



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ANÁLISIS DE INTERFACES Y PROTOCOLOS DENTRO DE UNA RED DE  
DATOS PARA EL SERVICIO DE ROAMING 2.5G-GPRS Y DE SU  
EVOLUCIÓN A TECNOLOGÍA 3G-UMTS**

**Luis Alberto Marín García**

Asesorado por el Ing. Julio César Solares Peñate

Guatemala, octubre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE INTERFACES Y PROTOCOLOS DENTRO DE UNA RED DE  
DATOS PARA EL SERVICIO DE ROAMING 2.5G-GPRS Y DE SU  
EVOLUCIÓN A TECNOLOGÍA 3G-UMTS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS ALBERTO MARÍN GARCÍA**

ASESORADO POR EL ING. JULIO CÉSAR SOLARES PEÑATE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Antonio de León Escobar
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADORA	Inga. Maria Magdalena Puente Romero
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ANÁLISIS DE INTERFACES Y PROTOCOLOS DENTRO DE UNA RED DE DATOS PARA EL SERVICIO DE ROAMING 2.5G-GPRS Y DE SU EVOLUCIÓN A TECNOLOGÍA 3G-UMTS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería de Mecánica Eléctrica, con fecha enero de 2012.



**Luis Alberto Marín García**



## FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 3 de febrero de 2012

Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador del Área de Electrónica  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Ingeniero Guzmán:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **"ANÁLISIS DE INTERFACES Y PROTOCOLOS DENTRO DE UNA RED DE DATOS PARA EL SERVICIO DE ROAMING 2.5G-GPRS Y DE SU EVOLUCIÓN A TECNOLOGÍA 3G-UMTS"**, desarrollado por el estudiante **Luis Alberto Marín García**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Por lo tanto, el autor de este trabajo y yo como asesor, nos hacemos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Julio César Solares Peñate  
**Asesor**  
**JULIO CESAR SOLARES P.**  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
COLEGIADO No. 2330





FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 08. 2012  
Guatemala, 12 de MARZO 2012.

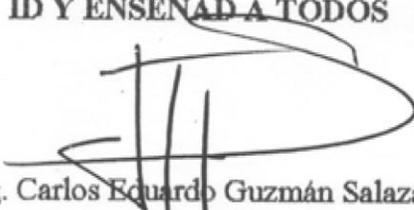
Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: "ANÁLISIS DE INTERFACES Y PROTOCOLOS DENTRO DE UNA RED DE DATOS PARA EL SERVICIO DE ROAMING 2.5G-GPRS Y DE SU EVOLUCIÓN A TECNOLOGÍA 3G-UMTS", del estudiante Luis Alberto Marín García, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador de Electrónica



CEGS/sro



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 32. 2012.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Luis Alberto Marín García titulado: "ANÁLISIS DE INTERFACES Y PROTOCOLOS DENTRO DE UNA RED DE DATOS PARA EL SERVICIO DE ROAMING 2.5GPRS Y DE SU EVOLUCIÓN A TECNOLOGÍA 3G-UMTS", procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 12 DE JUNIO 2,012.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE INTERFACES Y PROTOCOLOS DENTRO DE UNA RED DE DATOS PARA EL SERVICIO DE ROAMING 2.5G-GPRS Y DE SU EVOLUCIÓN A TECNOLOGÍA 3G-UMTS, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Luis Alberto Marín García**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, octubre de 2012

/cc

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por darme la vida, su infinita misericordia y su amor basado en la eucaristía.
<b>Mi madre</b>	Aura Esperanza García Ibarra, por ser mi fuente de inspiración y ejemplo.
<b>Mi esposa</b>	Arely Yosahandi de León Sandoval, por ser mi compañera idónea y brindarme su motivación, amor y apoyo incondicional.
<b>Mi hija</b>	Fátima Yosahandi Marín de León, por ser mi esperanza, motivación y alegría.
<b>Mis abuelos</b>	Julio Alberto García (q.e.p.d.) y Margarita Isabel Ibarra, por inculcarme valores y sus sabios consejos de perseverancia.
<b>Mi familia</b>	Por su cariño y motivación.
<b>Mis compañeros</b>	Por haber perseverado durante la carrera.
<b>Mi asesor</b>	Por el apoyo brindado y su asesoría.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por haberme permitido cursar y finalizar una formación académica profesional.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XXVII
OBJETIVOS Y/O HIPÓTESIS.....	XXIX
INTRODUCCIÓN .....	XXXI
1. RECORDANDO GSM .....	1
1.1. Introducción a GSM.....	1
1.2. <i>Base Station Subsystem</i> (BSS) .....	4
1.2.1. BSC .....	4
1.2.2. BTS.....	4
1.2.3. TC.....	5
1.3. <i>Network Switching Subsystem</i> (NSS).....	5
1.3.1. MSC.....	6
1.3.2. VLR.....	6
1.3.3. HLR .....	6
1.3.4. AuC, EIR y STP .....	7
1.4. <i>Network Management Subsystem</i> (NMS).....	7
2. DESCRIBIENDO GPRS .....	9
2.1. Introducción a GPRS.....	9
2.2. <i>Circuit Switched</i> (CS) vs. <i>Packet Switched</i> (PS) .....	9
2.2.1. <i>Circuit Switched</i> (CS).....	9
2.2.2. <i>Packet Switched</i> (PS) .....	10

2.3.	GPRS y GSM .....	11
2.4.	Ventajas de GPRS .....	13
3.	ARQUITECTURA DE GPRS.....	15
3.1.	<i>Network Elements (NE)</i> .....	15
3.1.1.	<i>Packet Control Unit (PCU)</i> .....	16
3.1.2.	<i>Serving GPRS Support Node (SGSN)</i> .....	17
3.1.3.	<i>Gateway GPRS Support Node (GGSN)</i> .....	18
3.1.4.	<i>Border Gateway (BG)</i> .....	18
3.1.5.	<i>Charging Gateway (CG)</i> .....	19
3.1.6.	<i>Domain Name System Server (DNS Server)</i> .....	19
3.1.7.	<i>Firewall (FW)</i> .....	20
3.2.	Funcionamiento de GPRS.....	20
3.3.	<i>GPRS Mobility Management</i> .....	21
3.3.1.	<i>Location Area (LA)</i> .....	22
3.3.2.	<i>Routing Area (RA)</i> .....	23
3.3.3.	<i>GPRS attach / detach</i> .....	24
3.3.4.	<i>Mobility Management States</i> .....	31
3.3.4.1.	<i>Idle</i> .....	31
3.3.4.2.	<i>Ready</i> .....	32
3.3.4.3.	<i>Standby</i> .....	32
3.3.5.	<i>Location Management</i> .....	33
3.3.5.1.	<i>Cell Update..</i> .....	34
3.3.5.2.	<i>Routing Area Update...</i> .....	34
3.3.5.3.	<i>Periodic Routing Area Update</i> .....	34
3.4.	<i>Session Management</i> .....	35
3.4.1.	<i>PDP context Activation</i> .....	35
3.4.2.	<i>PDP context Modification</i> .....	40
3.4.3.	<i>PDP context Deactivation</i> .....	40

4.	<i>ROAMING</i> .....	43
4.1.	Descripción general.....	43
4.2.	Escenarios para <i>roaming</i> GPRS.....	44
4.2.1.	HGGSN .....	44
4.2.2.	VGGSN.....	46
4.3.	Procesos para el servicio de <i>roaming</i> GPRS.....	47
4.3.1.	Operador internacional .....	48
4.3.2.	Intercambio de información y recursos .....	49
4.3.3.	Implementación de datos.....	50
4.3.3.1.	SS7 <i>Signaling</i> .....	51
4.3.3.1.1.	GTT.....	52
4.3.3.2.	DNS.....	56
4.3.3.3.	IP <i>backbone</i> .....	57
4.3.3.4.	GRX.....	58
4.3.4.	Desarrollo de pruebas.. ..	59
4.3.5.	Validaciones y lanzamiento comercial.. ..	61
5.	INTERFACES Y PROTOCOLOS .....	63
5.1.	Interfaces y protocolos en la arquitectura de GPRS .....	63
5.2.	Interfaz Gb.....	65
5.2.1.	Protocolos de Gb... ..	65
5.2.1.1.	GSM RF.....	68
5.2.1.2.	MAC.....	68
5.2.1.3.	RLC.. ..	68
5.2.1.4.	LLC.....	68
5.2.1.5.	SNDCP.....	70
5.2.1.6.	SMS.....	72
5.2.1.7.	GMM.....	72
5.2.1.8.	SM.....	73

	5.2.1.9.	GTP.....	73	
	5.2.1.10.	L1bis.....	73	
	5.2.1.11.	NS.....	73	
	5.2.1.12.	BSSGP.....	75	
	5.2.2.	Interfaz Gb para <i>roaming</i> .....	76	
5.3.		Interfaz Gr.....	77	
	5.3.1.	Protocolos de Gr.....	78	
		5.3.1.1.	MAP.....	80
		5.3.1.2.	TCAP.....	84
		5.3.1.3.	SCCP.....	85
		5.3.1.4.	MTP-L3.....	86
		5.3.1.5.	MTP-L2.....	87
		5.3.1.6.	MTP-L1.....	87
	5.3.2.	Interfaz Gr para <i>roaming</i> .....	88	
5.4.		Interfaz Gd.....	88	
	5.4.1.	Protocolos de Gd.....	89	
	5.4.2.	Interfaz Gd para <i>roaming</i> .....	90	
5.5.		Interfaz Gf.....	90	
	5.5.1.	Protocolos de Gf.....	91	
	5.5.2.	Interfaz Gf para <i>roaming</i> .....	92	
5.6.		Interfaz Ge.....	92	
	5.6.1.	Protocolos de Ge.....	92	
	5.6.2.	Interfaz Ge para <i>roaming</i> .....	94	
5.7.		Interfaz Gs.....	95	
	5.7.1.	Protocolos de Gs.....	96	
	5.7.2.	Interfaz Gs para <i>roaming</i> .....	98	
5.8.		Interfaz Ga.....	99	
	5.8.1.	Protocolos de Ga.....	101	
	5.8.2.	Interfaz Ga para <i>roaming</i> .....	103	

5.9.	Interfaz Gi .....	105
5.9.1.	Protocolos de Gi.....	106
5.9.1.1.	Protocolo DHCP.....	108
5.9.1.2.	Protocolo RADIUS.....	110
5.9.2.	Interfaz Gi para <i>roaming</i> .....	112
5.10.	Interfaces Gn/Gp .....	113
5.10.1.	Protocolos de Gn/Gp.....	114
5.10.1.1.	GTP.....	115
5.10.1.1.1.	GTP <i>Header</i> .....	116
5.10.1.1.2.	GTP-C.....	118
5.10.1.1.3.	GTP-U.....	120
5.10.1.2.	UDP.....	121
5.10.1.3.	IP.....	122
5.10.1.4.	L1/L2.....	122
5.10.2.	Interfaces Gn/Gp para <i>roaming</i> .....	122
6.	ANÁLISIS COMPARATIVO.....	123
6.1.	Evolución de 2G a 3G.....	123
6.1.1.	3 <sup>rd</sup> . <i>Generation</i> (3G).....	124
6.1.1.1.	UMTS.....	125
6.1.2.	HSPA.....	127
6.1.2.1.	HSDPA.....	128
6.1.2.2.	HSUPA.....	129
6.1.3.	HSPA+.....	130
6.2.	Evolución de <i>roaming</i> .....	131
	CONCLUSIONES.....	133
	RECOMENDACIONES.....	137
	BIBLIOGRAFÍA.....	139



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Subsistemas GSM.....	2
2.	<i>Circuit Switched vs. Packet Switched</i> .....	10
3.	GSM (CS) y GPRS (PS).....	12
4.	Arquitectura de GPRS.....	16
5.	Estructura de RA y LA.....	21
6.	Procedimiento de GPRS / IMSI <i>attach</i> .....	25
7.	<i>Detach</i> solicitado por el MS.....	29
8.	<i>Detach</i> solicitado por el SGSN.....	30
9.	<i>Detach</i> solicitado por el HLR.....	30
10.	Estados de <i>Mobility Management</i> .....	33
11.	Procedimiento principal para PDP <i>context activation</i> .....	36
12.	PDP <i>context activation</i> - Paso 1.....	37
13.	PDP <i>context activation</i> - Paso 2.....	38
14.	PDP <i>context activation</i> - Paso 3.....	39
15.	PDP <i>context deactivation</i> solicitado por el MS.....	41
16.	PDP <i>context deactivation</i> solicitado por el SGSN.....	42
17.	PDP <i>context deactivation</i> solicitado por el GGSN.....	42
18.	VSGSN & HGGSN utilizando <i>Inter-PLMN Backbone</i> .....	45
19.	VSGSN & VGGSN utilizando <i>Intra-PLMN Backbone</i> .....	47
20.	Estructura de E.164.....	52
21.	Estructura de E.212.....	53
22.	Estructura de E.214.....	54
23.	Formato de traslación para E.214.....	54

24.	Definición de traslación en IR21 .....	56
25.	Definición de <i>Inter-PLMN</i> en IR21 .....	57
26.	Arquitectura de <i>Inter-Service Provider IP Backbone</i> .....	58
27.	Definición de GRX en IR21 .....	59
28.	Formato de prueba para IR35 & IR50.....	60
29.	Validación de TADIG <i>Testing</i> .....	61
30.	Confirmación de lanzamiento comercial .....	62
31.	Interfaces en arquitectura de GPRS .....	63
32.	Protocolos de Gb .....	66
33.	Procesos de SNDCP .....	71
34.	Encapsulado de paquetes .....	72
35.	BVC y NS-VC.....	75
36.	<i>Carrier</i> internacional de señalización SS7 .....	77
37.	Protocolos de Gr.....	79
38.	Entidades MAP .....	81
39.	Protocolos de Gd .....	89
40.	Protocolos de Gf .....	91
41.	Protocolos de Ge .....	93
42.	Protocolos de Gs .....	96
43.	Encabezado BSSAP+ .....	97
44.	Interfaz Ga .....	100
45.	Protocolos de Ga .....	101
46.	Interfaz Ga para <i>roaming</i> .....	105
47.	Interfaz Gi .....	106
48.	Modo de acceso transparente .....	107
49.	Modo de acceso no transparente.....	108
50.	Flujo de mensajes utilizando DHCP.....	109
51.	Flujo de mensajes utilizando RADIUS .....	112
52.	Protocolos de Gn/Gp .....	114

53.	Protocolo GTP.....	116
54.	GTP <i>Header</i> .....	117
55.	Encapsulado T-PDU.....	117
56.	Protocolos de GTP-C.....	119
57.	Protocolos de GTP-U.....	121
58.	Interfaz Gp.....	122
59.	Arquitectura UMTS.....	126
60.	Protocolos de HSDPA.....	129
61.	Protocolos de E-DCH.....	130

## TABLAS

I.	Recursos de GSM.....	3
II.	Parámetros de PDP <i>context</i> .....	40
III.	Protocolos entre MS y BSS.....	66
IV.	Protocolos entre MS y SGSN.....	67
V.	Protocolos entre BSS y SGSN.....	67
VI.	Protocolos de Gr.....	79
VII.	Servicios MAP solicitados por HLR.....	82
VIII.	Servicios MAP solicitados por SGSN.....	83
IX.	Protocolos de Gd.....	89
X.	Protocolos de Gf.....	91
XI.	Protocolos de Ge.....	92
XII.	Protocolos de Gs.....	96
XIII.	Mensajes de BSSAP+.....	98
XIV.	Protocolos de Ga.....	101
XV.	Mensajes de GTP'.....	103
XVI.	Mensajes de DHCP.....	109
XVII.	Mensajes de RADIUS <i>Authentication</i> .....	110

XVIII.	Mensajes de RADIUS <i>Accounting</i> .....	111
XIX.	Protocolos de Gn/Gp .....	114
XX.	Protocolos de GTP-C.....	119
XXI.	Protocolos de GTP-U.....	120

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
B	Byte
bit	Dígito binario
Hz	Hertz
k	Prefijo kilo
M	Prefijo mega



## GLOSARIO

<b>AAA</b>	<i>Authentication, Authorization and Accounting.</i>
<b>AMC</b>	<i>Adaptive Modulation and Coding.</i>
<b>APN</b>	<i>Access Point Name</i> , denominado como el punto de acceso que delimita el uso de un servicio, el cual debe de estar configurado dentro del aparato móvil para la transmisión de datos.
<b><i>Backbone</i></b>	Conjunto de nodos que sustentan la red móvil.
<b>BC</b>	<i>Billing Center.</i>
<b>BG</b>	<i>Border Gateway.</i>
<b>BPSK</b>	<i>Binary Phase-Shift Keying.</i>
<b>BS</b>	<i>Billing System.</i>
<b>BSC</b>	<i>Base Station Controller.</i>
<b>BSS</b>	<i>Base Station Subsystem.</i>
<b>BSSGP</b>	<i>Base Station Subsystem GPRS Protocol.</i>

<b>BTS</b>	<i>Base Transceiver Station.</i>
<b>BVC</b>	<i>BSSGP Virtual Connection.</i>
<b>CAMEL</b>	<i>Customized Applications for Mobile Network Enhanced Logic.</i>
<b>Canal de <i>paging</i></b>	Es un canal de acceso a nivel de radio, utilizado para la ubicación de usuarios en una <i>Location Area</i> , haciendo <i>broadcast</i> en cada celda perteneciente a dicha <i>Location Area</i> .
<b>CAP</b>	<i>CAMEL Application Part.</i>
<b><i>Carrier</i> internacional</b>	Red externa que permite la comunicación hacia las redes de otros operadores en distintas partes del mundo. Básicamente transportan señalización SS7 y datos a nivel internacional.
<b>Celda</b>	Área de cobertura a nivel de radio proporcionando disponibilidad de recursos a los usuarios móviles, donde cada celda está relacionada a una BTS.
<b>CDR</b>	<i>Charging Data Record or Call Detail Record.</i>
<b>CG</b>	<i>Charging Gateway.</i>
<b>CGF</b>	<i>Charging Gateway Functionality.</i>

<b><i>Circuit Switched</i></b>	Es la técnica de conmutación de circuitos para el servicio de voz en una red móvil.
<b>CN</b>	<i>Core Network.</i>
<b>CN-CS</b>	<i>Core Network - Circuit Switching</i> , red específica para el tráfico de voz.
<b>CN-PS</b>	<i>Core Network - Packet Switching</i> , red específica para la transmisión de datos.
<b>CRC</b>	<i>Cyclic Redundancy Check.</i>
<b>CS</b>	<i>Circuit Switched.</i>
<b>DHCP</b>	<i>Dynamic Host Configuration Protocol.</i>
<b>DNS</b>	<i>Domain Name System.</i>
<b>DPC</b>	<i>Destination Point Code.</i>
<b>EIR</b>	<i>Equipment Identity Register.</i>
<b>EDGE</b>	<i>Enhanced Data rates for GSM Evolution.</i>
<b>E-DCH</b>	<i>Enhanced Uplink Dedicated Channel.</i>
<b>FR</b>	<i>Frame Relay.</i>

<b>FCSS</b>	<i>Fast Cell Site Selection.</i>
<b>FW</b>	<i>Firewall.</i>
<b>GGSN</b>	<i>Gateway GPRS Support Node.</i>
<b>GMM</b>	<i>GPRS Mobility Management.</i>
<b>GPRS</b>	<i>General Packet Radio Service.</i>
<b>GPRS attach</b>	Es el registro de un teléfono móvil a la red de GPRS.
<b>GRX</b>	<i>GPRS Roaming eXchange, carrier</i> internacional que proporciona enrutamiento IP y servicios adicionales como el DNS <i>root</i> , siendo principalmente utilizado para <i>roaming</i> de GPRS/UMTS.
<b>GSN</b>	<i>GPRS Support Node</i> , es la definición general de los nodos que proporcionan el servicio de transmisión de datos en una red móvil por medio de túneles GTP, conocidos como SGSN y GGSN.
<b>GSM</b>	<i>Global System for Mobile communications.</i>
<b>GT</b>	<i>Global Title.</i>
<b>GTP</b>	<i>GPRS Tunneling Protocol.</i>
<b>GTP-C</b>	<i>GTP Control Plane.</i>

<b>GTP-U</b>	<i>GTP User Plane.</i>
<b>GTP'</b>	<i>GPRS Tunneling Protocol Prime.</i>
<b>G-CDR</b>	<i>GGSN – CDR.</i>
<b>G-PDU</b>	<i>GTP Packet Data Unit.</i>
<b>HARQ</b>	<i>Hybrid Automatic Repeat-Request.</i>
<b>HGGSN</b>	<i>HPLMN GGSN, hace referencia al GGSN de una red local (Home GGSN).</i>
<b>HLR</b>	<i>Home Location Register.</i>
<b>HPLMN</b>	<i>Home Public Land Mobile Network, hace referencia a la red PLMN local (Home PLMN).</i>
<b>HSCSD</b>	<i>High Speed Circuit Switched Data.</i>
<b>HSGSN</b>	<i>HPLMN SGSN, hace referencia al SGSN de una red local (Home SGSN).</i>
<b>IMEI</b>	<i>International Mobile Equipment Identity.</i>
<b>IMSI</b>	<i>International Mobile Subscriber Identity.</i>
<b>Interfaz</b>	Es el medio físico de conexión entre elementos de una red.

<b>IP</b>	<i>Internet Protocol.</i>
<b>IREG</b>	<i>International Roaming Expert Group.</i>
<b>ISDN</b>	<i>Integrated Services Digital Network.</i>
<b>ISP</b>	<i>Internet Service Provider.</i>
<b>LA</b>	<i>Location Area.</i>
<b>LAC</b>	<i>Location Area Code.</i>
<b>LAI</b>	<i>Location Area Identifier.</i>
<b>LAN</b>	<i>Local Area Network.</i>
<b>LLC</b>	<i>Logical Link Control.</i>
<b>LL-PDU</b>	<i>Logical Link Control – Protocol Data Unit.</i>
<b>MAP</b>	<i>Mobile Application Part.</i>
<b>MAPI</b>	<i>Mobile Application Part Interface.</i>
<b>ME</b>	<i>Mobile Equipment.</i>
<b>MGT</b>	<i>Mobile Global Title.</i>
<b>MIMO</b>	<i>Multiple Input / Multiple Output.</i>

<b>MNO</b>	<i>Mobile Network Operator.</i>
<b>MS</b>	<i>Mobile Station or Mobile Subscriber.</i>
<b>MSC</b>	<i>Mobile Services Switching Center.</i>
<b>MSISDN</b>	<i>Mobile Subscriber ISDN.</i>
<b>MSU</b>	<i>Message Signal Unit.</i>
<b>MT</b>	<i>Mobile Terminal.</i>
<b>MTC</b>	<i>Mobile Terminated Call.</i>
<b>MTP</b>	<i>Message Transfer Part.</i>
<b>MTP-L1</b>	<i>Message Transfer Part Level 1.</i>
<b>MTP-L2</b>	<i>Message Transfer Part Level 2.</i>
<b>MTP-L3</b>	<i>Message Transfer Part Level 3.</i>
<b>M-CDR</b>	<i>Mobility Management – CDR.</i>
<b>M3UA</b>	<i>MTP-3 User Adaptation Layer.</i>
<b>NAT</b>	<i>Network Address Translation.</i>
<b>NE</b>	<i>Network Element.</i>

<b>NMC</b>	<i>Network Management Center.</i>
<b>NMS</b>	<i>Network Management Subsystem.</i>
<b>NS</b>	<i>Network Service.</i>
<b>NSAPI</b>	<i>Network layer Service Access Point Identifier.</i>
<b>NSC</b>	<i>Network Service Control.</i>
<b>NSE</b>	<i>Network Service Entity.</i>
<b>NSS</b>	<i>Network Switching Subsystem.</i>
<b>OPC</b>	<i>Origination Point Code.</i>
<b>Operator ID</b>	Identificador propio de cada operador para su uso en la red de GPRS. Está conformado de la manera mncxxx.mccyyy.gprs.
<b>O&amp;M</b>	<i>Operation and Maintenance.</i>
<b>Packet Switched</b>	Es la técnica de conmutación de paquetes para el servicio de transmisión de datos en una red móvil.
<b>Packet Data Protocol</b>	Protocolo de red utilizado en GPRS para tener intercomunicación con una PDN.
<b>PC</b>	<i>Point Code.</i>

<b>PCU</b>	<i>Packet Control Unit.</i>
<b>PDN</b>	Red externa a la red de GPRS.
<b>PDN</b>	<i>Public Data Network ó Packet Data Network.</i>
<b>PDU</b>	<i>Protocol Data Unit.</i>
<b>PDP</b>	<i>Packet Data Protocol</i>
<b>PDP context</b>	Es la asignación de recursos a un teléfono móvil que solicita el servicio de transmisión de datos, tales como túneles GTP, direcciones IP y QoS.
<b>PLMN</b>	<i>Public Land Mobile Network.</i>
<b>PMM</b>	<i>Packet Mobility Management.</i>
<b>Pool de IP</b>	Es un rango de direcciones IP asociadas a un determinado APN.
<b>Protocolo</b>	Conjunto de normas establecidas para realizar tareas específicas, siendo principalmente un flujo de datos que establece la comunicación necesaria entre elementos de una red.
<b>PRD</b>	<i>Permanent Reference Documents.</i>
<b>PS</b>	<i>Packet Switched.</i>

<b>PSTN</b>	<i>Public Switched Telephone Network.</i>
<b>P-TMSI</b>	<i>Packet-Temporary Mobile Subscriber Identity.</i>
<b>QAM</b>	<i>Quadrature Amplitude Modulation.</i>
<b>QPSK</b>	<i>Quadrature Phase-Shift Keying.</i>
<b>QoS</b>	<i>Quality of Service.</i> La red de GPRS se puede definir como la separación de caminos de comunicación con diferentes prioridades, estableciéndose entre GSN o entre RNC y GSN.
<b>RA</b>	<i>Routing Area.</i>
<b>RAB</b>	<i>Radio Access Bearer.</i>
<b>RAC</b>	<i>Routing Area Code.</i>
<b>RADIUS</b>	<i>Remote Authentication Dial In User Service.</i>
<b>RAI</b>	<i>Routing Area Identity.</i>
<b>RAN</b>	<i>Radio Access Network.</i>
<b>RANAP</b>	<i>RAN Application Part.</i>
<b>RAU</b>	<i>Routing Area Update.</i>

<b>Resolución de APN</b>	Es la función de convertir un nombre comercial a una dirección IP, siendo realizada por los DNS.
<b>RNC</b>	<i>Radio Network Controller.</i>
<b>RNS</b>	<i>Radio Network Subsystem.</i>
<b>Roaming</b>	Es la capacidad que tienen los usuarios móviles de tener acceso de recursos y servicios en la red de otro país, con el fin de establecer sesiones a nivel de voz y datos de la misma manera que en la red local.
<b>Router</b>	Nodo que trabaja en la capa de red del modelo OSI (L3), teniendo la función de realizar enrutamiento de paquetes a distintos elementos de red.
<b>SCP</b>	<i>Service Control Point.</i>
<b>SCCP</b>	<i>Signaling Connection and Control Part.</i>
<b>SCTP</b>	<i>Simple Control Transmission Protocol.</i>
<b>SIM</b>	<i>Subscriber Identity Module.</i>
<b>SGSN</b>	<i>Serving GPRS Support Node.</i>
<b>SM</b>	<i>Session Management.</i>
<b>SMS</b>	<i>Short Message Service.</i>

<b>SMS-C</b>	<i>Short Message Service Center.</i>
<b>SMS-GMSC</b>	<i>Short Message Service Gateway Mobile Switching Center.</i>
<b>SMS-IWMSC</b>	<i>Short Message Service Interworking Mobile Switching Center.</i>
<b>SNDCP</b>	<i>Subnetwork Dependent Convergence Protocol.</i>
<b>SNS</b>	<i>Sub-network Service.</i>
<b>SS7</b>	<i>Signalling System No. 7.</i>
<b>STP</b>	<i>Signal Transfer Point.</i>
<b>S-CDR</b>	<i>SGSN - CDR.</i>
<b>S-SMO-CDR</b>	<i>SGSN Short message Mobile Originated – CDR.</i>
<b>S-SMT-CDR</b>	<i>SGSN Short message Mobile Terminated – CDR.</i>
<b>SIM</b>	Es el módulo físico identificador del usuario, conocido como <i>SIM card</i> o <i>chip</i> , el cual contiene información necesaria para su funcionamiento.
<b>Stack de protocolos</b>	Son las capas o los niveles dentro del modelo de referencia (OSI) que conforman a un determinado protocolo.

<b>Señalización</b>	Intercambio de información entre nodos para establecer y/o controlar sesiones en una red móvil.
<b>TADIG</b>	<i>Transferred Account Data Interchange Group.</i>
<b>TAP</b>	<i>Transferred Account Procedure.</i>
<b>TC</b>	<i>Transcoder.</i>
<b>TCAP</b>	<i>Transaction Capabilities Application Part.</i>
<b>TCP</b>	<i>Transmission Control Protocol.</i>
<b>TCP/IP</b>	Transporte sobre protocolo de <i>Internet</i> .
<b>TDM</b>	<i>Time Division Multiplexing.</i>
<b>TE</b>	<i>Terminal Equipment.</i>
<b>TEID</b>	<i>Tunnel End Point Identifiers.</i>
<b>TID</b>	<i>Tunnel ID.</i>
<b>TMSI</b>	<i>Temporary Mobile Subscriber Identity.</i>
<b>Túnel GTP</b>	Protocolo de comunicación entre GSNS, necesario para el enrutamiento de paquetes entre MS y PDN.
<b>T-PDU</b>	<i>Transmission Packet Unit.</i>

<b>USIM</b>	SIM Card específica para UMTS (UMTS SIM).
<b>UDP</b>	<i>User Datagram Protocol.</i>
<b>UE</b>	<i>UMTS Equipment.</i>
<b>UMTS</b>	<i>Universal Mobile Telecommunications System.</i>
<b>UTRAN</b>	UMTS Terrestrial RAN.
<b>VGGSN</b>	<i>VPLMN GGSN.</i>
<b>VLR</b>	<i>Visitor Location Register.</i>
<b>VPLMN</b>	<i>Visited Public Land Mobile Network.</i>
<b>VSGSN</b>	<i>VPLMN SGSN.</i>
<b>VGGSN</b>	Hace referencia al GGSN de una red visitada ( <i>Visited GGSN</i> ).
<b>VPLMN</b>	Hace referencia a una red PLMN visitada.
<b>VSGSN</b>	Hace referencia al SGSN de una red visitada ( <i>Visited SGSN</i> ).
<b>WCDMA</b>	<i>Wideband Code Division Multiple Access.</i>
<b>3GPP</b>	<i>3rd. Generation Partnership Project</i>

## RESUMEN

El servicio de *roaming* actualmente se encuentra en su pleno auge debido a la gran demanda de recursos orientados a la transmisión de datos por los usuarios que desean utilizar su mismo teléfono móvil en las redes de otros países.

En el capítulo 1, se inicia recordando la importancia de la red GSM, la cual es la base de una red móvil de segunda generación, incluyendo una descripción general de cada elemento de red y subsistemas que la constituyen.

En el capítulo 2, se hace una descripción de la red de GPRS, realizando una comparación entre los métodos de transmisión de datos utilizados en la red GSM como lo es la conmutación de circuitos y el método que introduce GPRS con la conmutación de paquetes.

En el capítulo 3, se describe la necesidad de la integración de nuevos elementos en la red GSM para establecer la tecnología 2.5G (GPRS), desarrollada para la transmisión de datos a mayores velocidades. Dicha integración establece la conexión física entre los nodos de la red GSM y los nodos de la red GPRS, siendo denominadas estas conexiones como interfaces.

En el capítulo 4, se definen las bases necesarias para establecer el servicio de *roaming*, introduciendo el uso de *carrier* internacionales que permiten la conexión física de las interfaces principales (Gn, Gr, Gp) hacia distintas redes móviles, tanto para señalización SS7 como para transmisión de datos por IP.

La validación del funcionamiento del servicio de *roaming* por parte de los operadores de las distintas redes móviles, se encuentra basada en una serie de formatos estándar definidos por asociaciones internacionales, los cuales certifican el funcionamiento de este servicio.

En el capítulo 5, se hace la descripción de cada una de las interfaces en la red de datos, las cuales permiten realizar distintas funciones dentro de la red a través de una diversidad de protocolos, siendo estos definidos con base a la función y comunicación entre los nodos. Según sea la interfaz, se tienen establecidos los protocolos a utilizar a través de esta, así como también el medio y tipo de transmisión. Los protocolos se encuentran segmentados por niveles o capas tomando como base la definición del modelo OSI.

En el capítulo 6, se realiza un análisis comparativo entre las redes actuales y las nuevas tecnologías siguiendo la tendencia evolutiva de la redes móviles, principalmente la integración de una red UMTS (3G) con la red de GSM y GPRS, donde se deben de implementar nuevas interfaces entre los nodos que proveerán dicha tecnología. Dicha integración conlleva la introducción de nuevos protocolos en las nuevas interfaces y la validación del servicio de *roaming* bajo la cobertura de la red de UMTS.

