



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

“ANÁLISIS DE MENSAJERÍA EN LOS PROTOCOLOS DEL INTERFAZ AIRE, PARA DETERMINAR LAS CAUSAS QUE PRODUCEN LLAMADAS CAÍDAS EN EL SERVICIO DE TELEFONÍA CELULAR (SMA) EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”

ARCADIO MAURICIO TOALOMBO MONTERO

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAGISTER EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

Riobamba - Ecuador

Octubre - 2017

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El trabajo de Titulación Modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado: ANÁLISIS DE MENSAJERÍA EN LOS PROTOCOLOS DEL INTERFAZ AIRE, PARA DETERMINAR LAS CAUSAS QUE PRODUCEN LLAMADAS CAÍDAS EN EL SERVICIO DE TELEFONÍA CELULAR (SMA) EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, de responsabilidad del señor Arcadio Mauricio Toalombo Montero, ha sido minuciosamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

ING. OSCAR GRANIZO PAREDES; MDE.

PRESIDENTE

ING. MARCELO FILIÁN NARVÁEZ; MSc.

DIRECTOR DE TESIS

ING. ALEX TROYA ALDAZ; MSc.

MIEMBRO DE TESIS

ING. JORGE JIMÉNEZ ROMERO; MSc.

MIEMBRO DE TESIS

Riobamba, octubre 2017

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Arcadio Mauricio Toalombo Montero, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación modalidad proyectos de investigación, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Arcadio Mauricio Toalombo Montero

N° de Cédula: 1802494797

©2017, Arcadio Mauricio Toalombo Montero

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Arcadio Mauricio Toalombo Montero, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

Arcadio Mauricio Toalombo Montero
N° de Cédula: 1802494797

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mi madre y hermanos por apoyar siempre mis proyectos.

Dedico también el presente a todas las personas que me han ayudado a comprender el verdadero significado de la vida y la razón de nuestra permanencia en este entorno cósmico, ya que con sus enseñanzas han ayudado a comprender proverbios como porque no hay nada secreto que no llegue a descubrirse, ni nada oculto que no llegue a conocerse; y, si estas ausente en mi lucha no esperéis estar presente en mi victoria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis compañeros y amigos Alex, Jorge y Marcelo que me han brindado sus conocimientos, experiencias y apoyo incondicional para la realización de este trabajo.

CONTENIDO

RESUMEN.....	xxii
SUMMARY.....	xxiii

CAPÍTULO I

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Problema de investigación.....	2
1.1.1	<i>Planteamiento del problema.....</i>	2
1.1.2	<i>Formulación del problema.....</i>	3
1.1.3	<i>Sistematización del problema.....</i>	3
1.2	Justificación de la investigación.....	4
1.3	Objetivos de la investigación.....	5
1.3.1	<i>Objetivo general.....</i>	5
1.3.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	6
1.4	Hipótesis de la investigación.....	6
1.4.1	<i>Hipótesis general.....</i>	6
1.4.2	<i>Hipótesis específicas.....</i>	6

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO.....	8
2.1	Concepto de Telefonía Celular.....	8
2.2	Arquitectura General de los Sistemas Celulares.....	8
2.2.1	<i>Equipo de usuario.....</i>	9
2.2.2	<i>Red de acceso.....</i>	9
2.2.3	<i>Red troncal.....</i>	9
2.3	Generaciones de Telefonía Celular.....	9
2.4	Sistemas de Primera Generación (1G).....	10
2.4.1	<i>Características.....</i>	11
2.5	Sistemas de Segunda Generación (2G).....	12
2.5.1	<i>Sistema GSM.....</i>	13
2.5.1.1	<i>Técnica de Acceso Múltiple TDMA/FDMA.....</i>	16
2.5.2	<i>Arquitectura del Sistema GSM.....</i>	17
2.5.2.1	<i>Subsistema de Estación Base (BSS).....</i>	17

2.5.2.2	<i>Subsistema de Conmutación y Red (NSS)</i>	20
2.5.2.3	<i>Subsistema de Operación y Mantenimiento (OMSS)</i>	22
2.5.3	<i>Interfaces y Señalización en GSM</i>	23
2.5.3.1	<i>Interfaz Um</i>	24
2.5.3.2	<i>Interfaz A</i>	24
2.5.3.3	<i>Interfaz A-bis</i>	25
2.5.3.4	<i>Interfaz B</i>	25
2.5.3.5	<i>Interfaz C</i>	25
2.5.3.6	<i>Interfaz D</i>	25
2.5.3.7	<i>Interfaz E</i>	25
2.5.4	<i>Tipo de canales en GSM</i>	26
2.5.4.1	<i>Canales de tráfico</i>	27
2.5.4.2	<i>Canales de señalización (control)</i>	27
2.6	<i>Sistemas de Generación 2.5 (2.5 G)</i>	29
2.6.1	<i>Características</i>	29
2.6.2	<i>Topología y operación de la Red</i>	29
2.6.3	<i>HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)</i>	30
2.6.4	<i>GPRS (General Packet Radio Service)</i>	31
2.6.5	<i>EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)</i>	32
2.7	<i>Sistemas de Tercera Generación (3G)</i>	32
2.7.1	<i>UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)</i>	33
2.7.1.1	<i>WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)</i>	34
2.7.1.2	<i>Técnica de ensanchamiento (Spreading)</i>	35
2.7.2	<i>Arquitectura UMTS</i>	39
2.7.2.1	<i>Red de acceso UTRAN</i>	40
2.7.2.2	<i>Canalización en UMTS</i>	42
2.8	<i>Sistemas de Cuarta Generación (4G)</i>	45
2.8.1	<i>Sistema de comunicación Long Term Evolution LTE</i>	45
2.8.2	<i>Sistemas de comunicaciones IMT-Advanced o 4G y LTE-Advanced</i>	46
2.8.3	<i>Arquitectura general del sistema LTE</i>	46
2.9	<i>Protocolos GSM</i>	47
2.9.1	<i>Protocolos en el plano de usuario</i>	48
2.9.2	<i>Protocolos en el plano de señalización</i>	49
2.9.3	<i>Capa física</i>	49
2.9.4	<i>Capa de enlace</i>	49
2.9.5	<i>Capa 3</i>	51

2.9.5.1	<i>Gestión de recursos radio (Radio Resource Management)</i>	51
2.9.5.2	<i>Gestión de la Movilidad (Mobility Management)</i>	52
2.9.5.3	<i>Gestión de la conexión (Connection Management)</i>	52
2.10	Protocolos en UMTS	53
2.10.1	Capa física (PHY Physical layer)	55
2.10.2	Capa 2	55
2.10.2.1	<i>MAC (Medium Access Control)</i>	55
2.10.2.2	<i>RLC (Radio Link Control)</i>	55
2.10.3	Capa 3 - Capa de red	57
2.10.3.1	<i>Control de recursos de radio (RRC)</i>	57
2.11	Estrato sin acceso (Non Access Stratum)	59
2.11.1	Gestión de Movilidad Mobility Management	60
2.12	Llamada caída	61
2.13	Como reducir la caída de llamadas en redes GSM?	61
2.13.1	Factores que afectan la tasa de caída de llamada del canal de tráfico ...	61
2.13.1.1	<i>Problema de hardware</i>	61
2.13.1.2	<i>Problema de transmisión</i>	62
2.13.1.3	<i>Actualización de versiones</i>	62
2.13.1.4	<i>Configuración de parámetros</i>	62
2.13.1.5	<i>Interferencias dentro de la red y entre redes</i>	63
2.13.1.6	<i>Problema de cobertura</i>	63
2.13.1.7	<i>Problema del sistema de antenas</i>	64
2.13.1.8	<i>Desbalance entre los enlaces Uplink and Downlink</i>	64
2.13.1.9	<i>Problema de Repetidor</i>	65
2.13.1.10	<i>Congestión</i>	65
2.14	Causa de llamadas caídas en redes UMTS	65
2.14.1	Caída de llamadas causada por una mala cobertura	66
2.14.2	Caída de llamadas causada por celdas vecinas	66
2.14.3	Caída de llamadas causadas por interferencia	67
2.14.4	Caídas causadas por causas de ingeniería	68
2.14.5	Caída de llamadas causada por la interoperabilidad 2G / 3G	69
2.14.6	Caída de llamada causada por el sistema	70
2.14.7	Congestión	70
2.14.8	Sin enlace de radio	71
2.14.9	Falla de equipo	71
2.14.10	Dos celdas que utilizan el mismo PSC (Primary Scrambling Codes)	72

CAPÍTULO III

3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	73
3.1	Tipo de investigación	73
3.2	Diseño de la investigación	74
3.3	Técnicas de investigación	75

CAPÍTULO IV

4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	79
4.1	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones	79
4.2	La telefonía celular en el Ecuador	79
4.2.1	CONECEL S.A.	80
4.2.2	OTECEL S.A.	81
4.2.3	CNT EP	81
4.3	Bandas de frecuencias asignadas al SMA	82
4.3.1	Servicio Móvil Avanzado	83
4.4	Evolución del control de calidad	84
4.5	Anexo 5 del contrato de concesión para CONECEL y OTECEL	86
4.6	Recomendaciones internacionales	87
4.6.1	Recomendación ITU-T E.807	87
4.6.2	Recomendación 3GPP TS 24.008	87
4.7	Sistema Autónomo de Medición de Redes Móviles de ARCOTEL	87
4.7.1	Unidades de prueba remota (RTUs)	89
4.8	Plataforma de aplicaciones TEMS	91
4.8.1	TEMS Automatic – Operator Console	91
4.8.1.1	Orden de trabajo (work order)	92
4.8.1.2	Configuración de SIMs	94
4.8.2	TEMS Automatic Presentation	96
4.8.3	TEMS Discovery	97
4.9	Flujo de llamada originada por el móvil en GSM	100
4.9.1	Liberación de una llamada originada por el móvil	102
4.9.2	Flujo de llamada cuando el destinatario es el terminal móvil	103
4.10	Flujo de llamada en UMTS	104
4.11	Recopilación de llamadas telefónicas	107
4.12	Programación de mediciones	108
4.12.1	Números telefónicos empleados	108

4.12.2	<i>Ordenes de trabajo (Work orders) programadas</i>	110
4.12.3	<i>Detalle de llamadas caídas</i>	113

CAPÍTULO V

5	PROPUESTA	117
5.1	Llamada establecida y liberada en condiciones normales	117
5.1.1	<i>Causa N° 16 “Normal call clearing”</i>	118
5.2	Pos-procesamiento de las llamadas caídas	119
5.2.1	<i>Causa N° 21 “Call rejected”</i>	119
5.2.2	<i>Causa N° 27 “Destination out of order”</i>	121
5.2.3	<i>Causa N° 31 “Normal, unspecified”</i>	122
5.2.4	<i>Causa N° 38 “Network out of order”</i>	123
5.2.5	<i>Causa N° 41 “Temporary failure”</i>	124
5.2.6	<i>Causa N° 47 “Resources unavailable, unspecified”</i>	125
5.2.7	<i>Causa N° 102 “Recovery on timer expiry”</i>	126
5.2.8	<i>Causa N° 111 “Protocol error, unspecified”</i>	129
5.2.9	<i>Otros tipos de llamadas caídas sin codificación cause value</i>	130
5.2.9.1	<i>Caso 1</i>	130
5.2.9.2	<i>Caso 2</i>	131
5.2.9.3	<i>Caso 3</i>	133
5.3	Resultados de causas valores codificados para llamadas caídas	134
5.3.1	<i>Llamadas caídas por Operadora en modo on net</i>	134
5.3.2	<i>Llamadas caídas por Operadora en modo off net</i>	136
5.3.3	<i>Llamadas caídas por Operadora en modo on net y off net</i>	139
5.3.4	<i>Total de llamadas caídas recopiladas</i>	141
5.3.5	<i>Llamadas caídas por RTU de origen</i>	142
5.3.6	<i>Llamadas caídas por RTU de destino</i>	143
5.4	Porcentajes de llamadas caídas	144
	CONCLUSIONES	147
	RECOMENDACIONES	151
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2	Sistemas de Segunda Generación.....	12
Tabla 2-2	Versiones de GSM	14
Tabla 3-2	Canales lógicos de GSM	26
Tabla 4-2	Diferencia de canalizaciones GSM y UMTS	37
Tabla 5-2	Códigos ortogonales y no ortogonales	37
Tabla 1-4	Bandas de frecuencias asignadas a CONECEL S.A.	83
Tabla 2-4	Bandas de frecuencias asignadas a OTECEL S.A.	84
Tabla 3-4	Bandas de frecuencias asignadas a CNT EP.....	84
Tabla 4-4	Parámetros para análisis de calidad de servicio de telefonía celular	85
Tabla 5-4	Códigos MCC y MNC para Ecuador	95
Tabla 6-4	RTUs empleadas en las mediciones	108
Tabla 7-4	Resumen de llamadas caídas procesadas	112
Tabla 1-5	Temporizadores de telefonía celular	128
Tabla 2-5	Resumen de llamadas caídas por RTU de origen	142
Tabla 3-5	Resumen de llamadas caídas por RTU de destino	143
Tabla 4-5	Porcentajes de llamadas caídas por operadora	145
Tabla 5-5	Mediciones de calidad de servicio respecto a valores mínimos	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2	Separación de canales en GSM	15
Figura 2-2	Composición de una trama	16
Figura 3-2	Arquitectura del sistema GSM	17
Figura 4-2	Interfaces de GSM	24
Figura 5-2	Sistema celular 2.5G	30
Figura 6-2	Red GSM y GPRS	31
Figura 7-2	Principio de ensanchamiento	35
Figura 8-2	Robustez del ensanchamiento	36
Figura 9-2	Ancho de banda de WCDMA	37
Figura 10-2	Principio de utilización de códigos	38
Figura 11-2	Arquitectura UMTS	39
Figura 12-2	Estructura UTRAN	40
Figura 13-2	Canalización en UMTS	42
Figura 14-2	Arquitectura sistema LTE	47
Figura 15-2	Plano de usuario conexión de elementos	48
Figura 16-2	Arquitectura de protocolos GSM en el plano de señalización	50
Figura 17-2	Arquitectura control /señalización en el interfaz aire	51
Figura 18-2	Arquitectura de protocolos de UMTS para señalización	54
Figura 19-2	Arquitectura de la capa RRC	58
Figura 20-2	Plano de control NAS	59
Figura 21-2	Caída de llamada producida por utilizar el mismo PSC	72
Figura 1-4	Arquitectura del sistema SAMM que dispone ARCOTEL	88
Figura 2-4	RTU que forma parte del sistema SAMM de ARCOTEL	90
Figura 3-4	Pantalla de presentación de TEMS AUTOMATIC Operator Console	91
Figura 4-4	Propiedades de una RTU	92
Figura 5-4	Listado de work orders programadas	93
Figura 6-4	Configuración de parámetros de una work order	94
Figura 7-4	SIMs utilizadas por la RTU ERIO00-FS25882	94
Figura 8-4	Eventos reportados por las RTUs	95
Figura 9-4	Descarga de datos filtrándolos con Tems Automatic Presentation	96
Figura 10-4	Manejo de Tems Discovery	99
Figura 11-4	Diferentes vistas de la aplicación TEMS DISCOVERY	100
Figura 12-4	Diagrama de flujo de una llamada GSM	101

Figura 13-4	Terminación de una llamada GSM	103
Figura 14-4	Flujo de llamada cuando el destinatario es el móvil	103
Figura 15-4	Diagrama de flujo de una llamada UMTS	105
Figura 16-4	Parámetros de la RTU 882	108
Figura 17-4	Parámetros de la RTU 944	109
Figura 18-4	Parámetros de la RTU 137	109
Figura 19-4	Parámetros de la RTU 207	109
Figura 20-4	Parámetros RTU EUMTS5-MS27131 móvil, para llamadas 2G	110
Figura 21-4	Parámetros RTU EUMTS5-MS27137 móvil, para llamadas UMTS	110
Figura 22-4	Orden de trabajo (Work order) GSM empleada	111
Figura 23-4	Orden de trabajo (Work order) UMTS empleada	111
Figura 24-4	Llamadas caídas procesadas	112
Figura 25-4	Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas dic 882	113
Figura 26-4	Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas dic 994	113
Figura 27-4	Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas 882 nov	114
Figura 28-4	Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas 944 nov	114
Figura 29-4	Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas oct 207	114
Figura 30-4	Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas oct 137	115
Figura 31-4	Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas oct 882	116
Figura 32-4	Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas oct 944	116
Figura 33-4	Detalle de llamadas caídas de procesamiento mt1	116
Figura 1-5	Mensajería de una llamada establecida y liberada normalmente	117
Figura 2-5	Mensajería de llamada liberada normalmente codificada con cause 16 ...	118
Figura 3-5	Mensajería de una llamada caída	119
Figura 4-5	Llamada caída de Archivo PTNNDW_170316 con tipo cause value 21 ...	120
Figura 5-5	Llamada caída de Archivo DG4072-161224 con tipo cause value 27	121
Figura 6-5	Llamada caída de Archivo 1CJ9UKA-161010 con tipo cause value 31...	122
Figura 7-5	Llamada caída de Archivo 1RCT92J--161209 con tipo cause value 38...	124
Figura 8-5	Llamada caída de Archivo 1U27INY--161211 con tipo cause value 41...	125
Figura 9-5	Llamada caída de Archivo 1PH7OHT_161019 con tipo cause value 47...	126
Figura 10-5	Llamada caída de Archivo 12HXN1-161215 con tipo cause value 102....	127
Figura 11-5	Llamada caída de Archivo 429ZK3_161217 con tipo cause value 111.....	129
Figura 12-5	Llamada caída de Archivo DB0RTL_161224 caso 1	131
Figura 13-5	Llamada caída de Archivo 16XQ3YT_161006 caso 2	132
Figura 14-5	Llamada caída de Archivo 1CINTGC_161010 caso 3	133
Figura 15-5	Llamadas caídas on net de la operadora 1	135

Figura 16-5	Llamadas caídas on net de la operadora 2	135
Figura 17-5	Llamadas caídas on net de la operadora 3	136
Figura 18-5	Llamadas caídas off net desde la operadora 1 hacia operadora 2	136
Figura 19-5	Llamadas caídas off net desde operadora 1 hacia operadora 3	137
Figura 20-5	Llamadas caídas off net desde operadora 2 hacia operadora 1	137
Figura 21-5	Llamadas caídas off net desde operadora 2 hacia operadora 3	138
Figura 22-5	Llamadas caídas off net desde operadora 3 hacia operadora 1	138
Figura 23-5	Llamadas caídas off net desde operadora 3 hacia operadora 2	139
Figura 24-5	Llamadas caídas on net y off net de la operadora 1	139
Figura 25-5	Llamadas caídas on net y off net de la operadora 2	140
Figura 26-5	Llamadas caídas on net y off net de la operadora 3	140
Figura 27-5	Total de llamadas procesadas por tipo de causa	141
Figura 28-5	Total de llamadas caídas por tipo de causa	141
Figura 29-5	Total de llamadas caídas por RTU de origen	142
Figura 30-5	Total de llamadas caídas por RTU de destino	143

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	Listado de llamadas caídas recopiladas
ANEXO B	Tipos de cause vales call control encontrados
ANEXO C	3GPP specific cause values for call control - Annex H
ANEXO D	Resolución TEL-042-01-CONATEL-2014- Parámetros Ec/Io, RSCP y RxLevSub
ANEXO E	Petición para ejecución del proyecto de investigación en base a Convenio ARCOTEL - ESPOCH

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

1G	Primera generación de telefonía celular
2G	Segunda generación de telefonía celular
3G	Tercera generación de telefonía celular
3GPP	Third Generation Partnership Project
4G	Cuarta generación de telefonía celular
ADC	Administration Center
AGCH	Access Grant Channel
AICH	Access Indication Channel
AMPS	Advanced Mobile Phone System
AM-SAP	Acknowledge Mode SAP
ARCOTEL	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Number
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses
ARQ	Automatic Repeat Request
AS	Access Stratum
AuC	Authentication Center
BCCH	Broadcast Control Channel
BCFE	Boadcast Control Function Entity
BCH	Broadcast Channel
BMC	Broadcast/Multicast Control
BSC	Base Station Controller
BSIC	Base Transceiver Station Identity Code
BSS	Base Station Subsystem
BTS	Base Transceiver Station
CBCH	Cell Broadcast Channel
CC	Call Control
CCH	Control Channels
CCCH	Common Control Channel
CDMA	Code Division Multiple Access
CM	Connection Management
CN	Core Network
CNT EP	Corporacion Nacional de Telecomunicaciones EP
CONECCEL	Consortio Ecuatoriano de Telecomunicaciones S.A.
CPICH	Common Pilot Channel
CS	Circuit Switching
CTCH	Common Traffic Channel
D-AMPS	Digital Advanced Mobile Phone System
DCCH	Dedicated Control Channel
DCFE	Dedicated Control Function Entity
DCH	Dedicated Channel
DCS	Digital Cellular System
DECT	Digital European Cordless Telecommunications
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DL	Down link

DNS	Domain Name System
DPDCH	Dedicated Physical Data Channel
DQPSK	Differential Quadra Phase Shift Keying
DTCH	Dedicated Traffic Channel
EB BS	Base Station
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EIA	Asociación de Industrias Electrónicas
EIR	Equipment Identity Register
EPS	Evolved Packet System
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EVDO	Evolution-Data Optimized
FACCH	Fast Associated Control Channel
FACH	Forward Access Channel
FCCH	Frequency Correction Channel
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FEC	Forward Error Correction
GGSN	Nodo de Soporte de Pasarela GPRS
GMM	GPRS Mobility Management
GMSC	Gateway MSC
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service
GPRS	General Packet Radio System
GSM	Global System for Mobile Communications
HLR	Home Location Register
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HSPA	High-Speed Packet Access
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IMT-2000	International Mobile Telephone 2000
IMT-Advanced	International Mobile Telecommunications-Advanced
IP	Internet Protocol
IS-136	US-TDMA, one of the 2nd generation systems
IS-95	CdmaOne, one of the 2nd generation systems
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISUP	ISDN User Part
ITU	International Telecommunications Union
IWF	Interworking Function
LAPD	protocolo de acceso al enlace para el canal D
LAPDm	protocolo de acceso al enlace sobre el canal D móvil
LTE	Long Term Evolution
M	Mobile
MAC	Medium Access Control
MAP	Mobile Application Part
MIMO	Multiple input multiple output
MM	Mobility Management

MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Center
MSISDN	Mobile Station ISDN Number
MTP	transferencia de mensajes
NAS	Non Access Stratum
NMC	Network Management Center
NSS	Network and Switching Subsystem
NMT-450	Nordic Mobile Telephone
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
OMC	Operation and Maintenance Center
OSS	Operation and Maintenance Subsystem
OTECEL	MOVISTAR
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor
PC	Packet Switching
PCCH	Paging Control Channel
P-CCPCH	Primary Common Control Physical Channel
PCH	Paging Channel
PCS	Personal Communication System
PDC	Personal Digital Communications
PDCP	Packet Data Convergence Protocol
PDP	Packet Data Protocol
PHY	Physical layer
PICH	Paging Indication Channel
PIN	Personal Identification Number
PLMN	Public Land Mobile Network
PNFE	Paging and Notification Functional Entity
PRACH	Physical Random Access Channel
PSTN	Public Switched Telephone Network
PTT	Push To Talk
PUK	Personal Unlock Key
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RAB	Radio Access Bearer
RACH	Random Access Channel
RAN	red de acceso de radio
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
RF	Radio frecuencia
RFE	Routing Functional Entity
RLC	Radio Link Control
RNC	Radio Network Controller
RR	Radio Resource Management
RRC	Control de Recursos de Radio
RRM	Radio Resource Management
RTC	Red Telefónica Conmutada
RPCP	Red Pública de Conmutación de Paquetes
RTU	Remote Test Unit

RTWP	Received Total Wideband Power
SACCH	Slow Associated Control Channel
SAMM	Sistema Automático de Control de Redes Móviles
SAP	Service Access Point
S-CCPCH	Secondary Common Control Physical Channel
SCH	Synchronization Channel
SDCCH	Stand-Alone Dedicated Control Channel
SF	SPREADING FACTOR
SGSN	Nodo de Servicio de Soporte GPRS
SIM	Subscriber Identity Module
SMA	Servicio Movil Avanzado
SMS	Short Message Services
SQPSK	Staggered Quadrature Phase Shift Keying
SRB	Signalling Radio Bearer
SS	Supplementary Services
SS7	Signaling System # 7
TACS	Total Access Communication System
TCH	Traffic Channel
TCH/FS	Full rate Speech
TCH/HS	Half rate Speech
TDMA	Time Division Multiple Access
TD-SCDMA	Time Division Synchronous Code Division Multiple Access
TIA	Telecommunications Industry Association
TM-SAP	Transparent Mode SAP
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity
TS	Time slot
TUP	Telephone User Part
UE	User Equipment
UL	Up link
UM-SA	Unacknowledge Mode SAP
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USIM	UMTS Subscriber Identity Module
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
UWC-136	Universal Wireless Communications
VLR	Visitor Location Register
WAP	Wireless Access Protocol
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

RESUMEN

El objetivo fue determinar las causas que producen las llamadas caídas del Servicio Móvil Avanzado en la ciudad de Riobamba que brindan las operadoras de telefonía celular. Para efectuar el análisis de llamadas caídas y determinar sus causas específicas, se utilizó la plataforma del Sistema Autónomo de Mediciones Móviles (SAMM) de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL). Este trabajo analizó la mensajería que entrega los protocolos del interfaz aire de las tecnologías móviles 2G y 3G que captura la plataforma Tems Discovery y los codifica con los denominados valores de las causas específicas de control de llamadas estandarizadas en las recomendaciones ITU-T Q.850 (International Telecommunications Union) y TS 24.008 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Los resultados obtenidos indican que la causa más frecuente para la caída de una llamada corresponde a la tipificación 102 ocasionada por la recuperación de la caducidad del temporizador T313 de la Central de Conmutación Móvil de las operadoras móviles; sin embargo, los porcentajes de llamadas caídas por operadora son inferiores al 2 % establecido como límite en la legislación vigente, concluyendo que este fenómeno no afecta significativamente la calidad de servicio de telefonía celular. Se recomienda que para determinar en que parte del CORE se producen las llamadas caídas dentro de la red de una operadora, es necesario que se den acuerdos entre el organismo de control y las operadoras. Esto permitirá encontrar soluciones que solo las operadoras las pueden realizar en sus respectivas infraestructuras.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TELECOMUNICACIONES>, <SERVICIO MÓVIL AVANZADO>, <ESPECTRO RADIOELÉCTRICO>, <TELEFONÍA CELULAR>, <ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES MÓVILES>, <LLAMADA CAÍDA>

SUMMARY

The objective was to determine the causes of the dropped calls of the Advanced Mobile Service in Riobamba city provided by cellular telephony. To perform the analysis of dropped calls and determine their specific causes, the platform of Autonomous System of Mobile Measures (ASMM) of the Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) was used. This work analyzed the messaging that delivers the protocols of the air interface of the 2G and 3G mobile technologies that captures the Tms Discovery platform and encodes them with the so-called values of the specific causes of call control standardized in the recommendations ITU-T Q.850 (International Telecommunication Union) and TS 24.008 3GPP (3rd Generation Partnership Project). The results indicate that the most frequent cause for the dropped calls corresponds to the typification 102 caused by the expiration recovery of the timer T313 of the Mobile Switching Center of the mobile operators. However, the percentages of dropped calls per operator are lower than 2% established as limit in the current legislation, concluding that this phenomenon does not affect significantly the quality of cellular telephony. It is recommended that in order to determine in which part of CORE produces the dropped calls within the network of an operator is necessary that agreements are made between the control body and the operators. This will allow to find solutions that the operators can realize in their respective infrastructures.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <TELECOMMUNICATIONS>, <ADVANCED MOBILE SERVICE>, <RADIO SPECTRUM>, <CELLULAR TELEPHONY>, <MOBILE COMMUNICATIONS ARCHITECTURE>, <DROPPED CALLS>.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL, es el Organismo Gubernamental encargado de realizar la regulación y el control de la calidad de los servicios de telecomunicaciones y por consiguiente controla el servicio de telefonía celular móvil avanzada que brindan las 3 operadoras autorizadas: CONECEL S.A. (CLARO), OTECEL S.A. (MOVISTAR) y CNT EP (CNT) (Ley Orgánica de Telecomunicaciones REGISTRO OFICIAL DEL ECUADOR, Tercer Suplemento, Registro Oficial 439, 18 de febrero de 2015).

El control del servicio de telefonía móvil es una de estas actividades que realiza ARCOTEL, para lo cual utiliza equipos remotos de mediciones (RTUs) que tienen incorporados SIMs celulares de todas las operadoras para simular el comportamiento humano, permitiendo realizar llamadas simultáneas de una misma operadora y entre operadoras. Estos equipos automáticos pueden estar fijos dentro de la cobertura celular en una ciudad o moverse en un vehículo realizando recorridos drive test.

El usuario de telefonía celular que paga por el servicio, espera que, al marcar un número telefónico, la llamada se complete correctamente, y posteriormente bajo condiciones normales continúe hasta que uno de los extremos (quien inició o quien recibió la llamada) proceda a dar por terminada la comunicación. Si la llamada se interrumpe por otra razón diferente a la terminación por parte de uno de los extremos que intervienen en la comunicación, se establece lo que se denomina un evento de llamada caída. Esta situación se puede producir en un sistema celular por cuestiones de dimensionamiento de tráfico telefónico, situaciones operativas, interconexión y de acceso a las diferentes partes que constituyen las redes de telefonía.

El presente trabajo realiza un análisis de las causas por las cuales se han producido llamadas caídas en el servicio que brindan las 3 operadoras de telefonía celular del Servicio Móvil Avanzado (SMA) autorizadas en las tecnologías 2G y 3G, tomando una muestra de llamadas efectuadas dentro del perímetro urbano de la ciudad de Riobamba tanto on-net como off-net.

Este análisis se realiza considerando el contenido de la mensajería de los protocolos del interfaz aire del estándar celular capturado, para lo cual se utiliza equipos de medición de redes celulares marca ASCOM AUTONOMOUS que dispone ARCOTEL para sus actividades de control.

Esperamos también contribuir con este pequeño estudio para el fortalecimiento investigativo e intelectual de quienes aún se encuentran en proceso de formación.

1.1 Problema de Investigación

1.1.1 Planteamiento del problema

En el Ecuador, la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL, es el Organismo Gubernamental que vela por los derechos de los usuarios de los servicios de telecomunicaciones. Apoyada en Ley Orgánica de Telecomunicaciones vigente y en los Reglamentos respectivos, controla que el servicio de telefonía móvil, se brinde con calidad, siendo un parámetro de medición importante que los intentos de llamadas efectuadas por un usuario del servicio lleguen a completarse con éxito; por lo que, el Estado Ecuatoriano ha establecido mediante Contratos de Concesión los parámetros de calidad mediante los cuales se establece que las operadoras de telefonía celular deben garantizar el 96 % la completación exitosa de intentos de llamadas; esto implica que, la legislación tolera un máximo de 4 % de llamadas no completadas. De este 96% de llamadas completadas, en teoría, todas deben continuar hasta que uno de los usuarios cierre la llamada. Existen casos en los que, por razones atribuibles a problemas en la red, las llamadas se interrumpen de manera inesperada, lo que se conoce como llamada caída. Se establece un porcentaje máximo del 2% de llamadas caídas, y de existir un porcentaje mayor, la operadora de telefonía celular será sujeto del inicio de un proceso administrativo sancionador (PAS) que concluirá con una multa por tener un bajo índice de llamadas completadas (REGLAMENTO PARA LA PRESTACION DEL SERVICIO MOVIL AVANZADO).

De lo dicho anteriormente, como resultado del control que realiza este Organismo Gubernamental, únicamente se consideran los porcentajes de cumplimiento, y no se describen ni se detallan las causas de las llamadas caídas en las redes de telefonía celular.

Los resultados de las mediciones de control de llamadas en telefonía móvil que realiza ARCOTEL quedan almacenadas en un servidor informático centralizado, luego de lo cual, se requiere realizar lo que se denomina el pos-procesamiento de llamadas, para obtener parámetros e índices de calidad del servicio que ofrece una operadora, para cumplir este control se utiliza el software de calidad de servicio celular denominado TEMS DISCOVERY.

El software TEMS DISCOVERY, procesa la información entregando datos de tiempos de acceso, tiempo de duración de llamadas, números de origen y destino, operadoras involucradas, niveles de señal, celdas y radiobases involucradas en el proceso, y demás parámetros técnicos de acceso a canales de comunicación, señalización y control (ASCOM TEMS PRESENTATION, WEB OFICIAL www.ascom.com).

La plataforma TEMS DISCOVERY, registra información adicional como los mensajes de los diferentes protocolos del interfaz aire de la red móvil (Servicio Móvil Avanzado - SMA), especialmente de las capas 1, 2 y 3 de la arquitectura de protocolos de las tecnologías 2G y 3G.

En base a lo indicado en los ítems anteriores, el presente trabajo se enfocará en realizar un análisis de las causas de llamadas caídas que se generan en el servicio de telefonía celular que brindan las 3 operadoras del Servicio Móvil Avanzado (SMA) autorizadas, para lo cual se utilizará la plataforma TEMS DISCOVERY para obtener las causas de llamadas caídas analizando la mensajería de los protocolos del interfaz aire de la red del SMA.

1.1.2 Formulación del problema

La utilización de equipo especializado de medición de redes celulares para analizar el proceso de llamadas de las 3 operadoras de telefonía celular realizadas en el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba en las tecnologías 2G y 3G, permite obtener información de las causas de llamadas caídas mediante el análisis de mensajería de los protocolos del interfaz aire.

1.1.3 Sistematización del problema

¿Que tan importante es el control de la calidad de servicio de las operadoras de telefonía celular en el Ecuador?

¿Como es el proceso de establecimiento, ejecución y finalización de una llamada de voz, en las tecnologías de telefonía celular?

¿La obtención de una muestra representativa de las llamadas caídas del tráfico telefónico en la ciudad de Riobamba, permitirá obtener la información suficiente para el proceso de la investigación?

¿Cómo se puede utilizar la herramienta informática de pos-procesamiento TEMS DISCOVERY de ARCOTEL para identificar las causas de llamadas caídas en base a la información generada por la herramienta TEMS AUTOMATIC?

¿El desarrollo de un marco teórico de los tipos codificados como valores de las causas específicas de control de llamadas (specific cause values for call control) planteadas por los organismos de estandarización internacional, permitirá conocer los tipos de llamadas caídas? (UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Recomendación ITU T Q.850).

¿El análisis del tipo de llamadas caídas que se originan en las redes de telefonía celular permitirá conocer mediante la mensajería de los protocolos del interfaz aire, las causas más comunes de dichas caídas?

1.2 Justificación de la investigación

La investigación propuesta tiene como propósito fines educativos, los cuales permitirán conocer y analizar la mensajería que los protocolos del interfaz aire de la telefonía celular generan para determinar las causas que producen las llamadas caídas.

Adicionalmente, se menciona como propósito de la investigación, la optimización de una red de telefonía celular, ya que al realizar el análisis de las causas de las llamadas caídas, el administrador de la red podrá realizar correctivos o mejoras para disminuir este parámetro que es controlado por el Organismo Gubernamental ARCOTEL.

Una reducción en el parámetro de llamadas caídas incide directamente en la mejora de calidad del servicio que percibe el usuario de la red de telefonía celular, situación que a su vez ocasiona que el tráfico cursado por la red aumente en beneficio del usuario que logra establecer la comunicación y también para la operadora que obtendrá mayores ingresos al registrar más tráfico cursado.

Este análisis se realizará y se restringirá al tráfico de llamadas telefónicas realizadas en el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba, para lo cual se tomará una muestra del total de llamadas cursadas en un periodo de tiempo determinado.

Para realizar el análisis de las causas de las llamadas caídas, se tomará en cuenta la segmentación de problemas registrados en el establecimiento de las llamadas y que son estudiados por la plataforma TEMS DISCOVERY, analizando la mensajería que esta plataforma genera (ASCOM TEMS PRESENTATION, Web oficial www.ascom.com).

La presente investigación permitirá analizar la mensajería de los protocolos de interfaz aire para determinar las causas específicas que producen las llamadas caídas del tráfico telefónico de las operadoras de telefonía celular realizadas en el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba en las tecnologías 2G y 3G.

Para el presente estudio, se analizará los tipos codificados como valores de las causas específicas de control de llamadas estandarizadas en la recomendación de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones ITU-T Q.850 y 3GPP (3rd Generation Partnership Project) TS 24.008 (UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Recomendación ITU T Q.850, 3GPP TS 24.008).

Cabe indicar que el análisis de llamadas caídas se realizará en los estándares 2G y 3G que brindan las operadoras de telefonía celular autorizadas. No se realizará en análisis en la tecnología LTE debido a que los equipos remotos de mediciones (RTU) y la plataforma TEMS DISCOVERY que utiliza ARCOTEL actualmente se encuentran en fase de actualización y realización de pruebas de esta nueva tecnología.

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar mediante el análisis de la mensajería de los protocolos del interfaz aire de las tecnologías móviles 2G y 3G, las causas que producen llamadas caídas del tráfico telefónico de las operadoras de telefonía celular en base a mediciones realizadas en el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Revisar un marco teórico sobre la mensajería de los protocolos del interfaz aire de las tecnologías móviles orientado a la interpretación de errores.
- Revisar un marco teórico que permita recopilar los datos de pos-procesamiento que genera la plataforma TEMS DISCOVERY sobre los tipos de llamadas caídas.
- Obtener la información de una muestra de las llamadas caídas del tráfico telefónico de las operadoras de telefonía celular realizadas en el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba en las tecnologías 2G y 3G.
- Analizar la mensajería de los protocolos del interfaz aire, de una muestra del tráfico telefónico de las operadoras de telefonía celular realizadas en el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba en las tecnologías 2G y 3G, para conocer las causas más comunes de llamadas caídas en las redes de telefonía celular.

1.4 Hipótesis de la Investigación

1.4.1 *Hipótesis general*

El análisis de mensajería de los protocolos del interfaz aire de las tecnologías móviles, para los casos de llamadas caídas del tráfico telefónico de las operadoras de telefonía celular realizadas en pruebas en el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba en las tecnologías 2G y 3G, permitirá conocer las causas que originan las llamadas caídas.

1.4.2 *Hipótesis específicas*

- Revisar un marco teórico sobre los protocolos del interfaz aire de las tecnologías móviles permitirá interpretar los errores que originan las llamadas caídas.
- Revisar un marco teórico para recopilar los datos de pos-procesamiento de la plataforma TEMS DISCOVERY, permitirá conocer el tipo de las llamadas caídas codificadas como *specific cause values for call control* establecida en la Recomendación ITU-T Q.850.
- Obtener una muestra de llamadas del tráfico telefónico de las operadoras de telefonía celular realizadas en el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba en las tecnologías 2G y 3G, permitirá obtener la información del conjunto de llamadas caídas generadas.

- Analizar la mensajería de los protocolos del interfaz aire, de una muestra del tráfico telefónico de las operadoras de telefonía celular realizadas en el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba en las tecnologías 2G y 3G, permitirá conocer las causas más comunes de llamadas caídas en las redes de telefonía celular.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Concepto de telefonía celular

Igual que en las redes cableadas, las redes móviles ofrecen transmisión de información, pero mediante conexiones inalámbricas. Dichas redes tienen una componente de radio, pero también tienen una gran parte de infraestructura fija para poder ofrecer todo tipo de servicios. Cada vez que aparece una nueva generación de telefonía celular, esta tiene una mayor capacidad para satisfacer requisitos cada vez más complejos.

Una red celular es un servicio de radiocomunicaciones entre estaciones fijas y estaciones móviles con características que se resume:

- Están concebidas como estaciones de menor cobertura y potencia, cada una sirve en un área específica denominada célula.
- Se requiere el desarrollo de sistemas de señalización y control para efectuar seguimiento de llamadas.
- El tamaño de las células dependerá de la demanda de tráfico.
- Se hace reutilización de frecuencias para mejorar el rendimiento y uso de recursos del sistema.

2.2 Arquitectura general de los sistemas celulares

Se pueden identificar tres elementos principales que constituyen la arquitectura de un sistema de comunicaciones celular:

2.2.1 Equipo de usuario

Dispositivo que permite al usuario acceder a los servicios que nos ofrece la red. Actualmente, el dispositivo del usuario tiene una tarjeta inteligente, que comúnmente denominamos tarjeta SIM (Subscribe Identity Module), que contiene la información necesaria para poder conectarse a la red y poder disfrutar de los servicios que ofrece el proveedor de servicio. El equipo de usuario se conectará a la red a través de la interfaz de radio.

2.2.2 Red de acceso

Es la parte del sistema que realiza la comunicación y transmisión de radio con los equipos de usuario para proporcionar la conectividad con la red troncal. Es la responsable de gestionar los recursos de radio que estén disponibles para ofrecer los servicios portadores de una manera eficiente. La red de acceso está formada por estaciones base y dependiendo de la generación, por equipos controladores de estaciones base.

2.2.3 Red troncal

Parte del sistema que se encarga del control de acceso a la red celular, permitiendo acciones como la autenticación de los usuarios, gestión de la movilidad de los usuarios, gestión de la interconexión con otras redes, control y señalización asociada al servicio de telefonía, etc. Los equipos que conforman esta red tienen funciones de conmutación de circuitos, enrutamiento, manejo de bases de datos, etc.

2.3 Generaciones de telefonía celular

La evolución de las tecnologías de comunicaciones móviles, se describen a través de lo que se denomina generaciones, cada una de estas incorporan mejoras conocidas como versiones, las mismas que contienen características propias que las difieren entre sí.

A la presente fecha se han implementado cuatro (4) generaciones de telefonía celular, cada generación luego de ser lanzada, ha incorporado mejoras o versiones que le ha permitido acercarse a las especificaciones de la próxima generación, de este modo existen una variedad de desarrollos que han tratado de ser aceptados como estándares por el universo de usuarios. A continuación, se describe brevemente las generaciones, posteriormente se desarrollará cada una de ellas.

1G: Los sistemas de primera generación eran analógicos y estaban diseñados para la transferencia de voz. AMPS, NMT y TACS son algunos de los términos utilizados para referirse a distintos sistemas de redes de primera generación utilizados en el mundo. Actualmente, en Ecuador esta generación ya no es utilizada por las operadoras.

2G: Los sistemas de segunda generación, como por ejemplo GSM, son digitales y capaces de ofrecer transferencia de voz/datos, además de una gama de otros servicios de valor agregado. La evolución de sistemas de segunda generación a través de tecnologías como HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) y GPRS (General Packet Radio Service) se conoce con el nombre de 2.5G por servir de puente entre los sistemas de segunda y tercera generación. Estos sistemas posibilitan servicios que requieren mayores velocidades de datos.

3G: Los sistemas móviles de tercera generación utilizan mejoras en la potencia de las antenas, permitiendo más conexiones, mayor calidad de voz y mayor velocidad para transferir datos, alcanzándose hasta 2 Mega bits por segundo (Mbps) bajo condiciones ideales.

Una mayor velocidad ha contribuido en la aparición de aplicaciones de audio, imágenes, comunicaciones y vídeo en tiempo real, aunque a menudo limitadas por la capacidad de la red.

4G: LTE es un estándar mundial para la cuarta generación de banda ancha. LTE se desarrolló para ofrecer niveles de capacidad y velocidad aún mayores por la red móvil, con el objetivo de atender el enorme crecimiento de datos móviles y la cantidad de usuarios.

5G: La quinta generación de tecnología de telefonía móvil se encuentra actualmente en su fase de desarrollo e investigación.

2.4 Sistemas de Primera Generación (1G)

Desde la década de 1940 se empezó con el desarrollo de los primeros sistemas móviles analógicos que consistían en una radio base de gran potencia para cubrir un área grande con la utilización de canales semiduplex en un esquema denominado PTT (Push To Talk). En 1971 se propuso el concepto de celular como un avanzado sistema de comunicación móvil. Este desarrollo proponía el reemplazo de las estaciones base, ubicadas en el centro de la ciudad por múltiples estaciones de menor potencia distribuidas a lo largo del área de cobertura.

Esta generación se caracterizó por el uso de técnicas de transmisión analógica y el ofrecimiento solamente de servicios de voz. Tiene limitaciones en la capacidad de roaming debido a incompatibilidad entre sistemas de varios fabricantes, altos costos de los terminales de usuario y la limitada capacidad de la red por un reducido número de canales. (Fernández Gabriela, Análisis de las mediciones de drive test, 2013, p.55).

Los primeros sistemas que alcanzaron un desarrollo comercial significativo aparecen en los años ochenta: En Europa el sistema NMT-450 y en EE.UU. el sistema AMPS “Advanced Mobile Phone System” (Sistema Telefónico Móvil Avanzado) donde este último fue adaptado en Europa como TACS “Total Access Communication System” (Sistema de comunicación de Acceso Total).

La tecnología predominante de esta generación es AMPS “Advanced Mobile Phone System”. Esta fue especificada por el Instituto Norteamericano del Estándar, Asociación de Industrias Electrónicas EIA y la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones TIA, esta versión fue conocida mejor como EIA/TIA-553.

Las bandas de transmisión y recepción están separadas por 45 MHz y el espacio entre canales es de 30 kHz que está disponible para control y voz. La calidad de los enlaces de voz era muy baja, la transferencia entre celdas era muy imprecisa, tenían baja capacidad basadas en FDMA “Frequency Division Multiple Access” y la seguridad no existía.

2.4.1 Características de los Sistemas de Primera Generación

Estos sistemas solo alcanzaron coberturas limitadas debido a los elevados costos que implican y también por las limitantes que se indican a continuación: (Robledo Carlos, Introducción a la Telefonía Celular, 2007, p.10).

- Comunicación analógica para transmisión exclusiva de voz donde no existe codificación, pudiendo interceptarse la conversación.
- Sistemas analógicos que implican una tecnología voluminosa y de difícil mantenimiento.
- Baja capacidad por ineficaz aprovechamiento de los canales de radio ya que cada portadora tiene asociada un único usuario.
- Falta de estandarización internacional, no hay compatibilidad entre desarrollos propietarios.
- Limitado roaming debido a inseguridad en los sistemas analógicos.
- Baja seguridad en el acceso al sistema y a las conversaciones, ya que no existen mecanismos de autenticación con los terminales móviles.

- Baja calidad por limitado número de frecuencias disponibles y falta de algoritmos de codificación para hacer frente a interferencias.
- Los terminales móviles demandaban gran potencia, necesitando baterías grandes, las cuales disipaban mucho calor.
- Elevados costos del sistema para los operadores por falta de competencia entre los operadores y suministradores de equipos que obligaran a bajar los precios.

2.5 Sistemas de Segunda Generación (2G)

Esta evolución de tecnología digital apareció en respuesta a la escasa capacidad de los sistemas analógicos para soportar la creciente demanda de los usuarios, situación que además obligó a los organismos internacionales en la necesidad de estandarización para salvar la incompatibilidad y converger hacia una solución global, surgiendo de este modo la segunda generación.

La segunda generación 2G arribó hasta 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. Esta generación utiliza protocolos de codificación más sofisticados y son los sistemas de telefonía celular usados en la actualidad. Las tecnologías predominantes son: (Mendioroz Fernando, Telefonía Móvil Celular, 2014, p. 9).

- GSM “Global System for Mobile Communications” Sistema Global para Comunicaciones Móviles
- IS-136 (D-AMPS) usado en América, la mayoría ha migrado a GSM.
- IS-95 basado en CDMA “Code Division Multiple Access” Código de División Múltiple de Acceso, y
- PDC “Personal Digital Communications” Comunicaciones Digitales Personales. Este último utilizado en Japón.

La Tabla 1-2 muestra las principales características de los sistemas digitales de segunda generación.

Tabla.1-2: Sistemas de Segunda Generación

Características	GSM	IS-136	PDC	IS-95
Región	Europa/ Asia	USA	Japón	USA / Asia
Método de acceso	TDMA/FDD	TDMA/FDD	TDMA/FDD	CDMA/FDD

Esquema de modulación	GMSK	$\pi/4$ -DQPSK	$\pi/4$ -DQPSK	SQPSK/QPSK
Banda de frecuencia (MHz)	935-960 890-915	869-894 / 824-849 / 1477-1489 / 1429-1441 / 1501-1513 / 1453-1465	810-826 / 840-856	869-894 / 824-849
Espacio entre portadora (KHz)	200	30	25	1250
Canales/portadora	8	3	3	Variable
Tasa de bit por canal (Kbps)	270.833	48.6	42.0	1228.8
Codificación de voz	13 Kbps (ley A)	8 Kbps (ley μ)	8 Kbps (ley μ)	1-8 Kbps (ley μ)
Duración de trama (ms)	4.615	40	20	20

Fuente: Mendioroz Fernando, Telefonía Móvil Celular, 2014, p. 11

2.5.1 Sistema GSM

GSM es un desarrollo de telefonía celular digital que todavía continúa siendo utilizado ampliamente, y es el estándar 2G más extendido en el mundo. Siendo desarrollada como un estándar abierto europeo, su adopción permitió solventar la itinerancia internacional o roaming. Esta característica indica que un terminal móvil pueda operar con un único número de teléfono en todos los países o regiones que adoptan este sistema (Becvar Zdenek, Redes Móviles, 2013, p. 25).

Las características más relevantes de este estándar son: (Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 4, p. 2)

- Primer sistema totalmente digital
- Uso del espectro más eficiente
- Seguridad mejorada (mediante el cifrado en el enlace de radio)
- Voz y Datos integrados con velocidades de (13 kbps, 6.5 kbps y 9.6 kbps)
- Diversidad de nuevos servicios: desvío e identificación de llamadas, llamada en espera, grupo de usuarios, bloqueo de llamadas, llamadas de emergencia, mensajes cortos, asignación de recursos.
- Interconexión con otras redes (ISDN)
- Itinerancia / Roaming

Un aspecto importante de la tecnología GSM es su sistema de identificación constituido por la tarjeta de abonado llamada SIM.

La tarjeta SIM contiene en general datos básicos de identificación y datos específicos del usuario como número de identificación de suscriptor, claves de autenticación, información de los servicios de telefonía prepago. El terminal móvil solo puede ser utilizado con la tarjeta SIM del operador de la cual uno es abonado. No obstante, hay excepciones donde las llamadas de emergencia se pueden realizar sin la tarjeta SIM.

En el proceso de establecimiento de una llamada, el terminal móvil envía su número de identificación IMSI (International Mobile Subscriber Identity) utilizando la estación base y del controlador de la estación base (BSC, Base Station Controller) al centro de conmutación móvil MSC (Mobile Switching Center).

La entidad AuC (Authentication Center) envía por el terminal móvil un número aleatorio que es transformado de acuerdo a los algoritmos y datos almacenados en la tarjeta SIM a otro número diferente que se envía como respuesta al número original para autenticar al usuario. Luego los datos de un suscriptor se comparan con los datos que hay en una base de datos ubicada en el bloque VLR (Visitor Location Register). Si los datos muestran coherencia, se permite que el terminal móvil pueda acceder a la red móvil.

Tabla.2-2: Versiones de GSM

Sistema	Banda	Frecuencia (MHz)		Separación Duplex (MHz)	Ancho canal (MHz)	Canales
		Subida	Bajada			
T-GSM-380	380	380 - 390	390 - 400	10	10	49
T-GSM-410	410	410 - 420	420 - 430	10	10	49
GSM 450	450	450,4-457,6	460,4-467,6	10	7,2	35
GSM 480	480	478,8-486	488,8-496	10	7,2	35
GSM 710	710	698 - 716	728 - 746	30	18	89
GSM 750	750	747 - 762	777 - 792	30	15	74
T-GSM-810	810	806 - 821	851 - 866	45	15	74
GSM-850	850	824 - 949	869 - 894	45	25	124
P-GSM-900	900	890 - 915	935 - 960	45	25	124
E-GSM-900	900	880 - 915	925 - 960	45	35	174
R-GSM-900	900	876 - 915	921 - 960	45	39	194
T-GSM-900	900	870,4-876	915,4 - 921	45	5,6	27
DCS-1800	1800	1710-1785	1805 - 1880	95	75	374
PCS-1900	1900	1850-1910	1930 - 1990	80	60	299

Fuente: Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 4, p. 3

Esta tecnología otorga anonimato, debido a que el terminal móvil se comunica con un número de identificación que se asigna temporalmente, conocido como TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity). Con este nuevo número, el terminal móvil se identifica en el MSC. Cuando un móvil cambia de estación base, también cambia de MSC y se le asigna otro TMSI (Becvar Zdenek, Redes Móviles, 2013, p. 23).

