normales de uso, cumpliendo con los Parámetros Mínimos de Calidad previstos en el Apéndice 1 y los que en lo posterior apruebe el CONATEL, conforme a lo establecido en el Ordenamiento Jurídico Vigente.
- 7.9 Publicar en su página electrónica los diferentes planes tarifarios y precios que estpen disponibles para los cliente/abonados-usuarios, así como los Índices de calidad previstos en el Apéndice 1.

ARTÍCULO 8.- OBLIGACIONES ESPECIALES EN LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO MOVIL AVANZADO.-

- 8.3 La Empresa Pública establecerá y mantendrá permanentemente y en los términos señalados en este Anexo, servicios de información y asistencia eficientes para la solución de reclamos.
- 8.4 “Interrupciones del Servicio”.- Para efectos de interrupción de los servicios, rige lo señalado en el Apéndice 5.
- 8.5 “Plan de acciones para tráfico atípico”.- La Empresa Pública deberá presentar hasta el treinta de noviembre de cada año, un plan detallado de las acciones que adopte para mitigar los efectos del tráfico atípico del Servicio Móvil Avanzado (SMA) debido al crecimiento del mismo durante los días veinticuatro, veinticinco, y treinta y uno de diciembre, y, primero de enero, catorce de febrero, al Día de la Madre y del Padre del año siguiente. Los períodos de tráfico atípico anteriormente señalados no son muestra para medir los parámetros mínimos de calidad relativos al presente Anexo. Este plan incluirá aspectos técnicos, comerciales y de comunicación. Adicionalmente se adjuntará la siguiente información:
 - 8.5.1 Capacidad de la red, con el siguiente detalle:
 - Capacidad en Erlangs de la red instalada, señalando el número de canales de voz, por celda y por tecnología, con datos tomados al treinta de octubre.
 - Capacidad de procesamiento para intentos de llamada de todas las centrales de conmutación.
 - Capacidad de procesamiento de la plataforma de mensajes cortos o de cualquier otra naturaleza y del Gateway utilizado para envío y recepción de estos entre operadoras.
 - 8.5.2 Porcentaje de carga de los procesadores de las centrales de conmutación medido en la Hora Cargada, correspondiente a la última semana del mes de octubre y a las tres primeras semanas del mes de noviembre.

- 8.5.3 Tráfico medido en Erlang en la Hora Cargada de la primera semana del mes de noviembre, por celda.
- 8.5.4 Tráfico de mensajes cortos o de cualquier otra naturaleza en la Hora Cargada medido en su plataforma correspondiente a todos los días de la primera semana del mes de noviembre.

ARTÍCULO 13.- OBLIGACIONES Y DERECHOS ADICIONALES DEL ESTADO.

- 13.3 La prestación, por parte de la Empresa Pública, de los servicios contemplados en el presente Anexo, está sujeta al control y supervisión por parte de la SUPERTEL, de conformidad con el Ordenamiento Jurídico Vigente, para lo cual podrá realizar, a costo de la SUPERTEL, las auditorías técnicas y exámenes necesarios.
- 13.4 Sin perjuicio de las funciones y atribuciones de control y supervisión que la normativa vigente asignan a la SUPERTEL, este organismo de control verificará el cumplimiento de los Parámetros Mínimos de Calidad previstos en este Anexo.

Apéndice 1: ÍNDICES DE CALIDAD DEL SERVICIO, METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

1) La Empresa Pública estará obligada a llevar los servicios autorizados en este Anexo de acuerdo a los parámetros y especificaciones que constan en este Apéndice. De existir reformas o de emitirse nueva resolución al respecto, tanto las reformas como el nuevo acto administrativo que regule los índices de calidad, la metodología de medición y el plan de implementación respectivo, se entenderán incorporados al presente instrumento.

2) El cumplimiento de estos Índices de Calidad será controlado por la SUPERTEL y será remitido oportunamente a la SENATEL para su conocimiento.

3) La SENATEL, de conformidad con el procedimiento que para el efectos establezca y considerando los avances tecnológicos, el crecimiento de las necesidades de los servicios autorizados y las inversiones requeridas, podrá revisar de común acuerdo con la Empresa Pública al menos una vez en el años los valores objetivos y los propios Índices de Calidad, tomando en cuenta las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), de la European Telecommunicatios Standards Institute (ETSI), de la Federal Communications Commission (FCC), entre otros.

La SENATEL someterá a consideración del CONATEL los valores objetivos y los propios Índices de Calidad revisados. En cualquier caso, debe procurarse la mejora del servicio al abonado / cliente – usuario. Los nuevos valores objetivos de los Índices de Calidad no podrán ser inferiores a los establecidos en este Apéndice.

4) Para efectos de determinación del tamaño de la muestra usada en el cálculo de los Índices de Calidad establecidos en este Apéndice (Tabla 1.2), se excluirán los días veinticuatro, veinticinco, y treinta y uno de diciembre, y, primero de enero, catorce de febrero, el Día de la Madre y del Padre, así como el período de tiempo que duren los efectos derivados de un evento calificado como Fuerza Mayor o Caso Fortuito.

5) Todos los costos relacionados con el cumplimiento de los Índices de Calidad de los servicios serán asumidos exclusivamente por la Empresa Pública.

7) En el término de noventa (90) días contados a partir del registro del presente Anexo, la Empresa Pública está en la obligación de presentar toda la documentación de soporte técnico que certifique que el o los Sistemas de Medición y Control de Calidad del Servicio implementados por la Empresa Pública permiten medir los índices que correspondan, señalados en la Lista de Índices de Calidad (Tabla 1.2) constante en este Apéndice. Tal certificación deberá ser otorgada por el proveedor de los Sistemas de Medición y Control de la Calidad del Servicio. La SUPERTEL, tomando en consideración las observaciones de la Empresa Pública, establecerá las guías de procedimiento para la presentación de la documentación referida en el inciso anterior. Esta documentación servirá de base para realizar auditorías al Sistema de Medición y Control de la Calidad del Servicio. Cada vez que la Empresa Pública realice un cambio en su Sistema de Medición y Control de la Calidad del Servicio, deberá informar a la SUPERTEL y actualizar la documentación del Sistema de Medición y Control de la Calidad del Servicio, dentro del Plazo de treinta (30) días, contados a partir de la implementación del cambio. La supervisión y control de los servicios autorizados en este Anexo serán llevados a cabo por la SUPERTEL, de conformidad con el Ordenamiento Jurídico Vigente y este Apéndice.

TABLA 1.2 LISTA DE ÍNDICES DE CALIDAD

Nº.	ÍNDICES
1.1	Relación con el abonado.
1.2	Porcentaje de reclamos generales.
1.3	Tiempo promedio de resolución de reclamos.
1.4	Tiempo promedio de espera por respuesta de operador humano.
1.5	Porcentaje de reclamos de facturación y débito.
1.6	Porcentaje de llamadas establecidas.

1.7	Tiempo de establecimiento de llamada.
1.8	Porcentaje de llamadas caídas.
1.9	Zona de cobertura.
1.10	Calidad de conversación.
1.11	Porcentaje de mensajes cortos con éxito.
1.12	Tiempo promedio de entrega de mensajes cortos.

Solamente se listan los índices, y el detalle y análisis de cada uno de ellos se tratarán en el numeral 6.2.

“8. (...)

Para efecto del cumplimiento de los Índices de Calidad establecidos en la Tabla 1.2 constante en este Apéndice, la Empresa Pública cumplirá con lo siguiente:

a) Remitir la información pertinente, en los plazos establecidos, relativa al cumplimiento de los Parámetros de Calidad del Servicio establecidos;

b) Utilizar equipos y aparatos modernos en cuanto a confiabilidad y precisión para efectos de medir la calidad del servicio;

c) La Empresa Pública tendrá la obligación de efectuar la medición de los índices de calidad que constan en este punto y ponerlos a disposición de la SUPERTEL y SENATEL mediante un sistema automatizado de acceso en línea, para su monitoreo y revisión (SAAD). Si la Empresa Pública no cumple con entregar la información o documentación solicitada, o si la SUPERTEL tuviera razones fundadas para considerar que los Índices de Calidad del Servicio no han sido cumplidos o que el equipo, aparatos y métodos de medición no son los más adecuados o de la más alta calidad, la SUPERTEL notificará a la Empresa Pública a fin de que subsane su incumplimiento o implemente las acciones que fueran necesarias para tal fin, en el plazo razonable que la SUPERTEL determine, Si dicha situación persiste al vencimiento de tal plazo, la SUPERTEL tendrá derecho a instalar a su cargo sus propios aparatos y equipos para medir la calidad del servicio que estime conveniente en aquellas instalaciones de la Empresa Pública que la SUPERTEL considere pertinentes o adecuadas. Para este fin, la Empresa Pública deberá brindar las más amplias facilidades.

d) En forma específica, la Empresa Pública está obligada a entregar trimestralmente, dentro de los primeros quince días del período siguiente, a la SENATEL y a SUPERTEL información relativa a los Parámetros de calidad del servicio de todas y cada una de las estaciones base que tiene el sistema. Toda esta información deberá estar a disposición de la SENATEL y de la SUPERTEL mediante un sistema automatizado de acceso en línea, para ser revisada.

A fin de verificar el cumplimiento de los Parámetros de Calidad del Servicio establecidos en este numeral, la SUPERTEL tiene la potestad de verificar, a su costo, la calidad del servicio autorizado. Para tal fin, podrá inspeccionar las instalaciones, y utilizar los equipos y aparatos de la Empresa Pública para medir la calidad del servicio en el momento que estime conveniente. Asimismo, podrá inspeccionar los expedientes, archivos y otros datos de la Empresa Pública.

8. La Empresa Pública, hasta que certifique el Sistema de Medición y Control de la Calidad del Servicio, de acuerdo a lo establecido en este Anexo y Apéndice, deberá reportar el cumplimiento de los siguientes de índices de calidad del servicio:

No.	Índices	Valor	Observaciones
1	Reutilización de frecuencias en sistemas digitales	Menor o igual al 17db	Reutilización de frecuencias con un diseño de cobertura basada en una relación portadora a interferencia
2	Grado de servicio del canal de acceso	Menor o igual al 1%	Por celda
3	Grado de servicio del canal de voz	Menor o igual al 2%	Por celda
4	Grado de servicio de las troncales	Menor o igual al 1%	Por interconexion
5	Ber para servicios de voz	Menor o igual al 10-3	
6	Bloqueo hand-off	Menor o igual al 2%	
7	Caída de llamadas para estaciones con celda o celdas adyacentes, en todo su perímetro	Menor o igual al 2%	Si durante la hora cargada se establecen Q llamadas en una hora y n llamadas caen con la cual Q-n se manatienen entonces el porcentaje de caídas de llamadas es $n \times 100/Q$
8	Caída de llamas para estaciones con celdas o celdas adyacentes, pero que estas no cubran el perímetro total de la estación o para estaciones sin celdas adiacentes	Menor o igual al 5%	
9	Llamadas completadas hacia redes fijas	Superior al 60%	
10	Llamadas completadas hacia otras redes móviles	Superior al 80%	
11	Llamadas	Superior al	Incluyendo las terminales en

completadas dentro de su red	95%	casilleros de mensajes, siempre y cuando el abonado B no este disponible
------------------------------	-----	--

TABLA 1.1: Índices de Calidad – Régimen_Transitorio (...)

Contrato de concesión del Servicio Móvil Avanzado de TELECSA S.A.

El 3 de Abril del 2003 se celebró el indicado contrato a favor de TELECSA S.A para la prestación del Servicio Móvil Avanzado.

“CUARTA: OBJETO DEL CONTRATO DE CONCESIÓN Y AREA DE COBERTURA.- Cuatro. Uno.- Por el presente Contrato, el Estado Ecuatoriano a través de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones y previa autorización del CONATEL, otorga a favor de la Sociedad Concesionaria, una concesión con cobertura nacional para la prestación del servicio Móvil Avanzado, telefonía de larga distancia internacional a sus propios abonados y la concesión para el uso de frecuencias esenciales en la Banda C-C' (1895 - 1910 MHz y 1975 - 1990 MHz).”

“SEPTIMA: OBLIGACIONES Y DERECHOS DE LA SOCIEDAD CONCESIONARIA.-

(...) Siete. Seis.- Parámetros de Calidad del servicio.- De conformidad con las Leyes Aplicables, la Sociedad Concesionaria está obligada a prestar los Servicios Concedidos de manera regular, eficiente, en condiciones de normalidad, seguridad y deberá ajustarse a la calidad del servicio establecida en las normas dictadas por el CONATEL. Los parámetros iniciales de calidad del servicio que deben ser cumplidos se encuentran en el Anexo nueve.-”

ANEXO No.9

PARÁMETROS MÍNIMOS DE ÍNDICES DE CALIDAD DEL SERVICIO.

No.	Parámetro	Valor	Observaciones
1	Reutilización de frecuencias en sistemas digitales	Menor o igual al 17dB	Reutilización de frecuencias con un diseño de cobertura basada en una relación portadora a interferencia
2	Grado de servicio del canal de acceso	Menor o igual al 1%	Por celda
3	Grado de servicio del canal de voz	Menor o igual al 2%	Por celda
4	Grado de servicio de las troncales	Menor o igual al 1%	Por interconexión

5	BER para servicios de voz	Menor o igual al 10-3	
6	Bloqueo hand-off	Menor o igual al 2%	
7	Caída de llamadas para estaciones con celda o celdas adyacentes, en todo su perímetro	Menor o igual al 2%	Si durante la hora cargada se establecen Q llamadas en una hora y n llamadas caen con la cual Q-n se mantienen, entonces el porcentaje de caída de llamadas es $n \times 100 / Q$
8	Caída de llamadas para estaciones con celda o celdas adyacentes, pero que estas no cubran el perímetro total de la estación o para estaciones sin celdas adyacentes	Menor o igual al 5%	
9	Llamadas completadas hacia redes fijas	Superior al 60%	
10	Llamadas completadas hacia otras redes móviles	Superior al 80%	
11	Llamadas completadas dentro de su red	Superior al 95%	Incluyendo las terminales en casilleros de mensajes, siempre y cuando el abonado B no esté disponible

2.9.2 Análisis.

Mediante la aprobación por parte del CONATEL, para la CNT EP se establece de manera detallada el modelo de regulación de la calidad QoS del SMA, así como se especifican los parámetros de calidad, que el operador tienen que medir y reportar; también se define la revisión de los parámetros y metas de calidad, anualmente o en el momento que se requiera, considerando los avances tecnológicos, las necesidades de los servicios concesionados y las inversiones requeridas, los cambios en los parámetros de calidad deben tener en cuenta entre otras las recomendaciones de la UIT, la ETSI y la FCC sin restringirse únicamente a ellas.