## OBJETIVOS

### General

Realizar un análisis para la elaboración de un documento que explique el funcionamiento del servicio de *roaming* de datos, utilizando tecnología 2.5G (GPRS) y su evolución a tecnología 3G (UMTS).

### Específicos

1. Dar a conocer la información necesaria para implementar y ofrecer la gestión de operación y mantenimiento al servicio de *roaming* de datos en una red de telefonía móvil.
2. Describir el funcionamiento de cada elemento de red.
3. Dividir por etapas la implementación de datos en los elementos de red para desarrollar las pruebas básicas durante la validación del servicio.
4. Delimitar la diversidad de protocolos e interfaces utilizados para el servicio de *roaming* de datos, demostrando la interacción con distintas redes, dándole importancia a los carrier internacionales (SS7, GRX).
5. Comparar secuencias a nivel de señalización para una sesión de datos local y una sesión de datos a nivel de *roaming*.
6. Explicar las tecnologías 2.5G (GPRS) y 3G (UMTS) a nivel de *roaming*.

## HIPÓTESIS

La carencia de recursos didácticos para el estudio del servicio de *roaming* de datos tanto en 2.5G como en 3G, ocasiona que el estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala desconozca cómo interactúan los elementos de red por medio de sus interfaces y protocolos dentro de las redes móviles GSM y las redes de datos GPRS. Esto conlleva a una escasez de personal capacitado para desempeñar puestos de trabajo que brinden soporte para el servicio de *roaming* de datos dentro de las empresas de telefonía móvil.

## INTRODUCCIÓN

La transmisión de datos en una red móvil ha tenido un incremento sumamente considerable en los últimos años, esto debido a la diversidad de servicios ofrecidos para los usuarios GSM a través de la tecnología GPRS y su evolución UMTS; entre los más utilizados se pueden mencionar: *internet*, *wap*, *e-mail*, mensajes multimedia, AVL, entre otros.

Por lo tanto, existe una gran demanda de los servicios mencionados por usuarios a nivel local y por usuarios que viajan constantemente a distintos países del mundo quienes son denominados usuarios de *roaming*; siendo el servicio de estos últimos la base principal de análisis para el desarrollo de este trabajo de graduación.

El servicio de *roaming* permite a los usuarios GSM de un operador A tener acceso a la red de un operador B de otro país, tanto a nivel de voz como de datos.

Para una transmisión de datos, debe de existir una transferencia de información a través de un canal de comunicación, siendo regulada dicha transferencia; a esta regulación se le denomina protocolo y al canal de comunicación se le denomina interfaz.

En GPRS y UMTS existe una diversidad de protocolos que permiten establecer la transmisión de datos, estos protocolos también son utilizados en el servicio de *roaming*.

El siguiente trabajo de graduación surgió del interés de realizar un análisis acerca del funcionamiento de *roaming* de datos, con el fin de dar a conocer al estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad de San Carlos los diversos protocolos estándar que existen en las redes móviles a través de sus interfaces internas y externas, siendo estas utilizadas como los medios de conexión entre los distintos elementos que conforman dichas redes móviles, específicamente GPRS (2.5G) y su evolución a UMTS (3G).

# 1. RECORDANDO GSM

## 1.1. Introducción a GSM

El sistema global para comunicaciones móviles (GSM), que por sus siglas en inglés se conoce como *Global System for Mobile communications*, fue el primer y más exitoso sistema celular digital 2G, incluyendo diversos servicios, interfaces de subsistemas y arquitectura de protocolos.

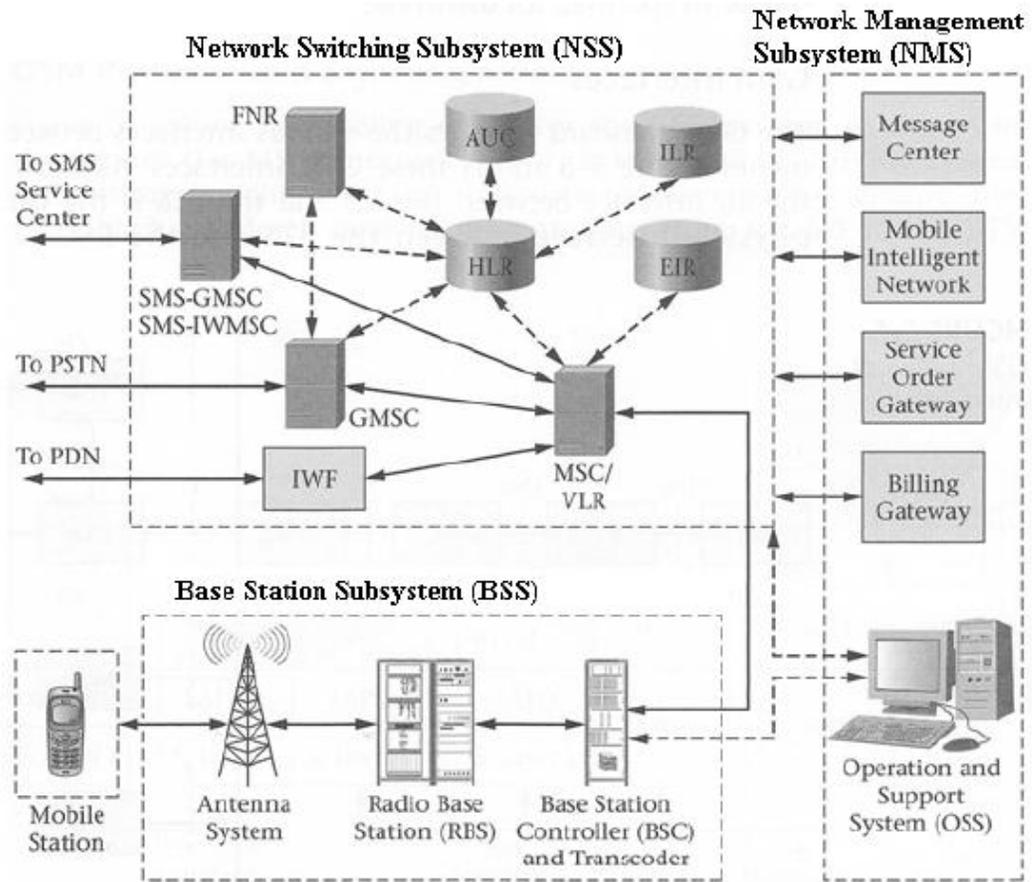
Los principales servicios proveídos por la red GSM corresponden al servicio de llamadas de voz, conmutación de circuitos para el servicio de transmisión de datos de baja velocidad y el servicio de mensajería de texto.

La red GSM está dividida dentro de tres subsistemas:

- BSS: *Base Station Subsystem*
- NSS: *Network Switching Subsystem*
- NMS: *Network Management Subsystem*

En la figura 1 son mostrados los subsistemas mencionados, los cuales están divididos por un cierto número de elementos de red según sea su función:

Figura 1. **Subsistemas GSM**



Fuente: Monzur, Kabir. *GSM network architecture*. p. 2.

Para un sistema GSM son requeridos los componentes, elementos de red y procesos mostrados en la tabla I:

Tabla I. **Recursos de GSM**

<b>Recurso</b>	<b>Descripción</b>
MS	<i>Mobile Station.</i>
SIM	<i>Subscriber Identity Module.</i>
ME	<i>Mobile Equipment.</i>
BTS	<i>Base Transceiver Station.</i>
BSC	<i>Base Station Controller.</i>
MSC	<i>Mobile Services Switching Center.</i>
STP	<i>Signal Transfer Point</i>
HLR	<i>Home Location Register.</i>
VLR	<i>Visitor Location Register.</i>
EIR	<i>Equipment Identity Register.</i>
AuC	<i>Authentication Center.</i>
NMC	<i>Network Management Center.</i>
Compresión de voz y datos	Maximizar los recursos de radio.
Administración de registro	Conocer la ubicación actual de un usuario y así realizar más rápido el proceso de llamadas entrantes.
Control de potencia	Minimizar la potencia transmitida por el usuario.
Procesos de encriptación	La información transmitida por las interfaces de aire es encriptada para seguridad.
Coordinación de handover entre BTS	A nivel de movilidad dentro de un área de cobertura.

Fuente: elaboración propia.

## **1.2. Base Station Subsystem (BSS)**

El subsistema de estaciones base denominado BSS tiene el control del tráfico entrante y saliente en una red móvil, siendo este subsistema conocido como red de acceso. El tráfico que maneja este subsistema tiene comunicación directa con el subsistema NSS, con el fin de enrutar dicho tráfico a su destino específico. Los principales elementos del BSS son los siguientes:

- BSC (*Base Station Controller*)
- BTS (*Base Transceiver Station*)
- TC (*Transcoder*)

### **1.2.1. BSC**

El controlador de las estaciones base denominado BSC, es el elemento principal del subsistema BSS debido a que controla la red de acceso. Entre las principales responsabilidades del nodo BSC, se pueden mencionar las más básicas como el establecimiento de conexión entre el usuario móvil (MS) y el subsistema NSS, la administración de movilidad, la recolección de información estadística y el control de señalización en la interfaz de aire y la interfaz A.

### **1.2.2. BTS**

La estación base transceptora denominada BTS, es un elemento de red que controla la interfaz de aire, ocupándose de la señalización, cifrado y procesamiento de voz. Estos procesos son realizados para garantizar una conexión libre de error entre el usuario móvil (MS) y la BTS.

### **1.2.3. TC**

Este elemento se encarga de la transcodificación de la voz, siendo capaz de convertir la voz desde un formato de codificación digital a otro, logrando maximizar el uso de los recursos de radio.

### **1.3. Network Switching Subsystem (NSS)**

El subsistema de conmutación denominado NSS se encarga de realizar una serie de procesos relacionados con el control, tarificación, señalización y enrutamiento de las llamadas. También tiene a su cargo la administración, ubicación, seguridad, autenticación y manejo de información de los usuarios.

Los principales elementos del subsistema NSS son los siguientes:

- MSC (*Mobile Services Switching Center*)
- VLR (*Visitor Location Register*)
- HLR (*Home Location Register*)
- STP (*Signal Transfer Point*)
- AuC (*Authentication Center*)
- EIR (*Equipment Identity Register*)

### **1.3.1. MSC**

La central de conmutación móvil denominada MSC es la responsable del control de las llamadas y la señalización de las mismas en la red, identificando su origen y destino así como el tipo de llamada. La MSC está comúnmente asociada con bases de datos temporales, las cuales mantienen información de cada usuario que actualmente se encuentra registrado en el área de cobertura de la central de conmutación.

### **1.3.2. VLR**

El VLR tiene como función principal establecer registros de ubicación y actualizaciones de los usuarios, con el fin de que la MSC asociada inicie el proceso de paginación (*paging*). La base de datos del VLR es temporal, ya que la información del usuario es retenida el tiempo que dicho usuario esté dentro del área de servicio.

### **1.3.3. HLR**

La diferencia entre el VLR y el HLR es que este último mantiene la información de los usuarios de manera permanente, teniendo en su base de datos todos los perfiles y servicios que tales usuarios pueden tener acceso, por ejemplo: llamadas de voz, sesiones de datos, desvíos de llamadas a buzón de voz, incluso si tuviera algún tipo de restricción.

De igual manera, el HLR maneja una base de datos temporal la cual contiene la ubicación actual de los usuarios; esta información es requerida para el enrutamiento de llamadas.

#### **1.3.4. AuC, EIR y STP**

Los nodos AuC y EIR son utilizados para proveer seguridad y usualmente implementados como parte del HLR, siendo más común el AuC. La función principal está en que el usuario debe de ser identificado y autorizado antes de poder registrarse en la red móvil.

El STP realiza la función de un *router* o *gateway* en la red de señalización SS7, conmutando los mensajes entre distintos *Signaling Points*. Este nodo es el encargado de concentrar y administrar la mayor cantidad de *links* de señalización en la red GSM, ya sea para nodos internos de la red local como nodos externos de distintas redes.

Relacionado al tema de *roaming*, una de las funciones principales del STP es la de proporcionar el enrutamiento por GTT (*Global Title Translation*), la cual será detallada en el capítulo 4.

#### **1.4. Network Management Subsystem (NMS)**

El subsistema de administración denominado NMS, tiene como propósito monitorear el funcionamiento cada elemento de la red. Consiste en un número de estaciones de trabajo (*workstations*) que están conectadas a bases de datos y servidores de comunicación.

En las bases de datos se almacena la información de cada elemento de red, por ejemplo: alarmas, *logs* y *warnings*. Por su parte, los servidores de comunicación se ocupan de la conexión y transporte de datos entre el subsistema NMS y cada elemento de red.

Las funciones del NMS pueden ser divididas dentro de 3 categorías:

- Administración de fallas.
- Administración de configuración.
- Administración de rendimiento.

Estas funciones cubren la administración completa de cada elemento de red dentro del subsistema de gestión.

## **2. DESCRIBIENDO GPRS**

### **2.1. Introducción a GPRS**

La red GSM está basada en técnicas de conmutación de circuitos, siendo estas óptimas para los servicios de voz pero ineficiente para los servicios de datos que están basados en el protocolo de *Internet* (IP), tales como correo electrónico y navegación *web* entre otros. Los estándares 3GPP están estructurados en forma de *releases*, siendo GSM *release* '97 la introducción de *General Packet Radio Service* (GPRS).

### **2.2. *Circuit Switched* (CS) vs. *Packet Switched* (PS)**

Las técnicas de conmutación para GSM y GPRS son conocidas como CS (*Circuit Switched*) y PS (*Packet Switched*). A continuación se establecerán los parámetros y definiciones para realizar una comparación sobre las técnicas mencionadas.

#### **2.2.1. *Circuit Switched* (CS)**

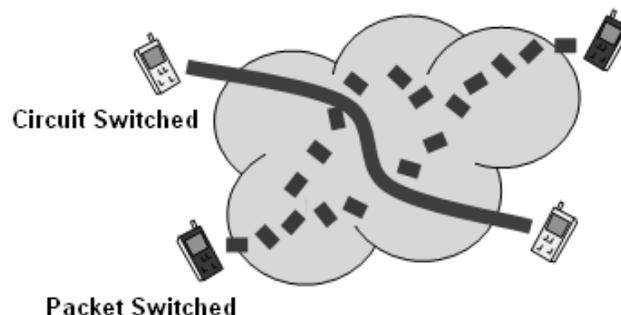
El estándar GSM usa conexiones basadas en la conmutación de circuitos, teniendo en cada conexión requerida un enlace establecido entre dos puntos y recursos reservados por la red para el usuario; estos recursos son utilizados durante el tiempo total que dure la conexión o la llamada establecida. Este tipo de conexión tiene un período variable de ocupación en la red, siendo usado generalmente en las redes fijas y móviles para llamadas de voz y transmisión de datos de baja velocidad.

### 2.2.2. **Packet Switched (PS)**

Las redes de datos tales como *Internet*, *Frame Relay* y *X.25* usan conexión de conmutación de paquetes, en donde los datos están divididos en paquetes de información con un identificador o una dirección, la cual es usada en la red para llevar cada paquete a su destino.

La red de GPRS brindará técnicas de conmutación de paquetes para la red GSM como se muestra en la figura 2:

Figura 2. **Circuit Switched vs. Packet Switched**



Fuente: Nokia Networks. GPRSSYS *introduction to GPRS*. p. 13.

El ancho de banda en una red PS no es reservado continuamente como es el caso de la red CS, debido a que en PS el ancho de banda es asignado cuando es requerido y liberado cuando ya no es necesario.

De igual manera, se puede simular la forma de trabajo de una red CS, dando la impresión al usuario final que hay una conexión permanente entre los dos extremos, pero en realidad, existe conexión únicamente cuando los datos están siendo transferidos; a esto se le conoce como una conexión virtual.

Con la conexión GPRS los paquetes pueden ser multiplexados en una forma estadística sobre la interfaz de aire que provee un uso eficiente de los canales de radio, dado que cada canal de radio es únicamente ocupado por el usuario cuando transmite o recibe información.

Esto significa que el usuario de datos puede tener un retardo variable en la red, por lo que un particular QoS (*Quality of Service*) debe de ser negociado entre el usuario y la red para proporcionar un apropiado nivel de servicio.

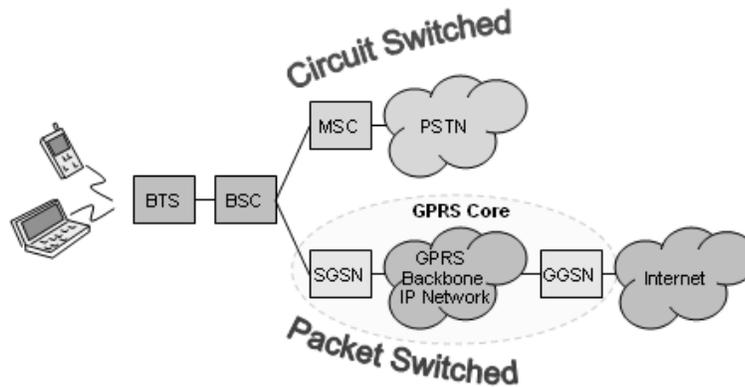
### **2.3. GPRS y GSM**

La red de GPRS mejora los servicios de datos en GSM, proporcionando conexiones PS desde una estación móvil (MS) para redes de datos, tales como redes de área local (LAN) e *Internet*.

En GPRS se transmiten paquetes de datos directamente desde un MS, usando técnicas para habilitar los recursos de radio en la interfaz de aire para ser usados únicamente cuando están siendo enviados o recibidos. Mientras que el sistema GSM fue originalmente designado con énfasis en las aplicaciones de voz, el principal objetivo de GPRS es ofrecer acceso a las redes de datos estándar, tales como TCP/IP y X.25.

El concepto de unión entre las redes GSM y GPRS es mostrado en la figura 3:

Figura 3. **GSM (CS) y GPRS (PS)**



Fuente: Nokia Networks. GPRSSYS *introduction to GPRS*. p. 15.

Usando el tipo de transmisión PS se hace muy eficiente el uso de la red y el ancho de banda de la interfaz de aire, permitiendo al operador ofrecer servicios económicamente accesibles. Por otra parte, a nivel de velocidades de transmisión GPRS ofrece un rango muy flexible de velocidades de datos, desde menos de 100 bits por segundo (bps) hasta arriba de 100 kilobits por segundo (kbps), mientras que el estándar GSM incluye ahora una velocidad de 14,4 kilobits por segundo (kbps) en los servicios de datos. Esto se alcanza reduciendo el mecanismo de protección de error por lo que es aconsejable aplicarlo solo en áreas de cobertura moderadas. Analizando un poco la figura 3, se puede observar el concepto global de GPRS dividido en tres partes importantes:

- BSS, la cual provee el acceso de radio (BTS y BSC).
- CORE, que representa la red de GPRS (SGSN y GGSN).
- *Access Point*, que representa el acceso hacia una red externa (*Internet*).

El subsistema de acceso BSS es la infraestructura común entre GSM y GPRS, brindando el área de cobertura y el control de tráfico de acceso generado por los usuarios.

El *core* de GPRS realiza la traducción entre los protocolos GSM y los protocolos basados en IP, dando con esto el servicio de transmisión de datos; con lo anterior se puede decir que maneja la movilidad de los usuarios.

El *Access Point* como su nombre lo indica, es el punto de acceso hacia una red destino como lo es *Internet*, una red corporativa o *Intranet*; es decir hacia redes externas de datos.

#### **2.4. Ventajas de GPRS**

La red de GPRS utiliza la técnica basada en conmutación de paquetes, la cual mejora significativamente los servicios de datos, especialmente para el tráfico de *Internet* y/o *Intranet*.

A continuación se describen las principales ventajas de GPRS para los usuarios:

- Acceso inmediato de datos como si estuviera conectado en una red LAN.
- Facturación basada en cantidad de datos transferidos y no por tiempo.
- Alta velocidad de transmisión.
- Facilidad para los usuarios de *roaming* que pueden conectarse en la red visitada como si fuera la red local.

De igual forma, se describen las principales ventajas de GPRS para los operadores:

- Rápida implementación con una inversión mínima.
- El exceso de capacidad de voz es usado para datos.
- Suave camino hacia los servicios 3G.

En resumen, para la red de CS cada vez que una conexión es requerida entre dos puntos se establece un enlace entre estos puntos y los recursos necesarios son reservados durante el tiempo que dure una llamada, lo cual implica una utilización alta de los recursos de cada nodo o plataforma perteneciente a la red de CS.

Por lo tanto, para la red de PS los datos transferidos son divididos en paquetes y son enviados a través del *backbone* de la red hacia su destino, siendo re-ensamblados por el receptor final y utilizando los recursos únicamente cuando son necesarios o requeridos; a esta utilización de recursos se le denomina servicios *on demand*.

### 3. ARQUITECTURA DE GPRS

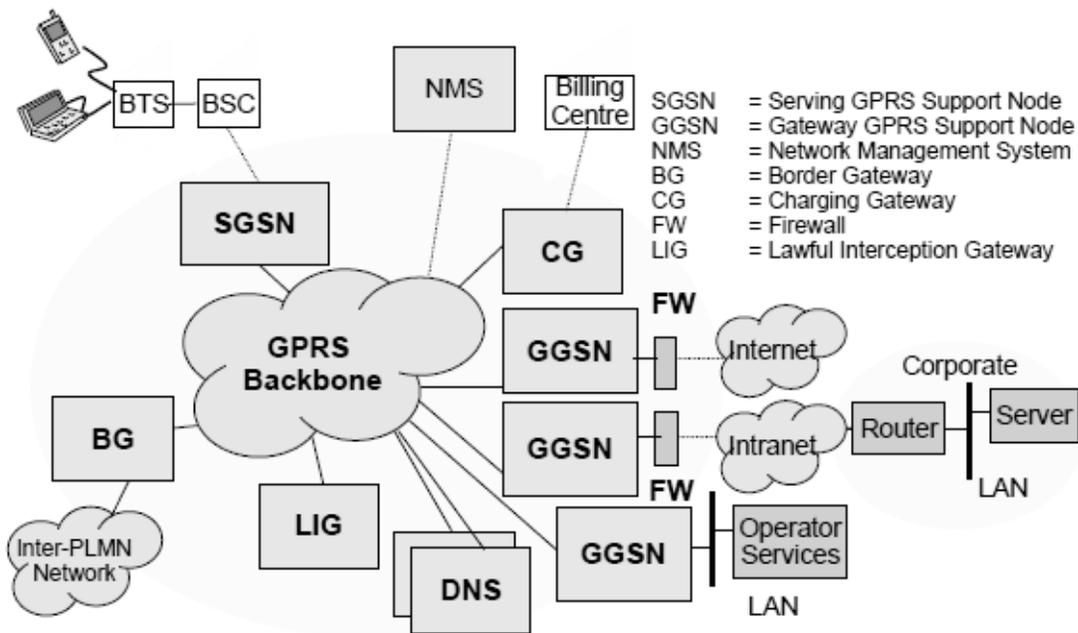
#### 3.1. *Network Elements* (NE)

La red de GPRS está compuesta por un grupo de elementos de red denominados *Network Elements* (NE), que realizan una función específica para la transmisión de datos, incluyendo nuevos elementos para una red GSM existente.

A continuación se presenta un listado de los principales elementos de red que forman parte de la arquitectura de GPRS, los cuales son mostrados en la figura 4:

- *Packet Control Unit* (PCU)
- *Serving GPRS Support Node* (SGSN)
- *Gateway GPRS Support Node* (GGSN)
- *Border Gateway* (BG)
- *Charging Gateway* (CG)
- *Domain Name System Server* (DNS Server)
- *Firewall* (FW)

Figura 4. **Arquitectura de GPRS**



Fuente: Nokia Networks. GPRSSYS GPRS architecture. p. 10.

### 3.1.1. **Packet Control Unit (PCU)**

El elemento denominado PCU separa el tráfico de datos (PS) que envía el usuario a través de la red de acceso, siendo el responsable del enrutamiento de paquetes en las BSC hacia la red de GPRS.

Esta unidad puede estar localizada en la BTS, BSC o en otro punto entre el dispositivo móvil del usuario (MS) y el SGSN. La tecnología *Frame Relay* está siendo usada actualmente para interconectar la PCU hacia el *core* de GPRS, sin embargo, está siendo sustituida por protocolos basados en IP.

### 3.1.2. **Serving GPRS Support Node (SGSN)**

El SGSN es el elemento más importante del *core* de GPRS, siendo éste el equivalente a la central de conmutación (MSC) en la red GSM. Este nodo es el encargado de controlar las sesiones de datos solicitadas por los usuarios, debido a que cada usuario debe de registrarse en el SGSN para poder iniciar la solicitud de conexión de datos a una red específica.

Debe de haber por lo menos un SGSN en una red GPRS, sin embargo, pueden existir varios SGSN en una misma red ya que cada uno posee un área de cobertura específica. Entre las funciones principales del SGSN se pueden mencionar las siguientes:

- Permite el registro de usuarios a la red de datos (*GPRS attach*).
- Convertidor de protocolos (IP, *Frame Relay*).
- Compresor de datos, para minimizar el tamaño de las unidades de datos.
- Autenticación de usuarios.
- Gestión de la movilidad de los usuarios hacia otra área de cobertura.
- Interacción con HLR vía SS7, para obtener información del usuario.
- Permite a usuarios de otros países registrarse en la red de datos visitada como si estuvieran en la red de datos local.

### **3.1.3. Gateway GPRS Support Node (GGSN)**

El GGSN es el *gateway* hacia redes externas a nivel de servicios, por ejemplo *Internet* e *Intranet*. La función de este nodo generalmente se le asemeja a un servidor DHCP, ya que es el encargado de recibir la solicitud de conexión de datos enviada por el SGSN y le asigna una IP dinámica a cada usuario que solicita dicha conexión, dependiendo el tipo de servicio solicitado.

Cada conexión hacia una red de datos pasa a través de este nodo, incluyendo cuando los usuarios cambian cobertura de datos, ya que el GGSN puede aceptar solicitudes de conexión de diversos SGSN, incluso cuando pertenecen a otra PLMN; siendo éste el escenario principal de *roaming*.

El protocolo de comunicación entre el SGSN y el GGSN es denominado GTP (*GPRS Tunneling Protocol*), que será estudiado a detalle en los siguientes capítulos. Los nodos SGSN y GGSN son generalmente conocidos como GSNs (*GPRS Support Nodes*), identificándolos como los nodos principales de la red GPRS.

### **3.1.4. Border Gateway (BG)**

El BG es un *router* que puede proveer un túnel de GPRS directo entre distintos operadores, dicho túnel consiste en levantar sesiones BGP entre distintos *backbone* para interconectar redes de distintos países; a esta relación entre redes se le conoce como *Inter-PLMN*.

Este nodo es una parte esencial para el servicio de *roaming*, ya que permite la conexión entre distintos operadores a nivel mundial, es decir que únicamente entra en función para transmisión de datos a nivel de *roaming*.

### **3.1.5. Charging Gateway (CG)**

EL CG es el elemento encargado de recopilar y procesar los archivos de tarificación para cada sesión de datos generada por los usuarios. En GSM, la tarificación del servicio de llamadas de voz está basada en el destino y la duración de dicha llamada. En cambio, en la red de GPRS se realiza la tarificación basada en el volumen, destino, QoS y otros parámetros asociados a la transferencia de datos.

Cuando existe una transferencia de datos, existe una serie de información generada por los GSNs y es direccionada al CG, siendo este último el encargado de generar los archivos de tarificación denominados CDR (*Call Detail Record or Charging Data Record*). Por lo tanto, el CG recopila los CDRs, los ordena, los procesa y los envía al sistema de cobro.

### **3.1.6. Domain Name System Server (DNS Server)**

La función principal del DNS es hacer la resolución de los APN (*Access Point Name*), que consiste en convertir los nombres de los servicios con el formato APN NI (*Network Identifier*) en sus respectivas direcciones IP de 32 bit, las cuales pueden ser un poco complicadas de memorizar. La conversión es realizada por el servidor DNS y su protocolo que pertenece a la capa de aplicación.

A continuación se muestra la función de un DNS *server*:

Nombre simbólico de un servidor (APN NI): GPRS.COM.GT

Dirección IP: 192.168.1.2

Conversión: GPRS.COM.GT → 192.168.1.2

El servidor DNS está basado en un modelo jerárquico y distribuido de bases de datos con la información de las direcciones IP correspondientes a los nombres simbólicos de los servidores. Para el caso de GPRS, el DNS estará realizando la conversión de cada APN a direcciones IP de su correspondiente GGSN.

### **3.1.7. Firewall (FW)**

Este elemento está encargado de proteger la red IP contra ataques internos y/o externos a nivel de *software* al *core* de GPRS. Puede ser configurado para rechazar todos los paquetes que no pertenecen a los protocolos propios de la red de GPRS.

Otra función de este nodo es la de ocultar la red privada o interna a través del procedimiento denominado NAT (*Network Address Translation*), publicando direcciones IP públicas con las que se puede realizar la conexión con otras redes.

## **3.2. Funcionamiento de GPRS**

Teniendo el conocimiento de la arquitectura de GPRS y de cada elemento de red que la conforma, se puede describir el funcionamiento general del sistema y los procedimientos internos para la comunicación entre cada elemento de red al brindar el servicio de transmisión de datos por medio de teléfonos móviles.

La comunicación entre cada elemento de red se establece por medio del envío de mensajes usando uno o más protocolos; a esto se le denomina tráfico de GPRS.

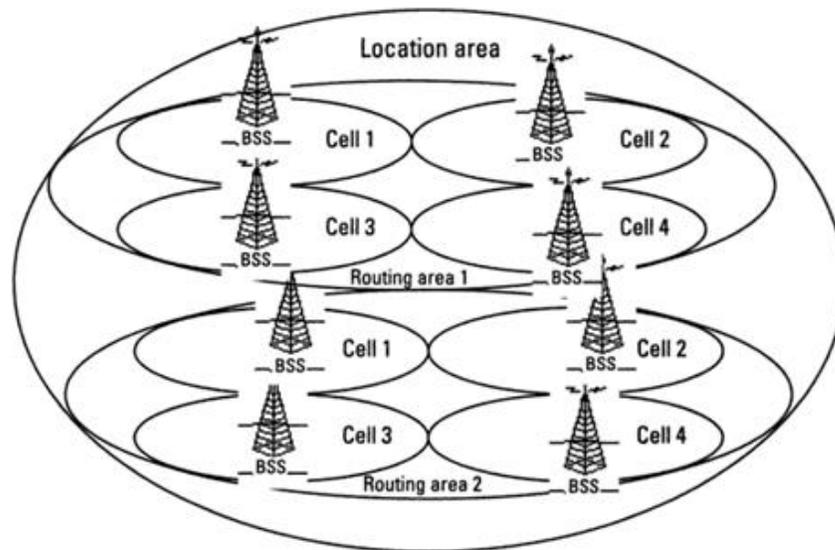
Se necesitan procedimientos para la administración del tráfico de GPRS, los cuales pueden ser divididos en 2 categorías:

- GPRS *Mobility Management* (GMM)
- *Session Management* (SM)

### 3.3. GPRS *Mobility Management*

La administración de la movilidad en una red de GPRS es muy similar a la que se tiene en una red GSM. La red de GSM utiliza el concepto de *Location Area* (LA) para ubicar a los usuarios, mientras que GPRS utiliza un nuevo concepto denominado *Routing Area* (RA). En la figura 5 se muestra la relación entre LA y RA para la red de GPRS:

Figura 5. Estructura de RA y LA



Fuente: Seurre, Emmanuel. GPRS for mobile internet. p. 89.

### 3.3.1. *Location Area (LA)*

Es un grupo de celdas asignadas a una central de conmutación MSC/VLR, teniendo ésta un control eficiente de las celdas que conforman dicha LA al momento de ubicar a los usuarios para recibir llamadas, también conocidas como MTC (*Mobile Terminated Call*).

El concepto de *Location Area* es desarrollado para evitar carga a nivel de señalización y utilización al canal de *paging*, ya que el VLR contiene la última ubicación LA del usuario y todas las celdas pertenecientes a dicha LA enviarán un mensaje al móvil a través del canal de *paging* para que se reporte y pueda recibir la llamada.

El área de cobertura que ofrece una central MSC, se relaciona a través del concepto de LA de la siguiente manera:

Área de Cobertura MSC → LA → Celda

Cuando un usuario se cambia del área de cobertura de una LA a otra, existe un procedimiento llamado *Location Update*, el cual actualiza la información en el VLR. Cada LA tiene un único identificador llamado LAI (*Location Area Identifier*) y está definido de la manera siguiente:

$$\text{LAI} = \text{MCC} + \text{MNC} + \text{LAC}$$

Donde:

MCC: *Mobile Country Code*

MNC: *Mobile Network Code*

LAC: *Location Area Code*

### 3.3.2. **Routing Area (RA)**

Este es un concepto específico para la red de GPRS, el cual está definido como una o un grupo de celdas pertenecientes a un área de asignación de rutas (RA) que existen dentro de un LA; con el fin de asignar un nuevo identificador con propósitos de *paging* y señalización para usuarios que utilizan los servicios de la red de GPRS.