Al inicio GSM operó con aplicaciones básicas principalmente en la banda de 900 MHz. El incremento del tráfico de datos obligó al desarrollo de otras versiones con múltiples bandas de frecuencias. La Tabla 2-2 muestra las bandas de frecuencias utilizadas. Estas versiones difieren fundamentalmente en el rango de frecuencias utilizado y en el número de canales generados.

A modo de ejemplo el grupo GSM-900:

Utiliza dos bandas de 25 MHz

- Cada banda se divide en radiocanales de 200 kHz que se designa mediante un número absoluto de canal RF, ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number)
- El ARFCN denota un par de canales para Uplink/Downlink separados por 45 MHz

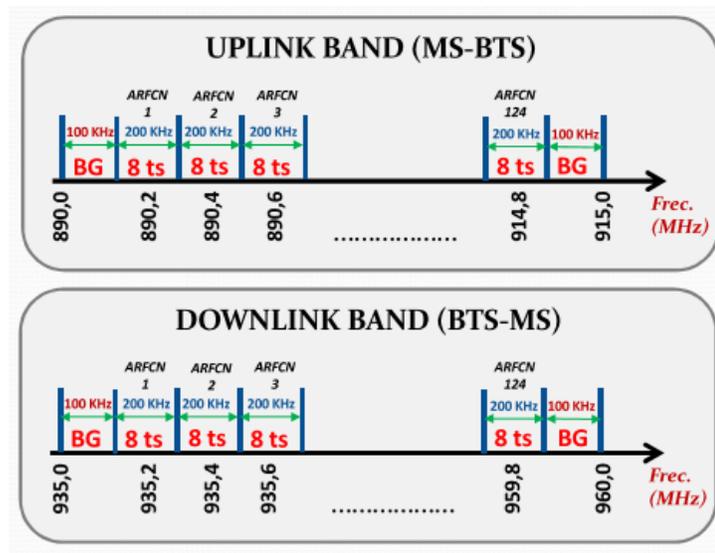


Figura 1-2 Separación de canales en GSM

Fuente: Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 4, p. 4

La Figura 1-2 muestra la separación de canales de la banda P-GSM 900, donde:

- Cada canal es compartido con un máximo de 8 usuarios (8 time slots)
- Cada uno de los 8 usuarios usa el mismo ARFCN y ocupa un solo slot de tiempo por trama

- Se reservan canales de guarda en los extremos: equivalentes a un canal de frecuencia (menos), por lo que se tienen 124 canales disponibles.

Para calcular la banda de frecuencia correspondiente a un canal, se utiliza las formulas:

$$f(n)_{UL} = \lim_{inf} + 0,2 \text{ MHz} * n \quad f(n)_{DL} = f(n)_{UL} + sep_{duplex} \quad (1)$$

Donde $n = \text{número ARFCN}$

2.5.1.1 Técnica de Acceso Múltiple TDMA/FDMA

Para la interfaz radio en GSM se utiliza un método de acceso múltiple que combina por un lado el acceso por división de frecuencia, FDMA (Frequency Division Multiple Access), con el acceso por división en el tiempo TDMA (Time Division Multiple Access).

Para ello, se divide el eje temporal en “tramas”, subdivididas cada una de ellas en 8 intervalos de tiempo, TS (Time slots). De esta forma se proporciona 8 canales físicos sobre cada canal. La Figura 2-2 muestra una trama TDMA, donde:



Figura 2-2 Composición de una trama

Fuente: Mera Ismael, Maestría en Sistemas de telecomunicaciones, 2015, cap. 4, p. 6

- La duración de 1 trama es de 4,615 ms (estándar)
- Cada TS tiene una duración de 576 μs
- La velocidad de transmisión es 270,833 Kbps usando GMSK
- La velocidad de cada slot (usuario) es de 33,854 Kbps, pero en la práctica es 24,7 Kbps

2.5.2 Arquitectura del sistema GSM

La Figura 3-2 muestra la arquitectura de GSM, la cual está compuesto de 3 subsistemas: (Herradón Rafael, Comunicaciones Móviles Digitales, p.8)

- Subsistema de Estación Base (BSS)
- Subsistema de Conmutación y Red (NSS)
- Subsistema de operación y Mantenimiento (OSS)

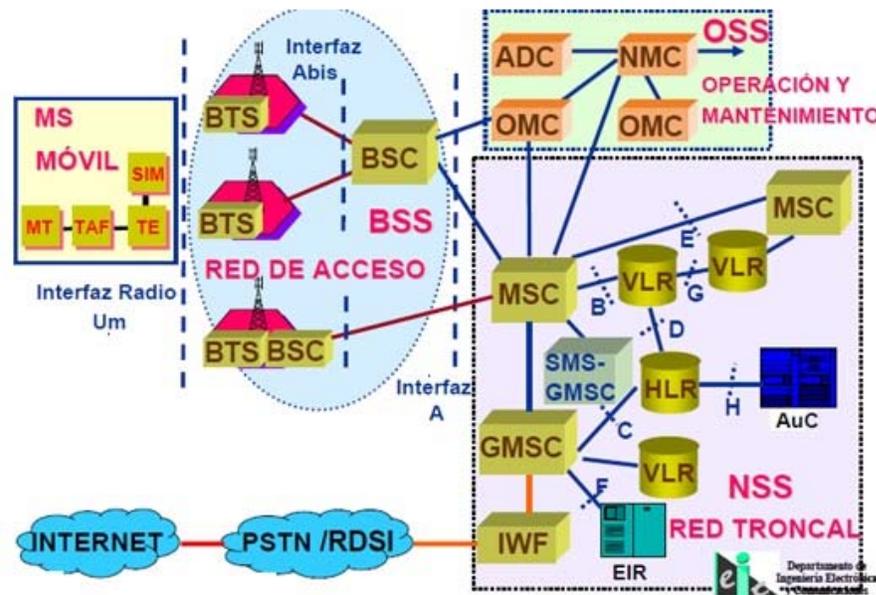


Fig. 3-2 Arquitectura del sistema GSM

Fuente: Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 4, p. 6

2.5.2.1 Subsistema de Estación Base (BSS)

El BSS comprende el conjunto de equipos utilizados para proporcionar cobertura radioeléctrica en el área celular y es la entidad responsable del establecimiento de las comunicaciones con las MS que se encuentran dentro de su área de influencia.

El BSS desempeña las siguientes funciones: (Herradón Rafael, Comunicaciones Móviles Digitales, p. 9)

- Transmisión/recepción radioeléctrica, a través de la interfaz Um

- Establecimiento, supervisión y conclusión de las llamadas
- Traspaso entre BTS controladas por el mismo BSC
- Procesado de voz y adaptación de velocidad
- Control de equipos y funciones de reconfiguración

El sistema de estación base (BSS) se divide en dos partes: La estación transceptora de base, BTS (Base Transceiver Station) y la controladora de esas estaciones, BSC (Base Station Controller).

2.5.2.1.1 *Transceptor de Estación Base (BTS)*

Es la interfaz física entre la MS y el MSC, y se clasifican según su potencia

Constituye el equipo transmisor-receptor (transceptor) con las funciones de gestión de canales terrestres BSC-BTS (Indicación de bloqueo) y gestión de canales de radio permitiendo:

- Realización de salto lento de frecuencia
- Supervisión de canales libres, y envío de información de estos hacia el BSC
- Temporización de bloques BCCH/CCCH
- Detección de acceso al sistema por parte de las MSs
- Codificación y entrelazado para protección de errores
- Medidas de intensidad de campo y calidad de señales recibidas de los móviles
- Detección de acceso por traspaso de un móvil
- Encriptación de señalización y tráfico

2.5.2.1.2 *Controlador de Estación Base (BSC)*

Se encarga de la gestión de los recursos radio de varias BTS permitiendo asignación, utilización y liberación de las frecuencias, traspasos, funcionamiento con saltos de frecuencia.

Tiene las siguientes funciones:

- Gestión de canales en el enlace BSC-MSC (Indicación de bloqueo)
- Gestión de canales en el enlace BSC-BTS (Asignación de canal)
- Gestión de canales de radio, selección de canal, supervisión del enlace de radio y liberación de canal, control de potencia en el móvil, control de potencia en la BTS, determinación del

grupo de aviso correspondiente a un móvil con el envío de esta información hacia la BTS y determinación de la necesidad de realizar traspaso de canal.

2.5.2.1.3 *Estación Móvil (MS-Mobile Station)*

Dispositivo que establece la unión entre el usuario y el sistema fijo de la red GSM a través del interfaz Um para acceder a los servicios de la red.

La estación móvil se divide funcionalmente de dos partes: el Equipo Móvil (ME-Mobile Equipment) y Modulo de Identificación de Suscriptor (SIM -Subscriber Identity Module).

2.5.2.1.4 *ME (Mobile Equipment)*

Es el equipo en sí, el cual está identificado por el IMEI (International Mobile Equipment Identity) que es un número de 15 cifras asignado al momento de su fabricación, y realiza las siguientes funciones:

- Capacidades del terminal incluyendo la interfaz hombre – maquina
- Trasmisión de radio y gestión de canales de radio
- Sintonización de frecuencias y seguimiento automático de las estaciones base
- Procesamiento de la voz: conversión analógica / digital y viceversa
- Protección de errores ARQ y FEC
- Control de flujo de señalización entre el usuario y el sistema
- Control de flujo de datos de usuario (a excepción de servicios transparentes de datos)
- Adaptación de velocidad de datos de usuario y velocidad del canal de radio
- Gestión de movilidad

2.5.2.1.5 *Módulo de identificación del suscriptor (SIM)*

Es la tarjeta inteligente que se instala en el ME, y contiene el identificador del usuario en la red, así como la siguiente información importante:

- IMSI, identificador del abonado en la red (número de teléfono asignado)

- Claves para autenticación (Ki)
- Agenda del usuario (números telefónicos de conocidos)
- SMS recibidos y guardados por el usuario
- Contraseñas para restringir el uso de SIM (PUK, PIN)
- Los MEs y SIMs son intercambiables, se pueden usar en cualquier móvil GSM

2.5.2.2 *Subsistema de Conmutación y Red (NSS)*

Es el responsable de manejar todo el servicio de comunicación entre móviles y la conexión con otras redes, sus funciones principales son: (Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 4, p. 14)

- Localización automática por evaluación de la señal de control por parte del móvil y la devolución de su identidad a la red.
- Seguimiento (Roaming) Internacional de las estaciones móviles permitiendo el entendimiento entre las MSC de cada país y entre países.
- El sistema conoce en todo momento la situación del móvil suscrito al sistema independientemente del país en el que se encuentra.
- Encaminamiento de las llamadas al proporcionar las diferentes rutas (enlaces) por las que transita una llamada, según el origen/destino de la llamada hasta alcanzar su destino.

2.5.2.2.1 *Central de Conmutación Móvil (MSC)*

Es la interfaz inteligente entre el sistema de estaciones base y las redes de conmutación (RDSI, RTPCP, RTC) y señalización (SS7) fijas. Entre sus funciones están: (Herradón Rafael, Comunicaciones Móviles Digitales, p. 10)

- Autenticación de la llamada, localización e identificación de la MS
- Conmutación entre BSS del mismo NSS o con otros MSC o redes
- Función de Gateway con otras redes (PSTN,ISDN)
- Proceso de Handover con sus variantes Handover Intra-MSC y Handover Inter-MSC
- Confidencialidad de usuario, usa TMSI en lugar de IMSI

2.5.2.2.2 *Central de Conmutación Móvil Cabecera (GMSC)*

Es un MSC y constituye el router perimetral de toda la red, a través de la cual se gestionan las llamadas en las que interviene la red fija, permitiendo el funcionamiento de la red fija con la red móvil (Cabecera: Gateway)

Se encarga de interrogar al Registro local de abonados (HLR) adecuado para conocer la posición del móvil al que va dirigida la llamada, y posteriormente encaminar la llamada hacia la central de conmutación móvil correspondiente.

2.5.2.2.3 *Unidad de Interfuncionamiento (IWF)*

Permite la interacción del sistema GSM con otras redes y la prestación de las diferentes clases de servicios. Convierte los protocolos utilizados en el sistema GSM a los utilizados en las redes fijas.

2.5.2.2.4 *Registro de Localización Base (HLR)*

Es la Base de datos para la gestión y administración de todos los usuarios registrados en la red.

- El HLR puede estar integrado con el MSC/VLR o separado
- La capacidad típica de un HLR autónomo es de 500.000 abonados
- En GSM todas las llamadas entrantes convergen en el HLR
- Contiene información de suscripción de los abonados, que consta de dos números de identificación: IMSI (Identificador Internacional de Abonado Móvil) y MSISDN (Numero RDSI Internacional de la Estación Móvil) (número de abonado)
- Muestra los servicios portadores y teleservicios que el usuario puede utilizar
- Contiene características del equipo móvil utilizado por el usuario
- También contiene información de localización de la estación móvil para encaminar las llamadas entrantes al MSC donde está registrada la MS.

2.5.2.2.5 *Registro de Localización de Visitante (VLR)*

Es una base de datos, asociada a un MSC donde se almacena información dinámica temporal sobre los usuarios visitantes en la zona del MSC y que ayuda a liberar de carga a la base de datos

central (HLR). Para facilitar las señalizaciones requeridas, la industria implementa conjuntamente el VLR y el MSC, logrando que el área geográfica controlada por el MSC corresponde también a la controlada por el VLR. Cuando el VLR solicita y obtiene datos del HLR y si el terminal móvil abandona la zona visitada sus datos se eliminan del VLR.

2.5.2.2.6 *Centro de Autenticación (AuC)*

El AuC está asociado al HLR y proporciona la información necesaria para la validación y autenticación de los usuarios por la red, y es una base de datos donde se guardan:

- Las identidades (IMSI) de los abonados junto con la clave secreta de identificación de cada usuario k_i
- Dos algoritmos denominados A3 y A8
- Mediante la clave y los algoritmos se generan y se envían al HLR las tripletas de autenticación para cada usuario.

2.5.2.2.7 *Registro de identidad de equipos (EIR)*

El EIR (Equipment Identity Register) es una base de datos que contiene las identidades de los equipos móviles.

IMEI (Internacional Mobile Equipment Identity) identifica a los equipos por sus códigos de fabricación y homologación.

Cuando un teléfono móvil trata de realizar una llamada, el MSC consulta al EIR la validez del IMEI de ese equipo. En el EIR hay tres listas de registros: Lista blanca (aparatos autorizados para el acceso), Lista negra (equipos que tienen prohibido el acceso) y Lista gris (equipos en observación).

2.5.2.3 *Subsistema de operación y mantenimiento (OSS)*

Es la parte que se encarga de la gestión, explotación y mantenimiento del sistema GSM. Las funciones de operación y mantenimiento son esenciales para la explotación de la red por su

relevancia económica y su influencia en el grado de calidad que el operador debe entregar a sus clientes y se divide en tres (3) partes:

2.5.2.3.1 Centro de explotación de Red (NMC: Network Management Center)

Constituye la máxima jerarquía dentro del sistema de Explotación que se encarga de la gestión global del flujo de información en la red.

2.5.2.3.2 Centro de Operación y Mantenimiento (OMC: Operating and Maintenance Center)

Tiene las funciones de explotación de las entidades del sistema GSM, recolectando información referente a alarmas, tráfico, mantenimiento y configuración de todos los elementos de la red, cuyas funciones son: Administración, gestión de cambios en la red, operación de la red, supervisión de la calidad de funcionamiento de la red, mantenimiento y gestión de la seguridad.

2.5.2.3.3 Centro de Administración (ADC: Administration Center)

Está a cargo de las funciones administrativas de la red como las suscripciones de usuarios y facturación.

2.5.3 Interfaces y Señalización en GSM

En GSM se han establecido dos sistemas de señalización, el tradicional SS7 y un específico para esta tecnología. La Figura 4-2 muestra las interfaces del sistema GSM: (Neira Francisco, Análisis y Determinación de la Calidad del Servicio de Telefonía Móvil, 2015, p. 27).

En el sistema de señalización SS7 utilizado en redes telefónicas, con protocolos de alto nivel más utilizados son:

- MAP (Mobile Application Part)entre las unidades del NSS

- ISUP (ISDN User Part) para las partes usuario de ISDN
- TUP (Telephone User Part) para interfuncionamientos con PSTN

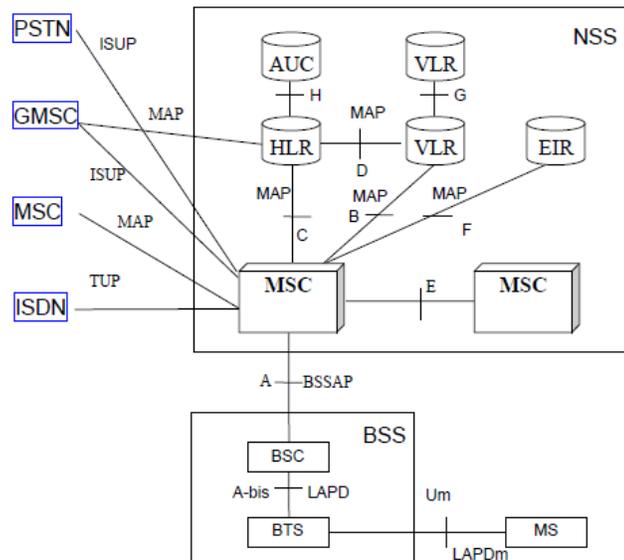


Figura 4-2 Interfaces de GSM

Fuente: Herradón Rafael, Comunicaciones Móviles Digitales, p. 28

Además, está presente un sistema específico para el BSS y las interfaces A y Um entre BTS y MS, que sustenta las funciones propias de la movilidad: Nivel 1, Nivel 2 (LAPD, y LAPDm) y nivel 3 (CM, MM y RR).

2.5.3.1 Interfaz Um

Es la interfaz de radio utilizada por las estaciones móviles para acceder a todos los servicios y utilidades del sistema GSM, empleando para ello los Sistemas de Estación Base como punto de conexión con la red.

2.5.3.2 Interfaz A

Esta interfaz existe entre la MSC y el BSS, se utiliza fundamentalmente para el intercambio de información relacionada con las funciones de: Gestión del BSS, Manejo de la llamada y Gestión de la movilidad.

2.5.3.3 *Interfaz A-bis*

Esta interfaz existe entre el BSC y la BTS, permite conectar de una forma normalizada estaciones base y controladores de estación base, independientemente de que sean realizadas por un mismo suministrador o por suministradores distintos.

2.5.3.4 *Interfaz B*

Esta interfaz permite una conexión entre el MSC y el VLR para tener un control de los móviles visitantes y poder ofrecerles los servicios del sistema.

2.5.3.5 *Interfaz C*

Esta interfaz existe entre el MSC y el HLR, se utiliza fundamentalmente para las siguientes funciones:

Al final de una llamada en la que un móvil tiene que ser tarifado, la MSC de ese móvil puede enviar un mensaje de tarificación al HLR.

Cuando la red fija no puede realizar el procedimiento de interrogación necesario para el establecimiento de una llamada hacia un usuario móvil la MSC de cabecera debe interrogar al HLR del usuario llamado para conocer el número de seguimiento del móvil llamado.

2.5.3.6 *Interfaz D*

Esta interfaz existe entre el HLR y el VLR, se utiliza para intercambiar los datos relacionados con la posición de la estación móvil y los datos de suscripción del usuario.

A través de esta interfaz el VLR informa al HLR correspondiente de la posición de una estación móvil gestionada por este último registro, proporcionándole un número de seguimiento a fin de que pueda encaminar las llamadas dirigidas hacia esta estación móvil. En el otro sentido el HLR envía al VLR que controla el área donde se encuentra la estación móvil, los datos correspondientes necesarios para soportar los servicios contratados por el usuario.

2.5.3.7 *Interfaz E*

Cuando una estación se desplaza del área controlada por una MSC al área de otra MSC distinta, es necesario realizar un procedimiento de traspaso para poder continuar la conversación. En este caso, las MSC deben intercambiar datos para poder llevar a cabo esta operación.

2.5.4 Tipos de canales en GSM

En GSM se definen canales físicos y canales lógicos, la Tabla 3-2 muestra los canales lógicos de GSM.

Los canales lógicos son portados dentro de los canales físicos. Cada canal físico en GSM puede ser mapeado en diferentes canales lógicos a tiempos diferentes. Con esto, cada time slot específico puede ser dedicado con propósitos de manejo de información de tráfico (información de usuario tal como la conversación), información de señalización, o información del canal de control (Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 4, p. 21).

Resumiendo:

Canales Físicos: está constituido por 1 ARFCN + 1 TS (time slot)

Cada canal físico puede contener varios canales lógicos

Canales Lógicos: Información diversa (flujo de información) que se transporta en 1 canal físico

Los canales lógicos pueden contener: tráfico de usuario o señalización (control).

Tabla 3-2: Canales lógicos de GSM

CANALES DE TRAFICO (EB ↔ M)	
Velocidad completa TCH/F	Voz y datos
Velocidad mitad TCH/H	
CANALES DE CONTROL (Señalización)	
DIFUSION (BCH), DL (EB → M)	FCCH (Corrección de frecuencia)
	SCH (Sincronización)
	BCCH (Control general de móviles)
CONTROL COMÚN (CCCH)	PCH (Canal de llamada), DL (EB → M)
	RACH (Acceso aleatorio), UL (EB ← M)
	AGCH (Asigna acceso), DL (EB → M)
CONTROL DEDICADO (DCCH), (EB ↔ M)	SDCCH(Control dedicado)
	SACCH (Canal asociado lento)
	FACCH (Canal asociado rápido)
Difusión en una célula (CBCH), DL (EB → M)	

Fuente: Herradón Rafael, Comunicaciones Móviles Digitales, p. 34

2.5.4.1 *Canales de Tráfico*

Constituido físicamente por un par de portadoras y de intervalos de tiempo, asignados a un móvil para efectuar una comunicación (Herradón Rafael, Comunicaciones Móviles Digitales, p. 35).

Estos canales sirven para llevar la voz codificada a los datos de usuario en forma de ráfagas. Se distinguen canales de voz y datos.

- Traffic Channel/Full-rate Speech (TCH/FS), transmite información de voz digitalizada a 13 Kb/s.
- Traffic Channel/Half-rate Speech (TCH/HS), transmite información de voz digitalizada a 6.5 Kb/s. Permite doblar aproximadamente el número de usuarios del sistema.
- Traffic Channel/Full-rate Data (TCH/F9.6, TCH/F4.8, TCH/F2.4), transmite información de datos a 9.6, 4.8 o 2.4 Kb/s.
- Traffic Channel/Half-rate Data (TCH/H4.8, TCH/H2.4), transmite información de datos a 4.8 o 2.4 Kb/s.

2.5.4.2 *Canales de señalización (control)*

Formado por un par de portadoras en sentido ascendente (móvil-base) y descendente (base-móvil), cuyos intervalos de tiempo sustentan una serie de canales comunes de control. Se distinguen 3 grupos de canales: de difusión, de control dedicados y de control comunes: (Amaterazú Hernández, Operación de una radio base celular, 2003, p. 91).

2.5.4.2.1 *Canales de Difusión (BCH's)*

Están permanentemente activos y difunden información general de la red móvil, y parámetros de configuración del sistema

- FCCH (Frequency Correction Channel, DL): Permite la adecuada sintonización del móvil con la frecuencia piloto.
- SCH (Synchronization Channel, DL): Transmite información de identidad de la estación base y de sincronismo.
- BCCH (Broadcast Control Channel, DL): Transmite información de frecuencias usadas en la celda y las f_0 de celdas vecinas, la identidad de la celda y del área asociado (VLR), numero

de time slots en f_0 para paging y asignación, máxima potencia a usar en los canales de control, mínimo nivel de recepción para acceder al sistema, número de time slots que se usarán para paging (0, 2, 4 o 6)

2.5.4.2.2 *Canales de Control Común (CCCH)*

Sirven para regular el acceso de los terminales al sistema. Están siempre a disposición de estos.

- PCH (Paging Channel, DL): Utilizado para el aviso o radiobúsqueda de los móviles. Cuando hay una llamada hacia ellos o cuando se les indica que tienen un canal de tráfico disponible para la llamada que pretenden realizar. Contiene el número de identidad del móvil. El móvil escucha este canal a ciertos intervalos, cuando reconoce su propio número contesta.
- RACH (Random Access Channel, UL): Utilizado para el registro, establecimiento de la llamada y petición de un canal de control dedicado (SDCCH) por parte de un móvil. (Protocolo ALOHA)
- AGCH (Access Grant Channel, DL): Asigna un canal de señalización (SDCCH) o tráfico al móvil.

2.5.4.2.3 *Canales de Control Dedicado (DCCH)*

Son canales dedicados a funciones específicas y se asocian a cada comunicación

- SDCCH (Stand-alone Dedicated Control Channel, DL y UL): Utilizado para intercambio de información entre estaciones móviles y las estaciones base en el establecimiento de la llamada. Actúa previamente a la asignación de los canales de tráfico TCH. Este canal permite que la MS y la estación base permanezcan conectados mientras que el MSC y la estación base verifican la unidad de abonado y localización de recursos que tiene asignado el móvil.
- SACCH (Slow Associated Control Channel, DL y UL): Siempre asociado a un canal de tráfico o a un canal dedicado SDCCH. En DL el canal SACCH es usado para enviar información lenta pero regular sobre cambios de control al móvil, como instrucciones sobre la potencia a transmitir e instrucciones de temporización para cada usuario del ARFCN. En UL lleva información de la potencia de la señal recibida y de la calidad del canal TCH, y también puede llevar las medidas BCH de las celdas vecinas.
- FACCH (Fast Associated Control Channel, DL y UL): Canal que lleva mensajes urgentes y contienen básicamente el mismo tipo de información que los SDCCH. Este canal se asigna

cuando un canal SDCCH no se ha asignado a un usuario particular y hay un mensaje urgente (responder a un handover). El canal FACCH logra tiempo de acceso a un slot “ganando” tramas del canal de tráfico al que está asignado.

- CBCH (Canal de radiodifusión en una célula, DL): Transmisión de mensajes cortos de servicio de las células.

2.6 Sistemas de Generación 2.5 (2.5 G)

Esta generación fue desarrollada únicamente con propósitos comerciales, y es tratada como una etapa intermedia entre 2G y 3G. Evolución que efectúa mejoras a la infraestructura de red de los desarrollos de segunda generación, logrando la oferta de servicios de datos basados en conmutación de paquetes y logrando con esto mayores velocidades de transmisión. (Fernández Gabriela, Análisis de las mediciones de drive test, 2013, p.76).

2.6.1 Características

Los sistemas denominados de 2.5G se caracterizan por:

- Utilizar conmutación de voz y datos
- Utilizar protocolos similares a los utilizados en Internet, facilitando el uso del internet Móvil como: Bluetooth (tecnología de radio de corto alcance que permite conexión inalámbrica entre varios dispositivos móviles), WAP Wireless Access Protocol, protocolo basado en estándares de Internet desarrollado para permitir a los móviles navegar a través de Internet.
- Ofrecer características mejoradas logrando ofrecer capacidades adicionales a las brindadas por los sistemas 2G.
- Son sistemas de transición a 3G, siendo esta la forma adecuada por ser rápida y económica para llegar a 3G en lugar de implementarla directamente.

2.6.2 Topología y Operación de la Red Celular

Los sistemas 2.5G utilizan la tecnología de radio digital mejorada para incrementar sus capacidades en la transmisión de datos e introducir el concepto de paquetización de datos para lograr la eficacia del sistema (Sánchez Patricia, Análisis del desempeño de las redes celulares, 2005, p. 44).

La Figura 5-2 muestra un sistema 2.5G, donde se aprecia la arquitectura original 2G de los sistemas móviles, donde solo se ha aumentado algunos elementos que permiten ofrecer características cercanas a las que deben ofrecer los sistemas de 3G.

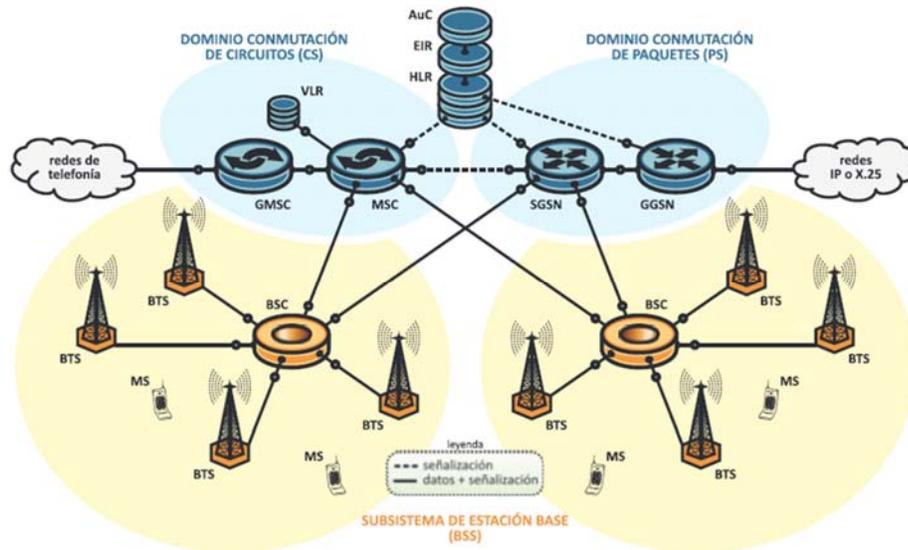


Figura 5-2 Sistema celular 2.5G

Fuente: Becvar Zdenek, Redes Móviles, 2013, p. 33

El ancho de banda del canal digital de la evolución 2G es reutilizado. En algunos casos, la tecnología de modulación se ha cambiado dependiendo del sistema específico, logrando tasas de transferencia de datos superiores. En general, el canal de tráfico digital se aumenta para lograr la interacción con el conmutador de circuitos y de paquetes de datos durante la transmisión. Esto genera, más canales del control y canales de voz. Como característica adicional, el canal de radio puede conectarse con la red existente para el servicio de voz o puede ser conectado con una red de datos como Internet para ofrecer los servicios de multimedia requeridos por el usuario.

Las principales tecnologías de esta evolución son: HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*), GPRS (*General Packet Radio System*), EDGE (*Enhanced Data Rates for Global Evolution*). A continuación se indican los principales sistemas de 2.5G.

2.6.3 HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*)

Esta tecnología conocida como *Datos por Conmutación de Circuitos a Alta Velocidad* (HSCSD) logra optimizar la codificación de canal y utilizar más de un canal de tráfico para la misma

conexión, consiguiendo el incremento de la velocidad en la transmisión de datos hasta un máximo de 57,6 kbps (4 time slots cada uno de 14.4 kbps). El inconveniente de este sistema es el uso ineficiente de los recursos de radio, y por no ser compatible con el protocolo IP no permite el acceso a Internet.

2.6.4 GPRS (General Packet Radio Service)

El *Servicio General de Radio por Paquetes* (GPRS) incorpora mejoras en la red GSM logrando la transferencia de datos a través de la conmutación de paquetes, para lo cual realiza actualizaciones en el software de este sistema y también añade dos (2) nodos de servicios específicos: *Nodo de Servicio de Soporte GPRS* (SGSN) y el *Nodo de Soporte de Pasarela GPRS* (GGSN), tal como se muestra en la Figura 6-2.

Los formatos de codificación empleados por esta evolución proveen velocidades desde 9.05 kbps hasta 21.4 kbps, ofreciendo una velocidad teórica máxima de 171.2 kbps (8 time slots cada uno de 21.4 kbps). En la realidad solo se utilizan de dos a cuatro time slots para el enlace descendente y de uno a dos para el enlace ascendente.

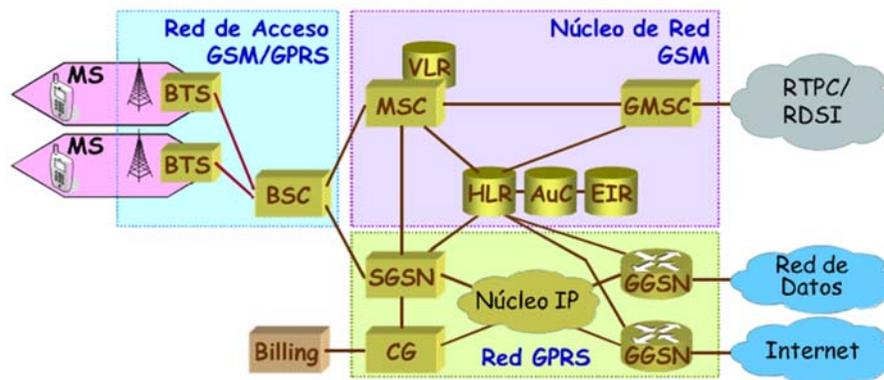


Figura 6-2 Red GSM y GPRS

Fuente: Rendón Álvaro, Telefonía Móvil, 2013, p. 37

GPRS consigue utilizar servicios como SMS y WAP que anteriormente se ofrecía a través de la conmutación de circuitos y a través de conmutación de paquetes respectivamente, además permite interconectarse con redes de datos como Internet. El mayor logro de este sistema radica en la eficiencia espectral, al asignar conexiones asimétricas para uplink y downlink a pesar de no

garantizar una QoS, toda vez que el tráfico GPRS de prioridad secundaria dispone de esta característica únicamente cuando no sean utilizados por los servicios de voz.

2.6.5 EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)

Esta tecnología llamada como *Datos Mejorados para la Evolución de GSM* (EDGE) o EGRPS (GPRS mejorado) está especificada para reutilizar la estructura de canal, el ancho de banda y los mecanismos de GPRS y HSCSD; no obstante, implementa mejoras en la codificación de canal y la modulación, y sumado a la utilización de la técnica 8PSK se consigue una tasa de transmisión con respecto a GPRS en un factor de 3. Así, EDGE consigue mejorar las aplicaciones disponibles como el acceso inalámbrico a Internet, transferencia de archivos y correo electrónico.

Las velocidades logradas con el uso de esta evolución llegan hasta 59.2 kbps por time slot, dependiendo del esquema de codificación, logrando una tasa máxima teórica de 473,6 kbps, evolución que cumple los requisitos de velocidad mínima de un sistema 3G, permitiéndole formar parte de la familia IMT-2000. Actualmente se considera a EDGE una tecnología complementaria a las redes de acceso de UMTS.

2.7 Sistemas de Tercera Generación (3G)

El objetivo de la tercera generación radica en superar las limitaciones técnicas de las tecnologías anteriores. La tercera generación es caracterizada por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, altas transmisiones de datos y aplicaciones multimedia (Robledo Carlos, Introducción a la Telefonía Celular, 2007, p.22).

Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información dirigidos para aplicaciones más allá de la voz tales como audio (MP3), video en movimiento, video conferencia y acceso rápido a Internet, etc.

La tercera generación (3G) representa a un conjunto de estándares que brindan redes de mayor capacidad y movilidad. (Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 5, p. 4).

Entre las tecnologías desplegadas de la tercera generación se encuentran UMTS (Universal Mobile Telephone Service), CDMA2000, TD-SCDMA, ARIB (3GPP), UWC-136/EDGE, DECT, entre otras.

El impulso de los estándares para la 3G fue apoyado por la ITU (International Telecommunications Union) y a este logro se le conoce como IMT-2000 “International Mobile Telephone 2000”. En 1985, la ITU definió la familia IMT-2000, que brinda las especificaciones que deben tener los sistemas 3G.

Los principales objetivos de IMT-2000 son:

- Mayor eficiencia y capacidad que generaciones anteriores
- Nuevos servicios, conexiones de PCs a redes móviles y aplicaciones multimedia
- Ancho de banda dinámico, adaptable a cada aplicación
- Flexibilidad con especificaciones de estándares anteriores
- Itinerancia entre redes de estándares distintos
- Integración de redes satelitales y de acceso fijo inalámbrico a las propias redes celulares
- Mayor velocidad de acceso (384 kbps – 2Mbps)

2.7.1 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) es un desarrollo Europeo propuesta de la ETSI para estandarizar las redes 3G.

Es una de las tecnologías usadas por los móviles de Tercera Generación, que solemos identificar con 3G. Está desarrollado tomando en cuenta las especificaciones establecidas por el 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) y se ha distinguido como la primera tecnología de Banda Ancha móvil. La estructura de UMTS está conformada por dos grandes subredes, por un lado, la de telecomunicaciones y por otro la red de gestión.

La primera es la encargada de sostener la transmisión de información entre los extremos de una conexión, mientras que la segunda tiene como objetivo la provisión de medios para la facturación y tarificación de los abonados, la gestión y seguridad en el manejo de sus datos, el registro y definición de los perfiles de servicio, y la operación de los elementos de la red. (<https://www.xatakamovil.com/conectividad/sistemas-de-comunicaciones-moviles-de-la-tercera-a-la-cuarta-generacion>)

Emplea una interfaz WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) que es capaz de soportar tasas de transferencia teóricas máximas en downlink de 2 Mbps; sin embargo, la

velocidad final depende de las características reales de la red, del operador que la controle y configure, así como del número de abonados simultáneos que requieran acceso a datos.

UMTS ofrece un nuevo interfaz de radio denominado UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access), dicho interfaz está basado en tecnología CDMA (Code Division Multiple Access) cuya característica es el empleo de códigos ortogonales para compartir la energía transmitida durante una comunicación en todo el rango de frecuencias disponible. Los códigos son conocidos tanto por la estación móvil como por la estación base (Matencio Carmen, Avances recientes en telefonía móvil de cuarta generación, 2012, p. 10).

2.7.1.1 WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*)

Las técnicas de acceso TDMA y FDMA utilizadas en las redes 2G no son suficientes para los requisitos exigidos en las redes 3G. Ante eso, UMS adoptó un método de acceso más avanzado, llamado WCDMA. En WCDMA, los bits de información del usuario se expanden sobre un ancho de banda mucho mayor que en la técnica convencional CDMA. Así se puede aumentar considerablemente la capacidad y la velocidad de transmisión. Como en CDMA, los datos de usuario se multiplican con bits pseudoaleatorios, llamados chips, obtenidos a partir de los códigos de extensión de CDMA. La técnica UMS utiliza la velocidad de chip de 3,84 Mcps (Mega chip por segundo) con un ancho de banda de 5 MHz. Otra característica importante de los sistemas basados en WCDMA es su factor de reutilización de frecuencias en 1, logrando que la frecuencia utilizada en todas las celdas sea la misma (a diferencia que en GSM, en donde cada celda utiliza frecuencias diferentes para minimizar la interferencia). Así, los recursos de radio se optimizan mejor (Becvar Zdenek, Redes Móviles, 2013, p. 43).

Las características importantes de este estándar UMS son:

El receptor rastrillo (Rake).- La propagación por canales radio se caracteriza por múltiples reflexiones, difracciones y atenuaciones de energía de la señal causada por obstáculos tales como vegetación, edificios y colinas. Esto genera la propagación multicamino y la atenuación de la señal. La tecnología WCDMA combate estos efectos negativos usando un receptor rake, el cual permite recibir y combinar eficazmente las componentes de las señales individuales.

Control de potencia.- Otro aspecto importante de WCDMA es un control rápido de potencia en el enlace de subida, para evitar que, un solo usuario que transmita con mucha potencia pueda bloquear una celda entera. Con esto se logra que, en los sistemas basados en WCDMA, la potencia enviada por todos los usuarios sea la misma en la estación base.

Transferencia suave (soft handover).- Como las celdas adyacentes utilizan la misma frecuencia, los usuarios pueden estar conectados a dos estaciones base simultáneamente (utilizado dos códigos diferentes). Así, el traspaso entre dos celdas se puede realizar sin ninguna interrupción, lo cual se conoce como transferencia suave.

2.7.1.2 Técnica de Ensanchamiento (Spreading)

Consiste en aumentar el ancho de banda mucho más que el requerido para una señal, para lo cual se usan códigos ortogonales para separar las señales, así solo una señal es correcta el resto es ruido e interferencias.

La Figura 7-2 muestra el principio de ensanchamiento, donde la señal original es ensanchada antes de ser transmitida por el canal de radio multiplicándola por un código ortogonal. Luego la señal es recuperada aplicando el mismo código ortogonal. Con esta técnica se minimiza problemas de interferencias en el canal aire.

Como se puede observar en la Figura 8-2, esta tecnología muestra robustez pudiendo transmitir varias señales simultáneamente. Para lograr esto, se debe aplicar un código ortogonal diferente a cada señal que se desea transmitir. Todas las señales expandidas se pueden transmitir por el mismo canal de radio, y la señal resultante tendrá dentro de un ancho de banda específico un nivel de señal que contienen a todas las señales originales. Finalmente, a la señal recibida se aplicará todos los códigos ortogonales iniciales logrando recuperar individualmente las señales originales.

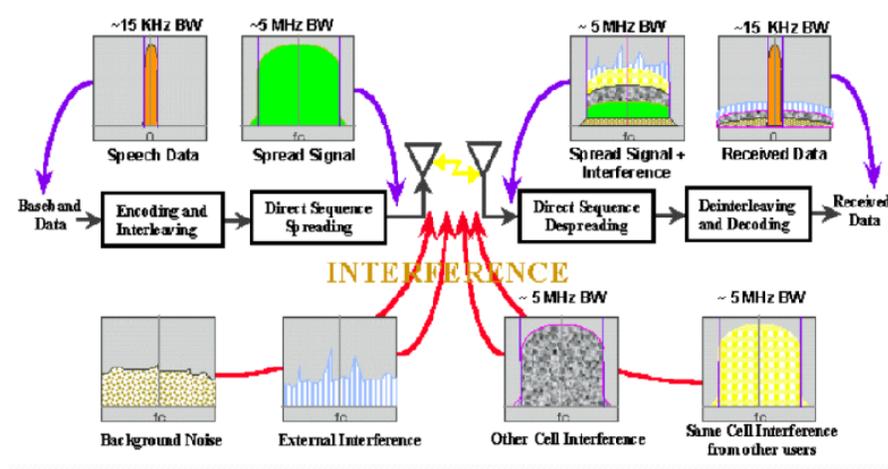


Figura 7-2 Principio de ensanchamiento

Fuente: Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 5, p. 6

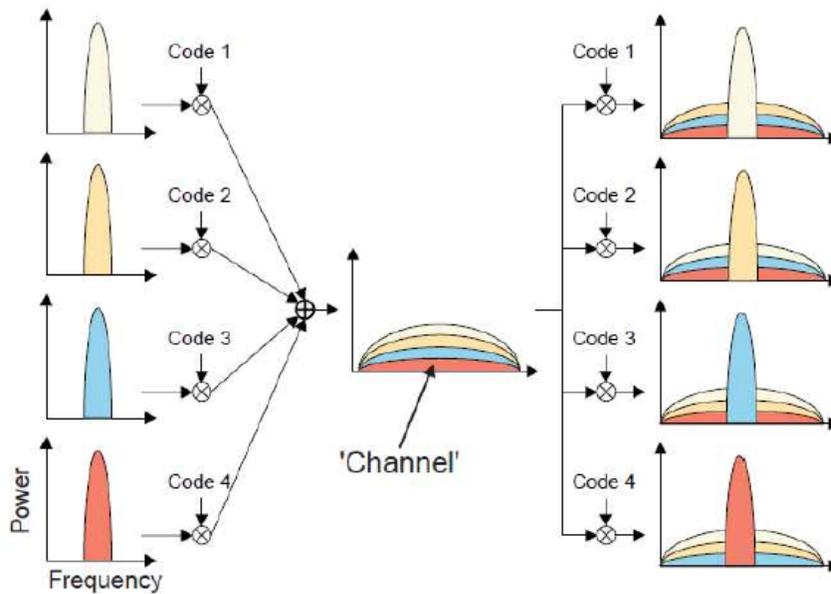


Figura 8-2 Robustez del ensanchamiento

Fuente: Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 5, p. 6

Los aspectos distintivos de la técnica de ensanchamiento son:

- La señal es transmitida por un canal bajo en ruido (gracias a los códigos ortogonales)
- Se utiliza el mismo código para recuperar la señal en el receptor
- La velocidad de código (chip) tiene que ser al menos el doble de velocidad de datos.

2.7.1.2.1 Ventajas del ensanchamiento

- Seguridad en la transmisión de datos (difícil de interceptar o descifrar)
- Resistente al desvanecimiento
- Resistente al ruido e interferencias
- Permite tasas de velocidad de datos flexibles, asignando código de longitud variable SF
- UMTS utiliza una tasa de chip fija de 3,84 Mcps
- Altas velocidades de transmisión (hasta 2 Mbps), lo normal es 384 kbps

La Figura 9-2 muestra el ancho de banda que ocupa la tecnología WCDMA, mientras que la Tabla 4-2 muestra la diferencia entre las canalizaciones GSM y UMTS.

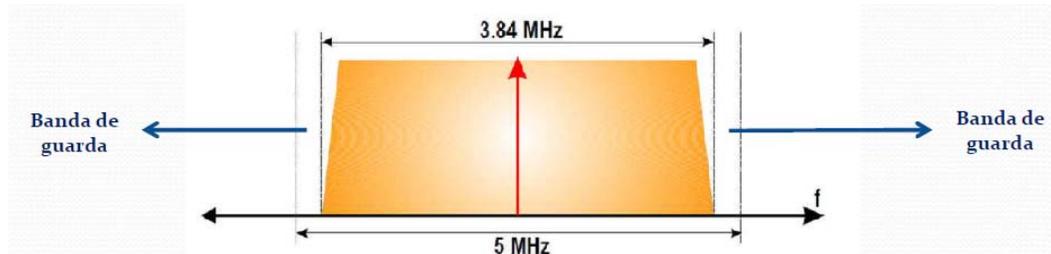


Figura 9-2 Ancho de banda de WCDMA

Fuente: Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 5, p. 7

Tabla 4-2: Diferencia de canalizaciones GSM y UMTS

Canalización GSM	1 canal físico GSM = 1 portadora + 1 time slot
Canalización UMTS	1 canal físico UMTS = 1 código (se transmiten todos los códigos al mismo tiempo en la misma frecuencia)

Fuente: Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 5, p. 8

Para mejorar la técnica CDMA se combinan 2 tipos de códigos: los de canalización (Channeling) y los de Revoltura (Scrambling) cuyas ventajas y desventajas se muestran en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2: Códigos ortogonales y no ortogonales

	Ortogonales (Channeling):	No Ortogonales (Pseudo-aleatorios) (Scrambling)
Ventajas	Interferencia nula (teóricamente) No se ven afectados por distancia	Son más numerosos (no son ortogonales)
Desventajas	Limitado número de códigos Requiere sincronización	Limitado por distancia Requieren control de potencia

Fuente: Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 5, p. 8

2.7.1.2.2 Características de los Códigos de Canalización (códigos cortos)

- Definen cuántos chips se utilizan para ensanchar un único bit de información
- Son los que ensanchan la señal
- La longitud del ensanchamiento se denomina “SPREADING FACTOR” (SF)
- Diferencian comunicaciones de una misma fuente

Los códigos de canalización se utilizan para:

- Downlink: Separación de conexiones de distintos usuarios de una misma celda
- Uplink: Separación de los canales de datos y control de un mismo terminal (2 flujos)
- Los códigos de canalización usan el árbol OVFSF
- Generan códigos son ortogonales entre si
- Crecen en potencia de 2 y van desde 4 hasta 256 (SF)

2.7.1.2.3 Características de los Códigos de Scrambling (códigos largos: ~38400 chips)

- Dos estaciones base juntas, no pueden utilizar los mismos códigos de canalización
- La solución es utilizar los Códigos de Scrambling
- Se superponen a los códigos de canalización utilizando el principio XOR
- Hay muchos disponibles, no son ortogonales y se repiten cada 10 ms
- No ensanchan la señal

Los códigos de Scrambling se utilizan para:

- Downlink: Separar celdas/sectores
- Uplink: Separar distintos móviles
- Gracias a los códigos de scrambling, podemos reutilizar todos los códigos de canalización en todas las celdas

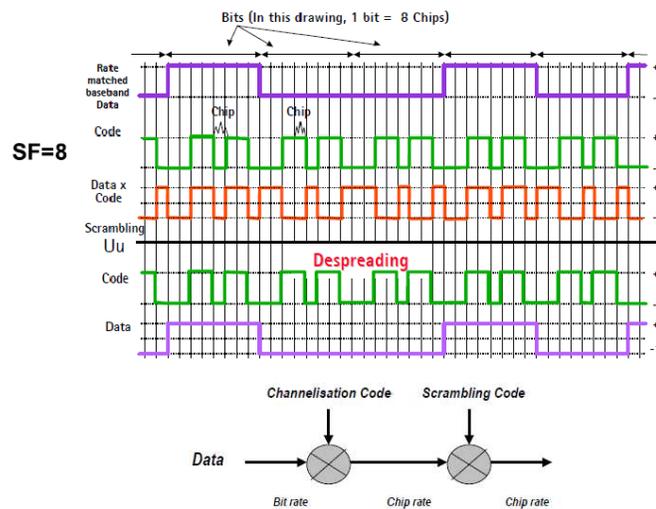


Figura 10-2 Principio de utilización de códigos

Fuente: Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 5, p. 8

La Figura 10-2 muestra el principio de utilización de los códigos de Canalización y Scrambling los cuales al aplicarse uno a continuación de otro logran el efecto de ensanchamiento buscado, permitiendo la reutilización de códigos de canalización entre celdas adyacentes, trabajando todas ellas en la misma banda de frecuencias.

2.7.2 Arquitectura UMTS

La Figura 11-2 muestra la arquitectura de la evolución UMTS de donde se puede concluir que:

- La Infraestructura de UMTS está basada en la de GSM
- El Core se mantiene intacto, cambia únicamente la red de acceso
- La red de acceso ahora se denomina UTRAN y no BSS como en GSM
- Los controladores BSC han sido reemplazados por los nuevos RNC
- Las BTS han sido reemplazadas por los Nodos-B
- Las terminales ahora se denomina UE (User Equipment)

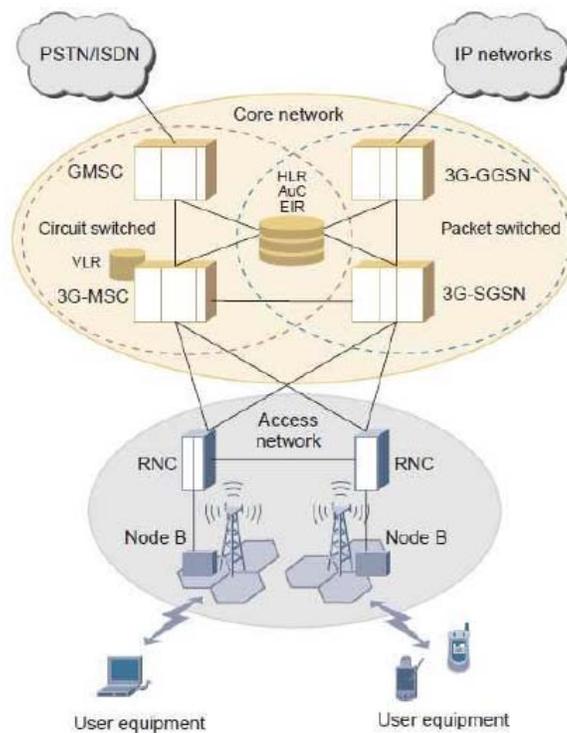


Figura 11-2 Arquitectura UMTS

Fuente: Becvar Zdenek, Redes Móviles, 2013, p. 33

2.7.2.1 Red de acceso UTRAN

UTRAN es el nombre de la nueva red de acceso de radio diseñada para el sistema UMTS, la Figura 12-2 muestra la nueva estructura de la red de acceso indicada.

Tiene dos interfaces que lo conectan con la red central y con el equipo de usuario. La interfaz lu y la interfaz Uu respectivamente.

La red UTRAN consiste de varios elementos, entre los que se encuentran los RNC (Radio Network Controller) y los Nodo B (en UTRAN las estaciones base tienen el nombre de Nodo B). Las interfaces internas de UTRAN incluyen la interfaz lub la cual se encuentra entre el Nodo B y el RNC y la interfaz lur que conecta a los RNC entre sí.