En el Anexo D de las condiciones para la prestación del Servicio Móvil Avanzado se especifica que la sociedad concesionaria debe realizar la medición de los parámetros mínimos de calidad.

Adicionalmente a esto la SUPERTEL verificará el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos en el contrato.

En lo que respecta a los derechos de los usuarios, estos también se encuentran en los contratos de adhesión, además del derecho de los usuarios a recibir servicios conforme a los parámetros de calidad establecidos

Se fijan las compensaciones debido a incumplimientos de los operadores a los parámetros mínimos de calidad, las mismas que son determinadas técnicamente por la SUPERTEL.

CAPITULO 3

Análisis de mediciones en ambiente real de redes de HSPA +.

3.1 Introducción

Los procedimientos para la evaluación de calidad del servicio móvil avanzado para redes HSPA +, desde el punto de vista del regulador respecto a la calidad QoS va a depender del grado de competitividad que está presente en el mercado. La penetración móvil está en aumento para las nuevas tecnologías y la portabilidad numérica móvil se ha introducido en el país, además hay una fuerte presión competitiva sobre los proveedores de servicios para atraer nuevos clientes y retener a los clientes existentes.

La pérdida de clientes se puede controlar sólo cuando a ellos se les ofrece un servicio de calidad mejor que el de la competencia, así en entornos competitivos el interés del proveedor de servicios es dar la mejor calidad, por lo que se hace necesario la medición de esta calidad por parte del operador así como el control de la misma por parte del regulador.

Además se ha notado en el Ecuador una degradación en la calidad del servicio que las operadoras ofrecen, una operadora dominante, otra sin mucha intención de invertir en el mercado y la estatal que no despega obligan a establecer normas de evaluación de la calidad para las nuevas tecnologías.

Así mismo se ha notado que los mercados funcionan mejor cuando los consumidores están informados sobre la calidad del servicio que están pagando, por lo que hay la necesidad de dar la información más relevante al consumidor acerca de la calidad del servicio para que este pueda tomar una decisión de elección informada.

En razón de lo indicado se plantean los nuevos parámetros de evaluación de la calidad del servicio, y una vez con ellos el operador puede utilizarlos para optimizar su red y el regulador puede controlar y mantener los parámetros de calidad QoS establecidos e informarlos al consumidor.

3.2 Conceptos generales.

3.2.1 Capacidad de una red 3G.

Mediante el número de elementos de red y las posibles configuraciones de estos, basándose en requerimientos de cobertura, capacidad y calidad del servicio se puede dimensionar la capacidad de una red radio WCDMA, para mantener un equilibrio entre capacidad, cobertura y calidad se necesita información sobre la capacidad del nodo, que cobertura ofrece a sus terminales y con qué capacidad final llega al cliente.

La obtención de esa información se la puede obtener mediante:

- Contadores de RNC o nodo B, cuentan eventos que se producen a nivel de RNC o de nodo B (número de handover, número de conexiones hacia el nodo B, número de bloqueos).
- Otra de las estadísticas son los KPIs que se realizan a través de los contadores de la red.

Los contadores de RNC y los KPIs son generalmente usados para procesos de mejora de capacidad, estos datos son analizados por el operador en forma periódica, generalmente hora a hora, información que les permite resolver problemas en la red. Los mismos datos le sirven a la entidad controladora para determinar los niveles de calidad con los que se está entregando el servicio a los usuarios.

3.2.2 Factores que afectan la capacidad de la red.

Para el acceso a los usuarios las redes móviles dependen de las señales de radio, por lo que si estas se ven afectadas debido a condiciones atmosféricas u obstáculos, la calidad del servicio se degrada, a continuación se presentan algunos de esos problemas:

Desvanecimiento de la señal, este se produce cuando la señal se atenúa levemente por periodos largos de tiempo o se producen grandes desvanecimientos donde la potencia se reduce a niveles muy bajos por periodos de tiempo pequeños.

Interferencias, producidas por señales que no necesariamente se relacionan con la telefonía celular, pero invaden ese espectro de frecuencia, distorsionando las señales que llegan al receptor, lo que ocasiona un deterioro en la calidad de la señal, la interferencia impide tener un buen throughput, bajando la calidad del sistema.

Multitrayecto, debido a reflexiones de la señal en los obstáculos que se encuentran en su paso, por lo que al receptor la señal llega por múltiples caminos y en tiempos diferentes, esto produce interferencia en el receptor debido a los retrasos con que llega la señal.

Perdidas por penetración en los obstáculos, se presenta cuando hay obstáculos entre el transmisor y el receptor ya que la señal pierde potencia al penetrar en ellos.

Potencia, la cantidad de energía radiada, está limitada directamente en el nodo B, ya que este tiene una máxima potencia de emisión, para cada señal es asignada una potencia y cada usuario consume una potencia específica, con esto el número de usuarios está limitado a la potencia de transmisión del nodo B.

Elementos de canal CE, los CE (channel elements), parámetro utilizado para medir el procesado en banda base debido a que el hardware de los equipos tiene limitaciones en su capacidad de manejo del tráfico, es decir si se tiene un número máximo de CE no van a poder transmitir más tráfico que el permitido por ese número.

Códigos, los códigos limitarían el enlace DL, ya que cada estación base tiene un número de códigos OVFSF en el DL para ser asignados a los usuarios que se conecten a ese nodo B.

IUB, interfaz que une el nodo B con la RNC limita el ancho de banda del canal que se tiene para transmitir la información en el caso de datos.

3.2.3 Calidad de servicio Qos.

La Organización Internacional de Estándares (ISO) da la siguiente definición de calidad en ISO 9000: "Grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos".

La Unión Internacional de Telecomunicaciones también ofrece sus definiciones de estos conceptos, podemos destacar la recomendación UIT-T E.800 en la que se dice que QoS es "el efecto global del rendimiento de un servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario de un servicio".

En el Manual de Calidad UIT aclara: "es importante entender que la QoS no es lo mismo que la calidad de funcionamiento de red, pues mientras que aquella es el resultado de la percepción del usuario o del cliente, ésta viene dada por la calidad de funcionamiento (desempeño) de cada elemento de red, o por la de la red considerada como un todo. En otras palabras, la calidad de funcionamiento de red es un concepto que puede o no utilizarse extremo a extremo".

Los parámetros de calidad de funcionamiento de la red determinados por las mediciones no son los únicos que definen la calidad del servicio, también se define a través de una medición subjetiva, es decir la calidad percibida por el usuario comparada con lo que este espera, por lo que también se debe tomar en cuenta la opinión de los usuarios o clientes y las de los proveedores de servicio, existe una relación entre lo que necesita un usuario y la percepción que tiene de la calidad recibida, de una parte, y el servicio y la calidad que planifica y finalmente logra o no un proveedor de servicio , de la otra.

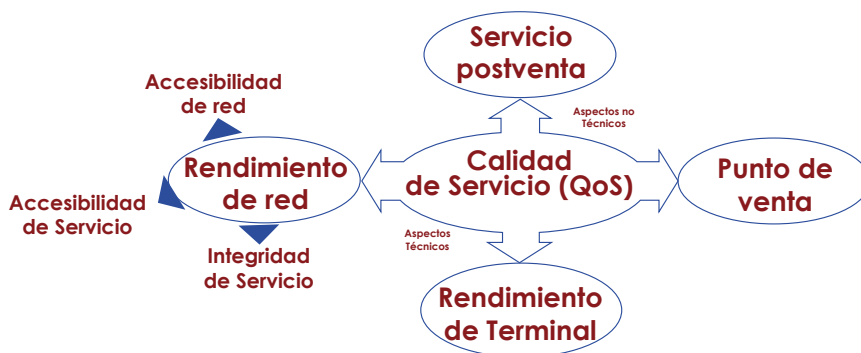


Gráfico 3.1 Calidad de Servicios QoS

En la figura se muestran algunos de los conceptos más importantes que se relacionan con la calidad del servicio de una red de comunicaciones, allí se puede observar aspectos técnicos como no técnicos.

Dependiendo del tipo de servicio la calidad está en función de la sensibilidad al retraso, en el caso de conmutación de circuitos, la probabilidad de bloqueo para conmutación de paquetes, el through-put de usuario, los valores objetivos para cada uno de los factores en su mayoría están definidos en los contratos de concesión y para los casos en los que no están los definen los operadores.

Se pueden definir dos tipos de usuarios con perfiles diferenciados; los usuarios residenciales, que agrupan todas las SIM de uso personal, pagadas o pre-pagadas por usuarios particulares, con patrones de uso característicos, en general relacionados con la franja horaria y el costo por minuto; los usuarios empresariales con comportamientos que se diferencian por completo de los residenciales en relación al número de llamadas y duración de las mismas.

Adicionalmente a los patrones de uso de los servicios, las expectativas en relación a la calidad del servicio para los tipos de usuarios son diferentes, por lo que resulta útil definir una metodología y de los KPIs que corresponda a cada tipo de perfil de usuario.

3.2.4 Normas de calidad del servicio móvil avanzado emitidos por órganos internacionales UIT y ETSI.

Las entidades internacionales como UIT y ETSI, presentan aspectos relevantes de la calidad del servicio que son valorados por los usuarios así como indicadores de su forma de medición. Las normas utilizadas como base fueron la UIT-TE.800, E 450 -2008, y la ETSI EG 202 057-3 V1.1.1 2005-04, estos indicadores quieren lograr estandarizar y normalizar las telecomunicaciones al plano mundial por lo que es necesario una serie de términos y definiciones para desarrollar la calidad del servicio (QoS), así como la calidad del funcionamiento de la red (NP, network performance). Los términos técnicos y no técnicos, relacionados con la calidad, quieren representar los intereses de

todos los participantes en el mercado de los servicios de telecomunicaciones, es decir: el usuario, el proveedor de servicios, el fabricante y el regulador.



Gráfico 3.2 participantes QoS

Las definiciones de los términos que manejan la UIT y la ETSI para definir los parámetros de calidad del servicio celular se presentan a continuación:

La calidad se caracteriza por los aspectos que combinan factores de calidad aplicables a servicios como: la operatividad, la accesibilidad, la retenibilidad, la integridad, además de factores específicos de cada servicio.

- **Cobertura de la red**, provee de señal al usuario donde este la requiera, definida por la estación base instalada por la operadora, previa planificación.
- **Calidad de señales vocales**, expresa el grado de satisfacción del cliente respecto a la transmisión de la conversación.
- **Calidad de las conexiones**, expresada en la Recomendaciones UIT-T E.770 con un grado de servicio (GoS). Los parámetros de GoS son: el tiempo de señalización, en el establecimiento de la comunicación y la demora en la liberación de la llamada.
- **Rentabilidad del servicio**, En la recomendación UIT-T E.800 se define la rentabilidad del servicio como la probabilidad de que un servicio, una vez obtenido, continúe siendo prestado durante la comunicación en condiciones determinadas.

- **Establecimiento de llamada**, se define como el período que empieza cuando la red recibe la información de dirección necesaria para establecer una llamada y termina cuando la parte llamante recibe un tono de ocupado, o un tono de llamada o señal de respuesta; la calidad de accesibilidad del servicio es la capacidad de obtener ese servicio, dentro de determinados límites y otras condiciones, cuando lo solicita el usuario; el retardo de acceso al servicio medio es la duración prevista del período que transcurre entre el momento en que usuario solicita el servicio y el momento en que se tiene acceso a él, obteniéndose el servicio dentro de ciertos límites y en función de otras condiciones operativas dadas; la probabilidad de error del usuario del servicio, se define como la probabilidad de que el usuario cometa un error al intentar utilizar el servicio; la probabilidad de error de marcación, es la probabilidad que el usuario cometa un error al intentar hacer uso del servicio; probabilidad de abandono de llamada, definida como la probabilidad de que el usuario de una red celular abandone un intento de llamada dentro de la red.
- **Progresión de llamada**, la interrupción o caída del servicio es la incapacidad temporal de acceso al servicio durante más de un periodo de tiempo determinado, caracterizado por un rebasamiento de límites fijados para al menos un parámetro esencial del servicio.
- **Interconexión**, se define como la vinculación física y lógica de las redes públicas de comunicaciones utilizadas por un operador o distintos operadores de servicios, para que los usuarios de ese proveedor puedan comunicarse con los usuarios de otro proveedor de servicio o acceder a los servicios prestados por otro proveedor.
- **Fiabilidad**, se define como la posibilidad de que un usuario que se encuentre con una avería menor en un segmento de red que no es su propio segmento, y pueda restablecerse el servicio si el usuario llama de nuevo una vez.

3.3 KPI (Key Performance Indicator).

Los indicadores claves de desempeño **KPI**, en forma general muestran el seguimiento del rendimiento, son medidores que permiten monitorear el desempeño de una actividad sus beneficios, sus logros y trazar sus metas.

Usando como referencia las recomendaciones de la UIT-T E.800 y ETSI TS 102 250-1, la metodología utilizada para la realización de servicios de benchmarking y auditorías de calidad de redes se basa en la evaluación de dos conjuntos de indicadores de red (KPIs), los principales o de nivel superior que contienen factores de impacto directo en la calidad percibida por el cliente y los utilizados para la evaluación y optimización del rendimiento de la red.