Existen reglas importantes para la asignación del RA:

- Un RA es perteneciente a un único SGSN, por lo que no puede existir el mismo RA en más de un SGSN (de igual manera que un LA pertenece a una sola MSC).
- Un RA no puede pertenecer a más de un LA.
- Un LA puede tener asociados varios RA.

El área de cobertura que ofrece una central MSC y un SGSN, se relaciona a través del concepto de RA de la siguiente manera:

Área de Cobertura MSC → LA → RA → Celda

Área de Cobertura SGSN → RA → Celda

Cada RA tiene un único identificador llamado RAI (*Routing Area Identity*) y está definido de la manera siguiente:

$$\text{RAI} = \text{MCC} + \text{MNC} + \text{LAC} + \text{RAC}$$

Donde:

MCC: *Mobile Country Code*

MNC: *Mobile Network Code*

LAC: *Location Area Code*

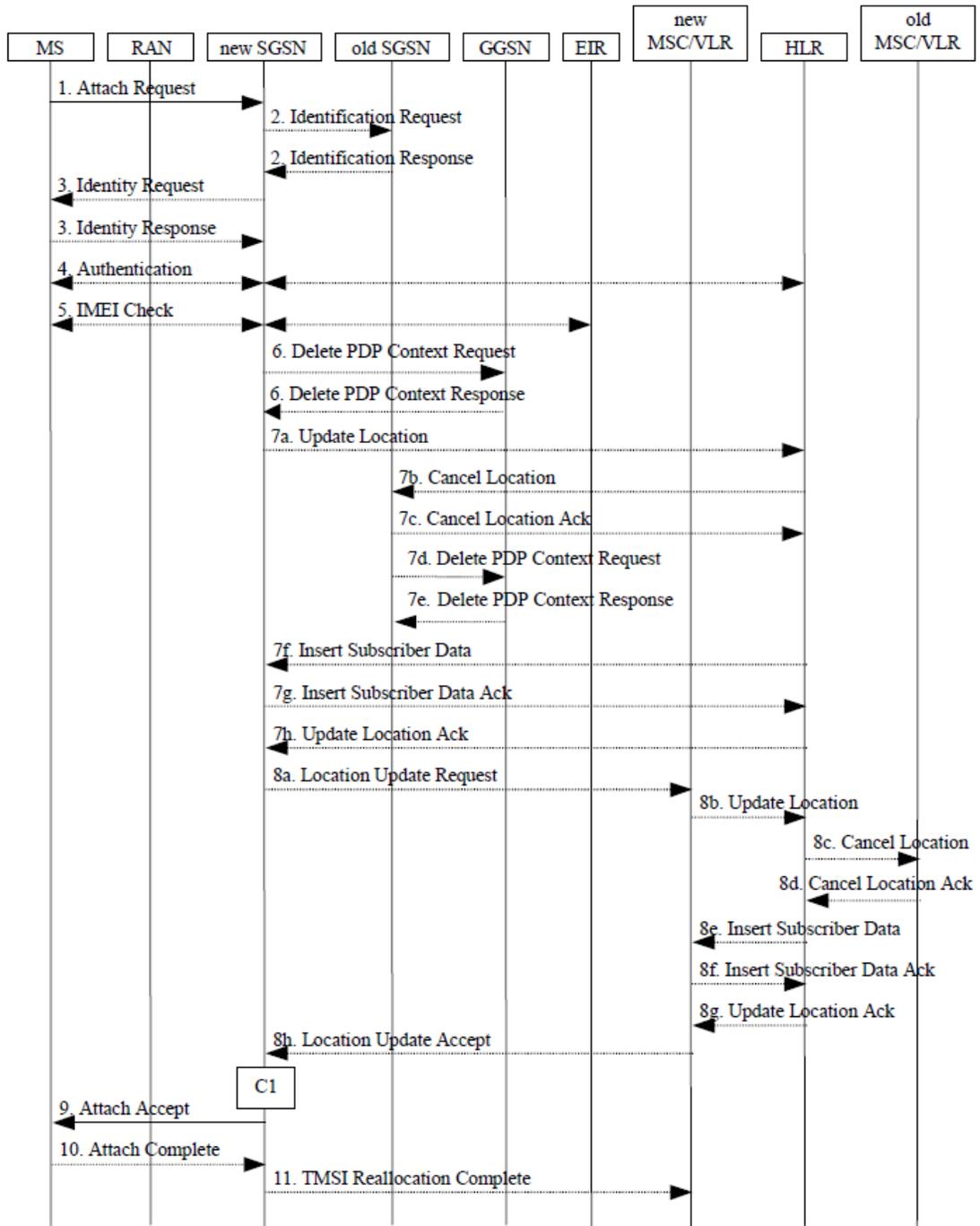
RAC: *Routing Area Code*

### **3.3.3. GPRS *attach* / *detach***

El concepto de GPRS *attach* y GPRS *detach* es referente al *status* del móvil de un usuario que utiliza el servicio de transmisión de datos por medio de la red GPRS. El termino GPRS *attach* es el procedimiento de registro de un MS a la red de datos y el termino GPRS *detach* es el procedimiento de liberar el registro o la conclusión del registro de un MS en una red de datos. El SGSN es el encargado de permitir el registro o el acceso del MS a la red de datos por medio del procedimiento GPRS *attach*, estando asociado a la configuración que tenga dicho móvil. Las opciones de configuración por *default* en un teléfono móvil pueden ser *always attach* y *attach on demand*.

La configuración *always attach* permite que el móvil esté registrado en el SGSN desde el momento que el móvil es encendido, por lo que estará *detach* únicamente cuando el móvil se encuentre apagado. La configuración *attach on demand* permite que el móvil se registre en el SGSN al momento de iniciar una sesión de datos, por lo que estará *detach* cuando dicha sesión sea terminada. Con los procedimientos GPRS *attach* y *detach*, las conexiones hacia el SGSN pueden ser establecidas o terminadas por el usuario, debido a que el móvil envía una solicitud de *attach* o *detach* al SGSN, siendo éste el encargado de recibirla y procesarla. A continuación se ilustra en la figura 6 el flujo de señalización entre elementos de red para que se realice el procedimiento de GPRS / IMSI *attach* junto con el proceso de *Location Update* en una MSC.

Figura 6. Procedimiento de GPRS / IMSI attach



Fuente: 3GPP. GPRS service description. p. 49.

- El móvil inicia el procedimiento de GPRS *attach* por medio de un mensaje *attach request* hacia el SGSN.
- El móvil se encuentra en un área de cobertura diferente a su último *attach*, por lo que el nuevo SGSN envía un *Identification request* al anterior SGSN para solicitar varios parámetros del móvil (P-TMSI, *old* RAI, IMSI). El anterior SGSN responde con un *Identification response* con la información solicitada.
- Si el móvil es desconocido, el nuevo SGSN envía un *Identity request* hacia el móvil solicitando la IMSI y éste responde con un *Identity response*.
- Las funciones de autenticación son establecidas entre el móvil, el SGSN y el HLR o incluso con el AuC de ser una plataforma independiente.
- Se realiza una revisión del IMEI (*Check IMEI*) del móvil en conjunto con el SGSN y la plataforma EIR.
- El nuevo SGSN envía al GGSN un *Delete PDP context request* de existir algún PDP activo del móvil, por no realizar un correcto *detach* en el anterior SGSN. El GGSN envía un *Delete PDP context response* si procedió a borrar algún PDP activo.
- Si el SGSN ha cambiado desde el último GPRS *detach* del móvil, el mismo SGSN debe de informarle al HLR:
  - El SGSN envía un *Update Location* hacia el HLR (SGSN *number*, SGSN *address*, IMSI).

- El HLR envía un *Cancel Location* hacia el anterior SGSN, con el fin de eliminar el registro del móvil en dicho SGSN.
- El anterior SGSN envía el mensaje *Cancel Location Ack*.
- Si existe algún PDP *context* activo en el anterior SGSN, éste envía un *Delete PDP context request* al GGSN.
- El GGSN reconoce el mensaje y envía un *Delete PDP context response*.
- El HLR envía un *Insert Subscriber Data* al nuevo SGSN (IMSI, perfil).
- El nuevo SGSN valida la presencia del móvil en algún RA asociado, y de ser la validación correcta entonces el SGSN envía un *Insert Subscriber Data Ack* hacia el HLR, de lo contrario regresaría algún mensaje con error.
- El HLR reconoce el *Update Location* y envía un *Update Location Ack* al nuevo SGSN después de haber cancelado toda dependencia del móvil con el anterior SGSN y haber finalizado la creación de una con el nuevo SGSN.
- El VLR debe de actualizar al SGSN por medio de la interfaz Gs:
  - El SGSN envía un *Location Update request* a la nueva MSC/VLR con la información IMSI, SGSN *number*, *Location Update Type*.

- El nuevo VLR envía un *Update Location* hacia el HLR (IMSI, VLR).
- El HLR envía un *Cancel Location* hacia el anterior VLR.
- El anterior VLR reconoce la solicitud con un *Cancel Location Ack*.
- El HLR envía un *Insert Subscriber Data* hacia el nuevo VLR.
- El nuevo VLR responde con un *Insert Subscriber Data Ack*.
- Al finalizar los procedimientos de *Inter-MSC location update*, el HLR responde al nuevo VLR con un *Update Location Ack*.
- El VLR responde con un *Location Update Accept* hacia el SGSN.
- El SGSN envía un *attach Accept* hacia el móvil (P-TMSI, VLR TMSI), donde acepta el registro del usuario a la red de datos.
- El móvil (MS) concluye enviando un *attach Complete* hacia el SGSN.
- Si el VLR TMSI fue cambiado, el SGSN envía un *TMSI Reallocation Complete* hacia el VLR.

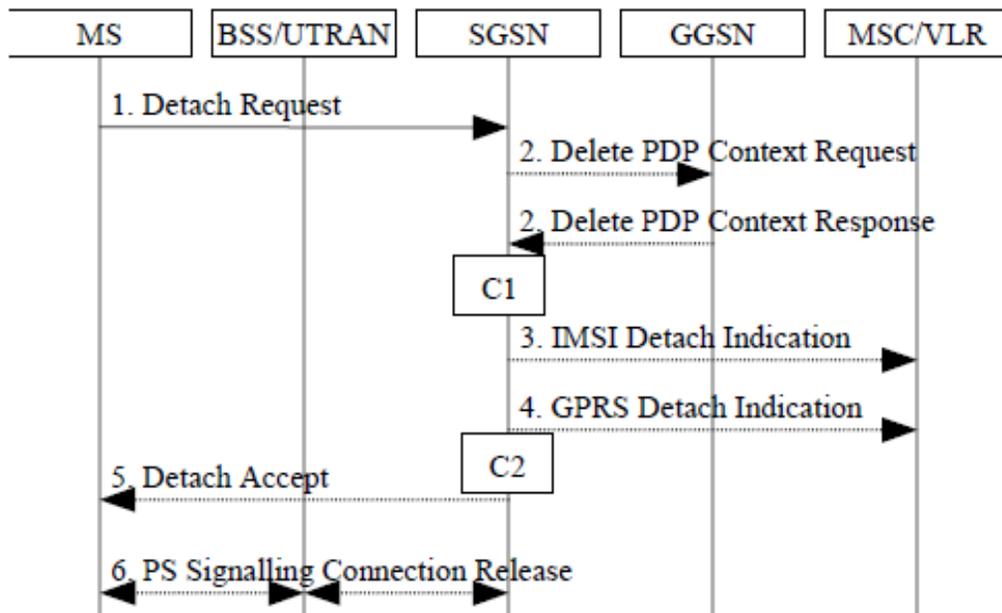
Nota: Si la solicitud de GPRS *attach* no puede ser aceptada, el SGSN regresa un mensaje de *attach Reject* (IMSI, causa) hacia el móvil.

Para el procedimiento de GPRS / IMSI *detach*, existen dos formas de llegar a dicho estado, las cuales son:

- *Explicit detach*: la red o el móvil pueden solicitar borrar el registro.
- *Implicit detach*: la red borra el registro del SGSN sin notificar al móvil.

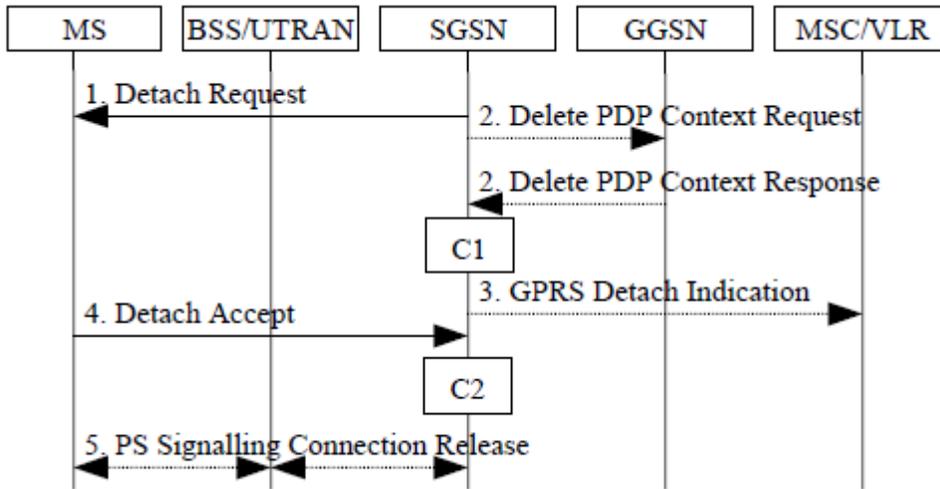
A continuación, se muestran varios flujos de señalización en las figuras 7, 8 y 9, en donde se puede observar los distintos procedimientos que se tienen para una posible solicitud de *detach*:

Figura 7. **Detach solicitado por el MS**



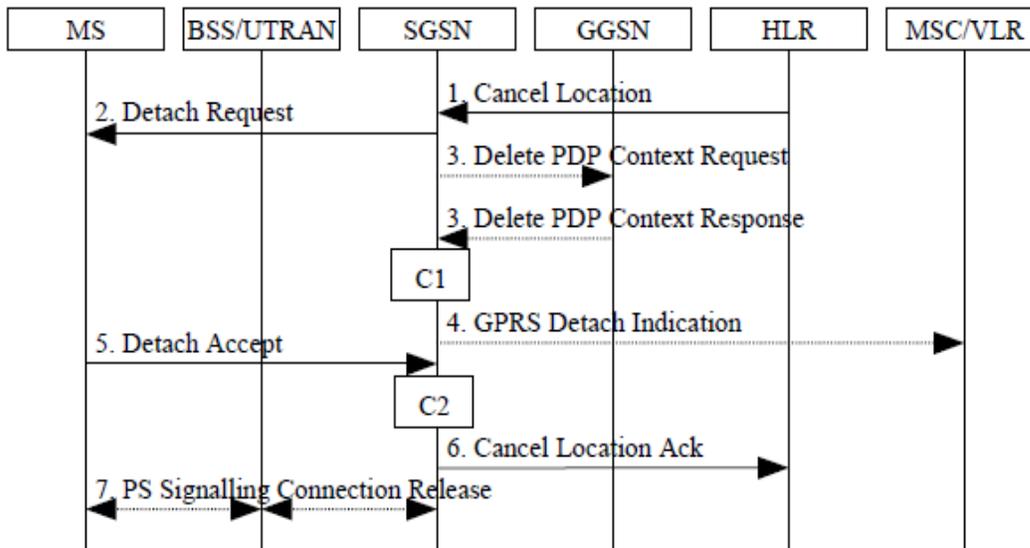
Fuente: 3GPP. GPRS *service description*. p. 53.

Figura 8. **Detach solicitado por el SGSN**



Fuente: 3GPP. GPRS service description. p. 54.

Figura 9. **Detach solicitado por el HLR**



Fuente: 3GPP. GPRS service description. p. 55.

### **3.3.4. Mobility Management States**

Con el fin de administrar la movilidad de un grupo de usuarios de GPRS dentro de un área de cobertura del SGSN, se han establecido un conjunto de estados que administran dicha movilidad, los cuales se les denomina *Mobility Management States*.

Un móvil de GPRS puede tener uno de los tres siguientes estados de movilidad:

- *Idle*
- *Ready*
- *Standby*

El cambio de estado es debido a la actividad del móvil o cuando un contador interno expira.

#### **3.3.4.1. Idle**

El estado *Idle* es cuando el móvil se encuentra *detach* o no registrado en la red de GPRS, en otras palabras se encuentra en modo pasivo. En este estado, la ubicación del móvil es desconocida en la red de GPRS, tanto a nivel de celda como a nivel de RA.

#### **3.3.4.2. Ready**

El móvil se encuentra en estado *Ready* cuando está transmitiendo datos o ha iniciado una sesión de datos, en otras palabras se encuentra en modo activo. Una de las características principales en este estado es que el SGSN puede enviar información al móvil sin necesidad de *paging* y viceversa.

De igual manera, el móvil no necesita tener reservados recursos de radio por tiempo prolongado y puede usar el método DRX (*Discontinuous Reception*) para ahorrar batería. En este estado de movilidad, la ubicación del móvil es conocida a nivel de celda.

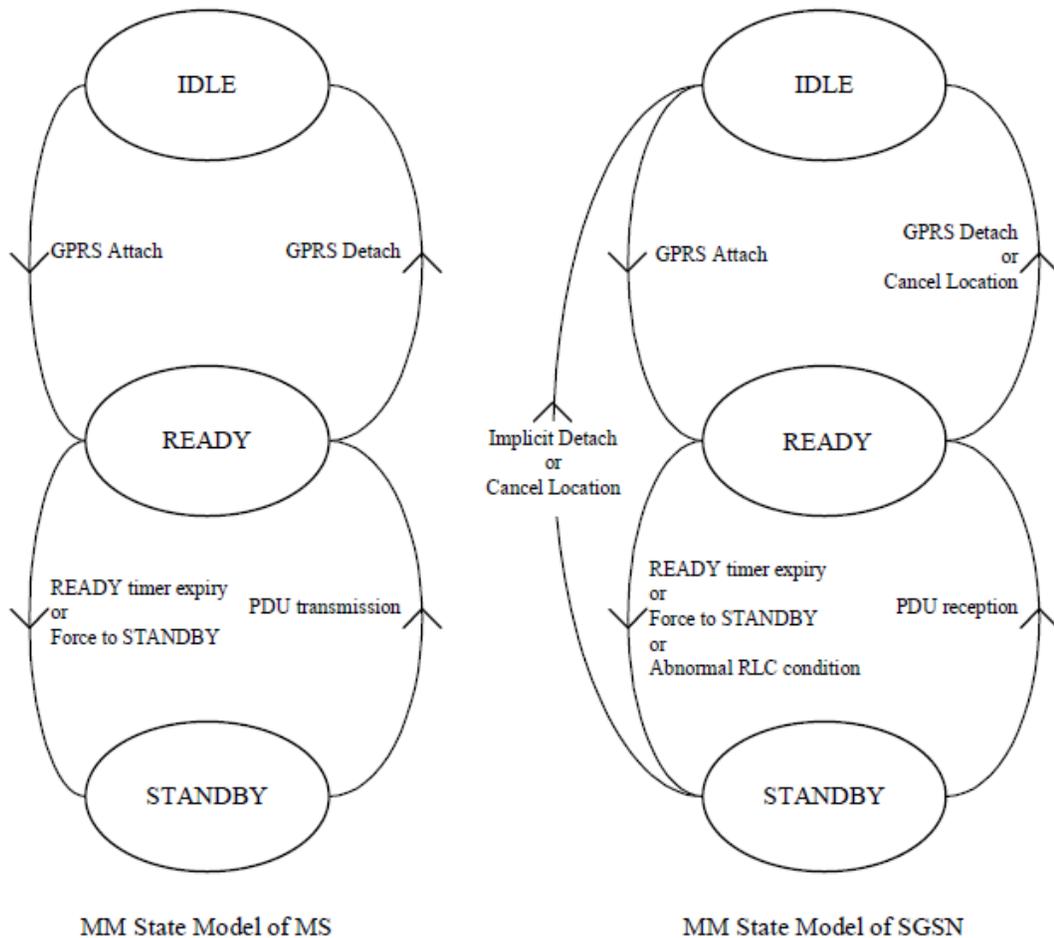
#### **3.3.4.3. Standby**

El estado *Standby* se utiliza cuando el móvil ha finalizado la transmisión de datos y sale del modo activo pero aún continúa registrado en la red. Una característica de este estado, es que la transmisión de PDU no es posible, ya que si el móvil envía datos entonces éste cambiaría a estado *Ready*.

En el estado de movilidad *standby*, la ubicación del móvil es conocida a nivel de *Routing Area*.

En la figura 10 se pueden ver los estados de movilidad anteriormente descritos:

Figura 10. **Estados de *Mobility Management***



Fuente: 3GPP. GPRS *service description*. p. 36.

### 3.3.5. **Location Management**

Existe un grupo de procedimientos que son utilizados para manejar el cambio de un móvil entre una celda a otra o de una RA a otra o de un área de cobertura de un SGSN, por lo que la información obtenida de dichos cambios es almacenada en bases de datos. Entre los principales procedimientos se pueden mencionar: *Cell Update, Routing Area Update, Periodic Routing Area Update*.

### **3.3.5.1. Cell Update**

El móvil realiza un *cell update* cuando éste cambia de cobertura proporcionada por una celda dentro de un RA; esto puede ser comparado con un *handover* en GSM.

Durante un *cell update*, el envío y la recepción de datos se interrumpe, mientras que el SGSN guarda en *buffer* los datos que se desean transmitir o dichos datos son perdidos y tienen que ser reenviados; a este procedimiento también se le conoce como *Cell Reselection*.

### **3.3.5.2. Routing Area Update**

El móvil realiza un *Routing Area Update* cuando éste cambia de cobertura de una celda dentro de una RA a otra celda que pertenece a una diferente RA.

Se tienen dos tipos de *Routing Area Update*:

- *Inter-SGSN Routing Area Update*: se utiliza cuando la RA antigua y la RA nueva pertenecen a distintos SGSN.
- *Intra-SGSN Routing Area Update*: se utiliza cuando la RA antigua y la RA nueva pertenecen al mismo SGSN.

### **3.3.5.3. Periodic Routing Area Update**

Este procedimiento es utilizado para revisar los móviles que no han realizado algún *Routing Area Update* por más de un período de tiempo y ver si están aún alcanzables o puedan ser localizados.

Cuando un móvil permanece en un mismo lugar por un período de tiempo prolongado, la red tiene que recibir una indicación por parte del móvil para indicar que éste aún continua alcanzable.

### **3.4. Session Management**

La administración de las sesiones de datos denominada SM, hace referencia colectivamente a un conjunto de procedimientos para la activación, desactivación y modificación de una sesión de datos entre el móvil y una red externa. Con el fin de crear sesiones de datos, el sistema de GPRS provee un grupo de funciones para asociar a un móvil con una diversidad de recursos siendo los principales una dirección IP y QoS; al grupo de estas funciones se les denomina *PDP context*. El móvil puede hacer *PDP context* únicamente cuando se encuentra en estado *Standby* o *Ready*.

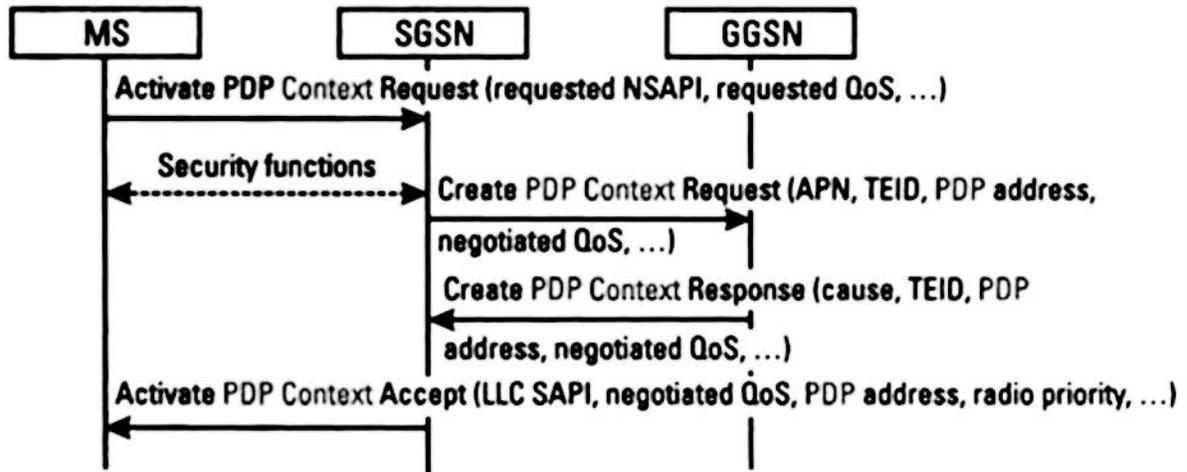
#### **3.4.1. PDP context Activation**

Es el primer paso para que la navegación en un dispositivo móvil se pueda establecer. Para que se genere el proceso de activación de un *PDP context*, el cual es originado desde un móvil, es necesario que éste se encuentre registrado en la red o inicie el proceso de *GPRS attach*.

Posteriormente se inicia el flujo de datos que establecen la comunicación necesaria entre elementos de red para establecer una sesión de datos; a esto se le llama protocolo.

A continuación se describen en la figura 11 los pasos necesarios para la activación de un *PDP context*.

Figura 11. Procedimiento principal para PDP *context activation*

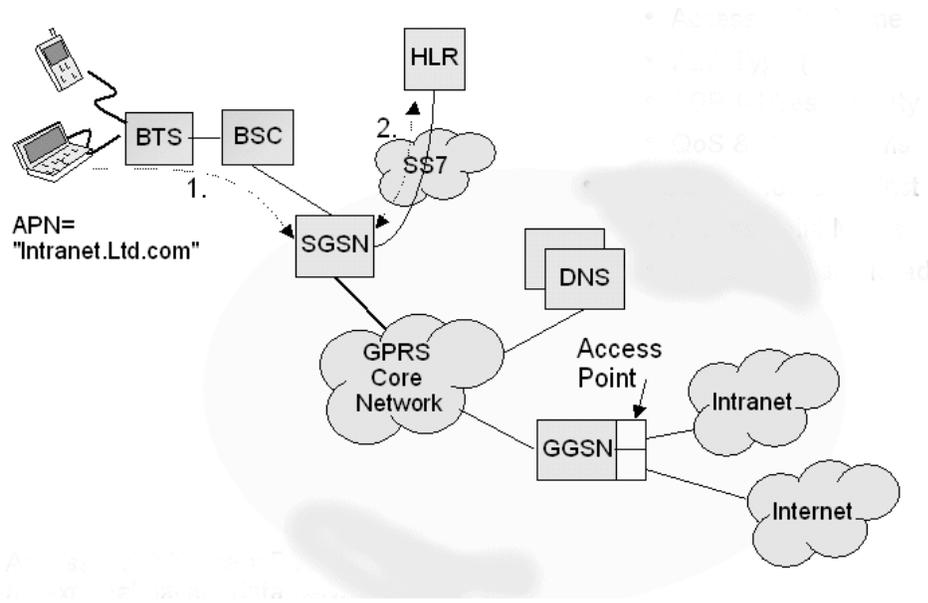


Fuente: Seurre, Emmanuel. GPRS *for mobile internet*. p. 344.

- El MS envía un *Activate PDP context request* hacia el SGSN.
- Se realizan funciones de seguridad para la autenticación del móvil.
- El SGSN verifica que la solicitud sea válida y envía el mensaje de *Create PDP context request* hacia el GGSN, el cual incluye el *tunnel ID* (TID) o *tunnel end point ID* (TEID) usado para el protocolo GTP según sea el *release* de la red de GPRS, QoS requerido, entre otra información.
- El GGSN regresa al SGSN el mensaje de *Create PDP context response* (de ser satisfactoria la solicitud). Esta respuesta incluye la confirmación del TID o TEID, la IP que será utilizada y un *charging ID* para su tarificación.
- El SGSN envía el mensaje *Activate PDP context accept* hacia el móvil, incluyendo los recursos asociados, como la dirección IP asignada al móvil.

Conociendo los pasos básicos para la activación de un PDP *context*, se describe el flujo de una forma más detallada en las figuras 12, 13 y 14:

Figura 12. **PDP *context* activation - Paso 1**

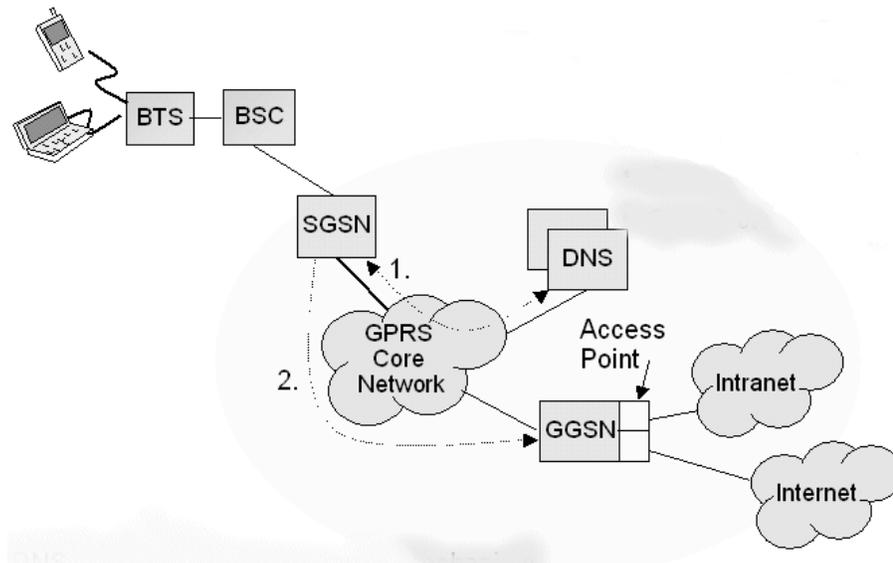


Fuente: Nokia Networks. GPRSSYS GPRS traffic management. p. 26.

- El móvil envía un *Activate PDP context request* hacia el SGSN. Los parámetros que incluyen el mensaje enviado son los siguientes: *PDP type*, *Access Point Name (APN)*, *IP address*, *Quality of Service (QoS)*.
- El SGSN verifica los datos del usuario dentro del HLR, el cual contiene toda la información del usuario, por ejemplo: listado de los APNs que puede utilizar, tipo de dirección IP, si el usuario tiene servicio de transmisión de datos, entre otros.

Esta información es solicitada por el SGSN y guardada en una base de datos temporal, similar al VLR en una red GSM.

Figura 13. **PDP context activation - Paso 2**

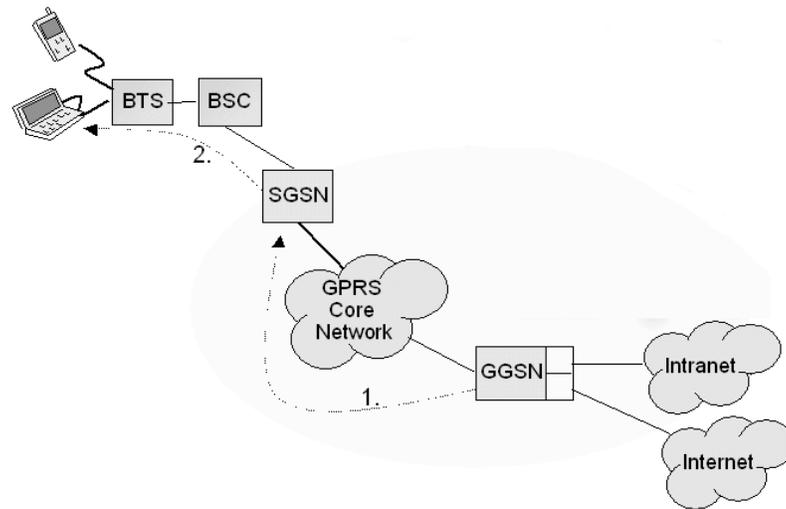


Fuente: Nokia Networks. GPRSSYS GPRS traffic management. p. 27.

- El SGSN obtiene del DNS la dirección IP del GGSN. El DNS encuentra el GGSN adecuado basado en el APN enviado por el móvil, debido a que el DNS tiene la información que relaciona cada APN con su GGSN principal.
- El SGSN envía un *Create PDP context request* hacia el GGSN, donde incluye los parámetros: IP address (si el parámetro se encuentra vacío, significa que está solicitando una IP dinámica), APN y TID o TEID propuesto.
- El GGSN verifica el APN enviado por el móvil, el cual está asociado con una red externa que el usuario desea utilizar.
- El GGSN prepara una dirección IP perteneciente al *pool* de direcciones IP asociadas al APN, la cual será asignada al móvil.

Con el procedimiento anteriormente descrito, se puede decir que el APN es un *default gateway* para el MS.

Figura 14. **PDP context activation - Paso 3**



Fuente: Nokia Networks. GPRSSYS GPRS traffic management. p. 29.

- El GGSN envía un *Create PDP context response* de regreso al SGSN, el cual incluye la dirección IP asignada al móvil, la confirmación del TID o TEID y un *charging ID*.
- El SGSN envía un *Activate PDP context accept* hacia el móvil. Con esto el SGSN puede enviar tráfico del usuario hacia el GGSN y éste hacia una red exterior.