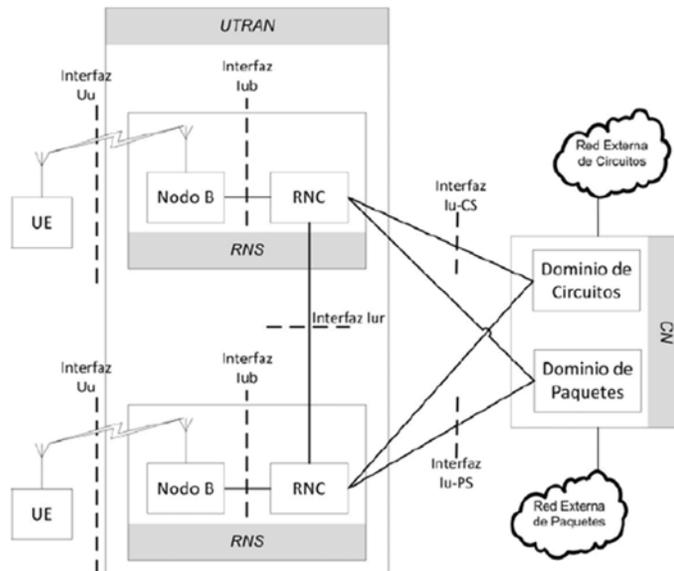


Figura 12-2 Estructura UTRAN

Fuente: Fuertes Maribel, Calidad de Servicio SMA sobre redes móviles UMTS, p. 81

2.7.2.1.1 Nodo-B

- Su principal función es convertir el flujo de datos entre las interfaces Uu y lub
- Incluye tareas adicionales como: Medidas y Control de potencia rápida (1500 veces por segundo)
- El nodo-B puede dar servicio a una o más células, pero se sugiere que solo sea 1

2.7.2.1.2 *RNC*

El Controlador de Red de Radio (RNC) posee y controla los recursos de radio en su dominio (El Nodo B es conectado a este). El RNC es el punto de acceso de servicio para todos los servicios que UTRAN provee al CN y administra las conexiones a la UE.

2.7.2.1.3 *UE*

Consiste de dos partes:

- El Mobile equipment (ME) es el terminal de radio usado para la comunicación de radio sobre la interface Uu.
- La USIM (*UMTS Subscriber Identity Module*), es la evolución de la SIM de GSM, es una tarjeta inteligente que contiene la identidad del suscriptor, ejecuta algoritmos de autenticación y almacena información de suscripción que es necesaria para el terminal.

2.7.2.1.4 *Home Location Register (HLR)*

Es una base de datos ubicada en el sistema principal que almacena la información que constituye el perfil de servicio del usuario. El perfil de servicio consiste de información de servicios permitidos, área de roaming prohibidas, y la información de servicio complementario, como el estado del desvío de llamadas y el número de reenvío de llamadas.

2.7.2.1.5 *MSC/VLR Mobile Switching Center/Visitor Location Register*

Es el conmutador (MSC) y la base de datos (VLR) que sirve al UE en su localización corriente para los servicios de conmutación de circuitos (CS). La función del MSC es usado para conmutar las transacciones CS y el VLR retiene una copia del perfil de servicio del usuario visitante.

2.7.2.1.6 *Gateway MSC (GMSC)*

Es el conmutador donde una UMTS PLMN es conectada a redes CS. Todas las conexiones entrantes y salientes de CS van a través del GMSC.

2.7.2.1.7 *Serving General Packet Radio Service (GPRS) Support Node (SGSN)*

Funcionalmente es similar al MSC/VLR pero es típicamente usado para servicios de conmutación de paquetes (PS). La parte de la red que es accedida vía SGSN es a menudo referida como del dominio PS.

2.7.2.1.8 Gateway GPRS Support Node (GGSN)

Funcionalmente es cercana a la de GMSC pero es en relación a los servicios de PS.

Las redes externas pueden ser divididas en dos grupos:

Redes CS.- estas proveen conexiones de conmutación de circuitos como el servicio de telefonía existente. ISDN y PSTN son ejemplos de redes CS.

Redes PS.- Estas proveen conexiones para servicios de datos de paquetes. El internet es un ejemplo de una red PS.

2.7.2.2 Canalización en UMTS

Para esta arquitectura, existen 3 tipos de canales: (Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 5, p. 25)

LÓGICOS.- los cuales definen el tipo de información que se transmite (tráfico / control)

TRANSPORTE.- definen como se transfieren los canales lógicos, el formato de envío (comunes / dedicados)

FÍSICOS.- los cuales definen los recursos físicos utilizados (frecuencia, código). A su vez pueden ser Comunes / Dedicados y Asociados (o no) a canales de transporte.

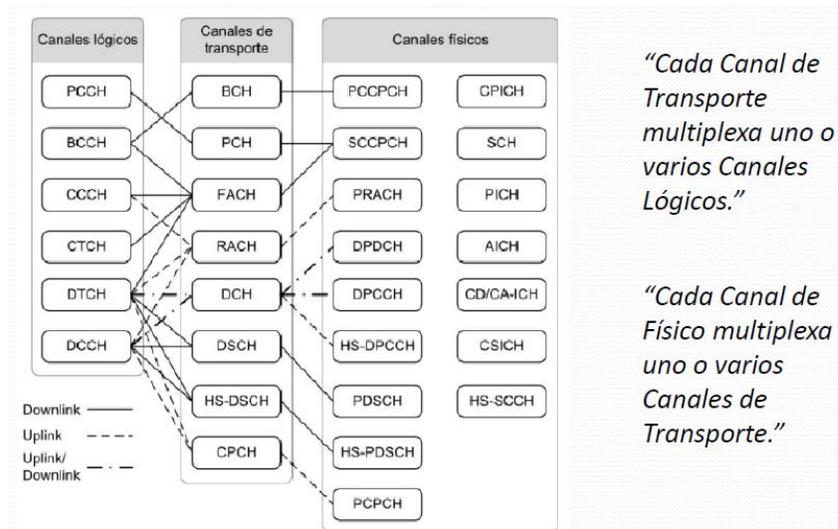


Figura 13-2 Canalización en UMTS

Fuente: Mera Ismael, Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones, 2015, cap. 5, p. 26

Desde el punto de vista de la red, el Nodo-B administra los canales Físicos y el RNC administra los canales Lógicos y los de Transporte.

La Figura 13-2 muestra los canales existentes de los 3 tipos indicados, donde se puede observar que “Cada canal de Transporte multiplexa uno o varios Canales Lógicos”, y “Cada canal Físico multiplexa uno o varios Canales de Transporte”.

2.7.2.2.1 *Canales Lógicos*

La Figura 13-2 muestra los canales Lógicos y su relación con los canales de Transporte y sus características se indican a continuación: (Villacrés Diego, Planificación y Optimización de Redes Móviles, 2013, p.34)

De control

- *BCCH (Broadcast Control Channel, DL): Este canal informa al UE de lo que está pasando en su entorno radioeléctrico como canales de radio, celdas vecinas, niveles de potencia permitidos, valores de los códigos utilizados en su celda, es decir, información general de configuración de la red.*
- *PCCH (Paging Control Channel, DL): Se asocia con el canal PICH y se usa para mensajes de paginación y notificación de información.*
- *CCCH (Common Control Channel, DL y UL): Es bidireccional y se usa para transferir información de control que no tienen conexión RRC.*
- *DCCH (Dedicated Control Channel, DL y UL): Información de control dedicada en ambas direcciones.*

De tráfico

- *DTCH (Dedicated Traffic Channel, DL y UL): Transportar datos o tráfico con un móvil específico.*
- *CTCH (Common Traffic Channel, DL): información dedicada de usuario a un grupo de usuarios (punto-multipunto).*

2.7.2.2.2 *Canales de Transporte*

La Figura13-2 muestra los canales Transporte y su relación con los canales Lógicos y Físicos, y sus características se indican a continuación:

Comunes

- *BCH (Broadcast Channel, DL):* sustenta el BCCH y emite información a los UEs para identificar la red y la celda.
- *PCH (Paging Channel, DL):* sustenta el PCCH y transporta mensajes que alertan a los UE de llamadas entrantes, sesiones de datos o mantenimiento requerido como el registro.
- *RACH (Random Access Channel, UL):* Acceso rápido aleatorio del móvil para solicitar un canal dedicado.
- *FACH (Forward Access Channel, DL):* se utiliza para transacciones cortas cuando el móvil no tiene canal dedicado.
- *CPCH (Common Packet Channel, UL):* Encargado de la transmisión de paquetes sin asignación exclusiva.
- *DSCH (Downlink Shared Channel, DL):* utilizado para la asignación de recursos en forma descendente.

Dedicado

- *DCH (Dedicated Channel, DL y UL):* se utiliza para transferencias largas de información, a un UE en particular. Un UE tiene su propio DCH en cada dirección.

2.7.2.2.3 *Canales Físicos*

La Fig. 2.13 muestra los canales Físicos y su relación con los canales de Transporte, y sus características se indican a continuación:

Asociados a canales de transporte

- *P-CCPCH (Primary Common Control Physical Channel, DL):* transmite el BCH (identificación del Sistema y la información de control de acceso).
- *S-CCPCH (Secondary Common Control Physical Channel, DL):* Transporta el FACH dando control de información, y el PCH con mensajes para los UEs registrados en la red.
- *PRACH (Physical Random Access Channel, UL):* Habilita al UE la transmisión de ráfagas de acceso aleatorio para un intento de acceso a la red.
- *DPDCH (Dedicated Physical Data Channel, DL y UL):* Parte de datos (información de capas superiores: tráfico o señalización).

- *DPCCH (Dedicated Physical Control Channel, DL y UL): Información de control desde y hacia el UE, transporta la parte de control del canal de transporte DCH.*

No asociados a canales de transporte

- *CPICH (Common Pilot Channel): es el piloto y guía al UE para determinar la mejor celda con la cual comunicarse.*
- *SCH (Synchronization Channel): primario (P-SCH) y secundario (S-SCH): permite a los UEs sincronización con la red.*
- *PICH (Paging Indication Channel): se usa junto con PCH y provee información al UE para que opera en modo “sleep” para conservar batería cuando escucha los PCH.*
- *AICH (Access Indication Channel): se usa junto con RACH y se usa para informar al UE acerca del DCH.*

2.8 Sistemas de Cuarta Generación (4G)

2.8.1 Sistema de comunicación Long Term Evolution LTE

El objetivo principal de esta evolución es proporcionar un acceso de radiofrecuencia con alto rendimiento que logre altas velocidades de transmisión y recepción en dispositivos móviles y coexistiendo con HSPA y sistemas anteriores, facilitando a las operadoras una rápida y sencilla migración hacia esta nueva tecnología. La mayor novedad de LTE es que por primera vez, todos los servicios, incluida la voz, son soportados por el protocolo IP, donde se busca un sistema que logre conjugar una capacidad multimedia permitiendo a su vez una movilidad plena (<https://www.xatakamovil.com/conectividad/sistemas-de-comunicaciones-moviles-de-la-tercera-a-la-cuarta-generacion>).

LTE no cumple con los requisitos establecidos por la ITU para su estándar IMT-Advanced o 4G y no ha superado las características mínimas de la ITU para tomar esta denominación, por lo que algunos investigadores la consideran como 3,9G.

LTE emplea enlaces OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) para minimizar las interferencias e incrementar la eficiencia espectral, utilizando canales de tamaño variable entre 1.4 y 20 MHz. Algunas de las capacidades de LTE establecen velocidades máximas de 326 Mbps

en bajada y de 86.4 Mbps en subida con anchos de banda de 20 MHz y un incremento de la eficiencia espectral de 100 y 200 % respecto de HSPA (Villacrés Diego, Planificación y Optimización de Redes Móviles, 2013, p.21).

2.8.2 *Sistemas de comunicaciones IMT-Advanced o 4G y LTE-Advanced*

La ITU en 2008 estableció los requisitos oficiales para el nuevo estándar IMT-Advanced (*International Mobile Telecommunications-Advanced*) o 4G. Estos incluyen, por ejemplo, la operación con canales de radio de más de 40 MHz, así como una eficiencia espectral más alta. Además, la ITU recomienda picos de eficiencia espectral de 15 bits por hercio en enlace de bajada y de 6.75 en el de subida, con una tasa teórica máxima de 1 Gbps con movilidad de baja velocidad (usuario quieto o a pie) y de 100 Mbps en movilidad de alta velocidad.

Como ninguna tecnología actual cumple estos requisitos, son necesarias nuevas tecnologías como LTE-Advanced, que está siendo desarrollada por el 3GPP y es considerada como la primera evolución 4G. La nueva revisión de LTE deberá ser compatible con los sistemas anteriores, permitiendo altas capacidades de transmisión con anchos de banda de más de 100 MHz, obtenidos mediante agregación de canales de 20 MHz, tecnologías de antenas múltiples basadas en MIMO y transmisiones coordinadas multipunto.

2.8.3 *Arquitectura general del sistema LTE*

En las especificaciones se denomina a la arquitectura del sistema LTE como Evolved Packet System (EPS). La idea es la misma que en las generaciones anteriores, esto es dividir el sistema en los tres elementos mencionados anteriormente. Un equipo de usuario, una nueva red de acceso que se denomina E-UTRAN y una red troncal que se denomina EPC. Todos los elementos que engloban este sistema están diseñados para soportar todo tipo de servicios mediante mecanismos de conmutación de paquetes, por lo que no son necesarios los dispositivos que trabajen en modo circuito, ya que en LTE los servicios con restricciones de tiempo real se soportan también mediante conmutación de paquetes. En la Figura 14-2 se aprecia un ejemplo de la distribución de la arquitectura del sistema LTE. (Villacrés Diego, Planificación y Optimización de Redes Móviles, 2013, p.22)

Otra ventaja de LTE es que se contempla también el acceso a sus servicios a través de UTRAN y GSM. También mediante otras redes de acceso como CDMA2000, Mobile WiMAX, redes 802.11, etc.

La red física utilizada en LTE para interconectar todos los equipos de la red, que se denomina red de transporte, es una red IP convencional. En la infraestructura de red LTE aparte de los equipos que realizan las funciones específicas del estándar, también habrá elementos de la red propios de redes IP como routers, servidores DHCP, servidores de DNS, switches, etc.

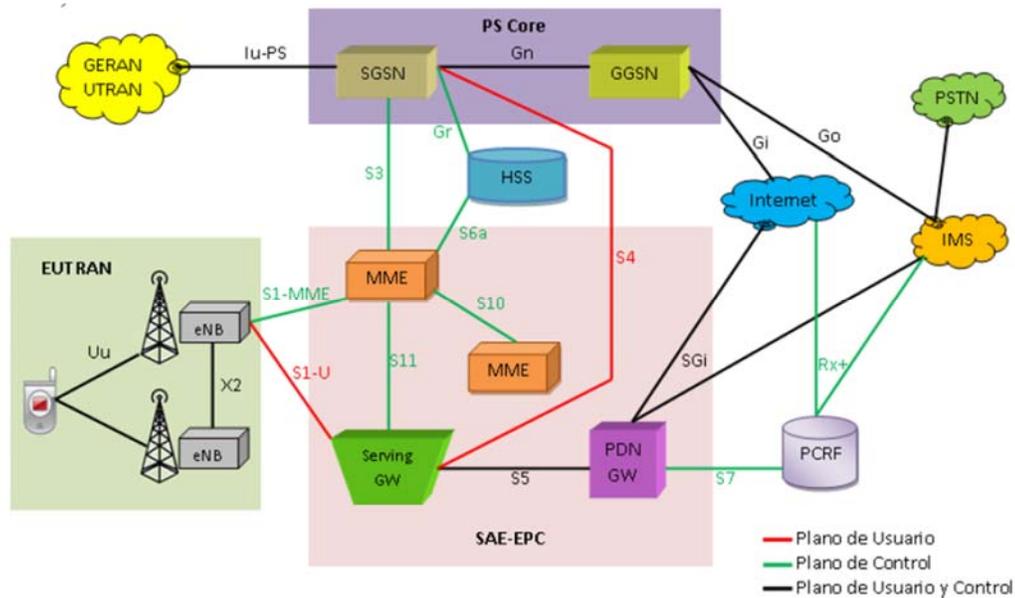


Figura 14-2 Arquitectura del sistema LTE

Fuente: Villacrés Diego, Planificación y Optimización de Redes Móviles, 2013, p.22

2.9 Protocolos GSM

La arquitectura GSM es un modelo estratificado que está diseñado para permitir comunicaciones entre dos diferentes sistemas. Las capas inferiores aseguran los servicios de los protocolos de la capa superior. Cada capa envía notificaciones adecuadas para garantizar que la transmisión de datos ha sido transmitida y recibida precisamente.

La separación de canales lógicos en dos categorías de canales: de control (canales de señalización) y canales de tráfico corresponde a la distinción hecha modelo de referencia ISDN entre plano de usuario y plano de control.

Los planos de control (señalización) y usuario pueden ser definidos e implementados por separado, ignorando por el momento que los datos de control y usuario deben ser transmitidos a través del mismo medio físico en el interfaz aire y que los procedimientos de señalización inician y controlan actividades en el plano del usuario. Por lo tanto, para cada plano existe una correspondiente arquitectura de protocolos separados dentro del sistema GSM y que son la arquitectura de protocolos de datos de usuario y la arquitectura de protocolos de señalización (EBERSPACHER JORG, GSM Architecture, Protocols and Services, 2009 p. 121 y 122).

2.9.1 Protocolos en el plano de usuario

Una red PLMN GSM puede ser definida por un conjunto de interfaces de acceso y un conjunto de tipos de conexión usados para realizar los diversos servicios de comunicación. Una conexión en GSM está definida entre puntos de referencia. Las conexiones se construyen a partir de elementos de conexión (Figura 15-2), y los sistemas de señalización y de transmisión pueden cambiar de elemento a elemento. Por lo tanto, existen dos elementos dentro de una conexión GSM: el elemento de conexión de la interfaz de radio y el elemento de conexión de la interfaz A (Figura 15-2). La interfaz de radio y el elemento de conexión pertinente se definen entre la MS y el BSS, mientras que el elemento de conexión de la interfaz A existe entre el BSS y el MSC a través del interfaz A. Un sistema de señalización específico de GSM es usado en la interfaz de radio, mientras que una señalización compatible ISDN y el transporte de carga útil es usada a través de la interfaz A. El BSS está subdividido en el BTS y el BSC. Entre ellos se define la interfaz Abis, la cual no tiene elemento de conexión definido; esto es debido a que es generalmente transparente para datos de usuario.

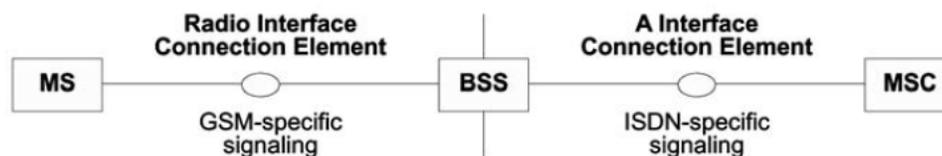


Figura 15-2 Plano de usuario conexión de elementos

Fuente: EBERSPACHER JORG, GSM Architecture, Protocols and Services, 2009 p. 123

2.9.2 Protocolos en el plano de señalización

La Figura 16-2 muestra las entidades de protocolos esenciales de la arquitectura de señalización de GSM (plano de control o plano de señalización). Tres elementos de conexión se distinguen: el elemento de conexión de la interfaz radio, el elemento de conexión de la interfaz BSS y el elemento de conexión de la interfaz A. Esta arquitectura de protocolos del plano de control consiste de una parte específica de GSM con las interfaces Um y Abis y una parte basada sobre SS7 con las interfaces A, B, C, E (Figura 16-2). Este cambio del sistema de señalización corresponde al cambio del elemento de conexión de la interfaz radio al elemento de conexión interfaz A, como se discutió arriba para el plano de datos de usuario. (EBERSPACHER JORG, GSM Architecture, Protocols and Services, 2009 p. 130).

El protocolo de señalización GSM está concebida en 3 capas generales, y la Figura 16-2 muestra los protocolos utilizados entre los principales componentes de la arquitectura de red.

2.9.3 Capa física

En el plano de control, la capa más baja del modelo de protocolos en el interfaz radio es la capa física. Entre la MS y la BTS se tiene el enlace de radio (interfaz de aire), y lleva datos de las capas más altas. Esta capa provee un servicio de transporte de bits para los canales lógicos. Estos son transmitidos en formato multiplexado sobre canales físicos el cual consiste de elementos definidos por la transmisión sobre el canal de radio.

2.9.4 Capa de enlace

El protocolo de la capa de enlace tiene como propósito garantizar la gestión de la señalización entre las diferentes entidades de la red (estación móvil, BTS, BSC, MSC, VLR, HLR). En GSM se emplean tres tipos de protocolos para esta capa:

- LAPDm: protocolo de acceso al enlace sobre el canal D móvil
- LAPD: protocolo de acceso al enlace para el canal D, a nivel de la interfaz A- bis
- MTP: transferencia de mensajes. El protocolo MTP recoge las funcionalidades RDSI

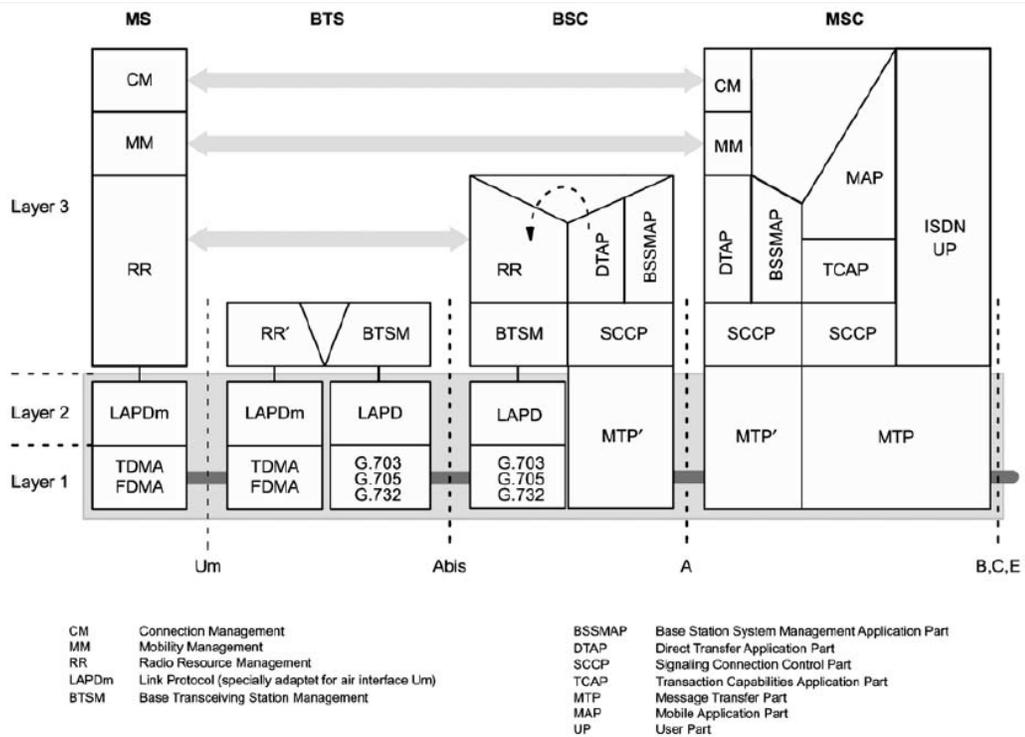


Figura 16-2 Arquitectura de protocolos GSM en el Plano de señalización

Fuente: EBERSPACHER JORG, GSM Architecture, Protocols and Services, 2009 p. 131

Los protocolos LAPD y LAPDm utilizados en el subsistema de radio están muy cerca del protocolo RDSI. Sin embargo, el LAPDm se fundamenta en la transacción sincronizada para evitar el empleo de indicadores y aumentar la velocidad y la protección contra errores.

En esencia, LAPD está diseñado para convertir un enlace físico potencialmente poco confiable en un enlace de datos confiable. El protocolo LAPDm es el protocolo de enlace de datos para señalización de canales sobre la interfaz aire, y provee dos modelos de operación:

- En el modo de operación sin acuse de recibo, el dato es transmitido en tramas sin reconocimiento, no hay flujo de control o corrección de error. Este modo de operación es permitido para toda señalización de canales, excepto para el RACH el cual es accedido en modo de acceso múltiple sin reservación o protección.
- El modo de operación con acude de recibo provee servicio de protección de datos. Los datos son transmitidos en tramas de información con reconocimiento positivo. Este modo es usado solamente sobre canales DCCH.

2.9.5 Capa 3

En el MS, los servicios LAPDm son usados en la capa 3 de la arquitectura del protocolo de señalización. La capa 3 es dividida en 3 subcapas: Radio Resource Management (RR), Mobility Management (MM) y Connection Management (CM). CM es además subdividido en tres entidades de protocolo: Call Control (CC), Supplementary Services (SS) y SMS. Funciones adicionales de multiplicación dentro de la capa 3 son requeridas entre estas subcapas.

2.9.5.1 Gestión de Recursos Radio (Radio Resource Management)

RR esencialmente maneja la administración de las frecuencias y canales. Esto involucra que el módulo RR de la MS se comunica con el módulo RR de la BSC. (Figura 17-2). El objetivo general de la RR es establecer, mantener y liberar las conexiones que permitan una comunicación punto a punto entre el MS y la red. Esto también incluye la selección de celdas en modo de inactividad y procedimientos de traspaso. Además, el RR es responsable de monitorear los canales BCCH y CCCH en la bajada cuando no hay conexiones RR activas. (Díaz José, Estudio y planeación para la migración de una red de telefonía móvil, 2009, p.89).

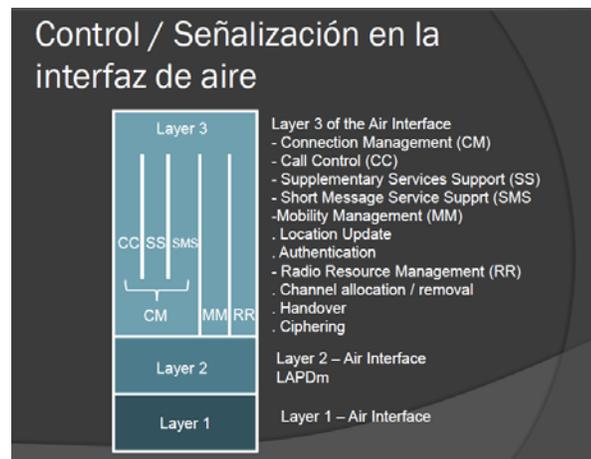


Figura 17-2 Arquitectura control /señalización en el interfaz aire

Fuente: Naren Mohan, Layer 3 Messaging and Call Procedures ERICSSON, 2010, p. 15

Las siguientes funciones son realizadas en el módulo RR:

- Monitorear el BCCH y PCH (lectura de información del sistema y mensajes de búsqueda)
- Administración RACH, el MS envía sus peticiones para conexiones y replicas

- Solicitudes de asignación de datos y canales de señalización
- Medición periódica de calidad de canal
- Control de potencia transmitida y sincronización de la MS
- Traspaso siempre iniciada por la red (parte de la cual es a veces erróneamente atribuido a las funciones roaming y de MM)
- Sincronización de cifrado y descifrado en el canal de datos

La subcapa RR provee diversos servicios a la RR-SAP de la subcapa MM. Estos servicios son necesarios para establecer y liberar conexiones de señalización y para transmitir mensajes de señalización.

2.9.5.2 *Gestión de la Movilidad (Mobility Management)*

MM engloba todas las tareas resultantes de la movilidad; por lo que, utiliza los canales que RR provee para intercambiar datos transparentemente entre el MS y el NSS. De la estructura jerárquica, el MM descansa sobre el RR, porque los datos MM ya son datos de usuario. El BSS con pocas excepciones procesa los mensajes MM.

Las actividades MM son exclusivamente ejecutadas en cooperación entre MS y MSC, y ellas incluye:

- Asignación TMSI
- Localización de la MS
- Actualización de la ubicación de la MS, a veces conocido como funciones de roaming
- Identificación de la MS (IMSI, IMEI)
- Autenticación de la MS
- Garantizar la confidencialidad de la identidad de abonado

La subcapa MM ofrece servicios a las entidades MMCC-SAP, MMSS-SAP y MMSMS-SAP de las entidades CC, SS y SMS respectivamente. Esto es esencialmente una conexión con el lado de la red sobre las cuales estas unidades pueden comunicarse.

2.9.5.3 *Gestión de la conexión (Connection Management)*

CM consiste de tres (3) entidades: CC (Call Control), SS (Supplementary Services) y SMS (Short Message Services).

La capa CM es la capa superior de la pila de protocolos GSM. Esta capa es responsable de Control de llamadas, gestión de servicio suplementario y la gestión de SMS. Cada uno de estos servicios

son tratados como capa individual dentro de la capa CM. Otras funciones de la subcapa de CC incluyen el establecimiento de llamada, la selección del tipo de servicio (incluyendo la alternancia entre los servicios durante una llamada), y la liberación de la llamada (Del Valle Antonio, Diseño integración y optimización de estación base segunda generación, 2007, p.47).

- CC se encarga de Establecer, mantener y liberar la llamada. CM interactúa con las entidades VLR, HLR y GMSC para la gestión del servicio orientado a la conmutación de circuitos y de datos.
- SS soporta los servicios suplementarios. Permite al usuario tener cierto control sobre su llamada pudiendo variar el servicio básico.
- SMS interviene en la transmisión de mensajes cortos ya que requiere establecer una relación de señalización entre la estación móvil y el MSC.

2.10 Protocolos en UMTS

Para entender la señalización o más generalmente el intercambio de datos en WCDMA, es importante entender la asignación de capas y su relación con los varios nodos. WCDMA ofrece una alta estructura de pila de protocolos con una clara delineación entre las funciones de cada entidad. La Figura 18-2 muestra la pila de protocolos de UMTS, donde se distingue tres (3) capas de segmentación para una mejor delineación de tareas y dos niveles de segmentación (Holma Harri, WCDMA for UMTS, 3rd Edition 2004, p. 149).

De una manera muy general, una red UMTS se compone de dos niveles principales, llamado estrato de acceso (AS) y el estrato de no acceso (NAS). Esta descomposición corresponde a un desglose lógico de las funciones de la red.

El estrato de acceso (AS) reúne todas las funciones de red UMTS conectadas con la red de acceso, incluyendo, por ejemplo, el traspaso y la gestión de los recursos de radio. Por definición, la UTRAN, que es la red de acceso UMTS, está completamente incluida en el estrato de acceso. Pero el estrato de acceso también incluye parte del equipo móvil (que maneja los protocolos de interfaz de radio), así como parte de la red principal (correspondiente a la interfaz Iu). (Holma Harri and Toskala Antti, WCDMA for UMTS HSDPA Evolution and LTE, 2007, p. 139).

El estrato sin acceso (NAS) contiene todas las demás funciones de la red UMTS, es decir, las que son independientes de la red de acceso, tales como:

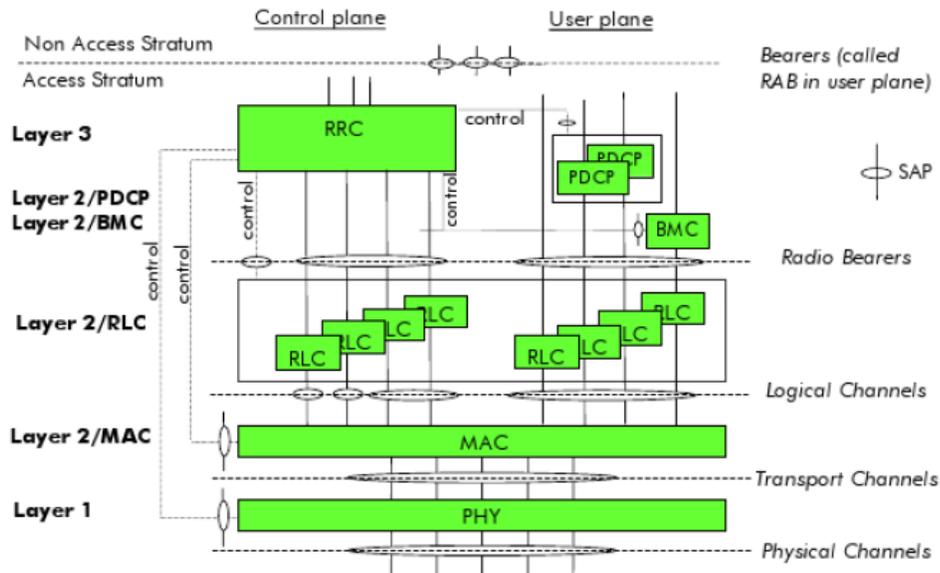


Figura 18-2 Arquitectura de protocolos de UMTS para señalización

Fuente: Motero Diaz, Arquitectura de protocolos en lared de acceso UMTS, p. 2

- Funciones de establecimiento de llamada, correspondientes a las capas de protocolo de control de llamada y de protocolo de gestión de sesión para llamadas de conmutación de circuitos y de conmutación de paquetes respectivamente;
- Funciones de gestión de movilidad para móviles en modo inactivo, correspondientes a las capas de gestión de movilidad y gestión de movilidad GPRS en GSM.

Los protocolos de interfaz de radio son necesarios para establecer, reconfigurar y liberar servicios de la portadora de radio. Las capas de protocolos arriba de la capa física (capa 1) son llamados capa de enlace de datos (capa 2) y capa de red (capa 3). En la interfaz de radio UTRA FDD, la capa 2 es dividida en subcapas. En el plano de control, la capa 2 contiene 2 subcapas – protocolo de Control de Acceso al medio (MAC) y protocolo de Control de enlace de radio (RLC). (CHEVALLIER Christophe, WCDMA Deployment Handbook, 1st Edition, 2006, p. 10).

En el plano de usuario dos protocolos adicionales dependientes del servicio existen: Packet Data Convergence Protocol PDCP y Broadcast/Multicast Control BMC. La capa 3 consiste de un protocolo llamado Radio Resource Control (RRC) el cual pertenece al plano de control. Los protocolos de la capa red tales como Call Control, Mobility Management y Short Message Service (SMS) son transparentes en UMTS.

2.10.1 Capa física (PHY Physical layer)

Tiene instancias en el plano de control y en el plano de usuario. Realiza funciones de: multiplexación de canales de transporte, mapeo de canales de transporte en canales físicos, realización de medidas y notificación a capas superiores, control de potencia por lazo interior y abierto.

2.10.2 Capa 2

Provee servicios de portadora de radio para transmitir datos de usuario y servicios de señalización de portadora de radio para transmisión de información de control de la capa de red. La capa de enlace de datos comprende dos subcapas El Medium Access Control (MAC) para el mapeo de portadoras de radio para transportar canales y el Radio Link Control (RLC), el cual es responsable de un apropiado manejo del flujo de datos individuales, es decir retransmisión de paquetes recibidos erróneamente, segmentación y re-ensamble de paquetes de datos (Ulrich Turke, Efficient methods for WCDMA Radio Network Planning and Optimization, p. 36).

2.10.2.1 MAC (Medium Access Control)

Está localizada sobre la capa física. Canales lógicos son usados para comunicación con las capas superiores. Un conjunto de canales lógicos es definido para transmitir cada tipo específico de información. Por lo tanto, un canal lógico determina la clase de información usada. El intercambio de información con la capa física es realizado con canales de transporte. La capa MAC es responsable del mapeo de los canales lógicos en los físicos, así: (Motero Diaz, Arquitectura de protocolos en la red de acceso UMTS, p. 25)

- Pertenece a la parte inferior de la capa de enlace
- Tiene instancias en el plano de control y en el plano de usuario
- Su función es proveer flexibilidad en la transferencia de datos
- Provee los siguientes servicios: Transferencia de datos, relocalización de recursos radio disponibles y reporte de medidas a la capa RRC (Web proforum iec.org, UMTS tutorial).

2.10.2.2 RLC (Radio Link Control)

Pertenece a la parte superior de la capa de enlace, tiene instancias en los planos de control y de usuario.

La capa RLC ofrece servicios a las capas altas vía puntos de acceso de servicios (SAPs), el cual describe como la capa RLC maneja los paquetes de datos en sí. Sobre el plano de control, los servicios RLC son usados por la capa RRC para transportar señalización. Sobre el plano del usuario, los servicios RLC se utilizan ya sea por las capas de protocolos específicos del servicio de PDCP o BMC o por otra capa superior con funciones de plano de usuario. Los servicios RLC son llamados de señalización RBs (SRBs portadoras radioeléctricas de señalización) en el plano de control y RBs en el plano de usuario para los servicios que no utilizan los protocolos PDCP o BMC. El protocolo RLC puede operar en tres modos: transparente, sin acuse de recibo y con acuse de recibo. (Holma Harri and Toskala Antti, WCDMA for UMTS 3rd Edition, 2004 p. 181).

Existe una sola conexión RLC por portadora de Radio

El protocolo RLC realiza el mapeo de las portadoras de radio en canales lógicos (control/trafico).

En el plano del usuario, además de MAC y RLC, existen dos protocolos adicionales dependientes del servicio: El Protocolo de Convergencia de Datos Empaquetados (PDCP) y Protocolo de Control Broadcast/Multicast (BMC).

El PDCP es aplicado a las portadoras de radio de PS en el plano de usuario. El PDCP ejecuta Internet Protocol (IP) comprimiendo la cabecera y reenviando de datos en caso de que el UE este dejando el área de servicio de un RNC. Sus funciones principales son:

- Compresión y descompresión de la información de control de protocolo.
- Transferencia de datos de usuario.
- Multiplexado de portadoras radio en una entidad RLC.

El BMC es responsable de transmitir mensajes broadcast de celda, los cuales pueden ser recibidos por todos los usuarios en una celda. Sus funciones principales son: (Ulrich Turke, Efficient methods for WCDMA Radio Network Planning and Optimization, p. 36).

- Almacenamiento de mensajes de difusión
- Supervisión del volumen de tráfico y petición de recursos de radio
- Programación y transmisión de mensajes multidifusión al UE
- Entrega de mensajes de difusión celular a la capa superior

2.10.3 Capa 3 - Capa de red

2.10.3.1 Control de Recursos de Radio (RRC)

Pertenece al plano de control. Es el responsable de la señalización de salida en el UTRAN. Los mensajes RRC contienen todos los parámetros requeridos para establecer, modificar y liberar las entidades de las capas 1 y 2, y también el RRC maneja toda la señalización de movilidad (handover y actualizaciones).

La capa RRC ofrece servicios a las capas altas (a la Non Access Stratum) via SAPs, los cuales son usados por los protocolos de capa superior en el lado UE por el protocolo Parte Aplicación Iu RAN en el lado de UTRAN. Toda la señalización de capa alta (administración de movilidad, control de llamada, administración de sesión) es encapsulada en mensajes RRC para transmisión sobre interfaz de radio.

El control de interfaces entre el RRC y todos los protocolos de capa baja son usados por la capa RRC para configurar características de las entidades de protocolo de la capa más baja, incluyendo parámetros de los canales físicos, de transporte y lógicos. El mismo control de interfaces es usado por la capa RRC.

El RRC posee tres modos (Figura 19-2)

- TM-SAP Transparent Mode SAP (SAP en Modo Transparente): se utiliza cuando el UE se tiene que comunicar con el RNC antes de establecer una conexión completa (por ejemplo: en el acceso inicial a la red), también se utiliza para los mensajes que se repiten con frecuencia.
- AM-SAP Acknowledge Mode SAP (SAP en Modo con Acuse de Recibido): se emplea para la señalización de control específica de un UE.
- UM-SAP Unacknowledge Mode SAP (SAP en Modo sin Acuse de Recibido): se emplea para evitar posibles retrasos que puedan ocurrir en el modo AM-SAP, como por ejemplo: en la liberación de la conexión.

Las entidades que forman parte de la arquitectura de la capa RRC son:

Entidad Funcional de Enrutado RFE (Routing Functional Entity): asegura el enrutamiento correcto de la información desde/hacia el NAS. De esta forma los mensajes de diferentes entidades de la capa superior o diferentes dominios de Núcleo de red son enrutadas correctamente.

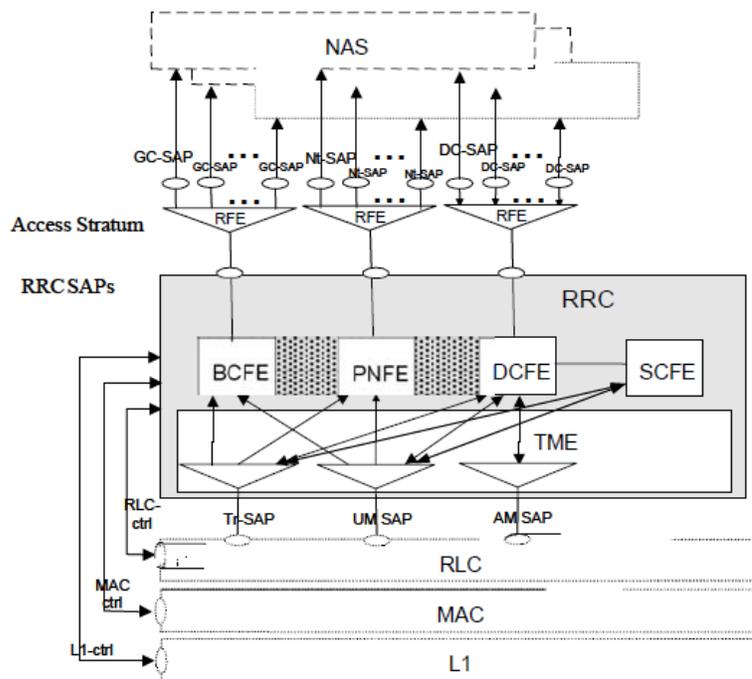


Figura 19-2 Arquitectura de la capa RRC

Fuente: Motero Diaz, Arquitectura de protocolos en lared de acceso UMTS, p. 36

DCFE Dedicated Control Function Entity (Entidad de Función de Control Dedicada): se utiliza para gestionar la señalización específica de un UE cuando está en mdo conectado. Se establece un DCFE por cada UE.

PNFE Paging and Notification Funtional Entity (Entidad Funcional de Control de Notificación y Localización): se utiliza para los mensajes de localización (paging) y las notificaciones que se envían al UE cuando este se encuentra en modo (idle) (sin tener una conexión RRC con la red).

BCFE Boadcast Control Function Entity (Entidad de Función de Control de Difusión): se encarga de la informaron de difusión de los canales lógicos BCCH y FACH.

Entidad de Función de Encaminamiento: se encarga del encaminamiento de los mensajes de gestión de movilidad y llamadas (MM / CM).

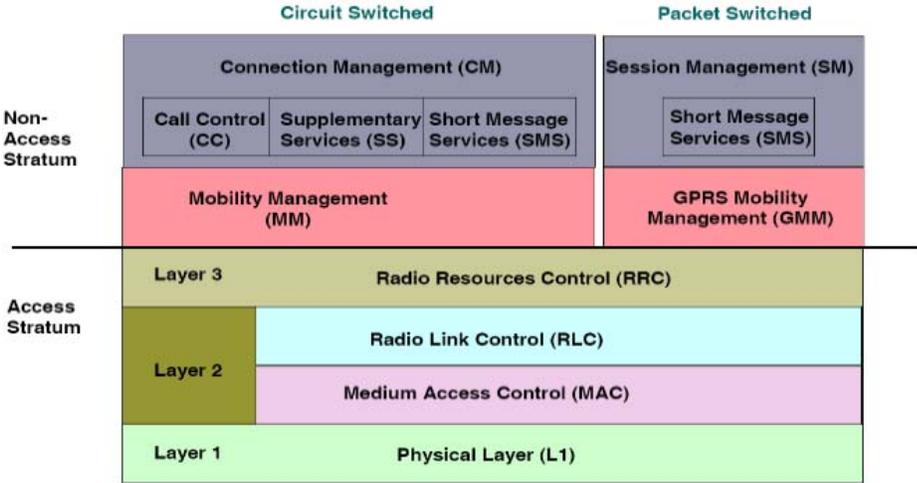
Los servicios que ofrece el RRC a las capas superiores lo hace a través de tres tipos de SAPs: SAP de Control General GC-SAP, SAP de Notificación Nt-SAP y SAP de Control dedicado DC-SAP. El GS-SAP proporciona acceso a los servicios ofrecidos por la entidad BCFE. El Nt-SAP

proporciona acceso a los servicios ofrecidos por la entidad PNFE. El DC-SAP proporciona acceso a los servicios ofrecidos por la entidad DCFE.

2.11 Estrato sin acceso (NAS Non Access Stratum)

Uno de los principios del desarrollo de UTRAN, es conservar el manejo de la movilidad (MM) y el manejo de la conexión (CM) independientes de la tecnología de radio de la interfaz aire. Esta particularidad se puede establecer por la definición de los conceptos AS (Access Stratum) y NAS (Non Access Stratum). El AS es una entidad funcional que comprende los protocolos de acceso de radio entre el UE y UTRAN. Dichos protocolos terminan en UTRAN.

NAS Non Access Stratum es un conjunto de protocolos de comunicación entre el UE y Core Network (CN). Esta comunicación es transparente para el estrato subyacente Access Stratum. El core network y el UE incluyen capas tanto AS y NAS, mientras que el RNC y el Nodo B incluyen solamente capas AS.



- The UMTS protocol stack is divided into Access Stratum (AS) and Non-Access Stratum (NAS)
 - The NAS deals with signaling between the core network and the user
 - The AS deals with signaling between the radio access network and the user

Figura 20-2 Plano de control NAS

Fuente: Usman Qureshi, UMTS system architecture, protocols & processes, 2014

El estrato sin acceso (NAS) incluye los protocolos fuera del estrato de acceso, es decir, los protocolos no relacionados con el transporte de datos de usuario o señalización de la red. Estos se refieren a todos los datos y mensajes de señalización intercambiados entre el UE y la CN sin importar la tecnología de acceso por radio implementada dentro de la red UMTS. La UTRAN no analiza estos mensajes NAS y sólo desempeña el papel de una función de retransmisión (transparente). El plano de usuario en NAS comprende básicamente protocolos de aplicación de usuario que generan flujos de datos a ser transportados por AS.

Además, el plano de control NAS abarca todos los protocolos asociados a las funciones de gestión de conexión (CM) y de gestión de movilidad (MM) para servicios de conmutación de circuitos, y funciones para servicios de gestión de sesiones (SM) y gestión de movilidad GPRS (GMM) para servicios de conmutación de paquetes.

Las entidades Mobility Management y Call Control pertenecen al dominio de conmutación de circuitos, mientras que las entidades GPRS Mobility Management y Session Management pertenecen al dominio de conmutación de paquetes.

2.11.1 Gestión de Movilidad (Mobility Management)

La subcapa Mobility Management es responsable de apoyar la movilidad del UE desde el punto de vista de CS y PS core network.

La subcapa MM comprende la entidad que soporta las funciones MM para el dominio de CS y una entidad GPRS que soporta las funciones MM para el dominio PS.

La subcapa MM es responsable de:

- Soportar la movilidad de la UE (registro inicial y actualizaciones de área)
- Proveer servicios de autenticación (en UMTS esta acción es bidireccional)
- Proporcionar servicios de gestión de conexión para las capas superiores (subcapa CM)

SM su función es activar, desactivar o modificar contextos PDP que son sesiones para tráfico PS en redes UMTS/GPRS

CC su función es establecer, mantener y finalmente liberar llamadas CS en redes UMTS/GPRS/GSM

2.12 Llamada caída

Una llamada se realiza una vez que los procedimientos de establecimiento de llamada se han completado satisfactoriamente y se ha asignado un canal de tráfico (TCH). Una caída de llamada ocurre cuando después de que se establece una llamada, se desconecta por razones distintas a la liberación normal de la llamada por parte del llamante o de la parte destino. El fallo de la llamada durante la fase de configuración o la caída de la llamada después de que se establezca, deteriora la calidad de la experiencia del usuario y resulta en insatisfacción del cliente.

2.13 Como reducir la caída de llamadas en redes GSM?

La tasa de caída de llamadas del canal de tráfico TCH se refiere a la relación de llamadas caídas para asignaciones exitosas de canales de tráfico TCH después de que el BSC asignó satisfactoriamente canales de tráfico a los MSs.

La tasa de caída de llamadas del canal de tráfico TCH, es uno de los KPI más significativos para los operadores de telecomunicaciones, y está relacionada con la retenibilidad. Este parámetro indica la probabilidad de caída de llamadas debido a varias razones después de que los MSs obtienen acceso a los TCHs. Una tasa de caída de llamadas del canal de tráfico TCH demasiado alta afecta negativamente a la experiencia del usuario.

2.13.1 Factores que afectan la tasa de caída de llamada del canal de tráfico

De acuerdo con las quejas de los usuarios y la experiencia de optimización de red, los principales factores que afectan a la tasa de caída de llamadas TCH son los siguientes: (<https://sites.google.com/site/techafiacom/classroom-news/reminderoffieldtripnextweek>, Singh, Gulzar 2009)

2.13.1.1 Problema de hardware

Cuando un TRX o un combinador esta defectuoso, obtener un canal de tráfico TCH se hace difícil, y por lo tanto, la tasa de caída de llamadas TCH aumenta.

2.13.1.2 *Problema de transmisión*

- La calidad de transmisión en la interfaz A o Abis es mala por varias razones
- Los enlaces de transmisión son inestables

2.13.1.3 *Actualización de versiones*

Después de actualizar el software en la versión BTS o la versión BSC, la versión BTS puede ser incompatible con la versión BSC y los parámetros y algoritmos de la nueva versión pueden estar cambiados. En este caso, la tasa de caída de llamadas TCH aumentará.

2.13.1.4 *Configuración de parámetros*

La configuración de algunos parámetros en los lados de los BSC y MSC puede afectar la tasa de caída de llamadas. Si las siguientes situaciones ocurren, la tasa de caída de llamadas del canal de tráfico puede incrementarse:

- Los parámetros SACCH Multi-Frames y Radio Link Timeout. Se establecen en valores demasiado pequeños
- El parámetro RXLEV_ACCESS_MIN está configurado a un valor demasiado pequeño.
- El parámetro RACH Min.Access Level está configurado a un valor demasiado pequeño.
- La duración del temporizador T3103 (Este temporizador está configurado para esperar un mensaje de Transferencia Completa) está configurado a un valor demasiado pequeño.
- La duración del temporizador T3109 (Este temporizador está configurado para esperar un mensaje de Indicación de liberación) está configurado a un valor demasiado pequeño.
- La duración del temporizador T3111 (Este temporizador especifica el retardo de liberación de la conexión) está configurado a un valor demasiado pequeño.
- La duración del temporizador T305/T308 está configurado en un valor no válido o demasiado grande.
- El parámetro TCH Traffic Busy Threshold está configurado a un valor demasiado pequeño.
- El parámetro Call Reestablishment Forbidden (Restablecimiento de llamada prohibido) está configurada en sí.
- El parámetro relacionado con el traspaso de bordes está ajustado incorrectamente

- Los parámetros relacionados con el traspaso de interferencia se establecen de manera inapropiada.
- Los parámetros relacionados con el traspaso de células concéntricas están ajustados incorrectamente
- Los parámetros relacionados con el control de potencia están ajustados incorrectamente
- Algunas relaciones de celdas vecinas no están configuradas
- El parámetro Disconnect Handover Protect Timer (Desconexión del temporizador de protección del traspaso) está configurado a un valor demasiado pequeño

2.13.1.5 *Interferencias dentro de la red y entre redes*

Si existe interferencia entre redes e interferencia de repetidor, o si se produce una interferencia severa dentro de la red debido a la inadecuada reutilización de frecuencias, pueden producirse caídas de llamadas en los TCH debido a una QoS deficiente.

2.13.1.6 *Problema de cobertura*

Los siguientes problemas de cobertura pueden afectar la tasa de caída de llamadas del canal de tráfico TCH.

Cobertura discontinua (blind areas) zonas ciegas.- La calidad de voz en el borde de una BTS aislada es pobre y las llamadas no pueden enrutarse sobre otras celdas. En este caso, la caída de llamada puede ocurrir.

En terrenos complejos e irregulares como las regiones montañosas, las señales son bloqueadas y por lo tanto la transmisión es discontinua, dando lugar a llamadas caídas.

Pobre cobertura interior.- Los edificios densamente distribuidos y las paredes gruesas causan una gran atenuación y un bajo nivel de señal en interiores, lo que provoca caídas de llamadas.

Cobertura cruzada (BTS aislada).- La célula de servicio causa cobertura cruzada debido a varias razones (como el exceso de potencia). Una MS no puede ser entregada a otra celda debido a que no hay celdas vecinas adecuadas. En este caso, el nivel de señal se vuelve bajo y la calidad de voz de la MS se deteriora. Por lo tanto, las llamadas se caen.

Cobertura insuficiente.- Si la señal de una antena está bloqueada o el BCCH del TRX está defectuoso, pueden producirse caídas de llamada debido a una cobertura discontinua.

2.13.1.7 *Problema del sistema de antenas*

Los siguientes problemas del sistema de antenas pueden afectar la tasa de caída de llamadas del canal de tráfico TCH:

- Si las antenas de transmisión de dos celdas están conectadas incorrectamente, el nivel de señal de enlace ascendente en cada celda es mucho menor que el nivel de señal de enlace descendente en la celda. Por lo tanto, es probable que las caídas de llamada se produzcan en lugares muy alejados de la BTS.
- Si una celda direccional tiene antenas principales y de diversidad, el BCCH y el SDCCH de la célula pueden ser transmitidos desde diferentes antenas. Si dos antenas tienen diferentes ángulos de azimut, las áreas de cobertura de las dos antenas son diferentes. En este caso, puede producirse el siguiente resultado: Una MS puede recibir la señal BCCH de una antena; cuando una llamada es hecha, la MS no puede capturar el SDCCH transmitido por la otra antena y así se produce una caída de llamada.
- Si el alimentador está dañado, hay fugas de agua en el alimentador o el alimentador y el conector no están bien conectados, se reducen tanto la potencia de transmisión como la sensibilidad del receptor de la antena. Así, pueden ocurrir caídas de llamadas.