En base a los KPIs los operadores realizan procesos de optimización de sus redes, los cuales consisten en actividades que incluyen la recopilación de datos de una red en operación o en proceso de implementación, y detectar las causas que producen un deterioro en la calidad de operación, mediante el ajuste de parámetros tanto físicos como lógicos usando métodos y herramientas, la optimización de una red asegura que la calidad de los servicios y los recursos mejoren, incrementando la relación costo – beneficio de los recursos de la red, para mejorar la calidad del servicio y para recolectar bases de datos que permitan planes de expansión.

3.3.1 KPIs de Voz.

La medición de ciertos parámetros dan al operador una idea de que tan bueno es el servicio que brindan, específicamente para evaluar los servicios de voz se ha ocupado dos parámetros, el BER, y la proporción de llamadas perdidas DCR, estos parámetros nos dan medidas cuantitativas de la calidad de la voz y de la cantidad de conexiones no exitosas, también se usa la proporción de llamadas con éxito (CSR) y la proporción de handovers con éxito (HSR), para medir el desempeño de los canales de señalización. Además de estos parámetros existen un número de KPIs que sirven para medir el funcionamiento de la red y en particular la calidad de la señal de voz, estos KPIs se usan también para la gestión de los recursos de sistema, como el control de potencia, los traslados de celdas, la adaptación de los canales y los enlaces entre otros. Los KPIs más usados para medir la calidad de la señal de voz son la calificación media de opinión MOS, la proporción de bits con error (BER), la proporción de tramas borradas (FER), la probabilidad de bits con error (BEP), la proporción de llamadas perdidas (DCR), el porcentaje de llamadas

perdidas (DCR), el porcentaje de llamadas con éxito (CSR) y porcentaje de handovers con éxito (HSR).

3.3.2 KPIs de datos,

Desde la incorporación de las redes GPRS, parte de los requerimientos IP se incorporaron a las redes móviles, por lo que a la hora de tomar medidas también se deben tener parámetros que permitan identificar la efectividad de la red en el transporte de datos.

Entre los parámetros más importantes se tiene el throughput, el retardo y la confiabilidad que se indicaran a continuación:

Confiabilidad, indica la máxima probabilidad de un control erróneo en un enlace de radio (RLC) que se le da a la capa LLC, ya que en la mayoría de casos las aplicaciones de datos, no aceptan errores y solicitan retransmisiones.

Throughput, Es la cantidad de datos que se le pasa a la capa de control de enlace lógico LLC por unidad de tiempo, el throughput del usuario también se puede medir en la capa de aplicación, midiendo el tiempo que se tarda en descargar un archivo usando un protocolo de transferencia tipo FTP.

Retardo, definido como el tiempo que tarda una unidad de datos del protocolo LLC a ser transferida desde el nodo de servicio al terminal móvil, se puede medir en la capa LLC y en la capa de aplicación enviando comandos de PING a un servidor.

3.4 KPIs de nivel superior.

Ahora se definirán un conjunto de KPIs de nivel superior que pueden ser utilizados para:

- Pruebas de aceptación de campo,
- Análisis de rendimiento de la red de acuerdo a una nueva versión o una función,
- Análisis de tendencias rendimiento de la red regular.

Los KPIs tanto de conmutación de paquetes PS o conmutación de circuitos CS se puede dividir en las siguientes categorías, la accesibilidad, la retenibilidad, la movilidad, el uso de la red y la calidad e integridad del servicio.

Los siguientes KPI se basan en contadores y se centran en la supervisión del rendimiento y la calidad desde la perspectiva del usuario, así como la supervisión de la misma desde una perspectiva de la red.

Los KPIs se puede dividir en clases, y los contadores relacionados con los KPIs deben estar bien definidos en el sistema de supervisión del rendimiento del RNC. A continuación KPIs que el fabricante de la marca HUAWEY ocupa para su evaluación:

Categoría	Indicador clave de rendimiento
Accesibilidad	Tasa de éxito asignación inmediata
	Asignación Inmediata del porcentaje de averías
	TCH tasa de éxito de Asignación
	Establecimiento de llamada tasa de éxito BSS
	Establecimiento de llamada tasa de éxito BSS
	Establecimiento de llamada tasa de error de instalación (Vista de la red)
	Tasa de pérdida DMA
	Tasa de éxito del establecimiento TBF
	Tasa de fracaso establecimiento TBF (tasa de pérdida TBF)
Paquete de recursos tasa de fracaso reasignación	

Tabla 3.1 Accesibilidad

Categoría	Indicador de rendimiento clave
Retenibilidad	Índice de llamada perdida
	Tasa de abandono TCH
	Caídas por Erlang hora TCH
	Tasa de abandono SDCCH
	Tasa total de entrega de abandono
	Tasa de abandono TBF
	Frecuencia de caída TBF
Número total de caídas TBFs	

Tabla 3.2 Retenibilidad

Categoría	Indicador de rendimiento clave
Movilidad	Entrega Índice de éxito
	Entrega Éxito 2G tasa a 2 G
	Entrega Éxito 2G tasa de 3G
	Traspaso intercelular intentos por llamada de voz por erlang horas

	Entrega total de tasa de fracaso
	Red controla la tasa de éxito entre reelección de llamada BSC
	Red intento de fracaso de reelección de llamada

Tabla 3.3 Movilidad

Categoría	Indicador de rendimiento clave
Uso de la Red	Tasa de pérdida de TCH
	Tasa Asignada de fracaso
	Tráfico llevado TCH
	Tasa de pérdida SDCCH
	Tráfico llevado SDCCH
	Carga de Frecuencia Efectiva
	El rendimiento del usuario en la interfaz de radio por llamada
	Tráfico de tasa combinada de ocupación de espacio tiempo para CS y PO
	Utilización tráfico piscina Abis
	Tasa de ocupación PCU
	Utilización del enlace Frame Relay
	BSC1 procesador de carga / TDPC
BSC1 procesador de carga / PCU	

Tabla 3.4 Uso de la Red

Categoría	Indicador de rendimiento clave
Calidad e Integridad	Distribución RXQUAL
	Distribución RXLEV
	Distribución FER
	Rendimiento de Datos del Usuario ponderado LLC
	¡Error! Fuente de referencia no se encuentra GPRS / EDGE
	Porcentaje de Recursos de canal temporal
	Número de EBT media multiplexados en el mismo

Tabla 3.5 Calidad e integridad

3.4.1 KPIs de accesibilidad.

La accesibilidad es la capacidad que tiene un usuario para obtener el servicio solicitado desde el sistema. La conexión RRC y configuración RAB son los principales procedimientos de accesibilidad. Estos elementos pueden ser calculados por la celda y por la RNC, el nivel del KPI se calcula mediante la agregación de todos los contadores de células que pertenecen al RNC.

3.5 Detalle de KPIs.

Para el presente estudio se utilizó la herramienta de monitoreo Tems Investigation y para el procesado de los datos recolectados el software Discovery de la misma empresa, a continuación se presentan los KPIs que se pueden obtener con el procesado de las mediciones.

TEMS_Collectors_Events

Event Category

Event Description

KPIs de Propósito General

.Common 1

EV-DO 1x Tune-away
EV-DO Dynamic Rate
EV-DO Fixed Rate
EV-DO Island
Narrowband Interference
Polluter
Datalink Failure
EGPRS MS Out Of Memory
PDU Error
Activated
AQM Out of Synch
AQM Synched
Authentication Failure
Cell Reselection
Deactivated
Dedicated Mode
Filemark
GPS Position Invalid
GPS Position Valid
Idle Mode

Limited Service Mode
Location Area Update
Location Area Update Failure
No reported data
No Service Mode
Packet Mode
RACH Error
Recording Paused
Recording Resumed
Ringing
Routing Area Update
Routing Area Update Failure
Rove In To GAN
Rove In To GAN Failure
Rove In To GAN Redirect
Rove Out From GAN
Rove Out From GAN Failure
Scanning Mode
Silent Call
SMS Error

.Common 2

SMS Received
SMS Sent
More Than 3 Strong SCs
RRC Connection Abnormal Release
RRC Connection Reject

RRC Established
RRC Protocol Error
SHO Procedure Complete
SHO Procedure Complete Without
Measurement Control

KPIs de Acceso.

EV-DO Access Failure
EV-DO Access Success
Attach and Detach
PS Attach
PS Attach Failure

PS Detach
Call Ending
Call End
Dropped Call
Call Setup Results
Blocked Call
Call Established

Call Setup
Call Start
Call Attempt
Call Attempt Retry
Call Initiation
CDMA Handoff Others
Hard Handoff
Idle Handoff
Idle Handoff To Analog
Idle Handoff To CDMA
Idle Handoff To EV-DO
Traffic Handoff To Analog
Traffic Handoff To CDMA
Traffic Handoff To EV-DO

CDMA Soft Handoff
Soft Handoff 2-Way
Soft Handoff 3-Way
Soft Handoff 4-Way
Soft Handoff 5-Way
Soft Handoff 6-Way
Soft Handoff Complete
Channel Type Switching
Channel Switch R4 to R5
Channel Switch R4 to R5 Failure
Channel Switch R5 to R4
Channel Switch R5 to R4 Failure
PS Channel Type Switch Complete
PS Channel Type Switch Failure

KPIs de Conexión.

EV-DO Connection Failure
EV-DO Connection Success
EV-DO Session Failure
EV-DO Session Success
DCH Rate Switching
PS RAB Channel Rate Switch
Complete
PS RAB Channel Rate Switch Failure

EVDO_Handoff
EV-DO Handoff 1 Active
EV-DO Handoff 2 Actives
EV-DO Handoff 3 Actives
EV-DO Handoff 4 Actives
EV-DO Handoff 5 Actives
EV-DO Handoff 6 Actives

KPIs de Traspaso.

Handover Intracell
Handover Intracell Failure
Handover
Handover Failure
Handover From GAN
Handover From GAN Failure
Handover To GAN

Handover To GAN Failure
HS Serving Cell HO
HS Serving Cell HO Failure
Hard Handover
Intra-frequency Hard Handover
Intra-frequency Hard Handover
Failure

Procedimientos Idle

Inter-frequency Cell Reselection
LTE Attach
EUTRAN Attach Complete
LTE Detach
EUTRAN Detach Accept
LTE EUTRA Reporting Events
EUTRAN RRC A1 Event
EUTRAN RRC A2 Event
EUTRAN RRC A3 Event

EUTRAN RRC A4 Event
EUTRAN RRC A5 Event
LTE Handover
EUTRAN Inter-frequency Handover
EUTRAN Inter-frequency Handover
Failed
EUTRAN Intra-frequency Handover
EUTRAN Intra-frequency Handover
Failed

LTE MIMO

MIMO Mode Changed
Measurement Report Events

Measurement Report 1
Measurement Report 2

Measurement Report 3
Measurement Report 6
Missing Neighbor Alerts
Missing CDMA Neighbor
Missing GSM Neighbor
Missing GSM Neighbor, GSM Symmetry

Missing LTE Neighbor
Missing TD-SCDMA Neighbor
Missing WCDMA Intra-frequency Neighbor, based on DN reporting
Missing WCDMA Neighbor

Activación de contextos PDP.

PDP Context Activation Failure
PDP Context Activation Time

PDP Context Activation
PDP Context Activation Failure 2

Desactivación de contextos PDP.

PDP Context Deactivation
PING Results
Ping Timeout
Timer Expiry
T200 Expired
T3126 Expired
T3162 Expired

T3168 Expired
T3170 Expired
UE-Reported Failures
Radio Bearer Reconfiguration Failure
Radio Bearer Setup Failure
Security Mode Failure

Eventos No Clasificados.

Data Activated
Attach Failure
Attach Setup Time
Data Deactivated
DNS Host Name Resolution Failure
DNS Host Name Resolution Time
Email Receive End
Email Receive Error
Email Receive Start
Email Send End
Email Send Error
Email Send Start
FTP Download Data Transfer Cutoff
FTP Download Data Transfer Time
FTP Download End
FTP Download Error
FTP Download IP Service Access Failure
FTP Download IP Service Setup Time
FTP Download Mean Data Rate
FTP Download Service Not Accessible
FTP Download Setup Time
FTP Download Start
FTP Upload Data Transfer Cutoff
FTP Upload Data Transfer Time
FTP Upload End

FTP Upload Error
FTP Upload IP Service Access Failure
FTP Upload IP Service Setup Time
FTP Upload Mean Data Rate
FTP Upload Service Not Accessible
FTP Upload Setup Time
FTP Upload Start
HTTP Data Transfer Cutoff
HTTP Data Transfer Time
HTTP End
HTTP Error
HTTP IP Service Access Failure
HTTP IP Service Setup Time
HTTP Mean Data Rate
HTTP Service Not Accessible
HTTP Setup Time
HTTP Start
MMS Receive Data Transfer Cutoff
MMS Receive Data Transfer Time
MMS Receive End
MMS Receive Error
MMS Receive Start
MMS Retrieval Failure
MMS Retrieval Time
MMS Send Data Transfer Cutoff
MMS Send Data Transfer Time

MMS Send End
 MMS Send Error
 MMS Send Failure
 MMS Send Start
 MMS Send Time
 Network Connect
 Network Connect Error
 PDP Context Cutoff
 Ping End
 Ping Error
 Ping Roundtrip Time
 Ping Start
 Streaming End
 Streaming Error
 Streaming Intermediate Vsqi
 Streaming Quality Mtqi
 Streaming Quality Vsqi
 Streaming Reproduction Cutoff
 Streaming Reproduction Start Delay
 Streaming Reproduction Start Failure
 Streaming Service Access Time
 Streaming Service Not Accessible
 Streaming Session Cutoff
 Streaming Start
 Streaming State
 TCP Download End
 TCP Download Error
 TCP Download Start
 TCP Handshake Time
 TCP Upload End
 TCP Upload Error
 TCP Upload Start
 UDP Download End
 UDP Download Error
 UDP Download Total Packet Loss
 UDP Download Start
 UDP Upload End
 UDP Upload Error
 UDP Upload Total Packet Loss