Lo anterior es un proceso necesario para la activación de un *PDP context* y para esto, en cada elemento de red incluyendo al MS se mantiene la información de los parámetros que se intercambian entre nodos, los cuales son descritos en la tabla II que se presenta a continuación:

Tabla II. **Parámetros de PDP context**

<b>Mobile Station (MS)</b>	<b>SGSN</b>	<b>GGSN</b>
PDP Type	PDP Type	PDP Type
PDP Address	PDP Address	PDP Address
NSAPI	IMSI	IMSI
APN	NSAPI	NSAPI
	APN	APN
	GGSN Address	SGSN Address
	Charging ID	Charging ID

Fuente: Nokia Networks. GPRSSYS GPRS traffic management. p. 30.

### **3.4.2. PDP context Modification**

Un PDP context puede ser modificado por la red cuando los recursos están disminuidos o están con una buena disponibilidad. Cuando los recursos están disminuidos, los parámetros de QoS del MS pueden ser degradados, a diferencia de cuando se tiene buena disponibilidad de recursos ya que los parámetros de QoS son mejorados.

En el presente, los estándares de la ETSI especifican que únicamente la red de GPRS puede cambiar los parámetros de QoS.

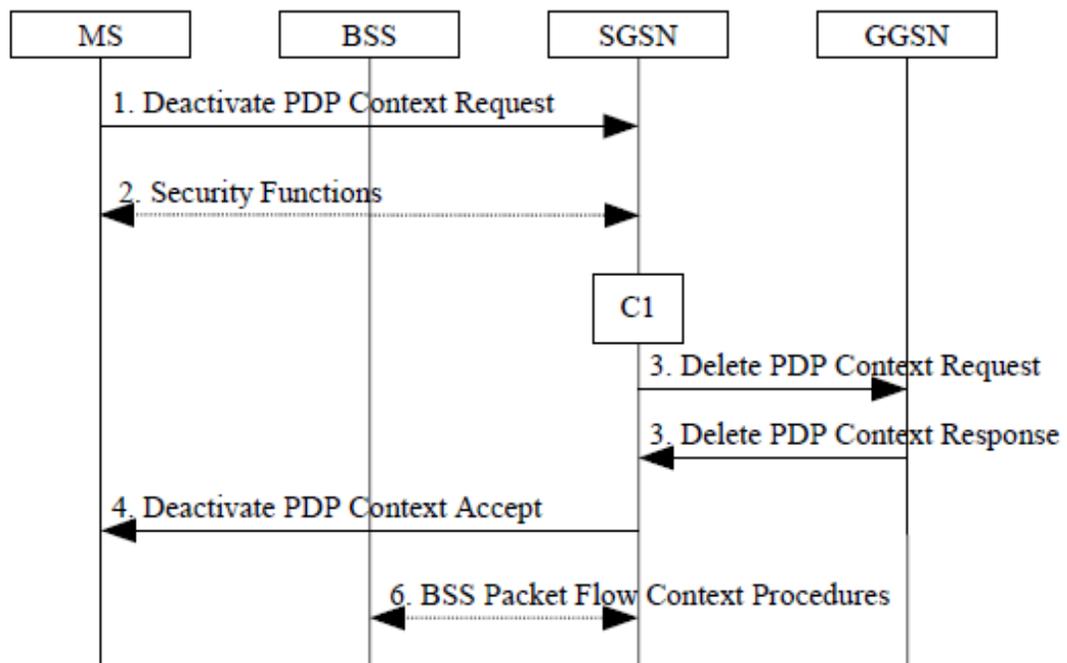
### **3.4.3. PDP context Deactivation**

Tanto el móvil como la red pueden desactivar el PDP context según sea la situación. El usuario puede desactivarlo cuando ha finalizado la sesión de datos o incluso durante esa misma sesión si así lo desea.

De igual manera, si la red está experimentando algún tipo de congestión, entonces la misma red puede realizar desactivaciones de PDP *context* en una forma masiva. Una vez que el PDP *context* sea desactivado, el móvil no podrá transmitir ni recibir datos.

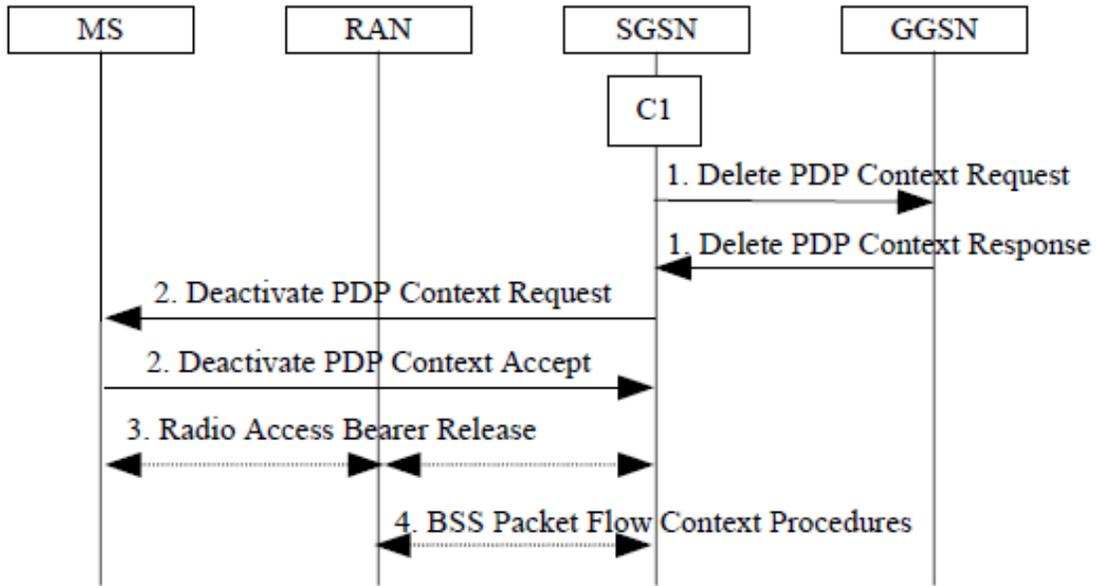
A continuación se muestran en las figuras 15, 16 y 17 los distintos procedimientos que se pueden presentar para desactivar un PDP *context*, tales como: PDP *context deactivation* solicitado por el MS, PDP *context deactivation* solicitado por el SGSN, PDP *context deactivation* solicitado por el GGSN.

Figura 15. **PDP *context deactivation* solicitado por el MS**



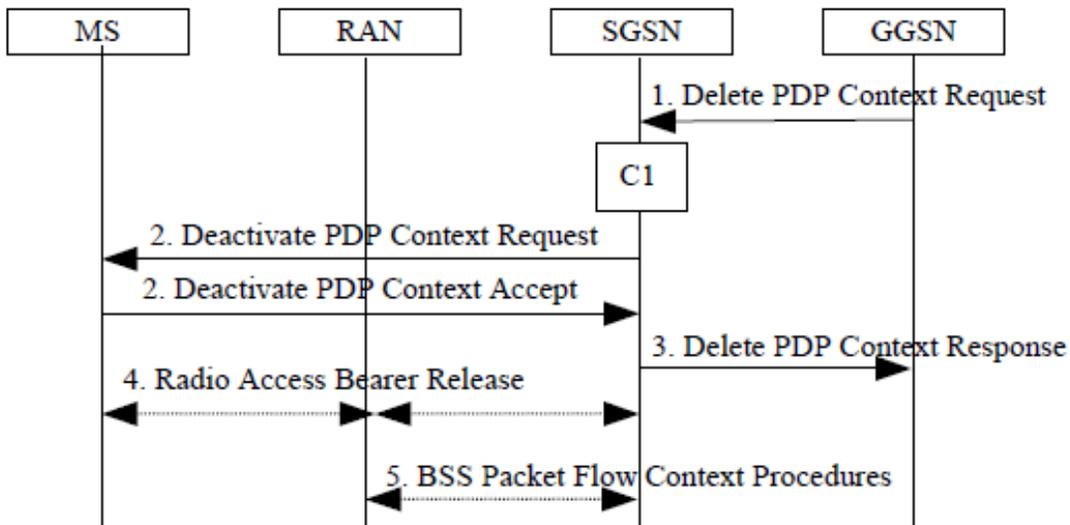
Fuente: 3GPP. GPRS *service description*. p. 147.

Figura 16. **PDP context deactivation solicitado por el SGSN**



Fuente: 3GPP. GPRS service description. p. 149.

Figura 17. **PDP context deactivation solicitado por el GGSN**



Fuente: 3GPP. GPRS service description. p. 150.

## 4. ROAMING

### 4.1. Descripción general

A lo largo de los siguientes capítulos, el término GPRS será utilizado para denotar ambos servicios de *Packet Switched* (PS), tales como 2.5G (GPRS) y 3G (UMTS).

El servicio de *roaming* GPRS está definido bajo el estándar de la GSM *Associations* (GSMA) como la capacidad de la red GPRS de poder interactuar con distintas redes móviles en función de proveer el servicio de transmisión de datos a usuarios que se encuentran en un país distinto.

Este servicio trata de la habilidad que tiene un teléfono móvil de enviar y recibir datos o acceder a servicios de *Internet* cuando se encuentra bajo la cobertura de una red celular distinta a la propia, a la cual se le denomina red visitada.

Para tener una mejor idea, asumamos que en un mismo país existen varios operadores celulares (operador A, operador B), por lo que un usuario que pertenece al operador A únicamente tendrá disponibilidad de recursos y servicios cuando se encuentre bajo la cobertura de la red celular de dicho operador, de la misma manera para un usuario del operador B; a esta red se le conoce como red local, siendo denominada HPLMN (*Home* PLMN).

Cuando el mismo usuario viaja a otro país, su móvil estaría bajo la cobertura de las redes celulares pertenecientes a dicho país, por lo que el usuario no podrá registrarse en ninguna red a menos que exista un acuerdo comercial entre el operador del usuario y algún operador del país visitado, siendo esta última la red visitada denominada VPLMN (*Visited* PLMN). De existir algún acuerdo comercial entre operadores de distintos países, el usuario podrá registrarse en la red visitada y tendrá la misma disponibilidad de recursos y servicios como si estuviera registrado en su red local; a este servicio se le denomina *roaming*.

## **4.2. Escenarios para *roaming* GPRS**

Existen 2 tipos de escenarios para *roaming* de GPRS según sea el enrutamiento de solicitudes de PDP *context* en base a la definición del servicio:

- Los PDP *context* son direccionados al GGSN de la red HPLMN (HGGSN).
- Los PDP *context* son direccionados al GGSN de la red VPLMN (VGGSN).

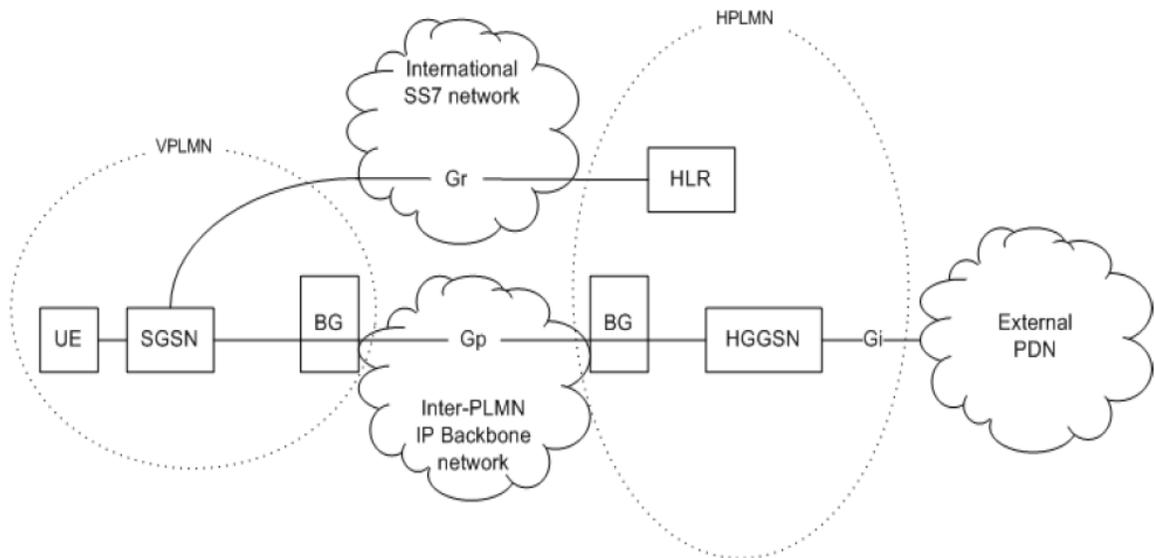
Para ambos escenarios, el usuario se encuentra registrado en el SGSN de la red visitada VPLMN.

### **4.2.1. HGGSN**

En este escenario, el usuario que se encuentra de *roaming* dentro de una red VPLMN se estará registrando en el SGSN visitado (VSGSN) y al intentar realizar una sesión de datos, el VSGSN estará enviando un mensaje de activación de PDP *context* hacia el GGSN de la red local (HGGSN). Con lo anterior, se estarían realizando los siguientes procesos:

- Señalización SS7 entre el SGSN de la red VPLMN y el HLR de la red HPLMN (Gr).
- Interacción con *Inter-PLMN Backbone a través de carrier* de datos (GRX).
- Interacción con el DNS *root* del GRX.
- Interacción entre el SGSN de la red VPLMN y el GGSN de la red HPLMN (Gp).
- Interacción entre *Border Gateway* de ambas redes (VPLMN y HPLMN).
- Asignación de dirección IP dinámica o dirección IP estática.

Figura 18. **VSGSN & HGGSN utilizando *Inter-PLMN Backbone***



Fuente: GSM Association. GPRS roaming guidelines. p. 6.

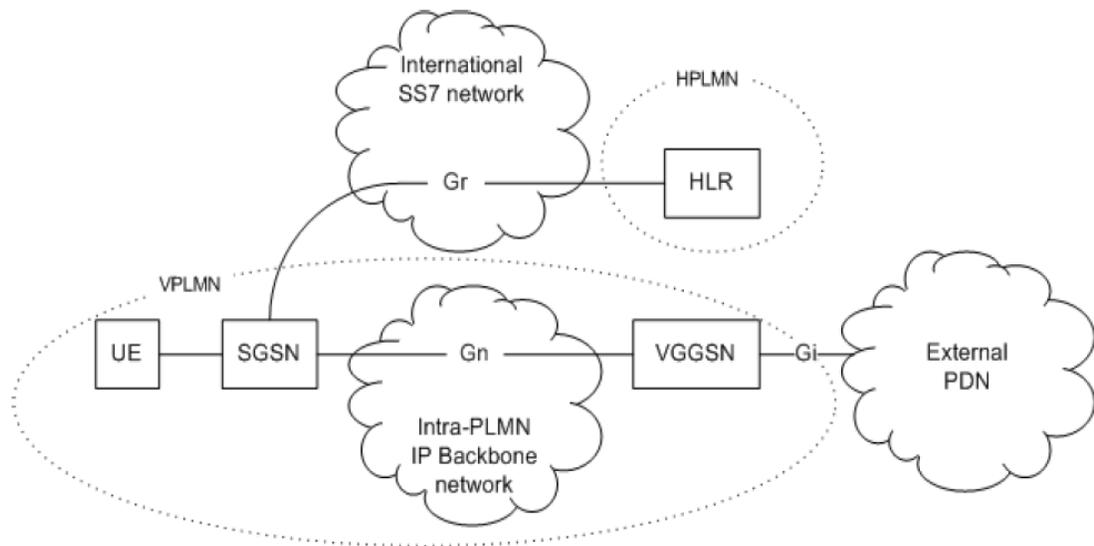
#### 4.2.2. VGGSN

En este escenario, el usuario que se encuentra de *roaming* dentro de una red VPLMN se estará registrando en el SGSN visitado (VSGSN) y al intentar realizar una sesión de datos, el VSGSN estará enviando un mensaje de activación de PDP *context* hacia el GGSN de la red visitada (VGGSN).

Con lo anterior, se estarían realizando los siguientes procesos:

- Señalización SS7 entre el SGSN de la red VPLMN y el HLR de la red HPLMN (Gr).
- Interacción con *Intra-PLMN Backbone* (Gn).
- Interacción entre el SGSN de la red VPLMN y el GGSN de la red VPLMN (Gn).
- No existe interacción con *Inter-PLMN Backbone* a través del *carrier* de datos (GRX).
- No existe interacción con el DNS *root* del GRX.
- No existe interacción entre BG de ambas redes (VPLMN y HPLMN).
- Únicamente asignación de dirección IP dinámica.

Figura 19. **VSGSN & VGGSN utilizando *Intra-PLMN Backbone***



Fuente: GSM Association. GPRS roaming guidelines. p. 7.

Con lo anterior, es responsabilidad de la red PDN (*Packet Data Network*) externa permitir la transmisión de datos al usuario posterior de la activación del *PDP context*.

De igual manera, el perfil del usuario en *roaming* debe de tener permitido en el HLR de la red HPLMN el uso de un VGGSN para los APNs asociados a nivel de aprovisionamiento.

#### **4.3. Procesos para el servicio de *roaming* GPRS**

Para que exista el servicio de *roaming* de GPRS, se deben de realizar una serie de pasos previamente estipulados por cada operador para su correcto funcionamiento.

A continuación se detallan los pasos mencionados anteriormente:

- Contacto con algún operador internacional de interés.
- Intercambio de información y recursos.
- Implementación de datos en cada PLMN.
- Desarrollo de pruebas en cada PLMN.
- Validación del servicio.
- Lanzamiento comercial del servicio.

#### **4.3.1. Operador internacional**

En cada país existe una diversidad de operadores que prestan el servicio de telefonía móvil, los cuales pueden ser elegibles para formar acuerdos comerciales para el servicio de *roaming*. El operador local debe de realizar un estudio sobre los países más visitados por sus usuarios e investigar los operadores existentes en dichos países, determinando los más óptimos para empezar el proceso de acuerdos internacionales a nivel de *roaming*.

La GSMA posee una base de datos con la información necesaria y actualizada de cada operador a nivel mundial, donde cada miembro puede acceder a dicha información para analizar los operadores de su interés (GSMA, <https://infocentre.gsm.org>). Una vez se tenga definido el operador de mayor interés, se procede a realizar contacto directo con dicho operador para manifestarles el deseo de iniciar el proceso de acuerdos comerciales.

#### 4.3.2. Intercambio de información y recursos

La GSMA ha definido una base de datos estándar que cada operador debe proporcionar con la información principal a nivel de red; a esta base de datos se le denomina IR21. La estructura del IR21 se puede resumir de la siguiente forma:

- Nombre del operador y del país.
- Información de la red o redes pertenecientes al operador.
- Información del *Numbering Plan* y de señalización SS7.
- Información del MCC, MNC, CC, NDC, GT, *Point Codes*.
- Información a detalle de la red GPRS (*Inter-PLMN*, APN, DNS).
- Información de los proveedores.
- Información de los *carrier* utilizados por ambos operadores.
- Información de validaciones y de contactos.

Los operadores interesados en establecer acuerdos comerciales realizan un intercambio de información y de recursos para iniciar el proceso.

La información compartida es un conjunto de formatos estándar que se basa principalmente en el IR21 como base de datos, incluyéndose además una serie de archivos necesarios para el desarrollo de las pruebas; mientras que los recursos que se deben de intercambiar corresponden a una serie de *SIM cards* debidamente establecidas con perfil para el servicio de *roaming*.

### **4.3.3. Implementación de datos**

El IR21 es la parte fundamental para la implementación de datos dentro de la red de cada operador, ya que contiene la información necesaria para establecer el servicio de *roaming*. La implementación de datos consiste en introducir a la red local la información del operador con el que se estará estableciendo el acuerdo comercial.

Para una mejor descripción, el operador A de un país implementa en su red la información del operador B de otro país y viceversa; siendo la información implementada la contenida en el IR21 de ambos operadores.

Se puede dividir la implementación de datos en los siguientes bloques:

- Implementación a nivel de señalización (*SS7 Signaling*).
- Implementación a nivel de DNS (DNS).
- Implementación a nivel de elementos IP (*IP backbone*).
- Implementación a nivel de GRX.

#### 4.3.3.1. SS7 Signaling

La señalización es una parte fundamental para *roaming*, ya que por medio de ésta se logra establecer el registro o *attach* del usuario en la red del operador visitado. Lo anterior es posible mediante la implementación de parámetros y procedimientos necesarios tales como *Point Code*, *Global Title*, *Global Title Translation*, *Global Title Analysis* en los nodos involucrados para este servicio, como lo es el HLR, STP, SGSN y la habilitación correspondiente de estos parámetros en el *carrier* internacional de señalización SS7 de cada operador.

Esto es necesario para que exista una conexión física y establecer *links* de señalización que comuniquen al SGSN visitado con el HLR local, con el fin de intercambiar información del perfil del usuario que está solicitando un servicio.

El intercambio de información mencionado, se realiza para establecer el procedimiento de GPRS *attach*, el cual fue descrito en el capítulo 3. Con respecto a los parámetros necesarios para la implementación, se puede mencionar que el *Point Code* es una dirección única para cada nodo, trabaja en la capa de MTP-L3 del protocolo SS7 para identificar el destino de los mensajes MSU (*Message Signal Unit*). De igual manera, el *Global Title* es un identificador único de cada nodo, el cual trabaja con el protocolo SCCP y es utilizado para establecer la señalización entre el SGSN y el HLR.

Por otra parte, los procedimientos *Global Title Translation* y *Global Title Analysis* son realizados en el SGSN y/o STP, siendo utilizados para determinar el enrutamiento de la señalización a su destino correspondiente, en este caso hacia el *Point Code* del HLR específico que pertenece el usuario que desea registrarse dentro del SGSN.

#### 4.3.3.1.1. GTT

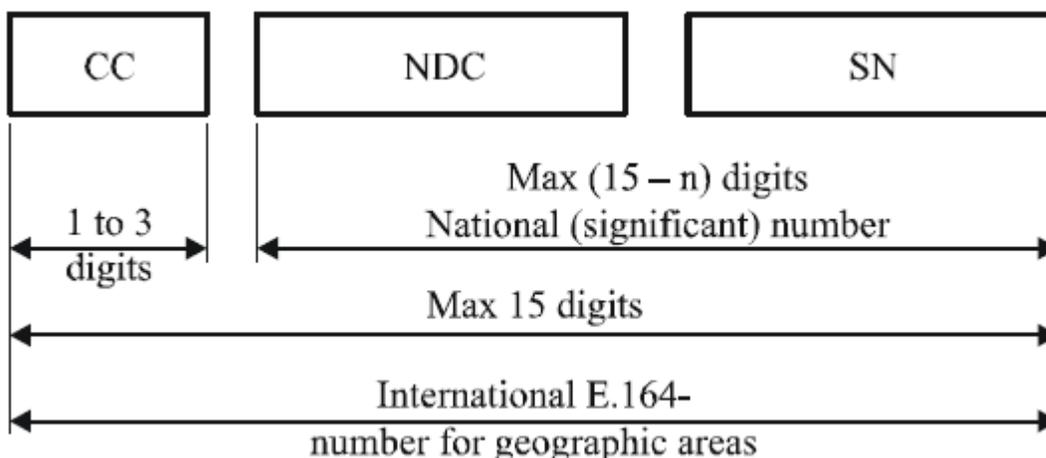
El *Global Title Translation* denominado como GTT, es un método o procedimiento de direccionamiento indirecto proporcionado por el protocolo SCCP, donde la dirección de identidad de un nodo se denomina *Global Title*.

Para la implementación del GTT, se necesitan varios parámetros que definen el tipo de estructura de GT que estará utilizando el nodo, tales como: *Translation Type* (TT), *Type of Number* (TON) or *Nature of Address* (NAI), *Numbering Plan Indicator* (NPI).

Existen 3 tipos de *Numbering Plan* para redes móviles E.164 MSISDN, E.212 IMSI, E.214 MGT.

En la figura 20, se muestra la estructura del *Numbering Plan* E.164:

Figura 20. Estructura de E.164



Fuente: ITU-T. E.164. p. 8.

Donde:

E.164 (MSISDN) = CC+NDC+SN

MSISDN: *Mobile Subscriber ISDN*

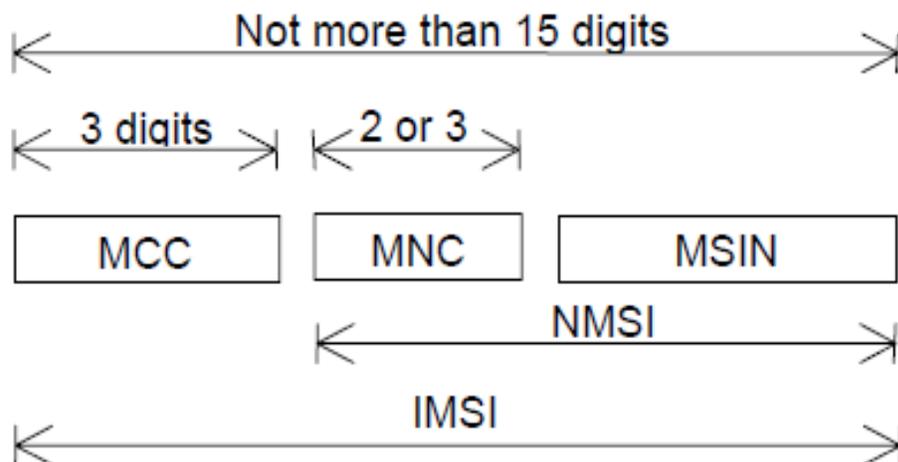
CC: *Country Code*

NDC: *National Destination Code*

SN: *Subscriber Number*

En la figura 21, se muestra la estructura del *Numbering Plan E.212*:

Figura 21. Estructura de E.212



Fuente: 3GPP. *Numbering, addressing and identification*. p. 10.

Donde:

E.212 (IMSI) = MCC+MNC+MSIN

IMSI: *International Mobile Subscriber Identity*

MCC: *Mobile Country Code*

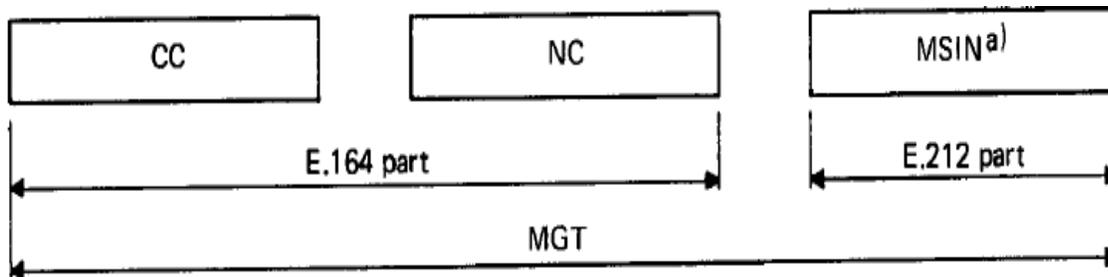
MNC: *Mobile Network Code*

MSIN: *Mobile Subscriber Identification Number*

NMSI: *National Mobile Subscriber Identity*

En la figura 22, se muestra la estructura del *Numbering Plan E.214*:

Figura 22. Estructura de E.214



Fuente: ITU-T. E.214. p. 2.

Donde:

E.214 (MGT) = Combinación de E.164 y E.212

CC: *Country Code*

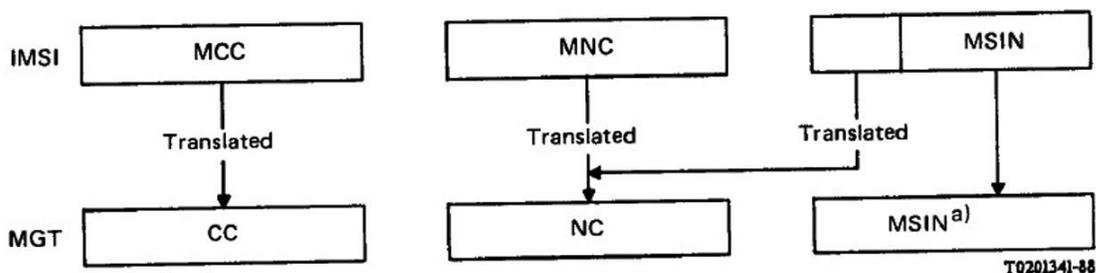
NDC: *National Destination Code*

MSIN: *Mobile Subscriber Identification Number*

MGT: *Mobile Global Title*

En la figura 23, se muestra la forma de realizar la traslación para E.214:

Figura 23. Formato de traslación para E.214



Fuente: ITU-T. E.214. p. 2.

Como se observa en la figura anterior, el MGT es la combinación del E.164 y E.212. Este método consiste en reemplazar el MCC del E.212 con el CC del E.164 y reemplazar el MNC del E.212 con el NDC del E.164, manteniendo únicamente el MSIN del E.212 y respetando la longitud máxima de dígitos definidos que son 15 (de ser necesario, se pueden recortar los últimos dígitos del MSIN para respetar la longitud máxima).

Lo anterior se debe a que el GTT elimina la necesidad de que el nodo originante determine por donde se estarán enrutando los mensajes de señalización ya que esa función la estará realizando el STP, basado específicamente en el tipo de consulta y varios identificadores del usuario, como por ejemplo el MSIN (*Mobile Subscriber Identification Number*).

El STP estará traduciendo el MGT enviado desde el SGSN, analizando los dígitos bajo la recomendación del E.164 y determinará el enrutamiento por medio del *carrier* de señalización SS7 a través de los *links* de conexión con dicho *carrier* para enviar la mensajería SS7 hacia el HLR destino.

El modo de traslación está definido específicamente dentro del IR21 de cada operador, como se muestra en la figura 24:

Figura 24. Definición de traslación en IR21

E.212 Number series:	Mobile Country Code (MCC)	Mobile Network Code (MNC)
	732	111
E.214 Mobile Global Title: (MGT)	Country Code of MGT (CC)	Network Code of MGT (NC)
	57	300

<p>IMSI: Complies with GSM 03.03 and ITU-T E.212 recommendations and has a fixed length of 15 digits, constructed as follows:</p> <table> <tr> <td><u>MCC</u></td> <td><u>MNC</u></td> <td><u>MSIN</u></td> </tr> <tr> <td>732</td> <td>111</td> <td>X1-X9</td> </tr> </table> <p>Unique translation required: 732 111 =&gt; 57 300</p>	<u>MCC</u>	<u>MNC</u>	<u>MSIN</u>	732	111	X1-X9
<u>MCC</u>	<u>MNC</u>	<u>MSIN</u>				
732	111	X1-X9				

Fuente: GSM Association. IR21 Colombia. p. 11.

#### 4.3.3.2. DNS

Para el servicio de *roaming* es de vital importancia la actualización de datos dentro de los DNS de cada operador, ya que por medio de estos se obtiene la IP del HGGSN. Como se describió en el capítulo 3, si un usuario desea realizar una sesión de datos, éste automáticamente realiza los procedimientos *Mobility Management* y *Session Management* respectivamente. La sesión de datos solicitada está basada sobre el tipo de servicio que desea utilizar y éste se representa por el APN. Para un usuario de *roaming*, la solicitud de un servicio especificado por el APN es enviada por el móvil al VSGSN, el cual realiza una consulta al DNS visitado (VDNS) y éste convierte el APN solicitado en la dirección IP del HGGSN al que pertenece dicho APN; esto se da por que el VDNS obtiene la información que relaciona a cada APN con su respectivo HGGSN o VGGSN.

La obtención de dicha información puede ser de dos formas:

- Configuración manual en el DNS de la red VPLMN.
- Resolución por DNS *root*.

La configuración manual depende específicamente del IR21 actualizado de cada operador, donde indica la IP de su GGSN, la cual debe ser configurada dentro del VDNS. La resolución por DNS *root* consiste en que el VDNS consulta directamente con la base de datos de su respectivo GRX o *carrier* de datos.

#### 4.3.3.3. IP backbone

Los elementos de red (NE) que constituyen el IP *backbone* de la red PS deben de ser configurados con el fin de dar acceso y permitir el flujo de tráfico entrante y saliente a nivel de GTP con las redes externas de cada operador con el que se desea tener acuerdo comercial. Se debe de tener la información debidamente actualizada para evitar inconvenientes de comunicación entre la red HPLMN y la red VPLMN, dicha información está basada en el IR21 actualizado del operador como se muestra en la figura 25:

Figura 25. Definición de *Inter-PLMN* en IR21

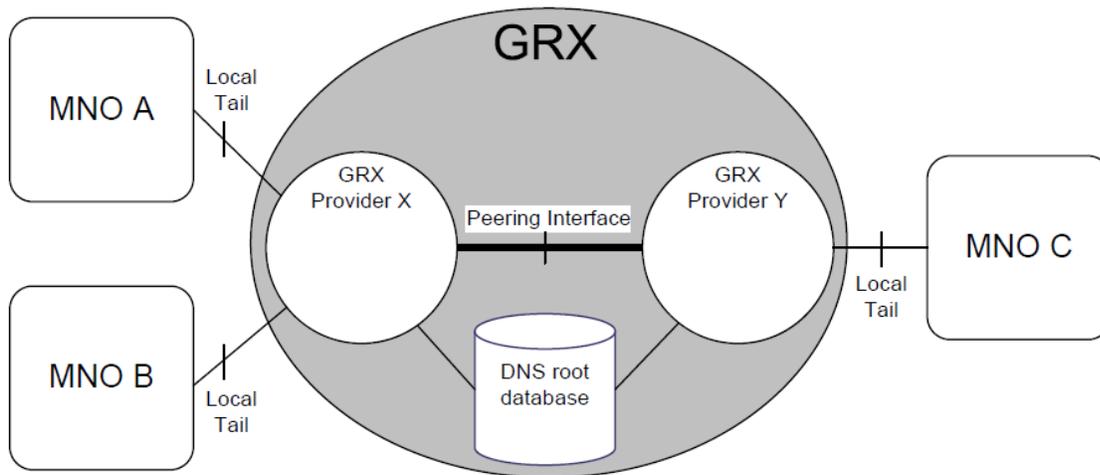
IP-Roaming and IP-Interworking Information	
All IP address ranges used by PLMN for connection to Inter-PLMN IP backbone:	190.102.206.0/25 190.102.197.0/25 190.102.198.0/25 190.102.199.0/25

Fuente: GSM Association. IR21 Colombia. p. 9.