2.13.1.8 *Desbalance entre los enlaces Uplink and Downlink*

- La diferencia entre el nivel de señal del enlace ascendente y el nivel de señal del enlace descendente puede ser grande en las siguientes condiciones:
- La potencia de transmisión de la BTS es alta.
- El TMA (amplificador montado en torre) o el amplificador de la BTS no trabaja apropiadamente.
- La antena y el conector no están asegurados correctamente.

Como resultado, caída de llamadas pueden ocurrir en el borde del área de cobertura de la BTS.

2.13.1.9 *Problema de Repetidor*

Si se instala una celda con un repetidor, pueden producirse problemas de cobertura de la BTS en el caso de que el repetidor esté defectuoso o de que la ganancia del enlace ascendente y del enlace descendente estén ajustados de manera inapropiada. Por lo tanto, la tasa de caída de llamadas del canal de tráfico TCH aumenta.

Si se utiliza un repetidor de un rango de frecuencia ancha y la ganancia se ajusta a un valor grande, puede causarse una fuerte interferencia. Como resultado, la calidad de la red se ve afectada negativamente y la tasa de caída de llamadas TCH aumenta.

2.13.1.10 *Congestión*

La congestión ocurre por dos razones:

Congestión del SDCCH

Se debe aclarar que un evento completo del canal SDCCH permite: a) actualizar localización, b) configurar la llamada, c) SMS y demás. La congestión del SDCCH ocurre en la frontera del área de LAC. En los límites de la zona de LAC, la actualización de la localización del teléfono en la celda debe ser concretada; al estar en el borde, debe realizar reelecciones sucesivas de LACs, lo que dará lugar a congestión de SDCCH. A menudo se puede encontrar muy poco tráfico en estas áreas, pero la congestión SDCCH es muy grave.

Congestión del TCH

El canal de tráfico TCH está diseñado para el servicio de llamadas, y cuando la conexión SDCCH para la configuración de la llamada no encuentra ningún slot adicional para asignar a un usuario, resulta en una congestión de tráfico que afectará las tasas de terminación de llamadas.

2.14 Causa de llamadas caídas en redes UMTS

Los operadores de las redes celulares al ejecutar permanentemente actividades de optimización de sus recursos, han determinado causas que a menudo producen el fenómeno de caída de llamadas, las cuales se resumen a continuación:

2.14.1 Caída de llamadas causada por una mala cobertura

Por la definición de cobertura de red, los requisitos de cobertura efectiva para un cierto punto de muestreo son que su RSCP y EC/Io deben ser mejores que el umbral especificado. En esta sección, la mala cobertura se representa por un valor RSCP deficiente. Hay que tener en cuenta que la cobertura de los bordes de las celdas es un caso especial. La cobertura en los bordes de la celda podría tener un mal valor de RSCP y excelente Ec / Io debido a un pequeño número de células, pero aún la cobertura en estos bordes de la célula se define como mala cobertura. (<https://telecomtalk.info/call-drops-the-reasons-and-possible-solutions-to-ensure-nocalldrops /142422/>)

En la red UMTS, la iniciación y el mantenimiento de diferentes servicios pueden tener requisitos diferentes sobre la cobertura.

La condición de cobertura en la UL y la DL de la red se pueden estimar a través de la potencia de los canales dedicados para la UL y la DL antes de la caída de llamadas, los cuales pueden ser realizados a través de los siguientes métodos.

Si la potencia de TX en UL antes de la caída de llamada ha alcanzado el valor máximo y el BLER en UL es mala, o se descubre a través del registro de rastreo de usuario único en el RNC que el Nodo B ha informado de fallo RL, luego la caída de llamada es causada por la mala cobertura en UL. Si la potencia de TX en DL antes de la caída de llamada ha alcanzado el valor máximo y el BLER en DL es malo, entonces la caída de llamada es causada por una mala cobertura de DL.

2.14.2 Caída de llamadas causada por celdas vecinas

1. Celda vecina perdida

La optimización de células vecinas es un importante aspecto en la optimización de redes de radio. Si se incluyeran ciertas celdas, pero se excluyeran de la lista de celdas vecinas a una celda, entonces la caída de llamadas podría ocurrir y la interferencia en la red también aumentaría y la capacidad del sistema se vería afectada. Por lo tanto, la optimización de células vecinas es una parte importante de la optimización de ingeniería.

Es fácil estimar si la célula está configurada con cualquier célula vecina, situación que se puede analizar para determinar los datos de caída de llamada, ejecutando un software de pos-procesamiento como TEMS DISCOVERY.

Durante el drive test, el UE adquirirá la lista de células vecinas del Nodo B, explorando los PSCs disponibles y registraría los valores E_c/I_o . Si uno de los PSCs no está incluido en la lista de celdas vecinas, y su señal piloto es más fuerte que el umbral, y el fenómeno dura unos segundos, entonces se presenta el problema de célula vecina perdida.

2. Eliminación de célula vecina causada por la combinación de macro diversidad

Se debe asignar la prioridad de la celda vecina al realizar la planificación inicial de célula vecina, luego se debe optimizar la prioridad y el número de celdas vecinas periódicamente a medida que aumenta el volumen de tráfico.

3. Actualización intempestiva de la información de la célula externa

Compruebe las células externas del RNC periódicamente y asegúrese de que las celdas de la lista son correctas.

2.14.3 Caída de llamadas causadas por interferencia

Se distinguen interferencias en Ul y Dl

Las interferencias en los enlaces en UL y en DL conducirán a la caída de llamadas. Generalmente, cuando el nivel de señal CPICH RSCP del conjunto activo es mayor que -85 dBm, y el nivel de señal del parámetro exhaustivo E_c/I_o es inferior a -13 dB, en esta situación la caída de llamada es causada por la interferencia en DL. Tenga en cuenta que cuando el traspaso no es oportuno, el RSCP de la celda de servicio puede ser bueno, pero el E_c/I_o es malo. Ahora para el enlace UL, si el RSCP y E_c/I_o del conjunto monitorizado son excelentes y la interferencia medida por RTWP (Potencia total de ancho de banda recibida) es en total 10 dB más alto que el valor normal, que es entre -107 ~ -105 dBm, y la duración de la interferencia es superior a 2s o 3s, un evento de caída de llamada puede suceder y se debe solucionar dicho problema.

Dos razones que pueden causar interferencias en DL, son la contaminación del piloto y la célula vecina perdida. La célula vecina perdida ya ha sido discutida en la parte anterior y no se repetirá aquí. En el área de contaminación del piloto, existen señales de múltiples células, el RSCP de estas células es bueno, mientras E_c/I_o es malo, el UE con frecuencia vuelve a seleccionar la célula vecina o realiza el traspaso y la entrada y salida de llamadas difícilmente puede alcanzar el UE. Generalmente, tres factores conducirán a la contaminación piloto en la red.

- Desplazamiento de sitios en una ubicación alta
- NodeBs en distribución en forma de anillo
- Efecto de guía de onda, reflectores grandes y otros efectos que pueden causar la distorsión de las señales.

La característica típica de caída de llamadas en DL es que el RNC envía el mensaje Active Set Update, mientras que el UE no puede recibirlo, entonces la llamada se cae por falla de DL.

Se puede juzgar si las interferencias en UL son más probables que ocurran al analizar el valor promedio de RTWP. Para una célula inactiva, el valor medio de RTWP es aproximadamente -105 dBm: Para una célula que lleva 50% de la carga en UL, el RTWP promedio es alrededor de -102 dBm. Si el RTWP promedio de las celdas inactivas supera -100 dBm, se puede creer que existen interferencias en UL. Las interferencias en UL hacen que la potencia de TX en UL de la célula en el modo conectado aumente, y entonces se genera un BLER excesivamente alto, produciéndose la caída de llamada. Durante el traspaso, el enlace recién agregado está fuera de sincronización para las interferencias de UL, lo que conduce además a fallos de traspasos y caída de llamadas. Las interferencias en UL pueden ser interferencias intra-RAT (handover de una celda 3G a otra 3G) o inter-RAT (handover de una celda 3G a una 2G). En la mayoría de los casos, las interferencias en UL son interferencias inter-RAT.

Cuando existe interferencia en DL, la potencia de TX en UL es muy pequeña o el BLER en UL puede converger, sin embargo, cuando la potencia de TX en DL del UE alcanza el valor máximo, el BLER en DL no converge. Si existen interferencias en UL, el mismo problema ocurrirá. Por lo tanto, en el análisis real, este método puede utilizarse para distinguir si existen interferencias.

2.14.4 Caídas causadas por causas de ingeniería

1. Antena conectada inversamente

Se debe comprobar si la diversidad está conectada de forma inversa mediante la figura de distribución PSC de los datos de prueba de la unidad. La antena sólo generaría energía cuando los UE intentaran acceder a la red, y el valor medido de la potencia iguale a la potencia de demodulación. Se debe comprobar la relación de dos antenas, si la potencia de una antena es menor que la otra en un largo período de tiempo, entonces la diversidad debe estar conectada de forma inversa.

El control de nivel de equilibrio de dos antenas en toda la red puede ser implementado por la medición OMCB. Sin embargo, es necesario procesar manualmente los datos adquiridos.

2. Un VSWR excesivo

Hay que comprobar el VSWR del sitio actual en el RNC. Si el VSWR es mayor o igual a 1,4, entonces debe ser ajustado.

3. Problema de antena de banda múltiple

En la red de algunas ciudades existen antenas multibanda. El operador por lo general se niega a ajustar los parámetros de la antena de banda múltiple por temor a afectar a los abonados de la red de 2G existente. En esta condición puede ocurrir la contaminación o desplazamiento del piloto. Para solucionar este problema, se debe persuadir al operador para que cambie la antena, de modo que las redes 2G y 3G puedan tener antenas separadas. Si estas antenas no pueden ser cambiadas, entonces el ambiente específico debe ser cuidadosamente estudiado antes de tomar cualquier acción. Sugiriéndose optimizar las celdas vecinas para evitar la caída de llamadas.

4. Fuga de señales del sistema de distribución interior

En la mayoría de las ciudades, las caídas de llamada son causadas por la fuga de señal del sistema de distribución interior (ambientes indoor). Se debe persuadir al operador para reconstruir el sistema de distribución indoor. O bien, el sistema de distribución indoor se puede fusionar a toda la red, lo que se puede hacer mediante la optimización de la cobertura de las células de ambiente exterior y la adición de células vecinas (<http://telecomfunda.com/forum/showthread.php?24525-Tems-umts-drop-and-drop-calls>)

2.14.5 Caída de llamadas causada por la interoperabilidad 2G / 3G

1. Optimización de células vecinas 2G configuradas para células 3G.

Si las células 2G están congestionadas, o interferidas, entonces la tasa de éxito de transferencias 3G > 2G es baja. Durante la optimización de celdas vecinas, este tipo de celdas vecinas deben eliminarse de la lista.

2. Parámetros deben ser ajustados en base a diferentes escenarios

Para mejorar la tasa de éxito de la transferencia de 3G > 2G, los parámetros deben ser detallados en función de diferentes escenarios.

3. Compatibilidad de UEs

Las transferencias 2G > 3G de algunas celdas son lentas. Esto es ocasionado porque algunos teléfonos 3g de contrabando tienen algunas dificultades en el apoyo a la red 2g.

4. Sincronización de datos 2G / 3G

Para soportar trasposos 2G / 3G, las celdas 2G / 3G deben configurarse como las celdas vecinas unas de otras en primer lugar. Si la información de la celda se actualiza oportunamente, entonces la transferencia podría fallar y no se podrá realizar la re selección de celdas. Por lo tanto, los datos de la red 2G / 3G deben ser sincronizados oportunamente.

2.14.6 Caída de llamada causada por el sistema

Si una alarma no es causada por las causas enumeradas en la sección anterior, entonces puede ser causada por el sistema. Hay que comprobar la información de alarma de los registros del equipo y del sistema para analizar más a fondo las razones que causan las caídas de llamadas. Por ejemplo, un Nodo B anormal conduciría a los fallos de sincronización, lo que conduciría a la eliminación frecuente y la adición de enlaces de radio, y luego las caídas de llamadas ocurrirán con frecuencia. Las caídas de llamada causadas por señales en DL deficientes pueden deberse a un módulo de RF anormal.

2.14.7 Congestión

Una congestión produce una caída cuando no hay más recursos de radio disponibles para la conexión. La red envía un RRC Connection Release cuando el RBS alcanza la potencia máxima disponible en DL. En el mensaje correspondiente de la capa 3 de DL "RRC Connection Release" se indica que ocurre la caída, la causa de liberación está claramente marcada como "Congestion". Un ejemplo de este caso se muestra a continuación.

En este caso, el entorno de radio no muestra ningún problema crítico: el AS está lleno y hay una celda de servidor mejor (SC 352) con dos celdas más que llevan el servicio. También el conjunto MN es bueno, y la secuencia de mensajes de la capa 3 es regular.

La indisponibilidad de recursos de radio aparece repentinamente después de un cierto número de SHO rápidos, y un mensaje de "RRC Connection Release" de la red llega a interrumpir la llamada. En la ventana de mensajes de TEMS, la causa de la liberación está claramente marcada como "Congestion". (Causa 42)

2.14.8 Sin enlace de radio

Para este caso la caída ocurre cuando las condiciones de la radio son buenas, el equipo de registro funciona correctamente y la causa de la liberación de la conexión RRC (marcada normalmente como "no especificada") podría atribuirse a un fallo RBS /Red, (Incluyendo la potencia en UL del UE que va al máximo incluso si el CPICH RSCP se mide en buenos valores, los alimentadores cruzados causan falsos vecinos faltantes, alimentadores cruzados de UL-DL, ajustes de parámetros incorrectos que pueden afectar la accesibilidad / SHOs en la celda).

Este caso también incluye la caída por "Sensibilidad del UE", como se muestra en el ejemplo siguiente:

Descripción del problema: El entorno de radio según lo informado por el UE es muy pobre justo antes de que la llamada se caiga, es decir, el mejor servidor RSCP = -127dBm y $E_c / N_o = -27$ dB. El escáner informa condiciones de radio mucho mejores para el mismo SC en el mismo instante, es decir, RSCP = -93,57dBm y $E_c / I_o = -8,66$ dB. Aunque la caída es resultado de un RSCP bajo medido por el UE, esto no debe ser clasificado como una caída de la cobertura pobre debido a que el escáner indica que las condiciones de radio deben estar bien para mantener la llamada.

2.14.9 Falla de equipo

En este caso la caída ocurre cuando TEMS Investigation / UE está bloqueado o inhibido, por lo que no es posible mantener la conexión. El ejemplo de caída de llamada por fallo de UE se describe a continuación.

Descripción del problema: Para este ejemplo, la red envía un mensaje de Control de Medición en DL y entonces el UE no responde. No hay más mensajes enviados entre la red y el UE. El entorno RF era bueno en el momento de la caída, como puede encontrarse en la información del escáner, con valores de RSCP = -82,72dBm y $E_c / I_o = -5,44$ dB.

El significado de la sigla PSC es la sigla de Packet Switched Call y pertenece a la categoría Telecomunicaciones.

2.14.10 Dos celdas que utilizan el mismo PSC (Primary Scrambling Codes)

En este caso se genera el error de llamada causado por dos celdas que utilizan el mismo PSC.

En DL existen 512 PSC organizados en 64 grupos (Scrambling Code Groups, SCG) de 8 PSC cada uno. Cada celda o sector usa un único PSC.

Para ilustrar este caso se muestra el siguiente escenario de la Figura 21-2.

La célula A y la célula B (célula fuente) están configuradas como células vecinas entre sí, sin embargo, la distancia geográfica entre la Celda A y la Celda B es enorme. La célula A y la célula C tienen la misma PSC. La célula C y la célula B (célula fuente) están muy cerca, sin embargo, la célula C y la célula B no están configuradas como células vecinas entre sí. Bajo esta situación, el UE detecta las señales de la Célula C y envía la solicitud del evento 1A para que sea agregada a la Célula C. El PSC en la solicitud de evento 1A es 123. Después de recibir la solicitud del Evento 1A, el RNC comprueba desde la lista de celdas vecinas de la celda B (célula fuente) por las celdas con PSC de 123, entonces encuentra la célula A. Entonces, el RNC intenta construir el enlace de radio en la celda A. El RNC ordena al UE que añada la celda A a su conjunto activo. Entonces, la actualización del tiempo de espera del conjunto activo para la célula medida por el UE es diferente de la celda en la que se construye el enlace de radio es aquí cuando se produce la caída de llamada. (<https://es.scribd.com/doc/49464767/UMTS-CS-Call-Drop-Analysis-Guide-zte>, UMTS Network Planning & Optimization Guidebook)

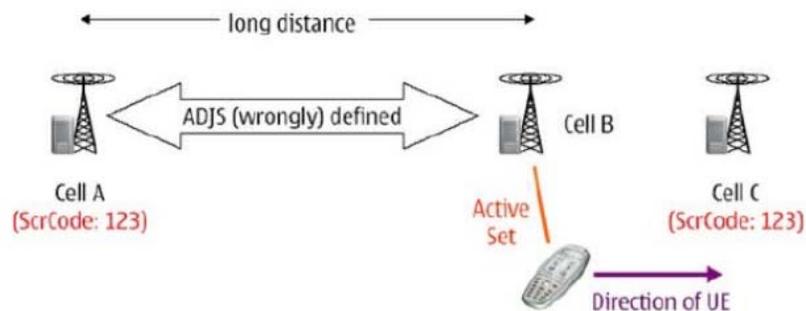


Figura 21-2 Caída de llamada producida por utilizar el mismo PSC

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/49464767/UMTS-CS-Call-Drop-Analysis-Guide-zte>

CAPITULO III

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio realizado indica la metodología que se ha utilizado en el presente trabajo de investigación, el mismo describe además los métodos y técnicas de investigación desarrollados.

El presente trabajo de investigación es no experimental, longitudinal, cualitativo, descriptivo, exploratorio y correlacional.

3.1 Tipo de Investigación

De los tipos de investigación, el presente trabajo aplica un tipo de investigación exploratorio ya que se considera la definición: “Al desarrollarse investigaciones de tipo exploratoria, lo que el investigador busca en primera instancia, es conocer más y tener una familiarización con el problema o acontecimiento que se encuentra bajo estudio, elevando así su nivel de comprensión con aquel hecho.” (Cegarra J, Metodología de la investigación científica y tecnológica, 2011, p. 90).

El alcance del Análisis de mensajería en los protocolos del interfaz aire, para determinar las causas que producen llamadas caídas en el servicio de telefonía celular (SMA) en la ciudad de Riobamba, es exploratorio, donde se examinó la mensajería que entrega la plataforma TEMS DISCOVERY una vez que las mediciones de llamadas telefónicas han sido pos procesadas, y se analizó en un enfoque local constituyendo el área de interés el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba. El estudio exploratorio permitió conocer la mensajería involucrada en el establecimiento de una llamada telefónica, mensajería que debe ser correctamente interpretada por los operadores de telefonía celular con el propósito de optimizar la misma, evitando que el parámetro *taza de llamadas caídas* supere a lo establecido en la reglamentación vigente.

Otro tipo de investigación utilizado es la descriptiva que según (Tamayo M, Metodología formal de la investigación científica, 2012, p. 89), “La investigación descriptiva consiste en explorar, para luego conocer el qué o quién, dónde, cuándo, cómo y por qué de la problemática o hecho que se encuentra en investigación, detallándose el entorno en el que se desarrolla el problema de forma precisa.”

El presente trabajo constituye una investigación descriptiva ya que se logró describir las características, ventajas y funcionamiento de las tecnologías GSM y UMTS que han sido escogidas por las 3 operadoras de telefonía celular para brindar el servicio móvil avanzado a sus abonados.

3.2 Diseño de Investigación

Para cumplir con los objetivos y responder las interrogantes, se estableció un estudio no experimental, ya que se analizó un problema existente que se presenta en las redes de telefonía celular y que son las llamadas caídas que no llegan a completarse y que afectan la calidad de servicio, repercutiendo en la percepción del abonado de una determinada operadora.

La investigación desarrollada fue longitudinal ya que el análisis se centró únicamente en el análisis de las causas más comunes que producen las llamadas caídas en las redes de telefonía celular y no se extendió a otros campos.

Además, el enfoque de la investigación es cualitativo ya que la investigación se centra en el análisis de los tipos codificados de llamadas caídas para entender en profundidad las causas más comunes que en la mensajería de protocolos del interfaz aire ocasionan que una llamada establecida se termine abruptamente.

También, el alcance de la investigación es descriptivo ya que se enfoca en los tipos codificados de las llamadas caídas en las redes de telefonía celular, describiendo las variables con precisión para analizar las causas más comunes de estas. Finalmente, es de tipo correlacionar porque se mide y analiza las variables del estudio.

3.3 Técnicas de Investigación

La técnica que se utiliza es importante en el presente trabajo de investigación, ya que ha permitido recopilar, clasificar y considerar de mejor forma la documentación obtenida para realizar el análisis de mensajería en los protocolos del interfaz aire y determinar las causas que producen llamadas caídas en el servicio de telefonía celular (SMA). Mediante las técnicas de investigación, este trabajo se basó en dos formas generales: Técnica documental y técnica de campo.

Para poder establecer posibles soluciones a la problemática presentada, es necesario tener sólidos conocimientos referente a las tecnologías de telefonía celular GSM y UMTS, sus protocolos y mensajería; lo que permitirá conocer factores que repercuten y son los causantes para que una llamada telefónica luego de que se ha establecido en condiciones normales, es interrumpida y consecuentemente finalizada sin que ninguna de las dos partes que participan en la comunicación la haya dado por finalizada.

Por lo descrito en el párrafo anterior, se requiere extraer la mayor cantidad de información de fuentes secundarias, por lo que se adopta la técnica documental con el propósito de fundamentar la hipótesis, recurriendo a la lectura con el uso de bibliotecas y páginas web especializadas, de libros, revistas, recomendaciones, tesis sobre telefonía celular, informes, recomendaciones de la ITU (vía web) y más para facilitar el trabajo, lo que permitirá sustentar el marco teórico y comprender el fenómeno de estudio lo que en su conjunto aportarán al desarrollo de la investigación, lo que permitirá generar posteriores investigaciones.

Por último, también se aplicó la investigación de campo que se define como: “Cuando el investigador tiene la necesidad de extraer información de fuentes primarias, el levantamiento de la información en las investigaciones de campo, se lo tiene que desarrollar en el lugar donde se suscita la problemática o acontecimiento bajo estudio” (Rojas R, Guía para realizar investigaciones sociales, 2011, p. 77).

La técnica de campo permitió estar en contacto directo con datos primarios siendo los principales objetos de estudio, las tareas de medición de llamadas programadas de la calidad de servicio de telefonía celular mediante la recopilación de las llamadas cursadas por las 3 operadoras de telefonía celular registradas por los equipos remotos de mediciones (RTUs) de ARCOTEL, y de datos secundarios constituidos por el registro de llamadas caídas y detalladas en la mensajería de protocolos del interfaz aire.

Población

Según (Rodríguez E, Metodología de la investigación, 2005, p. 123), “La población es el conjunto de personas o elementos que poseen una o varias características siendo de interés conocer por parte del investigador, y cuando el mismo tiene conocimiento de su tamaño se la denomina como población finita, por lo contrario, es infinita”.

En el presente estudio se considera como población al total de llamadas telefónicas por un periodo de tres meses, las cuales son generadas por las estaciones RTUs ubicadas en la ciudad de Riobamba, y que han sido programadas para realizar llamadas de voz, tanto llamadas on-net como off-net de las 3 operadoras autorizadas.

Muestra

En general la muestra se define como un subconjunto de la población, a más de ser representativa, debe tener las propiedades de la población a la que pertenece.

Para el presente trabajo de investigación, el fenómeno de llamadas caídas puede deberse a muchos factores que pueden ser causados por el gran tráfico de la red con la consecuente escasez de canales de tráfico, interferencias, trasposos fallidos, problemas diversos dentro del core de la operadora, falta de cobertura o problemas del móvil. Motivos que pueden originar diferentes tipos de caídas, los cuales pueden ser muy específicos y a la vez esporádicos. El propósito es determinar todos tipos de causas que originar llamadas caídas, motivo por lo cual al tomar una muestra específica de llamadas caídas del total de llamadas establecidas dentro de los 3 meses de mediciones, se corre el peligro de descartar algunos tipos de caídas que no formen parte de la muestra. Esta consideración conlleva a que la muestra de análisis sea el total de llamadas caídas recopiladas por la plataforma TEMS DISCOVERY.

Proceso de la Investigación

Se describe el proceso realizado para investigación:

Identificación del problema:

- Ubicación del problema
- Planteamiento del problema
- Formulación del problema
- Sistematización del problema
- Justificación de la investigación

- Objetivos de la investigación
- Hipótesis de la investigación

Marco teórico:

- Antecedentes del fenómeno de estudio
- Fundamentación teórica
- Fundamentación legal

Metodología:

- Tipo de investigación
- Diseño de investigación
- Técnicas de investigación
- Población y muestra
- Recolección de la información
- Manejo de las variables, dimensiones e indicadores
- Procesamiento y análisis
- Criterios para la elaboración de la propuesta

Recolección de la información

Esta investigación fue realizada en la ciudad de Riobamba, lugar donde se encuentra ubicado el servidor Regional de la plataforma Sistema Autónomo de Mediciones Móviles SAMM de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, lugar desde donde se puede acceder a las estaciones RTUs de manera remota, para programar tareas de medición con la ayuda de la aplicación TEMS Operator Console. También desde dicho servidor se realiza la recolección de los datos de las tareas programadas con la ayuda de la aplicación TEMS AUTOMATIC PRESENTATION.

Se programó las estaciones RTU con tareas de llamadas on-net y off-net de las 3 operadoras autorizadas durante 3 meses (octubre, noviembre y diciembre de 2016). Las pruebas que realizan las estaciones son continuas con periodos de tiempo de reposo entre cada llamada, lo que permite tener una población representativa del tráfico telefónico cursado en la ciudad de Riobamba. Las pruebas de llamadas fueron programadas para ejecutarse desde estaciones fijas instaladas en

varios sectores de la ciudad y también con recorridos drive test con estaciones móviles instaladas en vehículo apto para este tipo de mediciones.

Procesamiento y Análisis

Con los datos recopilados, el sistema SAMM permite realizar el pos-procesamiento de llamadas telefónicas con la ayuda de la aplicación TEMS DISCOVERY. Luego se procederá a la tabulación de datos, recopilando el total de llamadas establecidas, el total de llamadas caídas de todas las tareas de medición de las 3 operadoras, lo que permitirá reflejar resultados de forma ordenada y específica con son: Número total de llamadas caídas por operadora en modo on-net, número total de llamadas caídas por operadora en modo off-net, total de llamadas caídas on-net y off-net conjuntas, total de tipos de causas de llamadas caídas, mayores caídas por tipo de causa, menores caídas por tipo de causa, caídas por RTU de origen, caídas por RTU de destino. Información que adicionalmente permitirá determinar el porcentaje o tasa de llamadas caídas por operadora. Para esta valoración final, se tomará en consideración el número total de llamadas realizadas por las pruebas programadas en las RTUs, y así concluir si las operadoras cumplen con el parámetro de calidad de servicio respecto al porcentaje máximo de llamadas caídas toleradas de acuerdo a la legislación vigente.

CAPITULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

Luego de la publicación en el Registro Oficial de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, el 18 de febrero de 2015, se creó la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), la cual está adscrita al Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (ARCOTEL web institucional arcotel.gob.ec).

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL es la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico, con la misión de proteger los derechos de los usuarios, brindando al sector de las telecomunicaciones una normativa equitativa que fomente la prestación de servicios con calidad y asequibilidad.

ARCOTEL vigila que el servicio de telefonía móvil, entre otros servicios, se brinde con calidad, razón por la cual viene efectuando un control permanente y preventivo, a fin de evitar problemas de calidad de servicio. Para el efecto, realiza mediciones, monitorización, inspecciones y pruebas a los sistemas de telefonía móvil de las operadoras.

4.2 La telefonía celular en el Ecuador

En el Ecuador se presta servicios móviles desde 1993 en la banda de 850 MHz. En un inicio se denominaba servicios de “Telefonía Móvil Celular” y posteriormente “Servicio Móvil

Avanzado”, (bandas 850 MHz y 1900 MHz), que incluye no solo la prestación de telefonía móvil, sino servicios como transmisión de datos e internet móvil.

Las tecnologías utilizadas en el Servicio Móvil Avanzado han ido evolucionando; y como ejemplo la tecnología CDMA, con sus versiones CDMA 2000 1xRtt de segunda generación y 1X EVDO de tercera generación, fueron utilizadas por una de las tres operadoras existentes en el país, y debido a su escasa aceptación por los usuarios, estas desaparecieron años atrás. En contraposición, la tecnología GSM, con toda su cadena de evolución GSM/GPRS/EDGE, dominante en el país, es la que aún disponen las tres operadoras del Servicio Móvil Avanzado y está en fase de decaimiento; mientras que la tecnología UMTS/HSPA se encuentra en plena fase de servicio desde diciembre del 2008. Finalmente, la evolución LTE se encuentra en la primera fase de incorporación y es la que en los próximos años realizará todo su despliegue. (AGUSTI Ramon, GSM NUEVAS TENDENCIAS EN COMUNICACIONES, Fundación Vodafone España, 2010).

El Servicio Móvil Avanzado es el principal servicio de telecomunicaciones que utilizan los ecuatorianos, con las tecnologías GSM y UMTS; de tal forma, que es imprescindible intensificar el control para que el Estado garantice la prestación del servicio, tal como establece el marco legal vigente.

4.2.1 CONECEL S.A.

Mediante licitación pública por parte de la Superintendencia de Telecomunicaciones, luego del análisis y evaluación de propuestas en las primeras semanas del año 1993 se calificó a la empresa CONECEL S.A., pero fue el 2 de agosto de 1993 que se formalizó dicha asignación, concesionándole la banda A en los 800 MHz que correspondía a la primera banda dedicada al servicio de telefonía móvil celular. No fue sino hasta diciembre de ese año que el Presidente de la Republica realiza la primera llamada oficial desde CONECEL S.A. El servicio ofrecido consistía en el despliegue de la tecnología AMPS (Advanced Mobile Phone System).

En julio de 1998, CONECEL S.A. (PORTA) empieza a ofrecer servicios de Internet; mientras que en marzo de 2000 Telmex empresa mexicana adquiere el 60% de las acciones de CONECEL S.A., comenzando un agresivo programa de inversiones dirigido a ampliar la cobertura y modernizar la red.

A finales del 2003, CONECEL S.A. se incorpora como una empresa del Grupo América Móvil, la cual es una operadora de servicios de telecomunicaciones en Latinoamérica con participación en 10 países.

La operadora CONECEL renovó su contrato de concesión el 30 de noviembre de 2008 por un periodo de 15 años, ofreciendo en la actualidad el servicio de telefonía móvil en las evoluciones GSM, UMTS y la recientemente instalada LTE.

Actualmente la operadora CONECEL S.A. es la operadora dominante con el mayor número de abonados activos. Tiene 8'915.431 líneas activas lo que corresponde a una participación del mercado del 60,06 %, según las estadísticas de ARCOTEL.

4.2.2 OTECEL S.A.

El 29 de noviembre de 1993, se otorga a la empresa OTECEL S.A., la concesión para la prestación del servicio de telefonía móvil celular en la banda B de los 800 MHz. Esta empresa inicia operaciones en la banda B en enero de 1994, también con la tecnología AMPS para cubrir las ciudades de Quito, Guayaquil, Cuenca y la carretera que une Quito y Guayaquil.

Bellsouth en marzo de 1997 fortaleció a OTECEL S.A. con la adquisición de su mayoría accionaria, logrando aumentar sus abonados en casi 100% en tan solo un año (1997-1998).

El 8 de marzo de 2004, BellSouth Corp. firma un acuerdo con Telefónica Móviles, filial de servicios inalámbricos de Telefónica S.A., para vender la participación en sus 10 empresas latinoamericanas, una de las cuales era BellSouth en Ecuador. Con esta adquisición, Telefónica sumó Ecuador a su red de cobertura.

La operadora OTECEL S.A. renovó su contrato de concesión el 2008 por un periodo de 15 años ofreciendo en la actualidad el servicio de telefonía móvil en las evoluciones GSM, UMTS y la recientemente instalada LTE.

Actualmente, OTECEL (MOVISTAR) es la segunda operadora por número de abonados. Tiene 4'548.495 líneas activas lo que corresponde a una participación del mercado del 30,64 %.

4.2.3 CNT EP

El 3 de abril de 2003, la tercera operadora celular y primera concesionaria del servicio móvil avanzado (SMA), Compañía Telecomunicaciones Móviles del Ecuador TELECSA S.A., integrada por Andinatel S.A. y Pacifictel S.A. aparece en escena, autorizándole operar la banda

C-C' de los 1900 MHz. A partir de marzo de 2004 las acciones de Pacifictel S.A. se revirtieron totalmente a Andinatel S.A., quedando esta como única accionista de esta operadora.

A partir de diciembre de 2003, Telecsa-Alegro PCS (Personal Communication System) ofreció un servicio que en Ecuador se conoció como Servicio Móvil Avanzado (SMA) al usar la tecnología CDMA 1X (EV-DO) en la banda de 1900 MHz.

Aunque CDMA es una tecnología más eficiente para la transmisión de datos y soporta mayor número de llamadas en una misma cantidad de espectro, el éxito comercial de GSM a nivel mundial, y sobre todo en la región, llevó a Alegro a firmar un acuerdo con Movistar, alquilándole la red de acceso de radio (RAN). Con esta operación pudo empezar a ofrecer servicios en la zona de cobertura de Movistar, mucho más amplia que con la propia en CDMA2000.

Alegro contó, a mediados del 2010, con menos del 5% de abonados de telefonía móvil, por lo que CNT se fusiona con Alegro para empezar a vender servicios de internet, y telefonía móvil y fija.

La operadora CNT obtuvo asignación de bandas para brindar servicios en las tecnologías UMTS y LTE a partir de 2014.

Actualmente la operadora CNT EP tiene 1'380.723 líneas activas lo que corresponde a una participación del mercado del 9,30 %.

4.3 Bandas de frecuencias asignadas al SMA

El Plan Nacional de Frecuencias del Ecuador, actualizado a 2012, menciona en la nota EQA.85 que en las bandas 824-849 MHz, 869-894 MHz, 1710-2025 MHz y 2110-2200 MHz operan exclusivamente sistemas IMT International Mobile Telecommunications para los servicios Fijo y Móvil.

El mencionado Plan Nacional de Frecuencias define a los sistemas IMT, englobando tanto a las IMT-2000 y a las IMT-Avanzadas de forma colectiva. Definiendo a los sistemas IMT-2000 como “sistemas móviles de tercera generación que proporcionan acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones sustentados por las redes de telecomunicaciones fijas y a otros servicios específicos de los usuarios, mientras que se define los sistemas IMT-Avanzados, como sistemas

componentes de sistemas y aspectos conexos que incluyan las nuevas interfaces radioeléctricas que soporten las nuevas capacidades de los sistemas posteriores a las IMT-2000”.

4.3.1 Servicio Móvil Avanzado

Es un Servicio Final de Telecomunicaciones del servicio móvil terrestre que permite a los usuarios comunicarse mediante voz, mensajes de texto, video llamada, internet, etc. de manera inalámbrica generalmente a través de teléfonos o módem celulares.

De las bandas de frecuencias establecidas en la nota EQA.85, actualmente el Ecuador ha concesionado los bloques de frecuencias detallados en las Tablas siguientes:

Tabla 1-4: Bandas de frecuencias asignadas a CONECEL S.A.

	RANGO	BANDA 3GPP		BLOQUES	LIMITE INFERIOR (MHz)	LIMITE SUPERIOR (MHz)	TIPO	AB (MHz)	SUBTOTAL	
		UMTS	LTE							
Contrato de Concesión	850 MHz	5	X	A1	824	825	UP	1	25	
				A1'	869	870	DL	1		
				A2	825	835	UP	10		
				A2'	870	880	DL	10		
				A3	845	846,5	UP	1,5		
				A3'	890	891,5	DL	1,5		
	1900 MHz	2	2	E	1885	1890	UP	5	10	
				E'	1965	1970	DL	5		
Resolución TEL-138-04-CONATEL-2015	1900 MHz	2	2	B3	1880	1885	UP	5	20	
				B3'	1960	1965	DL	5		
				F	1890	1895	UP	5		
				F'	1970	1975	DL	5		
	AWS 1700/2100 MHz	X	X	10	E	1730	1735	UP	5	40
					E'	2130	2135	DL	5	
					F	1735	1740	UP	5	
					F'	2135	2140	DL	5	
					G	1740	1745	UP	5	
					G'	2140	2145	DL	5	
H	1745	1750	UP	5	5					
H'	2145	2150	DL	5						
TOTAL								95		

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Tabla 2-4: Bandas de frecuencias asignadas a OTECEL S.A.

	RANGO	BANDA 3GPP		BLOQUES	LIMITE INFERIOR (MHz)	LIMITE SUPERIOR (MHz)	TIPO	AB (MHz)	SUBTOTAL
		UMTS	LTE						
Contrato de Concesión	850 MHz	5	X	B1	835	845	UP	10	25
				B1'	880	890	DL	10	
				B2	846,5	849	UP	2,5	
				B2'	891,5	894	DL	2,5	
	1900 MHz	2	2	D	1865	1870	UP	5	10
				D'	1945	1950	DL	5	
Resolución TEL-138-04-CONATEL-2015	1900 MHz	2	2	A1	1850	1855	UP	5	50
				A1'	1930	1935	DL	5	
				A2	1855	1860	UP	5	
				A2'	1935	1940	DL	5	
				A3	1860	1865	UP	5	
				A3'	1940	1945	DL	5	
				B1	1870	1875	UP	5	
				B1'	1950	1955	DL	5	
				B2	1875	1880	UP	5	
				B2'	1955	1960	DL	5	
TOTAL								85	

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Tabla 3-4: Bandas de frecuencias asignadas a CNT EP

	RANGO	BANDA 3GPP		BLOQUES	LIMITE INFERIOR (MHz)	LIMITE SUPERIOR (MHz)	TIPO	AB (MHz)	SUBTOTAL
		UMTS	LTE						
Condiciones Generales Anexo B	1900 MHz	2	2	C	1895	1910	UP	15	30
				C'	1975	1990	DL	15	
Resolución TEL-804-29-CONATEL-2012	700 MHz	X	28	G	733	738	UP	5	30
				G'	788	793	DL	5	
				H	738	743	UP	5	
				H'	793	798	DL	5	
				I	743	748	UP	5	
				I'	798	803	DL	5	
	AWS 1700/2100 MHz	X	10	A	1710	1715	UP	5	40
				A'	2110	2115	DL	5	
				B	1715	1720	UP	5	
				B'	2115	2120	DL	5	
				C	1720	1725	UP	5	
				C'	2120	2125	DL	5	
				D	1725	1730	UP	5	
				D'	2125	2130	DL	5	
TOTAL								100	

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

4.4 Evolución del control de calidad

El control de la calidad que ha realizado SUPERTEL en su momento y ahora ARCOTEL de las redes móviles en el Ecuador, ha evolucionado de acuerdo con las tecnologías que se han ido implementando cronológicamente en el país, y se distinguen 3 etapas. Las dos primeras etapas no

se mencionan porque sus equipos están en desuso, de modo que podemos indicar que la tercera etapa inicia en el año 2003, en la que se logró una gran madurez en las tareas de control de calidad de las redes móviles, pues a partir de este año hasta la presente fecha, se ha logrado grandes avances en temas como:

- Estudios detallados de los parámetros de calidad a ser considerados, impulsando especialmente por los nuevos servicios que se ofrecen en las redes 2G y 3G.
- Estandarización de los procedimientos de medición de los parámetros de calidad
- Homologación de los procedimientos de medición por parte de las empresas operadoras de las redes SMA.
- Renovación y actualización de la infraestructura de equipos de medición.
- Adquisición de software de pos-procesamiento con funcionalidades mejoradas para el análisis de información que arrojan los equipos de medición y posibilidad de soportar varios formatos (varias marcas de equipos de medición).
- Grandes avances en la digitalización de mapas, y en general la adquisición de cartografía digital vectorial de todo el país.

Tabla 4-4: Parámetros para análisis de calidad de servicio de telefonía celular

	Código	Parámetro de calidad	Meta	Modificación 042-TEL-01- CONATEL-2014
Parámetros de percepción del usuario	5.1	Relación con el Cliente	Semestral ≥ 3	Semestral $\geq 3,5$
	5.2	Porcentaje de Reclamos Generales	Trimestral $\leq 1,5\%$	Trimestral $\leq 1\%$
	5.3	Tiempo promedio de resolución de Reclamos	Trimestral $\leq 168h$	Trimestral $\leq 120h$
	5.4	Tiempo promedio de espera por respuesta de operador humano	Semestral $\leq 30s$ $> 80\%$	Semestral $\leq 20s$ $> 85\%$
	5.5	Porcentaje de Reclamos de Facturación y Débito	Trimestral $\leq 0,5\%$	Trimestral $\leq 0,5\%$
Parámetros de calidad técnicos – Funcionamiento de la Red	5.6	Porcentaje de Llamadas Establecidas	Trimestral $\geq 95\%$	Trimestral $\geq 96\%$
	5.7	Tiempo de Establecimiento de Llamada	Trimestral $\leq 12 s.$ $\geq 95\%$	Trimestral $\leq 12 s.$ (Satelital 14S.) $\geq 96\%$
	5.8	Porcentaje de Llamadas Caídas	Celdas Zona A $\leq 2\%$, Celdas zona B $\leq 5\%$ Celdas zona C $\leq 7\%$	Celdas ≤ 2 (2G y 3G)
	5.9	Zona de cobertura	Urbana: $\geq 95\%$ Rural o carreteras $\geq 90\%$	Urbana: $\geq 95\%$ Rural o carreteras $\geq 90\%$
	5.10	Calidad de conversación	MOS ≥ 3	$3 \leq \text{MOS} < 3,3$ Sub. < 3 Malo (2G y 3G)
	5.11	Porcentaje de mensajes cortos con éxito	Trimestral $\geq 95\%$	Trimestral $\geq 98\%$
	5.12	Tiempo promedio de entrega de mensajes cortos	Trimestral $\leq 30 s.$	Trimestral $\leq 20 s.$

Fuente: SUPERTEL REVISTA INSTITUCIONAL, N° 16 2012

Actualmente ARCOTEL cuenta con el Sistema Autónomo de Mediciones Móviles (SAMM), adquirido por la SUPERTEL en el año 2011 al fabricante ASCOM, el cual tiene la versatilidad

para realizar mediciones sin la presencia de operador humano en sitio, colectando datos y centralizando la información, pudiendo acceder a ella de manera remota.

El control de la calidad del servicio que realiza ARCOTEL, ha exigido que para establecer los parámetros de calidad que se deben medir en forma no intrusiva y desde el punto de vista del usuario, se realice estudios profundos acerca de los estándares internacionales, recomendaciones ITU-T (G.1000) y experiencias al respecto de otros Organismos de Regulación.

Los parámetros actuales que se controla, sea con el SAMM o con otras herramientas de monitoreo son los siguientes indicados en la Tabla 4-4: (CONATEL, REGLAMENTO PARA LA PRESTACION DEL SMA, Resolución 498-25-CONATEL-2012)

Con el nuevo sistema SAMM, el cual realiza mediciones de QoS de las operadoras del SMA, utilizando equipos de medición en forma no intrusiva (RTU's), lo que se persigue es: (SUPERTEL REVISTA INSTITUCIONAL, N° 16 2012)

- Dar a conocer a las operadoras los problemas de calidad del servicio detectados a fin de que se presente una propuesta de solución.
- Verificar las soluciones implementadas por las operadoras
- Informar a la comunidad sobre el servicio recibido

Para lo cual se establece dos formas de medición:

- Mediciones con equipos instalados en puntos fijos (RTU's fijos)
- Mediciones con equipos instalados en vehículos (RTU's móviles)

4.5 Anexo 5 del contrato de concesión para CONECEL Y OTECEL

En el anexo 5 de los actuales contratos de concesión suscritos con las operadoras: OTECEL S.A. y CONECEL S.A. vigentes a partir del 30 de noviembre de 2008, se describen los parámetros de calidad, de los cuales, en el presente trabajo de investigación se enfocará en las llamadas caídas y sus causas.

Cabe indicar que mediante oficio 0852-S-CONATEL-2012 del 28 de junio del 2012, el Organismo de Regulación comunicó a la operadora CNT EP que se evaluará con los mismos parámetros que a las otras operadoras.

4.6 Recomendaciones Internacionales

4.6.1 Recomendación ITU-T E.807

La Recomendación ITU-T E.807 con el título “*Definiciones, métodos de medición asociados y objetivos de guía de parámetros de usuario para el manejo de llamadas en el servicio de voz en telefonía celular*” contiene definiciones y parámetros que son utilizados por ARCOTEL para realizar sus actividades de control”.

El manejo de llamadas es un aspecto importante del servicio de voz de móviles celulares que experimenta el usuario. El manejo de llamadas es ejecutado de extremo a extremo por el estrato de acceso y no acceso de la red.

La ITU-T E.807 define 5 parámetros para habilitar a los reguladores y operadores las mediciones de manejo de llamadas del servicio de voz en móviles celulares para estadísticas y cumplimiento, describiendo la metodología en el acceso a ellos, y provee objetivos guía.

4.6.2 Recomendación 3GPP TS 24.008

El Anexo H denominado 3GPP specific cause values for call control de la Recomendación 3GPP TS 24.008 V13.4.0 describe las causas de errores que se presentan en las redes de telefonía y se dividen en: Clase normal, Clase de recursos no disponible, Clase de servicio u opción no disponible, Clase de servicio u opción no implementada, Mensaje no válido, Error de protocolo y Clase de interfuncionamiento.

4.7 Sistema Autónoma de Medición de Redes Móviles de ARCOTEL

Es un conjunto de herramientas de telecomunicaciones e informáticas que logran a través de la ejecución de pruebas (llamadas, SMS, datos), monitorear la calidad del servicio de las operadoras móviles (CLARO, MOVISTAR y CNT EP), en tecnologías GSM y WCDMA.

Las pruebas (Work Orders) se configuran vía remota por medio de herramientas de mensajería propias del sistema, con tareas y tiempos asociados tanto a los parámetros técnicos de medición definidos en la normativa vigente.

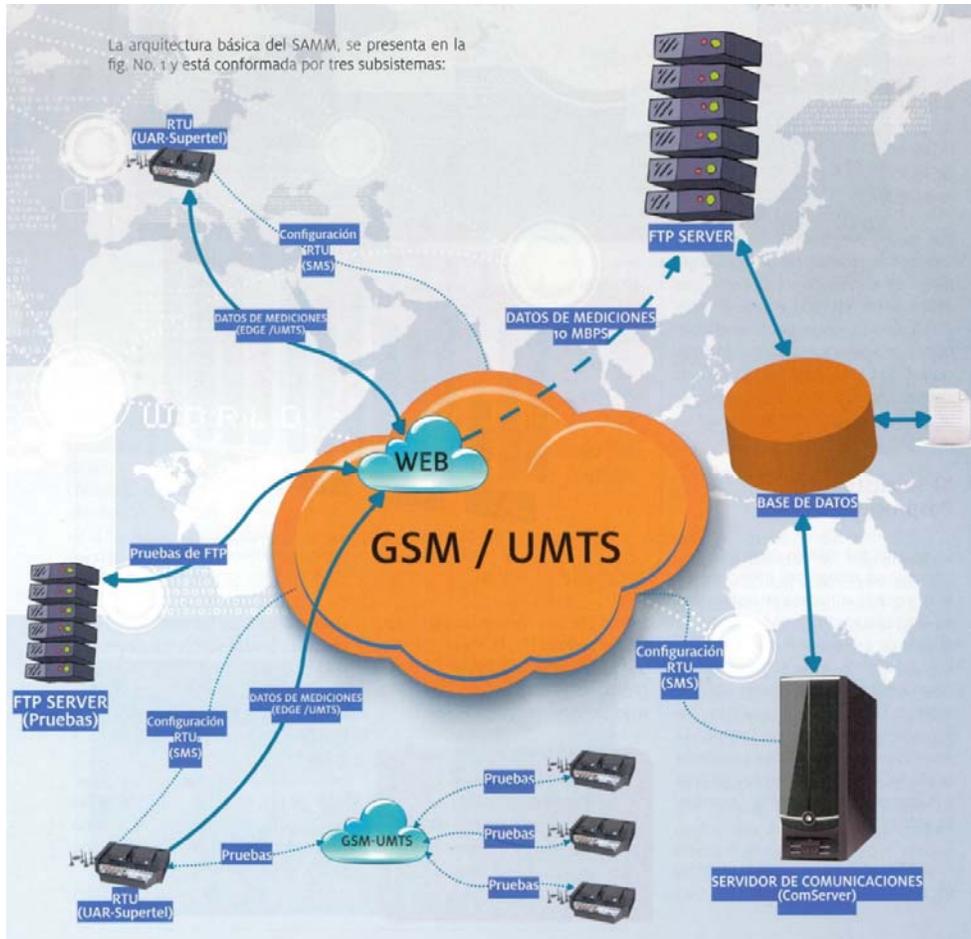


Figura 1-4 Arquitectura del sistema SAMM que dispone ARCOTEL

Fuente: SUPERTEL REVISTA INSTITUCIONAL, N° 16 2012

La arquitectura básica del SAMM, se presenta en la Figura 1-4 y está conformada por tres subsistemas:

a) Subsistema de Gestión

Conformado, principalmente, por el Servidor de Comunicaciones que es el cerebro del SAMM y que permite el acceso remoto al sistema desde cualquier punto que tenga conexión a Internet, mediante el uso de un perfil de usuario configurado para ser parte de la arquitectura del sistema.

Este subsistema permite la configuración de los equipos remotos de mediciones (RTU), así como la revisión del estado de alarmas de todo el sistema en cualquier momento.

b) Subsistema de Pos-procesamiento

Se encarga del manejo de la información que se recoge por medio de los RTU y que almacena en una unidad de alta capacidad. Este subsistema se encuentra conformado principalmente por una herramienta de colección y gestión (TEMS DISCOVERY).

c) Subsistema de Mediciones

Está conformado por un total de 67 unidades remotas de medición, instaladas en oficinas (unidades físicas) y en automóviles (unidades móviles), en 36 localidades de las 24 provincias del Ecuador. (REVISTA INSTITUCIONAL SUPERTEL, 2014, edición 19, p. 16 – 21)

4.7.1 Unidades de prueba remota (RTUs)

Las RTUs son las sondas de recolección de datos, cuya tarea principal de trabajo es originar o terminar tareas como pueden ser llamadas, sms y datos, utilizando las redes de las 3 operadoras autorizadas.

ARCOTEL ha suscrito convenios con varias instituciones públicas y privadas para la instalación de las RTUs con el propósito de diversificar los lugares de instalación de estos equipos y conseguir con esto un amplio espectro de lugares desde donde efectuará las mediciones.

En la Figura 2-4 se presenta una Unidad Terminal Remota (RTU), la cual está construida internamente por cuatro módulos de ingeniería; de los cuales en tres módulos de pruebas de marca Sony Ericsson, se configuran las mediciones con el propósito de efectuar un benchmarking para las 3 operadoras de manera simultánea.

Además, el cuarto módulo de ingeniería de marca Sierra Wireless, se encarga exclusivamente del envío de la información que se reúne en las mediciones a través de las work orders, los cuales se transportan por medio de la red de Internet y se conectan en un Servidor de Archivos FTP, este servidor es parte del subsistema de gestión.

En cada uno de los cuatro (4) módulos de los RTU se insertan las diferentes SIM de las operadoras de evaluación, y el equipo dispone también de un GPS interno, aspecto importante para las tareas de movilidad, además de pueden conectar a un GPS externo acoplado.