UDP Upload Start
 WAP Activation Failure
 WAP Activation Time
 WAP End
 WAP Error
 WAP Page Data Transfer Cutoff
 WAP Page Data Transfer Time
 WAP Page Mean Data Rate
 WAP Page Request Failure
 WAP Page Request Time
 WAP Portal Access Time
 WAP Portal Not Accessible
 WAP Site Access Time
 WAP Site Not Accessible
 WAP Start
 Cell Change Order From UTRAN
 Cell Change Order From UTRAN Failure
 Cell Change Order To UTRAN
 Cell Change Order To UTRAN Failure
 Cell Reselection From UTRAN
 Cell Reselection To UTRAN
 Compressed Mode Entered
 Compressed Mode Exited
 Handover From UTRAN
 Handover From UTRAN Failure
 Handover To UTRAN
 Handover To UTRAN Failure
 Baton Handover
 Baton Handover Failure
 Hard Handover
 Hard Handover Failure
 Inter-frequency Handover
 Inter-frequency Handover Failure
 Radio Link Addition
 Radio Link Addition Failure
 Radio Link Removal
 Radio Link Removal Failure
 Radio Link Replacement

Eventos GSM_WCDMA

Event Category

Event Description

.Common

Entering WCDMA Dedicated Mode
 Entering GSM Idle Mode
 Entering WCDMA Idle Mode
 Dedicated Mode at SOF
 Paging Answered
 Attach and Detach
 PS Attach Failure
 PS Attached
 PS Detach Failure
 Network-initiated PS Detach
 UE-initiated PS Detach
 Channel Type Switching
 R99-to-HS Switching
 Cell_FACH-to-Cell_DCH
 Cell_FACH-to-Cell_DCH Failed
 HSPA Mode Entered
 HS-to-R99 Switching
 R99 PS Mode Entered
 Entering Cell_DCH
 Failed to Enter Cell_DCH
 Transition to Cell_FACH
 Dedicated Channel Not Allocated
 Data Transfer Ready
 Data Transfer Request with Cell Update
 Data Transfer Request with E4a
 Compressed Mode
 Entering Compressed Mode
 Leaving Compressed Mode
 Dropped on Compressed Mode
 Critical RF Conditions
 Lack of Dominant Pilot
 Pilot Pollution Alert
 Poor Active Set Pilot Quality
 Strong DL Interference Alert
 Weak Pilot Alert
 GMM Service
 GMM Service Request
 MO GMM Request for PDP Deactivation
 MT GMM Request for PDP Deactivation
 GPRS Packet Access
 GPRS Packet DL Transfer Done
 GPRS Packet Access Failure

 GPRS Packet Access Success
 GPRS Packet Access Retry
 GSM RR Setup
 GSM Channel Request Failure

GSM Channel Request Success
 GSM Channel Request Retry

Procedimientos Idle

Registration Failure
 Registration Success
 IRAT
 Entering GSM from WCDMA
 Entering WCDMA from GSM
 Measurement Report Events
 e1a - Above Reporting Range
 e1b - Below Reporting Range
 e1c - Nonactive Better than Active
 e1d - Change of Best Cell
 e1e - Above Abs Threshold
 e1f - Below Abs Threshold
 e2a - Change of Best Frequency
 e2b - (Q @ Own F<Thr1) & (Q @ Other F>Thr2)
 e2c - Q @ Other F > Threshold
 e2d - Q @ Own F < Threshold
 e2e - Q @ Other F < Threshold
 e2f - Q @ Own F > Threshold
 e3a - (Q @ Own F<Thr1) & (Q @ Other RAT>Thr2)
 e3b - Q @ Other RAT < Threshold
 e3c - Q @ Other RAT > Threshold
 e3d - Q @ Other RAT - Best Cell Change
 e4a - RLC Buffer Above Threshold
 e4b - RLC Buffer Below Threshold
 e5a - CRC Errors Above Threshold
 e6a - UE TX Power Above Threshold
 e6b - UE TX Power Below Threshold
 e6c - UE TX Power Hits Minimum
 e6d - UE TX Power Hits Maximum
 e6e - RSSI Hits Dynamic Receiver Range
 e6f - Rx-Tx Time Difference > Threshold
 e6g - Rx-Tx Time Difference < Threshold
 Consecutive e1a~c Requests
 Missing Neighbor Alerts
 Missing Neighbor Alert

KPIs de Movilidad

Location Update Failure
 Location Update Success
 Routing Area Update Failure
 Routing Area Update Success

Activación de contextos PDP

PDP Context Activation Failure
PDP Context Activated
PDP Context Activation Request
PDP Deactivation
PDP Abnormal Deactivation
Request
PDP Context Deactivation Failure
PDP Regular Deactivation Request
PDP Context Deactivated
RRC Release
RRC Connection Release
RRC Setup
RRC Connection Setup Fail
RRC Connection Setup Rejected
RRC Connection Request Retry
RRC Connection Setup OK
RRC State Transition
Cell_PCH-to-Cell_FACH
Cell_DCH-to-Cell_PCH
Cell_DCH-to-Cell_FACH
Cell_DCH-to-URA_PCH
Cell_FACH-to-Cell_PCH
Cell_FACH-to-URA_PCH
Transition to Cell_PCH
Transition to URA_PCH

UE-Reported Failures

Active Set Update Failure
Cell Change Order from UTRAN
Failure
Cell Update with Failure Cause
Measurement Control Failure
Physical Channel Reconfiguration
Failure
cellUpdate w/ radiolinkFailure

Security Mode Failure

Transport Channel Reconfiguration
Failure
Transport Format Combination
Control Failure
UTRAN Mobility Information Failure
WCDMA DCH Bearer Rate

Eventos no Clasificados.

CS Call Dropped
CS Call On-Call @ EOF

ura_PCH-to-Cell_FACH

SMS

SMS Send Attempt
SMS Paging Received
SMS Received
SMS Reception Fail
SMS Sending Fail
SMS Sent
Supplementary Services
MO_CS_Call2_End
MO_CS_Call2_Start

Call Holding

MO_GSM_Call2_End
MO_GSM_Call2_Start
GSM Call Holding
MT_CS_Call2_End
MT_CS_Call2_Start
MT_GSM_Call2_End
MT_GSM_Call2_Start

Radio Bearer Reconfiguration
Failure
Radio Bearer Release Failure
Radio Bearer Setup Failure
cellUpdate w/ rlc-
unrecoverableError

PS DCH Rate Assigned
PS DCH DL Rate Decrease
PS DCH DL Rate Increase
PS DCH UL Rate Decrease
PS DCH UL Rate Increase

CS Call NW Release (Normal
Cause)

CS Call MS Release (Normal Cause)
CS Call Abnormal Release
MO CS Call Dropped
MO CS Call On-Call @ EOF
MO CS Call NW Release (Normal Cause)
MO CS Call MS Release (Normal Cause)
MO CS Call Abnormal Release
MT CS Call Dropped
MT CS Call On-Call @ EOF
MT CS Call NW Release (Normal Cause)
MT CS Call MS Release (Normal Cause)
MT CS Call Abnormal Release
Re-established CS Call Dropped
Re-established CS Call On-Call @ EOF
Re-established CS Call NW Release (Normal Cause)
Re-established CS Call MS Release (Normal Cause)
Re-established CS Call Abnormal Release
GSM CS Call Dropped
GSM On-Call @ EOF
GSM Call - Low Speech Quality
GSM Call MS Release (Normal Cause)
GSM Call NW Release (Normal Cause)
MO GSM Call Dropped
MO GSM On-Call @ EOF
MO GSM Call MS Release (Normal Cause)
MO GSM Call NW Release (Normal Cause)
MT GSM CS Call Dropped
MT GSM On-Call @ EOF
MT GSM Call MS Release (Normal Cause)
MT GSM Call NW Release (Normal Cause)
MO PS Call Dropped
MO PS Call On-Call @ EOF
MO PS Call NW Release (Normal Cause)
MO PS Call MS Release (Normal Cause)

MO PS Call Abnormal Release
MT PS Call Dropped
MT PS Call On-Call @ EOF
MT PS Call NW Release (Normal Cause)
MT PS Call MS Release (Normal Cause)
MT PS Call Abnormal Release
PS Call Dropped
PS Call On-Call @ EOF
PS Call NW Release (Normal Cause)
PS Call MS Release (Normal Cause)
PS Call Abnormal Release
Re-established PS Call Dropped
Re-established PS Call @ EOF
Re-established PS Call NW Release (Normal Cause)
Re-established PS Call UE Release (Normal Cause)
CS Call Re-establishment Retry
PS Call Re-establishment Retry
CS Call Setup EOF
CS Call Setup Failure
CS Call Setup Success
MO CS Call Setup EOF
MO CS Call Setup Re-directed to GSM
MO CS Call Setup Failure
MO CS Call Setup Success
GSM MOC - Long Setup Time
MT CS Call Setup EOF
MT CS Call Setup Failure
MT CS Call Setup Success
On CS Call at Start of File
CS Call Re-establishment Attempt Blocked
CS Call Re-establishment @ EOF
CS Call Re-establishment Failure
CS Call Re-establishment Success
GSM Call Re-establishment Attempt Blocked
GSM Call Re-establishment @ EOF
GSM Call Setup Blocked
GSM Call Setup EOF
GSM MOC Fail - RACH Fail
GSM MOC Fail - SDCCH Access Fail
GSM MOC Fail - SDCCH Drop
GSM MOC Fail - TCH Access Fail
GSM MOC Fail - TCH Drop Before Alerting

GSM MOC Fail - Dialed Number Busy	MT GSM Call Setup Start
GSM MTC Fail - RACH Fail	On GSM Call Setup at Start of File
GSM MTC Fail - SDCCH Access Fail	GSM Call Re-establishment Attempt
GSM MTC Fail - SDCCH Drop	MO PS Call Setup Start
GSM MTC Fail - TCH Access Fail	MT PS Call Setup Start
GSM MTC Fail - TCH Drop Before Alerting	On PS Call Setup at Start of File
GSM MOC Fail - No Network	PS Call Setup Start
GSM Call Setup Success	PS Call Re-establishment Attempt
MO GSM Call Setup Blocked	GSM Intercell Handover Failure
MO GSM Call Setup EOF	GSM Intercell Handover
MO GSM Call Setup Success	GSM Intracell Handover Failure
MT GSM Call Setup Blocked	GSM Intracell Handover
MT GSM Call Setup EOF	UMTS IFHO Attempt
MT GSM Call Setup Success	UMTS IFHO Fail
GSM MTC - Long Setup Time	UMTS IFHO OK
On GSM Call at Start of File	Radio Link Addition Failure
GSM Call Re-establishment Failure	Radio Link Addition
GSM Call Re-establishment Success	Radio Link Addition (partial)
MO PS Call Setup EOF	Radio Link Removal Failure
MO PS Call Setup Failure	Radio Link Removal
MO PS Call Setup Success	Radio Link Removal (partial)
MT PS Call Setup EOF	Radio Link Replacement Failure
MT PS Call Setup Failure	Radio Link Replacement
MT PS Call Setup Success	Radio Link Replacement (partial)
On PS Call at Start of File	
PS Call Setup EOF	UTRAN-to-GSM Handover Failure
PS Call Setup Failure	UTRAN-to-GSM Handover Success
PS Call Setup Success	UTRAN-to-GSM Handover Start
PS Call Re-establishment @ EOF	
PS Call Re-establishment Failure	GSM-to-UTRAN Handover Failure
PS Call Re-establishment Success	GSM-to-UTRAN Handover Success
CS Call Setup Start	GSM-to-UTRAN Handover Start
MO CS Call Setup Start	GSM-to-UTRAN Cell Reselection Fail
MT CS Call Setup Start	GSM-to-UTRAN Cell Reselection OK
On CS Call Setup at Start of File	GSM-to-UTRAN Cell Reselection Start
CS Call Re-establishment Attempt	UTRAN-to-GSM Cell Change Order Failure
GSM Call Setup Start	UTRAN-to-GSM Cell Change Order Success
WCDMA-to-GSM Redirected Call Setup Start	
MO GSM Call Setup Start	

3.6 Métodos de evaluación de la red.

Los métodos usados para evaluar la calidad de la red varían de acuerdo al parámetro a medir, por ejemplo para el caso de la cobertura se mide la distancia a la que la potencia de la señal es la mínima admisible, con lo que se pueden determinar regiones geográficas de cobertura. Para el resto de

parámetros se realizan simulaciones de uso de los clientes tomando en cuenta el tiempo y la posición geográfica en la que se realizan las llamadas.

Con las medidas se realizan reportes de calidad QoS, mediante los cuales los operadores mejoran sus servicios o el ente regulador controla la calidad.

Existen dos métodos para realizar medidas de calidad, mediante medidas discretas en zonas específicas y en determinados periodos de tiempos, una emulación del comportamiento de los usuarios; y mediante la toma de medidas del funcionamiento de la red de los contadores y sistemas de gestión que tiene el operador.

Extracción de datos, por medio de los sistemas de gestión o mediante los mismos elementos que componen la red. De acuerdo con las definiciones de 3GPP TS 32.104 '3 G Performance Management (PM) ', se pueden distinguir los siguientes tipos de contadores de PM:

Contador acumulativo, Este método de recopilación describe las medidas de tipo 'Número de eventos '. Los contadores se incrementan en cada ocurrencia del evento especificado. El resultado contiene el número total de eventos durante el periodo de granularidad. El contador se pone a cero en el inicio del periodo de granularidad.