#### 4.3.3.4. GRX

El GRX (GPRS *Roaming eXchange*) brinda el servicio de *carrier* de datos, con el fin de transportar tráfico GTP a través de la interfaz Gp para interconectar nodos GSNs de distintos operadores para establecer el servicio de *roaming*. La conexión entre varios operadores de distintos países utilizando en común el GRX, se establece a través de los elementos de red que conforman el IP *backbone* de cada red móvil, siendo denominado este tipo de conexión como *Inter-Service Provider IP Backbone*.

Figura 26. **Arquitectura de *Inter-Service Provider IP Backbone***



Fuente: GSM Association. IR34. p. 9.

Donde:

MNO: *Mobile Network Operator*

GRX: *GPRS Roaming eXchange*

El GRX provee conectividad basado sobre *best-effort* entre las redes de distintos operadores, siempre que exista un acuerdo comercial entre ambos.

Con lo anterior, como se muestra en la figura 26, es de gran importancia solicitar al GRX configurar la información del operador con quien se desea establecer acuerdo comercial de *roaming*, aperturando los rangos de IP definidos en el IR21 para la conexión *Inter-PLMN* y configurando la relación de cada APN con su respectivo GGSN dentro del DNS *root*. La información de cada operador a nivel de GRX es definida dentro del formato estándar IR21, como se muestra en la figura 27:

Figura 27. Definición de GRX en IR21

Autonomous System Number (ASN):	AS27831
List of PLMN authoritative DNS server IP addresses & names:	[Completed automatically by feed from the GRX Root DNS Server]
List of PLMN local caching DNS server IP addresses & names:	190.102.206.26, 190.102.206.27
IP address that responds to ping/traceroute:	190.102.206.26, 190.102.206.27
GRX provider(s):	Comfone – BT Infonet AICENT
Contact person(s) (in PLMN) for GRX connectivity:	
Contact person (in PLMN) to verify authority of a GRX provider to add/modify data in Root DNS:	
Name: Eduardo Paez	

Fuente: GSM Association. IR21 Colombia. p. 9

#### 4.3.4. Desarrollo de pruebas

La GSMA describe una serie de documentos de referencia denominados PRD (*Permanent Reference Document*), los cuales definen la metodología de pruebas que se deben de realizar en cada operador para poder verificar la funcionalidad del servicio de *roaming*. Existen una diversidad de PRD para validar este servicio, sin embargo, para el caso de GPRS se tienen definidos específicamente los PRD denominados IR35 e IR50.

El IR35 corresponde en validar la funcionalidad de GPRS en cobertura 2G, mientras que el IR50 hace referencia a la validación en cobertura 3G. Estos documentos tienen un formato establecido como se muestra en la figura 28, donde indica el tipo de prueba que se debe de realizar (a nivel de MM y SM), teniendo un área específica para anotar el resultado de cada una de las pruebas indicando valores puntuales como lo son MSISDN, IMSI, IP asignada, tiempo de la prueba, *bytes* (B) descargados, resultado final, entre otros. A la diversidad de procesos y recursos que se emplean desde la implementación de datos hasta la realización de las pruebas se le denomina IREG & TADIG *testing*.

Figura 28. **Formato de prueba para IR35 & IR50**

INTERNET TEST- ISP/Internet access of MS1(a) in VPLMN(b) using home GGSN (user provides Network-ID and no Operator-ID and is not allowed to use visited GGSN)  
**mandatory**

MSISDN of originating MS (i.e.MS1(a))	
IMSI of originating MS (i.e.MS1(a))	
Used APN	
Time of PDP-context activation [hh.mm.ss]	
Application usage successful ? [Yes/No]	
Time of PDP-context deactivation [hh.mm.ss]	
Overall duration of context [mm.ss]	
Total Data Sent during context (from MS)	
Total Data Received during context (from MS)	
Comments	
Testcase Result [Pass/Fail/Not performed]	
Date [dd/mm/yy]:	

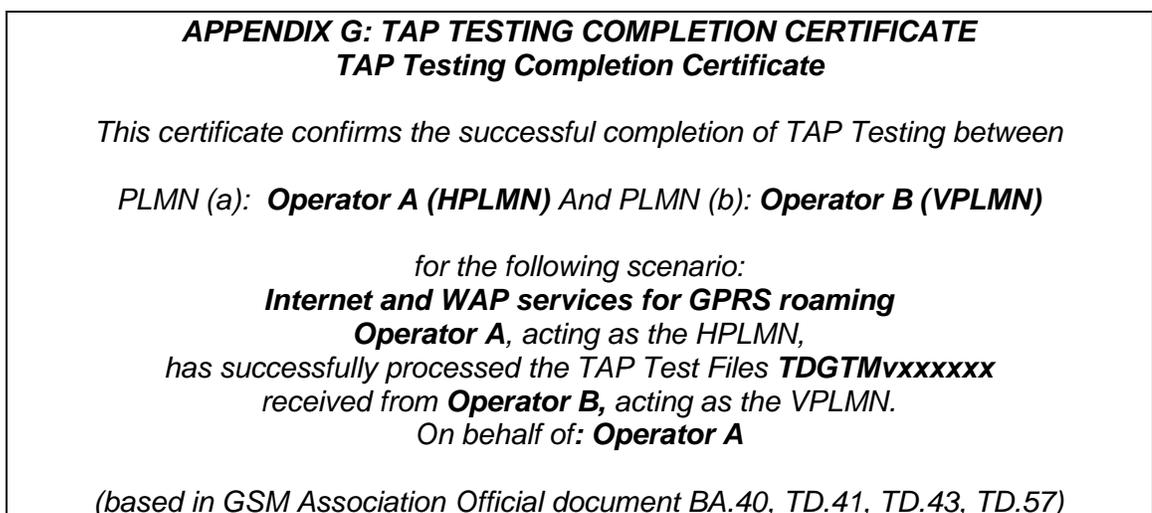
Fuente: GSM Association. IR50. p. 37.

#### 4.3.5. Validaciones y lanzamiento comercial

El IREG *testing* está basado en la verificación del correcto funcionamiento del servicio de GPRS en *roaming*, mientras que el TADIG *testing* se basa en verificar el correcto cobro por el uso de dicho servicio. Una vez concluida la etapa de IREG *testing*, se procede a la verificación minuciosa del TADIG *testing* utilizando los archivos que se generan en la red visitada y en la red local, donde recopila el uso del servicio por usuario; a estos archivos se le denominan TAP.

Los archivos TAP contienen la información de cada servicio utilizado por los usuarios de *roaming*, indicando los parámetros de identificación (MSISDN, IMSI, IP), tiempo de utilización del servicio, APN, *bytes* enviados y recibidos, entre otros. Se debe de realizar la validación entre operadores como se muestra en la figura 29, para poder aplicar políticas de cobro en la red local basándose en la información generada en la red visitada.

Figura 29. Validación de TADIG Testing



Fuente: elaboración propia.

Una vez terminada las validaciones, únicamente queda pendiente la calendarización del lanzamiento comercial entre operadores, donde a partir de ese día cada usuario perteneciente al operador de la red local podrá utilizar los recursos del operador de la red visitada, realizándole su respectivo cobro por servicio basado en la tarifa del operador visitado.

La figura 30 muestra el documento de confirmación del acuerdo comercial entre dos operadores de servicios:

Figura 30. **Confirmación de lanzamiento comercial**

CONFIRMATION OF EFFECTIVE STARTING DATE FOR GPRS ROAMING  
AGREEMENT

*This is to confirm that on the **dd.mm.yyyy**,*  
*PLMN (a): **Operator A (HPLMN)***  
*and*  
*PLMN (b): **Operator B (VPLMN)***

*Agree to launch GPRS roaming on a **bilateral** basis after*  
*successful IREG and TADIG testing.*

*The commercial service is in accordance with the conditions set out in the*  
*International Roaming Agreement as signed by both Parties.*  
*[The routing solution chosen by the Parties to enable GPRS Roaming is the*  
*HPLMN Roaming Solution as defined in PRD IR34.]*

*(based in GSM Association Official document BA.40, TD.41, TD.43, TD.57)*

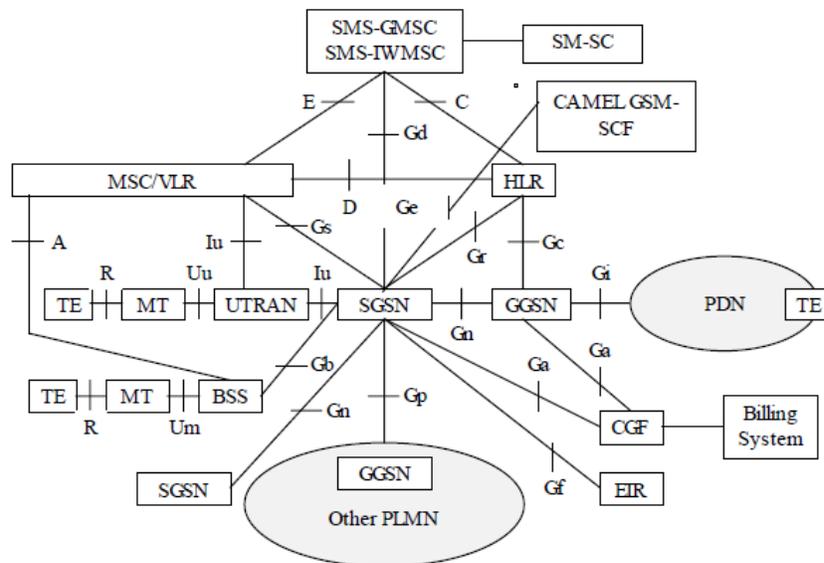
Fuente: elaboración propia.

## 5. INTERFACES Y PROTOCOLOS

### 5.1. Interfaces y protocolos en la arquitectura de GPRS

La arquitectura lógica de la red de GPRS está definida en base a su funcionalidad en dos nodos principales que son los denominados GSNs (SGSN y GGSN). Ambos nodos se interconectan de manera física y lógica con una diversidad de elementos de red que les permiten establecer el servicio de manera unificada, manteniendo el control de cada usuario en base a políticas y/o estados definidos en dichos elementos de red; a estos medios de interconexión se les denominan interfaces. La figura 31 muestra la diversidad de interfaces en la arquitectura de GPRS:

Figura 31. Interfaces en arquitectura de GPRS



Fuente: 3GPP. GPRS service description. p. 22.

Cada interfaz es identificada por un nombre o un identificador que permite asociarla de una mejor manera y define su funcionalidad. La conexión con el subsistema NSS es por medio de las interfaces Gr, Gf, Gd, Ge y Gs utilizando SS7 sobre TDM o sobre IP (SIGTRAN), mientras que con el subsistema BSS es por medio la interfaz Gb utilizando *Frame Relay* (FR) o IP.

La comunicación entre los GSNs y los elementos de red está definida por una secuencia de normas reguladas y estructuradas en base a un formato definido y estandarizado, dichas normas varían según el nodo interconectado; a esto se le denomina protocolo.

El protocolo GTP es utilizado para redes *Intra-PLMN* e *Inter-PLMN* por medio de las interfaces Gn y Gp respectivamente, mientras que se interconecta con redes PDN externas utilizando la interfaz Gi.

La red de GPRS introduce varios protocolos nuevos diseñados para procesar la información del usuario de una manera confiable y segura.

Se pueden separar los protocolos en dos planos:

- Protocolos de transmisión: son usados para transmitir la información del usuario y funciones de control en forma de paquetes IP desde el MS hacia redes externas.
- Protocolos de señalización: son usados para transmitir información de señalización que controla y soporta las funciones del plano de transmisión. Este plano contiene varios protocolos que son utilizados en los elementos de la red de GSM.

## **5.2. Interfaz Gb**

La interfaz Gb es el medio que interconecta el subsistema BSS con el SGSN, teniendo conexión física con la BSC, permitiendo el intercambio de señalización y datos. Un SGSN puede estar conectado a una diversidad de BSC, sin embargo, una BSC con una sola identidad de NSE solo puede conectarse a un SGSN.

Para poder implementar la interfaz Gb, se debe de instalar nuevo *hardware* en la infraestructura ya existente de las BSC para poder manejar tráfico de datos en paquetes IP; a estas tarjetas se les denominan *Packet Control Unit* (PCU).

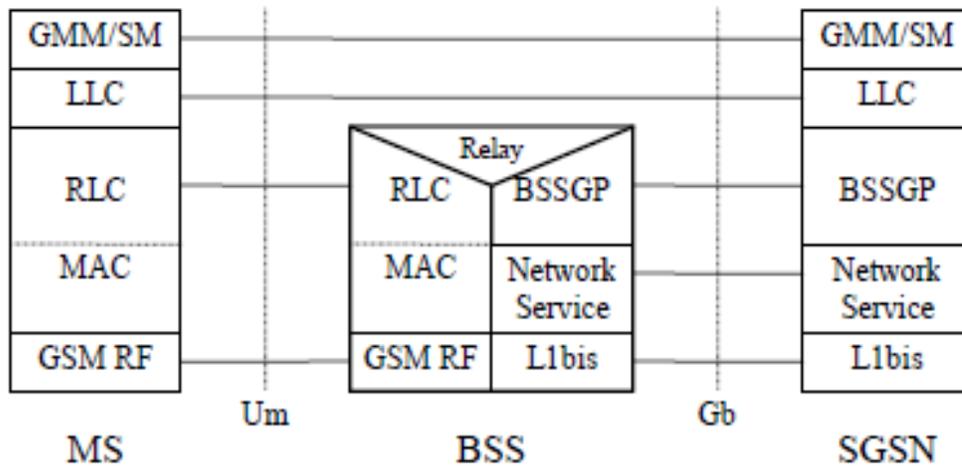
Dicha PCU puede ser instalada en la BSC o en las propias BTS, sin embargo, por motivos de minimizar gastos y recursos, la manera más práctica es instalar las PCU dentro de la BSC y así está distribuye sus recursos con cada BTS asociada.

### **5.2.1. Protocolos de Gb**

Existe una serie de protocolos y procedimientos utilizados en la interfaz Gb, donde se interconecta el MS con la red de datos, utilizando la interfaz de aire denominada Um, pasando a través del subsistema BSS y llegando al SGSN, siendo este último en donde los protocolos de aplicación pasan de manera transparente a través del subsistema BSS hacia el SGSN.

La diversidad de protocolos se pueden observar en la figura 32:

Figura 32. **Protocolos de Gb**



Fuente: 3GPP. GPRS service description. p. 29.

Los protocolos entre el MS y el subsistema BSS (Interfaz Um) se muestran en la tabla III:

Tabla III. **Protocolos entre MS y BSS**

Protocolo
GSM RF
MAC
RLC

Fuente: elaboración propia.

Los protocolos entre el MS y el SGSN se muestran en la tabla IV:

Tabla IV. **Protocolos entre MS y SGSN**

<b>Protocolo</b>
<i>Logical Link Control (LLC)</i>
<i>Sub Network Dependent Convergence Protocol (SNDCP)</i>
<i>Short Message Service (SMS)</i>
<i>GPRS Mobility Management (GMM)</i>
<i>Session Management (SM)</i>
<i>GPRS Tunneling Protocol (GTP)</i>

Fuente: elaboración propia.

Los protocolos entre el subsistema BSS y el SGSN (interfaz Gb) se muestran en la tabla V:

Tabla V. **Protocolos entre BSS y SGSN**

<b>Protocolo</b>
<i>Physical Layer (L1)</i>
<i>Network Service (NS)</i>
<i>Base Station System GPRS Protocol (BSSGP)</i>

Fuente: elaboración propia.

#### **5.2.1.1. GSM RF**

Este nivel corresponde a la capa física, la cual puede ser dividida en las capas de radio frecuencia (RF) y de enlace físico. Este nivel es usado en GPRS para especificar las estructuras de canales de radio, esquemas de modulación de datos y características de transmisión y recepción bajo requerimientos de desempeño. La capa de enlace físico soporta múltiples MS compartiendo un simple canal físico y provee la comunicación entre los MS y la red.

#### **5.2.1.2. MAC**

El protocolo *Medium Access Control* (MAC) se encarga de la asignación de canales y de la multiplexación, dando uso de las funciones a nivel de la capa física. También es responsable de proporcionar una eficiente multiplexación de datos y señalización de control tanto en *uplink* como en *downlink*.

#### **5.2.1.3. RLC**

El protocolo *Radio Link Control* (RLC) ofrece un enlace de radio confiable hacia las capas superiores, formando junto con el protocolo MAC la segunda capa del modelo OSI. Es responsable de proporcionar la transferencia de paquetes LL-PDU entre la capa LLC y las funciones del protocolo MAC.

#### **5.2.1.4. LLC**

El protocolo *Logical Link Control* (LLC) proporciona alta confiabilidad y seguridad en el enlace lógico entre el MS y el SGSN hacia las capas superiores para el procedimiento de cifrado y autenticación, siendo independiente de las capas inferiores.

El enlace del protocolo LLC es establecido entre el MS y el SGSN al producirse un registro o *attach* en la red de GPRS.

Entre las funcionalidades del LLC se pueden mencionar las siguientes:

- Transporta paquetes de señalización, SMS, y SNDCP.
- No soporta comunicación directa entre dos MS.
- Mantiene la conexión al realizar *handover* entre celdas asociadas al mismo SGSN.
- Permite la transferencia de SN-PDU entre la capa SNDCP y la capa LLC.
- Soporta procedimientos para detectar y recuperar LL-PDU perdidos o corruptos.
- Soporta control de flujo de los paquetes LL-PDU entre el MS y el SGSN.

Existen 2 modos de operación del LLC para la transferencia de datos que son *Unacknowledged* y *Acknowledged*, pudiendo ser soportados de manera simultánea.

Trabajando en modo *Acknowledged*, la recepción de paquetes LL-PDU es confirmada, retransmitiéndolos si la confirmación no ha sido recibida dentro de un período de tiempo establecido. En modo *Unacknowledged*, no se requiere confirmación de los paquetes LL-PDU, siendo la señalización y SMS transferidos por este modo.

Para el LLC existen identificadores que relacionan una función en específico, como lo son:

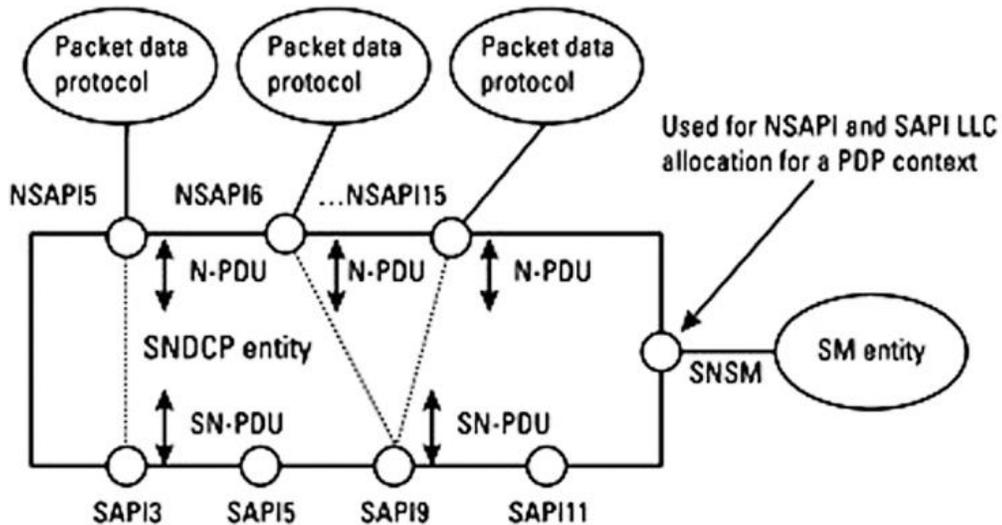
- NSAPI: *Network Service Access Point Identifier*, el cual es usado para identificar el PDP *context* en el nivel de SNDCP.
- SAPI: *Service Access Point Identifier*, el cual es usado para identificar los puntos donde LLC proporciona un servicio a las capas superiores.
- TLLI: *Temporary Logical Link Identity*, el cual identifica el enlace lógico entre el MS y el SGSN.

#### 5.2.1.5. SNDCP

La arquitectura de GPRS soporta varios protocolos en la capa de red para proporcionar transparencia a los usuarios que utilizan los servicios de la red de datos. Todas las funciones relacionadas a la transferencia de paquetes N-PDU (*Network Layer – Protocol Data Unit*) deben de ser realizadas en una forma transparente por la red de GPRS, siendo lo anterior uno de los principales requerimientos del protocolo SNDCP (*Subnetwork Dependent Convergence Protocol*).

Otro requerimiento del SNDCP es proporcionar funciones que ayuden a mejorar la eficiencia de los canales, siendo realizado por técnicas de compresión. Este protocolo implementa la segmentación y re-ensamblaje de los paquetes IP de carga útil denominados *payload*. El SNDCP existe entre el MS y el SGSN proporcionando funciones de compresión entre la capa de red y las capas inferiores.

Figura 33. **Procesos de SNDCP**



Fuente: Seurre, Emmanuel. *GPRS for mobile internet*. p. 367.

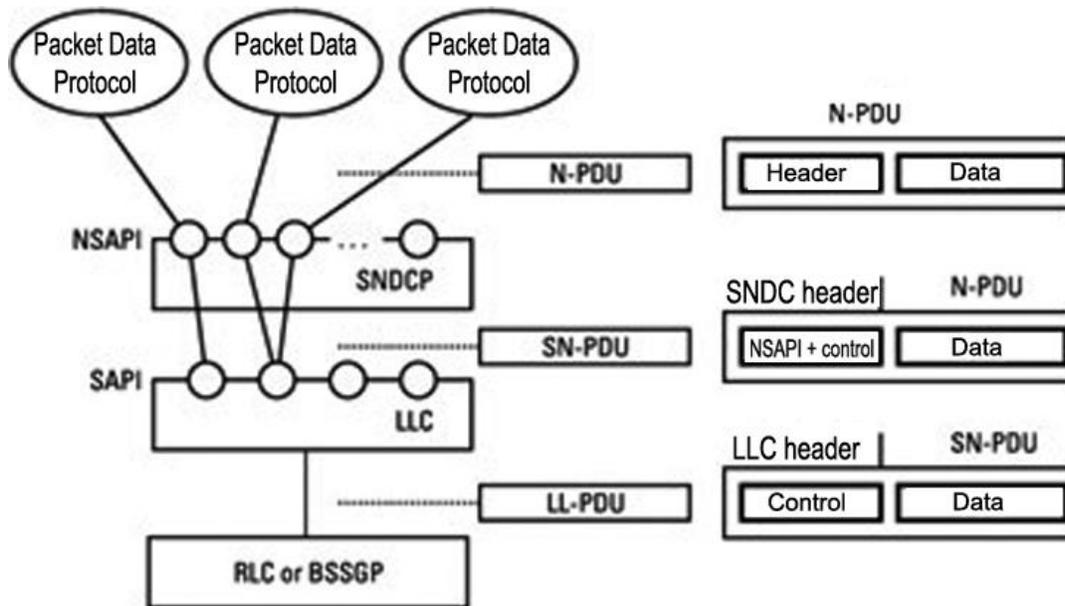
El NSAPI es un índice para el PDP *context* que está usando los servicios proporcionados por el SNDCP. Cada NSAPI activo utiliza los servicios proporcionados por el SAPI en la capa LLC, donde más de un NSAPI puede estar asociado con un mismo SAPI.

Como se puede ver en la figura 33, los paquetes N-PDU son transferidos hacia la capa SNDCP siendo encapsulados en paquetes SN-PDU (SNDCP-PDU) con el objetivo de enviarlos a la capa inferior LLC.

Esta capa proporciona un enlace lógico confiable entre el MS y el SGSN, encapsulando los paquetes SN-PDU en paquetes LL-PDU (LLC-PDU) para transferirlos a la capa de RLC, siendo nuevamente encapsulados en RLC-PDU y BSSGP-PDU para enviarlos hacia la interfaz de aire y la interfaz Gb respectivamente.

La figura 34 muestra la idea de encapsulado de los paquetes:

Figura 34. Encapsulado de paquetes



Fuente: Nokia Networks. GPRS/SYS GPRS architecture. p. 24.

### 5.2.1.6. SMS

El SMS (*Short Message Service*) utiliza los servicios del protocolo LLC para transferir mensajes entre el MS y el SGSN.

### 5.2.1.7. GMM

El GMM (*GPRS Mobility Management*) descrito en la sección 3.3, utiliza los servicios de LLC para transferir mensajes de señalización relacionados a la administración de movilidad, de los cuales se pueden mencionar los mensajes de *attach request*, *Routing area update request* entre el MS y el SGSN.

#### **5.2.1.8. SM**

El SM (*Session Management*) descrito en la sección 3.4, utiliza los servicios de LLC para transferir mensajes de señalización relacionados a la administración de sesión, tales como un PDP *context activation request* entre el MS y el SGSN.

#### **5.2.1.9. GTP**

EL protocolo GTP (*GPRS Tunneling Protocol*) realiza túneles de datos y señalización entre los nodos GSNs en la red de GPRS. Para este caso, transfiere los paquetes *payload* entre las interfaces Gb y Gn.

#### **5.2.1.10. L1bis**

Varias configuraciones de capa física y protocolos son posibles en la interfaz Gb, donde la capa física puede ser desde un E1 o T1 según su especificación hasta un cable de red que se conecta a interfaces *Ethernet*.

#### **5.2.1.11. NS**

La capa de *Network Service* está basada en *Frame Relay*, donde circuitos virtuales son establecidos entre el SGSN y el subsistema BSS. Los paquetes LL-PDU desde varios usuarios son multiplexados dentro de esos circuitos virtuales.

Los servicios proporcionados por el NS son los siguientes:

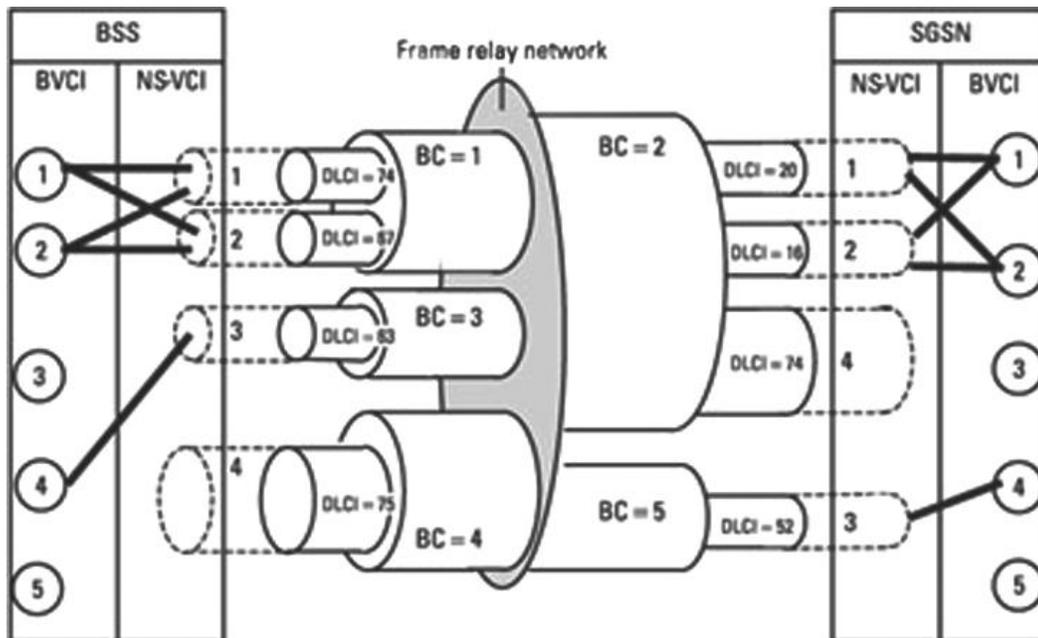
- NS PDU *Transfer*
- *Network Congestion Indicator*
- *Status Indicator*

La conformación de la capa NS se da a través dos subcapas, una entidad dependiente de la red de transmisión intermedia en la interfaz Gb denominada *Sub-network Service* (SNS) y una entidad de control independiente de la red denominada *Network Service Control* (NSC).

La SNS proporciona comunicación hacia los NSC remotos por medio de *Network Service Virtual Connections* (NS-VC), el cual es el camino de comunicación virtual entre NSC. La NSC proporciona comunicación hacia los NS remotos por medio de *BSSGP Virtual Connections* (BVC).

La figura 35 muestra el direccionamiento que se da en la interfaz Gb, donde el *Bearer Channel* (BC) es el canal físico que transporta la señalización y datos. El BC puede ser un canal de capacidad N x 64 kilobits por segundo o de la forma N x *Time Slot* (E1/T1), pudiendo soportar varios PVC en un BC.

Figura 35. **BVC y NS-VC**



Fuente: Seurre, Emmanuel. GPRS for mobile internet. p. 276.

El DLCI (*Data Link Connection Identifier*) identifica los PVC (*Permanent Virtual Connection*) del lado del SGSN como del subsistema BSS, incluso con valores distintos de ambos lados.

#### 5.2.1.12. **BSSGP**

El protocolo BSSGP (*Base Station System GPRS Protocol*) transfiere control, señalización y datos entre el subsistema BSS y el SGSN sobre la interfaz Gb. Para transferir información entre el subsistema BSS y el SGSN se utilizan los BVCs, siendo el BVCI el identificador que es utilizado para direccionamiento. En el BSS es asignado un BVCI por cada celda o radio base que soporte el servicio de GPRS, por lo que por cada celda nueva, un nuevo BVCI debe de ser asignado.

Las funciones principales del protocolo BSSGP son las siguientes:

- Enrutar la información que es requerida para transmitir datos entre el subsistema BSS y el SGSN.
- Transferir datos sin solicitar confirmación.
- Proporcionar QoS y control bidireccional del flujo de datos entre el SGSN y el subsistema BSS.
- Manejar las solicitudes de *paging* desde el SGSN hacia el BSS.

### **5.2.2. Interfaz Gb para *roaming***

Para el servicio de *roaming*, un usuario se debe de registrar al SGSN antes de realizar una sesión de datos, sin embargo, el registro de móvil se da directamente bajo la cobertura de la red celular proporcionada por las celdas del operador visitado o VPLMN. Esto implica que el usuario *roaming* utilice los recursos de acceso de la red VPLMN, siendo estos recursos la celda o radio base y la BSC que controla dicha celda; ambos forman parte de la red de acceso BSS.

Por último, la BSC se interconecta con el SGSN por medio de la interfaz Gb, permitiendo el registro del usuario en la red VPLMN. Con lo anterior, se determina que la interfaz Gb mantiene su disponibilidad de conexión con el SGSN sin hacer distinción entre los usuarios locales y los usuarios *roaming*, debido a que ésta no tiene relación con los nodos de la red local o HPLMN.

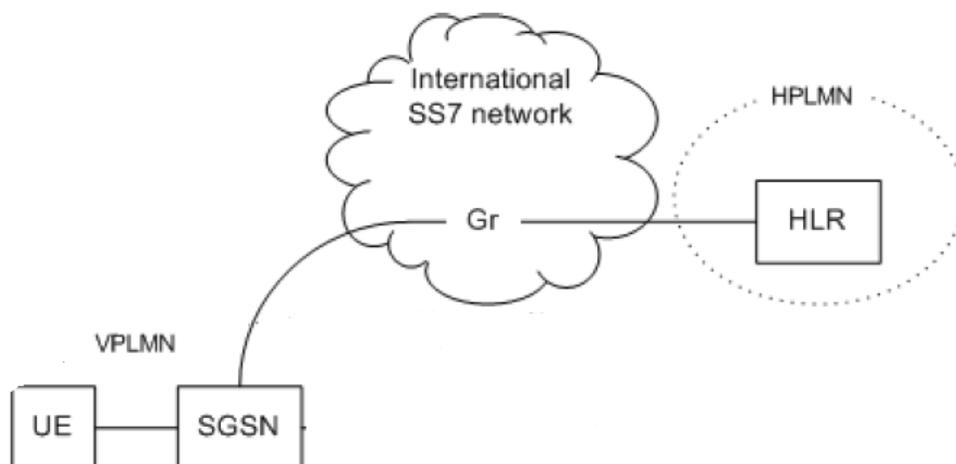
Por lo tanto, la interfaz Gb de la red VPLMN realiza la misma función de la interfaz Gb de la red HPLMN, siendo transparente en el uso de recursos y protocolos sin ser necesaria ninguna configuración para su funcionamiento en el servicio de *roaming*.

### 5.3. Interfaz Gr

La interfaz Gr es la interfaz lógica que interconecta el SGSN con el HLR, teniendo una de las principales funciones para el servicio de *roaming*. A través de la comunicación de ambos nodos, permite al HLR tener un control de la ubicación de cada MS y proporciona al SGSN la información de servicios suscritos y autenticación según el perfil de cada usuario.

Como se detalló en la sección 4.2 y se observa en la figura 36, la interfaz Gr para el servicio de *roaming* utiliza señalización SS7 entre el SGSN de la red VPLMN y el HLR de la red HPLMN, siendo interconectados físicamente por uno o varios *carrier* internacionales de señalización SS7.

Figura 36. **Carrier internacional de señalización SS7**



Fuente: elaboración propia.

Teniendo un enlace contratado con un *carrier* internacional de SS7, únicamente se le solicita configurar la información del operador con quién se desea establecer el servicio de *roaming*, realizando el enrutamiento del tráfico de señalización hacia el *carrier* del otro operador. De igual manera, se puede presentar el caso de que ambos operadores tuvieran el servicio con el mismo *carrier*, por lo que la conexión física y la configuración estarían siendo gestionadas únicamente por dicho *carrier*, minimizando tiempos de respuesta en su implementación.

Existe una diversidad de *carrier* de señalización SS7, por lo que cada operador que presta el servicio de *roaming* debe de tener un enlace con un *carrier* en específico, permitiendo una conexión física entre los diversos *carrier*, de la misma manera que lo están los GRX. Con lo anterior, el SGSN de la red VPLMN tendrá comunicación con una diversidad de HLR de redes locales HPLMN, mientras que el HLR de la red HPLMN tendrá comunicación con una diversidad de SGSN de redes visitadas VPLMN.

Cabe mencionar que la mayor cantidad de enlaces ofrecidos por los *carrier* de SS7 corresponden a *links* de señalización basados en la tecnología TDM (*Time Division Multiplexing*), sin embargo, actualmente se está realizando la migración de estos *links* basados en la tecnología IP denominada SIGTRAN (*Signaling Transport*), introduciendo nuevos protocolos en las capas de *Signaling Bearer*, tales como SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*) y M3UA (*MTP-3 User Adaptation Layer*).

### **5.3.1. Protocolos de Gr**

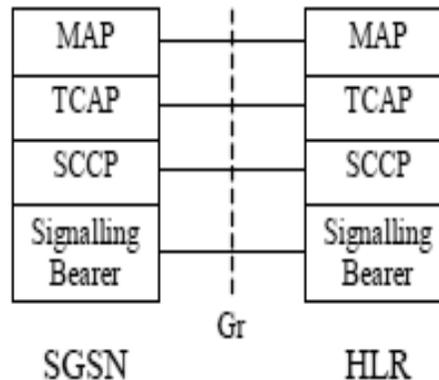
La interfaz Gr que se analizará, está basada en la señalización SS7 sobre *links* TDM, en función a los protocolos mostrados en la tabla VI y en la figura 37:

Tabla VI. **Protocolos de Gr**

Protocolo
<i>Mobile Application Protocol (MAP)</i>
<i>Transaction Capabilities Application Part (TCAP)</i>
<i>Signaling Connection Control Part (SCCP)</i>
<i>Signaling Bearer: MTP-L3, MTP-L2, MTP-L1</i>

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Protocolos de Gr**



Fuente: 3GPP. GPRS service description. p. 30.

Los protocolos de SS7 consisten en 4 niveles o capas como se observan en la figura 37, donde las tres capas inferiores son agrupadas y denominadas como MTP (*Message Transfer Part*) y/o *Signaling Bearer*, las cuales corresponden a las tres primeras capas en el modelo OSI.

Los siguientes niveles de protocolos consisten en una variedad de protocolos que están relacionados a los usuarios y aplicaciones, tales como SCCP, TCAP y MAP, haciendo referencia específica para la interfaz Gr.

### 5.3.1.1. MAP

El protocolo MAP (*Mobile Application Part*) es un protocolo SS7 que proporciona una capa de aplicación para varios nodos en la red móvil, comunicándolos entre sí con el fin de proporcionar servicios a los usuarios. La capa de aplicación MAP proporciona los medios necesarios para controlar el funcionamiento de una red móvil, siendo responsable de enrutar y administrar el intercambio de información entre las entidades MAP. Teniendo nodos que intercambian información por medio del protocolo MAP, existe una interfaz entre tales nodos, denominada MAPI (*Mobile Application Part Interface*).

Estos nodos son entidades MAP que pueden clasificarse de la siguiente manera:

- MAP *User*
- MAP *Provider*

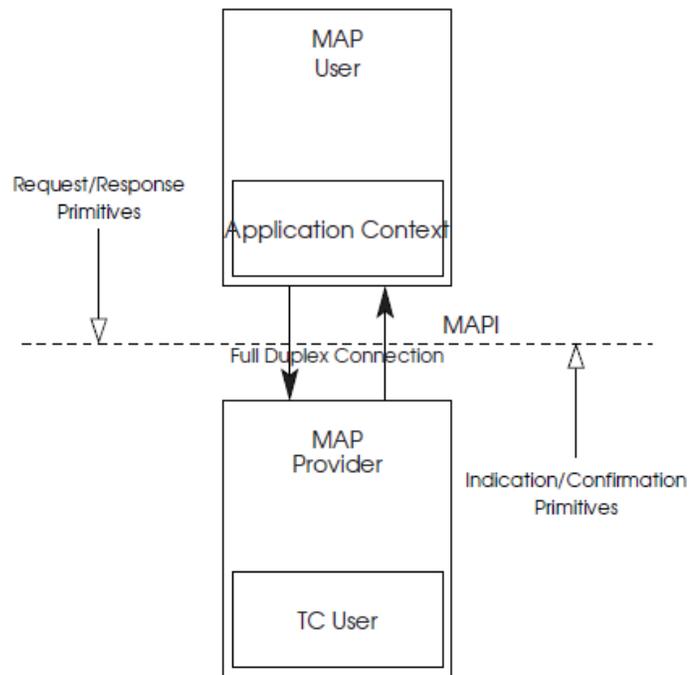
La interfaz MAPI consiste en un conjunto definido de mensajes *Streams* primitivos que proporcionan acceso a los servicios de la capa MAP, siendo estos transferidos entre entidades MAP-*User* y entidades MAP-*Provider*.

Los mensajes originados por el MAP-*User*, realizan solicitudes o responden a un evento del MAP-*Provider*.

Los mensajes originados por el MAP-*Provider* son confirmaciones de solicitudes o indicativos hacia el MAP-*User*.

En la figura 38 se muestran las entidades del protocolo MAP:

Figura 38. Entidades MAP



Fuente: Bidulock, Brian, *Mobile Application Part Interface Specification*. p. 9.

Para el caso de la interfaz Gr, el SGSN y el HLR estarían realizando la función de *MAP-User* y *MAP-Provider* según el servicio que se establezca por medio del usuario.

Entre los servicios más importantes del protocolo MAP se pueden mencionar los siguientes:

- *Mobility Management, Location, Paging, Handover, Authentication, Security, Subscriber, Identity, Fault recovery.*
- *Call Handling.*

- *Supplementary Service.*
- *SMS Management.*
- *Network requested PDP context Activation.*
- *Location Service Management.*

Cuando un usuario está de *roaming* y solicita registrarse en la red VPLMN de GPRS, dicha solicitud es procesada por el VSGSN el cual obtiene el perfil suscrito del usuario desde el HLR al que éste pertenece, por medio de información MAP transportada dentro de mensajes TCAP. El protocolo MAP proporciona a sus usuarios un conjunto específico de servicios, siendo para este caso el SGSN y el HLR los usuarios de servicios MAP *Service-users*.

A continuación, se detallan en las tablas VII y VIII algunos de los servicios más importantes del protocolo MAP entre el SGSN y el HLR:

Tabla VII. **Servicios MAP solicitados por HLR**

<b>Service</b>	<b>Invoker</b>	<b>Performer</b>
MAP-CANCLOC	HLR	SGSN
MAP-INSSUBSD	HLR	SGSN
MAP-DELSUBD	HLR	SGSN
MAP-RESET	HLR	SGSN
MAP-ACTTM	HLR	SGSN
MAP-DEACTTM	HLR	SGSN

Fuente: Bidulock, Brian, *Mobile Application Part Interface Specification*. p. 20.

Tabla VIII. **Servicios MAP solicitados por SGSN**

Service	Invoker	Performer
MAP-PURGEMS	SGSN	HLR
MAP-UDGPRSLOC	SGSN	HLR
MAP-SENDAUTHI	SGSN	HLR
MAP-AUTHFAIL	SGSN	HLR

Fuente: Bidulock, Brian, *Mobile Application Part Interface Specification*. p. 21.

Descripción:

MAP-CANCLOC: *Cancel Location*

MAP-INSSUBSD: *Insert Subscriber Data*

MAP-DELSUBD: *Delete Subscriber Data*

MAP-ACTTM: *Activate Trace Mode*

MAP-DEACTTM: *Deactivate Trace Mode*

MAP-PURGEMS: *Purge Mobile Subscriber*

MAP-UDGPRSLOC: *Update GPRS Location*

MAP-SENDAUTHI: *Send Authentication Information*

MAP-AUTHFAIL: *Authentication Failure*

Los procedimientos de señalización entre el SGSN y el HLR utilizan los protocolos TCAP y SCCP para soportarlos dentro de la PLMN local y en distintas PLMN visitadas.

### 5.3.1.2. TCAP

El protocolo TCAP (*Transaction Capabilities Application Part*) corresponde a las capas de aplicación y sesión de SS7, proporcionando servicios que habilitan aplicaciones para solicitar la ejecución de procedimientos en un nodo remoto e intercambiar los resultados de dicha solicitud. Una de las principales funciones de TCAP es facilitar las transacciones con bases de datos externas.

El protocolo TCAP transporta mensajes de MAP y CAP, los cuales son utilizados entre centrales de conmutación y bases de datos para proporcionar autenticación, SMS, prepago y *roaming*. El propósito de TCAP es proporcionar los medios para la transferencia de información entre nodos y proporcionar servicios para aplicaciones mientras es independiente de ellos, manteniendo aplicaciones interactivas en un entorno distribuido.

Los servicios proporcionados por TCAP son la base para MAP, donde el término TC (*Transaction Capabilities*) hace referencia a un conjunto de capacidades de comunicación que proporciona una interfaz entre las capas de aplicación y red. Para MAP, los servicios son asignados dentro de los correspondientes servicios TC, siendo implementados únicamente los servicios TC *request*. Los servicios TC *request* son reconocidos como indicaciones en el nodo remoto, siendo tipificados como *dialogue-handling* y *component-handling*.

Entre los servicios *dialogue-handling* se pueden mencionar *TC-BEGIN*, *TC-CONTINUE*, *TC-END*, *TC-U-ABORT*.

Entre los servicios *component-handling* se pueden mencionar *TC-INVOKE*, *TC-RESULT-L*, *TC-RESULT-NL*, *TC-U-ERROR*, *TC-U-CANCEL*, *TC-U-REJECT*.

### 5.3.1.3. SCCP

El protocolo SCCP (*Signaling Connection Control Part*) corresponde a la capa de transporte de SS7, proporcionando los siguientes servicios:

- Soporta los modos *connectionless* y *connection oriented services*.
- Proporciona el envío de mensajes directamente hacia una aplicación específica en un punto de señalización.
- Convierte direcciones de la capa inferior MTP-L3.
- Proporciona mecanismos de GTT.

El protocolo SCCP proporciona un amplio enrutamiento, control de flujo, segmentación, orientación a la conexión y corrección de errores en la señalización SS7. El SCCP emplea un proceso llamado *Global Title Translation* (GTT) para determinar el *Point Code* de los nodos destinos, con el fin de instruir a la capa MTP-L3 por donde enrutar los mensajes.

Aunque MTP proporciona capacidad de ruteo basado sobre el *Point Code*, el SCCP permite ruteos utilizando *Point Code*, subsistemas y/o *Global Title*.

El GTT coloca el punto de señalización destino (DPC) y el *Subsystem Number* (SSN) en el mensaje de señalización; esto significa que la aplicación o el nodo que envía los mensajes de señalización no tienen que conocer el DPC o el SSN del nodo destino; únicamente la capa SCCP tiene esa información.

Cuando se transfieren mensajes SS7, las siguientes categorías de direccionamiento son distinguidas por el enrutamiento SCCP:

- GT + SSN
- DPC + SSN
- DPC + GT
- DPC + SSN + GT
- GT

Un *Global Title* (GT) lógicamente direcciona a un nodo, pero no contiene información explícita que permita enrutar la señalización, por lo tanto, la ejecución del GTT es requerida. El SSN especifica el subsistema en el nodo direccionado y el DPC especifica el punto de señalización del nodo. La unión entre el DPC y el SSN permitiría un enrutamiento directo por SCCP y MTP, es decir, no se requeriría ningún GTT.

#### **5.3.1.4. MTP-L3**

La capa MTP-L3 con significado de *Message Transfer Part Level 3*, proporciona funciones que transfieren información del usuario a través de la red SS7 hacia un destino, teniendo la capacidad de superar fallas de red y de sistema que podrían afectar la transferencia de señalización. Esta capa corresponde a la capa de red del *stack* SS7, haciendo la semejanza al modelo OSI.

Las funciones principales de MTP-L3 se detallan a continuación:

- Mensajes de ruteo entre *Signaling Point Codes*.
- Control de mensajes de señalización que confirman la entrega segura de la información hacia el destino correcto.
- Soporta reconfiguración de la señalización en caso de fallas.

#### **5.3.1.5. MTP-L2**

La capa MTP-L2 con significado de *Message Transfer Part Level 2*, proporciona funcionalidades de capa de enlace en SS7, asegurando una exacta transmisión punto a punto de mensajes. Esta capa también incorpora la verificación de errores, control de flujo y la validación de secuencia de los mensajes. Para MTP-L2 únicamente le interesa la transmisión de mensajes de señalización desde un nodo hacia el siguiente nodo dentro de una red, sin importarle el destino final de los mensajes. Lo anterior se da cuando a MTP-L2 se le proporciona la información sobre la siguiente ruta por medio de mensajes de MTP-L3, siendo la capa MTP-L2 la que proporciona las funciones necesarias para transferir mensajes hacia el siguiente nodo.

#### **5.3.1.6. MTP-L1**

La capa MTP-L1 con significado de *Message Transfer Part Level 1*, corresponde a la capa física de SS7, siendo su medio físico principal el E1. La configuración del E1 es canalizada, siendo dividida en 31 canales de 64 kilobits por segundo (kbps) para información y un canal para la sincronía.

### **5.3.2. Interfaz Gr para *roaming***

Esta interfaz es una de las más importantes para el servicio de *roaming*, ya que permite la movilidad del usuario en distintas redes de distintos operadores por medio de la gama de protocolos anteriormente vistos. La señalización SS7 hace posible la comunicación entre nodos de distintas redes, ya que se encuentran regidos bajo los lineamientos estándar de la tecnología.

De la misma manera, el *carrier* de señalización SS7 es el que permite la conexión física entre las distintas redes de una diversidad de operadores con los que se deben tener previo acuerdo comercial del servicio.

En resumen, la interfaz Gr está conformada por una serie de partes fundamentales que conjuntamente permiten que se establezca el proceso de *Mobility Management* de los usuarios locales en redes visitadas para el funcionamiento de *roaming* de GPRS.

### **5.4. Interfaz Gd**

La interfaz Gd interconecta el SGSN con los nodos SMS-GMSC (*Short Message Service – Gateway MSC*) y SMS-IWMSC (*Short Message Service – Interworking MSC*) para tener la posibilidad de soportar el servicio de SMS.

El SMS-IWMSC y SMS-GMSC pueden estar integrados con una central MSC/VLR o con el SMS *Center* (SMS-C), teniendo el procesamiento de recepción de los SMS desde los MS origen (MS->SGSN->SMS-IWMSC) y hacerlos llegar a los MS destino (SMS-GMSC->SGSN->MS).

Cabe mencionar que la funcionalidad de procesar SMS a través del SGSN no es muy utilizada por los operadores de servicios móviles debido a que este servicio está integrado directamente con las MSC, sin embargo es una funcionalidad factible del SGSN.

#### 5.4.1. Protocolos de Gd

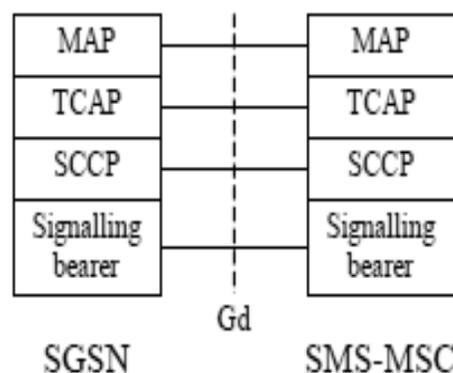
La interfaz Gd utiliza los siguientes protocolos de SS7 sobre TDM, mostrados en la figura 39 y tabla IX:

Tabla IX. Protocolos de Gd

Protocolo
<i>Mobile Application Protocol (MAP)</i>
<i>Transaction Capabilities Application Part (TCAP)</i>
<i>Signaling Connection Control Part (SCCP)</i>
<i>Signaling Bearer: MTP-L3, MTP-L2, MTP-L1</i>

Fuente: elaboración propia.

Figura 39. Protocolos de Gd



Fuente: 3GPP. GPRS service description. p. 31.

El protocolo MAP es un usuario SS7, el cual define procedimientos de señalización entre el SGSN y el SMSC. Entre las principales funciones del protocolo MAP están las inclusiones del MSISDN, IMSI y dirección del SMSC dentro de la señalización para el procesamiento de SMS MTO.

#### **5.4.2. Interfaz Gd para *roaming***

Esta interfaz no es utilizada comúnmente en el servicio de *roaming* de datos, ya que por general el servicio de SMS está incluido dentro del servicio de *roaming* de voz, siendo validado dentro del documento de referencia PRD denominado IR24.

#### **5.5. Interfaz Gf**

La interfaz Gf interconecta el SGSN con el EIR (*Equipment Identity Register*), dando acceso a una base de datos y obteniendo información del equipo móvil o *handset* que desea utilizar el servicio de GPRS. La información obtenida contiene específicamente el campo de IMEI (*International Mobile Equipment Identity*), siendo un identificador único de cada equipo móvil.

Con lo anterior, cada MS que desee utilizar GPRS debe de comparársele el IMEI contra las listas del EIR para brindar o no el servicio de acuerdo a su *status*. El EIR contiene tres diferentes listas de *status* para los equipos móviles:

- *Black List*: para equipo móvil robado.
- *Grey List*: para equipo móvil bajo investigación.
- *White List*: para equipo móvil sin inconvenientes.

### 5.5.1. Protocolos de Gf

La interfaz Gf utiliza los protocolos basados en SS7, los cuales se muestran en la figura 40 y tabla X:

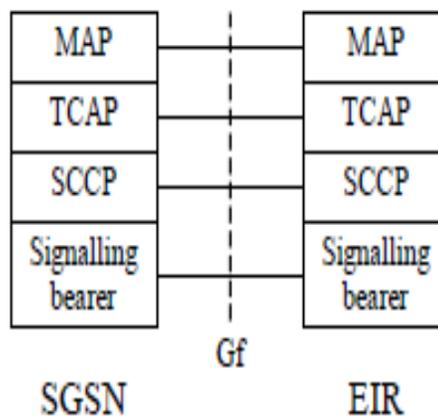
Tabla X. Protocolos de Gf

Protocolo
<i>Mobile Application Protocol (MAP)</i>
<i>Transaction Capabilities Application Part (TCAP)</i>
<i>Signaling Connection Control Part (SCCP)</i>
<i>Signaling Bearer: MTP-L3, MTP-L2, MTP-L1</i>

Fuente: elaboración propia.

La figura 40 muestra los protocolos utilizados a nivel de capas para la interfaz Gf:

Figura 40. Protocolos de Gf



Fuente: 3GPP. GPRS service description. p. 31.

### 5.5.2. Interfaz Gf para *roaming*

Esta interfaz no está siendo validada dentro de los documentos de referencia PRD para el desarrollo de pruebas en los servicios de *roaming*.

## 5.6. Interfaz Ge

La interfaz Ge es la que conecta el SGSN con nodos que controlan a los usuarios prepagos, los cuales son denominados SCP o *Service Control Point* y utilizan la señalización SS7 para su comunicación. Por medio de esta interfaz el SCP controla a los usuarios prepagos que utilizan el servicio de GPRS. Debido que tiene comunicación directa con el SGSN, se tiene control de la movilidad del usuario así como del manejo de sesión.

### 5.6.1. Protocolos de Ge

La interfaz Ge utiliza la señalización SS7 en base a los siguientes protocolos mostrados en la tabla XI:

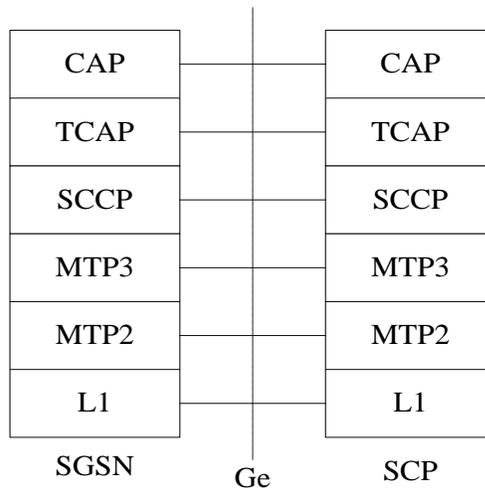
Tabla XI. **Protocolos de Ge**

<b>Protocolo</b>
<i>CAMEL Application Part (CAP)</i>
<i>Transaction Capabilities Application Part (TCAP)</i>
<i>Signaling Connection Control Part (SCCP)</i>
<i>Signaling Bearer: MTP-L3, MTP-L2, MTP-L1</i>

Fuente: elaboración propia.

La figura 41 muestra los protocolos utilizados a nivel de capas para la interfaz Ge:

Figura 41. **Protocolos de Ge**



Fuente: elaboración propia.

El protocolo CAP utiliza las mismas capas que el protocolo MAP, diferenciándose a nivel de la capa de aplicación. A los usuarios prepago se les definen ciertos parámetros en el perfil dentro del HLR, que los diferencian con los otros usuarios (postpagos); siendo CAMEL (*Customized Applications for Mobile Network Enhanced Logic*) el parámetro en específico.

El uso de CAMEL conlleva a la utilización de TDP o *Trigger Detection Points*, los cuales especifican cuando contactar a un SCP para inicializar un dialogo de GPRS e interactuar con el SGSN.

### 5.6.2. Interfaz Ge para *roaming*

Para tener una mejor idea del funcionamiento de la interfaz Ge y de cómo interactúa con la red de datos, se describe a continuación el ejemplo de un usuario de *roaming* en una red VPLMN:

- Un usuario posee CAMEL en su perfil dentro del HLR perteneciente a una red HPLMN.
- El usuario está de *roaming* en una red VPLMN e intenta realizar GPRS *attach* en un operador con previo acuerdo comercial. El VSGSN recibe del HLR local (HPLMN) toda la información del usuario, incluyendo CAMEL, por medio de señalización SS7 a través de la interfaz Gr.
- Cuando el usuario desea realizar una sesión de datos, solicita la activación de un PDP *context* y el VSGSN realiza una revisión del CAMEL suscrito el cual fue obtenido durante el proceso de GPRS *attach*.
- Si el CAMEL contiene lo necesario para iniciar un servicio, el VSGSN inicia un diálogo con el SCP local (HPLMN SCP).
- Una vez exista un servicio de CAMEL iniciado, existe un control del PDP *context*, a lo que se puede denominar diálogo GPRS.
- Un diálogo GPRS es abierto cuando se solicita un PDP *context activation* y es cerrado cuando se solicita un PDP *context deactivation*.

En resumen, la interfaz Ge permite la conexión del VSGSN y el SCP local, controlando los servicios de los usuarios prepagos, sin embargo, este servicio no tiene mucho auge debido a la alta tarificación que se maneja entre operadores, lo que ocasiona un rápido consumo del saldo para el usuario.

### **5.7. Interfaz Gs**

Esta interfaz conecta el SGSN con la MSC/VLR, intercambiando información de movilidad entre ambos nodos, tales como la mensajería de GPRS *attach*, *Location Update*, envío de ubicación desde el SGSN hacia la MSC o recepción de solicitudes de *paging* desde la MSC al SGSN.

La Gs es utilizada para mejorar considerablemente la eficacia de los recursos de radio en una red combinada de GSM/GPRS, utilizando el protocolo BSSAP+. Al SGSN se le permite la supervisión del procedimiento *periodic location updating* a través del *routing area updating*, en vez del *location area updating* gestionado por la MSC. De igual manera, le permite a la MSC contactar al SGSN para intercambiar información sobre el siguiente contacto a nivel de radio. Entre las principales funcionalidades de la interfaz Gs, las cuales representan un mejor uso de los recursos de radio se pueden mencionar las siguientes:

- Procedimiento de IMSI *attach* en modo combinado GSM/GPRS.
- Procedimiento de IMSI *detach* en modo combinado GSM/GPRS.
- Coordinación de *Location Area Update* y *Routing Area Update*
- Procedimiento de *Mobility Management Information*.

### 5.7.1. Protocolos de Gs

La interfaz Gs utiliza la señalización SS7 en base a los siguientes protocolos mostrados en la tabla XII:

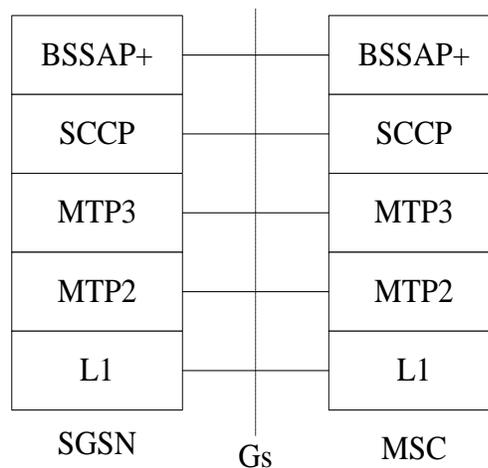
Tabla XII. Protocolos de Gs

Protocolo
<i>Base Station System Application Protocol plus (BSSAP+)</i>
<i>Signaling Connection Control Part (SCCP)</i>
<i>Signaling Bearer: MTP-L3, MTP-L2, MTP-L1</i>

Fuente: elaboración propia.

La figura 42 muestra los protocolos utilizados a nivel de capas para la interfaz Gs:

Figura 42. Protocolos de Gs



Fuente: 3GPP. GPRS service description. p. 31.

El protocolo BSSAP+ define el uso de recursos cuando un MS soporta servicios de GSM y GPRS, definiendo también los procedimientos usados en el SGSN hacia la MSC/VLR por interoperabilidad entre CS y PS.

La base de la conexión entre la MSC/VLR y el SGSN es la existencia de la asociación entre ambas entidades por el MS, obteniendo la información de ambas entidades o nodos según sea el servicio. El comportamiento de las entidades MSC/VLR y el SGSN relacionadas a la interfaz Gs son definidas por el estado de la asociación para un MS.

En la figura 43, se muestra el formato del encabezado que utiliza el protocolo BSSAP+:

Figura 43. **Encabezado BSSAP+**

8	7	6	5	4	3	2	1	Octet
<i>Message type</i>								1
<i>Information elements</i>								2-n

Fuente: elaboración propia.

El protocolo BSSAP+ que se utiliza para la interfaz Gs consta de una diversidad de mensajes para la comunicación entre los nodos relacionados por dicha interfaz a nivel de movilidad.

A continuación, se muestran en la tabla XIII algunos mensajes del protocolo BSSAP+:

Tabla XIII. **Mensajes de BSSAP+**

<b>Value</b>	<b>Message type</b>
00000001	<i>BSSAP+-PAGING-REQUEST.</i>
00000010	<i>BSSAP+-PAGING-REJECT</i>
00001001	<i>BSSAP+-LOCATION-UPDATE-REQUEST.</i>
00001010	<i>BSSAP+-LOCATION-UPDATE-ACCEPT.</i>
00001011	<i>BSSAP+-LOCATION-UPDATE-REJECT.</i>
00001101	<i>BSSAP+-ALERT-REQUEST.</i>
00001110	<i>BSSAP+-ALERT-ACK.</i>
00001111	<i>BSSAP+-ALERT-REJECT.</i>
00010000	<i>BSSAP+-MS-ACTIVITY-INDICATION.</i>
00010001	<i>BSSAP+-GPRS-DETACH-INDICATION.</i>
00010010	<i>BSSAP+-GPRS-DETACH-ACK.</i>
00010011	<i>BSSAP+-IMSI-DETACH-INDICATION.</i>
00010100	<i>BSSAP+-IMSI-DETACH-ACK.</i>
00010101	<i>BSSAP+-RESET-INDICATION.</i>
00010110	<i>BSSAP+-RESET-ACK.</i>

Fuente: elaboración propia.

### **5.7.2. Interfaz Gs para *roaming***

Para el servicio de *roaming*, esta interfaz no es utilizada para el intercambio de información entre nodos de ambas redes; incluso siendo esta interfaz opcional, los operadores locales pueden evaluar su implementación.

En el caso de que algún operador tenga en funcionamiento dicha interfaz, el beneficio de la optimización de recursos es para su propia red, sin embargo, para un usuario de *roaming* registrado en su red sería transparente las funcionalidades de dicha interfaz.

## 5.8. Interfaz Ga

Esta interfaz conecta a los GSN con un servidor externo que procesa a detalles la sesión de navegación de cada usuario y los almacena para generar los archivos de tarificación y así poder realizar el cobro mensual por utilización de servicio a los abonados; a este servidor externo se le denomina *Charging Gateway* (CG).

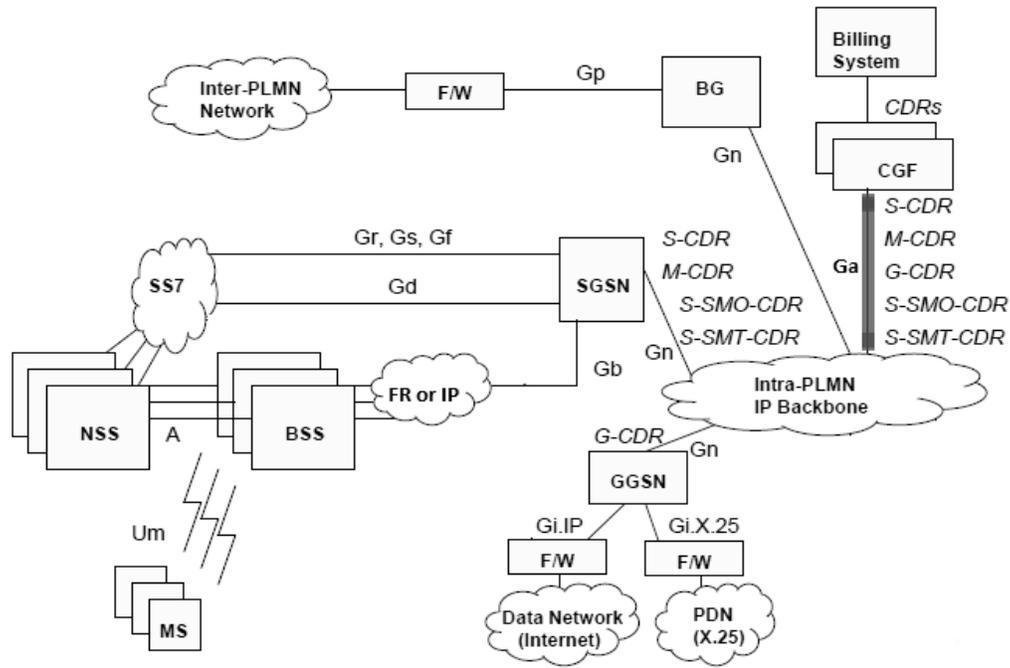
El SGSN y el GGSN pueden tener características que le permitan hacer la función de CG interno, procesando la información de tarificación de manera independiente sin necesitar servidores externos; a esta característica se le denomina *Charging Gateway Functionality* (CGF).

El CG tiene la función de recolectar y clasificar la información de tarificación que se genera en el SGSN y GGSN según el servicio utilizado por el usuario, recopilando tal información dentro de un archivo denominado CDR (*Call Detail Record or Charging Data Record*).

Con los archivos CDR generados, el CG proporciona un mecanismo para transferirlos a sistemas de procesamiento de tarificación denominados *Billing Center* (BC) o *Billing System* (BS).

En la figura 44 se puede observar la topología de la red GPRS incluyendo la conexión hacia el CG y el *Billing System*:

Figura 44. Interfaz Ga



Fuente: ETSI. GPRS Charging, p. 9.

Según el tipo de servicio utilizado, el CDR puede clasificarse de la siguiente manera:

- M-CDR (*Mobility Management – Charging Data Record*).
- S-CDR (*SGSN – Charging Data Record*).
- G-CDR (*GGSN – Charging Data Record*).
- S-SMO-CDR (*SGSN Short message Mobile Originated CDR*).
- S-SMT-CDR (*SGSN Short message Mobile Terminated CDR*).

### 5.8.1. Protocolos de Ga

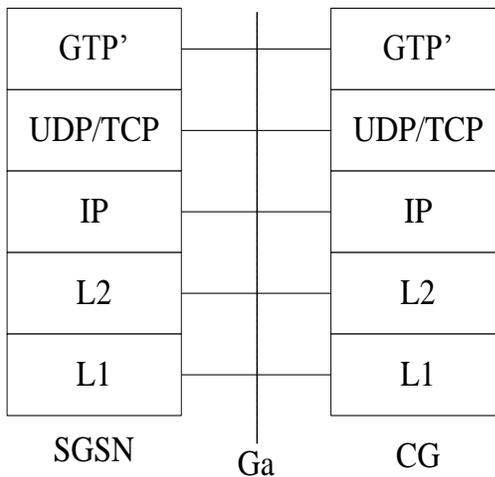
Para la Interfaz Ga, se muestra una arquitectura basada en IP, donde se tiene la definición de los protocolos según el modelo TCP/IP. El *stack* de protocolos está definido como se muestra en la tabla XIV y en la figura 45:

Tabla XIV. Protocolos de Ga

Protocolo
GTP' (GPRS Tunneling Protocol Prime): <i>Application Layer</i>
UDP (User Datagram Protocol) / TCP (Transmission Control Protocol): <i>Transport Layer</i>
IP (Internet Protocol): <i>Internet Layer</i>
L2: <i>Link Layer</i>
L1: <i>Physical Layer</i>

Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Protocolos de Ga



Fuente: elaboración propia.

El protocolo de aplicación para esta interfaz es el GTP', el cual ha sido diseñado para enviar los CDRs generados en los GSNs hacia su correspondiente CG (*Charging Gateway*).

Este protocolo ha sido designado para la recolección de datos a nivel de tarificación, con la misma estructura que el protocolo GTP (GTP-C, GTP-U), el cual es utilizado en la interfaz Gn, sin embargo, es a gran medida un protocolo distinto con adecuaciones y tipos de mensajes adicionales.

A continuación se describen las funciones del protocolo GTP':

- Mecanismo de transferencia de CDRs desde los GSNs hacia el CG.
- Redireccionamiento de CDRs hacia otros CG.
- Detectar fallas de comunicación en la interfaz Ga (*heartbeat*).
- Prevenir la duplicidad de CDRs.

El protocolo GTP' utiliza mensajes para la comunicación entre los nodos asociados, como lo son el SGSN y el GGSN. A continuación, se describe en la tabla XV los mensajes relacionados con la tarificación:

Tabla XV. **Mensajes de GTP'**

<b>Message Type value</b>	<b>GTP' message</b>
1	<i>Echo Request</i>
2	<i>Echo Response</i>
3	<i>Version Not Supported</i>
4	<i>Node Alive Request</i>
5	<i>Node Alive Response</i>
6	<i>Redirection Request</i>
7	<i>Redirection Response</i>
240	<i>Data Record Transfer Request</i>
241	<i>Data Record Transfer Response</i>

Fuente: elaboración propia.

En la capa de transporte pueden ser utilizados los protocolos UDP y TCP, siendo el puerto 3386 reservado como puerto destino para GTP'. Debajo de la capa de transporte se encuentra la capa de red (*Internet layer*), la cual estará utilizando el protocolo de *Internet* (IP) para el enrutamiento de paquetes y la definición de las direcciones de cada nodo. Las capas inferiores están definidas como capa de enlace (*link layer*), la cual está basada en el estándar *Ethernet* y capa física (*physical layer*) como medio de transmisión.

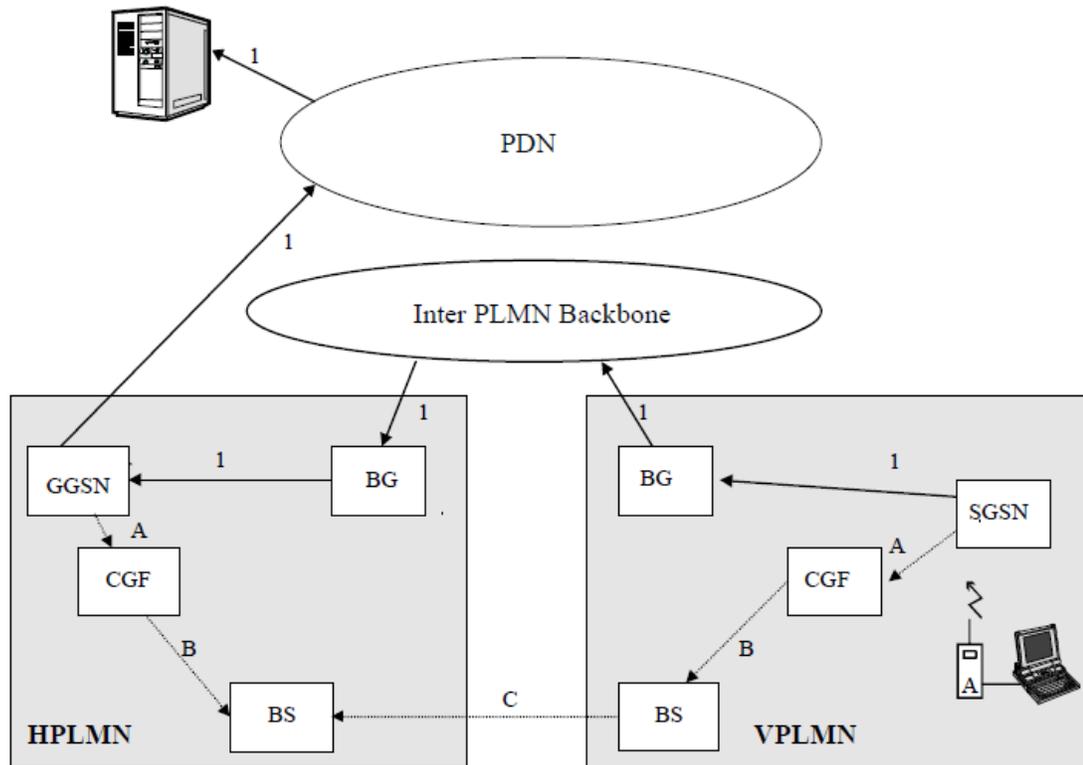
### **5.8.2. Interfaz Ga para *roaming***

Para el servicio de *roaming* la interfaz Ga no está físicamente interconectada entre los nodos del operador visitado y los nodos del operador local. La manera de trabajar para este servicio se basa en el TADIG *testing*, utilizando métodos de comparación de archivos TAP generados en cada red de manera independiente. Para una mejor comprensión del funcionamiento de la interfaz Ga en *roaming*, se presenta el siguiente ejemplo:

- El usuario A está haciendo *roaming* en una red visitada VPLMN.
- El usuario A está con *status attach* en el SGSN de la red VPLMN.
- El usuario A establece un PDP *context* con el GGSN de la red HPLMN.
- El SGSN de la red VPLMN envía los CDRs hacia el CG de la red VPLMN (S-CDR).
- El GGSN de la red HPLMN envía los CDRs hacia el CG de la red HPLMN (G-CDR).
- El CG de la red VPLMN envía los S-CDR hacia el *Billing System* de la red VPLMN.
- El CG de la red HPLMN envía los G-CDR hacia el *Billing System* de la red HPLMN.
- El *Billing System* de la red VPLMN envía los archivos TAP hacia el *Billing System* de la red HPLMN para realizar el TADIG *testing*, donde se hace la validación y la comparación de los CDR generados en ambas redes.

La figura 46 muestra el flujo de la interacción a través de la interfaz Ga con el CG para *roaming*:

Figura 46. Interfaz Ga para *roaming*



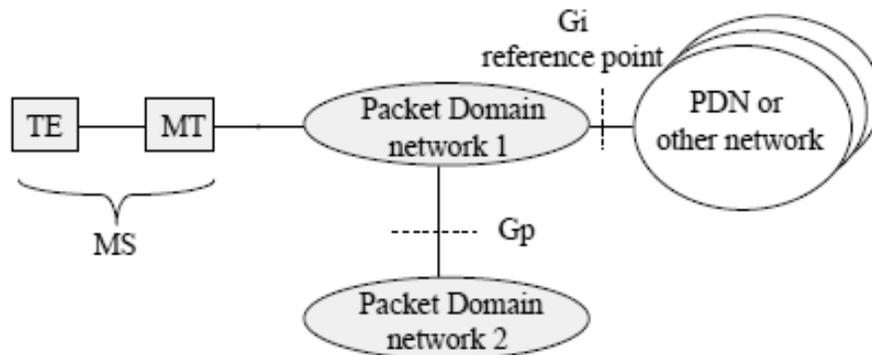
Fuente: ETSI. GPRS *Charging*. p. 19

## 5.9. Interfaz Gi

La interfaz Gi es el punto de referencia entre las redes externas PDN y la red de datos de GPRS o dominio de paquetes (*Packet Domain*). Las redes PDN son redes IP que se interconectan directamente hacia el GGSN, las cuales son proporcionadas por un proveedor de servicios denominado ISP (*Internet Service Provider*), permitiendo la conexión hacia redes privadas o públicas tales como *Intranet* o *Internet* según sea la función establecida.

En la figura 47, se muestra la interfaz Gi como punto de referencia entre la red móvil y la red PDN:

Figura 47. **Interfaz Gi**



Fuente: 3GPP. *Interworking between PLMN supporting packet based services and PDN*. p. 11.

### 5.9.1. **Protocolos de Gi**

El acceso a las redes de *Internet* e *Intranet* puede implicar procesos basados en protocolos que permitan realizar funciones como autenticación del usuario, autorización del usuario, encriptación entre el MS y la red PDN, asignación de direcciones dinámicas pertenecientes a la PDN.

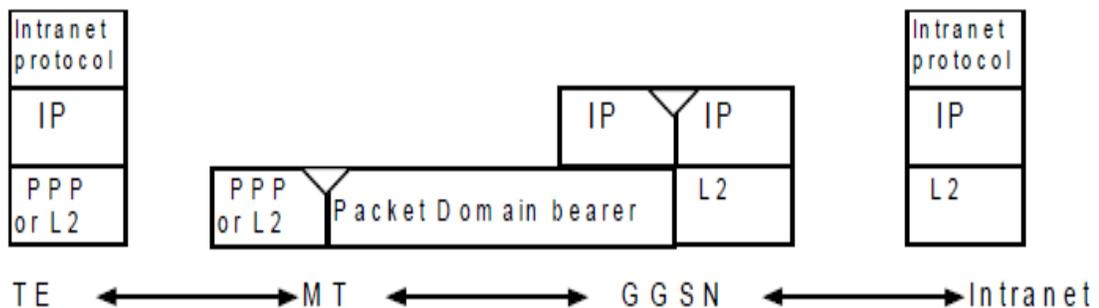
Para lo anterior, la red de GPRS puede ofrecer los siguientes modos de acceso:

- Acceso directo transparente hacia la PDN.
- Acceso no transparente hacia la PDN.

Para el modo de acceso transparente, el MS no necesita enviar ninguna solicitud de autenticación y/o autorización al solicitar la activación de un PDP *context*.

Este modo proporciona servicios de transporte hacia redes externas mediante la generación de un túnel, el cual es totalmente transparente para la red de datos ya que la autenticación y la encriptación del usuario se realiza *end to end*, es decir desde el MS hasta la red externa. La figura 48 muestra la conexión de un MS hacia una *Intranet*, donde la red de datos actúa de modo transparente mientras la autenticación se realiza entre el MS y la *Intranet* por medio de su protocolo.

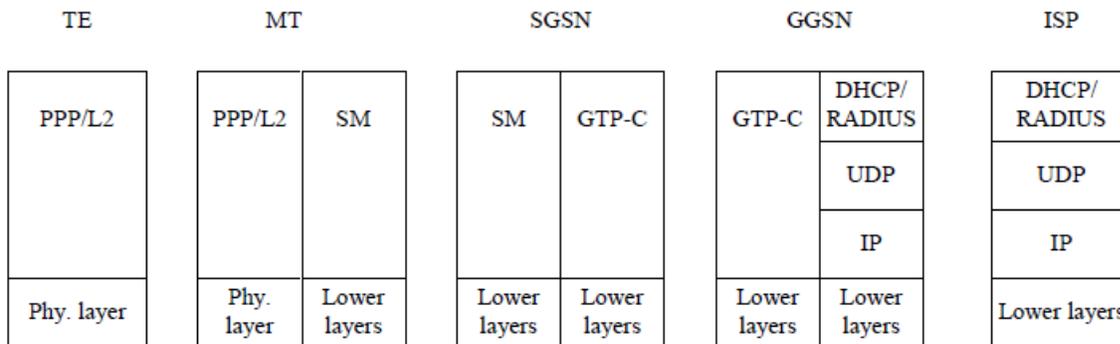
Figura 48. **Modo de acceso transparente**



Fuente: 3GPP. *Interworking between PLMN supporting packet based services and PDN*. p. 11.

Para el modo de acceso no transparente, el GGSN estaría involucrado en las funciones de autenticación entre el MS y la red externa. El MS debe de enviar una solicitud de autenticación al momento de solicitar una activación de PDP *context*, la cual la recibe el GGSN y la reenvía hacia un servidor perteneciente a la red externa (*Intranet/ISP*), como un servidor AAA o DHCP.

Figura 49. **Modo de acceso no transparente**



Fuente: 3GPP. *Interworking between PLMN supporting packet based services and PDN*. p. 15.

### 5.9.1.1. Protocolo DHCP

El protocolo DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) proporciona un mecanismo para transmitir un amplio conjunto de parámetros de configuración a los *hosts* conectados a una red TCP/IP de una manera automática. De igual manera, asigna direcciones IP de manera dinámica a los *hosts* o MS que solicitan un PDP *context*, siendo por un tiempo determinado; esto permite la reasignación secuencial de direcciones a los diferentes usuarios.

Para permitir un correcto enrutamiento de mensajes DHCP (solicitudes y respuestas) entre un MS y un servidor DHCP externo, es necesario que el GGSN tenga definido un agente interno que realice esta función, al cual se le denomina DHCP *Relay Agent*.

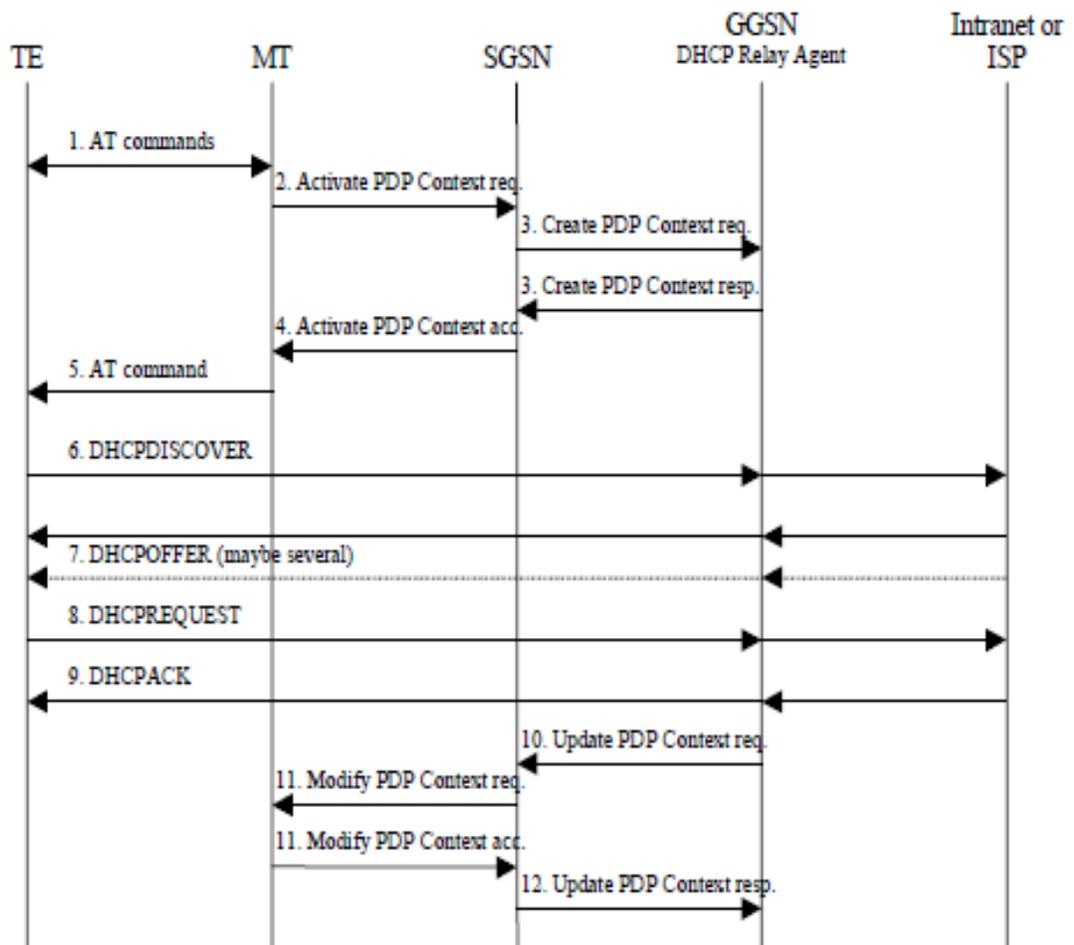
Los mensajes de DHCP que pueden ser más utilizados durante el proceso de activación de un PDP *context*, se detallan a continuación en la tabla XVI:

Tabla XVI. Mensajes de DHCP

<i>DHCP-DISCOVER</i>	<i>DHCP-OFFER</i>
<i>DHCP-REQUEST</i>	<i>DHCP-PACK</i>

Fuente: elaboración propia.

Figura 50. Flujo de mensajes utilizando DHCP



Fuente: 3GPP. *Interworking between PLMN supporting packet based services and PDN*. p. 15.

### 5.9.1.2. Protocolo RADIUS

El protocolo RADIUS (*Remote Authentication Dial In User Service*) puede ser utilizado por el GGSN y así proporcionar las funciones de RADIUS *authentication* para autenticar a los usuarios y RADIUS *accounting* para proporcionar información hacia un servidor AAA (*Authentication, Authorization and Accounting*), según el funcionamiento de cada APN.

La funcionalidad de cliente RADIUS *authentication* reside en el GGSN y actúa cuando éste recibe un mensaje de *create PDP context request*, enviando la información hacia un servidor de autenticación previamente definido en la configuración del APN utilizado.

El servidor de autenticación verifica si el usuario es aceptado para posteriormente enviar una respuesta que puede contener información de la red en caso de ser confirmada su autenticidad, de lo contrario, el GGSN puede rechazar el PDP *context* solicitado con su respectiva causa, por ejemplo: *User Authentication failed*; esta verificación aplica únicamente para el PDP primario.

Los mensajes de RADIUS *authentication* que pueden ser más utilizados durante el proceso de activación de un PDP primario se detallan a continuación en la tabla XVII:

Tabla XVII. **Mensajes de RADIUS *Authentication***

<i>Access-Request</i>
<i>Access-Accept</i>
<i>Access-Reject</i>

Fuente: elaboración propia.

La funcionalidad de cliente RADIUS *accounting* igualmente reside en el GGSN y envía la información del usuario hacia un servidor AAA previamente definido, el cual puede guardar la información y usarla para identificar de forma automática al usuario correlacionando el MSISDN o la IMSI con la IP asignada en el PDP *context*.

Los mensajes de RADIUS *Accounting* que pueden ser más utilizados durante los procesos de activación, desactivación y update del PDP primario y secundario, se detallan a continuación en la tabla XVIII:

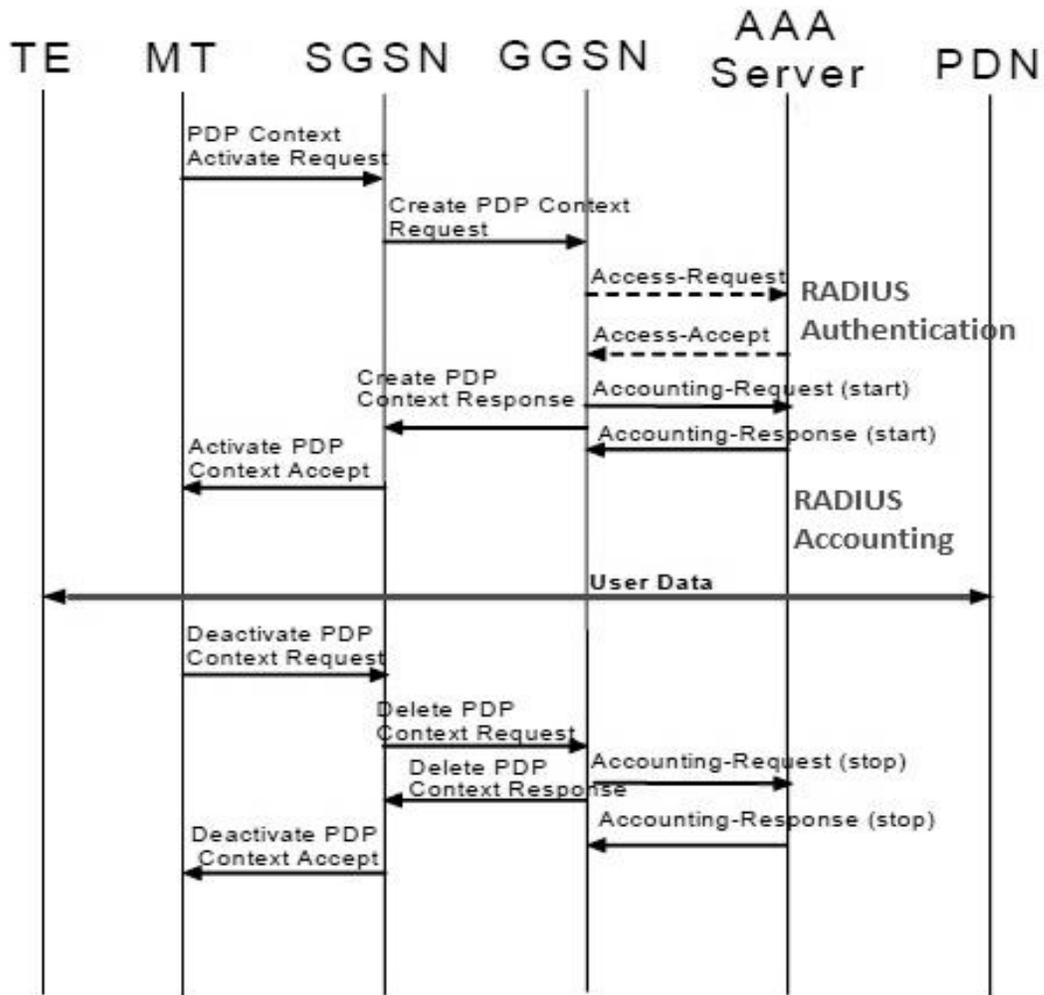
Tabla XVIII. **Mensajes de RADIUS *Accounting***

<i>Accounting-Request START</i>	<i>Accounting-Response START</i>
<i>Accounting-Request STOP</i>	<i>Accounting-Response STOP</i>
<i>Accounting-Request Interim-Update</i>	<i>Accounting-Response Interim-Update</i>
<i>Disconnect-Request</i>	<i>Disconnect-Response</i>

Fuente: elaboración propia.

En la figura 51, se muestra el flujo de mensajes a nivel de RADIUS hacia un servidor AAA externo, mostrando el uso de RADIUS *Authentication* y RADIUS *Accounting*.

Figura 51. Flujo de mensajes utilizando RADIUS



Fuente: 3GPP. *Interworking between PLMN supporting packet based services and PDN*. p. 44.

### 5.9.2. Interfaz Gi para *roaming*

Para el servicio de *roaming*, la interfaz Gi puede tener 2 tipos de escenarios tales como HGGSN y VGGSN; ambos fueron descritos en la sección 4.2 e ilustrados en las figuras 18 y 19.

El escenario de HGGSN es el más utilizado por los operadores, ya que la sesión está establecida con el GGSN local permitiendo tener un mejor control en la navegación del usuario como lo es el consumo, valor de cuota, ancho de banda, tiempo, y promociones, siendo estos factores controlados según el tipo de perfil que tenga contratado.

Al contrario del HGGSN, el VGGSN no es muy utilizado debido a la falta de control que se tendría con el usuario, ya que éste estaría utilizando los recursos internos de la red PDN de la VPLMN, los cuales garantizan una navegación pero no necesariamente las mismas funcionalidades que se tiene en la red local. Con esto, la función principal de este escenario es la de garantizar el servicio de los usuarios en caso existiera alguna afectación de la PDN local.

#### **5.10. Interfaces Gn/Gp**

La Gn es una interfaz IP que interconecta a los nodos GSN, es decir al nodo SGSN con el nodo GGSN que pertenecen a la misma red HPLMN o red *Intra*-PLMN. Cuando la conexión de los GSN se da entre distintas PLMN (*Inter*-PLMN) a través de un GRX, como en el caso de *roaming* (VSGSN & HGGSN), la interfaz Gn es denominada como interfaz Gp; esto se da únicamente para relacionar la interfaz Gn con servicios de navegación local y la interfaz Gp con servicios de *roaming*.

El tráfico de esta interfaz consiste en paquetes del protocolo GTP transportados sobre UDP/IP entre los nodos GSN, permitiendo el intercambio de señalización y transporte de la información entre el MS y la red externa a la que desea conectarse.

### 5.10.1. Protocolos de Gn/Gp

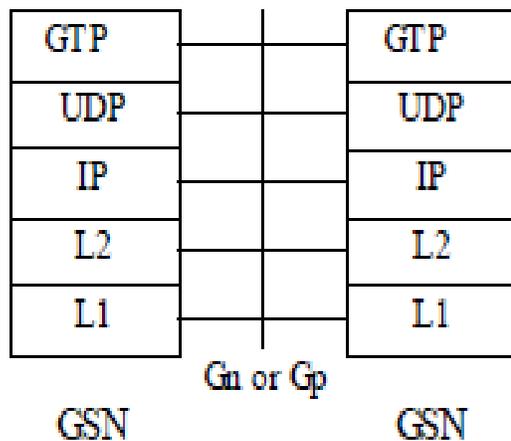
Los protocolos que son utilizados dentro de la interfaz Gn/Gp son descritos a continuación en la tabla XIX y mostrados en la figura 52:

Tabla XIX. Protocolos de Gn/Gp

Protocolo
GTP ( <i>GPRS Tunneling Protocol</i> ): <i>Application Layer</i>
UDP ( <i>User Datagram Protocol</i> )
IP ( <i>Internet Protocol</i> ): <i>Internet Layer</i>
L2: <i>Link Layer</i>
L1: <i>Physical Layer</i>

Fuente: elaboración propia.

Figura 52. Protocolos de Gn/Gp



Fuente: elaboración propia.

### 5.10.1.1. GTP

El protocolo GTP (*GPRS Tunneling Protocol*) realiza el encapsulamiento del tráfico y crea túneles GTP entre los GSN, donde dichos túneles actúan como canales de datos virtuales para la transmisión de paquetes entre el MS y una red externa PDN.

Cada túnel GTP está basado en un PDP *context* y es identificado por un par de direcciones IP y un par de TEID (*Tunnel End Point Identifiers*), donde una dirección IP y un TEID pertenecen a cada uno de los GSN.

El TEID es un identificador de sesión utilizado por las entidades del protocolo GTP en ambos GSN, el cual hace que el flujo sea único de identificación.

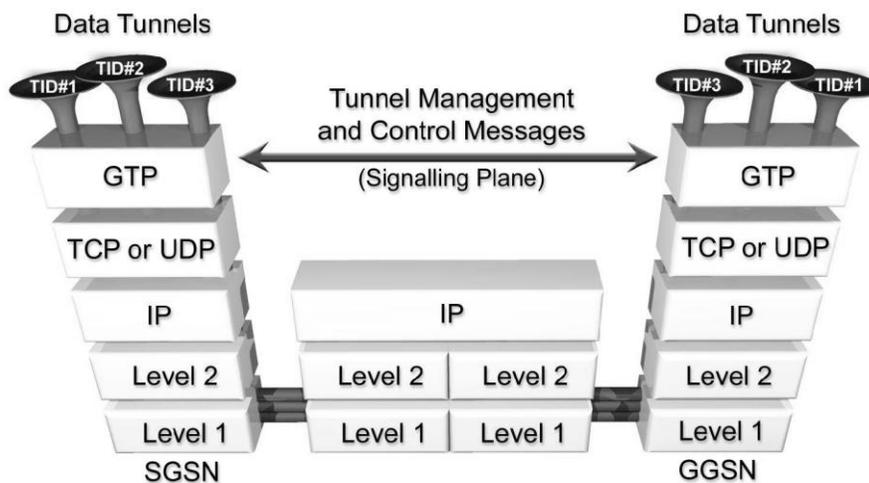
De acuerdo al estándar 3GPP, el tráfico de la interfaz Gn/Gp está segmentado de la siguiente manera:

- GTP-C: señalización de control o plano de control (*GTP Control Plane*).
- GTP-U: transporte de datos del usuario (*payload*) o plano del usuario (*GTP User Plane*).

Para ambos planos, un encabezado de GTP encapsula a los paquetes de datos denominándolos G-PDU (*GTP Packet Data Unit*), mientras que un camino o *path* es implementado por UDP/IP y se utiliza como portador del tráfico GTP.

Diferentes direcciones IP pueden ser utilizadas para los planos GTP-C y GTP-U. En la figura 53 se muestran las capas del protocolo GTP:

Figura 53. **Protocolo GTP**



Fuente: Nokia Networks. GPRSSYS GPRS architecture. p. 30.

#### 5.10.1.1.1. **GTP Header**

El encabezado GTP tiene una longitud variable la cual es utilizada para encapsular a los paquetes en ambos planos, siendo su mínima longitud de 8 bytes (B). Los protocolos GTP-C y GTP-U utilizan varios de los campos del encabezado GTP pero de manera diferente.

En la figura 54 se muestra el formato del encabezado GTP:

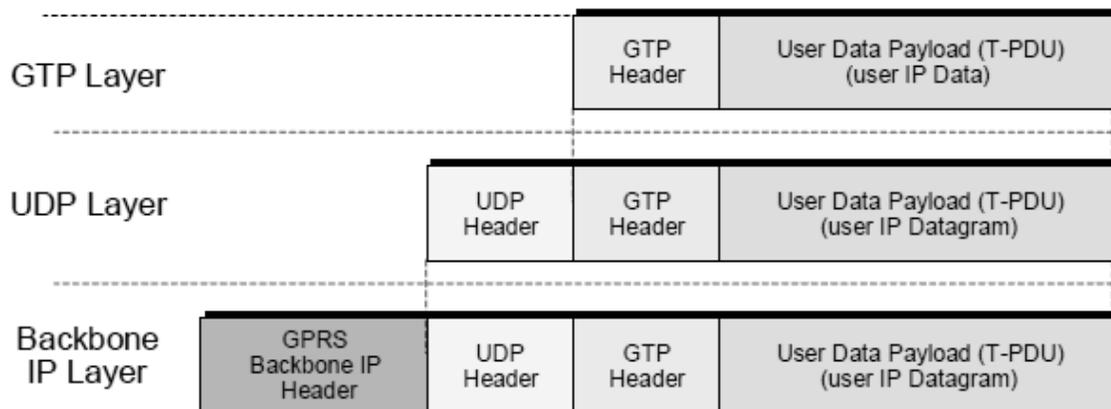
Figura 54. **GTP Header**

Octets	Bits						
	8	7	6	5	4	3	2
1	Version		PT	(*)	E	S	PN
2	Message Type						
3	Length (1 <sup>st</sup> Octet)						
4	Length (2 <sup>nd</sup> Octet)						
5	Tunnel Endpoint Identifier (1 <sup>st</sup> Octet)						
6	Tunnel Endpoint Identifier (2 <sup>nd</sup> Octet)						
7	Tunnel Endpoint Identifier (3 <sup>rd</sup> Octet)						
8	Tunnel Endpoint Identifier (4 <sup>th</sup> Octet)						
9	Sequence Number (1 <sup>st</sup> Octet) <sup>1)4)</sup>						
10	Sequence Number (2 <sup>nd</sup> Octet) <sup>1)4)</sup>						
11	N-PDU Number <sup>2)4)</sup>						
12	Next Extension Header Type <sup>3)4)</sup>						

Fuente: 3GPP. *GPRS Tunneling Protocol across the Gn and Gp interface*. p. 15.

A los paquetes de datos se les agrega el encabezado GTP para poder ser enrutado dentro de los túneles GTP. En la figura 55 se muestra el encapsulado de estos paquetes:

Figura 55. **Encapsulado de T-PDU**



Fuente: Nokia Networks. *GPRSSYS GPRS architecture*. p. 42.

#### 5.10.1.1.2. GTP-C

El protocolo GTP-C permite establecer un túnel de control, siendo un protocolo de administración que permite proporcionar acceso al MS a una red PDN, permitiéndole crear, modificar y borrar túneles GTP. Los mensajes de GTP-C están lógicamente asociados pero separados de los túneles GTP-U. El tráfico de señalización GTP-C está compuesto por los siguientes mensajes según su categoría:

- *Path Management messages*
- *Tunnel Management messages*
- *Mobility Management messages*

Los mensajes *Path Management* tienen como propósito la supervisión del *path* UDP/IP, para asegurar la conectividad con el nodo remoto y realizar la detección de fallas; a estos mensajes se les denomina *heartbeat*.

El envío constante de mensajes *Echo request* hacia el nodo remoto y la respuesta de éste por medio de un *Echo response*, mantienen activa la supervisión del *path* GTP-C.

Los mensajes *Tunnel Management* son los encargados de administrar el establecimiento, modificación y liberación de los túneles GTP.

Los mensajes *Mobility Management* son los que controlan la señalización de movilidad del MS, tales como *attach*, *RA Update* y *Activate PDP context*.

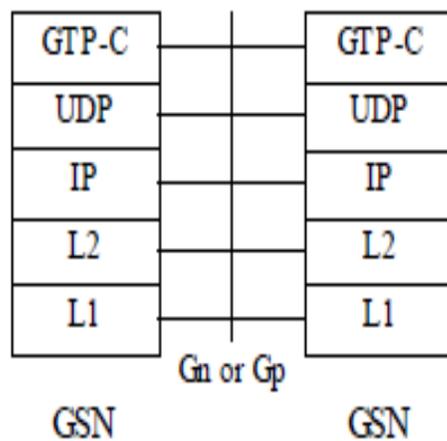
A continuación se mencionan los protocolos relacionados al plano de control GTP-C a nivel de capas, las cuales son mostradas en la figura 56 y tabla XX:

Tabla XX. **Protocolos de GTP-C**

Protocolo
GTP-C ( <i>GPRS Tunneling Protocol Control Plane</i> ): <i>Application Layer</i>
UDP ( <i>User Datagram Protocol</i> ): <i>Transport Layer</i>
IP ( <i>Internet Protocol</i> ): <i>Internet Layer</i>
L2: <i>Link Layer</i>
L1: <i>Physical Layer</i>

Fuente: elaboración propia.

Figura 56. **Protocolos de GTP-C**



Fuente: 3GPP. *GPRS service description*. p. 32

### 5.10.1.1.3. GTP-U

El GTP-U es un mecanismo de túnel que proporciona la función de transportar paquetes de datos del usuario. Los mensajes GTP-U utilizan los túneles GTP creados durante la señalización de GTP-C, donde uno o varios túneles pueden ser usados sobre una conexión UDP/IP. Los paquetes G-PDU conforman el contenido de la transmisión del tráfico GTP. Al final de un túnel GTP, al paquete G-PDU se le quita el encabezado GTP y al resto del paquete se le denomina T-PDU (*Transmission Packet Data Unit*).

Un túnel GTP-U es utilizado para transportar los paquetes T-PDU encapsulados por el encabezado de GTP, el cual contiene la información del TEID que indicará a cual túnel en particular pertenecen los paquetes T-PDU.

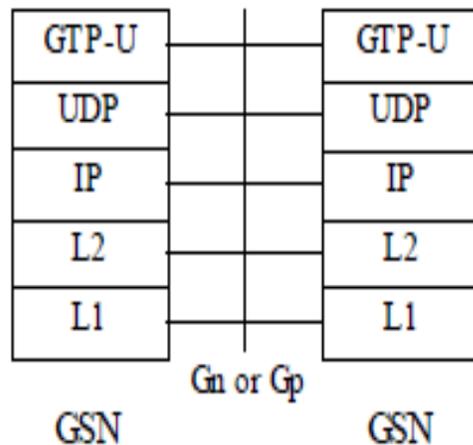
Los mensajes de *Path Management* son utilizados en el plano del usuario de la misma manera que en el plano de control, para hacer la supervisión del *path* GTP-U. A continuación se mencionan los protocolos relacionados al plano de usuario GTP-U a nivel de capas, las cuales son mostradas en la figura 57 y tabla XXI:

Tabla XXI. **Protocolos de GTP-U**

<b>Protocolo</b>
GTP-U (GPRS <i>Tunneling Protocol User Plane</i> ): <i>Application Layer</i>
UDP ( <i>User Datagram Protocol</i> ): <i>Transport Layer</i>
IP ( <i>Internet Protocol</i> ): <i>Internet Layer</i>
L2: <i>Link Layer</i>
L1: <i>Physical Layer</i>

Fuente: elaboración propia.

Figura 57. **Protocolos de GTP-U**



Fuente: 3GPP. GPRS *service description*. p. 28.

#### 5.10.1.2. **UDP**

El protocolo UDP (*User Datagram Protocol*) es utilizado en la interfaz Gn para transportar paquetes GTP entre nodos GSN. Un *path* UDP/IP es un camino entre dos puntos finales, donde una dirección IP y un puerto UDP definen un punto final. Un camino implementado por UDP/IP es utilizado como portador del tráfico en los niveles superiores, soportando varios túneles GTP sobre la misma conexión. Dependiendo de la versión del GTP, los valores de los puertos UDP son distintos como se muestran a continuación:

- GTPv0, Puerto UDP 3386.
- GTPv1, Puerto UDP 2123 para GTP-C.
- GTPv1, Puerto UDP 2152 para GTP-U.

### 5.10.1.3. IP

El protocolo IP (*Internet Protocol*) es únicamente utilizado en la interfaz Gn para la conexión con el *backbone* IP de la red. Permite hacer los enrutamientos entre los GSN y otros nodos de la red utilizando direcciones IP.

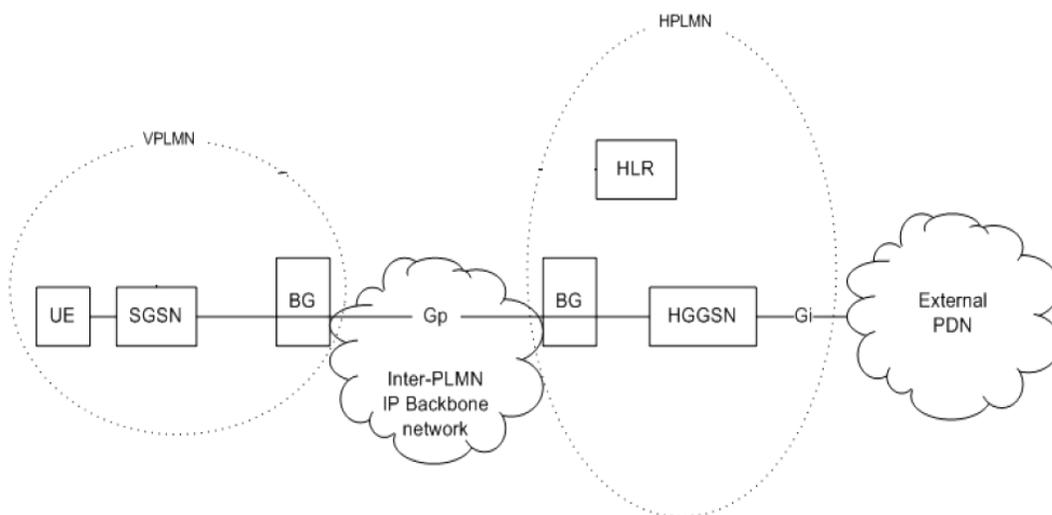
### 5.10.1.4. L1/L2

Ambos niveles están basados en las primeras dos capas del modelo OSI que son la capa física y la capa de enlace.

## 5.10.2. Interfaces Gn/Gp para *roaming*

Para el servicio de *roaming*, la interfaz Gn se convierte en la interfaz Gp, debido a que un GSN de la red HPLMN tendrá conexión con un GSN de la red VPLMN. En la figura 58 se muestra la forma que interactúa la interfaz Gp:

Figura 58. Interfaz Gp



Fuente: elaboración propia.

## 6. ANÁLISIS COMPARATIVO

### 6.1. Evolución de 2G a 3G

La segunda generación de los sistemas móviles denominado 2G fue el resultado del desarrollo de la comunicación digital y la demanda de servicios mejorados, donde se emplearon esquemas de modulación y codificación de voz de forma digital y la introducción a los servicios de transmisión de datos. La comunicación de datos para el estándar GSM proporciona únicamente una velocidad de transmisión de 9,6 kilobits por segundo (kbps), la cual es transportada por un *timeslot*. Con el uso del *timeslot* para la transmisión de datos se desarrolló la tecnología HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*), la cual utiliza varios *timeslot* para asignarlos a un MS sobre la interfaz de aire.

La velocidad de transmisión de datos puede ser incrementada en múltiplos de un *timeslot* entre 9,6 a 14,4 kilobits por segundo (kbps), teniendo su máximo rendimiento entre 38,4 a 57,6 kilobits por segundo (kbps) para un máximo de 4 *timeslot* asignados.

Durante el proceso de evolución de redes móviles, fue desarrollada la tecnología GPRS, la cual está catalogada como tecnología 2.5G. Esta tecnología ofrece una velocidad de transmisión de datos mayor a 100 kilobits por segundo (kbps) a través de su eficiente uso de los recursos de radio, utilizándolos únicamente cuando los datos son enviados o recibidos. Entre las principales mejoras de esta tecnología se tiene el incremento considerable de la velocidad de transmisión de datos y la implementación del servicio de *roaming* de datos entre distintos operadores.

Posteriormente fue desarrollada la tecnología EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*) que permite incrementar la velocidad de transmisión a un máximo de 384 kilobits por segundo (kbps), consiguiéndolo al utilizar de forma más eficiente los esquemas de modulación en la interfaz de aire.

Esta tecnología introduce la técnica de modulación llamada 8PSK (*Phase-Shift Keying*), la cual disminuye mínimamente el área de cobertura, sin embargo, permite un significativo incremento en la velocidad de transmisión de datos. Todo lo anterior fue requerido para satisfacer las necesidades de los usuarios y son estas mismas necesidades las razones para continuar su evolución hacia los sistemas móviles de tercera generación denominada 3G, permitiendo tener mejores servicios y mayor eficiencia que los sistemas 2G.

#### **6.1.1. 3<sup>d</sup>. Generation (3G)**

Los sistemas móviles de tercera generación denominados 3G, principalmente están basados en la solución del sistema 2G, debido a que esta tecnología domina el mercado a nivel mundial y a las grandes inversiones realizadas en la implementación de dicho sistema. Con el sistema 3G se tienen varias mejoras, como el incremento en la velocidad de transmisión de datos que permite el alto consumo de tráfico multimedia, conmutación de paquetes y técnicas de enrutamiento para el transporte de distintos tipos de tráfico.

La asociación global 3GPP (*3G Partnership Project*) que está comprendida por varias organizaciones de telecomunicaciones tales como ITU-T, ETSI, ARIB y ANSI, tiene como objetivo principal el definir las especificaciones de un sistema global de comunicaciones de tercera generación basándose en las especificaciones del sistema GSM, donde actualmente han desarrollado varios estándares para sistemas 3G.

Las variantes conocidas de tecnología 3G son las siguientes:

- UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) – variante europea.
- IMT-2000 (*International Mobile Telephony-2000*) – variante japonesa.
- CDMA2000 (*Code Division Multiple Access-2000*) – variante americana.

Dentro del entorno de los países latinoamericanos, la variante 3G utilizada en su mayoría corresponde a la europea UMTS, haciendo énfasis en la interoperabilidad y la compatibilidad con el sistema GSM actualmente operativo.

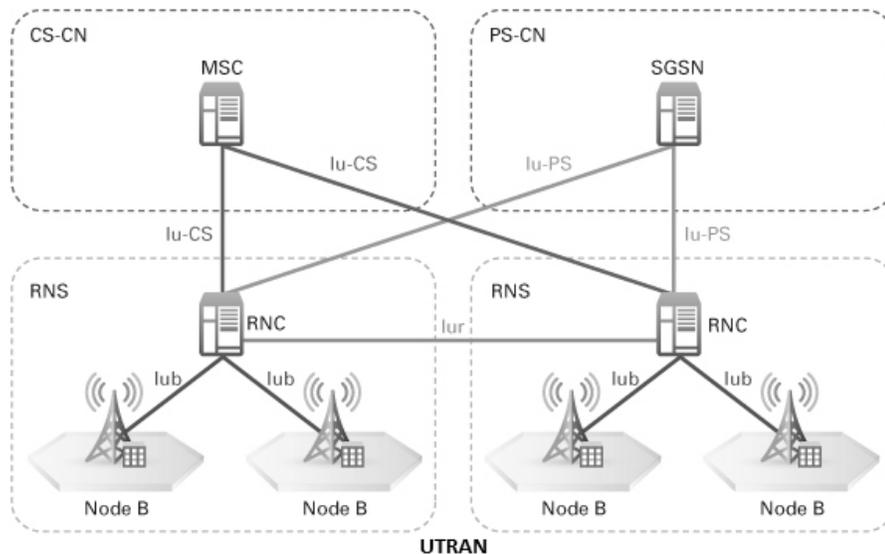
#### **6.1.1.1. UMTS**

El sistema UMTS es una implementación del sistema 3G que utiliza una nueva interfaz de aire empleando WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*), el cual es capaz de transportar datos a una velocidad de 384 kilobits por segundo (kbps) sobre largas distancias, mientras que a pequeñas distancias puede transmitir a una velocidad de 2 megabits por segundo (Mbps). Con esto, UMTS es un complemento de la red de GSM, sin que ésta sea reemplazada.

La arquitectura de la red 3G es similar a la red actual de GPRS/GSM, sin embargo se tiene la implementación de nuevos equipos a nivel de acceso como la RNC (*Radio Network Controller*) y el nodo B, semejantes a la BSC y BTS en la red 2G respectivamente. De igual manera, se introduce el nuevo subsistema RAN (*Radio Access Network*) para UMTS, el cual es denominado UTRAN (*UMTS Terrestrial RAN*).

A continuación se muestra en la figura 59 la arquitectura de la red 3G UMTS:

Figura 59. **Arquitectura UMTS**



Fuente: elaboración propia.

De la figura anterior se pueden observar los siguientes conceptos:

- UTRAN (UMTS *Terrestrial RAN*): red de acceso para UMTS (3G).
- RNS (*Radio Network Subsystem*): subsistema de acceso que está conformado por RNC y nodos B.
- RNC (*Radio Network Controller*): nodo de acceso que controla nodos B.
- Node B: radio base o estación base específica para brindar cobertura 3G.

- Iu-CS: interfaz entre la RNC y la MSC.
- Iu-PS: interfaz entre la RNC y el SGSN.
- Iur: interfaz entre RNCs.
- Iub: interfaz entre la RNC y los nodos B.
- Uu: interfaz entre los nodos B y el UE.
- UE (UMTS *Equipment*): *handset* del usuario.
- USIM (*User Service Identity Module*): *SIM card* para UMTS.

### 6.1.2. HSPA

Dentro del proceso evolutivo para la red de UMTS, se desarrolla HSPA (*High Speed Packet Access*) que presenta mejoras en la eficiencia del espectro, lográndolo a través de varios procesos como nuevas técnicas de modulación, reducción del largo de tramas de radio, retransmisiones entre nodos B y la RNC, entre otros. Con lo anterior, se logra un incremento en el *throughput* y una disminución de latencia para *downlink* y *uplink*; siendo HSPA conformado por:

- HSDPA
- HSUPA

### 6.1.2.1. HSDPA

Según sus siglas en inglés HSDPA significa *High Speed Downlink Packet Access*, el cual es un *feature* del R5 de 3GPP para UMTS, diseñado para soportar transferencias de *downlink* hasta de 14 megabits por segundo (Mbps) y al mismo tiempo poder coexistir con R99 en la misma banda de frecuencia de 5 megahertz (MHz).

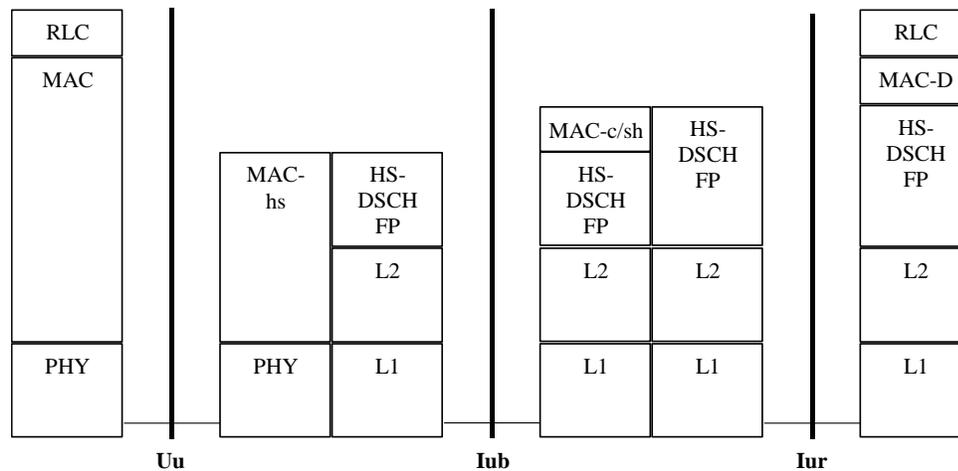
La implementación de HSDPA requiere de cambios principalmente en las capas L1 (física) y L2 (transporte), mientras que en las otras capas no se tendrá ningún impacto. Los canales físicos y de transporte necesarios para soportar HSDPA son los siguientes:

- HS-PDSCH (*High Speed Physical Downlink Shared Channel*)
- HS-DPCCH (*High Speed Dedicated Physical Control Channel*)
- HS-SCCH (*High Speed Shared Control Channel*)
- HS-DSCH (*High Speed Downlink Shared Channel*)

Las principales características de estos canales son la modulación QPSK (*Quadrature Phase-Shift Keying*) y 16 QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), *Fixed Spreading Factor*, *Fixed CRC (Cyclic Redundancy Check)* de 24 bits, corrección de errores, AMC (*Adaptive Modulation and Coding*), HARQ (*Hybrid Automatic Repeat-Request*), FCSS (*Fast Cell Site Selection*), entre otros.

En la figura 60 se muestran los protocolos para HSDPA en distintas interfaces:

Figura 60. **Protocolos de HSDPA**



Fuente: 3GPP. HSDPA *Overall description*. p. 9.

#### 6.1.2.2. **HSUPA**

Según sus siglas en inglés HSUPA significa *High Speed Uplink Packet Access*, el cual es un *feature* del R6 de 3GPP para UMTS, basado en el canal denominado E-DCH (*Enhanced Uplink Dedicated Channel*). El objetivo principal es el de incrementar la transferencia de *uplink* a una velocidad de 5,8 megabits por segundo (Mbps), alcanzando un alto desempeño a través de mayor eficiencia en los nodos B y un control más rápido de retransmisiones.

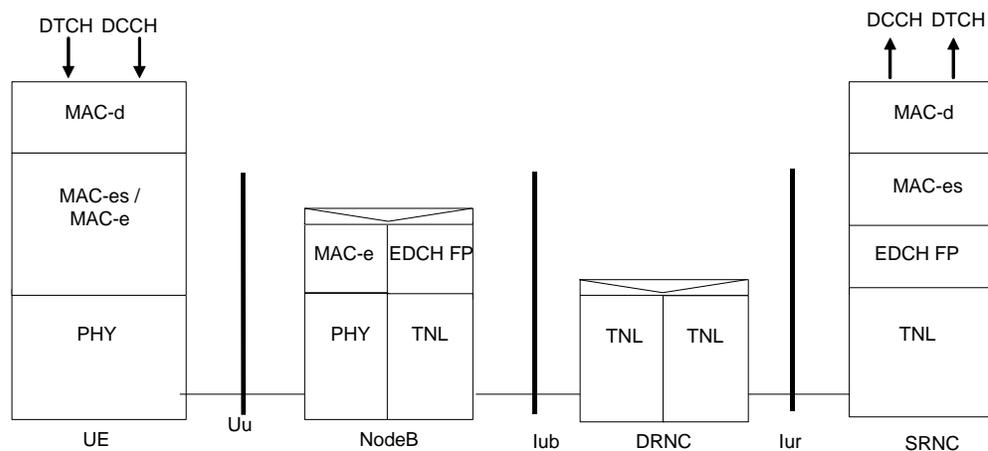
Entre las principales características de HSUPA se pueden mencionar:

- Máxima tasa de retransmisiones de 5,8 megabits por segundo (Mbps).
- Modulación BPSK (*Binary Phase-Shift Keying*).
- HARQ.

- *Fast Packet Scheduling.*
- *Soft Handover, Spreading Factor de 2 ó 4.*

En la figura 61 se muestran los protocolos para E-DCH:

Figura 61. **Protocolos de E-DCH**



Fuente: 3GPP. *Enhanced uplink Overall description*. p. 10.

### 6.1.3. HSPA+

Una evolución de HSPA es especificada dentro de R7 de 3GPP, donde se agrega una capacidad de antena denominada MIMO (*Multiple Input / Multiple Output*) y técnicas de modulación de 16QAM para *uplink* y 64QAM para *downlink*. Presenta mejoras en la red de acceso de radio (RAN) permitiendo velocidades de 11 megabits por segundo (Mbps) para *uplink* y de 42 megabits por segundo (Mbps) para *downlink* dentro de R8.

Cabe mencionar que lo anterior se da en un entorno de condiciones idóneas a nivel de radio y una configuración específica en RF para la asignación de recursos únicamente de datos.

## **6.2. Evolución de *roaming***

Para el servicio de *roaming*, la evolución de los sistemas móviles es prácticamente transparente a lo que respecta en la conexión entre PLMNs, variando únicamente en la funcionalidad final del servicio, es decir en el uso de recursos que puede utilizar el usuario. Para los sistemas 3G, incluyendo las tecnologías desarrolladas para tener una mejora de la transmisión de datos, las modificaciones se dan directamente en la red de acceso (RAN), por lo que depende de los recursos del usuario para poder utilizar estos servicios, tales recursos estarían directamente relacionados con el aparato móvil o *handset* que soporte la tecnología 3G y sus mejoras.

Lo necesario para que un usuario de *roaming* pueda utilizar la tecnología 3G de la red VPLMN se desglosa a continuación:

- Acuerdo comercial entre operadores para tecnología 3G.
- Aparato móvil (*handset*) que soporte 3G.
- Perfil del usuario con derecho a tecnología 3G.

Una vez teniendo acuerdo comercial para 2G, se puede proceder a validar el servicio 3G por medio de un procedimiento de IREG-*testing* utilizando el documento IR50, como se describió en la sección 4.3.4.

Teniendo validado el IREG y TADIG *testing* para 3G, se procede con el lanzamiento comercial para esta tecnología, permitiendo a los usuarios hacer uso de los recursos mejorados que ofrece el sistema de tercera generación.

Cabe mencionar que no se realiza alguna modificación significativa en las interconexiones entre ambas PLMNs con sus respectivos *carrier* de señalización (SS7) y de datos (GRX), haciendo que el proceso de evolución sea transparente entre las redes de los operadores.

## CONCLUSIONES

1. La arquitectura de la red GSM es fundamental para la red de GPRS, debido a las funcionalidades de varios elementos de red como el STP y el HLR, siendo estos nodos de gran importancia en una red de datos para su implementación.
2. La red de GPRS introduce nuevos elementos de red con funcionalidades específicas, para que sea posible transmitir datos desde un aparato móvil orientado al contenido multimedia demandado por los usuarios. Esto conlleva al ofrecimiento de servicios de datos a tasas de transmisión mayores a las ofrecidas en la red de GSM.
3. El servicio de *roaming* actualmente tiene gran demanda debido a que ofrece al cliente una alta disponibilidad de servicios en otros países, de la misma manera que se les ofrece en la red local. La implementación de este servicio depende de una serie de procesos estándar que se realizan entre los operadores para establecer acuerdos comerciales.
4. Con la definición de las funcionalidades de cada elemento de red, las interfaces que los interconectan toman una gran importancia para la implementación del servicio de *roaming*, ya que están involucrados en la comunicación entre los nodos por medio de distintos protocolos, así como la necesidad de contratar servicios de *carrier* internacionales que transportan la señalización y datos hacia los distintos operadores a nivel mundial con los que se tengan acuerdos comerciales.

5. La diversidad de protocolos establecidos dentro de una red de datos conlleva un análisis minucioso, tanto para su implementación como para resolución de fallas.
6. La tendencia evolutiva en las redes móviles como lo es 3G, HSPA y HSPA+ son de gran interés para los operadores, debido a los nuevos servicios que pueden ofrecerles a sus usuarios. Esto aplica de manera directa al servicio de *roaming*, ya que estos nuevos servicios que se ofrecen en la red local pueden ser ofrecidos en distintos países a nivel mundial, con el fin de brindar una alta disponibilidad de recursos a los usuarios.
7. A nivel didáctico, se puede observar dentro del plan de estudios o el *pensum* de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad de San Carlos, que únicamente los cursos de Telecomunicaciones, redes locales y Comunicaciones 3 dan a conocer a nivel general los conceptos básicos de las redes de telecomunicaciones locales, redes móviles y redes de tecnología inalámbrica; sin embargo, no abarcan los conceptos básicos del servicio de *roaming* en la red de datos GPRS y UMTS.
8. A nivel de material bibliográfico, se realizó una búsqueda en la Biblioteca Central de la USAC y en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería, sin encontrar alguna fuente de información del servicio *roaming* de GPRS. La bibliografía encontrada con algún tipo de relación a este trabajo de graduación presentado se detalla a continuación:
  - Factibilidad de *Roaming* por medio de sistemas satelitales Leo con acceso CDMA./Orellana Reyes, Marlon R, 08 T(60)EO.

- Mejoramiento de comunicaciones móviles mediante la tecnología de GPRS. / Morales Dávila, Juan Carlos, 08 T(193)CS.
- UMTS vrs. GSM, estudio comparativo y recomendaciones para los operadores móviles en Guatemala. /Catalán, Jorge Alberto, 08 T(183)EO.

Sin embargo, en estos documentos no se menciona el servicio a nivel de *roaming* en la red de GPRS y UMTS, como tampoco mencionan análisis de interfaces y protocolos para este servicio.

9. Con el análisis del servicio de *roaming*, quedan evidenciados puntos específicos en el ámbito de las telecomunicaciones como lo son las asociaciones internacionales, la existencia de *carrier* internacionales para señalización SS7 y datos (GRX), la implementación de diversos procesos estándar (IREG, TADIG *testing*), la conciliación de archivos CDRs para la tarificación entre operadores (TAP files), la importancia definida de cada elemento de red, la diversidad de los protocolos utilizados en las distintas interfaces, los posibles puntos de falla para el servicio; todo esto proporciona una diversidad de ideas que generan grandes posibilidades de desarrollo profesional a las que el estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad de San Carlos puede optar al momento de finalizar su formación académica.



## RECOMENDACIONES

1. Es necesario proveer a los estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad de San Carlos la información a detalle de las arquitecturas básicas como lo son GSM y GPRS, incluyendo el funcionamiento de cada uno de sus elementos de red que las conforman.
2. La búsqueda de fuentes de información es de vital importancia para el desarrollo de una carrera profesional, por lo que se le puede orientar al estudiante de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad de San Carlos, la búsqueda de los conceptos y las definiciones estándar desarrolladas por una diversidad de asociaciones a nivel mundial.
3. Proponer a los estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad de San Carlos investigaciones de los servicios con mayor demanda en una red móvil y la arquitectura necesaria para brindar dichos servicios.
4. Incluir en los cursos de telecomunicaciones diversos boletines de nivel informativo y proporcionarlos a los estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad de San Carlos. Tales boletines deben de tratar sobre la tendencia evolutiva de las redes móviles, tales como GSM (2G), GPRS y *Edge* (2.5G), UMTS (3G), HSDPA (3.5G), HSPA+.
5. Dar énfasis a las redes IP, debido a la tendencia evolutiva de migrar a esta tecnología. Esto incluye el análisis del *stack* de protocolos, los cuales son sumamente necesarios para la comunicación entre nodos y transporte de información y aplicaciones entre estos.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ANDREADIS, Alessandro; GIAMBENE, Giovanni. *Protocols for High-Efficiency Wireless Networks*. New York: Kluwer Academic Publish, 2002. 500 p. ISBN: 1-4020-7326-7.
2. BIDULOCK, Brian. *Mobile Application Part Interface (MAPI) specification*. 9a ed. Canada: OpenSS7 Corporation, 2008. 410 p.
3. *GPRSSYS GPRS System Course*. Finland: Nokia Networks Oy, 2002. 400 p.
4. GSMA. *GSM Association Roaming Database, structure and updating procedures* [en línea]. Italy: Telecom Italia Sparkle. [ref. de marzo de 2009]. Disponible en Web: <<http://www.gsma.com/newsroom/technical-documents/>>.
5. \_\_\_\_\_. *Organization of GSM International Roaming Tests* [en línea]. Italy: Telecom Italia. [ref. de agosto de 2004]. Disponible en Web: <<http://www.gsma.com/newsroom/technical-documents/>>.
6. \_\_\_\_\_. *PRD IR.22 SCCP Signalling Aspects of Roaming* [en línea]. Italy: Telecom Italia. [ref. de septiembre de 1993]. Disponible en Web: <<http://www.gsma.com/newsroom/technical-documents/>>.

7. \_\_\_\_\_. *PRD IR.33 GPRS Roaming Guidelines* [en línea]. Italy: Telecom Italia Sparkle. [ref. de julio de 2009]. Disponible en Web: <<http://www.gsma.com/newsroom/technical-documents/>>.
8. \_\_\_\_\_. *PRD IR.34 Inter-Service Provider IP Backbone Guidelines* [en línea]. Italy: Telecom. [ref. de septiembre de 2009]. Disponible en Web: <<http://www.gsma.com/newsroom/technicaldocuments/>>.
9. \_\_\_\_\_. *PRD IR.50 2G/2.5G/3G Roaming* [en línea]. Italy: Telecom Italia Sparkle. [ref. de abril de 2006]. Disponible en Web: <<http://www.gsma.com/newsroom/technical-documents/>>.
10. \_\_\_\_\_. *PRD IR.67 DNS/ENUM Guidelines for Service Providers & GRX/IPX providers* [en línea]. Italy: Telecom Italia. [ref. de diciembre de 2009]. Disponible en Web: <<http://www.gsma.com/newsroom/technical-documents/>>.
11. ITU-T. *The international public telecommunication numbering plan E.164* [en línea]. Switzerland: ITU-T Study Group 2. [ref. de febrero 2005]. Disponible en Web: <<http://www.itu.int/rec/T-REC-E.164/en>>.
12. \_\_\_\_\_. *The Structure of the Land Mobile Global Title for Signalling Connection Control Part (SCCP) E.214* [en línea]. Switzerland: ITU-T Study Group 2. [ref. de febrero 2005]. Disponible en Web: <<http://www.itu.int/rec/T-REC-E.214>>.
13. SEURRE, Emmanuel; SAVELLI, Patrick; PIETRI, Pierre-Jean. *GPRS for Mobile Internet*. Massachusetts: Artech House, 2003. 387 p. ISBN: 1-58053-600-X.

14. 3GPP. *TS 23.003 Numbering, addressing and identification* [en línea]. France: 3GPP Organizational Partners. [ref. de junio de 2006]. Disponible en Web: <[http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/23\\_series/23.003/](http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/23_series/23.003/)>.
15. \_\_\_\_\_. *TS 23.060 General Packet Radio Service (GPRS) Service* [en línea]. France: 3GPP Organizational Partners. [ref. de diciembre de 2006]. Disponible en Web: <[http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/23\\_series/23.060/](http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/23_series/23.060/)>.
16. \_\_\_\_\_. *TS 25.308 High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) Overall description* [en línea]. France: 3GPP Organizational Partner. [ref. de junio de 2010]. Disponible en Web: <[http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/25\\_series/25.308/](http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/25_series/25.308/)>.
17. \_\_\_\_\_. *TS 25.319 Enhanced uplink* [en línea]. France: 3GPP Org. Part. [ref. de junio de 2009]. Disponible en Web: <[http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/25\\_series/25.308/](http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/25_series/25.308/)>.
18. \_\_\_\_\_. *TS 29.002 Mobile Application Part (MAP) specification* [en línea]. France: 3GPP Org. Part. [ref. de marzo de 2007]. Disponible en Web: <[http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/29\\_series/29.002/](http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/29_series/29.002/)>.
19. \_\_\_\_\_. *TS 29.060 GPRS Tunnelling Protocol (GTP) across the Gn and Gp interface* [en línea]. France: 3GPP Organizational Partners. [ref. de marzo de 2011]. Disponible en Web: <[http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/29\\_series/29.060/](http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/29_series/29.060/)>.

20. \_\_\_\_\_ . *TS 29.061 Interworking between the Public Land Mobile Network (PLMN) supporting packet based services and Packet Data Network (PDN)* [en línea]. France: 3GPP Organizational Partners. [ref. de marzo de 2008]. Disponible en Web: <[http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/29\\_series/29.061/](http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/29_series/29.061/)>.