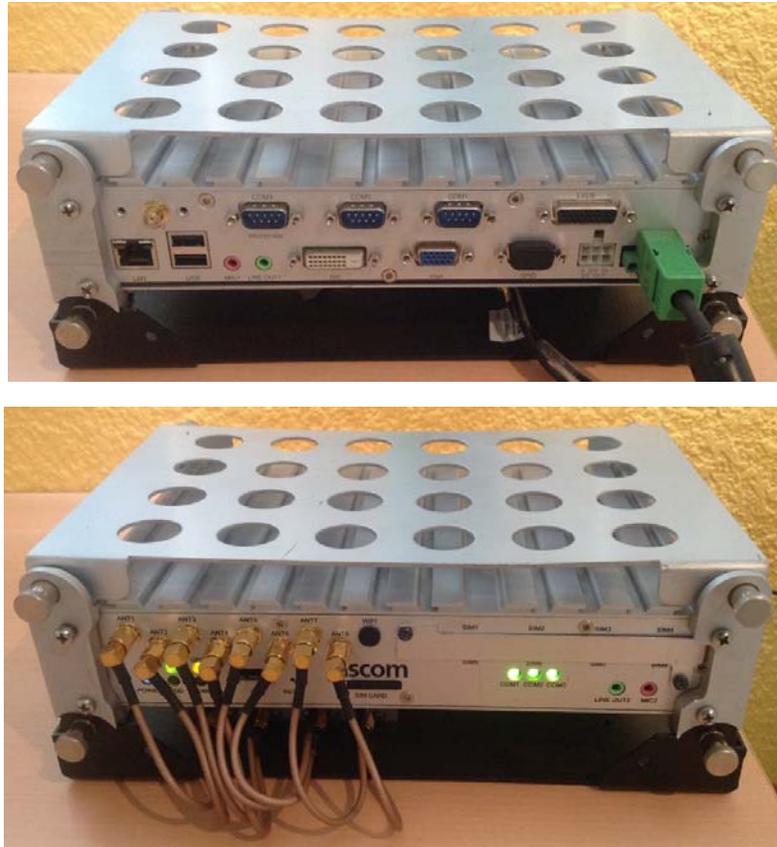


Figura 2-4 RTU que forma parte del sistema SAMM de ARCOTEL

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

También las RTUs pueden ser móviles, las cuales se instalan en vehículos y que sirven para realizar recorridos por el área de interés, y es lo que ARCOTEL realiza lo que se denomina drive test para determinar si las operadoras cumplen con los niveles mínimos de cobertura establecidos como parámetros de calidad. La información procesada es utilizada para determinar si una determinada operadora cumple o no con los valores referenciales para dar solución a los problemas detectados sobre la calidad de la cobertura que prestan el servicio las operadoras del SMA.

Las RTU fijas instaladas en el interior de edificios, centros comerciales, mercados permite obtener datos de medición para periodos largos de tiempo y determinar el comportamiento del servicio brindado por una operadora específica.

4.8 Plataforma de aplicaciones TEMS

El sistema SAMP trabaja con la plataforma informática de la empresa ASCOM, la cual consta de 3 aplicaciones que se indican a continuación:

Configuración de work orders en las tecnologías GSM y UMTS a través del software TEMS Automatic – Operator Console.

Los resultados de las tareas efectuadas son evaluados con TEMS Automatic Presentation.

Finalmente se realiza el pos-procesamiento de los resultados obtenidos con TEMS Discovery Device.

4.8.1 TEMS Automatic – Operator Console

Es una herramienta de monitorización de interfaz aire desarrollado por la empresa ASCOM, brindando recopilación de datos de pruebas de servicios realizadas. La herramienta soporta las principales tecnologías de redes móviles inalámbricas como GSM, WCDMA y LTE.

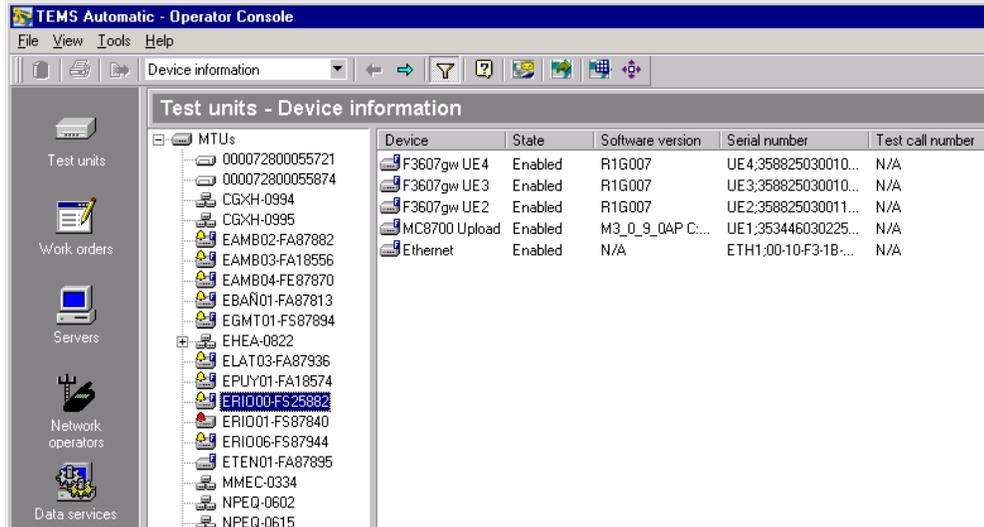


Figura 3-4 Pantalla de presentación de TEMS AUTOMATIC Operator Console

Fuente: TEMS AUTOMATIC Operator Console del sistema SAMP

Para la administración de las work orders se utiliza la consola del operador que es una aplicación cuya función principal es controlar las unidades de prueba remota (RTUs) que realizan las distintas mediciones. También esta consola permite realizar otras acciones que tienen que ver con el monitoreo de las aplicaciones de servidor, así como diversos trabajos de administración del sistema. La Figura 3-4 muestra la aplicación Operator Console donde se puede distinguir las RTUs incorporadas en el sistema, sobre las cuales se realiza la configuración de parámetros para que ejecuten las tareas de interés.

Al seleccionar la pestaña Device Information de la opción Test units de puede analizar la situación actual de las RTUs pudiendo estas encontrarse ejecutando una determinada tarea, inactiva o en proceso de carga de work order.

La Figura 4-4 muestra las propiedades de una RTU donde se puede apreciar que esta constituidas por 4 módulos UE2, UE3, UE4 y MC8700 Upload, este último como módulo para la subida de datos al servidor del sistema.

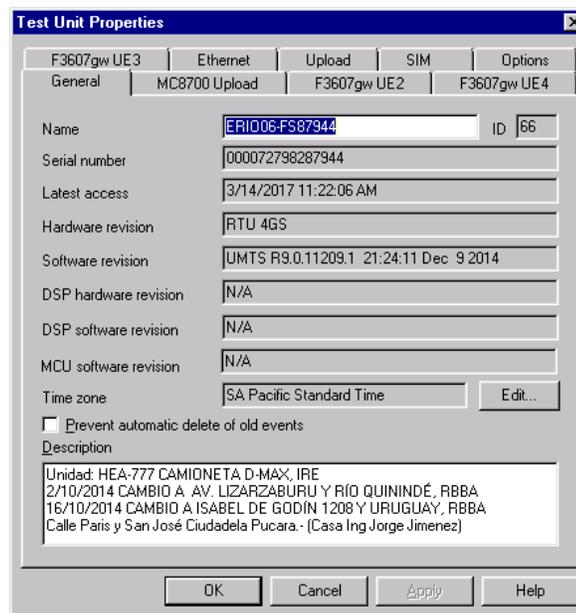


Figura 4-4 Propiedades de una RTU

Fuente: TEMS AUTOMATIC Operator Console del sistema SAMM

4.8.1.1 Orden de Trabajo (Work Order)

Una work order es una tarea que se programa en el Operator Console y se envía a una RTU determinada, esta orden de trabajo contiene las mediciones que se realizarán con sus diferentes

parámetros, donde y cuando se realizarán y por cuanto tiempo. Cabe aclarar que una work order debe ser asignada a cada módulo de una RTU específica; es decir, una RTU puede estar ejecutando diferentes work order simultáneamente, una por cada módulo activo.

Una work order puede limitarse a intervalos de tiempos fijos o zonas específicas de interés, estar condicionada por ciertos valores de los parámetros de la red, y también puede especificarse la frecuencia con que debe ejecutarse una tarea.

En la Figura 5-4 se puede observar la pestaña Available work orders de la opción Work orders, la cual muestra la pantalla de tareas programadas las cuales serán asignadas a los módulos de las RTUs de interés.

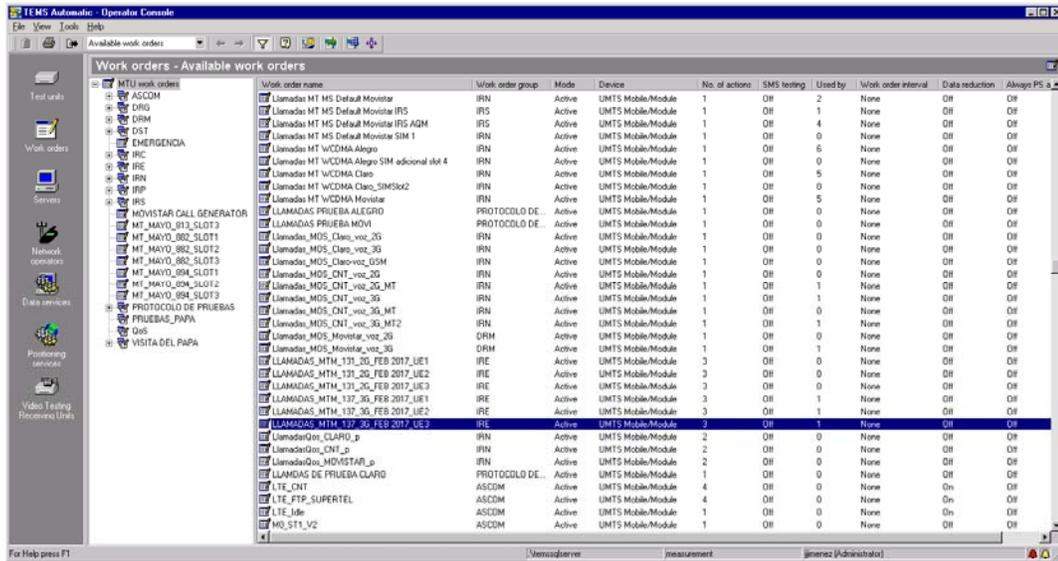


Figura 5-4 Listado de work orders programadas

Fuente: TEMS AUTOMATIC Operator Console del sistema SAMM

La Figura 6-4 muestra como ejemplo la configuración de parámetros de una work order para que ejecute llamadas de voz en UMTS

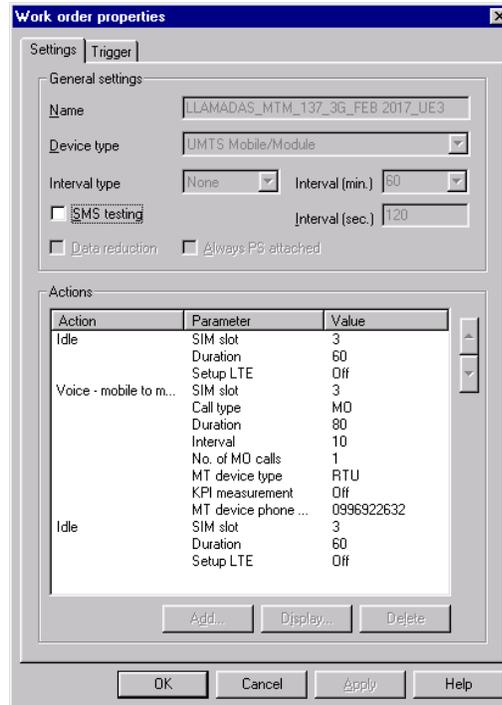


Figura 6-4 Configuración de parámetros de una work order

Fuente: TEMS AUTOMATIC Operator Console del sistema SAMM

4.8.1.2 Configuración de SIMs

En la Figura 7-4 se muestra las cuatro SIM empleadas, tres (3) de las cuales son utilizadas para ejecutar las tareas de medición de parámetros de interés, una SIM por cada una de las tres (3) Operadoras existentes en el país, y la cuarta es utilizada para la transferencia de resultados al servidor de base de datos del sistema.

Test Unit Properties				
General	MC8700 Upload	F3607gw UE4	F3607gw UE2	
F3607gw UE3	Ethernet	Upload	SIM	Options
Device	SIM slot	Netwo...	Voice number	IMSI
SIM switch	1	Claro	0985035001	740010134106967
SIM switch	2	Movistar	0984539574	740000116092712
SIM switch	3	CNT	0996326107	740020150505687
MC8700 Upload	1	Movistar	0987591754	740000207676165

Figura 7-4 SIMs utilizadas por la RTU ERIO00-FS25882

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

En la configuración de parámetros se distingue el IMSI (único para cada usuario y constituido de 15 dígitos) formado por: un código de país de 3 cifras (MCC Mobile Country Code), 2 a 3 cifras del proveedor (MNC Mobile Network Code) y una identificación única del cliente en cuestión dentro la red GSM que lo asigna cada operador de 9 a 10 dígitos (MSIN Mobile Subscriber Identification Number).

La Tabla 5-4 muestra los códigos utilizados en el Ecuador y un ejemplo de los IMSI formados por el número de abonado asignado por cada operadora.

Tabla 5-4: Códigos MCC y MNC para Ecuador

OPERADORA	MCC	MNC	MSIN	IMSI
MOVISTAR	740	00	0116092712	740000116092712
CLARO	740	01	0134106967	740010134106967
CNT EP	740	02	0150505687	740020150505687

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

La Figura 8-4 muestra la opción Events, donde se observa a las RTUs ejecutando una work order determinada, registrándose eventos durante la ejecución de la misma.

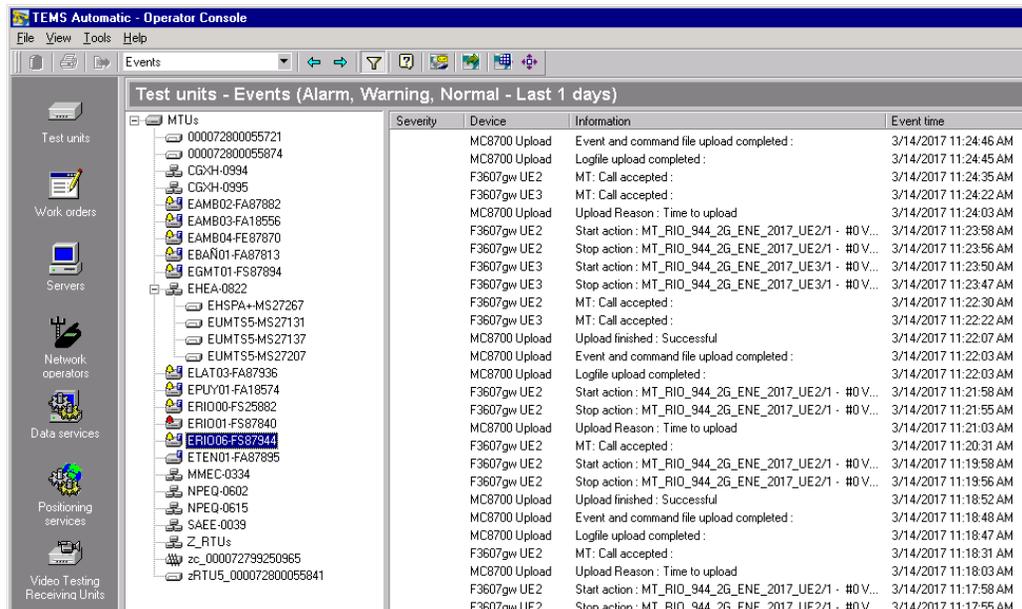


Figura 8-4 Eventos reportados por las RTUs

Fuente: TEMS AUTOMATIC Operator Console del sistema SAMM

4.8.2 TEMS Automatic Presentation

TEMS AUTOMATIC es un software para la recolección de datos de diferentes pruebas de extremo a extremo, optimizada para la monitorización, solución de problemas y la evaluación comparativa de redes inalámbricas.

Esta aplicación permite la optimización de recursos ya que permite mediciones automatizadas, logrando que cada parte de la red sea analizada todo el tiempo, permitiendo una visión integral del estado de la red.

Permite además la recolección de datos remotamente desde las RTU y el cargado las ordenes de trabajo hacia dichos terminales.

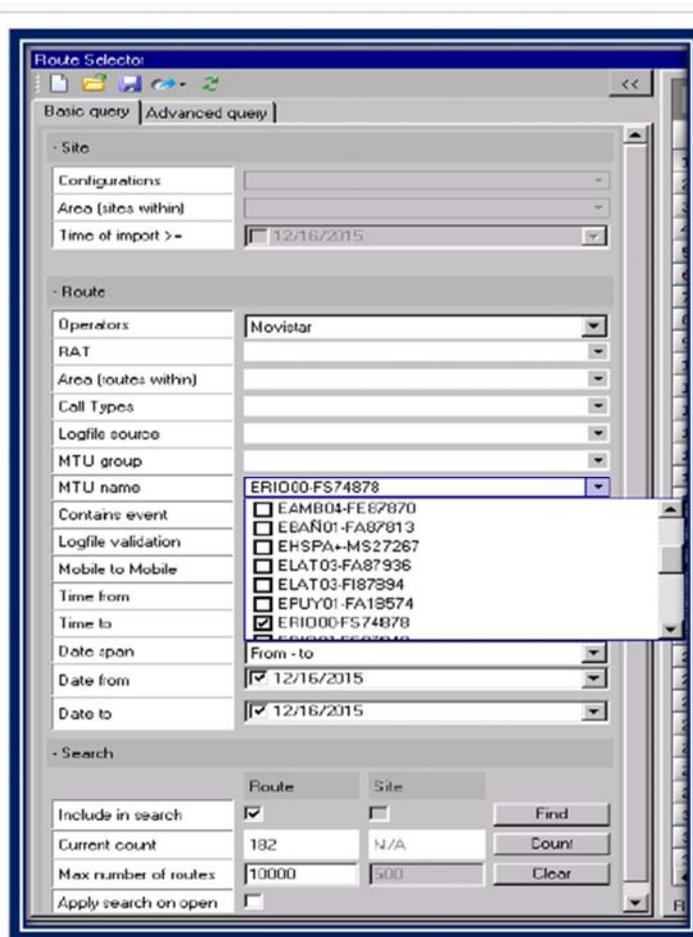


Figura 9-4 Descarga de datos filtrándolos con TEMS Automatic Presentation

Fuente: TEMS Automatic Presentation del sistema SAMM

Permite extraer en un documento de Excel toda la información estadística y resultados de una medición realizada.

La descarga de datos permite escoger varias opciones, pudiendo obtener datos de las pruebas de un tiempo fijo determinado una vez que ha finalizado la realización de una medición.

Los datos también se pueden descargar manualmente de una RTU elegida, se puede descargar los archivos de las mediciones por el tipo de prueba, por operadora, por periodo de tiempo, por resultado de prueba etc. La Figura 9-4 muestra una descarga de datos aplicando filtros de selección.

4.8.3 TEMS Discovery (*TEMS Discovery Device 10.0_commercial presentation.pdf*)

Tems Discovery Device es una es la herramienta para el pos-procesamiento automático de los datos obtenidos en las diferentes pruebas realizadas en las redes inalámbricas, incluyendo los datos generados de TEMS Automatic, permitiendo analizar, organizar, almacenar y compartir información recopilada de dispositivos de redes inalámbricas. Esta aplicación permite el acceso total de estadísticas, así como la ruta original de datos cuyas características principales son: (*TEMS Discovery Device 10.0 User Guide*)

- Procesamiento automático de datos de medición de la interfaz aire.
- Permite analizar, organizar, almacenar y compartir información recopilada de dispositivos de red inalámbrica
- Extracción, análisis, presentación, visualización y presentación de datos bajo demanda.

Sus bondades se indican a continuación:

- Decodificación completa de métricas y eventos
- Detección y análisis de problemas personalizables
- Cualquier KPI puede ser definido y reportado automáticamente
- Soporta todas las principales tecnologías inalámbricas: LTE, TD-LTE, EV-DO (Rev. 0/A/B), WCDMA/HSDPA/HSUPA/HSPA+, WiMAX, IS-95/cdma2000 1x, GSM / GPRS / EDGE, TD-SCDMA, Wi-Fi.

Esta herramienta es utilizada por ARCOTEL para realizar sus actividades de control y específicamente para analizar la calidad de servicio de telefonía celular, y presenta muchas características únicas y avanzadas para mejorar la productividad (Events in TEMS products.pdf p. 33).

TEMS Discovery maneja una gran variedad de elementos de información que permite un análisis exhaustivo de los datos recogidos. Trabaja con las siguientes definiciones, entregando resultados de métricas y eventos:

Llamada Bloqueada

Este evento se genera si la llamada se termina anormalmente antes de que se genere el evento Llamada establecida.

Tipo de bloqueos:

- Ninguna asignación inmediata
- No hay asignación de canales de tráfico
- Ninguna alerta o conexión
- No conecta
- No hay confirmación de llamada
- Ningún conocimiento de conexión
- No hay configuración de conexión RRC
- No se ha completado la configuración de la conexión RRC
- Rechazo de conexión RRC
- Liberación anormal de la conexión RRC
- Sin configuración
- No se ha completado la configuración de la portadora de radio
- Caducidad de temporizadores N-300 y T-300

Llamada caída

Este evento se genera si la llamada se termina anormalmente después del evento Llamada establecida.

Tipo de caída, uno de los siguientes:

- Red anormal
- Liberación anormal de la conexión RRC

- Sin servicio
- Incumplimiento del establecimiento
- Expiración del temporizador T313

En la Figura 10-4 se muestra la creación de un nuevo proyecto llamado TRABAJO DE TITULACIÓN y los respectivos archivos de las pruebas que se importan y se agregan al proyecto.

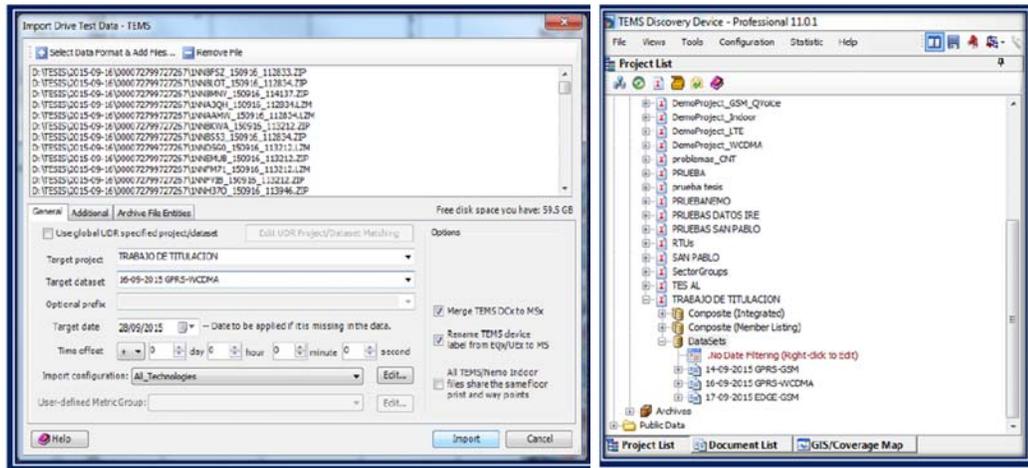


Figura 10-4 Manejo de TEMS Discovery

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

TEMS Discovery permite amplias capacidades de personalización. Los diferentes puntos de vista y los buscadores de datos se pueden organizar en un sinnúmero de combinaciones. Los datos pueden ser presentados en múltiples sub vistas para facilitar la comparación punto a punto, o en más puntos de vista convencionales como mapas, series de tiempo, mensajes, tablas, histogramas, e informes.

TABLAS

Las tablas de datos constituyen una de las herramientas más importantes para el análisis final de los resultados que nos permitiendo observar el valor de los datos obtenidos en las pruebas siendo los mismos resultados originales. En la tabla de datos se puede analizar un conjunto de valores que ayudan a determinar los posibles resultados de la investigación.

La Figura 11-4 muestra un proyecto abierto de esta plataforma, donde se aprecia vistas sincronizables, que incluye Map View, Carta de Tiempo, Vista de mensajes y Vista de tabla.

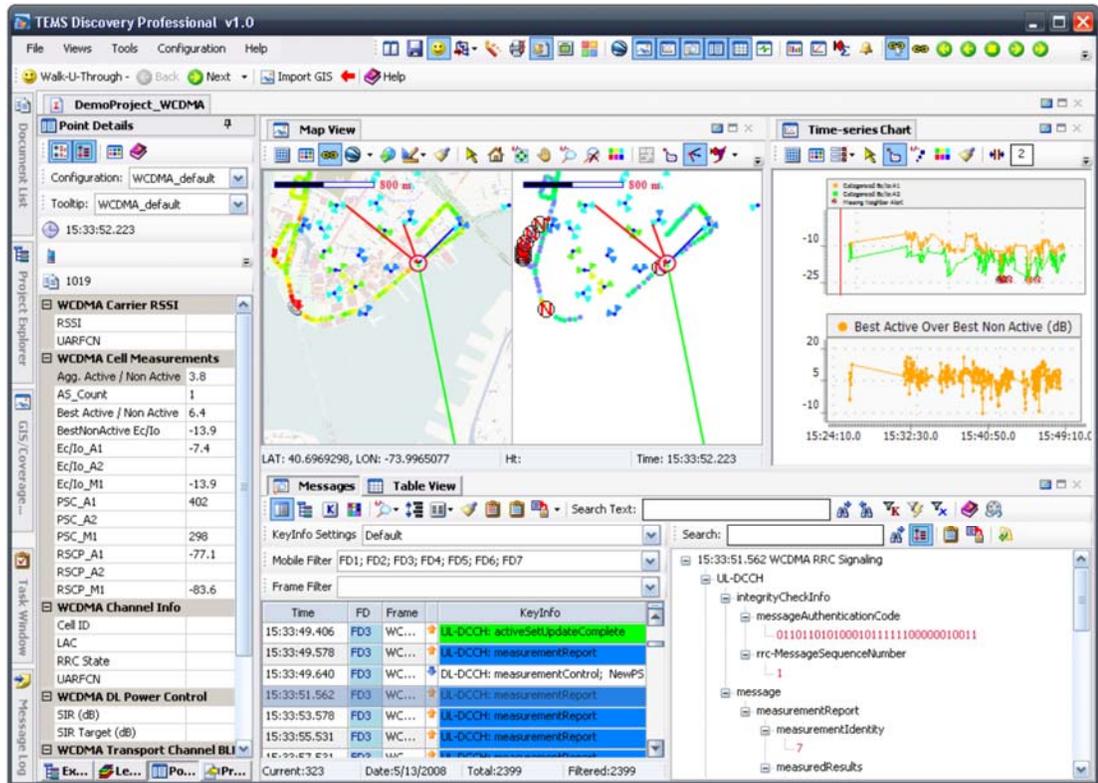


Figura 11-4 Diferentes vistas de la aplicación TEMS DISCOVERY

Fuente: TEMS Discovery del sistema SAMM

4.9 Flujo de llamada originada por el móvil en GSM

Para establecer exitosamente una llamada en GSM desde un terminal se necesita: crear un enlace radioeléctrico con la estación base y conformar un enlace a través de la red GSM con el teléfono o red destinatarios de la llamada.

La Figura 12-4 muestra el diagrama de flujo de una llamada GSM y a continuación se describe las acciones que se realizan entre el terminal móvil y la red a la que requiere acceder.

El terminal solicita servicio enviando un mensaje SERVICE REQUEST. El terminal inicia una conexión LAPm con el BSC y envía un mensaje Set Asynchronous Balanced Mode (SABM). Luego la red responde con un mensaje IMMEDIATE ASSIGNMENT el cual indica que está listo para asignar servicio. Dentro de este mensaje, la red pedirá que se autentifique (asegurar el IMSI que tiene).

El terminal envía el mensaje CHANNEL REQUEST que consiste en la solicitud de canal radioeléctrico. Este mensaje lo repite hasta que recibe la confirmación donde la red le asigna el canal IMMEDIATE ASSIGNMENT. El tiempo de espera para enviar el mensaje CHANNEL REQUEST es aleatorio.

Con el mensaje IMMEDIATE ASSIGNMENT se asignan al terminal los recursos de radio para establecer la conexión. El mensaje tendrá: canal asignado, Time Slot Number, frecuencia utilizada, campo de información del mensaje CHANNEL REQUEST enviado por el móvil con el número de trama en que se envió y el valor inicial de Timing Advance (TA).

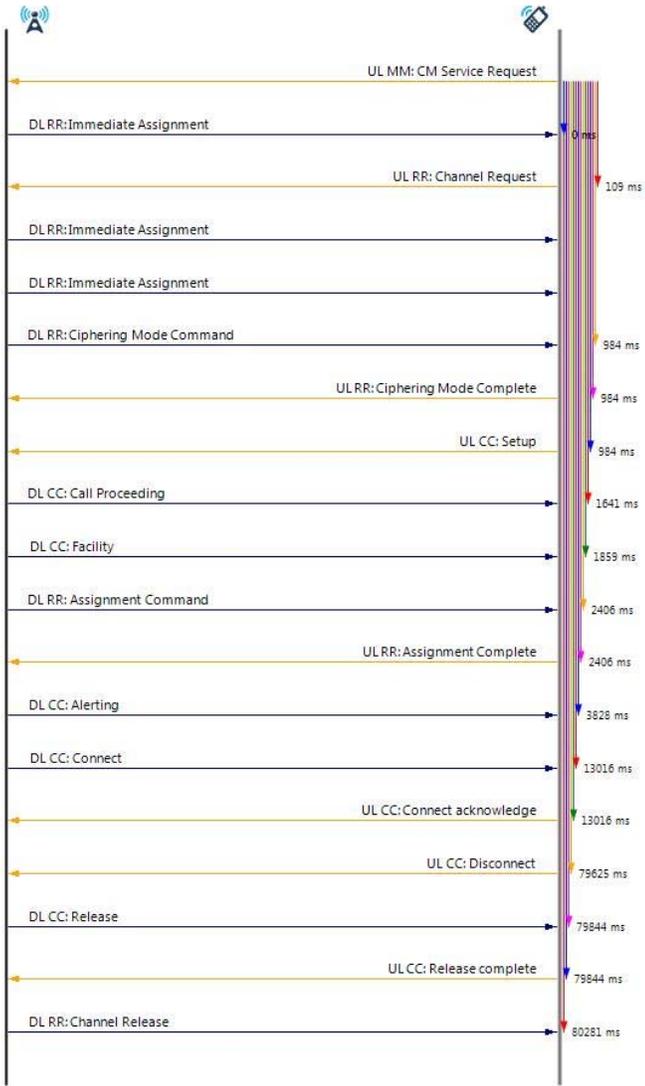


Figura 12-4 Diagrama de flujo de una llamada GSM

Fuente: TEMS Discovery call flow

Luego que el terminal dispone del canal dedicado SDCCH, la red le solicita que cifre la información. Este paso se realiza cuando el MSC envía un mensaje CIPHERING MODE COMMAND. Posteriormente el mensaje llega a la estación base, ésta envía el mensaje (sin cifrar) al móvil con un algoritmo de cifrado compatible. La red activa el modo cifrado en recepción; el móvil recibe el mensaje y activa el modo cifrado en transmisión y recepción. Finalmente, el móvil envía el mensaje de confirmación CIPHERING MODE COMPLETE y cuando la estación base recibe esta contestación, activa el modo cifrado en transmisión.

En una llamada originada por el móvil, este envía un mensaje SETUP que contiene: compatibilidad del móvil respecto a la conversación de voz, número destino y compatibilidad en funciones de control.

Una vez que la red recibe el mensaje de SETUP, se crea la conexión con el destino y responde con el mensaje CALL PROCEEDING, donde el móvil es informado que la llamada configurada está en progreso. Luego con el mensaje FACILITY, el MSC asigna un circuito de voz entre el MSC y el BSS.

Es momento para asignar el canal TCH y los ACCH (FACCH y SACCH). Para conseguir esto se usa un mensaje parecido al IMMEDIATE ASSIGNMENT, el cuál es el ASSIGNMENT COMMAND con la diferencia que este se envía por el canal dedicado SDCCH y no por el RACH, este proceso que termina con el mensaje ASSIGNMENT COMPLETE por parte del móvil.

A continuación, la red envía al móvil el mensaje ALERTING, para indicar que la otra parte de la comunicación está siendo alertada con el timbrado de su equipo. Posteriormente la red envía el mensaje CONNECT para indicar que la llamada ha sido contestada; y, el móvil responde con el CONNECT ACKNOWLEDGE. Al final de este paso, se ha establecido con éxito la llamada. (Celia Moreno Jiménez, 2010, Campaña de Benchmarking: Cobertura de Telefonía Móvil en Entornos Indoor).

4.9.1 Liberación de una llamada originada por el móvil

Cuando se quiere terminar una llamada, se emplea el mensaje DISCONNECT, adjuntando la causa de la desconexión. Luego la red responde con el mensaje RELEASE para indicar que se ha iniciado la liberación de la llamada, y a su vez el móvil indica que la llamada ha sido liberada con el mensaje RELEASE COMPLETE (dependiendo quien pida la desconexión el sentido del mensaje será en uno u otro). Finalmente se termina con un mensaje CHANNEL RELEASE por parte de la red para liberar el canal. El flujo de mensajes para la liberación se indica en la Figura 13-4.

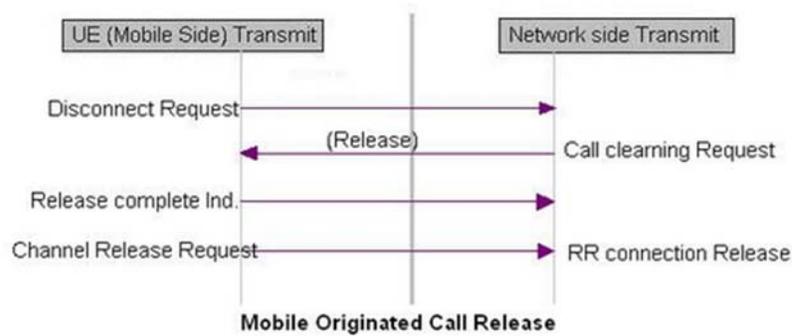


Figura 13-4 Terminación de una llamada GSM

Fuente: www.rfwireless-world.com

4.9.2 Flujo de llamada cuando el destinatario es el terminal móvil

Para esta situación, el móvil debe de ser localizado por la red mediante un mensaje de paging y como se observa en la Figura 14-4, el mensaje PCH será enviado por la red donde el BSC envía el mensaje de paging a todas las celdas que sirven al Área de ubicación del abonado.

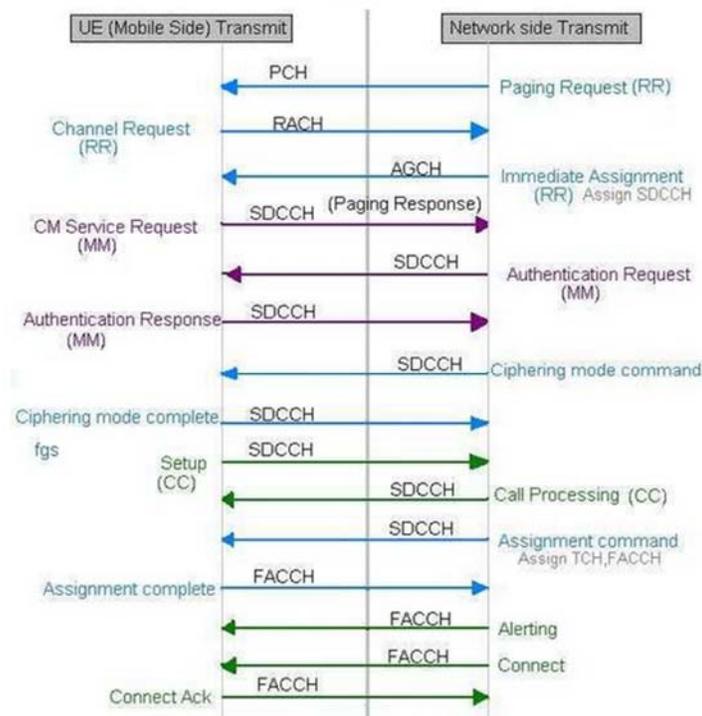


Figura 14-4 Flujo de llamada cuando el destinatario es el móvil

Fuente: www.rfwireless-world.com

Después de que PCH es recibido, el móvil determina que el TMSI indicado en el mensaje de paging coincide con su propio TMSI, decidiendo responder a este mensaje y solicita el establecimiento de un recurso de radio con la petición de una canal a través RACH y obtendrá un canal dedicado SDCCH y otros recursos para el proceso adicional.

El flujo de mensajes posteriores es utilizado cuando el móvil realiza la llamada y que se indicaron anteriormente.

Cuando se libera una llamada que termina en el móvil, el intercambio de mensaje es similar a lo indicado en la Figura 13-4, con la única diferencia que la secuencia de mensajes ocurre desde la red al móvil.

4.10 Flujo de llamada en UMTS

La Figura 15-4 muestra el flujo de una llamada que se origina en un móvil. Esta muestra el intercambio de mensajes entre las entidades de la capa 3 a ambos lados. Incluye también los canales utilizados en la capa 1 para transportar estos mensajes por el aire. A continuación, se describe el flujo del proceso de llamada UMTS: (Celia Moreno Jiménez, 2010, Campaña de Benchmarking: Cobertura de Telefonía Móvil en Entornos Indoor).

El móvil envía un Mensaje inicial que lleva la solicitud de servicio de CM SERVICE REQUEST como una carga útil NAS (estrato sin acceso).

Con el mensaje RRC CONNECTION REQUEST, el móvil desea establecer una llamada de voz, así que solicita una conexión RRC Radio Resource Control.

Con el mensaje RRC CONNECTION SETUP, El RNC acepta la petición de conexión RRC y asigna un canal de tráfico. Este mensaje también crea una Signaling Radio Bearer (SRB).

Para esta parte inicial el móvil responde con el mensaje RRC CONNECTION SETUP COMPLETE para indicar que se ha completado la configuración inicial.

Con DCCH Initial Direct Transfer el móvil responde a la señal la completación de la configuración.

Con CC SETUP la configuración de la llamada es recibida por el RNC

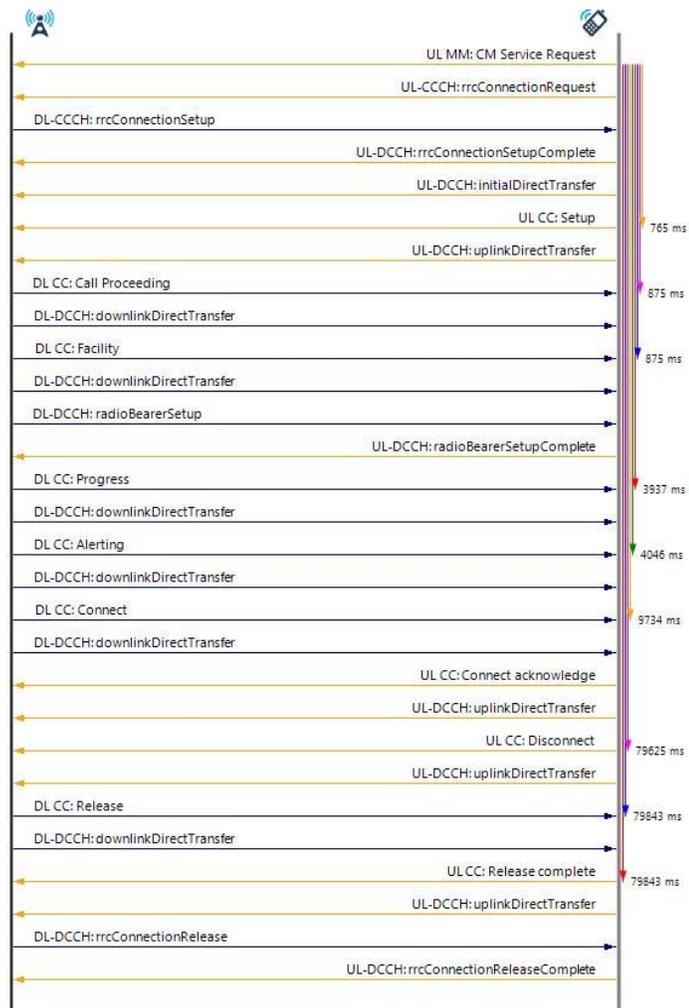


Figura 15-4 Diagrama de flujo de una llamada UMTS

Fuente: TEMS Discovery call flow

Con DCCH UPLINK DIRECT TRANSFER la configuración de la llamada es recibida como carga útil de NAS

Con el mensaje CC CALL PROCEEDING la red indica que se está realizando la configuración de la llamada.

Luego el mensaje de procedimiento de llamada es incorporado en el DCCH Downlink Direct Transfer y es enviado al móvil.

CC FACILITY el CN inicia una asignación de Radio Access Bearer (RAB). El mensaje especifica los parámetros de calidad de servicio.

El mensaje de asignación de Radio Access Bearer es incorporado en el DCCH Dowlink Direct Transfer y es enviado al móvil.

El CN configura la asignación de un Radio Access Bearer (RAB). El mensaje RADIO BEARER SETUP especifica la configuración de dichos parámetros de servicio.

A través del canal dedicado DCCH, el móvil responde con el mensaje RADIO BEARER SETUP COMPLETE para indicar que acepta la configuración del recurso entregado.

Con el mensaje CC PROGRESS el Core Network se indica al RNC que se ha completado la configuración del recurso RAB.

El mensaje DCCH DOWNLINK DIRECT TRANSFER dirigido al móvil comunica que se ha completado la configuración del recurso RAB.

Con el mensaje CC ALERTING la red notifica al RNC que el abonado está siendo timbrado

Con el mensaje DCCH DOWNLINK DIRECT TRANSFER se notifica finalmente al móvil que el abonado al otro extremo está siendo timbrado

Con el mensaje CC CONNECT la red notifica al RNC que el abonado llamado ha contestado.

En el mensaje DCCH DOWNLINK DIRECT TRANSFER el RNC notifica al terminal que el abonado llamado ha contestado

Con el mensaje CC CONNECT ACKNOWLEDGE el móvil responde al RNC con la aceptación de la conexión.

En el mensaje DCCH UPLINK DIRECT TRANSFER el RNC indica a la red sobre la aceptación de la conexión por parte del móvil.

Con el mensaje CC DISCONNECT el móvil envía al RNC el mensaje llamada desconectada para que a su vez se comunique al Core network.

El mensaje DCCH UPLINK DIRECT TRANSFER el RNC indica la liberación de llamada recibida por el suscriptor originario y la red procede a la terminación de la misma.

Con el mensaje CC RELEASE el Core Network inicia la liberación de la conexión.

Con el mensaje DCCH DOWNLINK DIRECT TRANSFER el móvil es comunicado de la liberación de la llamada

Con el mensaje CC RELEASE COMPLETE el móvil confirma la liberación de la sesión

Con el mensaje DCCH UPLINK DIRECT TRANSFER el RNC comunica a la red que terminal confirma la liberación de la sesión

Con el mensaje DCCH rrr CONNECTION RELEASE la red libera los recursos de radio

Con el mensaje DCCH rrr CONNECTION RELEASE COMPLETE el móvil confirma la liberación de los recursos de radio.

4.11 Recopilación de llamadas telefónicas

Para obtener datos de llamadas telefónicas se tomaron las siguientes consideraciones:

- Se programaron llamadas de prueba utilizando el Sistema Autónomo de medición de redes móviles de ARCOTEL, utilizando las RTUs que se indican en la Tabla 6-4.
- Las llamadas se originarán y terminarán en estaciones fijas RTU del mencionado sistema
- Las estaciones que participaron en estas pruebas son aquellas que se encuentran instaladas dentro del perímetro urbano de la ciudad de Riobamba.
- Se programaron llamadas para las 3 operadoras de telefonía celular.
- La población de estudio correspondió a todas las llamadas celulares que han registrado las estaciones RTU de ARCOTEL de las 3 redes de telefonía celular que tienen cobertura en el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba.
- Para levantar la información se tomó como población de estudio el tráfico de llamadas telefónicas de 3 meses de pruebas programadas en las estaciones RTU.
- Para no perder posibles causas de llamadas caídas que podrían ser esporádicas o aleatorias, como muestra para cada operadora, se escogió el número total de llamadas caídas durante los 3 meses indicados y que han registrado los equipos remotos de mediciones (RTU) de ARCOTEL de las 3 redes de telefonía celular que tienen cobertura en el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba.
- Adicionalmente, se han realizado mediciones con la estación móvil RTU instalada en el vehículo EHEA-822, el cual ha realizado recorridos dentro del perímetro urbano de la ciudad,

con el propósito de encontrar resultados que involucren procesos de handover por parte de las redes de las 3 operadoras.

Tabla 6-4: RTUs empleadas en las mediciones

NOMBRE	PERIODO DE MEDICIÓN	TIPO	DISPOSICIÓN	CLASE
ERIO00-FS25882	Octubre 2016	2G	UE2 = slot 1 SIM Operadora 1	RTU 4
ERIO06-FS87944	Octubre 2016	2G		RTU 4
ERIO00-FS25882	Noviembre 2016	3G	UE3 = slot 2 SIM Operadora 2	RTU 4
EUMTS5-MS27137	Octubre 2016	2G		RTU 4
EUMTS5-MS27207	Octubre 2016	2G	UE4 = slot 3 SIM Operadora 2	RTU 4
EHEA-0822 EUMTS5-MS27131	13,15 y 20 febrero de 2017	2G	UE1 = slot 1 SIM Operadora 1	RTU 5
EHEA-0822 EUMTS5-MS27137		3G	UE2 = slot 2 SIM Operadora 2 UE4 = slot 3 SIM Operadora 3	

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

4.12 Programación de mediciones

4.12.1 Números telefónicos empleados

Las Figuras 16-4 a la 21-4, muestran las SIMs utilizadas en sus respectivas RTUs

Device	SIM slot	Netwo...	Voice number	IMSI
SIM switch	1	Claro	0985035001	740010134106967
SIM switch	2	Movistar	0984539574	740000116092712
SIM switch	3	CNT	0996326107	740020150505687
MC8700 Upload	1	Movistar	0987591754	740000207676165

Figura 16-4 Parámetros de la RTU 882

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Test Unit Properties					
General	MC8700 Upload	F3607gw UE2	F3607gw UE4		
F3607gw UE3	Ethernet	Upload	SIM		Options
Device	SIM...	Networ...	Voice number	IMSI	
SIM switch	1	Claro	0985026934	- 740010128410749	
SIM switch	2	Movistar	0984670984	- 740000204523776	
SIM switch	3	CNT	0996916235	- 740020150854641	
MC8700 Upload	1	Movistar	0987592063	- 740000204523902	

Figura 17-4 Parámetros de la RTU 944

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Test Unit Properties					
General	F3607gw UE2	F3607gw UE3	MC8801 UE4		
F3607gw UE1	Upload	SIM		Options	
Device	SIM slot	Netw...	Voice number	IMSI	MCC
SIM switch	1	Claro	0982874769	740010147129892	740
SIM switch	2	Movis...	0958925797	740000207676191	740
SIM switch	3	CNT	0996919655	740020150831691	740
SIM switch	4	Claro	0985010050	740010147129884	740

Figura 18-4 Parámetros de la RTU 137

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Test Unit Properties					
General	F3607gw UE3	MC8801 UE4	F3607gw UE2		
F3607gw UE1	Upload	SIM		Options	
Device	SIM slot	Netwo...	Voice number	IMSI	MCC
SIM switch	1	Claro	0993783550	740010160356173	740
SIM switch	2	Movistar	0958925795	740000207676193	740
SIM switch	3	CNT	0996922632	740020150575785	740
SIM switch	4	Movistar	0958925739	740000207676189	740

Figura 19-4 Parámetros de la RTU 207

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Device	SIM slot	Netwo...	Voice num...	IMSI	MCC
SIM switch	1	Claro	0982891554	740010147129912	740
SIM switch	2	Movistar	0958925781	740000207676207	740
SIM switch	3	CNT	0996929887	740020150575912	740
SIM switch	4	Movistar	0958925800	740000207676187	740

Figura 20-4 Parámetros RTU EUMTS5-MS27131 móvil, para llamadas 2G

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Device	SIM slot	Networ...	Voice number	IMSI	MCC
SIM switch	1	Claro	0982874769	740010147129892	740
SIM switch	2	Movistar	0958925797	740000207676191	740
SIM switch	3	CNT	0996919655	740020150831691	740
SIM switch	4	Claro	0985010050	740010147129884	740

Figura 21-4 Parámetros RTU EUMTS5-MS27137 móvil, para llamadas UMTS

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

4.12.2 Work orders programadas

En las Figuras 22-4 y 23-4 se muestran las work orders con los parámetros programados

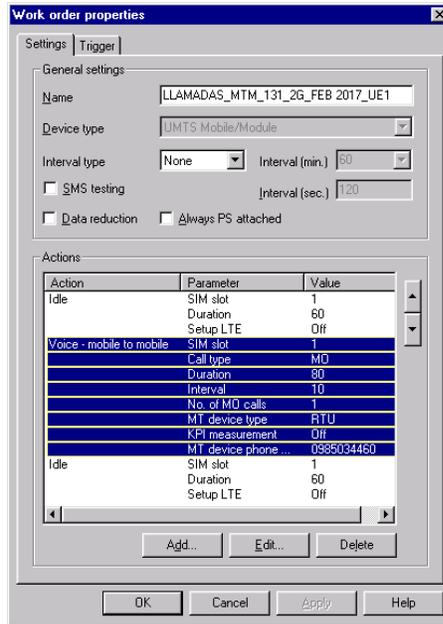


Figura 22-4 Work order GSM empleada

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

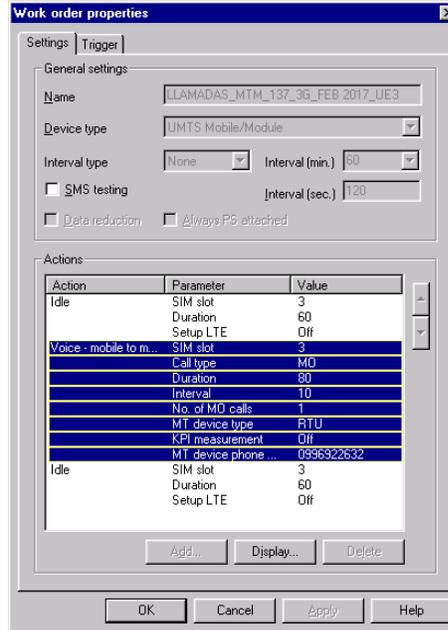


Figura 23-4 Work order UMTS empleada

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

En la Tabla 7-4 y Figura 24-4 se muestran el resultado del pos-procesamiento de llamadas caídas en los periodos medidos.

Tabla 7-4: Resumen de llamadas caídas procesadas

NOMBRE COMPOSITE	PERIODO	TECNOLOGÍA
Caídas dic 882	Octubre 2016	GSM
Caídas dic 944	Octubre 2016	GSM
Caídas 882 nov	Noviembre 2016	UMTS
Caídas 944 nov	Noviembre 2016	GSM
Caídas oct 137	Octubre 2016	GSM
Caídas oct 207	Octubre 2016	GSM
Caídas oct 882	Octubre 2016	GSM
Caídas oct 944	Octubre 2016	GSM
mt1 HEA-822 vehículo	13, 15 y 20 feb 2017	GSM y UMTS

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

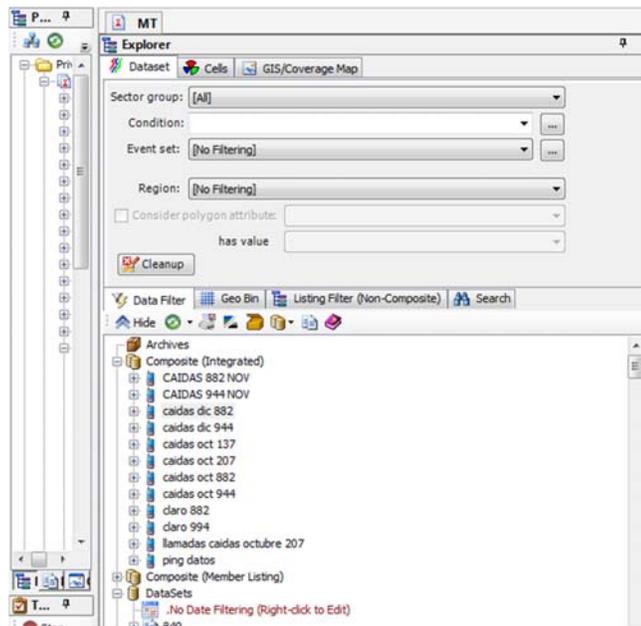


Figura 24-4 Llamadas caídas procesadas

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

4.12.2 Detalle de llamadas caídas

En primer lugar, partimos de la definición de llamada caída luego de lo cual, de las mediciones realizadas, extraemos los datos que corresponden a esta situación

Definición. - Una llamada será considerada como caída cuando luego de establecida no puede mantenerse por causas atribuibles a la red en evaluación.