Normalmente, estos eventos son provocados por los mensajes, la recepción de un mensaje, el valor se incrementa en uno o expiración de los temporizadores, así que el evento es la no ocurrencia de un mensaje esperado. Los contadores tienen valores discretos, este método de recopilación muestra las mediciones en forma de 'Número de adiciones / supresiones, los medidores aumentan / disminuyen en cada ocurrencia del evento correspondiente, dependiendo de la función de un indicador, que puede o no ser reiniciado al comienzo de un periodo de granularidad. El archivo de resultados puede mostrar el valor medio, mínimo y máximo de todas las medidas tomadas durante ese periodo. Por lo general, los indicadores son también discretos.

Drive test, es una prueba que se realiza para la recolección de datos mediante un software geo-referenciado que tiene capacidad de grabar

todos los parámetros y señalización a través un teléfono o más dispositivos (escáner) que estén interactuando con el software, se pueden realizar drive test de tipo indoor, outdoor, walk test entre otros.



Gráfico 3.3 Equipo para DT

Existe una gran cantidad de parámetros que tanto el UE como el escáner pueden recoger durante el drive test, sin embargo el querer analizarlos todos y utilizarlos para evaluar la calidad u optimizar la red sería ineficiente ya que tomaría una gran cantidad de tiempo y recursos, por lo que se debe enfocar el análisis a los principales y para problemas más puntuales se puede recurrir a información más detallada.

El objetivo de este capítulo es determinar la capacidad de rendimiento del mundo real de HSPA+ en las redes comerciales y bajo múltiples condiciones.

A través de la toma de mediciones en tecnología HSPA + mediante drive test se realizará la captura de KPIs subyacentes con lo que se pueda determinar la calidad del servicio.

Para analizar el rendimiento de las aplicaciones de datos, es importante considerar todos los elementos de la red, partir del móvil al servidor de datos.

3.6.1 Mediciones realizadas.

Para este estudio se realizaron pruebas de campo en un sitio estático, dentro del área de servicio indicada como con cobertura por una de las operadoras del servicio móvil avanzado de Ecuador con un modem marca Sierra Wirelees AC319U con soporte HSPA+, conectado a un computador portátil con el software de medición Tems Investigation de Ascom, la sim card utilizada es de tipo comercial con un APN limitado (máximo PDP Contex) de 2Mbps. Se realizó la descarga de dos archivos el primero de 500M y el segundo de 20M, el retardo antes de la descarga se configuro en 10 segundos.



Gráfico 3.4 Vista general con escáneres 2G y 3G

Los equipos y herramientas se configuraron con los parámetros establecidos para transmisión de datos desde y hacia un servidor FTP, definiendo ruta del drive test, horarios de prueba, tipo de prueba.

Ruta de drive test, la ruta es el primer paso a definir, y el lugar donde se ejecutará la prueba, el área se define en función de varios factores, principalmente relacionados con el objeto de la prueba, en este caso a menos de 500 metros de un nodo B, para lograr una conexión constante

con la tecnología HSPA+, y de forma estática para lograr el mismo propósito. Al ser una prueba estática no se toma en cuenta parámetros relacionados con los handovers por ejemplo.

Horario de drive test, una vez más dependiendo de la finalidad (en este caso transmisión de datos) se puede realizar en diferentes momentos del día o de la noche, si el drive test se llevó a cabo durante el día donde se puede mostrar las condiciones reales de la red en relación a la carga normal de la misma; para el presente proyecto se realizaron mediciones alrededor de las 9 horas momento en el que no existe un pico de ocupación de la red, más bien un tráfico normal.

Tipo de prueba, El drive test se realizó de acuerdo a las necesidades y a los tipos de servicios que soporta la red, llamadas de voz, datos, video, etc. También se configura la tecnología (GSM, UMTS, etc), para el presente estudio se realizó una transmisión de un archivo de 500MB desde un servidor FTP.

3.7 Procesado de las mediciones.

Mediante la herramienta de drive test Tems Investigation la cual generó un archivo de texto propietario el cual debe ser procesado adecuadamente para convertirlo en una base de datos en este caso se usó el software Ascom Tems Discovery. A partir de esta base de datos, se han especificado un conjunto de procedimientos para verificar el estado de la red.

Accesibilidad, Es la capacidad de un servicio de ser obtenido dentro de ciertos límites de tolerancia y bajo ciertas condiciones.

Time	Date	RRC State	Serving Cell RAC
09:40:41.000	5/31/2013	Connected_CELL_DCH	
09:44:11.000	5/31/2013	Connected_CELL_PCH	
09:44:11.797	5/31/2013		128
09:44:12.246	5/31/2013		
09:44:13.000	5/31/2013	Connected_CELL_FACH	
09:44:27.000	5/31/2013	Connected_CELL_PCH	
09:44:29.000	5/31/2013	Connected_CELL_FACH	
09:44:31.000	5/31/2013	Connected_CELL_PCH	
09:44:49.000	5/31/2013	Connected_CELL_PCH	

09:45:17.000	5/31/2013	Connected_CELL_FACH
09:45:19.000	5/31/2013	Connected_CELL_PCH
09:45:39.000	5/31/2013	Connected_CELL_FACH
09:45:41.000	5/31/2013	Connected_CELL_PCH
09:45:55.000	5/31/2013	Connected_CELL_FACH
09:45:59.000	5/31/2013	Connected_CELL_PCH
09:46:05.000	5/31/2013	Connected_CELL_DCH
09:49:25.000	5/31/2013	Idle mode
09:49:25.969	5/31/2013	
09:49:35.737	5/31/2013	
09:49:36.169	5/31/2013	
09:49:37.000	5/31/2013	Connected_CELL_FACH
09:49:39.000	5/31/2013	Connected_CELL_DCH

La tabla muestra el estado del RRC, el número de reconexiones que se produjeron durante el proceso de descarga del archivo. La efectividad de este parámetro se logra con mayor eficiencia extrayendo datos estadísticos dentro de los elementos de red del operador.

Niveles de cobertura, Primeramente se debe conocer los niveles de cobertura, conocidos también como “*poor coverage levels*”, para ellos el programa de procesamiento ha utilizado los valores RSCP y Ec/No del CPICH medidos. De esta forma se puede conocer los niveles de potencia con los que la celda servidora o “*Best Server*” sirve al modem de la prueba, con el fin de detectar RSCP menores que -100dBm, así Ec/No inferiores a -12dB.

A continuación se presenta los valores indicados extraídos en la tabla WCDMA Cell Measurements, donde se muestran entre los KPIs Agg. Active Ec /Io (dB) y Agg Active RSCP (dBm).

Time	Date	Agg. Active Ec/Io (dB)	Agg. Active RSCP (dBm)
09:40:41.000	5/31/2013	-6,0	-49,7
09:40:43.000	5/31/2013	-5,7	-49,0
09:40:45.000	5/31/2013	-6,5	-50,3
09:40:47.000	5/31/2013	-5,6	-47,8
09:40:49.000	5/31/2013	-6,1	-49,5
09:40:51.000	5/31/2013	-10,0	-51,9
09:40:53.000	5/31/2013	-9,5	-51,6
09:40:55.000	5/31/2013	-6,0	-49,2
09:40:57.000	5/31/2013	-6,0	-51,2
09:40:59.000	5/31/2013	-6,1	-49,6
.	.	.	.

09:58:01.000	5/31/2013	-7,9	-57,9
09:58:03.000	5/31/2013	-7,3	-57,2
09:58:05.000	5/31/2013	-8,1	-58,5
09:58:07.000	5/31/2013	-6,8	-57,8
09:58:09.000	5/31/2013	-7,9	-57,8
09:58:11.000	5/31/2013	-8,2	-54,8
09:58:13.000	5/31/2013	-9,1	-56,0
09:58:15.000	5/31/2013	-6,6	-52,2
09:58:17.000	5/31/2013	-6,8	-53,0
09:58:19.000	5/31/2013	-8,0	-52,5
09:58:21.000	5/31/2013	-7,6	-49,2
09:58:23.000	5/31/2013	-7,0	-49,3
09:58:25.000	5/31/2013	-6,6	-49,7
09:58:27.000	5/31/2013	-6,4	-49,4
09:58:29.000	5/31/2013	-7,1	-49,8
09:58:31.000	5/31/2013	-7,0	-51,0
09:58:33.000	5/31/2013	-11,5	-63,9
09:58:35.000	5/31/2013	-7,5	-54,9
09:58:37.000	5/31/2013	-5,9	-43,3
09:58:39.000	5/31/2013	-5,9	-46,0
09:58:41.000	5/31/2013	-5,0	-44,6
09:58:43.000	5/31/2013	-5,6	-44,8
09:58:45.000	5/31/2013	-5,3	-42,4
09:58:47.000	5/31/2013	-5,5	-45,0
Promedio Total		-7,0	-50,6

De acuerdo a las mediciones los parámetros recopilados están dentro de los límites establecidos para el efecto, es decir el RSCP es menor a -100dBm y el Ec/Io es menor a -12dB.

Cobertura de interferencia, llamada técnicamente como “interfering coverage”, se puede detectar fácilmente, en determinadas zonas se recibe la potencia de una celda pero con el inconveniente de que ésta no puede ser utilizada por el terminal móvil por no tener calidad suficiente, lo que contribuye únicamente a incrementar la interferencia presente en la zona, En este caso el programa de procesamiento emplea conjuntamente dos parámetros el RSCP y el Ec/No del CPICH, para considerar que una celda tiene presencia en una zona su RSCP debe ser superior a -90dBm. Adicionalmente para considerar que no se tiene suficiente calidad debe tener un Ec/No menor a 12dB, la combinación de ambas condiciones

permitirá identificar las zonas con “*interfering coverage*”, a partir de esta información las operadoras pueden tomar medidas para reducir las celdas identificadas como interferentes.

La evaluación de este parámetro se la realiza con los valores de la tabla anterior, sin que se encuentre este tipo de problema.

Piloto sorpresa, técnicamente llamado “*pilot surprise*” Este problema se produce cuando debido al fenómeno de canalización de la señal transmitida a través de las calles, el usuario, tras girar una esquina, se encuentra con un nivel de señal muy alto proveniente de una celda que no tenía en su active set (AS). El procedimiento de actualización del AS se tarda un par de segundos hasta que la señal pueda ser empleada en beneficio propio, la interferencia aparecida repentinamente puede provocar una caída del evento en uso (llamada, conexiones de datos, etc). La forma de detectar las posibles de “*pilot surprise*” consiste en analizar los mapas de RSCO de cada celda, calculando el gradiente en cada punto respecto a los puntos colindantes, en los puntos en los que se detecte una diferencia brusca se debe analizar el cambio experimentado en el Ec/No de la celda Best Server, el “*pilot surprise*” provocará la caída de la llamada si el Ec/No es menor a -15dB.

En el caso del análisis de las mediciones y al ser estas estáticas no se encuentran problemas de “*pilot surprise*”, valores evaluados en la tabla anterior.

Rebasamiento de piloto, técnicamente llamado “*pilot overshooting*”, este problema ocurre cuando la potencia del canal piloto de un celda determinada se detecta a gran distancia, en lugares donde no debería llegar la señal, para la localización de este problema se necesita conocer la ubicación del nodo B, se considera que hay un “*pilot overshooting*” cuando la distancia entre el punto donde fue detectado el canal piloto supera el doble de la distancia de la media entre emplazamientos.

En el caso del presente estudio las mediciones se las realizó de manera estática en condiciones controladas por lo que no se detectó eventos de este tipo, los datos indican un ID del sector denominado PSC-349.

Time	Date	Sector ID: Top #1	Sector ID: Top #2	Serving Sector
09:40:41.000	5/31/2013	PSC-349		PSC-349
09:40:43.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:40:45.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:40:47.000	5/31/2013	PSC-349		PSC-349
09:40:49.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:40:51.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:40:53.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:40:55.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:40:57.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:40:59.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
.
.
.
09:58:01.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:03.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:05.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:07.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:09.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:11.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:13.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:58:15.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:58:17.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:58:19.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:21.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:23.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:58:25.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:58:27.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:58:29.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349
09:58:31.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-55	PSC-349
09:58:33.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:35.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:37.000	5/31/2013	PSC-349		PSC-349
09:58:39.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:41.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:43.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:45.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-237	PSC-349
09:58:47.000	5/31/2013	PSC-349	PSC-348	PSC-349

Contaminación del piloto, técnicamente denominado “*pilot pollution*”, se considera que una celda está provocando un efecto de polución si no puede incluirse en el “Active Set” AS puesto que está lleno y además tiene un E_c/N_0 no muy diferente al percibido de la “Best Server”. Expresado matemáticamente hay “*pilot pollution*” si:

$$\text{NumeroPilotos} \left(\frac{E_c}{N_0} \geq \frac{E_c}{N_{0 \text{ Best.Server}}} - \text{umbral} \right) > AS_{size} (1)$$

Para determinar que una celda está causando un efecto de polución o no, se ha fijado un AS máximo de 3 y un umbral de 10dB, durante el procesamiento se ordena las celdas detectadas del mejor E_c/N_0 al peor, escogiendo sólo las que presenten un E_c/N_0 cuya distancia al “Best Server” sea menor que el umbral de 10dB, las celdas que estén por debajo de la tercera posición se considera que polucionan, además respecto a las que ocupan las posiciones 2 y 3 para no ser consideradas nocivas no basta con estar a menos de 10dB de diferencia con la Best Server, sino que deben tener un E_c/N_0 mayor que -12dB.

Rendimiento o throughput, en relación con la calidad de servicio percibida por el usuario final se muestra el rendimiento que la aplicación alcanzó utilizando la tecnología HSPA+ para la descarga de un archivo FTP, las tasas alcanzadas, son máximas ya que los niveles de potencia medidos son buenos desde el punto donde se realizó la prueba, la limitación de las tasas de transmisión en este caso particular corresponde a una configuración en la SIM.