En las figuras siguientes se muestran los nombres de archivos identificados como File/Device y que corresponden al detalle de llamadas caídas de las diferentes tareas de medición.

			DataSet	File/Device	Problems	CS Call Dropped	MO CS Call Dropped	MT CS Call Dropped	C Release - Ur	RC Release -	RC Release - U
1	Detail	Analysis	caidas dic 882	12P0N1_161215_140335_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
2	Detail	Analysis	caidas dic 882	1EX2SL_161215_194750_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
3	Detail	Analysis	caidas dic 882	1H87311_161202_090527_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
4	Detail	Analysis	caidas dic 882	1L0YBIG_161205_004954_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
5	Detail	Analysis	caidas dic 882	1NH4EIK_161206_175854_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
6	Detail	Analysis	caidas dic 882	1NNY3IC_161206_210842_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
7	Detail	Analysis	caidas dic 882	1RCT923_161209_110839_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
8	Detail	Analysis	caidas dic 882	1T2GSPG_161210_155315_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
9	Detail	Analysis	caidas dic 882	1U27BNY_161211_083506_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
10	Detail	Analysis	caidas dic 882	1UKT7ZI_161211_171733_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
11	Detail	Analysis	caidas dic 882	1VH6SV9_161212_111029_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
12	Detail	Analysis	caidas dic 882	1WZQP89_161213_094933_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
13	Detail	Analysis	caidas dic 882	1YF7746_161214_094946_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
14	Detail	Analysis	caidas dic 882	2E04JIT_161216_121122_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
15	Detail	Analysis	caidas dic 882	429ZK3_161217_162045_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
16	Detail	Analysis	caidas dic 882	5A80TG_161218_125040_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
17	Detail	Analysis	caidas dic 882	5FS4CD_161218_152326_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
18	Detail	Analysis	caidas dic 882	6Z8SNQ_161219_171743_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
19	Detail	Analysis	caidas dic 882	864QOY_161220_131718_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
20	Detail	Analysis	caidas dic 882	851NKG_161222_151118_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
21	Detail	Analysis	caidas dic 882	D61USY_161224_013809_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
22	Detail	Analysis	caidas dic 882	DB0RTL_161224_033138_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
23	Detail	Analysis	caidas dic 882	DG59WY_161224_055544_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
24	Detail	Analysis	caidas dic 882	KJM7WN_161229_050719_EQ1	1	0	1	0	0	0	0
25					24	0	24	0	0	0	0

Figura 25-4 Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas dic 882

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

			DataSet	File/Device	Problems	S Call Dropped	CS Call Dropp	MT CS Call Dropped	C Release - Ur	RC Release -	RC Release -
1	Detail	Analysis	caidas dic 944	DB0X7F_161224_033149_EQ1	1	0	0	1	0	0	0
2	Detail	Analysis	caidas dic 944	DG4072_161224_055903_EQ1	1	0	0	1	0	0	0
3	Detail	Analysis	caidas dic 944	J9QB0K_161228_074647_EQ1	1	0	0	1	0	0	0
4	Detail	Analysis	caidas dic 944	KJWY22_161229_051629_EQ1	1	0	0	1	0	0	0
5	Detail	Analysis	caidas dic 944	MQJMBE_161230_180202_EQ1	1	0	0	1	0	0	0
6					5	0	0	5	0	0	0

Figura 26-4 Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas dic 944

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

			DataSet	File/Device	Problems	S Call Dropp	MO CS Call Dropped	CS Call Dropp	C Release - Ut	RC Release -	RC Release -
1	Detail	Analysis	caidas 882	9A0USS_16110	1	0	1	0	0	0	0
2	Detail	Analysis	caidas 882	AS802D_16110	1	0	1	0	0	0	0
3	Detail	Analysis	caidas 882	CXZAVY_16110	1	0	1	0	0	0	0
4	Detail	Analysis	caidas 882	DTPBSP_16110	1	0	1	0	0	0	0
5	Detail	Analysis	caidas 882	EMECD1_16110	1	0	1	0	0	0	0
6	Detail	Analysis	caidas 882	GUTASS_16110	1	0	1	0	0	0	0
7	Detail	Analysis	caidas 882	JVTK0T_161109	1	0	1	0	0	0	0
8	Detail	Analysis	caidas 882	KK90BU_16110	1	0	1	0	0	0	0
9	Detail	Analysis	caidas 882	PDQHTW_16111	1	0	1	0	0	0	0
10	Detail	Analysis	caidas 882	T8D7PW_16111	1	0	1	0	0	0	0
11	Detail	Analysis	caidas 882	TBO9U2_16111	1	0	1	0	0	0	0
12	Detail	Analysis	caidas 882	TIW39F_16111	1	0	1	0	0	0	0
13	Detail	Analysis	caidas 882	VM2VQM_16111	1	0	1	0	0	0	0
14					13	0	13	0	0	0	0

Figura 27-4 Detalle de llamadas caídas de procesamiento CAIDAS 882 NOV

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

			DataSet	File/Device	Problems

Figura 28-4 Detalle de llamadas caídas de procesamiento CAIDAS 944 NOV

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

			DataSet	File/Device	Problems

Figura 29-4 Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas oct 207

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

		Messages	Histogram	Problem Summary View							
Problem Set Definition: GSM_WCDMA_Call_Drop											
					Problems	Call Drope	MO CS Call Dropped	CS Call Drop	Release - U	RC Release	RC Release
		DataSet	File/Device								
4	Detail	Analysis	caidas octubre 16XQ3YT_161006_110844_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
5	Detail	Analysis	caidas octubre 16YNJKX_161006_113830_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
6	Detail	Analysis	caidas octubre 1CGUSCC_161010_081045_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
7	Detail	Analysis	caidas octubre 1CINTGC_161010_091804_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
8	Detail	Analysis	caidas octubre 1CJ9UKA_161010_091813_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
9	Detail	Analysis	caidas octubre 1CNSFHE_161010_110836_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
10	Detail	Analysis	caidas octubre 1CNB03K_161010_110627_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
11	Detail	Analysis	caidas octubre 1CO86B6_161010_114013_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
12	Detail	Analysis	caidas octubre 1CO8FLX_161010_114013_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
13	Detail	Analysis	caidas octubre 1CQ54KG_161010_124244_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
14	Detail	Analysis	caidas octubre 1FFT16A_161012_104624_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
15	Detail	Analysis	caidas octubre 1FGA7UA_161012_104625_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
16	Detail	Analysis	caidas octubre 1FHG0N5_161012_104629_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
17	Detail	Analysis	caidas octubre 1FOFAXW_161012_135720_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
18	Detail	Analysis	caidas octubre 1G0X88W_161012_195051_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
19	Detail	Analysis	caidas octubre 1G1JMRO_161012_200505_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
20	Detail	Analysis	caidas octubre 1G28PKT_161012_211402_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
21	Detail	Analysis	caidas octubre 1GWJOAY_161013_103351_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
22	Detail	Analysis	caidas octubre 1GZ67L1_161013_114618_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
23	Detail	Analysis	caidas octubre 1H2QBUI_161013_133027_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
24	Detail	Analysis	caidas octubre 1H2QCLT_161013_133027_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
25	Detail	Analysis	caidas octubre 1H2TPL1_161013_132950_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
26	Detail	Analysis	caidas octubre 1H2ZH2M_161014_082412_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
27	Detail	Analysis	caidas octubre 1H3I2HL_161013_135501_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
28	Detail	Analysis	caidas octubre 1I2EDK46_161014_114107_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
29	Detail	Analysis	caidas octubre 1IEOVLI_161014_115055_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
30	Detail	Analysis	caidas octubre 1IIY4NR_161014_135434_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
31	Detail	Analysis	caidas octubre 1IM683R_161014_155240_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
32	Detail	Analysis	caidas octubre 1IMK60T_161014_155241_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
33	Detail	Analysis	caidas octubre 1PF2RE0_161019_093733_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
34	Detail	Analysis	caidas octubre 1PH7OHT_161019_103251_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
35	Detail	Analysis	caidas octubre 1PHAGT1_161019_103548_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
36	Detail	Analysis	caidas octubre 1PKPR86_161019_121752_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
37	Detail	Analysis	caidas octubre 1PKVB8W_161019_121752_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
38	Detail	Analysis	caidas octubre 1PLOVKF_161019_123744_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
39	Detail	Analysis	caidas octubre 1PLSQWJ_161019_124220_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
40	Detail	Analysis	caidas octubre 1PMZLSU_161019_131522_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
41	Detail	Analysis	caidas octubre 1S9QEPP_161021_095740_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
42	Detail	Analysis	caidas octubre 1S9WPLC_161021_095740_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
43	Detail	Analysis	caidas octubre 1SCDWRR_161021_104349_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
44	Detail	Analysis	caidas octubre 1SKEIAY_161021_143007_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
45	Detail	Analysis	caidas octubre 1SPFTOS_161021_165001_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
46	Detail	Analysis	caidas octubre 1SPQYOT_161021_165644_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
47	Detail	Analysis	caidas octubre 1WMGJUY_161024_105939_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
48	Detail	Analysis	caidas octubre 1W08MUB_161024_112441_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
49	Detail	Analysis	caidas octubre 1WUYK66_161024_143840_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
50	Detail	Analysis	caidas octubre 1WV71F1_161024_144505_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
51	Detail	Analysis	caidas octubre 1WVFEGO_161024_145147_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
52	Detail	Analysis	caidas octubre 1X1A10K_161024_182210_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
53	Detail	Analysis	caidas octubre 1X2Z177_161024_181659_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
54	Detail	Analysis	caidas octubre 1YCNPCX_161025_153618_EQ1	1	0	1	0	0	0	0	0
55				54	0	54	0	0	0	0	0

Figura 30-4 Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas oct 137

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

		DataSet	File/Device	Problems	S Call Dropp	HO CS Call Dropp	CS Call Dropp	C Release - U	RC Release -	RC Release -
1	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
2	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
3	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
4	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
5	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
6	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
7	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
8	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
9	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
10	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
11	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
12	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
13	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
14	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
15	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
16	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
17	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
18	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
19	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
20	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
21	Detail	Analysis	caidas oct 882	1	0	1	0	0	0	0
22				21	0	21	0	0	0	0

Figura 31-4 Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas oct 882

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

		DataSet	File/Device	Problems	S Call Dropp	CS Call Dropp	CS Call Dropp	C Release - U	RC Release -	RC Release -
1	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
2	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
3	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
4	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
5	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
6	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
7	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
8	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
9	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
10	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
11	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
12	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
13	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
14	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
15	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
16	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
17	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
18	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
19	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
20	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
21	Detail	Analysis	caidas oct 944	1	0	1	0	0	0	0
22				21	0	21	0	0	0	0

Figura 32-4 Detalle de llamadas caídas de procesamiento Caídas oct 944

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

		DataSet	File/Device	Problems	S Call Dropp	CS Call Dropp	CS Call Dropp	C Release - U	RC Release -	RC Release -
1	Detail	Analysis	mt1	1	0	1	0	0	0	0
2	Detail	Analysis	mt1	1	0	1	0	0	0	0

Figura 33-4 Detalle de llamadas caídas de procesamiento mt1

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

CAPITULO V

5 PROPUESTA

5.1 Llamada establecida y liberada en condiciones normales

Como parte de las tareas de medición realizadas, se utiliza la plataforma TEMS Discovery, para analizar el flujo de mensajería que genera en una llamada completada correctamente, la cual se muestra a continuación.

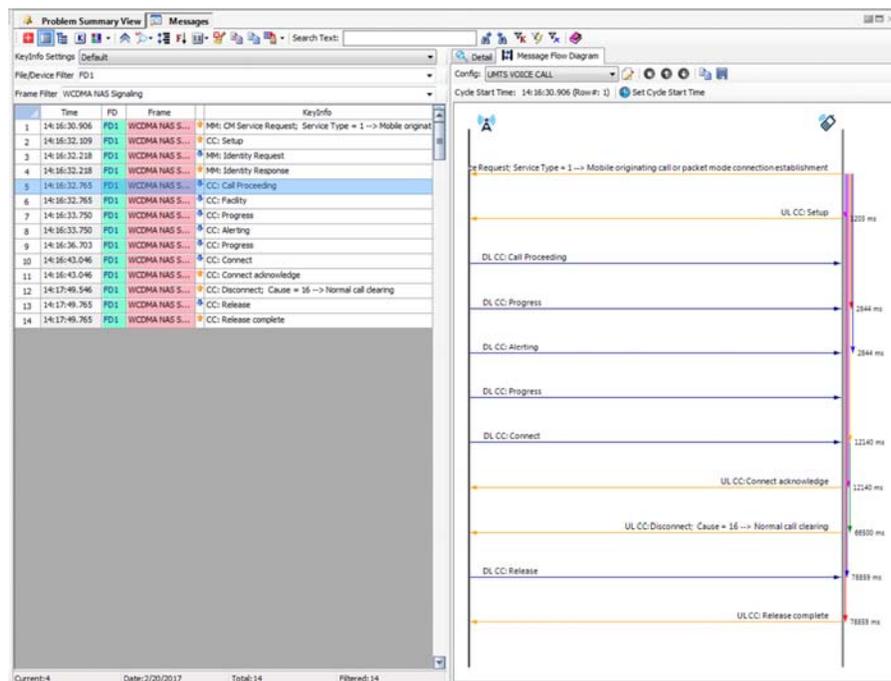


Figura 1-5 Flujo llamada establecida y liberada normalmente

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

La Figura 1-5, muestra la mensajería y el flujo de una llamada establecida y liberada correctamente, donde se puede observar que luego de los procesos Setup, Call Proceeding, Facility, Alerting, Progress, la llamada se establece con el proceso Connect, luego de lo cual la misma es liberada al establecerse una desconexión por causas normales, generándose el proceso Disconnect y reportándose como cause value 16; es decir, una llamada establecida y liberada normalmente se registra con un código 16.

5.1.1 Cause N° 16 “Normal call clearing”

El Release 13 del 3GPP TS 24.008 V13.4.0 en su anexo H establece como causa 16: “Esta causa indica que la llamada está siendo *borrada* porque uno de los usuarios involucrados en la llamada ha solicitado que la llamada se *borre*. Bajo situaciones normales, la fuente de esta causa no corresponde a la red celular”.

En la Figura 2-5 se puede observar que el flujo de mensajería registra una liberación normal de la llamada; es decir, la llamada se estableció normalmente y luego se produjo una liberación “desconexión” de la llamada porque uno de los usuarios involucrados solicitó la terminación de la llamada.

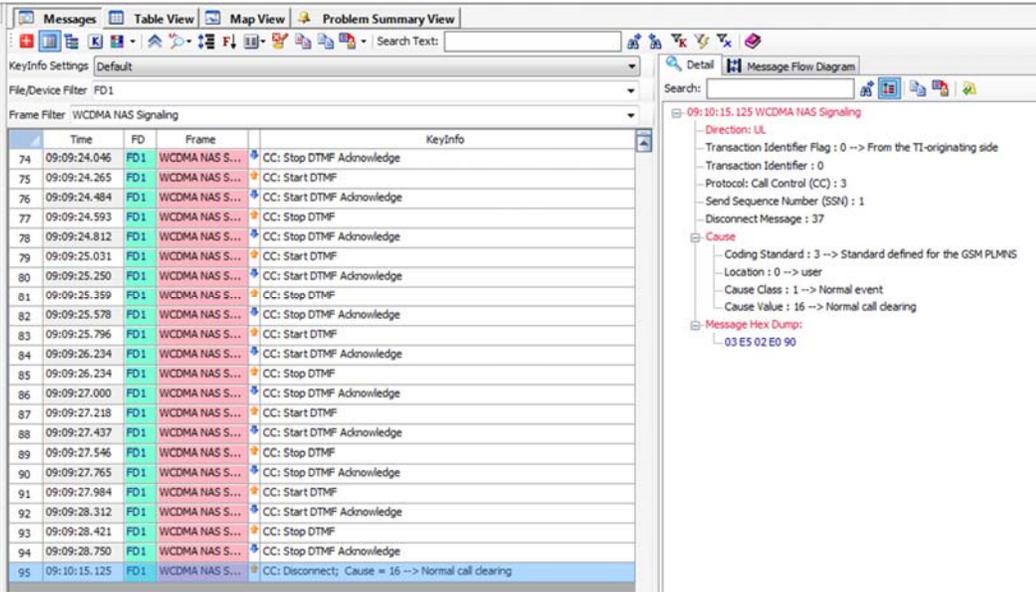


Figura 2-5 Mensajería de llamada liberada normalmente codificada con cause 16

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

A diferencia de una llamada establecida y liberada de modo normal, la mensajería de una llamada caída se puede apreciar en la Figura 3-5, en donde una vez que la llamada ha sido establecida con el proceso Connect, la misma llega a terminarse de un modo anormal, procediendo a una liberación de recursos de manera forzada, situación que es registrada por la herramienta TEMS generando el número de causa respectiva según la codificación del anexo H del Release 13 del 3GPP TS 24.008 V13.4.0

Time	FD	Frame	KeyInfo
13:59:54.015	FD1	WCDMA NAS S...	MM: CM Service Request; Service Type = 1 --> Mobile originating c...
13:59:55.000	FD1	WCDMA NAS S...	CC: Setup
13:59:55.000	FD1	WCDMA NAS S...	CC: Call Proceeding
13:59:55.000	FD1	WCDMA NAS S...	CC: Facility
13:59:55.875	FD1	WCDMA NAS S...	CC: Alerting
13:59:55.984	FD1	WCDMA NAS S...	CC: Progress
13:59:56.312	FD1	WCDMA NAS S...	CC: Progress
13:59:59.484	FD1	WCDMA NAS S...	CC: Progress
14:00:04.843	FD1	WCDMA NAS S...	CC: Connect
14:00:04.843	FD1	WCDMA NAS S...	CC: Connect acknowledge
14:00:34.843	FD1	WCDMA NAS S...	CC: Disconnect; Cause = 102 --> Recovery on timer expiry
14:00:34.859	FD1	WCDMA NAS S...	CC: Release
14:00:35.031	FD1	WCDMA NAS S...	CC: Release complete

14:00:34.843 WCDMA NAS Signaling

- Direction: DL
- Transaction Identifier Flag : 1 --> To the TI-originating side
- Transaction Identifier : 0
- Protocol: Call Control (CC) : 3
- Send Sequence Number (SSN) : 0
- Disconnect Message : 37
- Cause
 - Coding Standard : 3 --> Standard defined for the GSM PLMNS
 - Location : 0 --> user
 - Cause Class : 6 --> Protocol error (e.g. unknown message)
 - Cause Value : 102 --> Recovery on timer expiry
- Message Hex Dump:
 - 83 25 02 E0 E6

Figura 3-5 Mensajería de una llamada caída

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

5.2 Pos-procesamiento de las llamadas caídas

De los datos procesados con la herramienta TEMS Discovery, se ha recopilado los códigos “specific cause values for call control” generadas por los diferentes tipos de llamadas caídas, procediendo a describir cada una de ellas:

5.2.1 Cause N° 21 “Call rejected”

El Release 13 del 3GPP TS 24.008 V13.4.0 en su anexo H establece como causa 21: “Esta causa indica que el equipo que envía esta causa no desea aceptar esta llamada, aunque podría haber aceptado la llamada porque el equipo que envía esta causa no está ocupado ni es incompatible”

De la Figura 4-5 se puede observar que el flujo de mensajería registra una llamada caída con causa 21, procediendo a una liberación forzada de los recursos utilizados.

Por lo indicado, el tipo de causa 21 técnicamente se considera que la llamada fue rechazada por el usuario destino, ya que presionó la tecla END mientras recibía el tono de timbrado. Por lo indicado, esta situación no es un problema atribuible a la red; sin embargo, se ha incluido en este trabajo para conocer la mensajería que se genera en este caso.

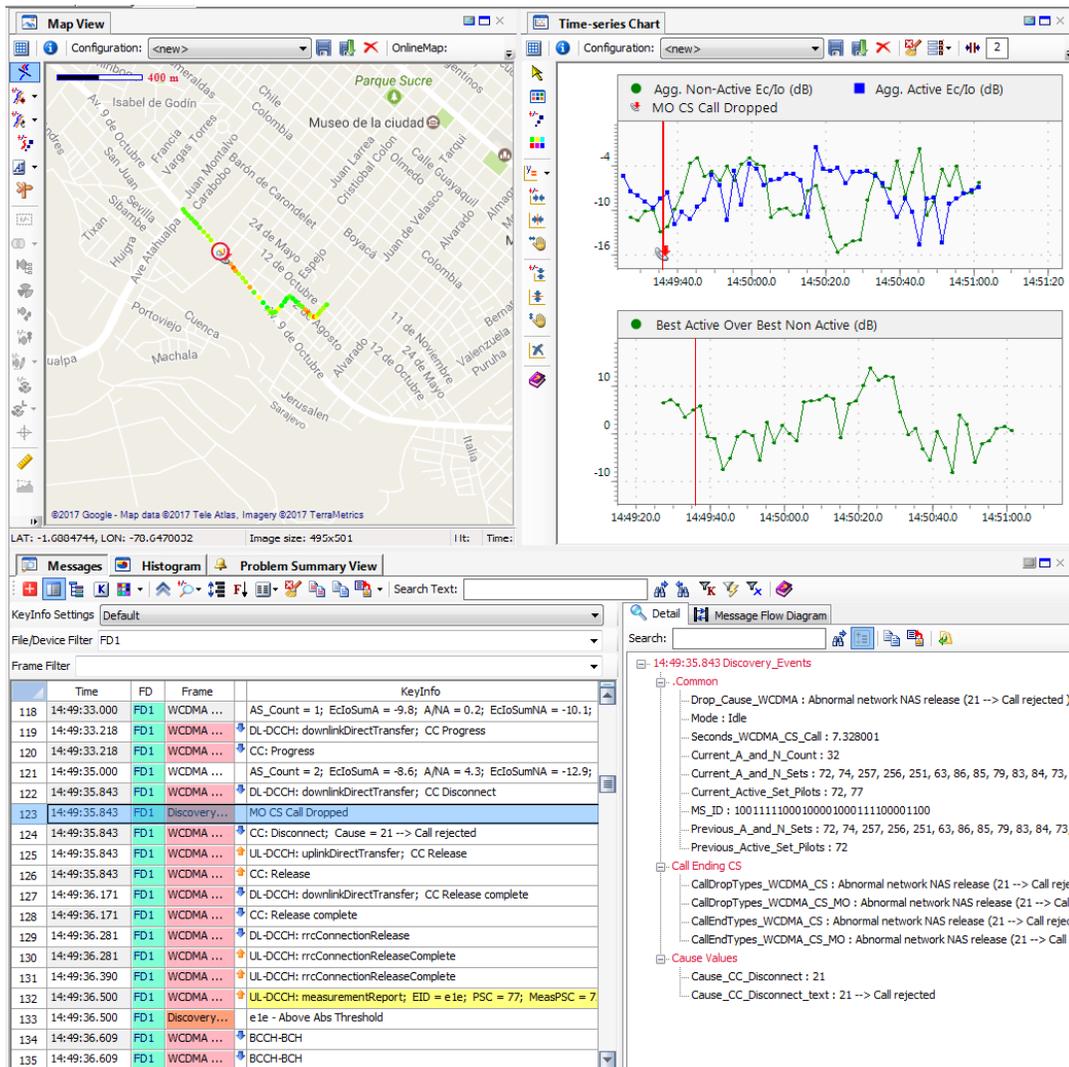


Figura 4-5 Llamada caída de Archivo PTNNDW_170316 con tipo cause value 21

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Este caso se puede analizar en la pestaña Time-series Chart de la Figura 4-5, en la cual se muestra los gráficos en función del tiempo de los comportamientos de Agg Active Ec/Io (señal de la conexión actual de la llamada y registrada en color azul) y del Agg Non-Active Ec/Io (señal del vecino con mejor nivel registrada en color verde). El gráfico muestra que las dos señales tienen valores aceptables para establecer y mantener una comunicación, inclusive la señal en color azul

que corresponde a Agg Active Ec/Io (señal actual que tiene un valor de -8 dB), valor que es mayor a las especificaciones para los parámetros de calidad del Servicio Móvil Avanzado (ver Anexo D), donde para voz y para 3G se considera que el nivel de señal mínimo de una llamada debe ser $Ec/Io \geq -14dB$.

5.2.2 Causa N° 27 “Destination out of order”

El Release 13 del 3GPP TS 24.008 V13.4.0 en su anexo H establece como causa 27: “Esta causa indica que el destino indicado por la estación móvil no se puede alcanzar porque la interfaz con el destino no está funcionando correctamente. El término "no funciona correctamente" indica que un mensaje de señalización no pudo ser entregado al usuario remoto; por ejemplo, un fallo en una capa física o en la capa de enlace de datos en el usuario remoto, o un equipo de usuario fuera de línea, etc.”

Esta situación depende de cada operadora, ya que algunas utilizan esta causa para el escenario en que el móvil destino se encuentra apagado.

El destino fuera de servicio significa que la llamada se está *eliminando* en la parte final del destino, ya que esta parte no responde.

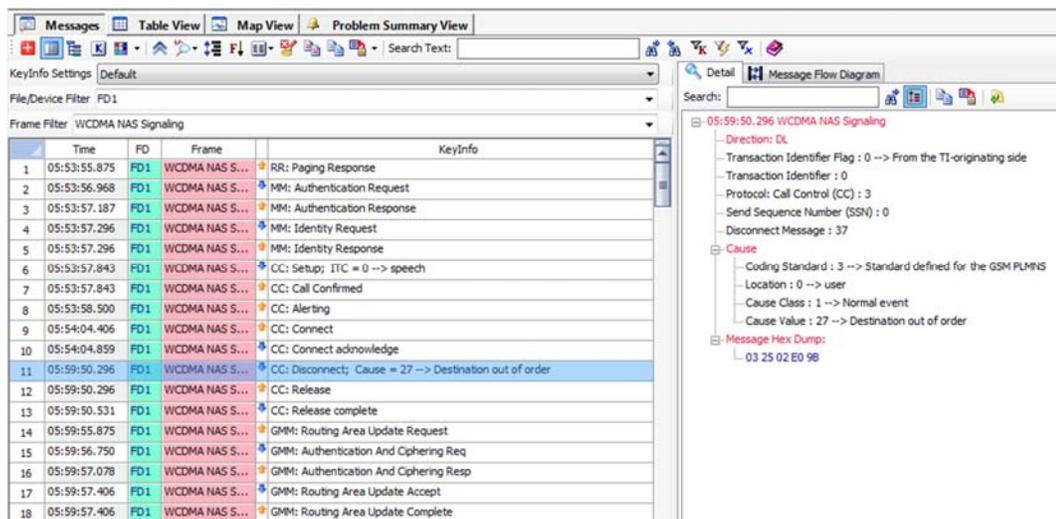


Figura 5-5 Llamada caída de Archivo DG4072-161224 con tipo cause value 27

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

En la Figura 5-5 se puede observar que el flujo de mensajería de esta llamada caída establece un tipo de causa 27, procediendo a una liberación forzada de los recursos utilizados.

Al igual que para el caso anterior con causa 21, se puede analizar en la pestaña Time-series Chart respectiva, donde se verificará que los gráficos en función del tiempo de los comportamientos de Agg Active Ec/Io (señal de la conexión actual de la llamada y registrada en color azul) y del Agg Non-Active Ec/Io (señal del vecino con mejor nivel registrada en color verde) tienen valores aceptables para establecer y mantener una comunicación.

5.2.3 Causa N° 31 “Normal, unspecified”

El Release 13 del 3GPP TS 24.008 V13.4.0 en su anexo H establece como causa 31: “Esta causa se utiliza para reportar un evento normal sólo cuando no se aplica ninguna otra clase de causa normal”

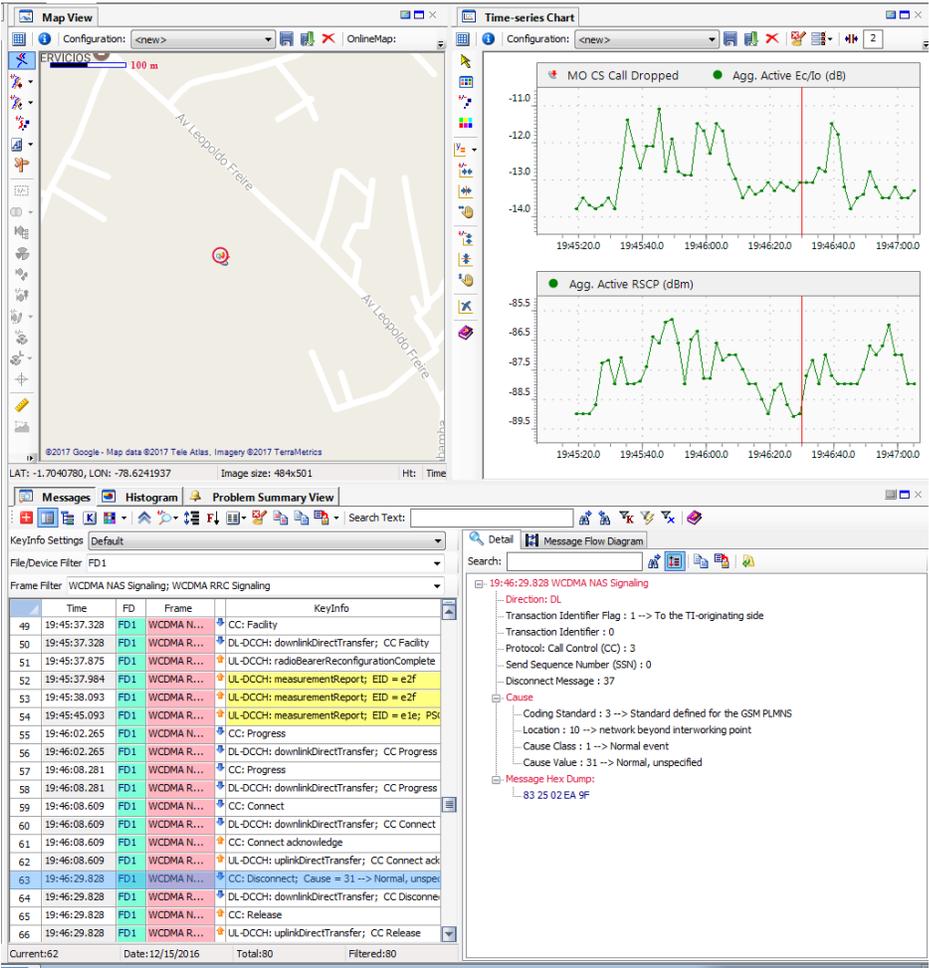


Figura 6-5 Llamada caída de Archivo 1CJ9UKA-161010 con tipo cause value 31

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Este error se produce cuando el lado b (destino) no contesta la llamada y la misma se va al buzón, y cuando se acaba el tiempo del buzón, la central corta la llamada. Hay que considerar que el equipo RTU está programado para una duración de 80 segundos, por lo que se considera que la llamada se ha caído al ser terminada antes de tiempo. Esto es un problema más del sistema de medición TEMS que la califica como llamada caída.

En la Figura 6-5 se puede observar que el flujo de mensajería de esta llamada caída establece una causa 31, procediendo a una liberación anormal de los recursos utilizados.

Por lo indicado, para la causa 31 técnicamente no se considera como una llamada caída sino una falla del equipo de prueba; sin embargo, se ha incluido en este trabajo para conocer la mensajería que se genera.

5.2.4 Causa N° 38 “Network out of order”

El Release 13 del 3GPP TS 24.008 V13.4.0 en su anexo H establece como causa 38: “Esta causa indica que la red no está funcionando correctamente y que la condición es probable que dure un período relativamente largo de tiempo; por ejemplo, volver a intentar la llamada de inmediato no es probable que tenga éxito”.

Este error suele indicar problemas de red o una interrupción de la red. Usualmente este problema se produce en las entidades de la red de alto nivel y se manifiesta como el bloqueo en el MSC-MSC/HLR, cuya causa es debido a una mala programación, por lo que el personal del Core de la operadora debe tomar medidas para corregir este error.

En la Figura 7-5 se puede observar que el flujo de mensajería de esta llamada establece una llamada caída con causa 38, en este caso también procediendo a una liberación forzada de los recursos utilizados.

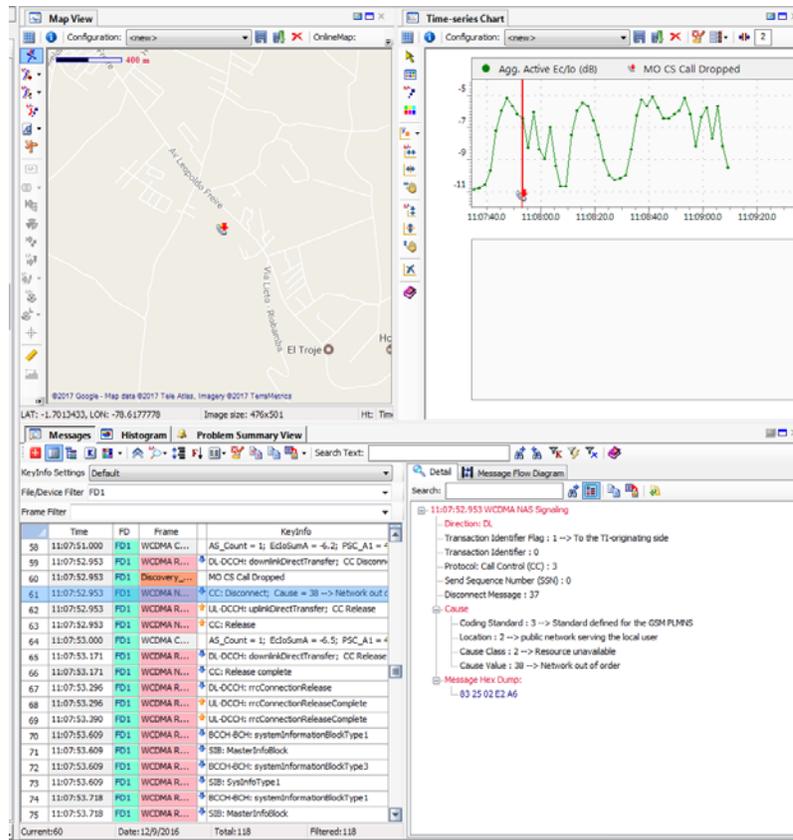


Figura 7-5 Llamada caída de Archivo 1RCT92J--161209 con tipo cause value 38

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

5.2.5 Causa N° 41 “Temporary failure”

El Release 13 del 3GPP TS 24.008 V13.4.0 en su anexo H establece como causa 41: “Esta causa indica que la red no está funcionando correctamente y que esa condición no es probable que dure un largo período de tiempo; de modo que, la estación móvil puede desear intentar otra llamada casi inmediatamente”.

Este tipo de error se produce en la red de manera temporal y la causa puede ser problemas de cobertura, bajos niveles de potencia, intentos no exitosos de handover, saturación de canales, etc.

En la Figura 8-5 se puede observar que el flujo de mensajería de esta llamada caída establece una causa 41, procediendo a una liberación forzada de los recursos utilizados.

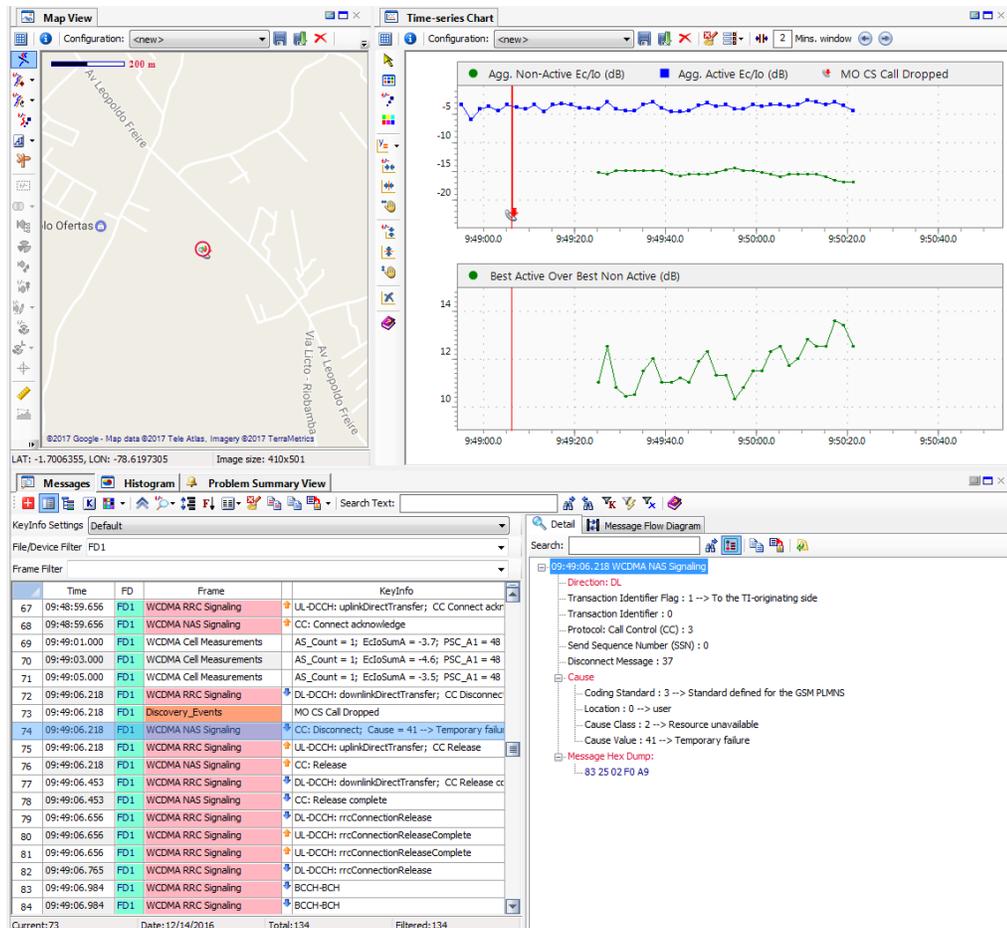


Figura 8-5 Llamada caída de Archivo IU27INY--161211 con tipo cause value 41

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

5.2.6 Causa N°47 “Resources unavailable, unspecified”

El Release 13 del 3GPP TS 24.008 V13.4.0 en su anexo H establece como causa 47: “Esta causa se utiliza para informar de un evento de recurso no disponible sólo cuando no se aplica ninguna otra causa de clase de recurso no disponible”.

La Figura 9-5 en su pestaña Map View muestra el trayecto de medición drive test, donde el color rojo corresponde a niveles de señal muy por debajo del valor límite establecido en la normativa vigente. Situación ocasionada por una mala cobertura de la operadora de interés en el lugar de medición; es decir, en la zona de medición la operadora no cuenta con una estación base cercana, por lo que el terminal se está conectando a estaciones base lejanas, no pudiendo mantenerse la conexión al no concretarse traspasos exitosos, situación que causa este error.

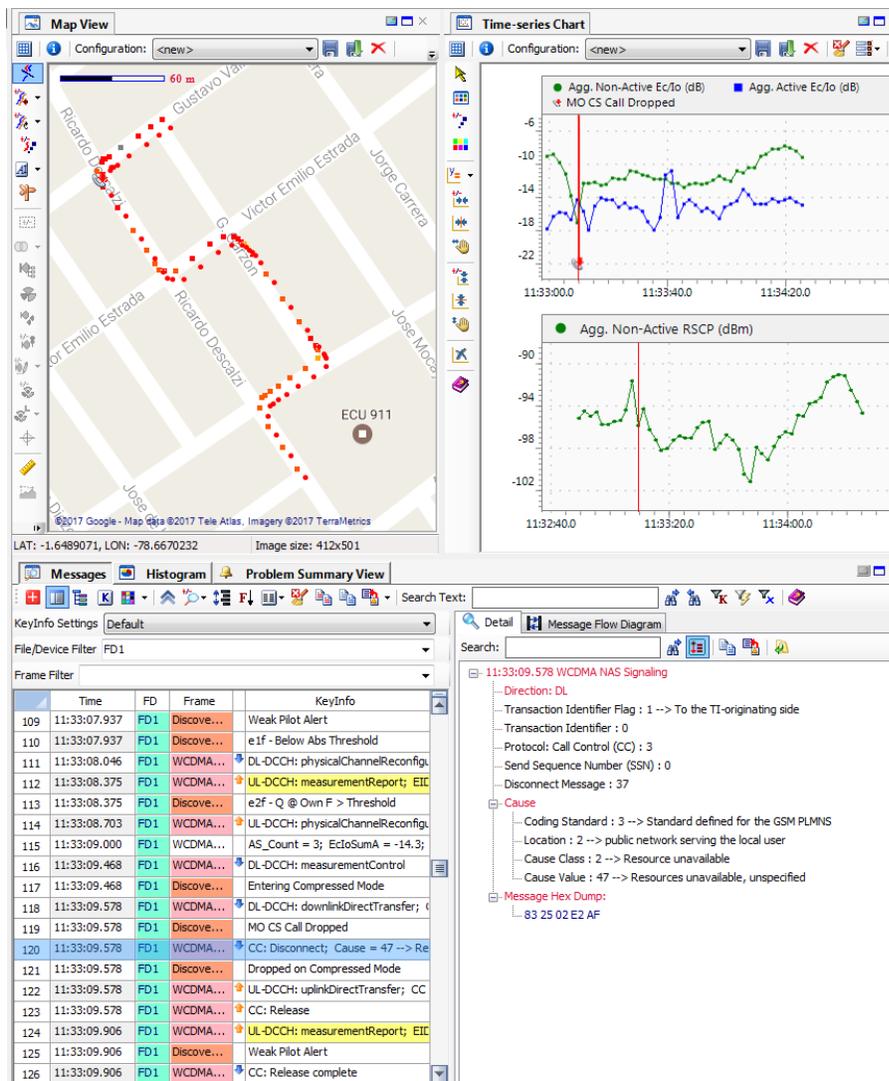


Figura 9-5 Llamada caída de Archivo 1PH7OHT_161019 con tipo cause value 47

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Este problema se puede corregir solamente cuando la operadora mejore su cobertura.

En la Figura 9-5 se puede observar que el flujo de mensajería de esta llamada caída establece una causa 47, procediendo a una liberación anormal de los recursos utilizados.

5.2.7 Causa N° 102 “Recovery on timer expiry”

El Release 13 del 3GPP TS 24.008 V13.4.0 en su anexo H establece como causa 102: “Esta causa indica que se ha iniciado un procedimiento por la expiración de un temporizador en asociación con los procedimientos de manejo de errores del 3GPP TS 24.008”

Esa caída generalmente parece estar relacionada con la red Core o el transporte. Si hay congestión en el enlace Iub, la llamada caída sería ocasionada por esta congestión.

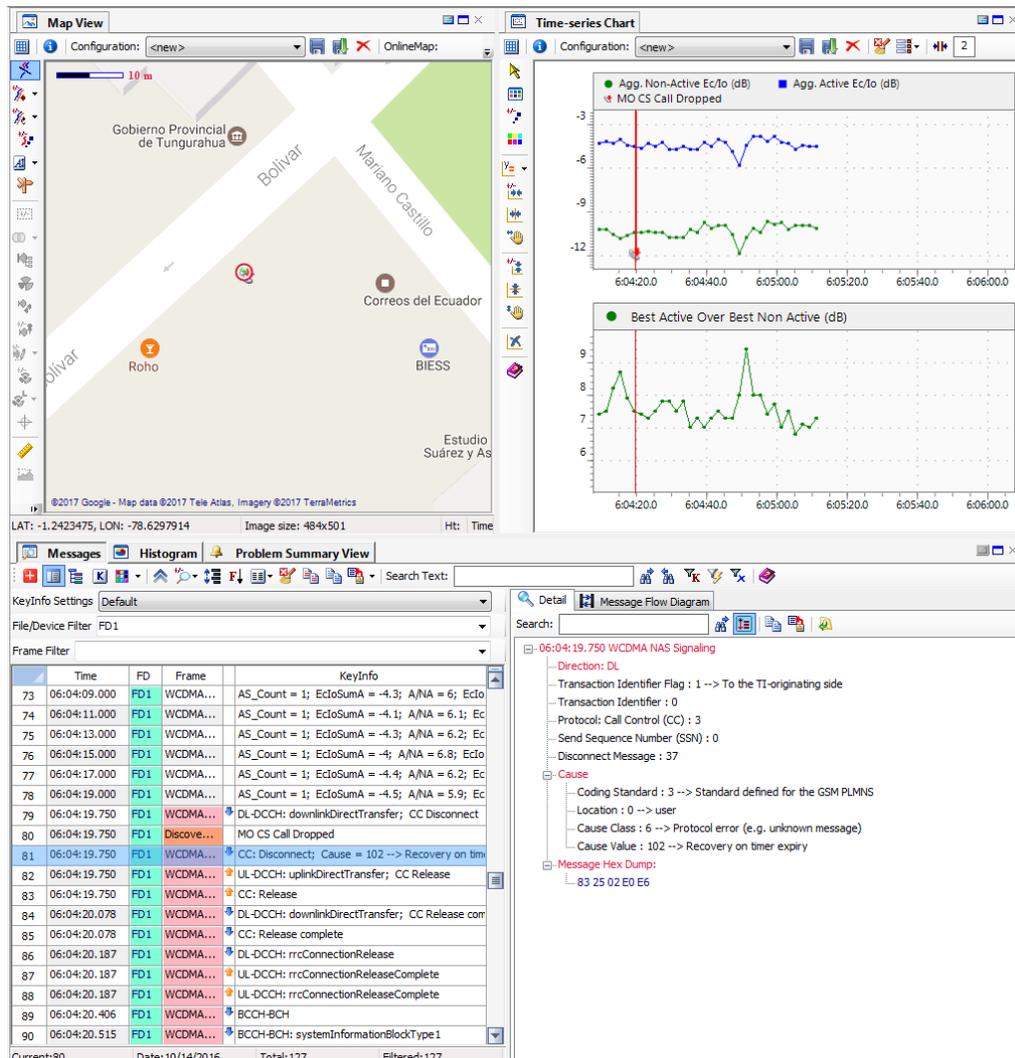


Figura 10-5 Llamada caída de Archivo 12HXN1-161215 con tipo cause value 102

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Para esta situación, es necesario analizar las estadísticas de comportamiento de las celdas involucradas. En ocasiones la red puede dejar caer la llamada sin razón aparente, lo cual puede estar relacionada con la interfaz de aire (al menos en DL), pero también puede ser que haya un problema en UL donde la celda no logra mantener la conexión con el UE o que hay un problema en el núcleo en alguna parte lo que ocasiona este error. Ante cualquiera de estas opciones, es necesario que las mismas sean aclaradas analizando el comportamiento estadístico de la celda en interés.

Al analizar estadísticamente el comportamiento, se podrá responder preguntas como: ¿Cuál fue la potencia de transmisión del UE en el punto de caída?, situación que se presentó si se debía a una señal pobre en el enlace ascendente, o si existe una potencia alta de transmisión del UE a una distancia relativamente cercana a la celda. De no ser estos los casos, los resultados indicaran que se tenga que comprobar la congestión del enlace lub en el trayecto Nodo B –RNC.

Para este tipo de caída, ver Figura 10-5, el sistema de gestión de la operadora y en nuestro caso la plataforma TEMS detecta este error descrito como "la recuperación de la caducidad del temporizador", situación originada por la expiración del temporizador denominado T313.

Tabla 1-5: Temporizadores de telefonía celular

Name	Description	Value Range	Default Value
T312 Connected	T312 of connection mode, that is, the time when the UE waits for L1 synchronization indicator when the special physical channel is set up	(1..15)s	1s
N312 Connected	N312 of connection mode, that is, the number of synchronization indicators that the UE should receive continuously from L1 before the special channel is set up successfully	(1, 2, 4, 10, 20, 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1000)	1
T313	Waiting time after the DPCCH channel set up in CELL_DCH mode loses synchronization	(0..15)s	3s
N313	Maximum number of lost synchronization indicators that the UE receives continuously from the L1	(1, 2, 4, 10, 20, 50, 100, 200)	20
T314	Time of cell update, existing in T314-related radio bearer when wireless connection fails	(0, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20)s	4s
T315	Time of cell update, existing in T315-related radio bearer when wireless connection fails	(0,10, 30, 60, 180, 600, 1200, 1800)s	30s
N315	Maximum number of synchronization indicators that the UE receives continuously from L1 in T313 activated state	(1, 2, 4, 10, 20, 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1000)	1
T309	Waiting time after initiating requests to access other RATs, such as GSM	(1..8)s	3s

Fuente: <http://telecomfunda.com/forum/showthread.php?24525-Tems-umts-drop-and-drop-calls>

La Tabla 1-5 muestra el listado de temporizadores que se generan en una comunicación, donde el temporizador T313 corresponde al tiempo de espera después de que el canal DPCCH configurado en el modo CELL_DCH pierde sincronización.

El temporizador T313 es el contador de tiempo que el MSC activa después de enviar el mensaje CONNECT y está a la espera mensaje ACK de la conexión. Si T313 expira antes que el mensaje ACK llegue, entonces el MSC liberará la conexión, produciéndose la caída de llamada.

5.2.8 Causa N° 111 “Protocol error, unspecified”

El Release 13 del 3GPP TS 24.008 V13.4.0 en su anexo H establece como causa 111: “Esta causa indica que se ha iniciado un procedimiento por la expiración de un temporizador en asociación con los procedimientos de manejo de errores del 3GPP TS 24.008”

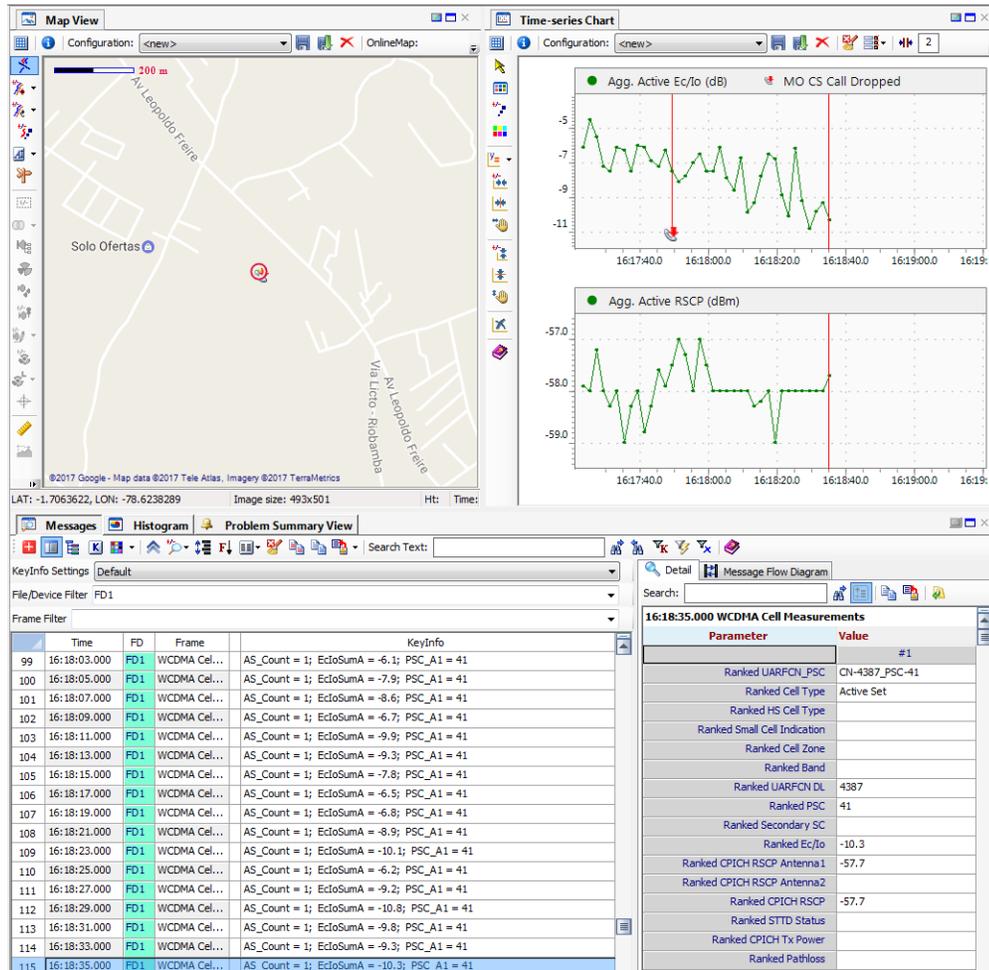


Figura 11-5 Llamada caída de Archivo 429ZK3_161217 con tipo cause value 111

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

En la Figura 11-5 se puede observar que el flujo de mensajería de esta llamada caída establece una causa 111, en este caso también procediendo a una liberación forzada de los recursos utilizados.

Este caso es un error de la red, ya que no se reconoce la señalización (error de protocolo), donde la llamada caída es notificada desde la red. En el lado analizado (quien origina la llamada) los niveles de señal son los adecuados, por lo que el problema podría ser al otro lado de la llamada.

5.2.9 Otros tipos de llamadas caídas sin codificación cause value

La herramienta TEMS Discovery registra otros casos de llamadas caídas, las cuales en su mensajería no indican una causa específica estandarizada, *por lo que estos casos se analizan a continuación:*

5.2.9.1 Caso 1

Este error no estandarizado se analiza de la pestaña Time-series Chart de la Figura 12-5, en la cual se muestra los gráficos en función del tiempo de los comportamientos de Agg Active Ec/Io (señal de la conexión actual de la llamada y registrada en color azul) y del Agg Non-Active Ec/Io (señal del vecino con mejor nivel registrada en color verde). El gráfico muestra que no hay continuidad de los parámetros medidos, ya que las curvas de señal se cortan al momento de la llamada caída. Esto se interpreta como “se va totalmente la señal”; por tanto, ya no existe señalización. La llamada caída es registrada por el software TEMS DISCOVERY y más no por el sistema (ya que no hay señal). Además, la descripción del mensaje MO CS Call Dropped, indica como causa de la caída CDMA Likely due to Missing Neighbors, situación ocasionada por área sin cobertura debido a falta de celdas adyacentes que brinden servicio.

La Figura 12-5 muestra el denominado “caso 1” donde se resume que la llamada caída se produce porque no existe ningún tipo de señalización, situación ocasionada por una pérdida momentánea de cobertura en el sitio de la medición, y para el presente ejemplo, el sistema registra que de 3:32:00 a 3:32:40 (aproximadamente 40 segundos se registra la pérdida de cobertura).

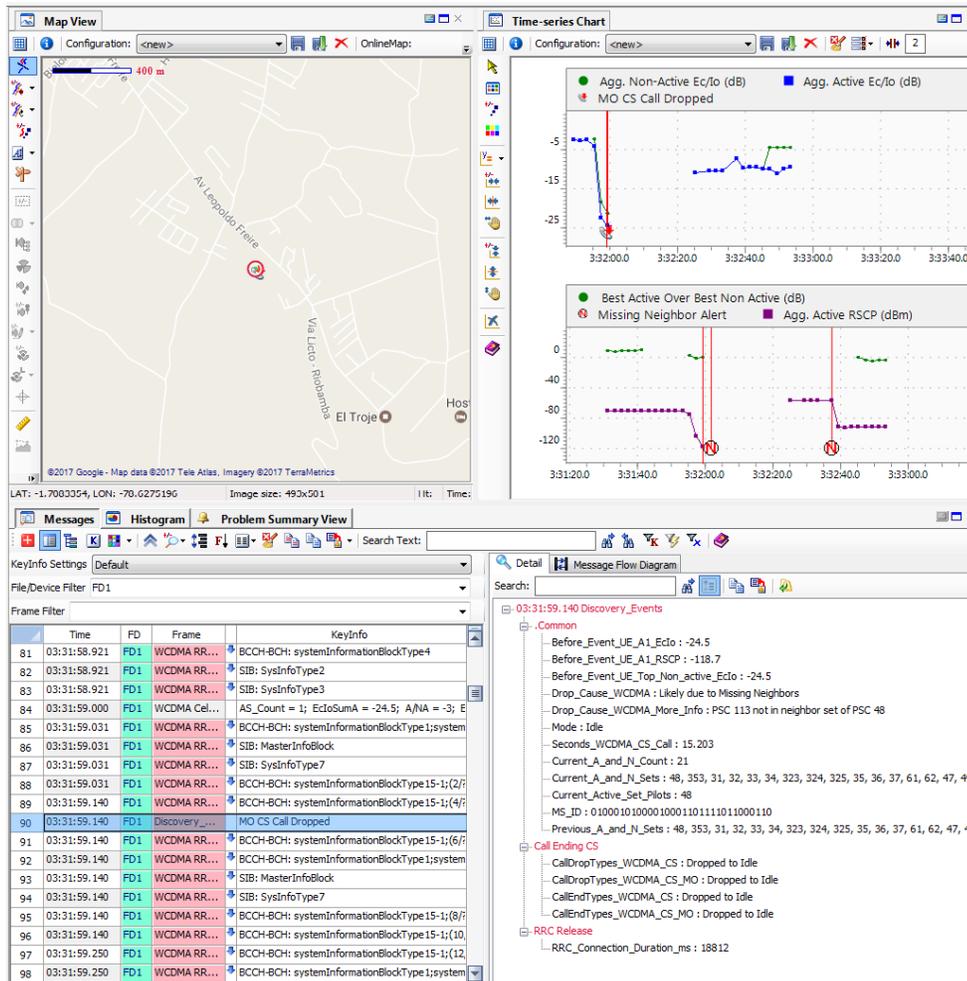


Figura 12-5 Llamada caída de Archivo DB0RTL_161224 caso 1

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

5.2.9.2 Caso 2

La Figura 13-5 muestra el flujo de mensajes de la llamada caída y denominada como “caso 2”, donde este error no estandarizado se analiza de las pestañas Map View y Time-series Chart.

La pestaña Map View muestra el trayecto de medición drive test, donde el color amarillo corresponde a niveles de señal deficiente cercanas al valor límite establecido en la normativa vigente; y, el color negro corresponde a los puntos de medición donde no hay cobertura. Ante esta situación la red debe iniciar los procesos de traspaso con la búsqueda de alguna celda que pueda acoger la llamada en curso estableciendo una nueva conexión. Para este caso en particular, el trayecto en color amarillo indica que el nivel de señal del canal por el cual se establece la

comunicación se está degradando, y existe un canal vecino con mejor nivel de señal, pero debido a una configuración no adecuada de los parámetros de handoff, esta acción no se produce en el momento indicado y la llamada finalmente se cae (dropped call). Posterior a la caída (en modo reposo – idle) el equipo ya se engancha al canal vecino con mejor nivel.

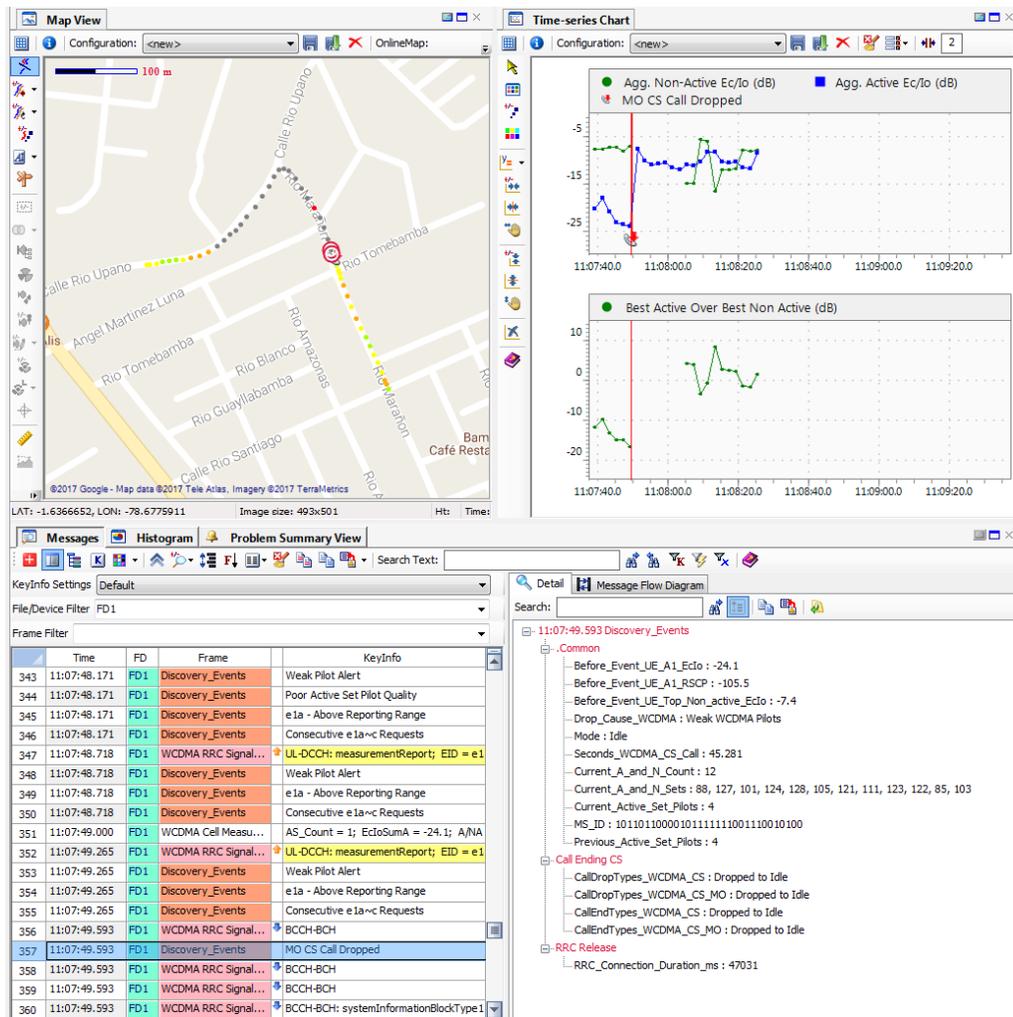


Figura 13-5 Llamada caída de Archivo 16XQ3YT_161006 caso 2

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

En la pestaña Time-series Chart se muestra los gráficos en función del tiempo de los comportamientos de Agg Active Ec/Io (señal de la conexión actual de la llamada y registrada en color azul) y del Agg Non-Active Ec/Io (señal del vecino con mejor nivel registrada en color verde). El grafico muestra que la conexión actual en color azul, instante antes de que se produzca la caída tiene un valor de Ec/Io de -24 dB, valor que es muy bajo de acuerdo a las especificaciones para los parámetros de calidad del Servicio Móvil Avanzado (ver Anexo D), donde para voz y para 3G se considera que el nivel de señal mínimo de una llamada debe ser $Ec/Io \geq -14dB$.

Como la señal es muy baja (-24dB), el sistema no ejecutó el proceso de handoff, lo que causó la caída de la llamada. Situación que se observa con la presencia de la señal de color verde (mejor vecino) que tiene un nivel de señal E_c/I_o de -8 dB, valor que es mayor que -14 dB. Sin embargo, la llamada se cae a pesar de que existe una celda vecina con mejor señal; es decir, no se realiza el proceso de handoff (cambio de celda) a tiempo y llamada se cae. Cuando el terminal pasa a modo Idle, este se cambia a la nueva celda con mejor nivel de señal. La falla del traspaso se debe a una mala configuración de los parámetros de handoff en el sistema.

5.2.9.3 Caso 3

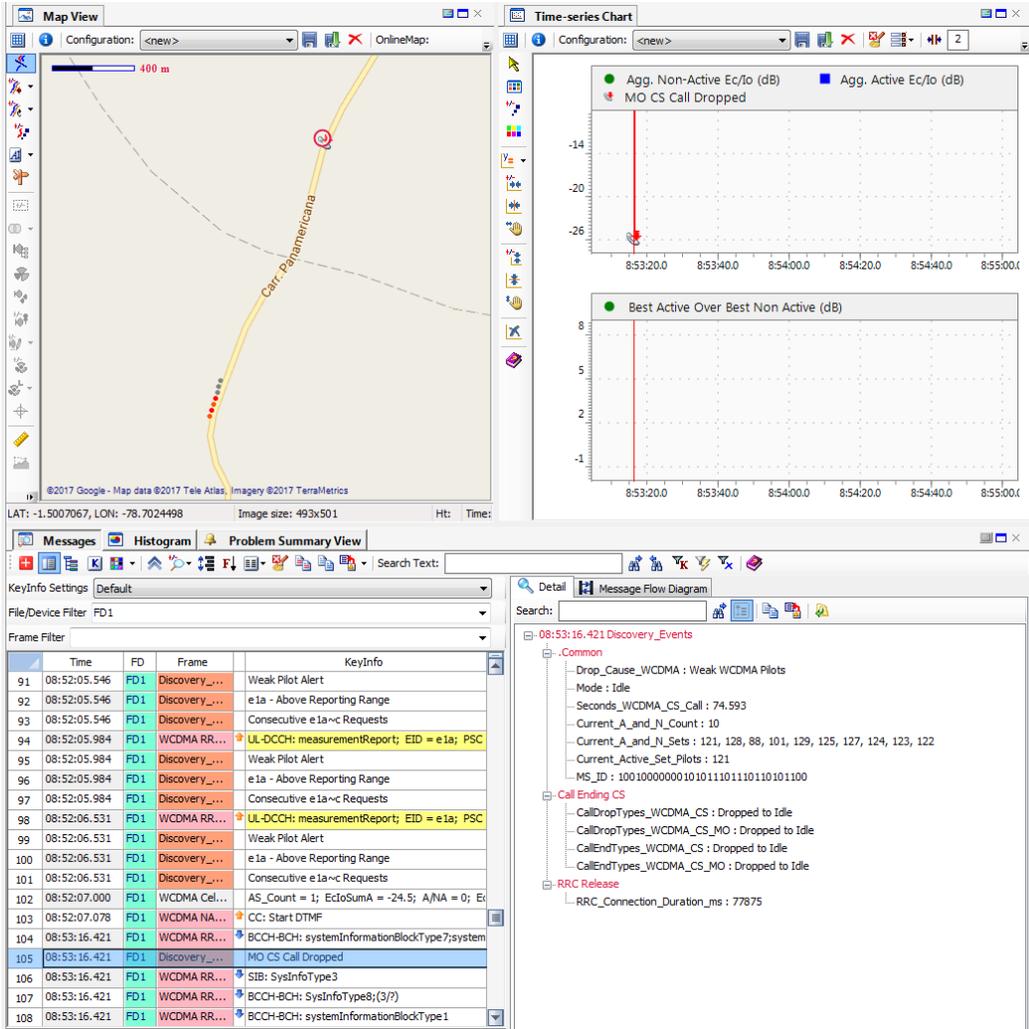


Figura 14-5 Llamada caída de Archivo 1CINTGC_161010 caso 3

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

A diferencia del caso 1 donde se produce una falta de cobertura temporal, en este caso si se debe a una falta de cobertura donde el móvil se encuentra en carretera donde no hay cobertura, por lo que la llamada se cae por falta de señal, lo cual se analizará con las pestañas de la Figura 14-5.

En la pestaña Time-series Chart se muestra los gráficos en función del tiempo de los comportamientos de Agg Active Ec/Io (señal de la conexión actual de la llamada y registrada en color azul) y del Agg Non-Active Ec/Io (señal del vecino con mejor nivel registrada en color verde). El gráfico muestra que no existe ningún nivel de señal; es decir, no existe señalización.

Además, del flujo de mensajería, se observa que antes de que se genere el mensaje MO CS Call Dropped, se generan los mensajes Weak Pilot Alert (alerta de señal débil del piloto) y cuando ya se genera el mensaje de llamada caída no existe prácticamente señal (sin cobertura); por tanto, ya no existe mensajería. En este caso, los valores de Ec/Io están en el orden de -26 dB y RSCP - 120.2 dBm, estos son valores muy por debajo de los niveles mínimos de las especificaciones para los parámetros de calidad del Servicio Móvil Avanzado (ver Anexo D). Por lo indicado, para esta situación denominada caso 3, la caída de llamada se produce por falta de cobertura en el sitio de medición.

5.3 Resultados de “causes values” codificados para llamadas caídas

Las siguientes tablas resumen los datos extraídos y procesados de las llamadas caídas utilizando la plataforma TEMS DISCOVERY. El análisis se centra en llamadas on net, off net, por operadora de origen y por causa de caída.

5.3.1 Llamadas caídas por Operadora en modo on net

Operadora 1

La Figura 15-5 muestra el resumen de llamadas caídas on net de la operadora 1

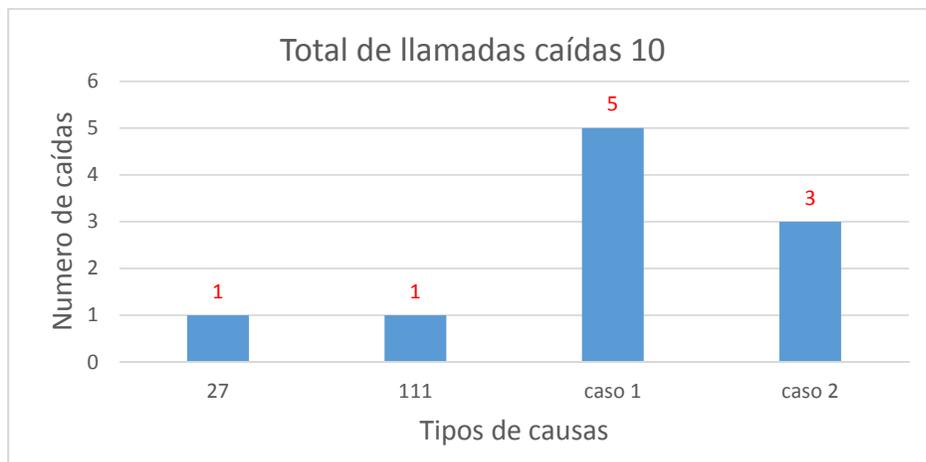


Figura 15-5 Llamadas caídas on net de la operadora 1

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Operadora 2

La Figura 16-5 muestra el resumen de llamadas caídas on net de la operadora 2

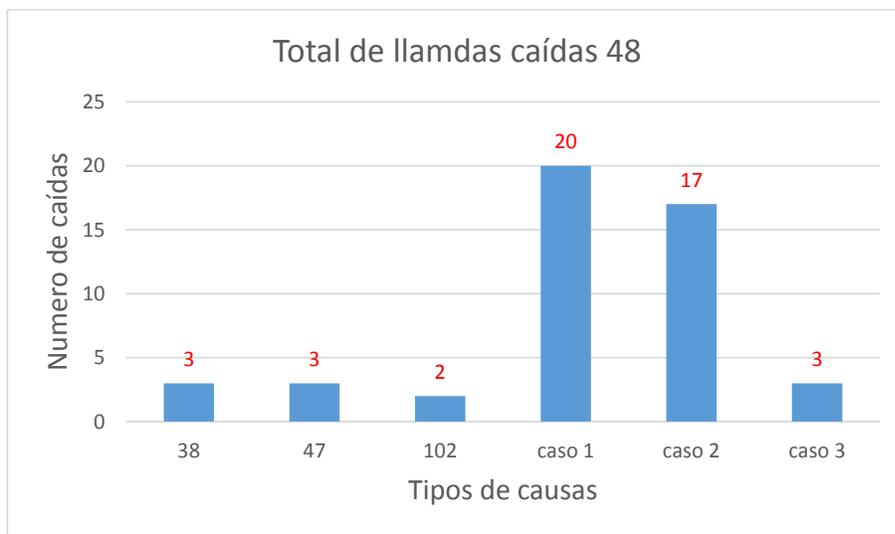


Figura 16-5 Llamadas caídas on net de la operadora 2

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Operadora 3

La Figura 17-5 muestra el resumen de llamadas caídas on net de la operadora 3

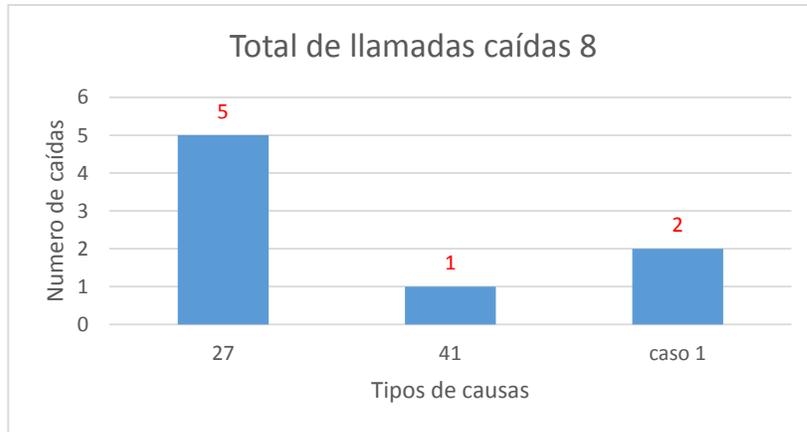


Figura 17-5 Llamadas caídas on net de la operadora 3

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

5.3.2 Llamadas caídas por Operadora en modo off net

De Operadora 1 hacia operadora 2

La Figura 18-5 muestra el resumen de llamadas caídas off net desde la operadora 1 y con destino la operadora 2.

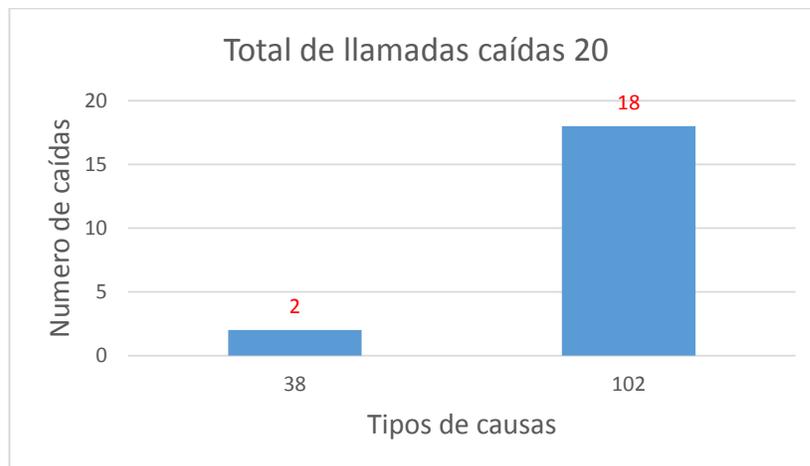


Figura 18-5 Llamadas caídas off net desde la operadora 1 hacia operadora 2

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

De Operadora 1 hacia operadora 3

La Figura 19-5 muestra el resumen de llamadas caídas off net desde la operadora 1 y con destino la operadora 3

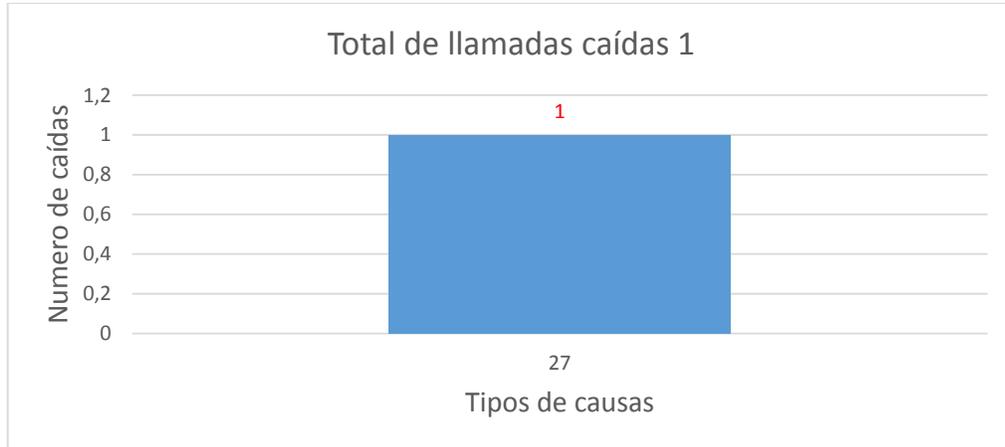


Figura 19-5 Llamadas caídas off net desde operadora 1 hacia operadora 3

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

De Operadora 2 hacia operadora 1

La Figura 20-5 muestra el resumen de llamadas caídas off net desde la operadora 2 y con destino la operadora 1



Figura 20-5 Llamadas caídas off net desde operadora 2 hacia operadora 1

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

De Operadora 2 hacia operadora 3

La Figura 21-5 muestra el resumen de llamadas caídas off net desde la operadora 2 y con destino la operadora 3

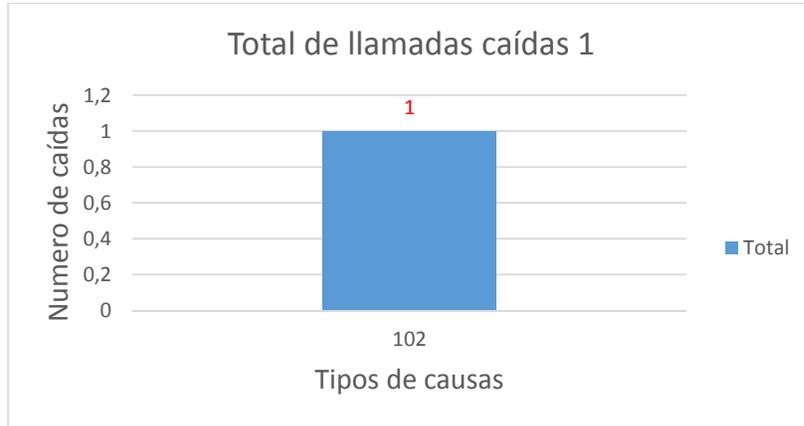


Figura 21-5 Llamadas caídas off net desde operadora 2 hacia operadora 3

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

De Operadora 3 hacia operadora 1

La Figura 22-5 muestra el resumen de llamadas caídas off net desde la operadora 3 y con destino la operadora 1

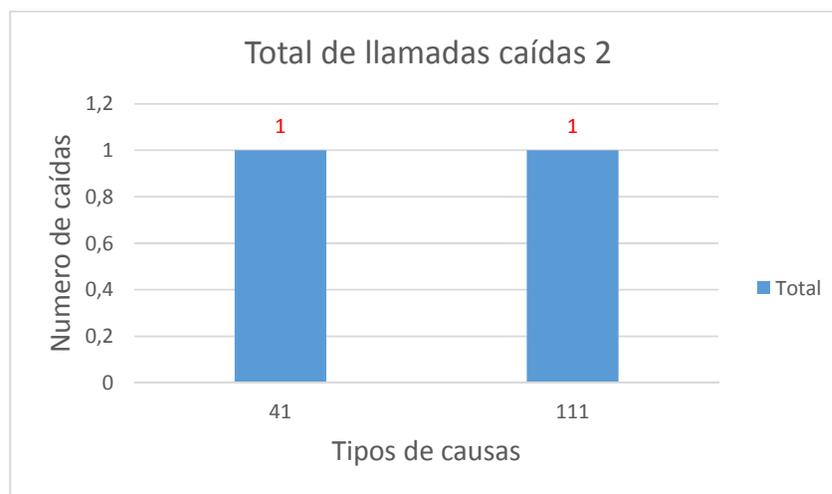


Figura 22-5 Llamadas caídas off net desde operadora 3 hacia operadora 1

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

De Operadora 3 hacia operadora 2

La Figura 23-5 muestra el resumen de llamadas caídas off net desde la operadora 3 y con destino la operadora 2

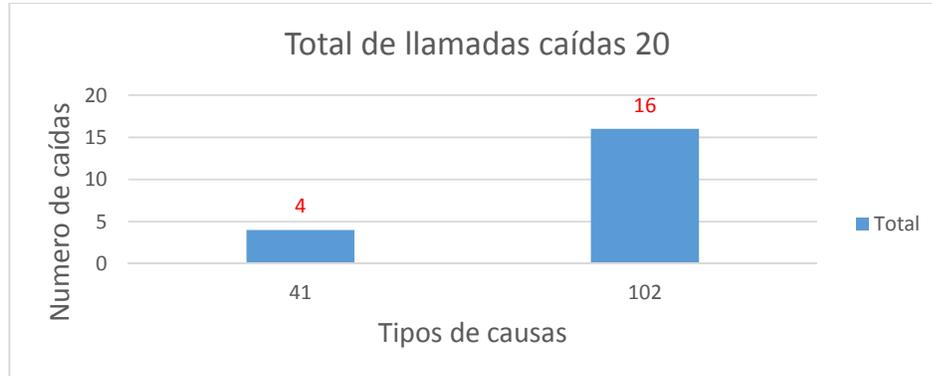


Figura 23-5 Llamadas caídas off net desde operadora 3 hacia operadora 2

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

5.3.3 Llamadas caídas por Operadora en modo on net y off net

Operadora 1

La Figura 24-5 muestra el resumen de llamadas caídas on net y off net de la operadora 1

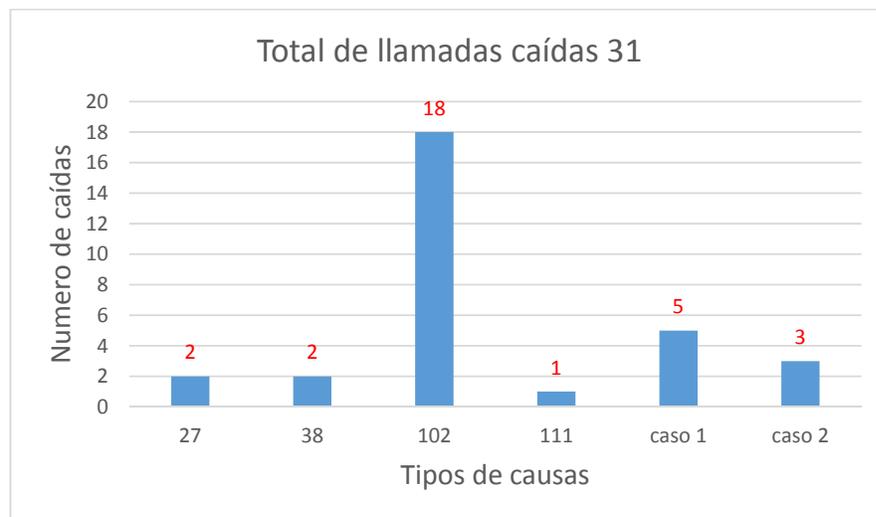


Figura 24-5 Llamadas caídas on net y off net de la operadora 1

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Operadora 2

La Figura 25-5 muestra el resumen de llamadas caídas on net y off net de la operadora 2

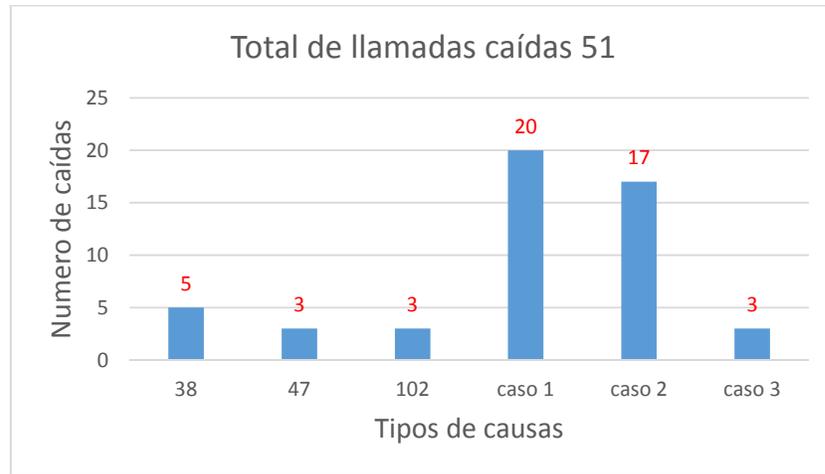


Figura 25-5 Llamadas caídas on net y off net de la operadora 2

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Operadora 3

La Figura 26-5 muestra el resumen de llamadas caídas on net y off net de la operadora 3

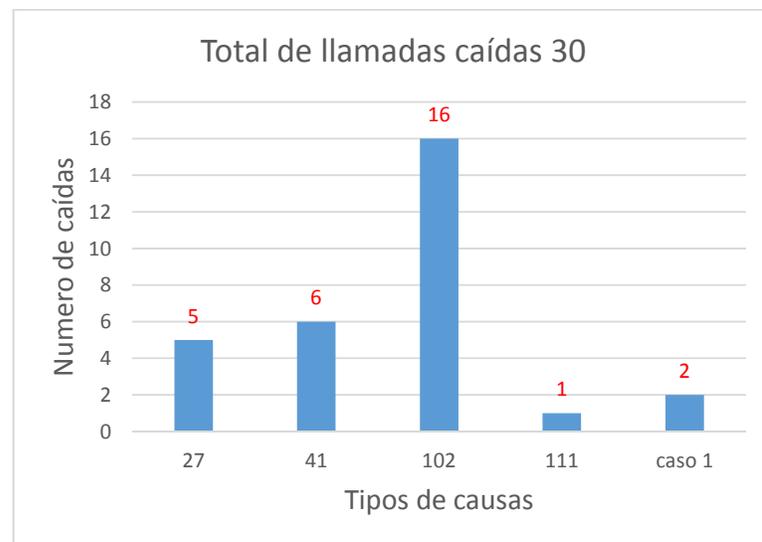


Figura 26-5 Llamadas caídas on net y off net de la operadora 3

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

5.3.4 Total de llamadas procesadas y caídas recopiladas

La Figura 27-5 muestra el total de llamadas procesadas y caídas recopiladas por tipo de causa de todas las mediciones realizadas incluidas las causas 16, 21 y 31.

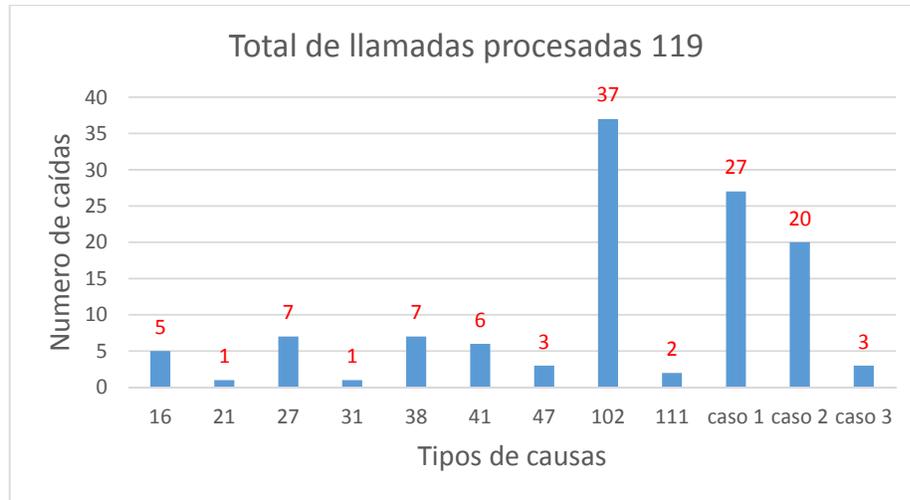


Figura 27-5 Total de llamadas procesadas por tipo de causa

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

La Figura 28-5 muestra el total de llamadas caídas recopiladas por tipo de causa de todas las mediciones realizadas excluidas las causas 16, 21 y 31.

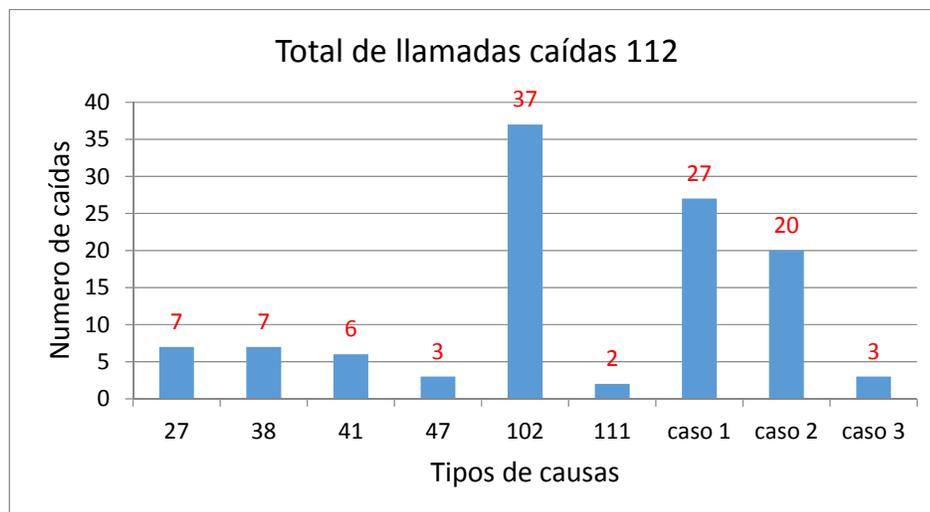


Figura 28-5 Total de llamadas caídas por tipo de causa

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

5.3.5 Llamadas caídas por RTU de origen

La Figura 29-5 y Tabla 2-5 muestran el resumen de llamadas caídas por RTU de origen

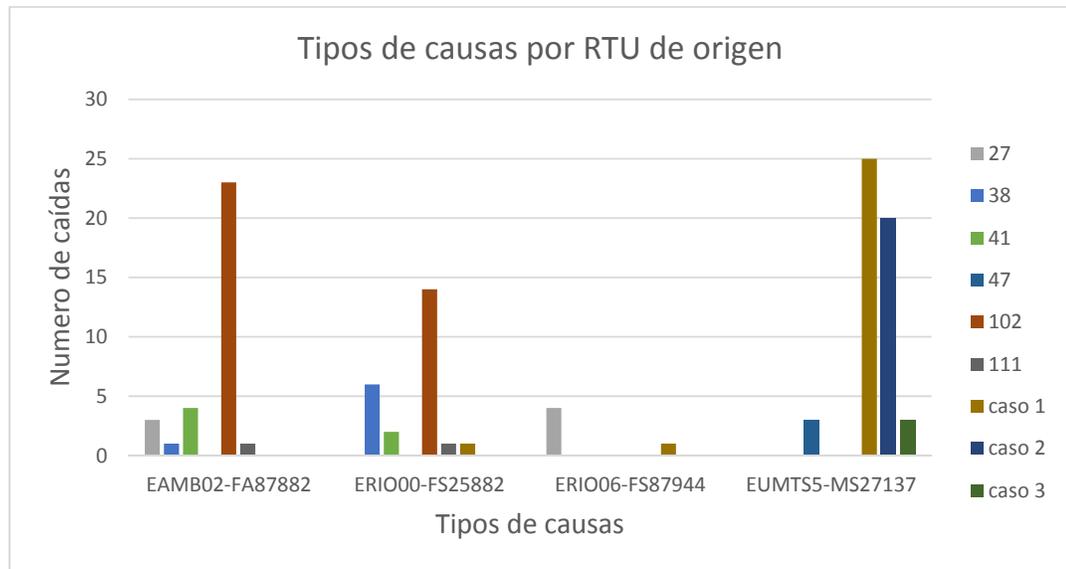


Figura 29-5 Total de llamadas caídas por RTU de origen

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Tabla 2-5: Resumen de llamadas caídas por RTU de origen

RTU ORIGEN	TIPO DE CAUSA									Total general
	27	38	41	47	102	111	caso 1	caso 2	caso 3	
EAMB02-FA87882	3	1	4		23	1				32
ERIO00-FS25882		6	2		14	1	1			24
ERIO06-FS87944	4						1			5
EUMTS5-MS27137				3			25	20	3	51
Total general	7	7	6	3	37	2	27	20	3	112

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

5.3.6 Llamadas caídas por RTU de destino

La Figura 30-5 y Tabla 3-5 muestran el resumen de llamadas caídas por RTU de destino

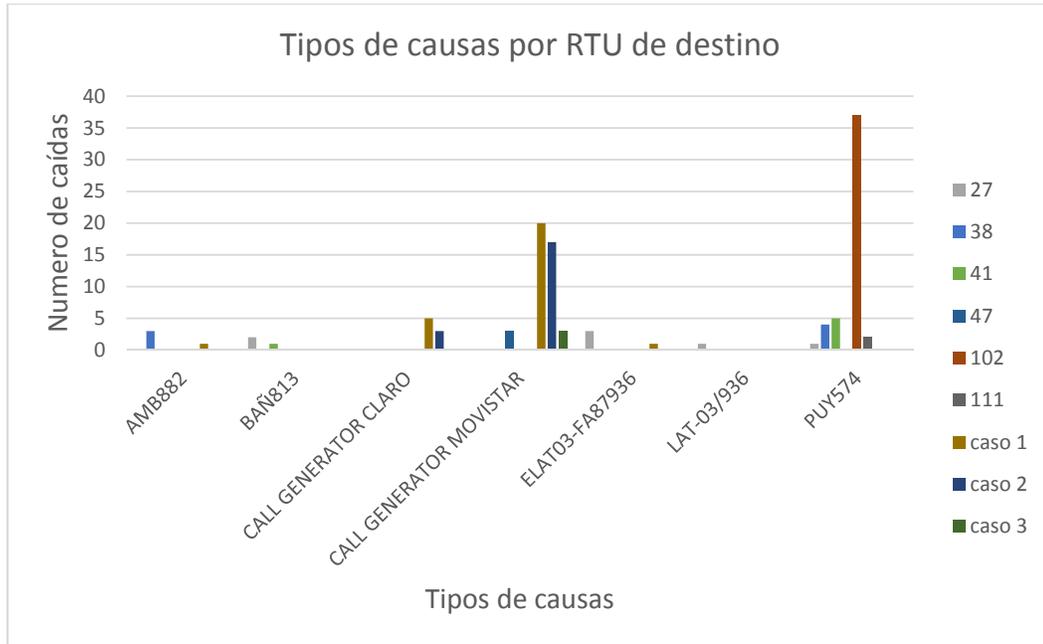


Figura 30-5 Total de llamadas caídas por RTU de destino

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

Tabla 3-5: Resumen de llamadas caídas por RTU de destino

RTU DESTINO	TIPO DE CAUSA									Total general
	27	38	41	47	102	111	caso 1	caso 2	caso 3	
AMB882		3					1			4
BAÑ813	2		1							3
CALL GEN CLARO							5	3		8
CALL GEN MOVISTAR				3			20	17	3	43
ELAT03-FA87936	3						1			4
LAT-03/936	1									1
PUY574	1	4	5		37	2				49
Total general	7	7	6	3	37	2	27	20	3	112

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

5.4 Porcentajes de llamadas caídas

Mediante las Resoluciones TEL-042-01-CONATEL-2014 y TEL-458-16-CONATEL-2014, se aprobó “los parámetros del Informe Ampliatorio relacionado con la revisión y actualización de parámetros de calidad del servicio móvil avanzado, en el cual se establece el Código 5.8 (1.8) con el nombre de Porcentaje de llamadas caídas”.

Como definición se establece: “Porcentaje de llamadas caídas, con respecto al número total de llamadas establecidas, medidos por zona de medición por cada tecnología (2G y 3G), en la cuarta mayor hora cargada del mes (carga normal). Una llamada será considerada como caída cuando luego de establecida no puede mantenerse por causas atribuibles a la red en evaluación”.

Dicha resolución establece como valor objetivo que el porcentaje de llamadas caídas debe ser menor a o igual a 2 %.

Además, se ha reglamentado que “El parámetro de calidad y el valor objetivo, así como las demás especificaciones establecidas son de obligatorio cumplimiento de parte del prestador del SMA, independientemente de que el servicio se sustente en acuerdos o contratos suscritos con terceros, conforme la legislación aplicable”.

La Tabla 4-5, resume el número total de llamadas realizadas de cada uno de los composites (tareas de medición) y las llamadas caídas por cada operadora, datos que permiten determinar los porcentajes de llamadas caídas para el presente trabajo de investigación.

De acuerdo a la Legislación vigente, un parámetro de análisis de calidad del servicio móvil avanzado establece como permisible un porcentaje máximo de llamadas caídas del 2%.

De los datos encontrados e indicados en la Tabla 4-5, las 3 operadoras presentan porcentajes de llamadas caídas muy por debajo de máximo establecido; por lo que, este indicador no es un parámetro que incida negativamente en la calidad de servicio que recibe el abonado de cada operadora.

Sin embargo, de lo indicado en el párrafo anterior, durante el mes de abril del presente año, ARCOTEL de acuerdo a su planificación anual de control de la calidad de servicio móvil avanzado, realizó mediciones drive test a las zonas urbanas 5 y 6 de la ciudad de Riobamba para verificar el cumplimiento del porcentaje de cobertura (NIVEL MINIMO DE SEÑAL EN COBERTURA), donde la Tabla 5-5 resume los resultados encontrados.

Tabla 4-5: Porcentaje de llamadas caídas por operadora

Composite	Número de llamadas	Operadora origen	Llamadas por operadora	Caídas totales	Operadora destino	Caídas por operadora	Porcentajes de caídas
Caídas oct 882	10000	1	3504	21	1	10	0,29
		2	3036		2	0	0,00
		3	3460		3	11	0,32
Caídas oct 944	10000	1	3761	0	1	0	0,00
		2	2667		2	0	0,00
		3	3572		3	0	0,00
Caídas 882 nov	34516	1	12533	13	1	2	0,02
		2	10538		2	9	0,09
		3	11445		3	2	0,02
Caídas 944 nov	24742	1	9523	0	1	0	0,00
		2	6521		2	0	0,00
		3	8698		3	0	0,00
Caídas oct 137	8597	1	3502	54	1	11	0,31
		2	3481		2	43	1,24
		3	1614		3	0	0,00
Caídas oct 207	8580	1	3269	0	1	0	0,00
		2	3262		2	0	0,00
		3	2049		3	0	0,00
Caídas dic 882	10000	1	3491	24	1	7	0,20
		2	3113		2	8	0,26
		3	3396		3	9	0,27
Caídas dic 944	10000	1	3265	5	1	1	0,03
		2	3461		2	0	0,00
		3	3274		3	4	0,12
mt1 HEA-822	1766	1	588	1	1	0	0,00
		2	586		2	1	0,17
		3	592		3	0	0,00

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

De los resultados se desprende que las operadoras 2 y 3 no cumplen en la tecnología 2G el parámetro RXLevSub mínimo establecido en la reglamentación vigente. Solo la operadora 1 en la zona 5 cumple con el parámetro mínimo RXLevSub.

Para mediciones en la tecnología 3G, ninguna de las operadoras 1 y 2 en las zonas 5 y 6 cumplen con los parámetros mínimos Ec/Io y RSCP.

La operadora 3 solicitó que el parámetro de prueba de calidad de SMA para WCDMA se realice en el año 2018, motivo por el cual no se realizó las mediciones en este año; sin embargo, debido

a que la operadora 3 utiliza la infraestructura de la operadora 2 se tendría malos resultados de calidad de servicio en dicha operadora.

Tabla 5-5: Mediciones de calidad de servicio respecto a valores mínimos

ZONA DE MEDICION	OPERADORA	TECNOLOGIA		
		2G	3G	
5	1	Si cumple RXLevSub	No cumple Ec/Io	No cumple RSCP
	2	No cumple RXLevSub	No cumple Ec/Io	No cumple RSCP
	3	No cumple RXLevSub	No hay mediciones	No hay mediciones
6	1	No cumple RXLevSub	No cumple Ec/Io	No cumple RSCP
	2	No cumple RXLevSub	No cumple Ec/Io	No cumple RSCP
	3	No cumple RXLevSub	No hay mediciones	No hay mediciones

Realizado por: Toalombo, Mauricio, 2017

CONCLUSIONES

Factores responsables de la caída de llamada

Debido al aumento de la demanda de servicios y aplicaciones que usan los usuarios de las redes celulares, y para dar cabida a más número de usuarios, el tamaño de las celdas en las redes celulares se está reduciendo especialmente en las zonas urbanas. Debido a estos factores, se está produciendo un mayor número de traspasos (handover), lo que incrementa la probabilidad de caída de llamadas. Además, si no se dispone de canales suficientes para nuevas llamadas, también aumenta la probabilidad de bloqueo para llamadas que se intentan concretar. La caída de llamadas durante el traspaso es menos deseable que el bloqueo de nuevas llamadas.

Por lo analizado en el presente trabajo de investigación, las llamadas caídas son aquellas que se han establecido correctamente pero que no llegan a terminarse de forma normal antes de que haya expirado la duración especificada en la orden de trabajo programada durante una prueba. Las plataformas de análisis de calidad de servicio de sistemas inalámbricos como el utilizado por el Organismo de Control ARCOTEL, permite obtener la mensajería cursada en el interfaz aire (enlace radioeléctrico) entre la red de la operadora y el terminal del abonado, mensajería que permite determinar y tipificar que una llamada se ha caído, procediéndose a una liberación forzada de los recursos utilizados para la llamada en curso.

La probabilidad de llamada caída es uno de los Indicadores (KPI) utilizados por varias operadoras de servicios para medir la calidad de servicio (QoS). Generalmente se refiere al fenómeno de las llamadas que caen tanto en redes de voz como de datos.

La estructura de las redes inalámbricas (redes celulares) está constituidas por enlaces de radio (enlaces propios) que incluyen también el hardware y el software de conmutación, y la base de datos de gestión. Sin embargo, la tasa de caída de llamadas es principalmente determinada por los recursos de los enlaces de radio en la red. Estos recursos están constituidos esencialmente en los canales de operación que comparten un ancho de banda común a través de un proceso conocido como reutilización de frecuencias.

La probabilidad de llamada caída también puede estar influenciada por la intensidad de tráfico y parámetros adicionales como la tasa de llamada concretada y la duración de la llamada. Teóricamente, la probabilidad de llamada caída se puede definir como tráfico Perdido / tráfico ofrecido.

Debido a que las llamadas caídas puede deberse a muchos factores que pueden ser causados por el gran tráfico de la red con la consecuente escasez de canales de tráfico, interferencias, traspasos fallidos, problemas diversos dentro del core de la operadora, falta de cobertura o problemas del móvil. Estas situaciones son recogidas por la plataforma de análisis de calidad de servicio TEMS DISCOVERY, codificando los diferentes tipos de caídas, los cuales pueden ser muy específicos y a la vez esporádicos. El propósito de este trabajo de investigación ha sido determinar todos tipos de causas que originar llamadas caídas, motivo por lo cual al tomar una muestra específica de llamadas caídas del total de llamadas establecidas, se corre el peligro de descartar algunos tipos de caídas que no formen parte de la muestra.

Por lo indicado en el párrafo anterior, se ha establecido un universo mayor de medición, para lo cual se ha considerado los resultados de tareas de mediciones programados en RTUs durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2016. De este conjunto de llamadas, se ha extraído las llamadas caídas, para luego con el análisis de mensajería, con el software de pos-procesamiento, en los protocolos del interfaz aire, determinar las causas que producen las llamadas caídas.

Al tomar un universo mayor de llamadas tanto de las establecidas como caídas dentro de un periodo de tres meses de medición, lo que se ha pretendido no es evaluar el porcentaje de cumplimiento de cada operadora respecto al Parámetro codificado 5.8 (1.8) con el nombre de "Porcentaje de llamadas caídas", parámetro que le corresponde evaluar al Organismo de Control que para el Ecuador es ARCOTEL. Lo que se ha perseguido es determinar todos los tipos de llamadas caídas que se originan en cada una de las operadoras y con estos datos determinar las causas específicas.

Resultados de las tareas de medición

De los resultados de las tareas de llamadas programadas y ejecutadas, se resalta lo siguiente:

Para llamadas on-net, la operadora 2 registra el mayor número de caídas con un total de 48 llamadas, de las cuales 20 corresponden al denominado "caso 1" y 17 para el denominado "caso 2".

Para llamadas off-net, los registros de la operadora 1 hacia la operadora 2 y de la operadora 3 hacia la operadora 2 registran el mayor número de caídas con 20 llamadas para cada enrutamiento. Donde la causa 102 es la predominante y donde el destino es la operadora 2.

Los resultados obtenidos sobre el tipo de llamadas on-net y off-net de manera individual indican que el mayor número de llamadas caídas se han ocasionado en la red de la operadora 2.

Al analizar las llamadas on-net y off-net de manera conjunta para cada una de las operadoras, los resultados indican que la operadora 2 registra el mayor número total de caídas con 51, mientras que la operadora 1 registra 31 caídas, y la operadora 3 registra 30 caídas.

Al analizar globalmente las llamadas caídas, se determina que las causas más comunes son:

Mayores llamadas caídas

- 1.- Causa 102 con 37 llamadas caídas
- 2.- El denominado “caso 1” con 27 llamadas caídas
- 3.- El denominado “caso 2” con 20 llamadas caídas

De manera similar, las causas menos comunes son:

- 1.- Causa 111 con 2 llamadas caídas
- 2.- Causa 47 y el denominado “caso 3” con 3 llamadas caídas

Para una de las causas más frecuentes y que corresponde a la codificación 102, se debe analizar las estadísticas de la red para poder determinar en qué parte del core se está produciendo este error. Esta información solo la conoce la operadora y no está al alcance de las tareas que ejecuta el Organismo de Control ARCOTEL, por lo tanto, con los resultados de las tareas de medición que despliega la Plataforma Sistema Autónomo de Medición de Redes Móviles SAMM al entregar mensajería del interfaz aire no permite conocer las causas de las llamadas caídas que se origina por situaciones propias del core de cada operadora.