Time	Date	HS Phy Scheduled Throughput Total (kbps)	HS Phy Served Throughput - Carrier 1	HS Phy Served Throughput Total (kbps)	HS-DSCH Throughput Total (kbps)
09:40:41.000	5/31/2013	2235,8	2131,1	2131,1	1998,0
09:40:43.000	5/31/2013	2055,8	2027,7	2027,7	1998,0
09:40:45.000	5/31/2013	2171,0	2064,0	2064,0	2026,6
09:40:47.000	5/31/2013	2183,1	2083,5	2083,5	2085,0
09:40:49.000	5/31/2013	2247,4	2103,9	2103,9	2080,1
09:40:51.000	5/31/2013	2335,6	2101,5	2101,5	2078,2
09:40:53.000	5/31/2013	2445,9	2087,2	2087,2	2086,1
09:40:55.000	5/31/2013	2121,3	2083,4	2083,4	2083,6

09:40:57.000	5/31/2013	2112,0	2024,9	2024,9	2088,0
09:40:59.000	5/31/2013	2167,0	2055,2	2055,2	2018,2
.
.
.
09:58:01.000	5/31/2013	806,2	702,3	702,3	858,4
09:58:03.000	5/31/2013	896,4	788,2	788,2	630,5
09:58:05.000	5/31/2013	1020,0	867,6	867,6	647,0
09:58:07.000	5/31/2013	624,6	534,2	534,2	839,0
09:58:09.000	5/31/2013	1152,9	989,5	989,5	631,0
09:58:11.000	5/31/2013	1106,8	963,1	963,1	929,2
09:58:13.000	5/31/2013	1445,4	1268,8	1268,8	966,8
09:58:15.000	5/31/2013	1012,0	898,7	898,7	1159,9
09:58:17.000	5/31/2013	907,7	852,3	852,3	836,6
09:58:19.000	5/31/2013	1015,2	903,3	903,3	990,9
09:58:21.000	5/31/2013	1529,5	1396,8	1396,8	887,7
09:58:23.000	5/31/2013	749,8	697,9	697,9	1453,8
09:58:25.000	5/31/2013	526,6	491,8	491,8	676,4
09:58:27.000	5/31/2013	592,7	531,8	531,8	472,9
09:58:29.000	5/31/2013	478,4	428,6	428,6	550,0
09:58:31.000	5/31/2013	1128,2	1035,1	1035,1	419,0
09:58:33.000	5/31/2013	793,0	681,0	681,0	1022,3
09:58:35.000	5/31/2013	891,5	823,3	823,3	705,9
09:58:37.000	5/31/2013	1794,7	1794,7	1794,7	948,7
09:58:39.000	5/31/2013	1895,9	1865,3	1865,3	1721,6
09:58:41.000	5/31/2013	68,8	68,8	68,8	1628,3
09:58:43.000	5/31/2013	0,3	0,3	0,3	271,8
09:58:45.000	5/31/2013	0,2	0,2	0,2	0,0
09:58:47.000	5/31/2013	0,3	0,3	0,3	0,0
PROMEDIO TOTAL		1248,5	1169,0	1169,0	1171,8

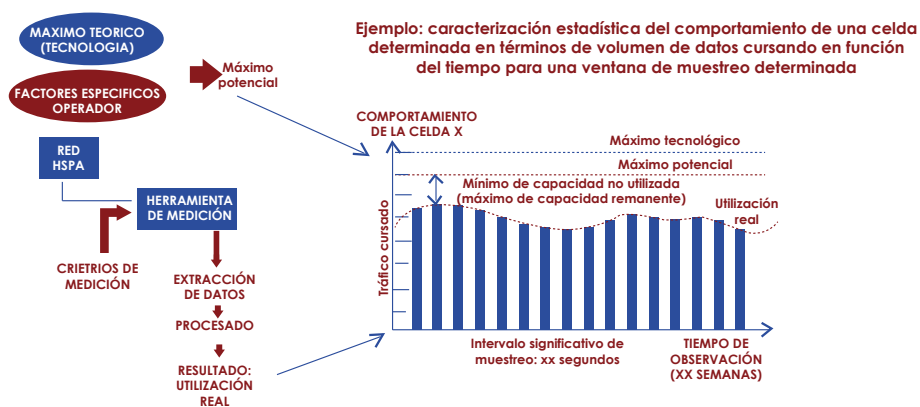
La velocidad de descarga de paquetes de datos depende de factores como el número de usuarios conectados al servicio, ubicación dentro de la zona de cobertura, horario en el que se realiza la descarga, tipo de dispositivo que se use, y de factores externos como el comportamiento del sitio de descarga que son de naturaleza dinámica y el operador no tiene control sobre estos, internacionalmente los reguladores no han establecido límites mínimos de acuerdo a la tecnología, más bien se ha dejado a discreción de los operadores una metodología de medición que refleje el entorno operativo y las condiciones.

En base a los resultados de medición obtenidos la medición de ese parámetro (velocidad de carga/descarga) debe basarse estrictamente en

pruebas controladas, con un servidor dedicado y ancho de banda dedicado en ly dentro de la red del operador.

Lo que los operadores realizan para afinamiento y nuevas implantaciones de estaciones es una caracterización de la red que determina empírica y estadísticamente el comportamiento en datos e una red HSPA en general, esa metodología se basa en identificar los parámetros adecuados para el operador, acceso a los elementos de gestión de red, procesamiento estadístico de la información, validación de la información y generación de resultados. Este proceso se lo realiza a nivel de celda, observando parámetros específicos para la tecnología HSPA, los periodos de recolección de datos tienen que ser significativos en el tiempo ya que eso ayuda a disminuir los errores debidos a condiciones específicas de días y horas. El análisis se puede realizar agrupando celdas según la zona de cobertura geográfica o la tecnología

La siguiente figura muestra el proceso de caracterización de una celda.



Lo que se obtiene al aplicar esta metodología es un mapa de rendimiento de la red HSPA en términos de la capacidad de comunicación de datos, estos datos dan una medida real, empírica y específica de la capacidad de la red utilizada y de la capacidad potencialmente utilizable en las condiciones y tiempos en los que se ha realizado el estudio. Los datos sirven también para realizar benchmark tecnológico de la red, modificación de parámetros de esa red, evaluación de impacto de parámetros concretos, perspectivas de evolución de acuerdo a la capacidad, correlación con aspectos como la calidad entre otros.

Activación de contexto PDP, antes de que el móvil pueda llevar a cabo un intercambio de datos es necesario que se establezca un contexto PDP (Protocolo de Datos de Paquetes) para que los datos puedan ser encaminados, a continuación se presenta el proceso de PDP de nuestra conexión.

Time	Date	PDP Access Point Name: PDP Context Index = 1	PDP Address: PDP Context Index = 1	PDP Context Index: PDP Context Index = 1	PDP Contexts Active	PDP Delay Class: PDP Context Index = 1	PDP LLC SAPI: PDP Context Index = 1
09:49:37	5/31/2013	navega.movistar.ec			1	Reserved	3
09:49:39	5/31/2013	navega.movistar.ec	172.24.93.208		1	Delay class 2	3

Time	Date	PDP Mean Throughput: PDP Context Index = 1	PDP NSAPI: PDP Context Index = 1	PDP Peak Throughput: PDP Context Index = 1	PDP Precedence Class: PDP Context Index = 1	PDP Radio Priority: PDP Context Index = 1	PDP Reliability Class: PDP Context Index = 1
09:49:37	5/31/2013	Reserved	5	Reserved	Reserved		Reserved
09:49:39	5/31/2013	Best effort	5	Up to 256 000 octets/s	Normal priority	Priority level 3	Unacknowledged GTP and LLC; Acknowledged RLC, Protected data

Aquí se presenta información de encaminamiento que permite transferir las PDUs de una dirección PDP entre el móvil y la central, adicionalmente a la información de encaminamiento también transmite información de calidad.

Modulación, la modulación tiene por objeto adaptar la información digital al medio radioeléctrico mediante la transformación analógica a frecuencias de microondas. Con el fin de obtener una frecuencia espectral mayor se recurre a métodos de modulación de mayor número de fases, en el caso de 64QAM, se administran 2 señales analógicas de 8 niveles de amplitud moduladas en cuadratura, la distribución de códigos a cada fase se realiza siguiendo una codificación cíclica, de tal forma que un error de fase introduce en las fases más cercanas solo un error de bit. Con este tipo de modulación HSPA+ logro aumentar las tasas de transmisiones para terminales cercanos a la celda y celdas pequeñas.

Time	Date	Carrier 1 Stream 1 Modulation Rate (%): Top #1	Carrier 1 Stream 1 Modulation Rate (%): Top #2	Carrier 1 Stream 1 Modulation Rate (%): Top #3	Carrier 1 Stream 1 Modulation Rate (%): Carrier 1 Stream 1 Modulation Scheme = 16QAM	Carrier 1 Stream 1 Modulation Rate (%): Carrier 1 Stream 1 Modulation Scheme = 64QAM	Carrier 1 Stream 1 Modulation Rate (%): Carrier 1 Stream 1 Modulation Scheme = QPSK
9:40:41	5/31/2013	71,919998	19,959999	8,1700001	71,919998	19,959999	8,1700001
9:40:43	5/31/2013	69,449997	21,370001	9,0799999	69,449997	21,370001	9,0799999
9:40:45	5/31/2013	71,620003	21,07	7,3099999	71,620003	21,07	7,3099999
9:40:47	5/31/2013	67,68	22,879999	9,4499998	67,68	22,879999	9,4499998
9:40:49	5/31/2013	69,489998	26,35	4,1599998	69,489998	26,35	4,1599998
9:40:51	5/31/2013	50,240002	36,259998	13,5	50,240002	36,259998	13,5
9:40:53	5/31/2013	57,639999	26,379999	16,030001	57,639999	26,379999	16,030001
9:40:55	5/31/2013	88,279999	8,9300003	2,8	88,279999	2,8	8,9300003
9:40:57	5/31/2013	80,440002	12,41	7,0999999	80,440002	12,41	7,0999999
9:40:59	5/31/2013	70,489998	21,290001	8,2200003	70,489998	21,290001	8,2200003
9:41:01	5/31/2013	77,360001	17,969999	4,6199999	77,360001	17,969999	4,6199999
9:41:03	5/31/2013	62,880001	32,32	4,71	62,880001	32,32	4,71
.
.
.
9:58:27	5/31/2013	58	42	0	58	0	42
9:58:29	5/31/2013	53,209999	46,790001	0	46,790001	0	53,209999
9:58:31	5/31/2013	72,900002	21,1	6	72,900002	6	21,1
9:58:33	5/31/2013	78,860001	21,139999	0	21,139999	0	78,860001
9:58:35	5/31/2013	52,119999	40,759998	7,1199999	52,119999	7,1199999	40,759998
9:58:37	5/31/2013	56,93	31,950001	11,02	56,93	31,950001	11,02
9:58:39	5/31/2013	65,970001	23,200001	10,74	65,970001	23,200001	10,74
9:58:41	5/31/2013	70,330002	16,67	12,83	16,67	12,83	70,330002
9:58:43	5/31/2013	100	0	0	0	0	100
9:58:45	5/31/2013	100	0	0	0	0	100
9:58:47	5/31/2013	100	0	0	0	0	100

Time	Date	Carrier 1 Stream 1 Modulation Scheme: Top #1	Carrier 1 Stream 1 Modulation Scheme: Top #2	Carrier 1 Stream 1 Modulation Scheme: Top #3
9:40:41	5/31/2013	16QAM	64QAM	QPSK
9:40:43	5/31/2013	16QAM	64QAM	QPSK
9:40:45	5/31/2013	16QAM	64QAM	QPSK
9:40:47	5/31/2013	16QAM	64QAM	QPSK
9:40:49	5/31/2013	16QAM	64QAM	QPSK
9:40:51	5/31/2013	16QAM	64QAM	QPSK
9:40:53	5/31/2013	16QAM	64QAM	QPSK
9:40:55	5/31/2013	16QAM	QPSK	64QAM

9:40:57	5/31/2013	16QAM	64QAM	QPSK
9:40:59	5/31/2013	16QAM	64QAM	QPSK
9:41:01	5/31/2013	16QAM	64QAM	QPSK
9:41:03	5/31/2013	16QAM	64QAM	QPSK
09:41:05.	5/31/2013	64QAM	QPSK	16QAM
.
.
.
9:58:11	5/31/2013	16QAM	QPSK	64QAM
9:58:13	5/31/2013	16QAM	QPSK	64QAM
9:58:15	5/31/2013	16QAM	QPSK	64QAM
9:58:17	5/31/2013	16QAM	QPSK	64QAM
9:58:19	5/31/2013	16QAM	QPSK	64QAM
9:58:21	5/31/2013	16QAM	QPSK	64QAM
9:58:23	5/31/2013	16QAM	QPSK	64QAM
9:58:25	5/31/2013	16QAM	QPSK	64QAM
9:58:27	5/31/2013	16QAM	QPSK	64QAM
9:58:29	5/31/2013	QPSK	16QAM	64QAM
9:58:31	5/31/2013	16QAM	QPSK	64QAM
9:58:33	5/31/2013	QPSK	16QAM	64QAM
9:58:35	5/31/2013	16QAM	QPSK	64QAM
9:58:37	5/31/2013	16QAM	64QAM	QPSK
9:58:39	5/31/2013	16QAM	64QAM	QPSK
9:58:41	5/31/2013	QPSK	16QAM	64QAM
9:58:43	5/31/2013	QPSK	64QAM	16QAM
9:58:45	5/31/2013	QPSK	64QAM	16QAM
9:58:47	5/31/2013	QPSK	64QAM	16QAM

Como se puede observar en el cuadro anterior durante toda la conexión en una de las 3 portadoras se tubo modulación 64QAM, garantizando que la tecnología de conexión fue HSPA +.

Estadísticas FTP, mediante la herramienta se permite el análisis de accesibilidad al servidor FTP, y el proceso de transferencia del archivo, versus la velocidad de descarga en kbps.

Time	Date	FTP Download kBytes Received (Cumulative)	FTP Download kBytes Received (Current)	FTP Download Throughput Current (kbps)	FTP Download Throughput Mean (kbps)
09:40:43.000	5/31/2013	8421,38		2003,57	1937,98
09:40:45.000	5/31/2013	8926,04	504,66	1985,87	1961,95
09:40:47.000	5/31/2013	9430,13	504,09	1994,43	1972,74
09:40:49.000	5/31/2013	9928,70	498,58	1963,86	1970,52

09:40:51.000	5/31/2013	10437,18	508,47	2008,78	1978,16
09:40:53.000	5/31/2013	10944,51	507,34	2000,34	1981,86
09:40:55.000	5/31/2013	11452,98	508,47	2006,80	1985,42
09:40:57.000	5/31/2013	11935,74	482,76	1903,44	1975,17
09:40:59.000	5/31/2013	12428,72	492,98	1945,65	1971,89
09:41:01.000	5/31/2013	12939,79	511,07	2016,05	1976,31
09:41:03.000	5/31/2013	13427,82	488,03	1923,28	1971,48
09:41:05.000	5/31/2013	13893,63	465,81	1839,32	1960,48
09:41:07.000	5/31/2013	14141,42	247,79	1954,93	1960,26
09:41:09.000	5/31/2013	14643,16	501,74	1979,25	1961,66
.
.
.
09:58:13.000	5/31/2013	50921,47	294,91	1163,36	1061,99
09:58:15.000	5/31/2013	51118,08	196,61	774,43	1060,03
09:58:17.000	5/31/2013	51347,46	229,38	906,62	1058,80
09:58:19.000	5/31/2013	51552,26	204,80	807,49	1057,49
09:58:21.000	5/31/2013	51904,51	352,26	1390,26	1059,21
09:58:23.000	5/31/2013	52068,35	163,84	646,31	1057,09
09:58:25.000	5/31/2013	52177,04	108,69	428,54	1053,87
09:58:27.000	5/31/2013	52298,22	121,18	478,03	1050,94
09:58:29.000	5/31/2013	52407,72	109,50	431,95	1047,80
09:58:31.000	5/31/2013	52658,84	251,12	991,10	1047,51
09:58:33.000	5/31/2013	52756,66	97,82	771,00	1046,82
09:58:35.000	5/31/2013	52904,50	147,84	583,21	1044,50
09:58:37.000	5/31/2013	53280,77	376,26	1485,01	1046,69
09:58:39.000	5/31/2013	53846,02	565,25	1753,39	1052,55

Adicionalmente cuando no hay accesibilidad, se pueden obtener diferentes códigos de error que describen los posibles errores de conexión, estos proporcionan detalles a nivel 4 (TCP o FTP) de la torre de protocolos, de manera que si hay un error en el enlace de radio, habrá que analizar los mensajes de capa 3, estos códigos pueden clasificarse en:

- Errores de protocolo FTP (autenticación de usuario, saturación del servidor, etc).
- Error de protocolo TCP,
- Error de DNS. No se encontró la IP del usuario en el servicios DNS,
- Error en el enlace radio, el código puede ser tiemeout o failture in socket, errores producidos en el nivel 3.

Time	Date	FTP_Download_Error_Cause	FTP_Download_IP_Service_Setup_Time_sec_Method_A	FTP_Download_IP_Service_Setup_Time_sec_Method_B	FTP_Download_Outcome	PDP_Context_Activation_Time_sec	RRC_Request_to_PDP_Activated_Time_sec	Seconds_Start_to_End_FTP_Download	TCP_Handshake_Time_sec
09:43:51.460	5/31/2013				Stopped by User				
09:44:33.394	5/31/2013	An error occurred on the socket, A connection attempt failed because the connected party did not properly respond after a period of time, or established connection failed because connected host has			An error occurred on the socket, A connection attempt failed because the connected party did not properly respond after a period of time, or established				
09:44:33.429	5/31/2013				Failed				
09:45:59.347	5/31/2013								0,800000012
09:46:03.507	5/31/2013			4,900000095					
09:46:04.999	5/31/2013		6,400000095						
09:49:18.339	5/31/2013				Stopped by User			199,8880157	
09:49:38.766	5/31/2013					1,097000003	3,029000044		
09:49:43.184	5/31/2013								0,100000001
09:49:43.776	5/31/2013			0,699999988					
09:49:43.857	5/31/2013		0,699999988						
09:51:42.198	5/31/2013				Stopped by User			119,1900024	
09:51:48.664	5/31/2013								0,300000012
09:51:49.694	5/31/2013			1,399999976					
09:51:49.825	5/31/2013		1,5						
09:58:39.643	5/31/2013				Stopped by User			411,4310303	

En este capítulo se ha presentado conceptos de calidad a ser evaluados a través de KPIs, además de un listado de los mismos para su correspondencia en la herramienta de monitoreo, y por último un análisis de la prueba de transferencia de un archivo FTP a través de una red del servicio móvil avanzado en tecnología HSPA+, en particular se han mostrado los niveles de cobertura, tasas de transmisión y otros parámetros de calidad obtenidos en el monitoreo, tras el análisis llevado a cabo con una herramienta de "drive test" convencional detectándose algunos problemas relacionados con el proceso de transmisión del archivo.

El principal objetivo del análisis propuesto en este capítulo es llevar a cabo las medidas con la herramienta de drive test en HSPA+, para su posterior procesado y de las medidas resultantes considerar las fundamentales para la evaluación de la calidad de la red para transmisión de datos en tecnología HSPA+ de los servicios ofertados por la operadoras concesionadas, además se muestran parámetros con los cuales el operador puede optimizar su red, demostrando que a través de estas herramientas de monitoreo se puede controlar la calidad del servicio ofertado por los operadores y realizar tareas de optimización por parte de los prestadores de servicio que permitan mejorar su calidad.

CAPITULO 4

**Guía de procedimientos, de referencia para la
evaluación de la calidad del servicio móvil avanzado
a redes HSPA +.**

4.1 Introducción.

El análisis de la calidad de transmisión de datos a través de redes móviles es relativamente creciente inclusive a nivel latinoamericano, en general se encuentra en fase de implementación, lo que ya se contaba es con parámetros de acceso a internet para redes fijas

Hasta ahora en los capítulos 1 se ha hecho un estudio de las tecnologías de telefonía celular desde sus inicios hasta llegar a HSPA +, en el capítulo 2 se hace una recopilación del marco legal actualmente en vigencia en el Ecuador, y por último en el capítulo 3 se da un enfoque a la calidad, desde sus conceptos y la forma de evaluarla, y con la recopilación de información mediante drive test y su posterior procesamiento se obtuvieron valores que permiten conocer la calidad de la transmisión de datos, a continuación se presenta una guía de procedimiento para efectuar el control de la calidad del Servicio Móvil Avanzado para redes con tecnología HSPA+, los parámetros de calidad elegidos deben reflejar de la manera más real los requerimientos de calidad desde el punto de vista de un usuario común, se busca que los parámetros que se han definido sean claros, explícitos y de fácil comprensión para los clientes.

4.2 Guía de procedimiento.

4.2.1 Objetivos.

Para el Controlador

- Contar con datos sobre la calidad del servicio HSPA+ con los que las operadoras del servicio móvil avanzado ofertan los servicios a fin de que las mismas promocionen y presten el servicio en los lugares en los que efectivamente cuentan con él.
- Para el controlador una vez detectados los problemas de calidad del servicio notificar a las operadoras para que presenten una propuesta de solución; para las operadoras contar con la información suficiente para mejorar la calidad de su red.

- Para el controlador y operadoras, verificar las soluciones implementadas ante problemas de calidad de servicio.
- Obtener información que permita determinar que parámetros de calidad reflejan la calidad que percibe el usuario, a fin de que sean incluidas en los Contratos de Concesión y Condiciones Generales para la prestación de Servicios de Telecomunicaciones de las tres operadoras.

Para las operadoras

- Realizar mediciones de parámetros de calidad, que tengan relación con el desempeño de las redes instaladas, utilizando equipos de medición no intrusivos, para determinar la calidad del servicio que percibe el usuario, datos suficientes para que el operador pueda ejecutar labores de mejoramiento en la calidad de su redes así como detectar la presencia de problemas para que se realicen los correctivos necesarios para solucionarlos.
- Verificar que el funcionamiento y servicios en áreas de cobertura definidas y sitios específicos sean los normales.
- Asegurar la cobertura de la señal de radio.
- En el caso de los operadores confirmar que la configuración realizada sea consistente con los parámetros planeados, así como familiarizarse con las condiciones del sitio y recolectar información sobre el entorno para proporcionar referencias para futuras optimizaciones.
- En cuanto al servicio de optimización analizar los datos de los drive test y del tráfico de la red para resolver los problemas de radio que no son considerados durante la optimización de RF.
- Ayudar a resolver problemas relacionados a los servicios.

4.2.2 Metodología.

La metodología utilizada hace referencia a la recomendación UIT-T G.1000 la cual se divide en dos partes la primera que especifica los servicios identificando los criterios de calidad del servicio, en este caso

específicamente la calidad de la conexión de datos, y la segunda que refleja las necesidades de calidad del cliente mediante encuestas, reportes, quejas, que no es objeto de este estudio.

En lo correspondiente a la Calidad de la Conexión se evaluarán las funciones específicas de: establecimiento de la conexión, transferencia de la información y liberación de la conexión.

La matriz Marco G.1000 está orientada principalmente al servicio de telefonía, por lo que para la evaluación de la calidad de datos se ha tomado en cuenta la recomendación ETSI TS 102 250-2 (2011-4) Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); QoS aspects for popular services in mobile networks; Part 2: Definition of Quality of Service parameters and their computation.

4.2.3 Marco Jurídico.

La Constitución de la República del Ecuador, dispone:

- Artículo 66 se reconoce y garantiza a las personas: "25. El derecho a acceder a bienes y servicios públicos y privados de calidad, con eficiencia, eficacia y buen trato, así como a recibir información adecuada y veraz sobre su contenido y características".
- Artículo 213: "Las superintendencias son organismos técnicos de vigilancia, auditoría, intervención y control de las actividades económicas, sociales y ambientales, y de los servicios que prestan las entidades públicas y privadas, con el propósito de que estas actividades y servicios se sujeten al ordenamiento jurídico y atiendan al interés general. Las superintendencias actuarán de oficio o por requerimiento ciudadano. Las facultades específicas de las superintendencias y las áreas que requieran del control, auditoría y vigilancia de cada una de ellas se determinarán de acuerdo con la ley [. .]".
- Artículo 314: "El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley. El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad,

universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación".

La Ley Especial de Telecomunicaciones establece:

- Artículo 38: "Todos los servicios de telecomunicaciones se brindarán en régimen de libre competencia, evitando los monopolios, prácticas restrictivas o de abuso de posición dominante, y la competencia desleal, garantizando la seguridad nacional y promoviendo la eficiencia, universalidad, accesibilidad, continuidad y la calidad del servicio".

La Resolución ST-2009-0219 del 16 de julio del 2009, establece:

- "...los términos contractuales, no pueden imponerse al ordenamiento jurídico vigente, ni limitar las facultades de control de esta Superintendencia, ni los derechos establecidos en la Constitución vigente, ni el cumplimiento por parte de la operadora de obligaciones previstas en la Ley y reglamentos expedidos..."

4.2.4 Forma de medición.

Se pueden establecer dos formas de medición: mediciones con equipos instalados en puntos fijos, y mediciones con equipos instalados en vehículos.

4.2.5 Frecuencia de Medición.

Las mediciones con equipos fijos se pueden realizar en forma permanente, es decir las 24 horas; y las mediciones con equipos instalados en vehículos (drive test).

4.2.6 Tecnologías que soporta.

Si bien la mayoría de equipos soportan una amplia gama de tecnologías el objetivo del presente estudio es evaluar específicamente las tecnologías HSDPA, HSUPA y HSPA +.

4.2.7 Parámetros de Calidad.

Adicionalmente a los requisitos de disponibilidad de la red de acceso los parámetros que garantizan la calidad de los servicios y aplicaciones por los que se puede acceder a través de internet son una referencia para definir los parámetros de calidad, así como criterios derivados del benchmark.

De los procedimientos para efectuar el control de la calidad del Servicio móvil Avanzado expedidos por la SUPERTEL, se han definido los siguientes.

- El tiempo promedio de la conexión de accesos a datos, definido como el tiempo promedio medido en segundos entre el instante en el que se ejecuta el comando de conexión y el momento en que la conexión es exitosa.
- Porcentaje de éxitos de establecimientos de acceso de datos, definido como el porcentaje de accesos a datos con éxito respecto al total de intentos.
- La tasa media de datos FTP, definida como el promedio de tasa de transferencia de datos medida en el tiempo que dura la conexión al servicio.
- EL tiempo de acceso a una página web con HTTP, definido como el tiempo promedio medido en segundos entre el momento en que se solicita la conexión de HTTP de una página web y el momento en que se presenta esa página de manera exitosa.
- La latencia o tiempo de ida y vuelta PING, definida como el tiempo que requiere un paquete de datos para transmitirse desde el origen al destino y regresar.

Todos estos parámetros, están basados en la recomendación ETSI 102 250 5.4.

TIPO	INDICADOR	SERVICIO	VALOR PROPUESTO	CONDICIÓN
COBERTURA	Porcentaje de buena Cobertura en ciudades	N/A	≥95%	Drive Test dentro de una ruta predeterminada
ACCESIBILIDAD	Conexiones de datos	PS	≥97%	En condiciones de tráfico normal
RETENIBILIDAD	Tasas de sesiones de	PS	Sf ≤ 2%	En condiciones de tráfico, normal

LATENCIA	datos interrumpidas			
	%fallas de activación de contexto PDP	PS	PDPf ≤ 3%	En condiciones de tráfico, normal
	PING	PS	≤ 240 ms	Una vez establecida la conexión en condiciones de tráfico normal.
INTEGRIDAD DEL SERVICIO (FIJO)	HSPA+ Throughput FTP downlink y uplink	PS UE	≤ 90% de la velocidad máxima ofrecida	En condiciones de tráfico normal
INTEGRIDAD DEL SERVICIO (MÓVIL)	HSPA+ Throughput HTTP downlink y uplink	PS UE	≤ 90% de la velocidad máxima ofrecida	Drive test dentro de una ruta predeterminada y con valores de Ec/Io >-14dB, y RSCP >-90dBm
MOVILIDAD	SHO exitosos	CS y CP	≥98.5%	Drive test dentro de una ruta predeterminada y con valores de Ec/Io >-14dB, y RSCP >-90dBm
RETARDO	Inter RAT HO exitoso	PS Handover	≥90%	Punto de prueba donde la señal satisfaga los requerimientos de HO.
	Tasa de sesiones de datos interrumpidas	PS	≤ 2 %	Ec/Io >-6dB, y RSCP >-70dBm Pruebas estáticas Promedio de retardo de conexión de datos.
	Retardo en PING HSDPA	Ping 1048 bytes	≤ 180 ms	Ec/Io >-6dB, y RSCP >-70dBm Pruebas estáticas Ping 1048 bytes

Tabla 4.1 ETSI 102 250 5.4.

4.2.8 Recomendaciones para el Control.

Las tareas de prueba que se deben configurar en los equipos de control deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Las mediciones de cobertura se las debe realizar en modo idle es decir desocupado, los equipos de control pueden ser implementados en vehículos o en sitio fijo.

- Los parámetros de Calidad deben presentarse como un único indicador de red, por lo que la tarea configurada debe especificar la tecnología WCDMA.
- En base a los resultados de las mediciones realizadas asegurar que las aplicaciones de transferencia de datos e internet sobre red móviles tengan una calidad óptima.

4.2.9 Justificación de los valores propuestos.

Latencia, prueba realizada a través del comando PING, el valor de ≤ 240 ms está de acuerdo a la recomendación ETSI que establece un límite máximo para voz interactiva y video de 300ms, pudiéndose ajustar ese valor de acuerdo a la implementación de mejores características de transmisión.

Tasa de datos medida, prueba realizada a través de la transferencias de archivo desde un servidor FTP y, se ha considerado un valor razonable un 90% de la velocidad máxima ofrecida por el portador, otro punto de vista para este parámetro es que depende de muchos factores algunos externos al operador, distancia de la celda, sitios con bajas coberturas, y factores externos concernientes al servidor de prueba, y en el caso de las pruebas HTTP, depende del comportamiento de la página web que es de naturaleza dinámica y el proveedor no tiene control sobre ella, por lo que ese valor podría modificarse luego de un periodo de mediciones estadísticas que logren la caracterización del servicio.

Tasa Sesiones de datos Interrumpidas, en este caso el valor objetivo se ha escogido de acuerdo a prácticas internacionales, además de considerarlo razonable de acuerdo a las pruebas realizadas.

Porcentaje de fallas de activación de contextos PDP, en este caso el valor objetivo se ha escogido de acuerdo a prácticas internacionales, además de considerarlo razonable de acuerdo a las pruebas realizadas.

CONCLUSIONES.

En base a la recopilación de información indicada en el presente trabajo, las mediciones realizadas así como su posterior análisis a continuación se presenta las siguientes conclusiones:

- En lo referente a la evolución de la telefonía celular se observa un vertiginoso desarrollo de las tecnologías desde la denominada generación cero desarrollada por AT&T con estaciones base que cubrían amplias zonas (>50km) sobre canales analógicos (FM), caracterizada por ser analógica y exclusiva para llamadas de voz, pasando luego a comunicaciones digitales, y la introducción de la mensajería corta SMS; el cambio en la exigencia de nuevos servicios de especialmente de datos obligo a evolución en ese sentido con la aparición de GPRS y EDGE permitiendo la transmisión de mensajes multimedia, para llegar a la tercera generación con grandes mejoras en la velocidad de transmisión de datos, a través de la optimización del espectro radioeléctrico en lo que corresponde a la tecnología.
- Específicamente para la tecnología HSPA+ misma que se ha desarrollado debido a la transición de la industria de la comunicación a solo redes de datos o redes "All-IP"; las características de HSPA+ están normadas en la reléase 7 y 8, donde se presentan mejoras en la interfaz radio HSPA (MIMO), con modulación de orden superior, soporte de doble portadora y receptores de interferencia sensibles han mejorado aún más el rendimiento máximo y promedio de HSPA.
- Este vertiginoso desarrollo ha obligado a que los países tengan que regular las tecnologías, ha hecho necesario que los entes reguladores de las Telecomunicaciones, así como las operadoras de servicio, busquen mecanismos de control y mejoramiento de la calidad.
- En lo referente a los marcos regulatorios que permitan el control de la calidad de los servicios que ofrecen los países han estado siempre un paso atrás de la tecnología, ya que la misma se desarrolla más rápido que la regulación y el control; específicamente el Ecuador ha logrado

gran desarrollo en el control en lo correspondiente a la segunda y tercera generación dando su principal enfoque al servicio al cliente, reclamos, y servicios basados en voz y demás parámetros de calidad especificados en los contratos de concesión, dejando sin mayor control a las tecnologías de punta como en el caso de HSPA+ ya instalados en el país.

- Las mediciones de calidad son de gran importancia tanto para el controlador como para el proveedor del servicio ya que permiten verificar el funcionamiento de los sistemas y así garantizar la satisfacción de los usuarios.
- La importancia del estudio de la calidad QoS en el servicio móvil avanzado que ofertan las operadoras se apoya en el interés que ponen las organizaciones internacionales como UIT, ETSI e ISO y grupos el Proyecto de Asociación de Tercera Generación que se encargan del desarrollo de la industria de las comunicaciones móviles. El trabajo que hacen estas organizaciones debe ser tomado en cuenta tanto por el ente regulador como por los proveedores de servicios y los fabricantes de equipos móviles, pues dan lineamientos a seguir para que los servicios que se ofrecen se puedan satisfacer de forma adecuada.
- Esta investigación determina las ventajas que ofrecen las mediciones de calidad que permiten al regulador controlar la calidad, y a los operadores optimizar la gestión de sus redes y ofrecer servicios de mejor calidad.
- Mediante las pruebas realizadas se han identificado parámetros relacionados con la transmisión de datos, como tiempos de acceso, velocidad de transmisión, detección de tecnología en uso, y porcentajes de errores con los cuales se puede evaluar las redes HSPA y HSPA+ específicamente.

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda que los parámetros obtenidos sean tomados en cuenta por el regulador y las operadoras para evaluar las redes en operación actualmente en el país, con lo que se lograría transparentar el servicio prestado por las mismas y mejorar la calidad de los servicios ofertados a los usuarios.
- Al tratarse de una investigación que verifica aspectos exclusivamente técnicos relacionados con la calidad del servicio. Se recomienda que esa información sea complementada con un estudio amplio de los aspectos no técnicos que se relacionan con calidad de servicio, para lograr una gestión integral de la misma.

GLOSARIO

A

AAL	ATM Adaptation Layer
ACK	ACKnowledgement
AMPS	American Mobile Phone System
ARIB	Association of Radio Industries and Business in Japan
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AuC	Autentification Center

B

BLER	Block Erasure Rate
BER	Bit Error Rate BS Base Station
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station System

C

C/I	Carrier to Interference
CDMA	Code Division Multiple Access
CN	Core Network
CPICH	Common Pilot Channel
CQI	Channel Quality Information
CS	Circuit Switching

D

DCH	Dedicated Channel
DL	DownLink

E

E_c/N_0	Chip Energy over noise
EDGE	Enhanced Data Rate for GSM Evolution
E-GPRS	GPRS over EDGE
EIR	Equipment Identity Register
ETSI	European Telecommunications Standards Institute

F

<i>FEC</i>	<i>Frame Error Correction</i>
<i>FER</i>	<i>Frame Error Rate</i>
<i>FTP</i>	<i>File Transfer Protocol</i>

G

<i>GGSN</i>	<i>Gateway GPRS Support Node</i>
<i>GMSC</i>	<i>Gateway Mobile Services Switching Center</i>
<i>GMSK</i>	<i>Gaussean Minimum Shift Keying</i>
<i>GPRS</i>	<i>General Packet Radio Service</i>
<i>GSM</i>	<i>Global System for Mobile Communication</i>

H

<i>HDLC</i>	<i>High Level Data Link Control</i>
<i>HS-DPCCH</i>	<i>High-Speed Dedicated Physical Control Channel</i>
<i>HS-DSCH</i>	<i>High-Speed Downlink Shared CHannel</i>
<i>HS-PDSCH</i>	<i>High-Speed Physical Downlink Shared CHannel</i>
<i>HS-SCCH</i>	<i>High-Speed Shared Control CHannel</i>
<i>HSDPA High</i>	<i>Speed Downlink Packet Access</i>
<i>HSPA High</i>	<i>Speed Packet Access</i>
<i>HSUPA High</i>	<i>Speed Uplink Packet Access</i>
<i>HLR</i>	<i>Home Local Register</i>
<i>HTTP</i>	<i>HyperText Transport Protocol</i>
<i>HW</i>	<i>Hardware</i>

I

<i>IMEI</i>	<i>International Mobile Equipment Identity</i>
<i>IMSI</i>	<i>International Mobile Subscriber Identity</i>
<i>IMT</i>	<i>International Mobile Telephony IP Internet Protocol</i>
<i>ISDN</i>	<i>Integrated Services Digital Network</i>
<i>ISP</i>	<i>Internet Service Provider ITU International Telecommunication Union</i>

L

L2 *Layer 2*
LAN *Local Area Network*
LLC *Logical Link Control*

M

MAC *Media Access Control*
MAC-hs *high speed Mac*
MCS *Modulation and Coding Scheme*
ME *Mobile Equipment*
MMS *Multimedia Messaging Service*
MS *Mobile Station*
MSC *Mobile Services switching Centre*
MT *Mobile Terminal*

N

NSS *Network Switching Subsystem*
NMS *Network Management Subsystem*

O

O&M *Operation and Maintenance*
OSS *Operation and Support System*

P

PCU *Packet Control Unit*
PDC *Personal Digital Communications*
PDP *Packet Data Protocol*
PDU *Power Distribution Unit*
PDU *Protocol Data Unit*
PDU *Payload Data Unit*
PLMN *Public Land Mobile Network*
PS *Packet Switching*
PSTN *Public Switched Telephone Network*
PVC *Permanent Virtual Circuit*

Q

QoS *Quality of Service*
QoE *Quality of Experience*

R

RAB *Radio Access Bearer*
RAN *Radio Access Network*
RB *Red Bayesiana*
RF *Radio Frequency*
RFC *Request for Comments*
RLC *Radio Link Control*
RLP *Radio Link Protocol*
RSCP *Received Signal Code Power*
RSSI *Received Signal Strength Indicator*
RTT *Round-Trip delay Time*
RTSL *Radio Time Slot*

S

SAAL *Signaling ATM Adaptation Layer*
SDU *Service Data Unit*
SGSN *Serving GPRS Service Node*
SINR *Signal to Interference plus Noise Ratio*
SM *Session Management*
SIM *Subscriber Identity Module*
SMS *Short Message Service*

SNMP *Simple Network Management Protocol*
SQI *Service Quality Indicator*
SW *Software*

T

TCH *Traffic Channel*
TCP *Transmission Control Protocol*
TCP/IP *Transmission Control Protocol/ Internet Protocol*
TDM *Time Division Multiplex*

TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
TFRC	<i>Transport Format and Resources Combination</i>
TSL	<i>Time Slots</i>

U

UARFCN	<i>UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number</i>
UE	<i>User Equipment</i>
UL	<i>Uplink</i>
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunication System</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
UTP	<i>UMTS Tunneling Protocol</i>
UTRAN	<i>UMTS Terrestrial Radio Access Network</i>

V

VC	<i>Virtual Channel</i>
VCI	<i>Virtual Channel Identifier</i>
VLR	<i>Visitor Location Register</i>
VP	<i>Virtual Path</i>

W

WAP	<i>Wireless Application Protocol</i>
WCDMA	<i>Wideband Code Division Multiple Access</i>
WiFi	<i>Wireless Fidelity</i>
16QAM	<i>16 Quadrature Amplitude Modulation</i>
64QAM	<i>64 Quadrature Amplitude Modulation</i>

BIBLIOGRAFÍA

Harri Hulma and Antti Toskala, 2006, HSDPA/HSUPA for UMTS.

Harri Hulma and Antti Toskala, 2004, WCDMA for UMTS Third Edition.

G. Gómez, R. Sánchez, 2005, End to End Quality of Service over Cellular Networks.

Mustafa Ergen Berkeley, CA USA, 2009. Mobile Broadband Including WiMAX and LTE.

3G Americas, 2010. MIMO and Smart Antennas for 3G and 4G Wireless Systems.

D. Luis Mendo Tomás, 2001. Capacidad en Sistemas Celulares W-CDMA.

Ramón Agustí, Francisco Bernardo, Fernando Casadevall, Ramon Ferrús, Jordi Pérez-Romero, Oriol Sallent, 2010. LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles.

Stefania Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker, 2009. LTE – The UMTS Long Term Evolution.

Harri Holma and Antti Toskala, both of Nokia Siemens Networks, Finland, 2009. LTE for UMTS – OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access.

FAROOQ KHAN Telecom R&D Center Samsung Telecommunications, America, 2009. LTE for 4G Mobile Broadband.

Dave Wisely BT, UK, 2009, IP FOR 4G.

<http://www.3gamericas.org/>

<http://bandaancha.eu/analysis>.

http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2010/40-es.aspx