Para otra causa más frecuente de llamadas caídas y que corresponden a lo que hemos denominado “caso 1” al analizar la pestaña Time-series Chart de la aplicación TEMS DISCOVERY, en la cual se muestra los gráficos en función del tiempo de los del comportamiento de los parámetros Agg Active Ec/Io (Relación energía del canal a Ruido de la conexión actual de la llamada y registrada en color azul) y del Agg Non-Active Ec/Io (Relación Energía del canal a ruido del vecino con mejor nivel, registrada en color verde), se determina que este tipo de llamada caída es ocasionada porque no existe ningún tipo de señalización, situación ocasionada por una pérdida momentánea de cobertura en el sitio de la medición.

Adicionalmente para la causa de llamadas caídas y que corresponden a lo que hemos denominado “caso 2”, al analizar la pestaña Time-series Chart de la aplicación TEMS DISCOVERY, en la cual se muestra los gráficos en función del tiempo de los del comportamiento de los parámetros Agg Active Ec/Io (Relación energía del canal a Ruido de la conexión actual de la llamada y registrada en color azul) y del Agg Non-Active Ec/Io (Relación Energía del canal a ruido del vecino con mejor nivel, registrada en color verde), se determina que este tipo de caída se produce por una mala configuración de los parámetros de traspaso (handover) que no permiten que el mismo se inicie.

El problema de mala o deficiente cobertura determinado, puede deberse a factores como cobertura insuficiente de subida o bajada basado en la potencia del canal dedicado, celdas vecinas incorrectamente configuradas, proceso de traspaso (handover) incompleto por entorno de radio sujeto a interferencias y errores de ingeniería dentro de la red de una determinada operadora. En general se puede afirmar que, si los niveles del RSCP y Ec / Io de la celda con la mejor cobertura son pobres, se puede inferir que la cobertura es mala.

Al analizar los datos por RTU de origen, se determina que la RTU MS27137 registra el mayor número de llamadas caídas, lo que indica que la ubicación indoor donde se encuentra la mencionada estación probablemente no es óptima, situación que podría deberse a factores de atenuación ocasionada por los materiales que conforman la edificación donde se encuentra ubicada.

Al analizar los datos por RTU de destino, se determina que el mayor número de llamadas caídas se produce cuando el destino es el Call Generator de la operadora 2, lo que sugiere que esta opción está mal configurada.

Del total de llamadas recopiladas, no existen registros de llamadas caídas en la tecnología GSM y todas las caídas se han originado en la tecnología UMTS.

A pesar de las diversas causas de las llamadas caídas encontradas, los porcentajes de llamadas caídas por operadora indicadas en la Tabla 4.5 y que son inferiores al 2 % establecido como límite en la legislación vigente, concluyen que este fenómeno no afecta significativamente la calidad de servicio que brindan las 3 operadoras en la ciudad de Riobamba.

RECOMENDACIONES

Razones de las llamadas caídas

Hay un conjunto de situaciones por las que una llamada celular podría caerse, estas pueden ser categorizadas por problemas de la red de la operadora, problemas en el entorno local y, también por problemas específicamente del terminal del usuario. Describiremos cada uno de ellos con detenimiento.

La red celular se compone de una gran variedad de torres celulares con las cuales el móvil se comunica con el fin de establecer y mantener una llamada telefónica. El terminal móvil se conecta automáticamente a la torre (celda) más cercana cuando está realizando una llamada, y continúa comunicándose con esa celda siempre y cuando siga siendo la más cercana en su entorno. Por las condiciones propias del servicio; al moverse, ya sea caminando, conduciendo o con otro medio de movimiento, el terminal probablemente se moverá hasta quedar fuera del alcance de su celda más cercana, y en ese momento la red gestionará una transferencia “moviendo” su llamada a la nueva celda más cercana. La mayoría de las veces este traspaso ocurrirá sin inconvenientes, pero ocasionalmente se generarán errores y la llamada en curso será eliminada durante el traspaso. Esta complicación puede deberse a situaciones de alto tráfico celular en cualquiera de las celdas involucradas o fallas en el software de la operadora. Estos son los problemas que se generan en el lado de la operadora, y aunque es un inconveniente, obliga a la necesidad de realizar una nueva llamada, y para este nuevo caso es de esperar que no se ocasione ningún problema.

Otra razón muy común que ocasiona llamadas perdidas es cuando el usuario se encuentra en un área sin recepción, conocida como "zona muerta". Existen zonas muertas por diferentes razones. En áreas remotas, hay amplias franjas de zonas muertas donde no hay cobertura disponible de celdas debido a que hay muy pocos habitantes o viajeros. Las zonas desérticas son un gran ejemplo de un entorno en el que existe un gran número de zonas muertas. En las zonas más pobladas, las zonas muertas pueden todavía existir debido a torres alineadas incorrectamente, lo que resulta en áreas que no reciben cobertura adecuada, así como en lugares obstruidos por obstáculos como colinas, montañas, árboles, edificios grandes, etc. Finalmente, las zonas muertas se encuentran a menudo bajo tierra, como en las líneas de metro, sótanos y garajes de estacionamiento.

Aparte de las zonas muertas, el entorno local también puede tener un efecto sobre las llamadas caídas. La causa principal de mala recepción en el área local es muy probablemente el tipo de

materiales de construcción utilizados en el hogar u oficina. Materiales como malla de alambre, hoja de metal, tipos de aislamiento, hormigón armado, y más, todos contribuyen a la degradación de la señal y a la consecuente pérdida de una llamada. Si una señal de teléfono celular se degrada demasiado y se pierden mensajes de señalización durante la comunicación, es muy probable que la conexión se termine y la llamada se caiga, incluso si el teléfono muestra en su display que todavía tiene señal.

Finalmente, el propio terminal móvil puede ser la causa de las llamadas caídas. Si el equipo tiene su antena dañada, puede experimentar malas recepciones de señal, y por lo tanto, pérdida de datos y frecuentes llamadas perdidas. Las llamadas interrumpidas y otros problemas pueden también ocurrir si el software de roaming del equipo no está actualizado o si se ha dañado de alguna manera. Por último, un teléfono celular requiere una alimentación de energía de calidad para mantener una conexión estable durante una llamada; por lo que, si su batería se está agotando, la probabilidad de que se produzca una caída de llamada se incrementa.

En general, hay una serie de factores relacionados con la ubicación de un terminal respecto a una celda que están fuera de las acciones de control y que inciden en las llamadas caídas, pero también hay algunos factores que se pueden cambiar. En la siguiente sección, cubriremos cómo resolver los problemas que se pueden controlar para disminuir el número de llamadas perdidas que experimenta.

Soluciones para disminuir llamadas caídas

Si un usuario suele experimentar llamadas caídas mientras está dentro de su casa u oficina, y tiene una buena señal de teléfono celular fuera del edificio, entonces las probabilidades son que su problema está relacionado con los materiales utilizados en la construcción del edificio. Para esta situación, un amplificador de señal celular será la mejor opción para aumentar la señal del teléfono dentro del edificio y reducir el número de llamadas caídas. Esta solución debería ser implementada por la misma empresa operadora y no por el usuario, motivo por lo cual, se debería incorporar en la legislación vigente este tipo de solución para ambientes indoor.

Esta solución básicamente disminuye la causa de la mala recepción y proporciona una señal amplificada a la zona de necesidad. La única limitación para usar un amplificador de señal celular es que debe ser capaz de colocar una antena exterior en un área que tenga una buena señal. Si un usuario reside o trabaja en un área que tiene una señal irregular o inexistente, entonces un refuerzo de señal con un amplificador no solucionará el problema.

Si un usuario rutinariamente sufre de caídas de llamadas, pero otras personas cercanas a el que reciben el servicio de la misma operadora no sufren de este problema, entonces es muy probable que el teléfono celular sea la causa del problema. La mejor opción es ponerse en contacto con el proveedor del servicio para solicitar una revisión del equipo. El proveedor será capaz de determinar si el problema consiste de una mala antena, software o si es algún otro problema.

Se recomienda realizar mediciones de la calidad de servicio en el interior y exterior de los sitios donde se encuentran instaladas las RTUs, ya que, si los materiales del entorno perjudican la recepción al generar atenuaciones excesivas, los porcentajes de llamadas caídas se verán aumentados. De existir grandes diferencias de señal entre el interior y exterior, deberá plantearse la necesidad de reubicar los equipos de medición, o adecuar el sistema de antenas que poseen los equipos para lograr recepciones aceptables.

Para determinar de manera más específica en que parte del core se producen las llamadas caídas dentro de la red de una operadora de interés, es necesario que se den acuerdos entre el Organismo de Control y las operadoras. Esto permitirá por un lado encontrar soluciones que solo la operadora las puede realizar en su infraestructura, y por otro lado el Organismo de Control podrá mejorar la legislación vigente con el propósito de disminuir este parámetro de calidad de servicio.

BIBLIOGRAFÍA

AGUSTI, Ramon. (2010) LTE: NUEVAS TENDENCIAS EN COMUNICACIONES MOVILES, Fundación Vodafone España. [En línea]. [Consulta: 2017-04-03] Disponible en: http://www.fundacionvodafone.es/sites/default/files/libro_lte.pdf

HERNÁNDEZ CARDOSA, Amaterazú. (2003. pp. 91) Operación de una radio base celular cuando coexisten GSM & IS-54, IS-136. [En línea]. [Consulta: 2017-01-28] Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/hernandez_c_a/

ARCOTEL, ESTADÍSTICAS SMA. (2017) [En línea]. [Consulta: 2017-04-03] Disponible en: [web institucional arcotel.gob.ec](http://web.institucional.arcotel.gob.ec)

ASCOM TEMS PRESENTATION, web oficial www.ascom.com.

ASCOM (2011) TEMS AUTOMATIC Operator Console.

ASCOM (2011) TEMS Automatic Presentation.

ASCOM (2012) TEMS Discovery Device 10.0_commercial presentation.pdf

ASCOM TEMS (2012) Discovery Device 10.0 User Guide.

ASCOM (2014. pp. 33) Events in TEMS products.pdf.

BECVAR, Zdenek; MACH, Pavel; PRAVDA, Ivan. (2013. pp. 23, 25, 33, 43). Redes Móviles. Innovative Methodology for Promising VET Areas. Fakulta elektrotechnická. Primera edición. [En línea] [Consulta: 2017-03-16] Disponible en: http://improvet.cvut.cz/project/download/C4ES/Redes_moviles.pdf

CHEVALLIER, Christophe. (2006. pp. 10) WCDMA (UMTS) Deployment Handbook, Planning and Optimization Aspects, 1st Edition, John Wiley & Sons, Ltd.

CHETHAN, S. (2016) Call Drops: The Reasons and Possible Solutions to ensure #NoCallDrops. Disponible en <https://telecomtalk.info/call-drops-the-reasons-and-possible-solutions-to-ensure-nocalldrops/142422/>

DEL VALLE DÍAZ, Antonio. (2007. p. 47) Diseño, integración y optimización de estaciones base segunda generación. [En línea]. [Consulta: 2017-03-04] Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11980/>

DÍAZ POCASANGRE, José Adalberto. (2009. pp. 89) Estudio y planeación para la migración de una red de telefonía móvil de segunda generación (GSM/GPRS), a una red de tercera generación (UMTS/WCDMA) en la jurisdicción de El Salvador. (Tesis) (Pregrado) [En línea]. Universidad Francisco Gavidia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. [Consulta: 2017-02-21] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/282943525/Telecomunicaciones>

DIAZ MOTERO, Carlos. (2014 pp. 2, 25,36) Arquitectura de protocolos en la red de acceso UMTS. [En línea]. Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos [Consulta: 2017-03-25] Disponible en: <http://www.academia.edu/16312813/02-Arquitectura-red-acceso-UMTS-Carlos-Diaz-Motero>.

EBERSPACHER, Jorg. (2009. pp. 121 -131) GSM Architecture, Protocols and Services. 3rd Edition, John Wiley & Sons, Ltd.

Ecuador. AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES. (ARCOTEL). (2015) Ley Orgánica de Telecomunicaciones REGISTRO OFICIAL DEL ECUADOR, Tercer Suplemento, Registro Oficial 439, 18 de febrero de 2015). Quito-Ecuador. ARCOTEL.

Ecuador. AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES. (ARCOTEL). (2017) web institucional www.arcotel.gob.ec. Quito-Ecuador. ARCOTEL.

Ecuador. CONCEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. (CONATEL). (2012) REGLAMENTO PARA LA PRESTACION DEL SMA, Resolución 498-25-CONATEL-2012. Quito-Ecuador. CONATEL.

Ecuador. SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES. (SUPERTEL). (2012. N° 16) REVISTA INSTITUCIONAL. Quito-Ecuador. SUPERTEL.

Ecuador. SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES. (SUPERTEL). (2014. N°19. pp. 16 - 21) REVISTA INSTITUCIONAL. Quito-Ecuador. SUPERTEL.

FERNANDEZ OROZCO, Gabriela Paulina. (2013. pp. 55,76) Análisis de las mediciones de drive test realizadas por la SUPERTEL en la red de servicio móvil avanzado de la ciudad de

Riobamba para proponer mejoras en los niveles de cobertura y calidad de servicio. (Tesis) (Pregrado). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Informática y Electrónica. Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes. Riobamba-Ecuador [Consulta: 2017-01-05]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/browse?type=author&value=Fern%C3%A1ndez+Orozco%2C+Gabriela+Paulina>

FUERTES GUANGA, Maribel Geovanna. (2010 pp. 81) Estudio Técnico para la Recomendación de los Parámetros de Calidad de Servicio SMA sobre redes móviles UMTS en el Ecuador. (Tesis) (Pregrado). Escuela Politécnica del Ejército. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. Departamento de Eléctrica y Electrónica. Quito – Ecuador. [Consulta: 2017-02-16]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/975>

HERRADON DIEZ, Rafael. (2010. pp. 8-10, 28-35) Comunicaciones Móviles Digitales [En línea]. [Consulta: 2017-01-28] Disponible en: <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles-digitales/contenidos/Presentaciones/Introduccion-Moviles-dig-07.pdf>

HOLMA, Harri and TOSKALA, Antti. (2007. pp. 139) WCDMA for UMTS HSDPA Evolution and LTE. 4th Edition, John Wiley & Sons, Ltd.

HOLMA, Harri and TOSKALA, Antti. (2004. pp. 149, 181) WCDMA for UMTS Radio Access for Third Generation Mobile Communications, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Ltd.

MATENCIO HERNANDEZ, María Carmen. (2012. pp. 10) Avances recientes en telefonía móvil de cuarta generación. (Tesis) (Pregrado) [En línea]. Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones. Cartagena –Colombia [Consulta: 2017-02-10] Disponible en: http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/3201/4/TESIS_FINAL_factibilidades_solucioone_transaccionales_4G_Final.pdf

MENDIOROZ, Fernando. (2014. pp. 9,11) Telefonía Móvil Celular. Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Departamento de Telemática [En línea]. [Consulta: 2017-01-14] Disponible en: <https://es.slideshare.net/fernandomendioroz/telefon-mvil-celular-0-a-4g-lteadvanced>

MERA, Ismael. (2015. Cap. 4 pp. 2-21; cap. 5 pp. 4-8,25) Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones. [Consulta: 2017-02-01]

MORENO JIMÉNEZ, Celia. (2010). Campaña de Benchmarking: Cobertura de Telefonía Móvil en Entornos Indoor. (Tesis). (Pregrado) [En línea]. Universidad de Sevilla. Escuelas Superior de Ingenieros. Sevilla-España. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11909/direccion/Volumen+1%252F>

MOSES, Adam. (2011) Tems umts drop and drop calls. Disponible en: <http://telecomfunda.com/forum/showthread.php?24525-Tems-umts-drop-and-drop-calls>

NAREN, Mohan. (2006. pp. 10-24) ERICSSON, Layer 3 Messaging and Call Procedures. [En línea]. [Consulta: 2017-02-15] Disponible en: https://www.google.com/search?scient=psy-ab&client=firefox-b&q=NAREN+Mohan+ERICSSON+Layer+3+Messaging+and+Call+Procedures&oq=NAREN+Mohan+ERICSSON+Layer+3+Messaging+and+Call+Procedures&gs_l=serp.12...328253.342489.0.344511.22.22.0.0.0.157.2843.0j22.22.0...0...1.1.64.psy-ab..0.0.0.C7cTCuKFE8A&pbx=1&bav=on.2,or.&biw=1252&bih=604&ech=1&psi=RCZEWai6OYTtmAGdm6noAQ.1497638135590.3&ei=RCZEWai6OYTtmAGdm6noAQ&msg=NCSR&noj=1&gfe_rd=cr

NEIRA SAONA, Francisco Celso. (2015. pp. 27) Análisis y Determinación de la Calidad del Servicio de Telefonía Móvil Celular ofrecido por las Operadoras Celulares en la ciudad de Guayaquil a través de Drive test. (Tesis) (Posgrado) [En línea] Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Sistema de Posgrado. Maestría en Telecomunicaciones. Guayaquil- Ecuador. [Consulta: 2017-02-023] Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/3645>

QURESHI, Usman. (2014) UMTS system architecture protocols & processes. [En línea]. [Consulta: 2017-02-19] Disponible en: <http://docslide.us/technology/umts-system-architecture-protocols-processes.html>

RENDON, Álvaro (2013. pp. 37) Sistemas de Conmutación Telefonía Móvil [En línea]. [Consulta: 2017-02-24] Disponible en: <http://dtm.unicauca.edu.co/pregrado/conmutacion/transp/5-TelefoniaMovil.pdf>

RF Wireless World (2012), RF & Wireless Vendors and Resources. GSM Tutorial. Disponible en www.rfwireless-world.com.

ROBLEDO RAMOS, Carlos. (2007. pp. 10, 22) Introducción a la Telefonía Celular. (Tesina) (Pregrado) [En línea]. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacan. México, D.F.- México. [Consulta: 2017-01-12] Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/6895/1/ice%20181.pdf>

RODRÍGUEZ, Paco. (2011). Sistemas de comunicaciones móviles: de la tercera a la cuarta generación. [En línea]. [Consulta: 2017-01-28] Disponible en <https://www.xatakamovil.com/conectividad/sistemas-de-comunicaciones-moviles-de-la-tercera-a-la-cuarta-generacion>

SÁNCHEZ GÓMEZ, Patricia María. (2005. pp. 44). Análisis del desempeño de las redes celulares GSM-GPRS. (Tesis) (Pregrado) [En línea]. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. México, D.F.- México [Consulta: 2017-01-28] Disponible en: http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis_Patricia_Sanchez.pdf

SINGH, Gulzar. (2011). How to reduce Call Drops In a GSM Network. Disponible en <https://sites.google.com/site/techafiacom/classroom-news/reminderoffieldtripnextweek>

THE INTERNATIONAL ENGINEERING CONSORTIUM. (2008) ProForum Tutorials UMTS Protocols and Protocol Testing. Web oficial www.iec.org. [En línea]. Chicago, IL 60601 USA [Consulta: 2017-03-29] Disponible en: http://www.academia.edu/9616768/Web_ProForum_Tutorials_UMTS_Protocols_and_Protocol_Testing

ULRICH, Turke. (2007 pp. 36) Efficient methods for WCDMA Radio Network Planning and Optimization. Mobile Research Center.

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (1998) Recomendación ITU T Q.850 Serie Q Conmutación y Señalización. Sistema de señalización digital de abonado N° 1 - Generalidades. Utilización de los elementos de información causa y ubicación en el sistema de señalización digital de abonado N.º 1 y en la parte usuario de RDSI del sistema de señalización N.º 7. Disponible en <http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.850-199805-I/es>

VILLACREZ CAICHO, Diego Rodolfo. (2013. pp. 21-34) Planificación y Optimización de Redes Móviles con Herramientas de Software Libre. (Tesis). (Posgrado). [En línea]. Universidad de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Master Universitario en Ingeniería de Telecomunicación. Valencia- España. [Consulta: 2017-02-14] Disponible en: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1222/1/T-SENESCYT-000353.pdf>

ZTE UMTS Radio Network Planning & Optimization Department. (2011). UMTS CS Call Drop Analysis Guide ZTE [En línea] [Consulta: 2017-01-21] Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/49464767/UMTS-CS-Call-Drop-Analysis-Guide-zte>

3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT. (2015). 3GPP TS 24.008 V13.4.0 Mobile Radio Interface Layer 3 Specification; Core network protocols (Release 13) Annex H (informative) 3GPP specific cause values for call control.

ANEXO A Listado de llamadas caídas recopiladas

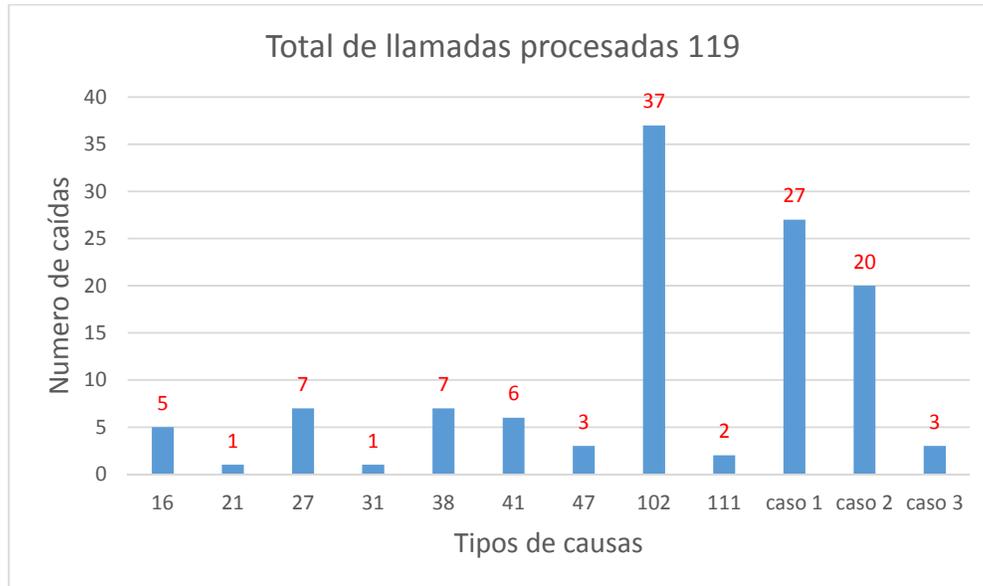
Operadora origen	Numero origen	Operadora destino	Numero de destino	Tecnología	CLASE	Fecha	Tipo codificado	COMPOSITE	RTU ORIGEN	Logfile	RTU DESTINO
1	0985035001	2	0984663503	wcdma	Off net	15/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	12HXN1_161215_140335_EQ1	PUY574
1	0985035001	2	0984663503	wcdma	Off net	15/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	1EX25L_161215_194750_EQ1	PUY574
2	0984539574	2	0984663503	wcdma	On net	2/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	1H873J1_161202_090527_EQ1	PUY574
3	0996326107	2	0984663503	wcdma	Off net	5/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	1L0YBIG_161205_004954_EQ1	PUY574
3	0996326107	2	0984663503	wcdma	Off net	6/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	1NH4EIK_161206_175854_EQ1	PUY574
1	0985035001	2	0984663503	wcdma	Off net	6/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	1NNY3IC_161206_210842_EQ1	PUY574
1	0985035001	2	0984663503	wcdma	Off net	9/12/2016	38	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	1RCT92J_161209_110839_EQ1	PUY574
1	0985035001	2	0984663503	wcdma	Off net	10/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	1T2G5PG_161210_155315_EQ1	PUY574
3	0996326107	2	0984663503	wcdma	Off net	11/12/2016	41	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	1U27INY_161211_083506_EQ1	PUY574
1	0985035001	2	0984663503	wcdma	Off net	11/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	1UKT7ZL_161211_171733_EQ1	PUY574
3	0996326107	2	0984663503	wcdma	Off net	12/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	1VN65V9_161212_111029_EQ1	PUY574
2	0984539574	1	0985035097	wcdma	Off net	13/12/2016	38	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	1WZQP89_161213_094933_EQ1	PUY574
3	0996326107	2	0984663503	wcdma	Off net	14/12/2016	41	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	1YF7746_161214_094946_EQ1	PUY574
2	0984539574	1	0985035097	wcdma	Off net	16/12/2016	38	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	2E04UI_161216_121122_EQ1	PUY574
1	0985035001	1	0985035097	wcdma	On net	17/12/2016	111	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	429ZK3_161217_162045_EQ1	PUY574
3	0996326107	2	0984663503	wcdma	Off net	18/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	5A80TG_161218_125040_EQ1	PUY574
3	0996326107	2	0984663503	wcdma	Off net	18/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	5FS4CD_161218_152326_EQ1	PUY574
3	0996326107	2	0984663503	wcdma	Off net	19/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	6Z8SNQ_161219_171743_EQ1	PUY574
2	0984539574	2	0984663503	wcdma	On net	20/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	864QOY_161220_131718_EQ1	PUY574
3	0996326107	2	0984663503	wcdma	Off net	22/12/2016	102	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	B51NKG_161222_151118_EQ1	PUY574
2	0984539574	2	0984082957	wcdma	On net	24/12/2016	38	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	D6YUSY_161224_013809_EQ1	AMB882
3	0996326107	3	0996326012	wcdma	On net	24/12/2016	caso 1	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	DB0RTL_161224_033138_EQ1	AMB882
2	0984539574	2	0984082957	wcdma	On net	24/12/2016	38	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	DG59WY_161224_055544_EQ1	AMB882
2	0984539574	2	0984082957	wcdma	On net	29/12/2016	38	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	KJM7WN_161229_050719_EQ1	AMB882
3	0996916235	3	0996915213	wcdma	On net	24/12/2016	caso 1	Caidas dic 944	ERIO06-FS87944	DB0XF_161224_033149_EQ1	ELAT03-FA87936
3	0996916235	3	0996915213	wcdma	On net	24/12/2016	27	Caidas dic 944	ERIO06-FS87944	DG4072_161224_055903_EQ1	ELAT03-FA87936
1	0985026934	1	0985026879	wcdma	On net	29/12/2016	27	Caidas dic 944	ERIO06-FS87944	KJWY22_161229_051629_EQ1	LAT-03/936
3	0996916235	3	0996915213	wcdma	On net	28/12/2016	27	Caidas dic 944	ERIO06-FS87944	J9QB0K_161228_074647_EQ1	ELAT03-FA87936
3	0996916235	3	0996915213	wcdma	On net	30/12/2016	27	Caidas dic 944	ERIO06-FS87944	MQJMBE_161230_180202_EQ1	ELAT03-FA87936

3	0996326012	1	0985035097	wcdma	Off net	1/11/2016	41	CAIDAS 882 NOV	EAMB02-FA87882	9A0USS_161101_145100_EQ1	PUY574
3	0996326012	2	0984663503	wcdma	Off net	2/11/2016	102	CAIDAS 882 NOV	EAMB02-FA87882	AS802D_161102_160832_EQ1	PUY574
1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	4/11/2016	102	CAIDAS 882 NOV	EAMB02-FA87882	CXZAVY_161104_042556_EQ1	PUY574
1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	4/11/2016	102	CAIDAS 882 NOV	EAMB02-FA87882	DTFB5P_161104_190443_EQ1	PUY574
3	0996326012	2	0984663503	wcdma	Off net	5/11/2016	102	CAIDAS 882 NOV	EAMB02-FA87882	EMECD1_161105_083746_EQ1	PUY574
3	0996326012	2	0984663503	wcdma	Off net	6/11/2016	102	CAIDAS 882 NOV	EAMB02-FA87882	GUTAS8_161106_220910_EQ1	PUY574
1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	9/11/2016	102	CAIDAS 882 NOV	EAMB02-FA87882	JVTK0T_161109_005829_EQ1	PUY574
2	0984082957	3	0996326119	wcdma	Off net	9/11/2016	102	CAIDAS 882 NOV	EAMB02-FA87882	KK9OBU_161109_122332_EQ1	PUY574
1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	12/11/2016	102	CAIDAS 882 NOV	EAMB02-FA87882	PDQHTW_161112_212055_EQ1	PUY574
3	0996326012	3	0996153688	wcdma	On net	15/11/2016	27	CAIDAS 882 NOV	EAMB02-FA87882	T8D7PW_161115_135904_EQ1	BAÑ813
1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	15/11/2016	102	CAIDAS 882 NOV	EAMB02-FA87882	TBO9U2_161115_153202_EQ1	PUY574
3	0996326012	1	0985035097	wcdma	Off net	15/11/2016	111	CAIDAS 882 NOV	EAMB02-FA87882	TIW39F_161115_185356_EQ1	PUY574
1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	17/11/2016	102	CAIDAS 882 NOV	EAMB02-FA87882	VM2VQM_161117_055906_EQ1	PUY574
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	6/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	16X9E5V_161006_105646_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	6/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	16XC6FR_161006_105646_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	6/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	16XNBLV_161006_110618_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	6/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	16XQ3YT_161006_110844_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	6/10/2016	47	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	16YNJKX_161006_113830_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	10/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1CGUSCC_161010_081045_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	10/10/2016	caso 3	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1CINTGC_161010_091804_EQ1	CALL GENERATOR 2
1	0982874769	1	0985399696	wcdma	On net	10/10/2016	16	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1CJ9UKA_161010_091813_EQ1	CALL GENERATOR 1
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	10/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1CN5FHE_161010_110836_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	10/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1CNB03K_161010_110627_EQ1	CALL GENERATOR 2
1	0982874769	1	0985399696	wcdma	On net	10/10/2016	16	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1CO86B6_161010_114013_EQ1	CALL GENERATOR 1
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	10/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1CO8FLX_161010_114013_EQ1	CALL GENERATOR 2
1	0982874769	1	0985399696	wcdma	On net	10/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1CQS4KG_161010_124244_EQ1	CALL GENERATOR 1
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	12/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1FFT16A_161012_104624_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	12/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1FGA7UA_161012_104625_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	12/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1FHG0N5_161012_104629_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	12/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1FOFAXW_161012_135720_EQ1	CALL GENERATOR 2
1	0982874769	1	0985399696	wcdma	On net	12/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1G0X88W_161012_195051_EQ1	CALL GENERATOR 1
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	12/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1GIJMRO_161012_200505_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	12/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1G28PKT_161012_211402_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	13/10/2016	47	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1GWJOAY_161013_103351_EQ1	CALL GENERATOR 2
1	0982874769	1	0985399696	wcdma	On net	13/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTSS-MS27137	1GZ67L1_161013_114618_EQ1	CALL GENERATOR 1

2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	13/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1H2QBU1_161013_133027_EQ1	CALL GENERATOR 2
1	0982874769	1	0985399696	wcdma	On net	13/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1H2QCLT_161013_133027_EQ1	CALL GENERATOR 1
1	0982874769	1	0985399696	wcdma	On net	13/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1H2TPLI_161013_132950_EQ1	CALL GENERATOR 1
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	14/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1H2ZH2M_161014_082412_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	13/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1H3IZHL_161013_135501_EQ1	CALL GENERATOR 2
1	0982874769	1	0985399696	wcdma	On net	14/10/2016	16	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1IEDK46_161014_114107_EQ1	CALL GENERATOR 1
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	14/10/2016	caso 3	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1IEOVL1_161014_115055_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	14/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1IY4NR_161014_135434_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	14/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1IM683R_161014_155240_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	14/10/2016	caso 3	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1IMK60T_161014_155241_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	19/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1PF2RE0_161019_093733_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	19/10/2016	47	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1PH7OHT_161019_103251_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	19/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1PHAGTI_161019_103548_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	19/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1PKPR86_161019_121752_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	19/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1PKVB8W_161019_121752_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	19/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1PL0VKF_161019_123744_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	19/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1PLSQWJ_161019_124220_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	19/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1PMZLSU_161019_131522_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	21/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1S9QEPP_161021_095740_EQ1	CALL GENERATOR 2
1	0982874769	1	0985399696	wcdma	On net	21/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1S9WPLC_161021_095740_EQ1	CALL GENERATOR 1
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	21/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1SCDWRR_161021_104349_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	21/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1SKEIAV_161021_143007_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	21/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1SPFTOS_161021_165001_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	21/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1SPQYOT_161021_165644_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	24/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1WVGJUY_161024_105939_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	24/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1WO8MU8_161024_112441_EQ1	CALL GENERATOR 2
1	0982874769	1	0985399696	wcdma	On net	24/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1WUYK66_161024_143840_EQ1	CALL GENERATOR 1
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	24/10/2016	caso 2	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1WV71F1_161024_144505_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	24/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1WVFEGO_161024_145147_EQ1	CALL GENERATOR 2
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	24/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1X1AI0K_161024_182210_EQ1	CALL GENERATOR 2
1	0982874769	1	0985399696	wcdma	On net	24/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1X2ZI77_161024_181659_EQ1	CALL GENERATOR 1
2	0958925797	2	0958664402	wcdma	On net	25/10/2016	caso 1	caidas oct 137	EUMTS5-MS27137	1YCNPCX_161025_153618_EQ1	CALL GENERATOR 2
1	0985034460	3	0996326119	wcdma	Off net	12/10/2016	16	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1FIWS4Q_161012_121134_EQ1	PUY574
1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	14/10/2016	102	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1I2EQSA_161014_060456_EQ1	PUY574
1	0985034460	3	0996326119	wcdma	Off net	14/10/2016	27	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1IKY50I_161014_144405_EQ1	PUY574

1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	16/10/2016	102	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1KXI3U0_161016_061120_EQ1	PUY574
1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	18/10/2016	102	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1O4UPAR_161018_120236_EQ1	PUY574
3	0996326012	2	0984663503	wcdma	Off net	19/10/2016	102	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1Q3ICGU_161019_204424_EQ1	PUY574
3	0996326012	2	0984663503	wcdma	Off net	20/10/2016	16	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1QS7AYO_161020_082753_EQ1	PUY574
3	0996326012	2	0984663503	wcdma	Off net	21/10/2016	102	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1RCOWUF_161021_034517_EQ1	PUY574
1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	22/10/2016	102	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1TY1F4E_161022_133630_EQ1	PUY574
1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	22/10/2016	102	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1U533T1_161022_165352_EQ1	PUY574
1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	22/10/2016	102	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1UJ379V_161022_232610_EQ1	PUY574
3	0996326012	2	0984663503	wcdma	Off net	23/10/2016	41	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1V5G2O3_161023_095026_EQ1	PUY574
1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	23/10/2016	38	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1VJ7131_161023_161525_EQ1	PUY574
1	0985034460	2	0984663503	wcdma	Off net	23/10/2016	102	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1VM39R8_161023_173743_EQ1	PUY574
3	0996326012	2	0984663503	wcdma	Off net	25/10/2016	102	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1XXX95F_161025_084456_EQ1	PUY574
3	0996326012	3	0996153688	wcdma	On net	25/10/2016	27	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1YDZ7FH_161025_161427_EQ1	BAÑ813
3	0996326012	2	0984663503	wcdma	Off net	25/10/2016	102	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	1YOG01Z_161025_210836_EQ1	PUY574
3	0996326012	3	0996153688	wcdma	On net	28/10/2016	41	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	3G5XMV_161028_125759_EQ1	BAÑ813
3	0996326012	2	0984663503	wcdma	Off net	29/10/2016	102	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	5EI39L_161029_214701_EQ1	PUY574
3	0996326012	2	0984663503	wcdma	Off net	30/10/2016	102	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	6EPY29_161030_144039_EQ1	PUY574
3	0996326012	2	0984663503	wcdma	Off net	31/10/2016	41	caidas oct 882	EAMB02-FA87882	72SB3W_161031_015358_EQ1	PUY574
2	0958925797	2	0958925795	wcdma	On net	16/3/2017	21	mt1	EUMTSS-MS27137	PTNNDW_170316_145656_EQ1	MS27207
2	0984539574	1	0985035097	wcdma	Off net	15/12/2016	31	Caidas dic 882	ERIO00-FS25882	1EUF10_161215_194750_EQ1	PUY574

ANEXO B Tipos de cause values for call control encontrados



N°	Tipo de causa	Numero de caídas
1	16	5
2	21	1
3	27	7
4	31	1
5	38	7
6	41	6
7	47	3
8	102	37
9	111	2
10	caso 1	27
11	caso 2	20
12	caso 3	3

ANEXO C 3GPP specific cause values for call control – Annex H

Annex H (informative)

H.1 Normal Class

H.1.1 Cause No. 1 "unassigned (unallocated) number"

This cause indicates that the destination requested by the mobile station cannot be reached because, although the number is in a valid format, it is not currently assigned (allocated).

H.1.2 Cause No. 3 "no route to destination"

This cause indicates that the called user cannot be reached because the network through which the call has been routed does not serve the destination desired.

H.1.3 Cause No. 6 "channel unacceptable"

This cause indicates the channel most recently identified is not acceptable to the sending entity for use in this call.

H.1.4 Cause No. 8 "operator determined barring"

This cause indicates that the MS has tried to access a service that the MS's network operator or service provider is not prepared to allow.

H.1.5 Cause No.16 "normal call clearing"

This cause indicates that the call is being cleared because one of the users involved in the call has requested that the call be cleared.

Under normal situations, the source of this cause is not the network.

H.1.6 Cause No.17 "user busy"

This cause is used when the called user has indicated the inability to accept another call.

It is noted that the user equipment is compatible with the call.

H.1.7 Cause No. 18 "no user responding"

This cause is used when a user does not respond to a call establishment message with either an alerting or connect indication within the prescribed period of time allocated (defined by the expiry of either timer T303 or T310).

H.1.8 Cause No. 19 "user alerting, no answer"

This cause is used when a user has provided an alerting indication but has not provided a connect indication within a prescribed period of time.

H.1.9 Cause No. 21 "call rejected"

This cause indicates that the equipment sending this cause does not wish to accept this call, although it could have accepted the call because the equipment sending this cause is neither busy nor incompatible.

H.1.10 Cause No. 22 "number changed"

This cause is returned to a calling mobile station when the called party number indicated by the calling mobile station is no longer assigned. The new called party number may optionally be included in the diagnostic field. If a network does not support this capability, cause No. 1 "unassigned (unallocated) number" shall be used.

H.1.10a Cause No. 24 "call rejected due to feature at the destination"

This cause is returned when the call is rejected due to a feature at the destination, e.g. Anonymous Call Rejection. This cause is only generated by the network. This cause is not generated by the MS.

H.1.11 Cause No. 25 "pre-emption"

This cause is returned to the network when a mobile station clears an active call which is being pre-empted by another call with higher precedence.

H.1.12 Cause No. 26 "non-selected user clearing"

Not supported. Treated as cause no. 31.

H.1.13 Cause No. 27 "destination out of order"

This cause indicates that the destination indicated by the mobile station cannot be reached because the interface to the destination is not functioning correctly. The term "not functioning correctly" indicates that a signalling message was unable to be delivered to the remote user; e.g., a physical layer or data link layer failure at the remote user, user equipment off-line, etc.

H.1.14 Cause No. 28 "invalid number format (incomplete number)"

This cause indicates that the called user cannot be reached because the called party number is not a valid format or is not complete.

H.1.15 Cause No. 29 "facility rejected"

This cause is returned when a facility requested by user can not be provided by the network.

H.1.16 Cause No. 30 "response to STATUS ENQUIRY"

This cause is included in STATUS messages if the message is sent in response to a STATUS ENQUIRY message. See also subclause 5.5.3.

H.1.17 Cause No. 31 "normal, unspecified"

This cause is used to report a normal event only when no other cause in the normal class applies.

H.2 Resource unavailable class

H.2.1 Cause No. 34 "no circuit/channel available"

This cause indicates that there is no appropriate circuit/channel presently available to handle the call.

H.2.2 Cause No. 38 "network out of order"

This cause indicates that the network is not functioning correctly and that the condition is likely to last a relatively long period of time; e.g., immediately re-attempting the call is not likely to be successful.

H.2.3 Cause No. 41 "temporary failure"

This cause indicates that the network is not functioning correctly and that the condition is not likely to last a long period of time; e.g., the mobile station may wish to try another call attempt almost immediately.

H.2.4 Cause No. 42 "switching equipment congestion"

This cause indicates that the switching equipment generating this cause is experiencing a period of high traffic.

H.2.5 Cause No. 43 "access information discarded"

This cause indicates that the network could not deliver access information to the remote user as requested; i.e., a user-to-user information, low layer compatibility, high layer compatibility, or sub-address as indicated in the diagnostic.

It is noted that the particular type of access information discarded is optionally included in the diagnostic.

H.2.6 Cause No. 44 "requested circuit/channel not available"

This cause is returned when the circuit or channel indicated by the requesting entity cannot be provided by the other side of the interface.

H.2.7 Cause No. 47 "resource unavailable, unspecified"

This cause is used to report a resource unavailable event only when no other cause in the resource unavailable class applies.

H.3 Service or option not available class

H.3.1 Cause No. 49 "quality of service unavailable"

This cause indicates to the mobile station that the requested quality of service, as defined in ITU-T Recommendation X.213 [144], cannot be provided.

H.3.2 Cause No. 50 "Requested facility not subscribed"

This cause indicates that the requested supplementary service could not be provided by the network because the user has not completed the necessary administrative arrangements with its supporting networks.

H.3.3 Cause No. 55 "Incoming calls barred within the CUG"

This cause indicates that although the called party is a member of the CUG for the incoming CUG call, incoming calls are not allowed within this CUG.

H.3.4 Cause No. 57 "bearer capability not authorized"

This cause indicates that the mobile station has requested a bearer capability which is implemented by the equipment which generated this cause but the mobile station is not authorized to use.

H.3.5 Cause No. 58 "bearer capability not presently available"

This cause indicates that the mobile station has requested a bearer capability which is implemented by the equipment which generated this cause but which is not available at this time.

H.3.6 Cause No. 63 "service or option not available, unspecified"

This cause is used to report a service or option not available event only when no other cause in the service or option not available class applies.

H.3.7 Cause No. 68 "ACM equal to or greater than ACMmax"

This cause is used by the mobile to indicate that call clearing is due to ACM being greater than or equal to ACMmax.

H.4 Service or option not implemented class

H.4.1 Cause No. 65 "bearer service not implemented"

This cause indicates that the equipment sending this cause does not support the bearer capability requested.

H.4.2 Cause No. 69 "Requested facility not implemented"

This cause indicates that the equipment sending this cause does not support the requested supplementary service.

H.4.3 Cause No. 70 "only restricted digital information bearer capability is available"

This cause indicates that one equipment has requested an unrestricted bearer service, but that the equipment sending this cause only supports the restricted version of the requested bearer capability.

H.4.4 Cause No. 79 "service or option not implemented, unspecified"

This cause is used to report a service or option not implemented event only when no other cause in the service or option not implemented class applies.

H.5 Invalid message (e.g., parameter out of range) class

H.5.1 Cause No. 81 "invalid transaction identifier value"

This cause indicates that the equipment sending this cause has received a message with a transaction identifier which is not currently in use on the MS-network interface.

H.5.2 Cause No. 87 "user not member of CUG"

This cause indicates that the called user for the incoming CUG call is not a member of the specified CUG.

H.5.3 Cause No. 88 "incompatible destination"

This cause indicates that the equipment sending this cause has received a request to establish a call which has low layer compatibility, high layer compatibility, or other compatibility attributes (e.g., data rate) which cannot be accommodated.

H.5.4 Cause No. 91 "invalid transit network selection"

For further study. Treated as cause no. 95.

H.5.5 Cause No. 95 "semantically incorrect message"

This cause is used to report receipt of a message with semantically incorrect contents (see subclause 8.8).

H.6 Protocol error (e.g., unknown message) class

H.6.1 Cause No. 96 "invalid mandatory information"

This cause indicates that the equipment sending this cause has received a message with a non-semantical mandatory IE error (see subclause 8.5).

H.6.2 Cause No. 97 "message type non-existent or not implemented"

This cause indicates that the equipment sending this cause has received a message with a message type it does not recognize either because this is a message not defined, or defined but not implemented by the equipment sending this cause.

H.6.3 Cause No. 98 "message type not compatible with protocol state"

This cause indicates that the equipment sending this cause has received a message not compatible with the protocol state (subclause 8.4).

H.6.4 Cause No. 99 "information element non-existent or not implemented"

This cause indicates that the equipment sending this cause has received a message which includes information elements not recognized because the information element identifier is not defined or it is defined but not implemented by the equipment sending the cause. However, the information element is not required to be present in the message in order for the equipment sending the cause to process the message.

H.6.5 Cause No. 100 "conditional IE error"

This cause indicates that the equipment sending this cause has received a message with conditional IE errors (see subclause 8.7.2).

H.6.6 Cause No. 101 "message not compatible with protocol state"

This cause indicates that a message has been received which is incompatible with the protocol state or that a STATUS message has been received indicating an incompatible call state.

H.6.7 Cause No. 102 "recovery on timer expiry"

This cause indicates that a procedure has been initiated by the expiry of a timer in association with 3GPP TS 24.008 error handling procedures.

H.6.8 Cause No. 111 "protocol error, unspecified"

This cause is used to report a protocol error event only when no other cause in the protocol error class applies.

H.7 Interworking class

H.7.1 Cause No. 127 "interworking, unspecified"

This cause indicates that there has been interworking with a network which does not provide causes for actions it takes; thus, the precise

ANEXO D RESOLUCIÓN TEL-042-01-CONATEL-2014

Parámetros Ec/Io, RSCP y RxLevSub

El presente anexo presenta el extracto de la referida Resolución donde se establecen los parámetros RxLevel para 2G y los parámetros RSCP y Ec/Io para 3G.

La Resolución TEL-042-01-CONATEL-2014 "...avoca conocimiento del INFORME AMPLIATORIO RELACIONADO CON LA REVISION Y ACTUALIZACION DE PARAMETROS DE CALIDAD DEL SERVICIO MOVIL AVANZADO, elaborado conjuntamente entre la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones y la Superintendencia de Telecomunicaciones.

El Código 5.9 (1.9) descrito como NIVEL MINIMO DE SEÑAL EN COBERTURA (ZONA DE COBERTURA)

Definición

Es el nivel mínimo de señal que permite la prestación del servicio en la zona de medición y/o carretera, establecida por la SUPERTEL, dentro de la cobertura ofertada por el prestador del servicio e informada al abonado/cliente-usuario sobre la disponibilidad del mismo, de conformidad con los valores objetivos establecido.

VALOR OBJETIVO

$\%c \geq 95\%$

Nota 1 Para las mediciones superiores o iguales al nivel mínimo y calidad de señal establecido dentro de la zona de medición establecida por la SUPERTEL.

Nota 2: Valores objetivo por cada tecnología, y por servicio, por zona de medición y/o carretera.

METODOLOGIA DE MEDICION

Medición con equipo de comprobación con colección manual de datos

Dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador del servicio, la SUPERTEL establecerá las zonas sobre las cuales se realizará la medición de posición, nivel de señal, y velocidad, preferentemente cada segundo. El drive test se realizará a una velocidad máxima de 60 kilómetros por hora. Al menos 90 % de las muestras deberán estar dentro del límite de velocidad establecido.

Medición con equipo de comprobación con colección automática de datos

Dentro de la zona de cobertura reportada por el prestador del servicio, la SUPERTEL establecerá las zonas sobre las cuales se realizará la medición de nivel de señal. Todas las muestras que se encuentren dentro de la zona definida serán consideradas como válidas.

Tamaño de la muestra

Las zonas y/o carreteras que determine la SUPERTEL para cada medición, dentro de la cobertura publicada por el prestador del servicio e informada al abonado/cliente-usuario.

Para el caso de uso de equipo de colección manual de datos, el tamaño de la muestra estará constituido por todas las muestras colectadas durante el recorrido realizado (drive test) dentro de la zona definida por la SUPERTEL.

Para el caso de uso de equipo de colección automática de datos, el tamaño de la muestra serán todas las muestras colectadas durante todo el tiempo de muestreo que determina la SUPERTEL.

Área de aplicación

Cobertura ofertada por el prestador del servicio e informada al abonado/cliente-usuario.

Variables que conforman el parámetro

n_i : Numero de muestras con nivel de señal en el canal de control del equipo terminal superiores o iguales del nivel mínimo, de acuerdo a la tecnología y al servicio.

n : Numero de muestras válidas por tecnología y por servicio.

%C: Porcentaje de cobertura por tecnología y por servicio.

Los niveles mínimos de acuerdo a la tecnología son:

Servicio	2G	3G*	
	RxLevel	RSCP	Ec/Io
Datos	$\geq -80\text{dBm}$	$\geq -80\text{ dBm}$	$\geq -12\text{dB}$
Voz	$\geq -85\text{ dBm}$	$\geq -85\text{ dBm}$	$\geq -14\text{ dB}$

*Para CDMA se aplicarán estos valores

RXLevel: Nivel de recepción sobre el canal de control en modo Idle

RSCP: (Received Signal Code Power) Potencia recibida después del despreading en modo Idle

Ec/Io: Energía chip/Interferencia, en los casos en que el equipo de colección y procesamiento no disponga del parámetro Ec/Io se podrá utilizar el parámetro Ec/No (Energía chip / Ruido del sistema) en modo idle.

Adicionalmente, para el caso de uso de equipo de colección manual de datos, las muestras válidas, se determinarán considerando los siguientes criterios:

Se eliminarán las muestras que tengan el valor 'cero' o están 'vacíos' en el parámetro de medición de cobertura (RxLevel, RSCP o Ec/Io).

Se eliminarán las muestras de frecuencias de canales de control que no correspondan a la banda de frecuencias del prestador del servicio objeto de la medición.

Se consideran como muestras válidas aquellas que tienen un valor de RxLevel, RSCP o Ec/Io, asociado a una determinada coordenada geográfica.

Las muestras validad de Rxlevel, RSCP o Ec/Io, se obtendrán sacando secuencialmente el valor promedio de las mediciones de cobertura que se registran cada 10 metros.

Para el caso de uso de equipo de colección automática de datos, las muestras válidas, se determinarán considerando los siguientes criterios:

Se eliminan las muestras que tengan el valor 'cero' o están 'vacíos' en el parámetro de medición de cobertura (Rxlevel, RSCP o Ec/Io).

Se eliminarán las muestras de frecuencias de canales de control que no correspondan a la banda de frecuencias del prestador del servicio objeto de la medición.

Las muestras válidas de Rxlevel, RSCP o Ec/Io, se obtendrán sacando por el área el valor promedio de las mediciones de cobertura que se registran en una zona determinada, con base en grillas superficiales de al menos 100 metros por lado.

Calculo para obtener el índice

$$\%C = (n_i / n) \times 100$$

Frecuencia de medición

Conforme los cronogramas que establezca la SUPERTEL

Reportes

No existen reportes a ser presentados por el prestador del servicio, puesto que las mediciones serán realizadas por la SUPERTEL

El prestador del servicio podrá realizar mediciones comparativas y equivalentes del presente parámetro de calidad.

El parámetro de calidad y el valor objetivo, así como las demás especificaciones establecidas son de obligatorio cumplimiento de parte del prestador del SMA, independientemente de que el servicio se sustente en acuerdos o contratos suscritos con terceros, conforme la legislación aplicable.

Zona de medición.- Es el área geográfica establecida por la SUPERTEL para verificar el cumplimiento de los valores objetivos establecidos en cada parámetro de calidad del SMA.

2G: Comprende las tecnologías GSM, GPRS/EDGE y CDMA

3G: Comprende desde la tecnología WCDMA/UMTS hasta HSPA+...”

**ANEXO E Petición para ejecución del proyecto de investigación en base a Convenio
ARCOTEL - ESPOCH**



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
INSTITUTO DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

Riobamba, 13 de junio de 2017

Ingeniero

Franklin Palate

Coordinador Zonal 3 de ARCOTEL

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES
Teléfono(s) 2947800

Documento No. : ARCOTEL-DEDA-2017-009728-E

Fecha : 2017-06-16 11:06:22 GMT -05

Recibido por : Ana Cristina Alvarez Rullova

Para verificar el estado de su documento ingrese a
<https://www.gestiondocumental.gob.ec>
con el usuario: "0603047937"

De mi consideración

Reciba un atento y cordial saludo, a la vez deseándole éxitos en las funciones que acertadamente desempeña. El motivo del presente, es para solicitarle de la manera más comedida haciendo uso del convenio ESPOCH-SUPTEL, se nos permita realizar mediciones de parámetros de calidad de servicio de telefonía celular utilizando el Sistema Autónomo de Medición de Redes Móviles SAMM, los mismos que serán utilizados para trabajo de investigación presentado en el INSTITUTO DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA de la MAESTRÍA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES, trabajo propuesto por el estudiante Ing. Mauricio Toalombo Montero con el tema titulado "ANÁLISIS DE MENSAJERÍA EN LOS PROTOCOLOS DEL INTERFAZ AIRE, PARA DETERMINAR LAS CAUSAS QUE PRODUCEN LLAMADAS CAÍDAS EN EL SERVICIO DE TELEFONÍA CELULAR (SMA) EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA" el mismo que se encuentra aprobado previo a la obtención del título de MAGISTER EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES.

Particular que comunico para los fines pertinentes

Adj. Resolución de aprobación


Ing. Oswaldo Martínez G. MsC.

COORDINADOR MAESTRÍA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES