

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN EXTRAORDINARIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**MODERNIZACIÓN DE LA RED DE ACCESO DE UN  
OPERADOR MÓVIL PARA EL CASO DE LIMA  
METROPOLITANA**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. DIEGO ANTONIO OTÁROLA CORREA**

**Bach. FRANK CAMPOS GONZALES**

**ASESOR: Ing. LUIS ALBERTO CUADRADO LERMA**

**LIMA – PERÚ**

**AÑO : 2015**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a mis familiares y amigos por su ayuda y confianza, a mis padres porque siempre me apoyan incondicionalmente y a Maiana por el ánimo y optimismo que me transmite siempre.

Diego Antonio Otárola Correa

Dedico este trabajo a mis padres Douglas, Ana y Rodrigo, mi hijo.

Frank Campos Gonzales

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestros amigos y familiares por su incondicional apoyo, a nuestros maestros por todo lo enseñado, a nuestra querida Universidad Ricardo Palma por abrirnos las puertas a un mejor futuro y darnos la oportunidad de crecer profesionalmente

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción del problema .....	2
1.2. Objetivos del trabajo.....	3
1.3. Limitaciones del trabajo.....	4
1.4. Antecedentes.....	5
1.4.1. Migrar de servicio con tecnología GSM a GSM y LTE .....	5
1.4.2. Migración de tecnología UMTS a GSM, UMTS y LTE con cambio de sistema radiante (Proyecto Entel). .....	5
1.5. Hipótesis.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. Introducción .....	8
2.2. Sistemas de comunicaciones móviles.....	9
2.3. Sistemas 2G – GSM.....	12
2.3.1. Principales características de 2G – GSM.....	12
2.3.2. Arquitectura de una red GSM.....	14
2.3.2.1. Subsistema de estaciones base (BSS) .....	16
2.3.2.1.1. Elementos del BSS .....	17
2.3.2.1.2. Interfaces de la BSS .....	19
2.3.2.1.3. Funcionamiento de la BSS.....	20
2.3.2.2. Subsistema de conmutación de red (NSS) .....	21
2.3.2.2.1. Elementos del NSS .....	21
2.3.2.2.2. Interfaces del NSS .....	24
2.3.2.2.3. Funcionamiento del NSS .....	25
2.3.2.3. Subsistema de gestión de red (NMS) .....	27
2.4. Sistemas 3G – UMTS.....	31
2.4.1. Arquitectura de la red 3G – UMTS .....	33
2.4.1.1. El sistema de red radio (RNS, <i>Radio Network System</i> ).....	35
2.4.1.2. El núcleo de red UMTS (CN, <i>Core Network</i> ).....	36
2.4.2. Tipos de Celdas UMTS .....	38
2.4.3. Evolución de 3G – UMTS .....	39
2.5. Sistemas 4G – LTE.....	40
2.5.1. Introducción 4G – LTE.....	40
2.5.1.1. 3GPP ( <i>Third Generation Partnership Project</i> , Proyectos de Asociación de Tercera Generación).....	41
2.5.2. Principales características del sistema 4G – LTE .....	42
2.5.3. Arquitectura del sistema 4G – LTE.....	44
2.5.3.1. Elementos de la red 4G – LTE .....	47
2.5.3.1.1. Servicios de Subsistema Multimedia IP (IMS) .....	47
2.5.3.1.2. Sistema EPC ( <i>Evolved Packet Core</i> ).....	49
2.5.3.1.2.1. Entidad de Gestión de Movilidad (MME) .....	49
2.5.3.1.2.2. Puerta de enlace de servicio (S-GW, <i>Serving Gateway</i> ).....	50

2.5.3.1.2.3.	Puerta de red de paquetes de datos (P-GW, <i>Packet data network Gateway</i> ).....	52
2.5.3.1.2.4.	Función de políticas y reglas de carga (PCRF).....	53
2.5.3.1.2.5.	Servidor de suscripción local (HSS, Home Subscriber Server).....	54
2.5.3.1.3.	Red de Acceso E-UTRAN.....	55
2.5.3.1.3.1.	eNodeB.....	55
2.5.3.1.4.	Equipo de usuario (UE, <i>User Equipment</i> ).....	56
2.5.3.2.	Interfaces.....	57
2.5.3.2.1.	Interfaz LTE Uu.....	57
2.5.3.2.2.	Interfaz S1-U.....	59
2.5.3.2.3.	Interfaz S1-MME.....	61
2.5.3.2.4.	Interfaz X2.....	62
2.5.3.2.5.	Interfaces de Red Troncal EPC.....	63
CAPÍTULO III:	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	66
3.1.	Dimensionamiento y diseño del proyecto.....	66
3.1.1.	Distribución a nivel distrital de estaciones y BSCs.....	66
3.1.2.	Plan y cronograma del proyecto.....	69
3.1.3.	Flujo logístico.....	73
3.2.	Estudio técnico del sitio – ETS.....	75
3.2.1.	ERA - Validación LTE.....	76
3.2.2.	Reporte de Estudio Técnico del Sitio.....	77
3.2.2.1.	Datos Generales del sitio.....	78
3.2.2.2.	Sistema RF-1.....	80
3.2.2.3.	Soportes.....	82
3.2.2.4.	Pasa muros.....	83
3.2.2.5.	Sistema de aterramiento.....	84
3.2.2.6.	Sistema RF-7.....	85
3.2.2.7.	Antenas existentes.....	87
3.2.2.8.	Reporte fotográfico de las antenas.....	88
3.2.2.9.	Conexiones de energía DC.....	89
3.2.2.10.	Instalación de equipos.....	90
3.2.2.11.	Transmisión.....	91
3.2.2.12.	Recorrido Out_In door.....	92
3.2.2.13.	Área Alquilada.....	93
3.2.2.14.	Vista de la planta.....	93
3.2.2.15.	Equipos a desinstalar.....	94
3.2.2.16.	Material local.....	94
3.2.2.17.	Alarmas.....	95
3.3.	Implementación y estándar de instalación de equipos.....	96
3.3.1.	Descripción de equipos.....	96
3.3.1.1.	Unidad de banda base – BBU3900 modo GL.....	96
3.3.1.1.1.	Estructura física de la BBU.....	97
3.3.1.1.1.1.	FAN – Módulo de ventilación.....	99
3.3.1.1.1.2.	UMPT – Unidad Universal Principal de Procesamiento y de Transmisión.....	100

3.3.1.1.1.3.	LBBP – Unidad de Procesamiento de Banda Base LTE.....	102
3.3.1.1.1.4.	UBRI – Unidad Universal de Interface de Radio de Banda Base .....	104
3.3.1.1.1.5.	UPEU – Unidad Universal de Interface de Poder y Ambiente .....	106
3.3.1.1.1.6.	UEIU – Unidad Universal de Interface de Ambiente .....	107
3.3.1.1.2.	Estructura lógica .....	107
3.3.1.1.3.	Escenarios.....	108
3.3.1.2.	Unidad de Remota de Radio – RRUU3953.....	108
3.3.1.2.1.	Funciones de la RRU .....	109
3.3.1.2.2.	Puertos de la RRU .....	110
3.3.1.2.3.	Especificaciones de RF.....	111
3.3.1.3.	Unidad radiante – Antena Tetra CV3PX308R1 .....	112
3.3.2.	Implementación e instalación de equipos.....	114
3.3.2.1.	Solución existente. ....	114
3.3.2.2.	Trabajos previos a la migración Nokia - Huawei .....	115
3.4.	Migración de equipos.....	115
3.4.1.	Desinstalación de antenas .....	115
3.4.2.	Intercambio ( <i>Swap</i> ) de antenas.....	116
3.5.	Comisionamiento .....	117
3.5.1.	Comisionamiento local – procedimiento en el sitio para LTE.....	117
3.5.1.1.	Carga del <i>Script</i> a la BBU .....	118
3.5.1.2.	Descripción del script .....	122
3.5.2.	Comisionamiento e integración remota – procedimiento en oficina para el caso de GSM.....	132
3.6.	Integración remota - LTE.....	141
3.6.1.	Pasos para integrar el eNodeB al U2000 .....	142
3.7.	Monitoreo a través del sistema NMS.....	144
3.8.	Resultados de puesta en servicio – Análisis de KPI y servicio.....	147
3.8.1.	Monitoreo de KPIs del servicio 2G .....	147
3.8.1.1.	Comprobaciones de KPI .....	150
3.8.2.	Medición de KPI LTE.....	154
3.8.2.1.	CSSR – <i>Call Setup Success Rate</i> , tasa de éxito del establecimiento de llamada.....	154
3.8.2.2.	CDR – <i>Call Drop Rate</i> , tasa de caída de llamadas: .....	155
3.8.2.3.	HOSR – <i>Hand Over Success Rate</i> : .....	156
3.8.2.4.	<i>Network DL Traffic</i> , Tráfico de descarga de la red.....	156
3.8.2.5.	<i>Average User Number</i> , número promedio de usuarios.....	157
	CONCLUSIONES .....	158
	RECOMENDACIONES.....	160
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	161

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloques de las etapas del proyecto.....	3
Figura 2. Modernización de 2G a 2G/4G. ....	5
Figura 3. Modernización de 3G a 2G/3G/4G. ....	6
Figura 4. Homologación a equipos Huawei (Ejemplo fotográfico). ....	9
Figura 5. Celdas adyacentes a diferentes frecuencias. ....	13
Figura 6. Rehúso de frecuencias por celdas no adyacentes. ....	14
Figura 7. Diagrama de bloques de una red GSM. ....	16
Figura 8. BSS - Subsistema de estaciones base.....	17
Figura 9. BTS - Estación base transceptora a) Equipos Indoor BBU, Sistema de suministro eléctrico DC y banco de baterías de respaldo. b) Equipos de Outdoor RRU y Antenas montados en torre. ....	18
Figura 10. BSS y sus Interfaces.....	20
Figura 11. NSS – Subsistema de conmutación de red. ....	23
Figura 12. NSS y sus interfaces.....	25
Figura 13. Interfaz de aplicación NMS de una red móvil. ....	30
Figura 14. Red Multiradio UMTS.....	32
Figura 15. Dominios y Puntos de Referencia UMTS. ....	33
Figura 16. Arquitectura UMTS R'99. ....	38
Figura 17. Jerarquía UMTS.....	39
Figura 18. Evolución 3GPP.....	42
Figura 19. Arquitectura de red 4G – LTE. ....	47
Figura 20. Funciones y flujos de la Entidad de Gestión de Movilidad.....	49
Figura 21. Las funciones y flujos del S-GW. ....	52
Figura 22. Las funciones y flujos del P-GW. ....	53
Figura 23. Las funciones y flujos del PCRF. ....	54
Figura 24. Subcapas de la capas de enlace. ....	58
Figura 25. Interfaz S1: S1-U y S1-MME.....	60
Figura 26. Interfaz S1 y X2. ....	63
Figura 27. Interfaces de la red LTE.....	65
Figura 28. Cronograma y plan del proyecto.....	70
Figura 29. Flujo logístico. ....	74
Figura 30. Formato de ERAV utilizado para cada estación a modernizar. ....	76
Figura 31. Anexo de datos generales del reporte del estudio técnico del sitio. ....	79
Figura 32. Valores finales para el sistema de RF por sector y tecnología.....	80
Figura 33. Toma de datos para la instalación posterior de las nuevas antenas. ....	81
Figura 34. Toma de datos para la instalación posterior de las nuevas RRUs y cableado respetivo. ....	82
Figura 35. Toma de datos para los soportes de antes y RRUs. ....	83
Figura 36. Imágenes adjuntas en el RETS sobre los pasa muros disponibles y a incrementar.....	84
Figura 37. Sistema de tierra para barras de cobre. ....	84
Figura 38. Conexiones de sistema a tierra de BBU y RRU. ....	85

Figura 39. Barrido fotográfico cada 30° para observar la cobertura de la antena. ....	86
Figura 40. a) Información de las antenas GSM. b) Información de las antenas UMTS. .....	87
Figura 41. Reporte fotográfico de antenas existentes. ....	88
Figura 42. Información y fotos de los equipos de suministro de energía DC existentes. ....	89
Figura 43. Información de los bancos de batería y DCDU.....	90
Figura 44. Instalación de equipos - Localización de nueva BBU. ....	91
Figura 45. Ubicación e información de los equipos de transmisión. ....	92
Figura 46. Cableado de Outdoor a Indoor. ....	92
Figura 47. Plano referencial del área alquilada y ubicación de los equipos. ....	93
Figura 48. Plano – Vista aérea de la planta del inmueble donde se ubica el sitio. ....	94
Figura 49. Inventario de materiales para implementación de los nuevos equipos. ....	95
Figura 50. Asignación de Slots en la BBU. ....	98
Figura 51. Estándar de instalación para la BBU. ....	98
Figura 52. Tarjeta FAN y descripción.....	100
Figura 53. Tarjeta UMPT.....	100
Figura 54. Principios de funcionamiento de la UMPT. ....	101
Figura 55. La Unidad De Procesamiento De Banda Base LTE (LBBP).....	103
Figura 56. Puertos de la tarjeta universal de interfaz de radio de banda base.....	104
Figura 57. Tarjeta UPEU y descripción.....	106
Figura 58. Tarjeta UEIU y descripción. ....	107
Figura 59. Estructura lógica de una estación base a modo dual (GU o GL).....	108
Figura 60. Unidad De Radio Remota RRU3953. ....	109
Figura 61. Puertos de la Unidad De Radio Remota RRU3953. ....	110
Figura 62. Puertos de la antena Tetra. ....	113
Figura 63. Dimensiones de la antena tetra. ....	114
Figura 64. NodoB 3G Huawei y BTS 2G Nokia. ....	115
Figura 65. Diagrama final de la estación con equipos migrados. ....	116
Figura 66. Cable UBS-ETH utilizado para el comisionamiento local para el caso de LTE. ....	119
Figura 67. Pantalla principal del LTM Software. ....	119
Figura 68. a) Aplicación SFTPServer. b) Ejecutable de la aplicación SFTPServer. c) FTP server configuration. ....	120
Figura 69. Ejecutando el Script usando líneas de comando.....	121
Figura 70. Activación de la BBU. ....	121
Figura 71. Habilitación de puerto FE/GE0 de la tarjeta UMPT. ....	123
Figura 72. Configuración del nombre e ID de enodeB.....	124
Figura 73. Configuración de los DeviceIP del enodeB.....	125
Figura 74. Configuración de la VLANS por RED. ....	126
Figura 75. Configuración de la IP de mantenimiento o gestión. ....	127
Figura 76. Configurando Control Plane y direccionando a los MMEs.....	128
Figura 77. Configurando los IPPATH (User Plane) del eNodeB y direccionando a los SGW. ....	129
Figura 78. Configuración del sincronismo del eNodeB. ....	130
Figura 79. Tabla de enrutamiento de las interfaces del enodeB.....	132



Figura 80. Flujograma de comisionamiento GSM.....	133
Figura 81. Interfaz de comisionamiento. ....	134
Figura 82. Integración de la BTS en la BSC en el U2000.....	134
Figura 83. Introducción de parámetros de la BTS. ....	135
Figura 84. Creación de la ruta estática para la Interface Abis de BTS a BSC.....	135
Figura 85. Creación de la ruta estática para la Interface Abis de BSC a BTS.....	136
Figura 86. Creación de celdas para el nodo. ....	136
Figura 87. Configuración de parámetros para las celdas del nodo.....	137
Figura 88. Creación de TRX para las celdas. ....	138
Figura 89. Selección de frecuencias portadoras –TRX.....	138
Figura 90. Asignación de la frecuencia principal BCCH. ....	139
Figura 91. Asignación de canales a los TRX. ....	139
Figura 92. Asignación de canales al TRX principal (BCCH). ....	140
Figura 93. Asignación de canal TCH Half Rate para los TRX. ....	140
Figura 94. Exportación del Script. ....	141
Figura 95. Software de NSM – U2000. ....	142
Figura 96. Crear el NE en el U2000.....	143
Figura 97. Crear el NE en el U2000.....	144
Figura 98. Estación integrada en el gestor U2000.....	144
Figura 99. Monitoreo de alarmas activas. ....	147
Figura 100. Historial de alarmas. ....	147
Figura 101. Análisis de caídas TCH.....	149
Figura 102. Análisis de caídas SDCCH. ....	149
Figura 103. Análisis de KPI de accesibilidad para comunicación por circuitos (CS-GSM, llamadas) y por paquetes (PS-GPRS, datos).....	152
Figura 104. Análisis de KPI de retinibilidad para comunicación por circuitos (CS-GSM, llamadas) y por paquetes (PS-GPRS, datos).....	153
Figura 105. Análisis de tráfico de la estación de prueba GSM en Erlang. ....	154
Figura 106. CSSR óptimo en el muestreo de una semana en el sitio de prueba. ....	155
Figura 107. CDR óptimo en el muestreo de una semana en el sitio de prueba. ....	155
Figura 108. HOSR óptimo en el muestreo de una semana en el sitio de prueba. ....	156
Figura 109. Análisis de tráfico de descargas de una semana en el sitio de prueba. ..	157
Figura 110. Análisis de número promedio de usuarios de una semana en el sitio de prueba. ....	157

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. NSS – Interfaces del NSS.....	25
Tabla 2. Distribución de las estaciones por distrito de Lima y Callao. ....	67
Tabla 3. Distribución de los distritos y estaciones en las BSCs.....	68
Tabla 4. Distribución de cantidad de sitios por BSC. ....	69
Tabla 5. Nombre de las tarjetas a utilizar en la BBU3900 modo GL.....	99
Tabla 6. Puertos en panel UMPT.....	102
Tabla 7. Descripción de Puertos CPRI. ....	103
Tabla 8. Especificaciones de los puertos CPRI en el LBBP. ....	104
Tabla 9. Descripción de los puertos CPRI en el UBRI.....	105
Tabla 10. Especificaciones de los puertos CPRI en el UBRI.....	106
Tabla 11. Descripción de los puertos de la RRU. ....	111
Tabla 12. Potencia de salida de la RRU 3953 en modo GSM+LTE 1900 MHz. ....	112
Tabla 13. Asignación de puertos RRU – Antena. ....	113
Tabla 14. Contenido estructurado de los parámetros del script.....	122

## RESUMEN

La presente tesina titulada “Modernización de la red de acceso de un operador móvil para el caso de Lima Metropolitana” expone una propuesta para un operador que tiene como objetivo poder incrementar su cobertura de servicio de segunda y cuarta generación, para esto se definen conceptos teóricos en base a lo que son las tecnologías de telefonía móvil celular de tipo GSM, UMTS y LTE y se compararan con las características técnicas de los equipos que se plantean usar demostrándose que estos pueden optimizar la red de acceso del operador en cobertura y funcionamiento para brindar un mejor servicio en base a 2G y 4G. Para lograr el objetivo propuesto, esta tesina describe el diseño y dimensionamiento de proyecto, pasos para su ejecución, especificaciones técnicas de los equipos, procedimiento para la puesta en servicio y resultados en base a pruebas del servicio y KPI.

**Palabras claves:** Telefonía, móvil, celular, modernización, red, acceso, 2G, 3G, 4G, GSM, UMTS, LTE, KPI, estación base, banda base y radio

## ABSTRACT

The current thesis entitled “Modernización de la red de acceso de un operador móvil para el caso de Lima Metropolitana” exposes a proposal for a mobile operator that has as a target increase their second and fourth generator coverage. For achieve this we have to defined theoric concepts based on the mobile telecommunication technology GSM, UMTS and LTE and compare with the features of equipment proposed to use proving that the coverage and performance of the access network of the operator can be improved for provide a better 2G and 4G service. For achieve this target proposed, this thesis describes the design and sizing of Project, steps for execution, technical features of equipment, on air procedure and results base on the testing service and KPI.

**Key words:** Telephonic, mobile, cellular, upgrading, network, access, 2G, 3G, 4G, GSM, UMTS, LTE, KPI, base station, base band and radio

## INTRODUCCIÓN

Entre mediados y finales de los años noventa, se sentía la presencia de la telefonía móvil en el Perú, posteriormente al comenzar el 2001 se introduce el servicio GSM en el Perú a través de un nuevo operador y una nueva opción para los clientes de poder intercambiar de equipos móviles gracias al uso de una tarjeta SIM. Años después aparecen los servicios y equipos multimedia con los que el usuario podía enviar o recibir imágenes, videos, sonidos, etc. sin dejar de lado los servicios más básicos de llamadas y mensajes de texto. Casi al término de la primera década de este milenio, se empieza a hacer uso de los denominados paquetes de datos para acceder a internet haciendo uso del servicio 3G. En un mundo donde el internet pone a nuestro alcance todo tipo de información, la demanda por este servicio de manera móvil ha incrementado exponencialmente durante los últimos años, forzando a los operadores a evaluar y ejecutar opciones de crecimiento en sus redes móviles y tendiendo siempre a implementar equipos que permitan brindar un servicio de última generación.

Los distintos proveedores de equipos, ofrecerán a los operadores soluciones para optimizar sus redes dependiendo de sus necesidades. Es así que surge el planteamiento de este proyecto, con la finalidad de dar al operador la opción de mejorar su cobertura y alto rendimiento en el servicio que ofrecen, ya sea en última generación (4G) o anteriores (2G y 3G).

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

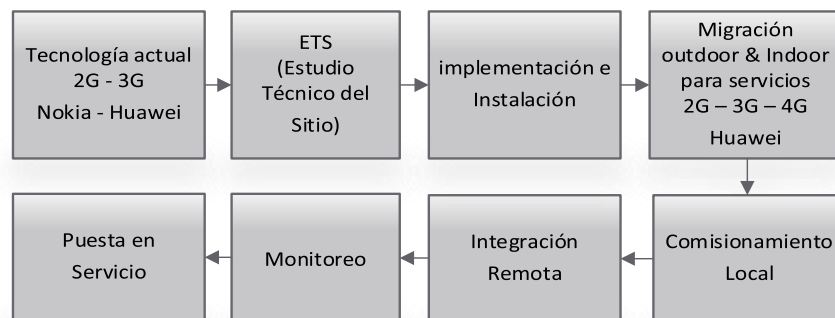
La empresa Claro especializada en proveer múltiples servicios (telefonía móvil, fija, internet y televisión), se encuentra en un actual y constante proceso de cambio y evolución tecnológica para mejorar los servicios que ofrece.

Orientándonos en el servicio de telefonía e internet móvil, sabemos que actualmente la empresa ofrece este servicio en tecnologías GSM, UMTS y LTE, estando esta última tecnología a la vanguardia del mercado de las telecomunicaciones debido a su alta velocidad en tráfico de datos. Por lo tanto, la empresa busca aumentar su cobertura en LTE sin reducir o dejar de lado la cobertura de los servicios de GSM y UMTS que ofrece.

Ante esta problemática se plantea ejecutar un proyecto que involucre la instalación y migración de equipos de tecnología limitada por otros que permitan fácilmente unir estas 3 tecnologías (GSM, UMTS y LTE) ahorrando costos de inversión a largo plazo y espacio físico en la implementación.

El presente proyecto lleva a cabo el planteamiento de su ejecución mediante diferentes etapas tales como la descripción del escenario actual, la adquisición

de datos de la estación (ETS – Estudio Técnico del Sitio), implementación e instalación de equipos, migración de equipos de exterior e interior (*outdoor & indoor*) para el nuevo escenario, comisionamiento local, integración remota, monitoreo y puesta en servicio (PES). Siguiendo así, un flujo tal y como se muestra en la Figura 1.



*Figura 1. Diagrama de bloques de las etapas del proyecto.*

*Fuente propia.*

Para llevar a cabo la descripción de las etapas, debemos introducir los conceptos teóricos necesarios que nos darán un mejor entendimiento de la solución planteada.

## 1.2. Objetivos del trabajo

- **General:**

Plantear un proyecto que permita optimizar la cobertura del servicio de telefonía e internet móvil de tecnología limitada migrando equipos de

mayor versatilidad para ofrecer a los usuarios tecnologías GSM, UMTS y LTE dependiendo de sus usos diarios y necesidades.

- **Específicos:**

- ✓ Plantear un proyecto que permita brindar servicios de tecnología GSM, UMTS y LTE a una zona (en Lima Metropolitana) donde anteriormente sólo se contaba con servicios de GSM y UMTS.
- ✓ Brindar a los usuarios una mejor calidad de servicio de acuerdo a sus necesidades.
- ✓ Homologar los equipos que componen las estaciones bases y sus controladores.
- ✓ Ahorrar costos de implementación y mantenimiento a largo plazo para la empresa operadora.

### **1.3. Limitaciones del trabajo**

- Se plantea implementar la migración de los equipos para ofrecer servicios de tecnologías GSM, UMTS y LTE en simultáneo, para zonas específicas de la ciudad de Lima Metropolitana dependiendo de la concurrencia de personas y tráfico de llamadas y datos en horas pico.
- Posibles retrasos en los tiempos estimados de implementación debido a problemas sociales que impidan el acceso a las áreas de trabajo.



## 1.4. Antecedentes

### 1.4.1. Migrar de servicio con tecnología GSM a GSM y LTE

El operador móvil Claro brindaba solamente servicio de GSM para algunas zonas (sin cobertura de LTE) con equipos Nokia sin posibilidad de implementar otras tecnologías. Sin embargo se realizó la modernización para que algunas de estas zonas cuenten con servicio de GSM y LTE haciendo uso de equipos Huawei con posibilidad de implementar incluso UMTS según la necesidad permitiendo ahorrar recursos y ampliando la cobertura de sus servicios. La Figura 2 muestra gráficamente la idea de haber adicionado la tecnología 4G a zonas de cobertura que previamente sólo ofrecían servicio de 2G.



*Figura 2. Modernización de 2G a 2G/4G.*

*Fuente propia.*

### 1.4.2. Migración de tecnología UMTS a GSM, UMTS y LTE con cambio de sistema radiante (Proyecto Entel).

El operador móvil Entel brindaba solamente servicio de UMTS para algunas

zonas usando equipos Huawei. A los gabinetes de transmisión existentes con BBU configurados con tecnología UMTS se adicionó una BBU configurada con servicio GSM y LTE, también se desinstalaron las antenas existentes para 3G con la finalidad de instalar el nuevo sistema radiante con antenas tipo Tetra que soporta las tres tecnologías por sector con una sola antena, optimizando la utilización de espacio en torres u otros espacios aéreos. La Figura 3 representa gráficamente la idea de haber optimizado la cobertura del operador, brindando las tecnologías de segunda, tercera y cuarta generación.



*Figura 3. Modernización de 3G a 2G/3G/4G.*

*Fuente propia.*

### **1.5. Hipótesis**

La cobertura es insuficiente para el servicio de cuarta generación, servicio que está tendiendo a una mayor demanda por parte de los usuarios. Equipos instalados actualmente en las estaciones bases, no permiten implementar el servicio con tecnología de cuarta generación en paralelo a la ya existente que es de segunda generación, por lo que se menciona que su tecnología es limitada, además de ocupar mayor espacio en la infraestructura.

La implementación de un plan de modernización permitirá incrementar la cobertura y tener la posibilidad de aumentar la capacidad del 100% de las nuevas estaciones bases desplegadas, lo que no sólo nos ayudará a satisfacer la demanda actual, sino también, en pensar en un crecimiento a futuro en la cantidad de suscriptores.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

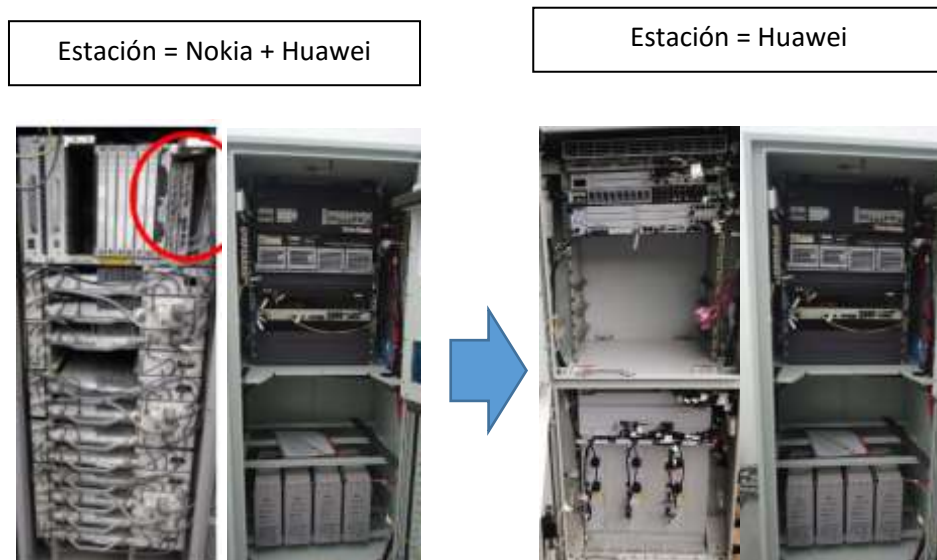
#### **2.1. Introducción**

Ante el actual crecimiento tecnológico tanto en equipos como en servicios, los operadores móviles deben garantizar la continuidad, calidad, seguridad y mejoramiento de su servicio. Partiendo de esta necesidad y sabiendo que los operadores móviles aún mantienen sistemas y equipos de red que si bien son de tecnologías pasadas pero aún no obsoletas, se busca añadir a estos servicios lo último en tecnología, siendo para este caso, la cobertura del servicio LTE.

Como se mencionó con anterioridad, este proyecto plantea para el operador móvil Claro, implementar el servicio de GSM y LTE en un mismo equipo (Huawei) que reemplazará a uno que solo ofrecía servicio de GSM (Nokia), de esta manera se homologará a un solo equipo sumado a los ya existentes de UMTS, logrando ofrecer GSM, UMT y LTE en una misma zona para lo cual será importante introducir los conceptos básicos referentes a los temas de tecnología y redes móviles que maneja este proyecto.

En la Figura 4 se puede observar cómo al migrar los equipos Nokia que son de grandes dimensiones, a los equipos de Huawei, se logra obtener espacio libre,

el cual puede ser utilizado para instalación de otros equipos de transmisión tales como routers e IDU de microondas o por otro lado, mayor cantidad de baterías de respaldo ante una posible interrupción del suministro eléctrico.



*Figura 4. Homologación a equipos Huawei (Ejemplo fotográfico).*

*Fuente propia*

## **2.2. Sistemas de comunicaciones móviles**

Los sistemas de comunicaciones móviles permiten la comunicación entre usuarios que se desplazan libremente en diversos lugares geográficos manteniendo los servicios que les proporciona la red. Estos sistemas constituyen grandes redes de comunicaciones (redes públicas) o redes pequeñas (redes privadas), a través de las cuales se brindan diversos servicios: telefonía móvil, envío de mensajes de texto SMS (*Short Message Service*: Servicio de mensajes de texto cortos), fotos MMS (*Multimedia Message Service*: Servicio de mensajes multimedia), comunicaciones grupales,

servicios de fax, correo electrónico, servicios de navegación, video comprimido, entre otros. [1]

A diferencia de los sistemas de comunicación de servicio fijo, los sistemas móviles hacen uso del espacio radio eléctrico para permitir la movilidad y localización de los usuarios. Los sistemas de comunicaciones móviles también tienen como características:

- Utilizar estaciones base terrestres.
- Cada estación posee un área de cobertura limitado.
- Las zonas de cobertura están definidas como celdas.
- Son complemento y no reemplazo de los sistemas de comunicación fija.

Tras su surgimiento, los sistemas de comunicaciones móviles trajeron consigo una importante revolución debido a sus ventajas tales como:

- Elimina la necesidad de cables como medio de transmisión para establecer la comunicación.
- Acceso a la información y comunicación en cualquier lugar en que se encuentre el usuario.
- Alcance en sitios en que la tecnología a través de cables no podría llegar.
- Permite cambios de topología al igual que cambios de configuración de la red fácilmente.

- Incremento o variabilidad de capacidades de recursos y usuarios.
- Continuidad del servicio a pesar del desplazamiento de los usuarios dentro de diferentes escenarios.

Pero a la vez que para este tipo de sistema existen grandes cosas a favor, nos vemos limitados por algunas desventajas entre ellas tenemos:

- El acceso a la información y comunicación se ve limitado por el área de cobertura de la red.
- Se presenta una mayor tasa de errores que en los sistemas de redes cableados.
- Son más propensos a los ataques de seguridad que comprometen la integridad y rendimiento de la red.
- Los dispositivos móviles tienen un tiempo de uso limitado por la batería que requieren.
- Capacidad de transmisión más reducidas y limitadas por cada estación base.

Debido al crecimiento de la demanda de la telefonía móvil, fue necesario el desarrollo de la telefonía móvil celular analógica la que tuvo auge importante en la década de los ochenta y que constituye la primera generación 1G en la evolución de los servicios móviles. La década de los noventa fue fructífera para los servicios móviles, debido a que, se desarrolló la telefonía móvil digital, haciéndose también grandes esfuerzos a nivel mundial para armonizar el uso

de las bandas de frecuencias y facilitar la interoperabilidad entre estándares, lo que permitió el surgimiento de las generaciones 2G, 2.5G y 3G. Luego se puso enfoque en el desarrollo de estándares de generación 3.5G orientados hacia la banda ancha móvil, teniéndose en la actualidad en un terminal móvil velocidades altas de descargas de datos (*downlink*), lo que constituirá posteriormente la cuarta generación de comunicaciones móviles 4G. [2]

### **2.3. Sistemas 2G – GSM**

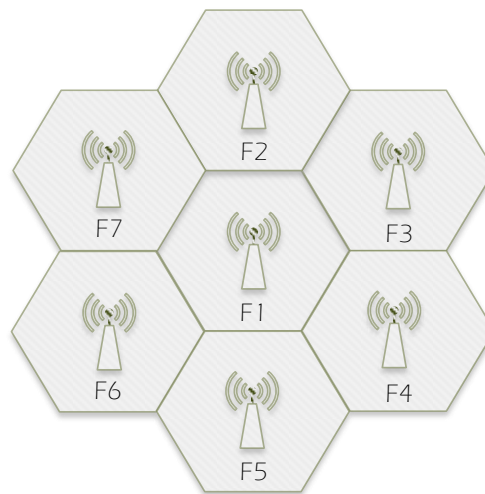
Sistema global para las comunicaciones móviles (*Global System for Mobile Communications*) que surge ante el intento europeo de unificar los distintos sistemas móviles digitales y sustituir a los más de 10 analógicos. GSM se planteó como un sistema multioperador y el estándar fue diseñado con la posibilidad de que varios operadores pudieran compartir el espectro. Así, la señalización y las interfaces permiten que el usuario pueda elegir la red a la que desea conectarse. [3] GSM nos permite transmisiones de voz y de datos digitales de volumen bajo, por ejemplo, mensajes de texto (SMS, servicio de mensajes cortos) o mensajes multimedia (MMS, servicio de mensajes multimedia).

#### **2.3.1. Principales características de 2G – GSM**

Entre las principales características de una red móvil 2G tenemos:



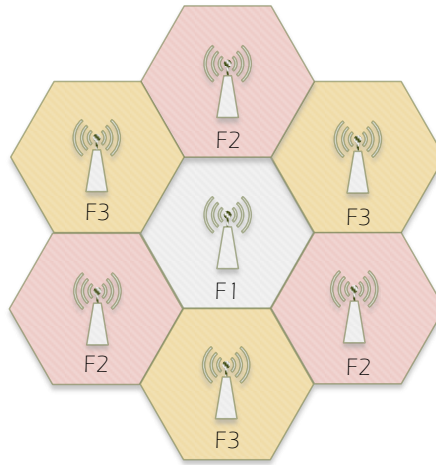
- Modulación digital y procesamiento de llamada mejorada.
- Codificación de voz digital (compresión).
- Nuevas arquitecturas de red que han reducido la carga de la central de conmutación y han estandarizado su funcionamiento.
- Soporta múltiples servicios, además de la voz, como datos, llamadas por medio de una tecla, acceso a servicio de internet a través de WAP.
- Control dedicado de los canales. [4]
- Hace uso de TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo) como método de acceso a un canal para la transmisión de datos.
- Posee una tasa de velocidad de datos de 9.6 a 14.4kbps.
- Empleo de celdas contiguas a distintas frecuencias para repartir mejor las frecuencias como se aprecia en la Figura 5.



*Figura 5. Celdas adyacentes a diferentes frecuencias.*

*Fuente propia.*

- Reutilización de frecuencias en celdas no contiguas, Figura 6.



*Figura 6. Rehúso de frecuencias por celdas no adyacentes.*

*Fuente propia.*

### **2.3.2. Arquitectura de una red GSM**

Una red GSM se organiza como un conjunto de células radioeléctricas continuas que proporcionan cobertura completa del servicio. Cada célula pertenece a una estación base (BTS – *Base Transceiver Station*, Estación Base Transceptora), que opera en un conjunto de canales de radio diferentes a los usados en las células adyacentes y que se encuentran distribuidas según un plan celular de frecuencias. [5]

Las mencionadas estaciones bases se agrupan y se conectan a un controlador de estaciones denominado BSC (*Base Station Controller*, Controlador de Estaciones Base), encargado de aspectos como el handover o traspaso del terminal móvil de una célula a otra sin perder la conexión del servicio, o por otro lado del control de potencia de las BTSs.

A su vez una o más BSCs se conectan a una central de conmutación de móviles denominada MSC (*Mobile Service Switching Controller*, Controlador de Conmutación del Servicio Móvil) la cual es el núcleo de la red GSM ya que cumple con las funciones de inicialización, enrutamiento, control y finalización de las llamadas, así como la información de tarificación. También tiene la función de ser la interfaz con otras redes GSM u otras redes de telefonía y datos.

En la red GSM podemos distinguir 3 subsistemas bien diferenciados, los cuales se muestran en la Figura 7 y son:

- Subsistema de estaciones base (BSS: *Base Station Subsystem*).
- Subsistema de conmutación de red (NSS: *Network Switching Subsystem*).
- Subsistema de gestión de red (NMS: *Network Management Subsystem*).

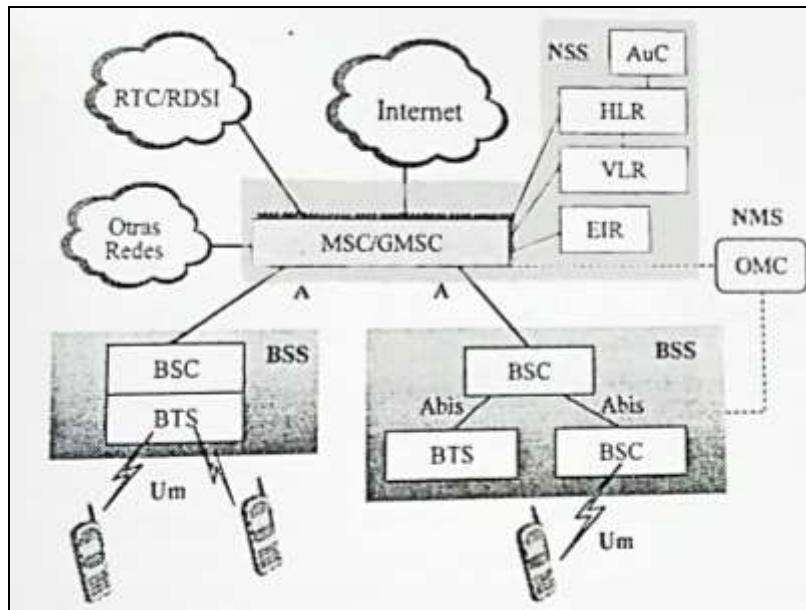


Figura 7. Diagrama de bloques de una red GSM.

Fuente: Comunicaciones Móviles Sistemas GSM, UMTS y LTE – José Manuel Huidobro. Pág. 125. Edición 2012 – Editorial RA-MA.

### 2.3.2.1. Subsistema de estaciones base (BSS)

Es la parte de la red de telefonía celular responsable de la gestión del tráfico y señal entre el terminal móvil y el subsistema de conmutación de red (NSS), por lo tanto se puede denominar al BSS como el elemento de red de interfaz de acceso entre los usuarios móviles y la red de conmutación. Compuesta básicamente por los elementos BTS (*Indoor*: BBU, *Outdoor*: RRU y Antenas) y BSC tal como se observa en la Figura 8.

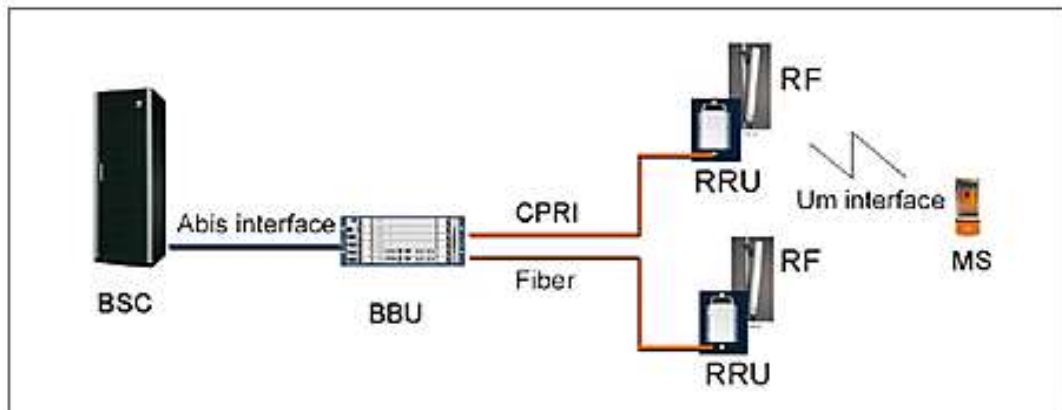


Figura 8. BSS - Subsistema de estaciones base.

Fuente:

[http://www.zte.com.cn/endata/magazine/zte technologies/2007year/no6/articles/200706/t20070628\\_161809.html](http://www.zte.com.cn/endata/magazine/zte technologies/2007year/no6/articles/200706/t20070628_161809.html).

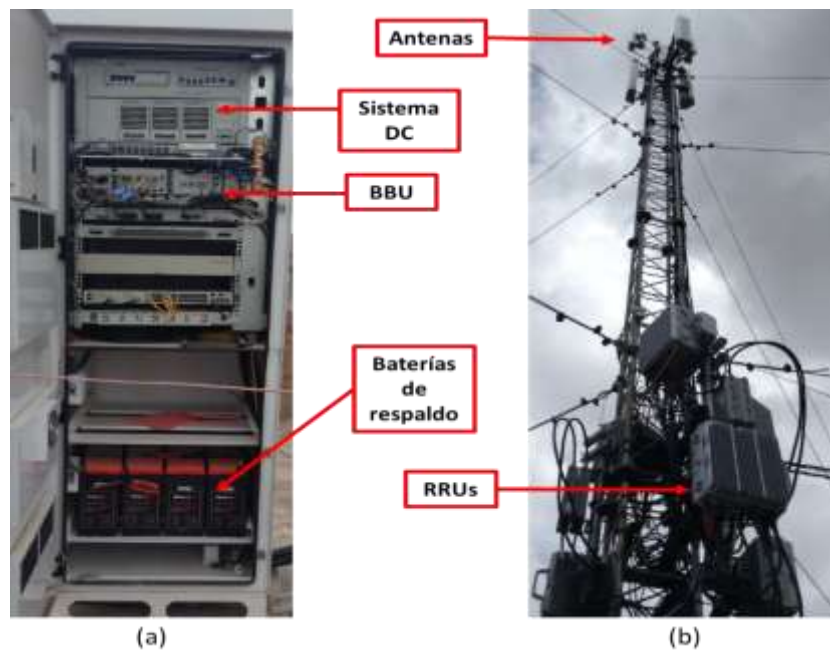
### 2.3.2.1.1. Elementos del BSS

Dentro del subsistema de estaciones base podemos identificar los siguientes elementos:

- **BTS (Estación base transceptora):** contiene a los transmisores y receptores (incluyendo las antenas) y todo el procesamiento de las señales en la interfaz de radio. Estas antenas suelen situarse en la parte alta de torres, edificios, mástiles, cerros o colinas de tal manera que se pueda tener una mayor cobertura sobre una determinada zona.

Normalmente, las BTSs cuentan con equipos de transmisión categorizados como tipo *indoor* tales como la BBU (*Baseband Unit*:

Unidad de banda base), que pueden estar ubicadas en cuartos de equipos o gabinetes, y tipo *outdoor* como las RRU (*Remote Radio Unit*: Unidad de radio remota) y antenas sectoriales ubicadas en exteriores y sobre puntos estratégicos para ganar cobertura. Adicionalmente, las BTSs cuentan con sistemas de alertas o alarmas externas y equipos de suministro de energía AC/DC así como su contingencia tales como bancos de baterías u otros para asegurar la continuidad del servicio. Un ejemplo real de BTS puede observarse en la Figura 9.



*Figura 9. BTS - Estación base transceptora a) Equipos Indoor BBU, Sistema de suministro eléctrico DC y banco de baterías de respaldo. b) Equipos de Outdoor RRU y Antenas montados en torre.*

*Fuente propia.*

- **BSC (Controlador de estación base):** Proporciona el control sobre las BTSs. Normalmente una BSC tiene bajo su control decenas o hasta incluso cientos de BTSs. La BSC se encarga de la asignación de canales de radio, recibe las mediciones de los teléfonos móviles (control de potencias) y controla los trasposos de BTS a BTS (gestión del handover).
- **TRAU (*Transcoder and Rate Adaptation Unit*, Unidad de adaptación de velocidad y transcodificación):** En algunas redes de telefonía móvil, este elemento se encuentra ya integrado a la BSC. Principalmente es el responsable de la conversión de la voz de un formato digital a otro y la adaptación de velocidad para canales de voz de datos de 16 Kbps manejada por la red de radio (BTS y BSC), a la velocidad de 64 Kbps manejada por el subsistema NSS y otros sistemas externos a la red móvil.

#### **2.3.2.1.2. Interfaces de la BSS**

Los elementos de la BSS se comunican a través de interfaces estandarizadas, lo que permite la operabilidad entre equipos de distintos fabricantes, razón por la que en muchos operadores los equipos de conmutación y de radio son de distintos suministradores, dependiendo de sus especialización en la fabricación de estos elementos. La interface entre la BTS y BSC se denomina interface Abis y entre la BSC y MSC se denomina interface A. Adicionalmente en casos

en que la TRAU no se integra al BSC, se llama interface A sub a aquella existente entre la BSC y la TRAU.

También debemos considerar la interface aire entre el equipo móvil del usuario (MS) y la estación base (BTS). Esta interface se denomina Um. Las interfaces entre los elementos de red de la BSS se muestran en la Figura 10.

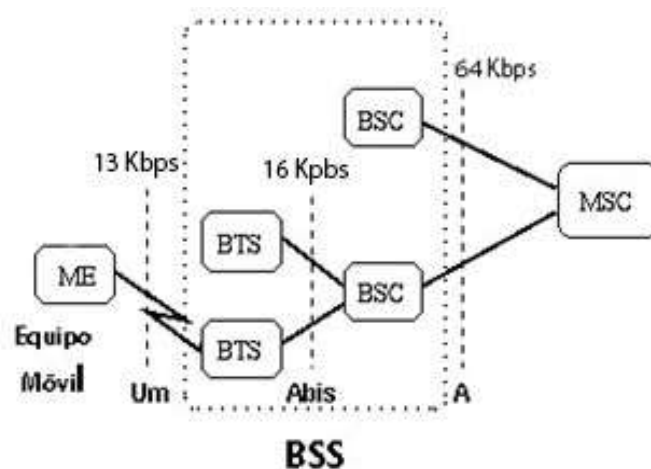


Figura 10. BSS y sus Interfaces.

Fuente propia.

### 2.3.2.1.3. Funcionamiento de la BSS

La arquitectura de la BSS se puede explicar como sigue: un controlador de estación base (BSC) del que dependen una o más estaciones base (BTS). El transcodificador (TRAU) es un elemento que pertenece funcionalmente al BSS, pero puede estar físicamente en la BTS, en el BSC o externo al BSS (Junto al NSS). La función de este elemento es convertir la velocidad utilizada en los canales de radio (16 Kbps) a la velocidad utilizada en la red fija (64 Kbps). Este



elemento se coloca normalmente entre BSC y NSS, permitiendo multiplexar 4 canales de 16 Kbps a uno de 64 Kbps, ahorrando capacidad de transmisión y, consecuentemente, costes en la interface entre BTS-BSC (interfaz Abis) y entre BSC y la MSC (interfaz A). [6]

### **2.3.2.2. Subsistema de conmutación de red (NSS)**

El subsistema de NSS contiene todas las funcionalidades y elementos para realizar la conmutación de llamadas, así como la base de datos necesarios para los abonados y para la gestión de la localización y movilidad de los usuarios. La principal función del NSS es gestionar la comunicación entre los usuarios del mismo operador u otro operador de servicio GSM y también usuarios de otros tipos de redes de telecomunicaciones.

#### **2.3.2.2.1. Elementos del NSS**

Dentro del subsistema de conmutación de red podemos identificar los siguientes elementos:

- **MSC (*Mobile Service Switching Center*, Centro de Conmutación de Servicios Móviles):** Utilizando la interfaz A para comunicarse con las RNC, la MSC controla el tráfico interno entre las diferentes BTSs, así también se encarga de controlar las llamadas desde y hacia otras redes. Entre las redes externas tenemos: la Red Digital de Servicios Integrados

(RDSI) y la red de telefonía básica (PSTN). [7] También captura la información de facturación de una llamada y se comunica hacia la red pública utilizando el sistema de señalización SS7 (*Signalling System No. 7*).

- **VLR (*Visitor Location Register, Registro de Ubicación de Visitantes*):** es una base datos asociados a una MSC, que se encarga de registrar la información de todas las unidades móviles que ingresan al área del MSC. [8] Te transfiere la información del abonado desde el HLR, cuando un usuario visita la red. Aunque se definen como dos equipos separados, el VLR se integra a una MSC.
- **HLR (*Home Location Register, Registro de Ubicación de Abonados Locales*):** El HLR almacena a detalle la información de cada número móvil de los abonados suscritos. Guarda información como el perfil de servicio, estado del abonado, actividad del abonado y ubicación. Esta información se va actualizando a medida que el abonado va cambiando su ubicación.
- **AuC (*Authentication Center, Centro de Autenticación*):** proporciona los detalles de autenticación de los abonados para verificar su acceso a la red con la finalidad de incrementar la seguridad.

- **EIR (*Equipment Identity Register, Registro de Identidad de Equipo*):** basándose en el IMEI de los terminales móviles, es una base de datos que contienen información para evitar que terminales no autorizados accedan a la red.
- **GMSC (*Gateway MSC, MSC de Puerta de Enlace*):** es un tipo especial de MSC que es usado para enrutar llamadas externas a la red móvil (Fijo – PSTN u otras redes móviles – PLMN, *Public Land Mobile Network*). Ya sea para llamadas de suscriptores que vienen desde fuera de la red móvil o para suscriptores dentro de la red móvil que quieren llamar a otros usuarios externos, las llamadas son enrutadas a través del GMSC.

Gráficamente podemos observar en la Figura 11 los elementos de la NSS descritos anteriormente.

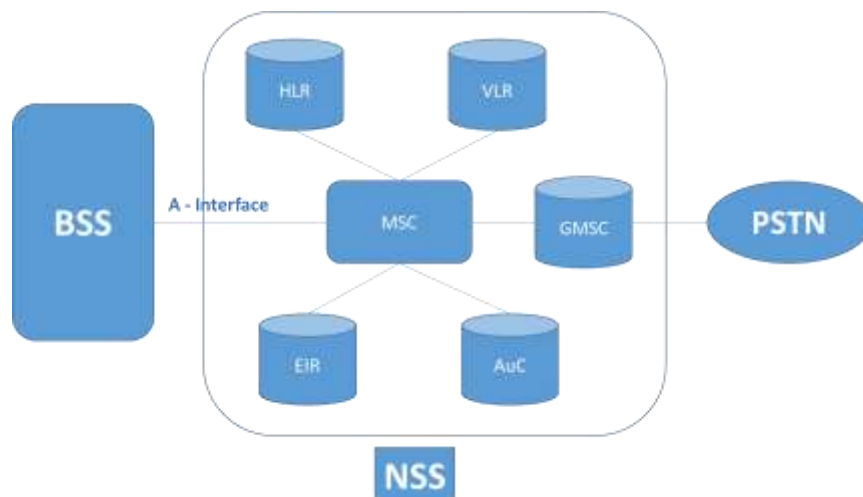


Figura 11. NSS – Subsistema de conmutación de red.

Fuente propia.

### 2.3.2.2.2. Interfaces del NSS

La NSS cuenta con mayor cantidad de elementos que el BSS por tanto la cantidad de interfaces que interconectan a los equipos para la operabilidad de la red es mayor. Las principales interfaces se describen en la Tabla 1.

Interfaz	Ubicación	Protocolo de señalización	Descripción
<b>B</b>	VLR - MSC	MAP/B(2)	VLR es la base de datos que contiene toda la información que permite ofrecer el servicio a los clientes que se encuentran en el área de influencia de su MSC asociados. Por lo tanto, cuando un MSC necesite proporcionar información sobre un móvil acudirá a su VLR. Esta interfaz NO debe ser externa (Por desempeño, por el volumen de información intercambiado).
<b>C</b>	HLR - GMSC/MSC	MAP/C	Es la interface utilizada por los gateways MSC y GMSC para enrutar la llamada hacia el MSC destino. La GMSC no necesita asociarse con un VLR, se trata de un nodo que transmite llamadas.
<b>D</b>	HLR - HLR/VLR	MAP/D	Permite intercambiar información entre ambas bases de datos, esta información se encuentra relacionada con la posición del móvil y la gestión del servicio contratado por el usuario.
<b>E</b>	MSC - MSC/GMSC	MAP/E, RDSI, ISUP(3)	Permite intercambiar información necesaria para iniciar y realizar un intercambio inter-MSC cuando el móvil cambia de área de influencia de un MSC a otro.
<b>F</b>	MSC - EIR		Utilizada cuando el MSC desea comprobar el IMEI de un equipo.

<b>G</b>	VLR - VLR	MAP/G	Utilizada para permitir la interconexión entre dos VLRs de diferente MSCs
<b>H</b>	HLR - AuC	MAP/H	Interface entre el HLR y el AuC

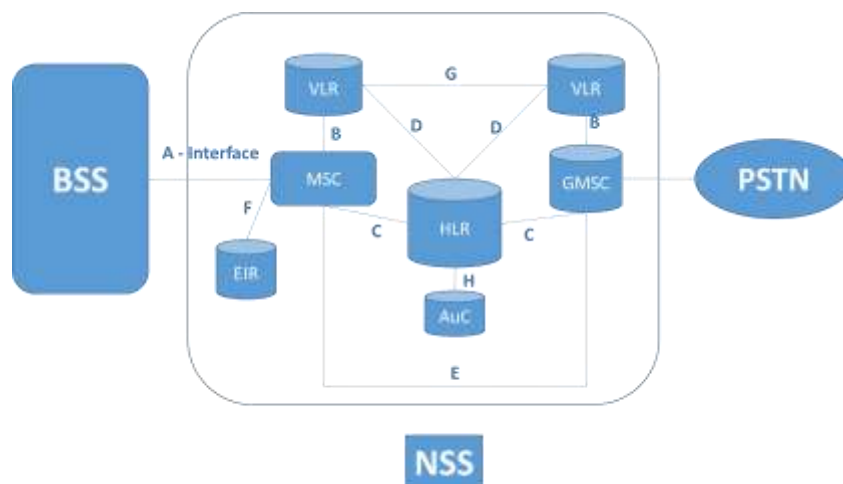
*Tabla 1. NSS – Interfaces del NSS.*

*Fuente: Sistemas de Comunicaciones Móviles – Carlos Alberto Sotelo López.*

*Pág. 201. Primera edición, noviembre 2009 – Universidad de San Martín de*

*Porres.*

Podemos observar en la Figura 12 los elementos de a NSS interconectados a través de sus interfaces definidas previamente.



*Figura 12. NSS y sus interfaces.*

*Fuente propia.*

### **2.3.2.2.3. Funcionamiento del NSS**

Todas las funciones relacionadas con la red y conmutación de paquetes, son llevadas a cabo por la NSS, la cual es puerta de enlace entre la red de radio y

la red fija asociada (Ejemplo: *Public Switching Telephone Network* - PSTN y la *Integrated Services Digital Network* - ISDN), Los principales componentes de la NSS son el MSC, el HLR y el VLR.

La MSC es responsable de manejar la conexión para y de la red fija. Esta opera como un conmutador típico de una red PSTN o ISDN y es responsable de toda la señalización requerida para la creación, mantenimiento y terminación de conexiones de acuerdo con el canal común de señalización del sistema n°7 (SS7). Cada MSC es usualmente asociado con varias BSCs y provee todas las funcionalidades necesarias para administrar a los usuarios móviles, tales como registro, autenticación, actualización de localización, manejo del handover y enrutamiento de llamada incluso en el caso de usuarios que acceden por roaming.

El HLR contiene toda la información administrativa de los suscriptores tales como número de teléfono, tipo de equipo, servicios básicos y suplementarios suscritos, prioridad de acceso y código de autenticación para cada suscriptor registrado en una correspondiente red GSM. Toda esta información es denominada como información estática cuasi-permanente. La actual localización de una estación móvil y el número roaming de la estación móvil (MSRN: *Mobile Station Roaming Number*), el cual es también necesario para el establecimiento de la llamada, es asignado temporalmente a la información del suscriptor y también almacenada en el HLR. Esta información es inmediatamente actualizada cuando sea que el suscriptor cambie de área de

localización (LA: *Location Area*). La información de cada suscriptor móvil está registrado en solo un HLR donde la facturación y otras tareas administrativas son llevadas a cabo. Usualmente hay un solo HLR por red GSM aunque se implementa como una base de datos distribuida.

El rol del VLR es gestionar a los suscriptores que están en movimiento, y por tanto contiene la información administrativa seleccionada desde el HLR necesaria para el control de llamadas y provisión de los servicios de los suscriptores para cada móvil localizado en el área geográfica que controla el VLR. Un VLR siempre está bajo el control de un MSC y es por esto que usualmente están fabricados como una sola entidad funcional. Si el usuario móvil atraviesa varias áreas que administra el MSC, los datos del VLR al que se asocia este suscriptor, deben ser actualizados y lo mismo pasa para el caso que el suscriptor cambia de MSC. [9]

### **2.3.2.3. Subsistema de gestión de red (NMS)**

El subsistema de gestión de red, como su propio nombre lo dice, es usado para gestionar la red. Este provee una vista holística de la red entera. Las diferentes actividades realizadas en un NMS (*Network Management System*) típico cuando se inicia y antes de cualquier comando de mantenimiento pueden ser:

- **Descubrimiento de elementos en la red:** esto puede suceder en diferentes sentidos. El usuario de una aplicación NMS puede usar un menú en la aplicación para especificar elementos que necesita manejar como una dirección IP o un rango de direcciones como “X.X.X.100” hasta “X.X.X.201”. El conjunto de servidores a manejar podría ser también tomado de un dominio de servidores que tienen una dirección IP de todos los elementos de la red. El auto descubrimiento es también una característica común en muchos sistemas NMS donde el NMS automáticamente identifica todos los elementos en una red particular.
- **Descubrimiento de componentes que constituyen el elemento:** cada elemento de la red estará conformado por componentes hardware que realizan una función específica y que necesitan ser descubiertos. Por ejemplo, la generación de registro de fallos con información del componente o elemento de la red asociado a los fallos.
- **Descarga de la información de fallos:** esta actividad usualmente ocurre después del descubrimiento de recursos (elementos y sus componentes), por lo tanto la información de fallos puede ser asociada al elemento o sus componentes específicos. Los recursos descubiertos son representados como un árbol en la mayoría de las aplicaciones de NMS y asociar los registros a recursos específicos ayuda en la depuración de fallos.
- **Descarga de la información de funcionamiento:** a diferencia de los registros de fallos, que son por lo general enviados al NMS como y cuando estos ocurren, la información del funcionamiento usualmente se



vierte en archivos de los elementos de red. Estos records de funcionamiento son recolectados desde los elementos de red en intervalos de tiempo por el NMS, la información es luego analizada y asignada a un formato para la visualización final o procesamiento de entrada para otros módulos.

- **Autenticación de usuarios:** los usuarios de los NMS necesitan ser autenticados para prevenir el uso no autorizado de la aplicación de gestión de la red. Comandos de mantenimiento que puede traer abajo elementos claves en la red pueden ser ejecutados desde el NMS, lo que conduce a altos niveles de seguridad implementados en el NMS. Hay un conjunto de grupos de usuarios y cada usuario es asignado a uno. Cada grupo o usuario tiene un conjunto de privilegios con respecto a sus funciones en la aplicación. Por ejemplo, para las funciones de fallo, algunos usuarios solo pueden visualizar los registros, otros pueden ver y editar los registros y otros grupos o usuarios pueden incluso borrar los registros.
- **Descarga de registros adicionales e información de configuración:** cualquier otro registro de un elemento que es requerido por alguna funcionalidad del NMS, es también descargado desde el elemento de red. Información de configuración predefinida, como correlación entre registros de funcionamiento o reglas de manejos de eventos también son descargados.

Una vez que se descubren los recursos y los datos históricos descargados, la aplicación NMS está lista para llevar a cabo cualquier actividad a nivel de mantenimiento. Las actividades de mantenimiento o funciones de red se llevan a cabo con la información descargada. Estas actividades se incluyen en el aprovisionamiento de red, solución de problemas en la red, mantenimiento o configuración de elementos de red, traza del flujo de información a través de los elementos de red, programación del uso óptimo de los elementos y más. Durante la pérdida de conexión entre el NMS y un elemento ya gestionado, el NMS tratará de establecer la conexión en intervalos de tiempo regulares y sincronizará la información cuando la conexión se restablezca. [10] La Figura 13 muestra un ejemplo de interfaz de una aplicación NMS donde se pueden observar los elementos, recursos y opciones de gestión y configuración.

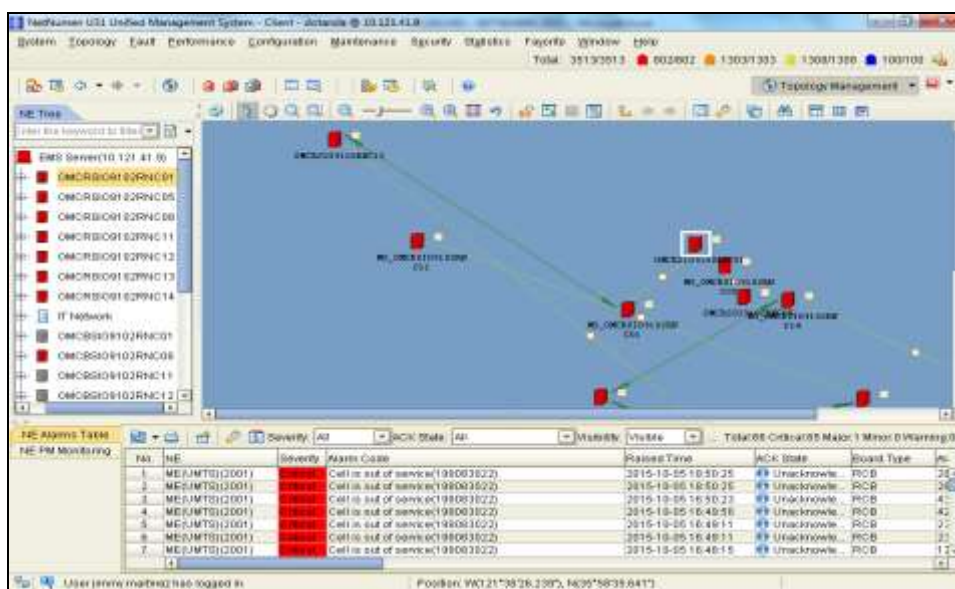


Figura 13. Interfaz de aplicación NMS de una red móvil.

Fuente propia.

## 2.4. Sistemas 3G – UMTS

El 3GPP empezó a denominar a los sistemas móviles de tercera generación como Servicio Universal de Telecomunicaciones Móviles o conocido también por sus siglas en inglés UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*, Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles). Es una propuesta europea para promover la utilización de UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*, Red de Acceso Radio Terrestre UMTS) en el IMT-2000. También se lo denomina W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*, Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha), por ser ésta la tecnología radio que utiliza. La especificación de UMTS por parte del 3GPP, buscaba establecer los estándares para un sistema móvil de tercera generación, así UMTS especifica un sistema de red completa, que abarca la red de acceso radio (UTRAN), la red núcleo (MAP - *Mobile Application Part*, Parte de Aplicaciones Móviles), y la autenticación de usuarios a través de tarjetas SIM. La red de acceso puede estar basada en las tecnologías de radio acceso FDD y TDD. La operación FDD hace uso de diferentes bandas de frecuencia permitiendo grandes distancias entre el móvil y radio base, en una red pública con cobertura nacional, esto es necesario para lograr requerimientos aceptables de cobertura. La operación TDD puede ser usada solo para pequeñas distancias (varios cientos de metros), permitiendo una alta velocidad de transmisión y es más flexible para el tráfico asimétrico, como la comunicación de Internet.

UMTS en su red de acceso radio terrestre UTRAN utiliza el esquema de CDMA de espectro extendido en cada uno de los canales de frecuencia en su modo FDD. Para el caso del modo TDD utiliza una combinación entre CDMA, FDMA y TDMA porque cada FRAME es dividido en 15 ranuras de tiempo. Apoyada en el protocolo de Internet IP con velocidades de 350 kbps en movimiento, velocidades de datos máximas teóricas de 2 Mbps, con velocidades promedio de 200 a 300 kbps compatible con redes EDGE y GPRS lo que permite acceder a ellas en las zonas que no existe cobertura UMTS.

Los operadores UMTS pueden usar una red central común que dé soporte a múltiples redes de radio acceso, entre ellas GSM, EDGE, W-CDMA, HSPA, y evoluciones de estas tecnologías. A esto se lo denomina la red Multi-Radio UMTS (Figura 14), y les da a los operadores un máximo de flexibilidad al brindar distintos servicios en sus áreas de cobertura.

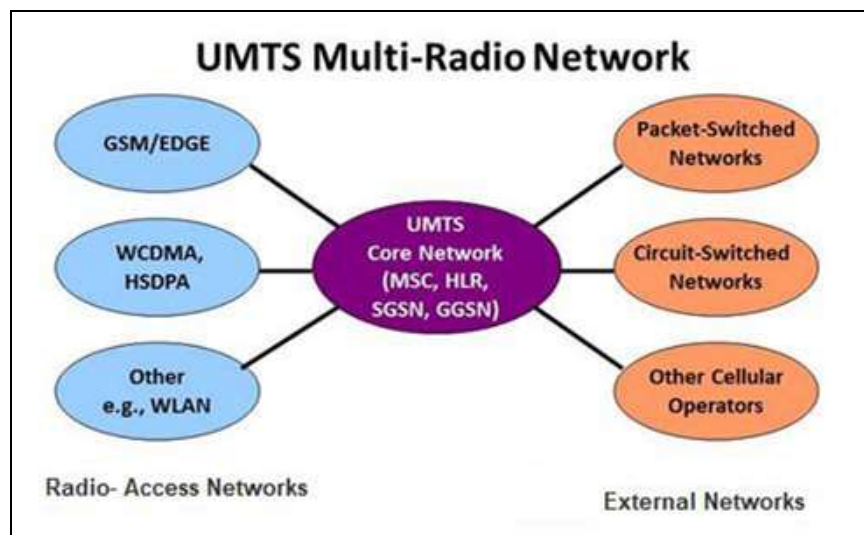


Figura 14. Red Multiradio UMTS.

Fuente: Rysavy Research, UMTS Multi-radio Network, septiembre 2008.

### 2.4.1. Arquitectura de la red 3G – UMTS

La arquitectura UMTS mostrada en la Figura 15 se divide en dos dominios: el dominio del Equipo de Usuario (*UE, User Equipment*) y el dominio de la Infraestructura. Dichos dominios están conectados a través del interfaz radio denominado Uu. El UE puede incluir una tarjeta inteligente (*SIM, Subscriber Identity Module*) extraíble que puede usarse en diferentes tipos de terminales. El dominio de Equipo de Usuario se divide en: el dominio de Equipo Móvil (*ME, Mobile Equipment*) y el dominio del Módulo de Identidad de Servicios de Usuario (*USIM, Universal Subscriber Identity Module*). El equipo móvil puede subdividirse en: la Terminación Móvil (*MT, Mobile Termination*) que realiza las funciones relacionadas con la transmisión radio, y el Equipo Terminal (*TE, Terminal Equipment*) que contiene las aplicaciones extremo a extremo. El USIM contiene datos y procedimientos que la identifican de forma segura y sin ambigüedad, y están normalmente incluidos en la SIM.

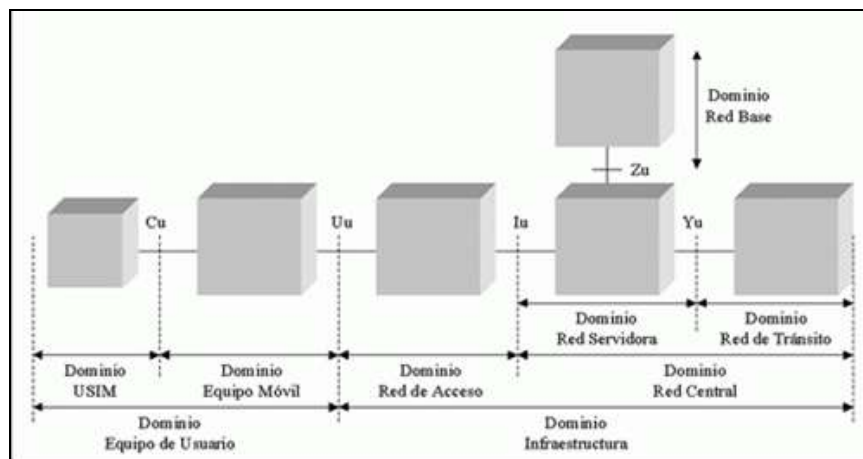


Figura 15. Dominios y Puntos de Referencia UMTS.

Fuente: Ramírez de Prado, *Visión Arquitectural de la Tercera Generación de Móviles UMTS*, octubre 2000.

La infraestructura se divide en: el dominio de Red de Acceso (*AN, Access Network*), y el dominio de Red Central (*CN, Core Network*). Ambos dominios están conectados a través del interfaz Iu. Esta partición permite que la CN pueda estar conectada con ANs basadas en diferentes tecnologías de acceso; y que la CN pueda estar también basada en diferentes tecnologías. La AN específica de UMTS se denomina Red de Acceso Radio Terrestre UMTS (UTRAN). La CN puede subdividirse en: el dominio de Red Servidora (*SN, Serving Network*), el dominio de Red Base (*HN, Home Network*), y el dominio de Red de Tránsito (*TN, Transit Network*). La SN es la parte de la CN conectada a la AN, y representa las funciones de la CN que son locales al punto de acceso del usuario y por tanto su ubicación cambia cuando el usuario se mueve. La HN representa las funciones de la CN que son conducidas a una ubicación permanente independiente de la posición del punto de acceso del usuario; y es responsable de la gestión de información de suscripciones y datos de usuario. El USIM está relacionado con la suscripción en la HN. La TN es la parte de la CN ubicada en el camino de comunicación entre la SN y la parte remota. La descripción de la arquitectura UMTS Release 99 ha sido definida para facilitar el proceso de migración desde las redes GSM/GPRS hacia UMTS, se considera la red de acceso GSM (formada por BSSs) y la red UTRAN (formada por RNSs), y la red central (CN) está diseñada como una evolución de la red GSM/GPRS. La CN incluye un dominio con conmutación de circuitos (CS) y un dominio con conmutación de paquetes (PS).

#### 2.4.1.1. El sistema de red radio (RNS, *Radio Network System*)

La Red de acceso UTRAN está compuesta de uno o varios RNSs que pueden estar interconectados entre sí a través del interfaz Iur. El RNS realiza la asignación y liberación de recursos radio para permitir la comunicación con las estaciones móviles en una cierta área. Un RNS está compuesto de un RNC, y uno o varios nodos B.

- **Controlador de Red Radio (RNC, *Radio Network Controller*):** El RNC es la entidad controladora de un RNS y se encarga del control general de los recursos radio proporcionados por uno o varios nodos B. El RNC es responsable de las decisiones de *handover* que requieren señalización a la estación móvil.
- **Nodo B (*Node B*):** Es el componente responsable de la transmisión/recepción radio hacia/desde la estación móvil en una o más celdas UMTS. Un nodo B puede soportar el modo FDD, el modo TDD, o una operación en modo dual. Los nodos B se conectan a los RNCs a través de la interfaces Iub y al UE a través de los interfaces Uu.

Así la Red de Radio Acceso Terrestre UMTS (UTRAN) considera la incorporación de dos nuevos elementos: El Controlador de Radio de la Red (*Radio Network Controller* o RNC) y el Nodo B.

#### 2.4.1.2. El núcleo de red UMTS (CN, *Core Network*)

El núcleo de red (CN) de UMTS, se encuentra basada en la topología de la red GSM/GPRS, provee funciones de conmutación, enrutamiento, transporte y bases de datos para el tráfico de la red, posee elementos de conmutación de circuitos, tales como el MSC, el VLR y el GMSC, elementos de conmutación de paquetes, como el SGSN y el GGSN, y elementos que soportan ambos tipos de conmutación, el EIR, el HLR y el AuC. Estos elementos ya fueron descritos dentro del marco teórico de SISTEMAS 2G – GSM, por lo que se procede a continuación hacer una especificación de aquellos elementos que aparecen con UMTS. La separación de los dominios de circuitos y paquetes se concibe como necesaria debido a la evolución de las redes actuales, aunque la tendencia es hacia una única red troncal “Todo IP” que incluiría también a la red de acceso. [11]

- **SGSN (*Serving GPRS Support Node*):** básicamente, se puede decir que el SGSN equivale a una MSC a nivel funcional, con la diferencia que conmuta paquetes. Un SGSN puede servir a un gran número de RNSs. Algunas de sus funciones son:
  - ✓ Retransmisión de los datos entre el terminal y el GGSN correspondiente.



- ✓ Gestionar la autenticación de los terminales móviles y si este proceso se completa con éxito, encargarse de su registro en la red y de su gestión de movilidad.
  - ✓ Aviso (paging), este procedimiento lo inicia el SGSN para que el terminal móvil pase del estado *STANDBY* (Espera) al estado *READY* (Listo) con objeto de poder llevar a cabo el intercambio de datos.
  - ✓ Recoger datos necesarios para generar CDRs de facturación.
- **GGSN (*Gateway GPRS Support Node*):** El GGSN proporciona la interconexión entre la red y las redes de paquetes de datos externas como por ejemplo, internet intranets corporativas, etc. Las funciones que realiza el GGSN son:
    - ✓ Recibir datos de usuario desde una intranet o internet y enviarlos hacia el SGSN que controla el terminal a través de la red troncal mediante el protocolo de tunneling GTP.
    - ✓ Garantizar privacidad y seguridad para la red y el terminal. Para ello el GGSN actúa como una puerta de acceso entre redes externas y la red UMTS.
    - ✓ Proporciona direcciones IP a los terminales GRPS cuando se emplea direccionamiento dinámico. [12]

Podemos observar la arquitectura de la red 3G – UMTS en la Figura 16.

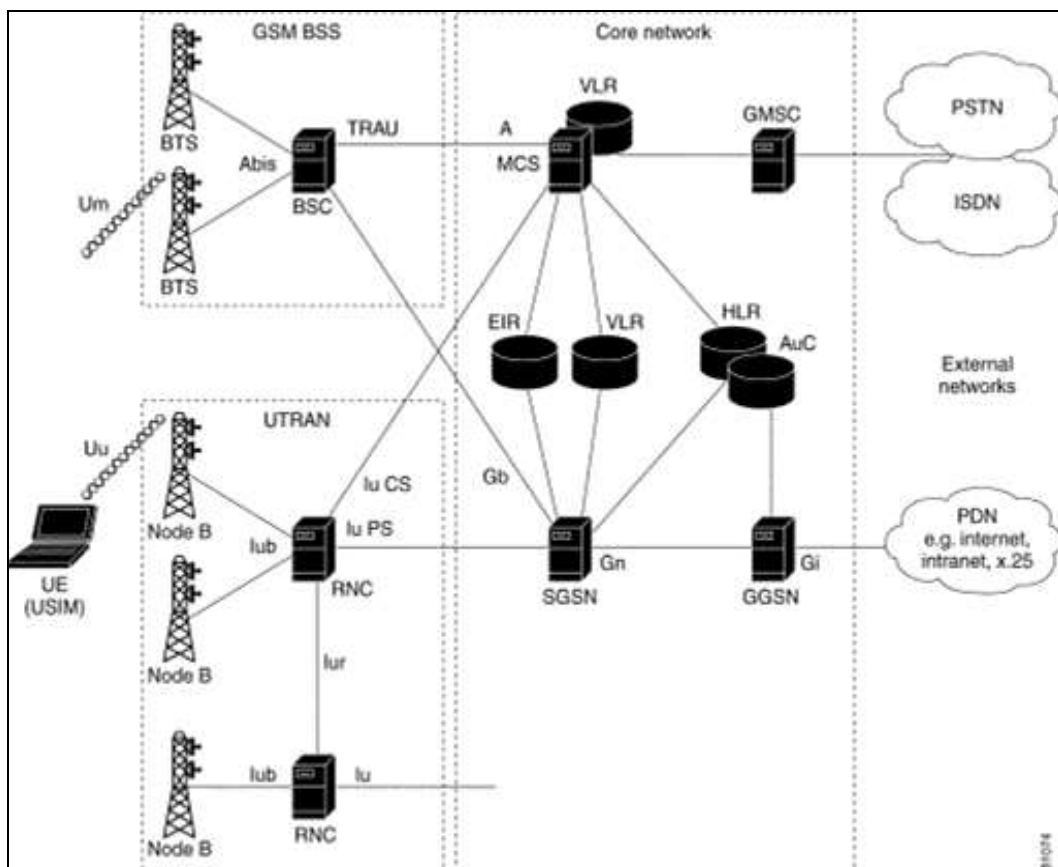


Figura 16. Arquitectura UMTS R'99.

Fuente: Borja Fernández, 3G/UMTS, 2006.

## 2.4.2. Tipos de Celdas UMTS

En su componente terrestre, tiene una estructura jerárquica, está compuesta por tres tipos de Celdas: macrocelda, microcelda y picocelda (Figura 17.) con un mínimo de 5 MHz de ancho de banda por Celda. La macrocelda tiene radios desde 1km hasta 35km y se destinan para ofrecer cobertura rural y carreteras para vehículos u otros objetos que se mueven a alta velocidad (transmisión de datos de 144kbit/s.). La microcelda tiene radios de hasta 1km. Ofrece servicio a usuarios fijos o que se muevan lentamente con elevada densidad de tráfico

(urbana) con velocidades de 384kbit/s, usando UTRA-FDD. Las picoceldas tienen radios hasta 50m. Ofrecen coberturas localizadas en interiores, usando ULTRA-TDD con velocidades del orden de los 3Mbit/s. [13]

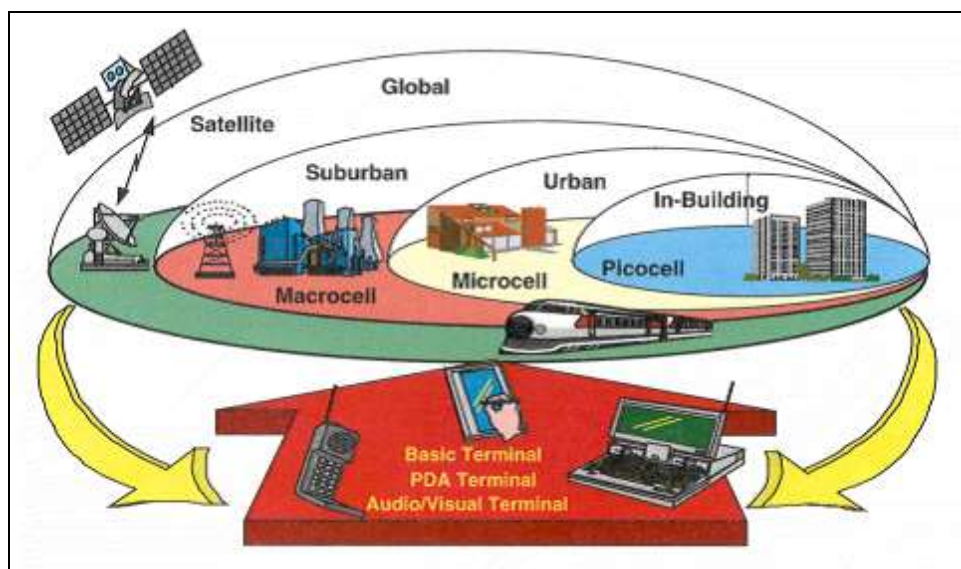


Figura 17. Jerarquía UMTS.

Fuente: Bardosa Diana, UMTS, 2010.

### 2.4.3. Evolución de 3G – UMTS

El elevado ritmo de crecimiento en el sector de la telefonía móvil ha generado como consecuencia que los sistemas móviles vayan alcanzando de manera continua, sus límites en términos de capacidad. Por otro lado, el conjunto de tipos de servicio ofrecido por los sistemas han ido evolucionando conforme a las necesidades del mercado y las mejoras ofrecidas por los sistemas cableados análogos. UMTS ha sido un gran avance en relación a GSM en lo que respecta a la transferencia de datos, sin embargo, todavía resulta un tanto

limitada las aplicaciones cuando se requiere de transferencias de muy alta velocidad o hay muchos usuarios de aplicaciones 3G en un área reducida.

Dado que los datos se descargan mayoritariamente de la red al terminal, el estándar 3GPP en su versión 5 de WCDMA, introduce HSDPA (*Hight Speed Downlink Packet Access*) en la interfaz de radio. Con la introducción del HSDPA, se pasó de velocidades de descarga de 171 Kbit/s teóricos (que en la realidad eran unos 40 u 80 Kbit/s) del GPRS y 473 Kbit/s teóricos (que en práctica eran de unos 100/130 Kbit/s) en EDGE, a velocidades de 14 Mbit/s teóricos (que en la práctica corresponden a 3 o 4 Mbit/s), pudiéndose hablar de velocidades de muy alta velocidad. Con respecto al enlace ascendente, el 3GPP en la versión 6, introduce el HSUPA (*Hight Speed Uplink Packet Access*) que permite un avance similar en el canal ascendente. Y así mismo surge HSPA y HSPA+, todas estas caracterizadas por el incremento sustancial de la capacidad y la mejor adecuación a la conmutación de paquetes. [14]

## **2.5. Sistemas 4G – LTE**

### **2.5.1. Introducción 4G – LTE**

La red actual de telecomunicaciones inalámbricas se basa en una arquitectura de conmutación similar a la que se utiliza en las redes de telefonía fija. Pero, con progreso de las tecnologías IP y el enorme crecimiento del tráfico de datos, la industria inalámbrica está evolucionando sus redes hacia la tecnología IP.

Las comunicaciones inalámbricas empezaron como una rama de la telefonía fija por lo que no hubo normas globales que correspondieran a ellas. Así, los dos estándares que han dominado las comunicaciones móviles, TDMA/CDMA (Norteamérica) y GSM (Europa), están basados en la telefonía fija.

A medida que avanzamos hacia las tecnologías inalámbricas de tercera generación, crece la necesidad de elaborar normas más colaborativas y globales. Para hacer frente a este problema surgen los proyectos de cooperación 3GPP los cuales se enfocan principalmente en el desarrollo de estándares para redes que funcionan solo a base de IP. [15]

#### **2.5.1.1. 3GPP (*Third Generation Partnership Project*, **Proyectos de Asociación de Tercera Generación**)**

El foro 3GPP está constituido por organismos normativos de diferentes países, que conforman lo que se conoce como socios constituyentes. Uno de estos socios es la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*, Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones), una organización establecida con el fin de elaborar normas europeas de telecomunicaciones, que, en este caso, se encarga de traducir los documentos elaborados por el 3GPP a normas europeas.

Con el objetivo de no quedarse sin capacidad para cubrir las necesidades del mercado, el 3GPP evoluciono el sistema UMTS desde su primera versión, la

Release 99, incluyendo importantes mejoras que llevaron a nuevas variantes del estándar, como HSDPA, HSUPA, HSPA y HSPA+, todas caracterizadas por el incremento sustancial de la capacidad de transmisión y la mejor adecuación de la conmutación de paquetes, como se muestra en la Figura 18. Además, el 3GPP inició en el 2004 los estudios relacionados con la evolución de la red 3G hacia la Cuarta Generación Móvil (4G). El enlace entre ambas generaciones dentro del camino tecnológico definido por el 3GPP lo marca así la tecnología *Long Term Evolution*, que puede considerarse como una tecnología precursora de las redes 4G o el sistema más potente dentro de las tecnologías de 3G. [16]

	WCDMA	HSDPA/ HSUPA	HSPA+	LTE and HSPA+	LTE- advanced
<b>3GPP release</b>	3GPP Release 99/4	3GPP Release 5/6	3GPP Release 7	3GPP Release 8	3GPP Release 10
<b>App. year of network rollout</b>	2003/4	2005/6 (HSDPA) 2007/8 (HSUPA)	2008/2009	2010	
<b>Downlink data rate</b>	384 kbps (typ.)	14 Mbps (peak)	28 Mbps (peak)	LTE: 150 Mbps* (peak) HSPA+: 42 Mbps (peak)	100 Mbps high mobility 1 Gbps low mobility
<b>Uplink data rate</b>	128 kbps (typ.)	5.7 Mbps (peak)	11 Mbps (peak)	LTE: 75 Mbps (peak) HSPA+: 11 Mbps (peak)	
<b>Round Trip Time</b>	~ 150 ms	< 100 ms	< 50 ms	LTE: ~10 ms	

Figura 18. Evolución 3GPP.

Fuente: Rohde & Schwarz, UMTS Long Term Evolution (LTE) by Reiner

Stuhlfauth - November 2012 presentation.

## 2.5.2. Principales características del sistema 4G – LTE

Al inicio del proceso de normalización de LTE, se identificaron requisitos y características para el diseño de un sistema de este tipo. Estas características pueden resumirse en:

- **Velocidad de datos:** objetivo de 100 Mbps en tasas de transmisión de pico en enlace descendente y de 50 Mbps en enlace ascendente, en 20 MHz de ancho de banda, asumiendo terminales con 2 antenas de recepción y 1 en transmisión. Estas tasas de transmisión son casi 7 veces las tasas de transmisión en HSDPA Release 6 (14.4 Mbps) en el sentido descendente y casi 8 veces a HSUPA (5.7 Mbps) en el sentido ascendente.
- **Eficiencia espectral:** en las mismas condiciones del punto anterior, 20 MHz de ancho de banda, la eficiencia espectral requerida es de 5 bits/s/Hz en DL y 2,5 bits/s/Hz en UL, cifras que están entre 3 y 4 veces por encima de las de Release 6 en DL (HSDPA) y de 2 a 3 veces mejor que en Release 6 en el UL (HSUPA)
- **Rendimiento:** El rendimiento (*throughput*) medio por usuarios y MHz en enlace descendente debe ser entre 3 y 4 veces superior al de Release 6 y de 2 a 3 veces mejor que en Release 6 en enlace ascendente.
- **Latencia:** la latencia en el plano de usuario se refiere al tiempo de tránsito unidireccional de un paquete desde que está disponible en la capa IP en el terminal y la disponibilidad de este paquete en la capa IP de un nodo en la red de acceso radio, o viceversa. Esta latencia será inferior a 5 ms.
- **Ancho de banda:** deben soportarse anchos de banda escalables de 5, 10, 15 y 20 MHz para mayor flexibilidad.

- **Interconexión:** debe garantizarse la interconexión con los sistemas del 3GPP y otros sistemas no-3GPP. Los terminales multimodo deben soportar traspasos (*handover*) hacia y desde las redes previas, así como medidas inter-sistema. El tiempo de interrupción en el traspaso entre distintas tecnologías deberá ser inferior a 300 ms para los servicios de tiempo real y menos de 500 ms para los servicios de tiempo no-real.
- **Cobertura:** en cuanto a la cobertura del sistema, en LTE se debe cumplir que las presentaciones máximas del sistema lleguen hasta los 5 Km. Solo es admisible una leve degradación de la cobertura entre 5 Km y 30 Km y debería incluirse en el estándar la posibilidad de alcanza rangos de hasta 100 Km. [17]

### 2.5.3. Arquitectura del sistema 4G – LTE

La arquitectura de una red es la forma en la que se interconectan varios elementos que tienen las tecnologías adecuadas para definir los servicios y protocolos que satisfacen los requerimientos de red.

Para implementar una red LTE se debe considerar que debe soportar una transmisión de datos efectiva, una alta calidad de servicio y que debe soportar mayor movilidad que las anteriores tecnologías.

Para alcanzar los objetivos de LTE es preciso implementar una arquitectura de red plana. Estas estructuras tienen tendencia a simplificar lo máximo posible la



jerarquía, especialmente reduciendo la cantidad de elementos que se ocupan en la red. Por ejemplo, el componente radio en LTE debe asumir funciones que en otros sistemas se hallan distribuidas en diferentes plataformas.

Así, la arquitectura de los nuevos sistemas está diseñada para cumplir con varios requerimientos de funcionamiento del sistema como:

- Arquitectura simplificada orientada hacia una red IP.
- Óptima administración en la calidad de servicios.
- Interoperabilidad con otras redes 3GPP y redes inalámbricas.
- Incremento en la eficiencia del espectro.
- Mayor rendimiento para transferencias más altas de datos.
- Reducción de la latencia de la red.
- Mejor distribución de recursos y utilización del canal.
- Todos los servicios utilizan conmutación de paquetes.

La arquitectura de una red del sistema LTE es conocida como EPS (*Evolved Packet System*, Sistema de Paquetes Evolucionado). Básicamente este sistema está compuesto, como se muestra en la Figura 19, por los Equipos de Usuario (UE), la red de acceso E-UTRAN y la red troncal EPC (*Evolved Packet Core*, Núcleo de Paquetes Evolucionado). Estos últimos representan la capa de conexión IP cuyo objetivo principal es garantizar una alta conectividad.

La red troncal de los anteriores sistemas 3GPP estaba dividida en forma lógica por: Dominio de Circuitos (CS), Dominio de Paquetes (PS) y Subsistema Multimedia IP (IMS).

El Dominio de Circuitos es el encargado de proveer los servicios de telecomunicaciones mediante la conmutación de circuitos, utilizadas en las redes de acceso anteriores llamadas UTRAN. Para el caso de las redes evolucionadas E-UTRAN de LTE no se contempla el uso del Dominio de Circuitos debido a que todos sus servicios están orientados únicamente al Dominio de Paquetes.

El Subsistema Multimedia IP (IMS) es un conjunto de especificaciones utilizado como capa de conectividad hacia los servicios de telefonía y multimedia a través de IP.

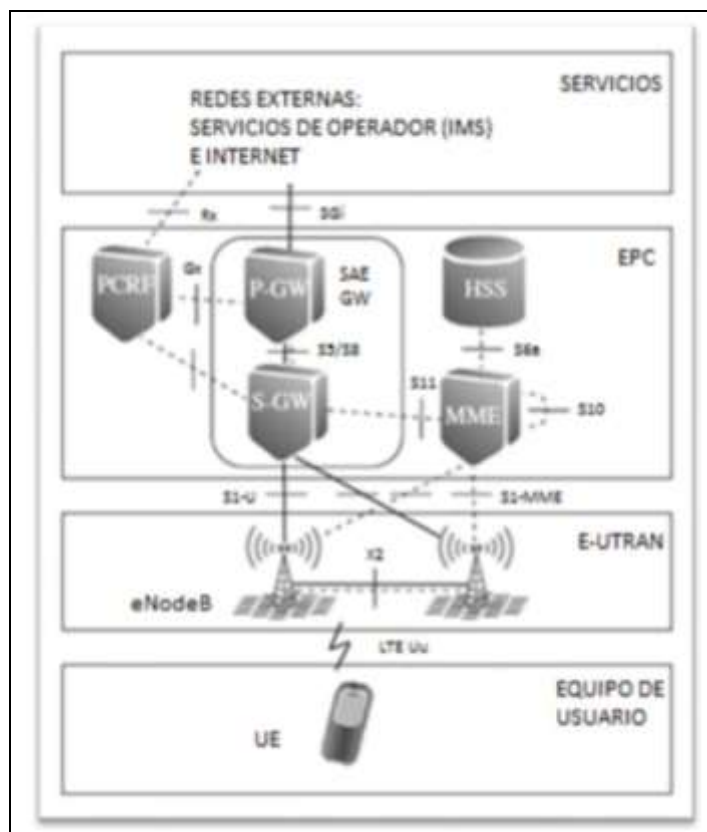


Figura 19. Arquitectura de red 4G – LTE.

Fuente: LTE for UMTS OFDMA and SC - FDMA Based Radio Access.

### 2.5.3.1. Elementos de la red 4G – LTE

#### 2.5.3.1.1. Servicios de Subsistema Multimedia IP (IMS)

Es considerado como una entidad externa de la red LTE que proporciona los mecanismos para la provisión de servicios multimedia basados en IP. Los elementos que conforman su infraestructura como servidores, bases de datos y plataformas, se comunican entre sí por medio de protocolos basados en normas IETF (*Internet Engineering Task Force*, Grupo de Trabajo de Ingeniería

de Internet) con el objetivo de facilitar la interoperabilidad de los diferentes terminales móviles con las redes globales.

El IMS pretende sustituir la provisión de los servicios que actualmente se ofrecen en modo de circuito por un mecanismo de conmutación de paquetes en el que incluso los servicios con restricciones de tiempo real se soportan mediante el protocolo IP.

El protocolo que soporta la señalización asociada a IMS es SIP (Protocolo de Inicio de Sesión), por lo que 3GPP lo adoptó como protocolo base

Este subsistema está compuesto por 3 capas:

- **Capa de aplicación:** Es la encargada de almacenar a los servidores de las diferentes aplicaciones multimedia que intercambian datos de las mismas ya sean con el usuario o con proveedores de aplicaciones externas.
- **Capa de control:** Contiene a las entidades de control de intercambio de información que se basan principalmente en el protocolo SIP anteriormente mencionado.
- **Capa de transporte:** Representa a la red IP que genera el encaminamiento de los paquetes IP dependiendo de la tecnología de acceso a la que se conecta en este caso la tecnología LTE.

### 2.5.3.1.2. Sistema EPC (*Evolved Packet Core*)

#### 2.5.3.1.2.1. Entidad de Gestión de Movilidad (MME)

La MME (*Mobility Management Entity*, Entidad de Gestión de Movilidad) es un elemento localizado en la red troncal EPC encargado de realizar las gestiones necesarias para tener acceso a los UE (*User Equipment*, Equipo de Usuario) mediante la red de acceso E-UTRAN. Cada UE, según su localización, tiene asignada una MME que sirve a un conjunto de eNodeBs dependiendo de la ubicación en la que se encuentren o según la carga que maneja cada uno de ellos. La Figura 20 muestra las funciones y flujos de la MME.

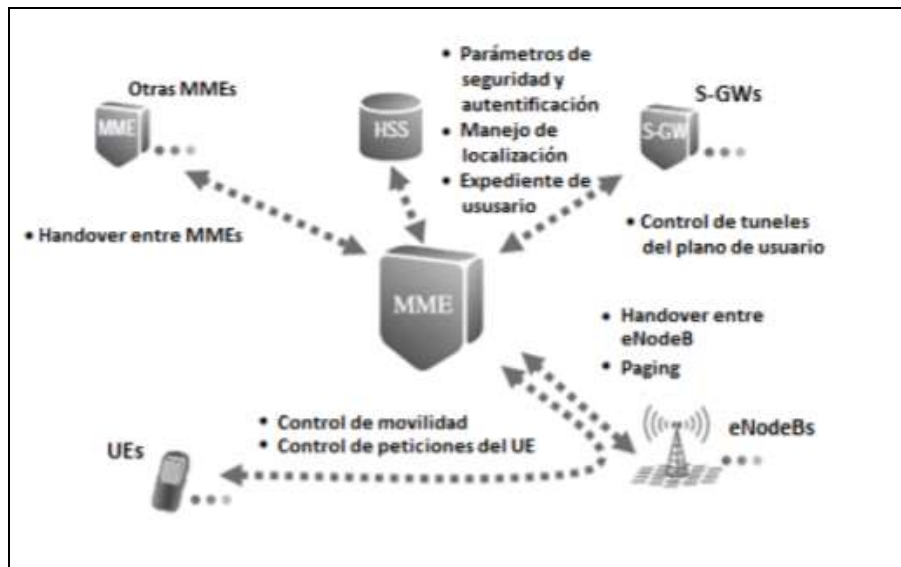


Figura 20. Funciones y flujos de la Entidad de Gestión de Movilidad.

Fuente: *LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access*).

Las funciones de la MME son:

- **Autenticación:** La MME se encarga de la autenticación y autorización de los UE en el sistema.
- **Movilidad:** Esta función en LTE se maneja únicamente en la entidad MME. La movilidad se encarga de rastrear a todos los UE que se encuentran en un área específica llamada Área de Seguimiento (TA, *Tracking Area*). La MME controla varias TAs, cada una gestionada por un eNodeB diferente para evitar solapamientos entre las áreas de servicio.

La MME realizará el seguimiento a un usuario, ya sea por eNodeB o por TA, mediante mensajes de aviso (paging) hasta localizar al UE. Y también ejecuta el control de señales para el handover entre eNodeBs, S-GW o MMEs

- **Manejo y gestión de suscripción y servicio de conectividad:** La MME se encarga de recuperar el perfil de servicios con los que cuenta un UE mientras este se encuentre registrado en la red. El perfil contiene información del tipo de paquetes de datos utilizado para la conexión entre la red y el UE.

#### **2.5.3.1.2.2. Puerta de enlace de servicio (S-GW, Serving Gateway)**

El elemento S-GW es parte de la Red Troncal EPC. Sus funciones de control son secundarias debido a que sus recursos son controlados por la entidad MME. Este es el medio que conecta varios eNodeBs de una zona a la MME.

Un UE puede estar enlazado a una sola S-GW, dependiendo de su ubicación, y mantener una cierta movilidad entre varios eNodeBs. Se sabe que la movilidad está ligada al proceso de *handover*, por eso, si el UE sale de la zona cubierta por una S-GW, necesitará realizar un *handover* para enlazarse a una segunda S-GW. Al igual que si sale de la cobertura de un eNodeB, necesita enlazarse a otro que le brinde el servicio. Ambos cambios son controlados por la MME.

La función sobresaliente de la S-GW es que permite el enlace de una red LTE, en su totalidad, con redes de diferentes tecnologías, especialmente otras versiones 3GPP como UTRAN o GERAN

Además, este elemento es el encargado de enrutar el tráfico de los usuarios ya sea de subida (desde el UE hacia la P-GW) o de bajada (desde la P-GW hacia los eNodeBs). También almacena todos los paquetes IP dirigidos a un usuario mientras este se encuentra fuera de servicio. Así, cuando el UE se reconecta a la red, recibe sus paquetes desde la S-GW. Las funciones y flujos del S-GW mostrados en la Figura 21.

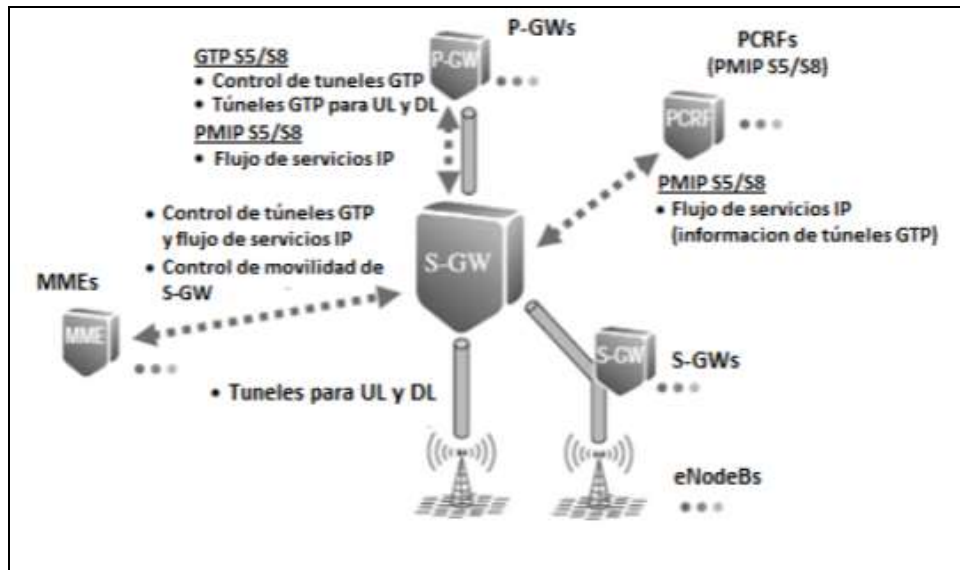


Figura 21. Las funciones y flujos del S-GW.

Fuente: LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access).

### 2.5.3.1.2.3. Puerta de red de paquetes de datos (P-GW, *Packet data network Gateway*)

Este elemento de la red troncalizada EPC se encarga de transmitir los paquetes IP generados por un UE en una red LTE hacia una red externa. La P-GW agrega también la dirección IP (IPv4 y/o IPv6) mediante DHCP a cada UE que lo ha solicitado.

La P-GW analiza todos los paquetes IP y elimina aquellos que no forman parte del tráfico regular. De la misma manera, puede determinar el costo y la tarifa que debe cancelar el usuario por el servicio de tráfico de datos.



La asignación de portadoras para la transmisión de paquetes de datos depende de las peticiones que provengan de la S-GW que a su vez es gestionado por la MME. Las funciones y flujos del P-GW mostrados en la Figura 22.

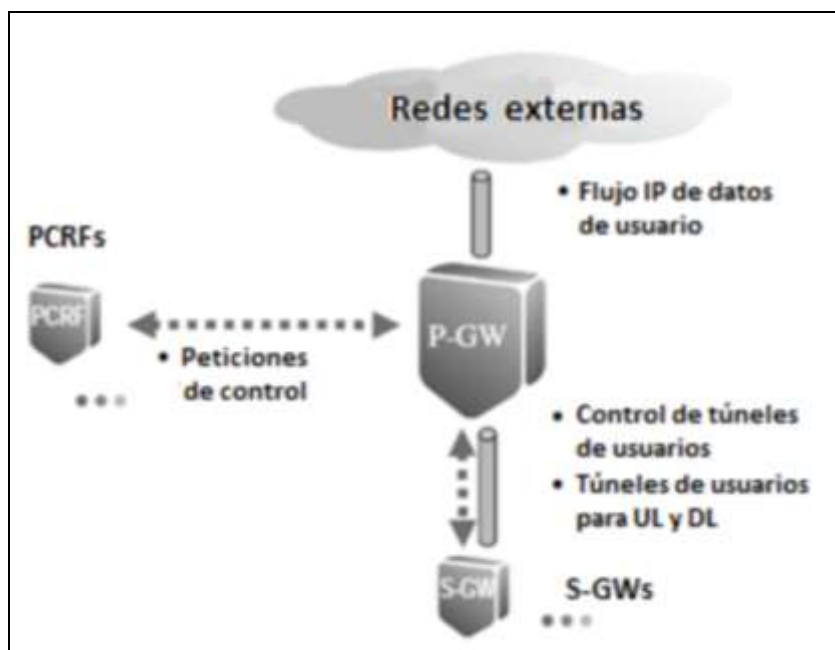


Figura 22. Las funciones y flujos del P-GW.

Fuente: LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access).

#### 2.5.3.1.2.4. Función de políticas y reglas de carga (PCRF)

La Función de Políticas y Reglas de Carga (PCRF, *Policy and Charging Rules Function*) es una entidad común en las redes 3GPP. Se encarga de la administración de los servicios de portadora utilizados por la P-GW y la S-GW, y del control de carga. Para realizar sus funciones se basa en los parámetros de QoS (*Quality of Service*, Calidad de Servicio) y tarificación.

El usuario no solicita un determinado QoS, sino la misma red se encarga de establecerlo mediante los servicios de portadora gestionados por ella misma.

En cuanto al control de tarificación, únicamente se valida la conexión de un UE con la red si el usuario cuenta con crédito. Las funciones y flujos del PCRF mostrados en la Figura 23.

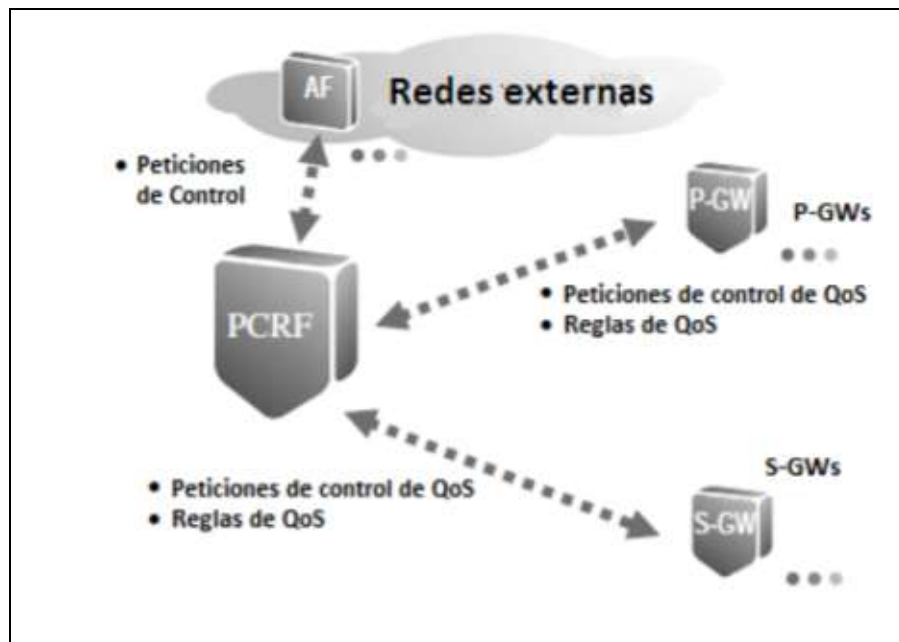


Figura 23. Las funciones y flujos del PCRF.

Fuente: LTE for UMTS OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access).

#### 2.5.3.1.2.5. Servidor de suscripción local (HSS, Home Subscriber Server)

Esta entidad es una base de datos compuesta por 2 elementos: el HLR (Registro de Localización Local) y el AuC (Centro de Autenticación).

El HLR almacena la información de perfil de todos los usuarios, incluyendo las

condiciones de contrato de cada uno de ellos, así como su localización temporal dentro de la red. Esta información es consultada y modificada frecuentemente por las diferentes entidades.

Para determinar la veracidad del usuario se encuentra la entidad AuC la cual mediante los vectores de autenticidad, que incluyen el IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*, Identidad Internacional del Abonado a un Móvil) del UE, confirma la existencia del usuario y genera claves de cifrado para proteger la transmisión de datos.

### **2.5.3.1.3. Red de Acceso E-UTRAN**

#### **2.5.3.1.3.1. eNodeB**

A diferencia de las redes con arquitecturas distintas, la red LTE cuenta con un único nodo llamado eNodeB (*evolved NodeB*) cuya funcionalidad es la de una estación base. Es capaz de manejar una o más celdas E-UTRAN.

En una red LTE se eliminan los componentes intermedios utilizados en tecnologías anteriores entre el UE y la estación base, lo que reduce la latencia y permite que el procesamiento de datos se distribuya entre varios eNodeB.

Debido a que es el único elemento de la E-UTRAN, se concentran en él todas las funciones de la red de acceso que son:

- **Manejo de los Recursos de Radio (RRM, *Radio Resource Management*):** Se da el control de la portadora de radio. Implica el manejo, control, asignación y balanceo de los recursos de radio en los canales de subida y de bajada.
- **Manejo de las funciones de *paging*:** Estos mensajes son generados por el MME y recibidos mediante la interfaz S1-MME. Se utiliza un enlace descendente mediante el cual el MME indica al UE que existe tráfico entrante dirigido hacia él, ya sea de voz, datos o SMS.
- **Gestión de handover:** Este proceso está basado en el análisis de las mediciones de señal de la portadora.

#### **2.5.3.1.4. Equipo de usuario (UE, *User Equipment*)**

Los equipos de usuario son los dispositivos finales que permiten al usuario acceder a los diferentes servicios ofrecidos por las redes mediante la interfaz de radio. Están compuestos por dos elementos: el equipo móvil y el USIM (*Universal Subscriber Identity Mobile*, Módulo de Identificación Universal del Suscriptor).

El equipo móvil es un dispositivo electrónico como: una laptop, un smartphone, una tablet, etc., que permite al usuario final interactuar de manera amigable con la red móvil.

El USIM es una aplicación ubicada dentro de una tarjeta removible llamada UICC (*Universal Integrated Circuit Card*, Tarjeta Universal de Circuito Integrado). Esta aplicación se encarga de autenticar a un usuario en la red proporcionando así la seguridad de que la transmisión de los datos se da únicamente entre los usuarios a quienes les corresponde.

La interfaz que comunica al UE con la red es la interfaz de radio denominada LTE Uu, la cual se definirá más adelante.

### **2.5.3.2. Interfaces**

#### **2.5.3.2.1. Interfaz LTE Uu**

Esta interfaz es conocida también como interfaz de aire o interfaz de radio. Mediante esta interfaz se transmiten paquetes IP de control, señalización e información entre el UE y su respectivo eNodeB.

Por este medio se realiza el paging y se envía información específica para el control de las redes de acceso y troncal, por ejemplo, los valores de potencia máxima de transmisión.

La interfaz de radio utiliza una torre de protocolos para la transmisión de datos, la misma que se encuentra dividida en una capa de enlace y una capa

física tanto para el plano de usuario como para el plano de control, tal como lo indica el gráfico de la Figura 24.

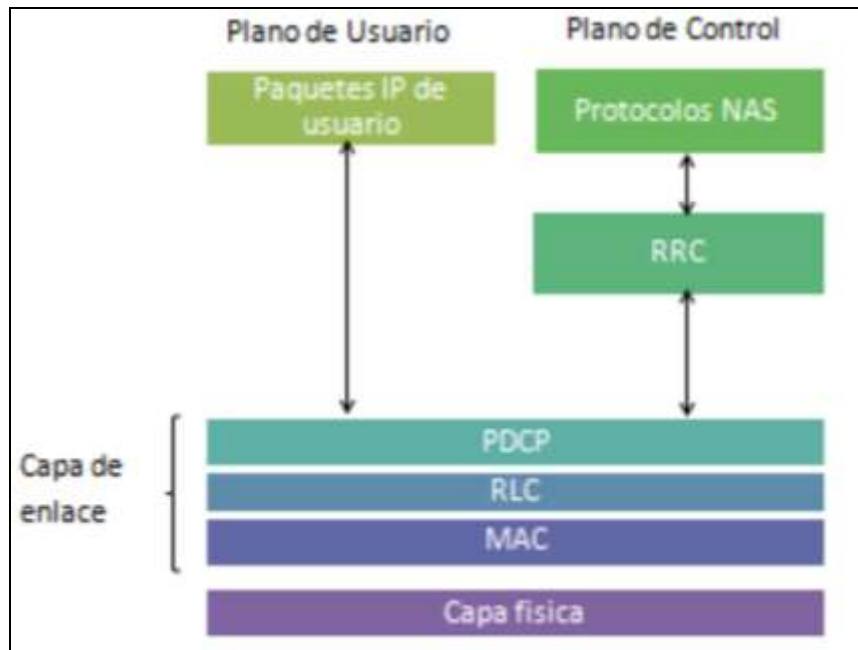


Figura 24. Subcapas de la capas de enlace.

Fuente: LTE: Nuevas Tendencias de Comunicaciones Móviles.

La capa de enlace se encuentra dividida en varias subcapas las cuales son:

- **PDCP (Packet Data Convergence Protocol, Protocolo de Convergencia de Paquetes de Datos):** Esta capa es la encargada de comprimir las cabeceras de los paquetes IP y de cifrar los mismos para mantener la integridad de la información. Además agrega bits a la cabecera que indican la secuencia de los paquetes.
- **RLC (Radio Link Control, Control del Enlace Radio):** Esta subcapa se encarga de corregir errores de las tramas mediante ARQ, además de ordenarlas y re-ensamblarlas para entregar a la capa PDCP.

- **MAC (*Medium Access Control*, Control de Acceso al Medio):** Las funciones de esta subcapa son las de multiplexar los diferentes paquetes que provienen de la capa RLC para enviarlas por la capa física a los diferentes usuarios mediante canales lógicos.

Por otro lado, la capa física es la encargada de gestionar el canal de transmisión. En esta capa se encuentran las características de modulación de la señal junto con las técnicas MIMO (*Multiple Input-Multiple Output*, Múltiple Entrada-Múltiple Salida).

En el plano de control se encuentra la capa RRC (*Radio Resource Control*, Control de Recursos Radio), la cual es la encargada del control y gestión de la interfaz de radio, soporta las funciones de manejo de recursos de asignación de portadoras para los usuarios, control de *handover*, *broadcasting*, entre otros. Para esto se vale del protocolo NAS (*Network Attached Storage*, Almacenamiento Adjunto en Red) de almacenamiento de datos correspondientes a cada usuario.

#### **2.5.3.2.2. Interfaz S1-U**

Esta interfaz se encuentra en el plano de usuario y sirve para comunicar a los eNodeBs con la S-GW. Además es utilizada como una pasarela de conmutación durante el *handover* entre eNodeBs.

Los protocolos de esta interfaz se encuentran divididos en dos capas: RNL (*Radio Network Layer*, Capa de Red de Radio o acceso) y la TNL (*Transport Network Layer*, Capa de Transporte de Red), como lo indica la Figura 25.

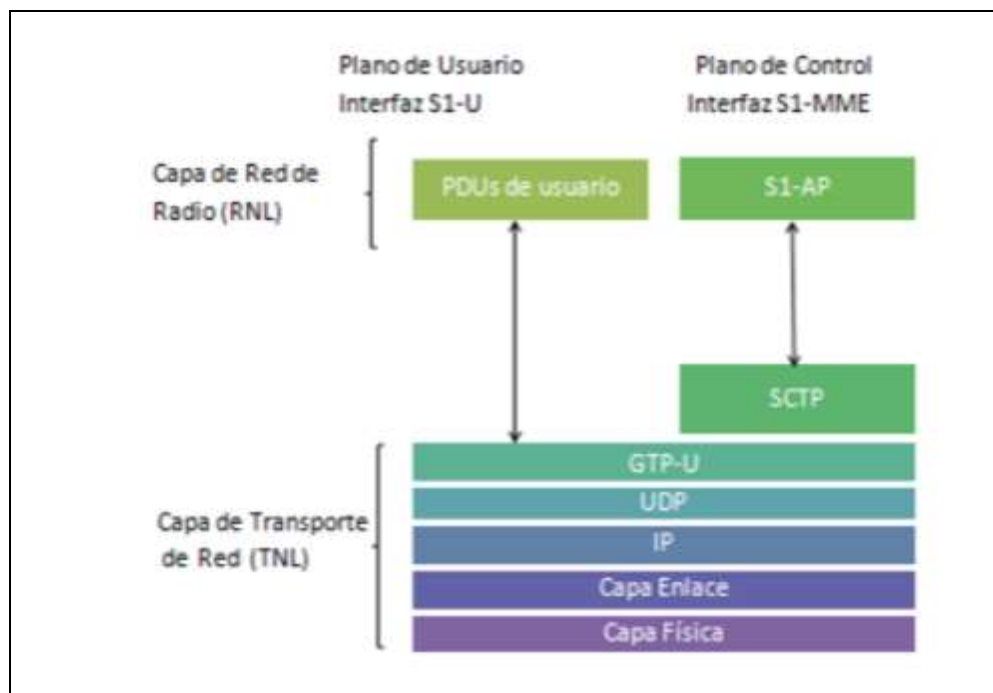


Figura 25. Interfaz S1: S1-U y S1-MME.

Fuente: LTE: Nuevas Tendencias de Comunicaciones Móviles.

En la capa RNL se encuentra el protocolo PDU de usuario. Este se encarga de gestionar los recursos de comunicación de la red de acceso.

Los protocolos utilizados en la capa TNL son: GTP-U, UDP e IP.

- **GTP-U:** El protocolo GTP-U está basado en el tunelamiento GPRS. Se encarga de facilitar la movilidad dentro de las redes 3GPP. Este



protocolo encapsula e incluye en la cabecera de cada paquete IP el identificador del túnel por el cual va a pasar, su longitud y el número de secuencia.

- **UDP/IP:** Este protocolo envía los paquetes como datagramas sobre redes IP de manera directa. Trabaja sin conexión, por lo tanto no existe ningún tipo de control ni de detección de errores en los paquetes que llegan por la capa física

#### **2.5.3.2.3. Interfaz S1-MME**

Esta interfaz sirve para comunicar a los eNodeBs con la MME. Las funciones básicas que se establecen en esta interfaz son las de enviar mensajes de control al eNodeB, que posteriormente serán reenviados al usuario, y de transmitir las señales de gestión de localización de los usuarios en una celda, los paquetes de paging y los avisos de handover, es decir, todos estos servicios gestionados por la MME.

Al igual que la interfaz S1-U, esta también está compuesta por las capas RNL y TNL, como se indica en la Figura 25.

En la capa RNL se encuentra el protocolo S1-AP que soporta todas las funciones iniciadas por la MME como las mencionadas anteriormente (paging, handover, localización, etc.). Mientras que en la capa TNL se tiene el protocolo SCTP que cumple con las mismas funciones que los protocolos GTP-U y UDP.

El SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*, Protocolo de Transmisión del Control de la Corriente), un protocolo de transporte que hereda características de TCP, incorpora a su vez características adicionales como multi-stream y *multihoming*, que dan mayor robustez a los paquetes transportados. Adicionalmente, estos paquetes se basan en mensajes y no en estructuras de bytes como lo hacía TCP.

#### **2.5.3.2.4. Interfaz X2**

Esta interfaz sirve para transportar información entre eNodeBs adyacentes, que incluye la transferencia de paquetes de usuario y la información requerida para realizar un *handover*.

Los protocolos de la interfaz X2 son los mismos que se utilizaron en el plano de usuario de la interfaz S1 (S1-U), con la única diferencia de que en la capa RNL el protocolo S1-AP es remplazado por el protocolo X2-AP tal como lo indica la Figura 26.

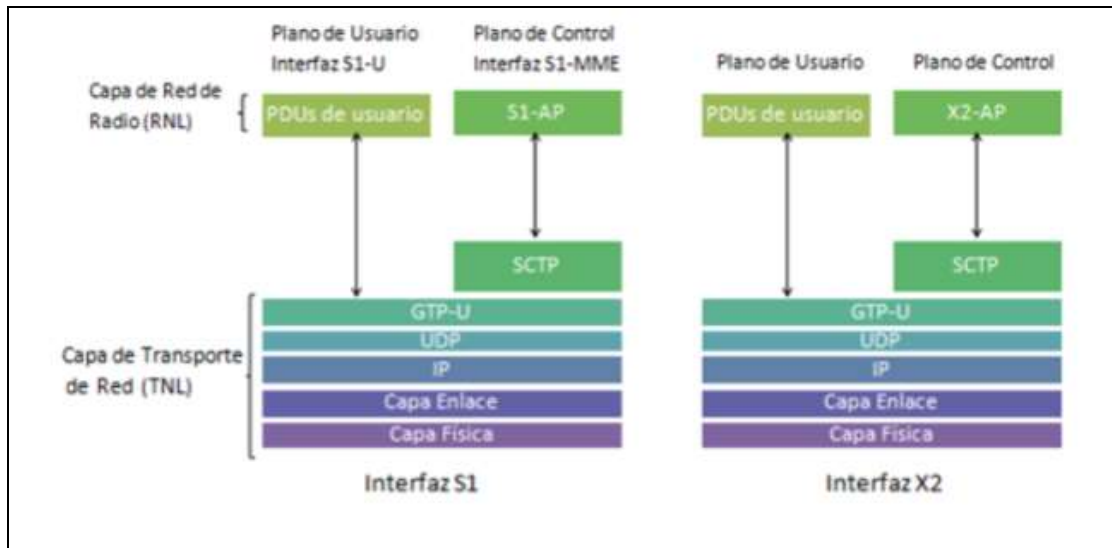


Figura 26. Interfaz S1 y X2.

Fuente: LTE: Nuevas Tendencias de Comunicaciones Móviles.

El protocolo X2-AP transporta datos utilizados para la gestión de movilidad, manejo de carga, informe de situaciones de error, configuración de actualizaciones y ahorro de energía para operar correctamente con otros eNodeBs.

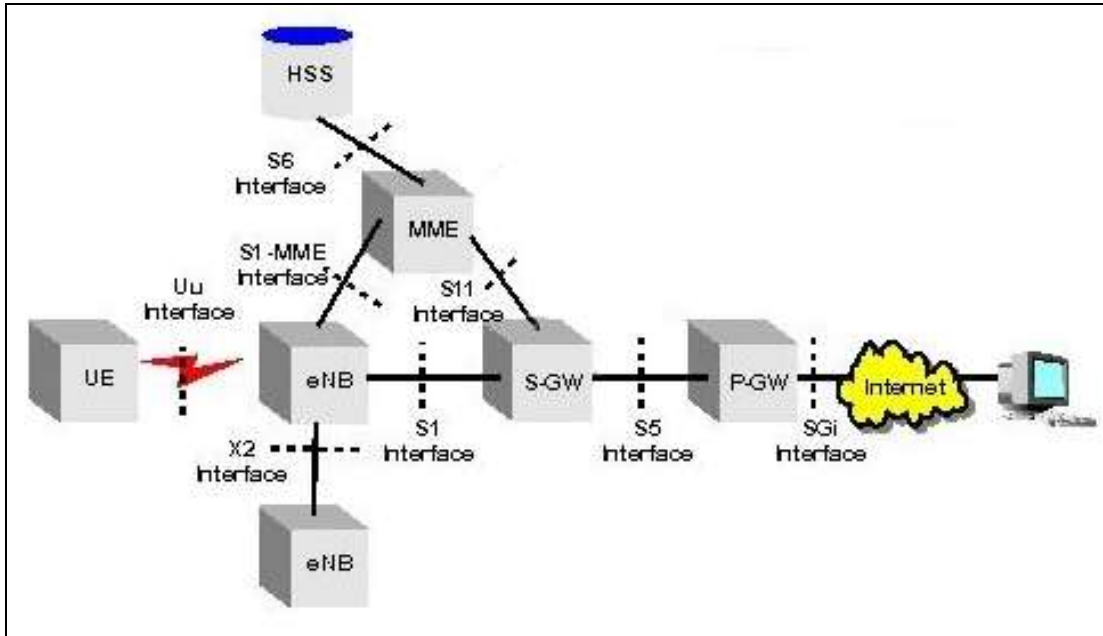
### 2.5.3.2.5. Interfaces de Red Troncal EPC

- **Interfaz SGi:** Esta interfaz sirve para conectar a las redes de datos externas (IMS o Internet) con la P-GW. Transporta datos tanto en protocolos IPv4 como en IPv6. La SGi es la interfaz equivalente a la interfaz Gi para las redes 2G/3G.
- **Interfaz S5-S8:** Interconecta las entidades P-GW y S-GW. La diferencia entre la interfaz S5 y S8 radica en que la primera sirve para comunicar a

entidades dentro de una misma red, mientras que la S8 comunica a entidades de diferentes redes. Los protocolos de esta interfaz son: GTP/UDP/IP

- **Interfaz S11:** Es la encargada de la comunicación entre las entidades MME y S-GW. Mediante esta interfaz se transporta información de señalización dirigida hacia los usuarios. En el caso de *handover*, la MME controla la transferencia de paquetes de las S-GWs involucradas mediante esta interfaz. Los protocolos involucrados son: GTP/UDP/IP.
- **Interfaz S10:** Esta interfaz relaciona a dos entidades MME. Se utiliza para transferir información de usuarios que realizan *handovers* entre MMEs. Contiene la información de seguridad de usuario, gestión de movilidad y servicios portadores. Los protocolos utilizados son: GTP/UDP/IP.
- **Interfaz S6:** Comunica al HSS con la entidad MME. Permite realizar funciones propias de gestión de usuarios que incluyen localización, autenticación, identificación, perfil de suscripción tanto de usuarios de la red como de otras redes. El protocolo que maneja esta interfaz es el *Diameter*, el cual es considerado como el protocolo de evolución del *RADIUS* que complementa las funciones establecidas para AAA (*Authentication, Authorization, Accounting*; Autenticación, Autorización, Contabilización). [18]

Todas las interfaces de una red LTE, se muestran en la Figura 27.



*Figura 27. Interfaces de la red LTE.*

*Fuente: <http://www.althos.com/tutorial/UMTS-LTE-tutorial-network-interfaces.html>.*

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL PROYECTO**

El presente capítulo describe la información del diseño, implementación y desarrollo de proyecto de modernización de las estaciones. Adicionalmente menciona las especificaciones técnicas de los equipos implementados en las estaciones y sus principales características y ventajas. Por último, se muestran ejemplos de la operatividad y desempeño de las nuevas estaciones puesta en servicio.

#### **3.1. Dimensionamiento y diseño del proyecto**

##### **3.1.1. Distribución a nivel distrital de estaciones y BSCs**

Como propuesta al requerimiento planteado por el operador, se requiere realizar modernización a 825 estaciones de Lima Metropolitana que actualmente solo cuentan con servicio de 3G y/o 2G con equipos Nokia. El total de estaciones se distribuye en 39 distritos de Lima y 6 Distritos de la provincia constitucional del Callao como se muestra en la Tabla 2. A cada distrito le corresponde una cantidad de estaciones a modernizar, esta información es brindada por el operador previo estudio de tráfico y demanda de usuarios realizados por departamentos y especialistas de radio propios del operador.

LIMA			LIMA		
N°	Distrito	Cantidad de Estaciones	N°	Distrito	Cantidad de Estaciones
1	MAGDALENA DEL MAR	21	24	INDEPENDENCIA	12
2	JESUS MARIA	15	25	LINCE	10
3	LA MOLINA	16	26	VILLA EL SALVADOR	23
4	ATE	41	27	BREÑA	12
5	LOS OLIVOS	25	28	SAN LUIS	12
6	SAN JUAN DE LURIGANCHO	54	29	SAN MIGUEL	22
7	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	18	30	RIMAC	10
8	SANTA ANITA	16	31	SAN BORJA	26
9	COMAS	32	32	CHACLACAYO	4
10	LURIGANCHO	17	33	PUCUSANA	1
11	PACHACAMAC	8	34	SAN BARTOLO	3
12	SAN JUAN DE MIRAFLORES	22	35	ANCON	2
13	EL AGUSTINO	11	36	PUNTA HERMOSA	2
14	SAN MARTIN DE PORRES	35	37	LURIN	6
15	CARABAYLLO	19	39	CHORRILLOS	26
16	PUENTE PIEDRA	16	<b>CALLAO</b>		
17	LIMA	62	N°	Distrito	Cantidad de Estaciones
18	LA VICTORIA	32	1	CALLAO	38
19	SURQUILLO	17	2	VENTANILLA	17
20	MIRAFLORES	27	3	BELLAVISTA	10
21	BARRANCO	4	4	LA PERLA	7
22	SANTIAGO DE SURCO	46	5	CARMEN DE LA LEGUA REYNOSO	3
23	SAN ISIDRO	24	6	LA PUNTA	1

*Tabla 2. Distribución de las estaciones por distrito de Lima y Callao.*

*Fuente propia.*

Estas 825 estaciones que tendrán como finalidad ofrecer servicios con tecnologías 2G, 3G y 4G, estarán controladas por 5 nuevas BSC que serán provistas, implementadas y configuradas para el operador de tal manera que equitativamente controlen las 825 estaciones. Proveer de RNCs no es necesario ya que el operador actualmente cuenta con estos sitios ofreciendo

cobertura con el servicio de 3G. En la Tabla 3. Podemos observar la distribución de estaciones por distrito a las 5 BSC de manera equitativa.

BSC	Distrito	Estaciones	BSC	Distrito	Estaciones
BSC01	BARRANCO	4	BSC03	CALLAO	38
	LINCE	10		VENTANILLA	17
	VILLA EL SALVADOR	23		BELLAVISTA	10
	BREÑA	12		LA PERLA	7
	SAN LUIS	12		CARMEN DE LA LEGUA REYNOSO	3
	SAN MIGUEL	22		LA PUNTA	1
	RIMAC	10		LIMA	62
	SAN BORJA	26		LOS OLIVOS	25
	CHACLACAYO	4	BSC04	SAN JUAN DE MIRAFLORES	22
	PUCUSANA	1		EL AGUSTINO	11
	SAN BARTOLO	3		SAN MARTIN DE PORRES	35
	ANCON	2		CARABAYLLO	19
	PUNTA HERMOSA	2		PUENTE PIEDRA	16
	LURIN	6		SANTA ANITA	16
CHORRILLOS	26	COMAS		32	
INDEPENDENCIA	12	LURIGANCHO		17	
BSC02	SANTIAGO DE SURCO	46	BSC05	SAN JUAN DE LURIGANCHO	54
	SAN ISIDRO	24		VILLA MARIA DEL TRIUNFO	18
	LA VICTORIA	32		MAGDALENA DEL MAR	21
	SURQUILLO	17		JESUS MARIA	15
	MIRAFLORES	27		LA MOLINA	16
	PACHACAMAC	8		ATE	41

*Tabla 3. Distribución de los distritos y estaciones en las BSCs.*

*Fuente propia.*

De acuerdo a la distribución tomada, para la BSC01 corresponde la asignación y control de 163 sitios en 15 distritos, 166 sitios para las BSC02 en 7 distritos, BSC03 con 163 sitios en 8 distritos, BSC04 con 168 sitios en 8 distritos y la BSC05 con 165 sitios en 6 distritos. (Tabla 4.)



<b>BSC</b>	<b>Estaciones</b>	<b>Distritos</b>
BSC01	163	15
BSC02	166	7
BSC03	163	8
BSC04	168	8
BSC05	165	6

*Tabla 4. Distribución de cantidad de sitios por BSC.*

*Fuente propia.*

### **3.1.2. Plan y cronograma del proyecto**

Como todo proyecto, el presente cuenta con un plan de trabajo distribuido durante los meses del año y con avances rigurosamente establecidos y a cumplir semana a semana. El plan y cronograma del proyecto comprende lo que es la recolección de información de los sitios (ETS: Estudio Técnico del Sitio), aprobación de los Reporte ETS (RETS), instalación e integración de las 5 BSC, envío y recepción de los equipos necesarios por parte de los proveedores, implementación de los sitios, comisionamiento e integración de los sitios, monitoreo, pruebas y finalmente la puesta en servicio. Gráficamente podemos observar el cronograma mencionado en la Figura 28.



de información que contiene cada RETS, esta tarea se extiende durante 9 semanas desde la última de enero hasta la última de marzo. Se hará la revisión y aprobación de 100 sitios por 8 semanas y en la última se harán 25. Paralela a esta tarea, se harán algunas como las de envío total y recepción parcial de equipos de las BSC y estaciones, comienzo de comisionamientos e integraciones, monitoreo, pruebas y puesta en servicio de las 40 primeras estaciones de tipo GL (GSM – LTE).

- **5 BSC en servicio:** la puesta en servicio de las BSCs que controlarán las 825 estaciones, se distribuye en 5 semanas entre los meses de febrero y mitad de marzo. La primera y segunda semana de febrero se hace el envío de los equipos para 3 BSCs (vía marítima) y 2 BSCs (vía aérea) respectivamente. Posteriormente se reciben los equipos y para la segunda semana de marzo ya se procede a hacer la implementación, configuración y puesta en servicio del total de las nuevas BSCs.
- **Envío – Estaciones y Kit de antenas:** tarea llevada a cabo en 6 semanas para las 825 estaciones. El envío de los equipos para las 300 primeras estaciones se realiza vía aérea durante las dos primeras semanas (empezando la última semana de enero con 150 estaciones cada semana). Las 3 semanas siguientes se envían equipos para 150 estaciones cada semana vía marítima. Finalizará esta tarea la primera semana de marzo con el envío de los equipos para las 75 últimas estaciones vía aérea.

- **Recepción – Estaciones y Kit de antenas:** recepción implica también todos los procedimientos aduaneros hasta tener los equipos en almacén listos para ser implementados en los sitios. Se tendrá la primera recepción en almacén para las 150 primeras estaciones 3 semanas después del primer envío vía aérea (tercera semana de febrero). Posteriormente se irán recibiendo 150 envíos en intervalos de 2 semanas a excepción del último con recepción para 75 estaciones la segunda semana de junio. Paralela a esta tarea se irán implementando, comisionando, integrando, monitoreando y poniendo en servicio en un total de aproximadamente el 70% de las estaciones al término de la última recepción.
- **Instalación, comisionamiento e integración:** el despliegue de estos 3 trabajos comienza a partir de la tercera semana de marzo y se extiende por 20 semanas terminando a mitad del mes de agosto. Se realiza el trabajo para 50 estaciones por semana durante 13 semanas y las siguientes 7 el trabajo se reduce a 25 estaciones. Tras la instalación de una estación, se hará el comisionamiento e integración dentro de la misma semana, no se puede dejar para semanas posteriores para evitar la posibilidad de perder orden en el trabajo planeado.
- **Monitoreo y pruebas:** trabajos que comenzarán a partir de la tercera semana de marzo y se extiende por 24 semanas terminando a mitad del mes de agosto. Se realiza el trabajo para 40 estaciones por semana durante 11 semanas, 30 estaciones las siguientes 12 semanas y 25

estaciones solo la última semana culminando todo a mitad de septiembre.

- **Puesta en servicio:** procedimiento similar al de monitoreo y pruebas, se extiende por 24 semanas trabajándose 40 estaciones por semana durante 11 semanas, 30 estaciones las siguientes 12 y 25 estaciones solo la última semana culminando todo la tercera semana de septiembre. Difiere del procedimiento anterior en que comienza una semana después (última de marzo) y acaba una semana después (tercera de septiembre).

### 3.1.3. Flujo logístico

El flujo logístico es el procedimiento paso a paso mediante el cual se obtienen los equipos y materiales para realizar la modernización de cada uno de los sitios de acuerdo al cronograma y plan de trabajo.

Este flujo comprende los pasos de elaboración del ETS, envío y almacenamiento de equipos y materiales, requerimiento de materiales y recojo, transporte, instalación y desmontaje de los equipos a reemplazar. Cabe resaltar que para el flujo logístico se involucran 4 agentes: Colaboradores y contratistas, el operador (Claro), almacén y el proveedor Huawei (encargado de proponer, planificar, ejecutar y garantizar la operación del proyecto). Se puede observar de manera gráfica el mencionado flujo en la Figura 29.

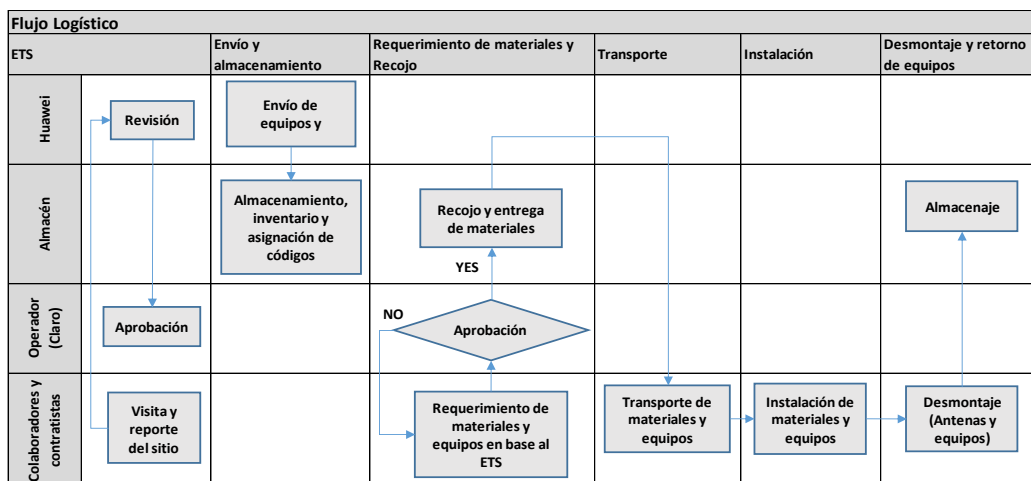


Figura 29. Flujo logístico.

Fuente: Diseño propio.

- **Elaboración de ETS:** son realizados por los colaboradores y contratistas quienes visitan los sitios y obtienen la información necesaria de acuerdo al RETS. Estos RETS son revisados por el proveedor como paso previo a la entrega al operador para quedar a la espera de su pronta aprobación.
- **Envío y almacenamiento:** consiste en el envío por parte del proveedor de equipos y materiales estimados de acuerdo al plan de proyecto hacia el Perú, posteriormente serán almacenados, inventariados y se les asignara códigos para la etapa de requerimiento de acuerdo a los RETS. Participan en esta etapa Huawei y la administración del almacén.
- **Requerimiento de materiales y recojo:** los agentes participantes en esta etapa son los colaboradores y contratistas, el operador y almacén. Por parte de los colaboradores, se encargaran de hacer el requerimiento (documentado) de materiales y equipos en base al RETS del sitio a

modernizar para después ser presentado al operador para su aprobación. Finalmente, el requerimiento aprobado es presentado a almacén para la entrega y recojo de lo solicitado.

- **Transporte:** realizado por parte de los colaboradores y contratistas. Consiste en el traslado de los materiales y equipos desde almacén hasta el sitio.
- **Instalación:** con los materiales recogidos de almacén y trasladados hasta el sitio, se procede al montaje e instalación de estos por parte de los colaboradores y contratistas
- **Desmontaje y retorno de equipos:** luego de la instalación de los nuevos equipos y materiales, los que fueron removidos serán retornados a almacén por parte de los contratistas y colaboradores. En almacén se hará la certificación de los equipos ingresados a través de la emisión de un acta de entrega.

La importancia de contar con este flujo logístico, es poder realizar un trabajo estructurado y ordenado para lograr de manera óptima los objetivos planteados de acuerdo al plan y cronograma de trabajo.

### **3.2. Estudio técnico del sitio – ETS**

En la obtención de datos el ingeniero documentador elabora dos documentos iniciales, el ERAV (Estudio de Radio - Aceptación y Validación) y RETS (Reporte de Estudio Técnico del Sitio).





### **3.2.2. Reporte de Estudio Técnico del Sitio**

Documento más elaborado y detallado que el ingeniero de campo prepara, el cual refleja los datos específicos de la estación base a modernizar y que además sirve para calcular un estimado de los materiales nuevos que se van usar.

Este documento contiene la siguiente información:

- Datos generales del sitio
- Sistema RF-1
- Soportes
- Pasa muros
- Sistema de aterramiento
- Sistema RF-7
- Antenas existentes
- Reporte fotográfico de las antenas
- Conexiones de energía DC
- Instalación de equipos
- Transmisión
- Recorrido Out\_In door
- Área alquilada
- Vista de planta
- Dispositivos a desinstalar

- Material local
- Alarmas

Toda esta información se ingresa en un archivo Excel incluyendo fotos e imágenes y posteriormente se presentan al operador para su evaluación y confirmación.

#### **3.2.2.1. Datos Generales del sitio**

Este apartado contiene la localización geográfica de la estación base, ubicación de los equipos dentro del espacio arrendado y la forma de acceder a ella (dirección de la estación base, número de pisos del edificio, referencia del lugar, coordenadas, etc.). También se incluye una imagen satelital de la ubicación exacta del sitio.

La Figura 31 nos muestra el formato y contenido del anexo de datos generales del RETS.



		<b>TECHNICAL SITE SURVEY REPORT DBS3900</b>		<i>Site ID / Código del Site</i> <b>LI0763</b>		<i>Site Name / Código del Site</i> <b>AMANCAES</b>	
<i>Country / País</i> <b>PERU</b>		<i>Region</i> <b>LIMA</b>		<i>Surveyor (Name - Phone) Responsable del reporte (Nombre - TELÉFONO)</i> <b>CALEB VASQUEZ</b>		<i>Date / Fecha</i> <b>12/02/2015</b>	
						<i>REVISION</i> <b>1</b>	
<b>1.1 Job Data / Información general del sitio</b>							
<b>Site address / Dirección del Site</b>							
<i>Department / Departamento</i> <b>LIMA</b>		<i>Province / Provincia</i> <b>LIMA</b>					
<i>District / Distrito</i> <b>SURCO</b>							
<i>Address / Dirección</i> <b>LOS AMANCAES 1275</b>							
<i>Reference / Referencia</i> <b>ALTURA DE PROSEGUR PANAMERICANA SUR ANTES DE LLEGAR AL PUE</b>							
<b>Site Survey Attendance / Participantes del site survey</b>							
<i>Claro Supervisor RF</i> <b>Jorge Montenegro</b>		<i>Phone / Telefono</i> <b>989544791</b>					
<i>Huawei Supervisor</i> <b>Juan Carlos Montezza</b>		<i>Phone / Telefono</i> <b>989544791</b>					
<b>1.2 Technical Site Data / Datos técnicos del sitio</b>							
<b>Latitude-Longitude Decimal/ Coordenadas ( WGS 84) (Grados decimales)</b>							
<i>Latitude/ Latitud (S) (WGS84)</i> <b>12.127560</b>		<i>Longitude/Longitud (W) (WGS84)</i> <b>76.967970</b>					
<i>Altitude SNM (m)</i> <b>205</b>							
<b>Site type / Tipo de sitio</b>							
<input type="checkbox"/> GREENFIELD		<input type="checkbox"/> OUTDOOR		<input checked="" type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/> ROOFTOP		<input type="checkbox"/> INDOOR					
<input checked="" type="checkbox"/> SITE DE CLARO		<input type="checkbox"/> COSITE CON NEXTEL		<input type="checkbox"/> COSITE CON TELEFONICA			
<b>1.3 Site Access / Acceso al sitio</b>							
<i>Need Keys / Necesita llaves</i> <input checked="" type="checkbox"/>		<i>Need access letter the same day / Necesita carta de acceso el mismo dia</i> <input checked="" type="checkbox"/>		<i>The site has a boyguard / El sitio tiene una persona de seguridad</i> <input checked="" type="checkbox"/>			
<i>Need email / Necesita correo</i> <input type="checkbox"/>				<i>Need extra keys / Necesita llave extra</i> <input type="checkbox"/>			
<i>Need a scort / Necesita un escolta :</i> <input type="checkbox"/>		<i>Need send access letter in advance / Necesita carta de acceso con anticipacion</i> <input type="checkbox"/>					
<i>Work time / Horario de trabajo</i> <b>De 9:00 Am hasta las 5:00 Pm</b>							
<i>Where the keys give us /Las llaves de donde se sacan</i> <b>Las llaves se encuentran en CLARO de Arriola en la Vi</b>							
<i>Data of owner / Datos del Propietario Datos de la persona con quien se coordina</i>							
<b>Se tiene cobertura de otros operadores</b>		<input checked="" type="checkbox"/> CLARO		<input checked="" type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO	
		<input checked="" type="checkbox"/> NEXTEL		<input checked="" type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO	
		<input checked="" type="checkbox"/> TELEFONIA SATELITAL		<input checked="" type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO	
		<input checked="" type="checkbox"/> OTROS		<input checked="" type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO	
<i>Mountain / El site esta en un cerro o montaña</i> <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> NO		<i>La movilidad llega al sitio</i> <input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> SI	
<i>Time to the walk / Tiempo de Caminata al site</i> <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> 5 MIN		<i>Se requiere acarreo</i> <input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> SI	
<i>Tipo de movilidad que llega al sitio</i> <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> AUTO			
<b>Se requiere acceso especial ( Mina, etc)</b> <input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/> NO	
<b>Building position / Ubicación del inmueble</b> ( Sketch below the ground floor showing main roads and possible crane/host positions / Dibujar un esquema de la planta del sitio indicando las calles principales y las posibles ubicaciones de la grua )							
<b>Figura 1.1 Drawing of Building position / Dibujo de ubicacion del inmueble en Google</b>							
							
<b>Comments / Comentarios:</b>							

Figura 31. Anexo de datos generales del reporte del estudio técnico del sitio.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

### 3.2.2.2. Sistema RF-1

Contiene información física de RF tales como:

- **Estructura y tipo de la torre:** Se observa y confirma si la torre es ventada, auto soportado, monopolo, arriostrada, mástil, etc.
- **Datos del sistema RF final:** Se confirman los valores finales, por tecnología y sector, que se planean tener para después de la modernización de los parámetros de RF (azimut, tilt, altura de la antena, etc.) y se ubican en la tabla del documento tal como se muestra en la Figura 32.

2.2 Antenna data / Datos del sistema de RF final						
DATA RF (2G)	Sector 1		Sector 2		Sector 3	
Modelo de Antena	R2V2PX310R		R2V2PX310R		R2V2PX310R	
Azimuth	40		120		180	
Tilt (M / E)	2/10		2/10		0/6	
Altura de Antena	20		20		20	
DATA RF (3G)	Sector 1		Sector 2		Sector 3	
Modelo de Antena	R2V2PX310R		R2V2PX310R		R2V2PX310R	
Azimuth	40		120		180	
Tilt (M / E)	2/8		2/8		0/9	
Altura de RRU	16		16		16	
Altura de Antena	20		20		20	
DATA RF (LTE)	Sector 1		Sector 2		Sector 3	
Modelo de Antena	R2V2PX310R		R2V2PX310R		R2V2PX310R	
Azimuth	40		120		180	
Tilt (M / E)	2/10		2/10		0/6	
Altura de RRU	20		20		20	
Altura de Antena	20		20		20	
2.3 Jumpers of new RRU's for the sectors						
DATA RF (LTE)	Sector 1		Sector 2		Sector 3	
	LTE	GSM	LTE	GSM	LTE	GSM
Jumper length / : RRU-antena	3		3		3	
Jumper Quantity per sector:	4		4		4	

Figura 32. Valores finales para el sistema de RF por sector y tecnología.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

- **Número y longitud de los cables coaxiales (*jumpers*) por nueva Unidad de Radio Remota:** Dependiendo del tipo de antena y el uso que se le va a dar a cada canal de la RRU (2T2R, 2T4R) para este caso en especial en LTE se usa la configuración 2T4R (2 canales de Tx y 4 canales de Rx).
- **Fotografía completa de la torre:** Se muestra una imagen de manera general de la torre o estructura similar en la que se ubiquen las antes y/o RRUs.
- **Instalación de antenas:** Se verifica si los soportes existentes por antena van a ser reemplazados por otras nuevas tomando en cuenta que las nuevas antenas son de dimensiones mayores. (Ejemplo en la Figura 33).

Installation of the antennas /Instalación de las antenas				
ANTENAS OUTDOOR		Soporte Metálico nuevo Sector 1		
Antenas Outdoor Sector 1				
 <p>SWAP antena 3G h=19.00 m</p>	Se requiere soporte para antena HEXA		NA	
	Se requiere soporte para antena TETRA		NA	
	Dimensiones de Antena HEXA			
	Dimensiones de Antena TETRA		2.067x0.353x0.209 mts	
	Dimensiones de tubo a instalar (Soporte de Antena):			
	Largo (m):	NA	Diam (pulg):	NA
	Arm length/ Longitud de brazo del soporte (m)			NA
Cambiar soportes de antenas TETRA				

Figura 33. Toma de datos para la instalación posterior de las nuevas antenas.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

- **Instalación de RRUs, Filtros y *jumpers*:** Se calcula la ubicación de las nuevas RRUs, se dimensionan las longitudes de los jumpers a usar por cada sector, las longitudes de los cables de poder y de aterramiento por

cada RRU a instalar. La toma de esta información, se ingresa en el reporte tal como muestra la Figura 34.

Installation RRU, Filters and jumpers / Instalación de RRU's filtros y jumpers.				
RRU OUTDOOR				
RRU LTE / GSM del Sector 1	RRU GSM del Sector 1	Datos de Cables sector 1	LTE	GSM
 <p>Se instalara RRU back to back a la antena</p>		Longitud de Jumper (mts)	3	
		Cantidad de Jumper	4	
		Longitud de FO en mts (mts)	30	
		Longitud de DC de RRU (mts)	28	
		Longitud del Cable de tierra	4	
			RRU back to back con la antena	

Figura 34. Toma de datos para la instalación posterior de las nuevas RRUs y cableado respectivo.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

### 3.2.2.3. Soportes

Contiene datos al detalle de las dimensiones los soportes de antena y RRU por sector. Se evalúa si los soportes existentes tanto de antenas como de RRUs se mantendrán o serán reemplazados. Además de verificar si hay un caso especial, es decir, si es necesario solicitar la fabricación de un soporte especial para un tipo de torre (Mástil, mono polo, etc.). Un ejemplo se muestra en la Figura 35.

2.7 Data of the supports of antennas and RRU's / Datos de soportes de las antenas y RRU's				
Descripción	Sector1	Sector 2	Sector 3	Sector 4
Dimension of Existing antenna support/ Dimensión del soporte existente de la antena	1,80 mX2,5" (2G) 3.0mX2.5"(3G)	1,50 mX2" (2G) 3.0mX2"(3G)	1,50 mX2,5" (2G) 3.0mX2.5"(3G)	
Length of Existing antenna support arm/ Longitud del brazo existente de la antena	36 cm (2G) / 36 cm (3G)	30 cm (2G) / 33 cm (3G)	36 cm (2G) / 33 0cm (3G)	
Can reuse existing support of antenna or not/ Se puede reusar el mismo soporte de antena SI/NO	NO (2G) / SI (3G)	NO (2G) / SI (3G)	NO (2G) / SI (3G)	
Dimension of the new support of antenna / Dimensiones del nuevo soporte de antena	NA	NA	NA	
Dimension of the new support of RRU / Dimensiones del nuevo soporte de RRU	NO	NO	NO	
Other special support for the antenna / otro soporte especial para la antena	NO	NO	NO	
Other special support for the RRU / otro soporte especial para la RRU	NO	NO	NO	
New Support for antenna and RRU/ Nuevo soporte para antena y RRU	NA	NA	NA	

Only apply for Self Support Towers	
Dimension de las secciones de las montantes en la base de la torre (cm)	NA
Dimension de las secciones de las montantes a la altura de la plataforma de trabajo donde se instalarán las antenas (cm)	NA
Altura de baranda de plataforma de trabajo (cm)	NA
Ángulo en montante (60° o 90°)	NA
Datos para plataforma con piso o sin piso	
Ángulo del perfil de la plataforma( triangular o circular ) de las antenas y dimensiones	
Distancias entre los ángulos horizontales en la plataforma triangular o circular	
If the tower is a Pole , Mastil	
Diameter of Pole or mastil / diametro del tubo o mastil	4"

Figura 35. Toma de datos para los soportes de antes y RRUs.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

### 3.2.2.4. Pasa muros

Entrada o pasa muros, este apartado nos indica la cantidad de pasa muros disponibles y a usar para las nuevas conexiones, en caso no haya disponibilidad de pasa muros, se detalla el espacio disponible para aperturar nuevos pasa muros y los materiales a usar. Se colocan imágenes tal como muestra la Figura 36.



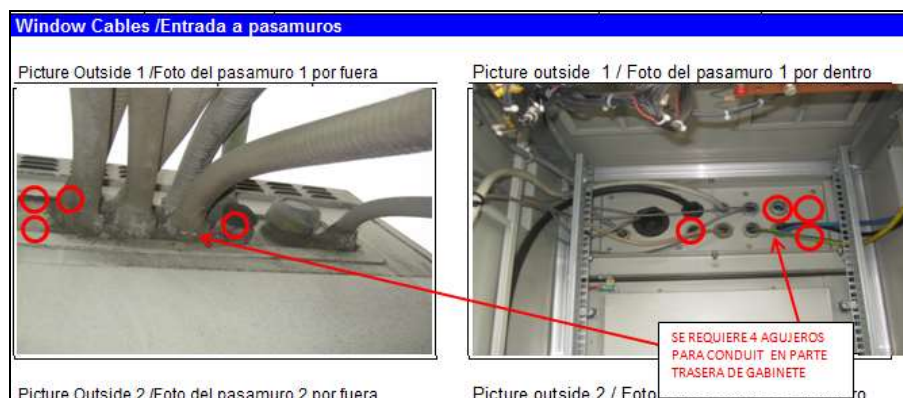


Figura 36. Imágenes adjuntas en el RETS sobre los pasa muros disponibles y a incrementar.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

### 3.2.2.5. Sistema de aterramiento

- **Sistema de tierra para barras de cobre:** verifica la ubicación de las barras de cobre durante todo el recorrido de los *jumpers* (parte superior, media e inferior de la torre). La Figura 37 muestra la toma de información de este apartado.



Figura 37. Sistema de tierra para barras de cobre.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.



- **Conexiones de sistema a tierra de BBU y RRU:** verifica la ubicación de las barras de cobre durante todo el recorrido del cableado del sistema de aterramiento. La Figura 38 muestra la toma de información de este apartado.



*Figura 38. Conexiones de sistema a tierra de BBU y RRU.*

*Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.*

#### **3.2.2.6. Sistema RF-7**

Presenta el barrido fotográfico del área de cobertura de la celda.

- **Cobertura de la antena:** En este apartado se presentan imágenes de cobertura del nodo cada 30 grados. Sumando un total de 12 fotos. De esta manera podemos observar que no exista algún tipo de estructura que interfiera al área de cobertura de la estación. Ejemplo mostrado en la Figura 39.



Figura 39. Barrido fotográfico cada 30° para observar la cobertura de la antena.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

### 3.2.2.7. Antenas existentes

Apartado para la toma de información de las antenas existentes para cada tecnología (antenas GSM existentes y antenas UMTS existentes). Esta información recolectada para las antenas de cada tecnología tal como el tipo de antena, número de sectores por tecnología, marca de la antena, modelo de la antena, azimut, tilt, etc. deben ser completadas en las tablas del apartado tal como se muestra en la Figura 40.

2.12 Existing antennas /Antenas existentes			
1. GSM system 1 O antenna #1			
Antenna	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Antenna Type / Tipo de antena (Dual o Single)	QUAD	QUAD	QUAD
Number of Antennas per sector / # de antenas x secto	1	1	1
Antenna Ports / Puerto de Antena	4	4	4
Available Antenna Ports / Disponible Puerto de Antena	2	2	2
Antenna Brand / Marca de Antena	KATHREIN	KATHREIN	KATHREIN
Antenna Model / Modelo de Antena	742236	742236	742236
Antena heigth /Altura de antena	23	23	23
Bearing / Azimuth	40	120	280
Down tilt / Inclination Mecánica	0	0	0
Down tilt / Inclination Eléctrica	10	10	4
Type of jumper / tipo de jumper:	1/2"	1/2"	1/2"
Jumper Quantity per sector - # de jumpers por sector:	2	2	2
TIENE TMA 1900Mhz	NO	NO	NO
Type of the feeder 7/8" or 1 1/4"	7/8"	7/8"	7/8"
S/N of the antenna / Número de serie de las antenas			

(a)

2. UMTS o UMTS / LTE system O antenna #3			
Antenna	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Antenna Type / Tipo de antena (Dual o Single)	SINGLE	SINGLE	SINGLE
Number of Antennas per sector / # de antenas x secto	1	1	1
Antenna Ports / Puerto de Antena	2	2	2
Available Antenna Ports / Disponible Puerto de Antena	0	0	0
Antenna Brand / Marca de Antena	ANDREW	RYMSA	ANDREW
Antenna Model / Modelo de Antena	CTSDG-06516-XDM	CTSDG-06516-XDM	CTSDG-06516-XDM
Antena heigth /Altura de antena	19	19	19
Bearing / Azimuth	40	120	280
Down tilt / Inclination Mecánica	0	0	0
Down tilt / Inclination Eléctrica	8	8	7
Type of jumper / tipo de jumper:	1/2"	1/2"	1/2"
Jumper Quantity per sector - # de jumpers por sector:	2	2	2
TIENE TMA 1900Mhz	NO	NO	NO
S/N of the antenna / Número de serie de las antenas			

(b)

Figura 40. a) Información de las antenas GSM. b) Información de las antenas

UMTS.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

### 3.2.2.8. Reporte fotográfico de las antenas

Al igual que en el apartado anterior respecto a las antenas existentes, este anexo nos complementa adjuntando fotos de las antenas para cada tecnología de tal manera que podemos observar el estado actuales de estas. La información de que se muestra en las fotos es básicamente la misma que en el reporte de antenas existentes como se muestra en la Figura 41.

2.13 Existing antennas Photo /Fotografías de Antenas existentes			
2.1 GSM System Antenna Model 1			
Antenna	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Antenna Model Photo/ Fotografías de Modelo de Antena			
2.1 GSM System Antenna Port 1			
Antenna	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Antenna Port Photo/ Fotografías de puerto de Antena			
2.1 UMTS or UMTS / LTE System Antenna Model			
Antenna	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Antenna Model Photo/ Fotografías de Modelo de Antena			
2.1 UMTS or UMTS / LTE System Antenna Port			
Antenna	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Antenna Port Photo/ Fotografías de puerto de Antena			

Figura 41. Reporte fotográfico de antenas existentes.


Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

### 3.2.2.9. Conexiones de energía DC

- Sistema de energía DC -48V:** Se documenta en detalle los parámetros de energía de los equipos de suministro DC existentes como la cantidad de equipos de energía DC que están instalados, el espacio disponible de unidades de Rack que se puede usar para colocar nuevos equipos, la disponibilidad de espacio en las regletas de distribución para nuevas llaves termomagnéticas, etc. Adicionalmente se adjuntan fotos y el formato a seguir es el de la Figura 42.

**Power supply DC/ Sistema de energía DC - 48Volts**


**Rectificador**



**Foto 3.1** Rectifier

Modelo del Rectificador	ETII
Voltaje del rectificador	54,5 V
Amperaje del rectificador	41,3
Modelo del modulo del Rectificador	NOKIA-ETII
Cuantos modulos del rectificador como maximo se pueden poner	6
Modulos del Rect instalados	5
Modulos del Rect. Vacios	1
Capacidad de c/u Modulo	30 amps
Se tiene espacio dentro del rect. Para poner mas modulos adicionales	SI
Cuantas Unidades de rack libres se tiene dentro del rectificador	3U
Longitude del cable DC del rectificador al nuevo DCDU	12

**Breaker**



**Foto 3.2** Breakers del Rectifier

breakers free / breakers existentes libres DC, en Rectifier		
Space free for breakers / espacio libre para nuevos	Se tiene espacio	NO
	Cuantos espacios hay	0
Swap of breaker		NA
It need new breaker for DCDU in the rectifier / requiere nuevo breaker para el DCDU en el rectificador		SI
Capacity of the new breaker in the rectifier / Capacidad del nuevo breaker en el rectificador para el DCDU		-
Need new Rectifier / Se requiere nuevo rectificador		SI
Is there space in the borner (+) / Se tiene espacio en la bornera (+)		NO

Figura 42. Información y fotos de los equipos de suministro de energía DC existentes.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

- Banco de baterías y DCDU (DC Distribution Unit, Unidad de Distribución DC):** Se registra los datos y características del banco de

baterías usado en la estación base, también se verifica la disponibilidad de espacio para las posiciones de la DCDU y BBU a instalar (Figura 43).

3.2.1 Bateria existente	
Battery type /Marca de baterías	Power safe
Battery Model /Modelo de batería	12V155FS
Battery capacity /Capacidad de cada banco	155 Amps-Hora
How many bank of battery are installed / Cuantos bancos de bateria se tiene instalado	3
How many banksof battery can be installed/ Cuantos bancos de bateria se pueden instalar	1
Is there space for install 1 bank of the battery/ Hay espacio para instalar 1 banco de bateria	NA
The battery need support / La batería necesita soporte	NA
Move equipment of 3G and kit of breaker for install 1 bank of battery/ Se requiere mover equipos de 3G y Kit de breaker al gabinete de Tx para instalar 1 banco de bateria en el rectificador.	NA




Foto 3.4 gabinete de baterías




Foto 3.3 Ubicación del nuevo DCDU&BBU

Figura 43. Información de los bancos de batería y DCDU.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

- **Nuevo rectificador y gabinete de batería:** En caso sea necesario se instalará un nuevo rectificador y gabinete para banco de baterías.

### 3.2.2.10. Instalación de equipos

Ubicación de nueva BBU single RAN según el reporte fotográfico y respectiva evaluación, se sugiere o asigna una unidad de Rack a dentro del gabinete de transmisión de la estación base. Gráficamente se mostrará la propuesta de donde se ubicará el nuevo equipo. Ejemplo de esto se observa en el Figura 44.



4.2 Location of new BBU (OUTDOOR) / Ubicación de BBU (OUTDOOR)		ACEPTADA
4.2.1 Location of UBRI in BBU of LTE	4.2.2 Location of new BBU of LTE	4.2.3 Location of new Cabinet of TX
Foto 4.2.1 UBRI en BBU de LTE	Foto 4.2.2 BBU en un gabinete	Foto 4.2.3 Posición de equipos en patio
Reuse of BBU of LTE / Se reusa la BBU de LTE		NO / SI
is there the card UBRI of LTE / Se tiene la tarjeta UBRI en la BBU de LTE		NO / SI
Is there space for install BBU / Se tiene espacio para instalar BBU?		SI
The BBU will install in the follow Cabinet / La BBU se instalara en el siguiente Gabinete		Valeri
The BBU will install in the new Cabinet / La BBU se instalara en un nuevo gabinete		NO
Do you need concrete base / Se requiere losa de cemento para el equipo de Huawei?		NO
Do you need H steel beam / Se requiere soporte metalico para el equipo de Huawei?		NO
Do you need steel sheet for fast site / Se requiere plancha metalica para el equipo de Huawei?		NO
If your answer is "SI" put the dimension for stell sheet / Si tu respuesta es SI , coloca las dimensiones		NO
Does it need cable lader / Se requiere escalerilla		NO
Leng of the vertical cable lader / longitud de escalerilla vertical outdoor y ar		NA
Leng of the horizontal cable lader / longitud de escalerilla horizontal outdoor		NA

Figura 44. Instalación de equipos - Localización de nueva BBU.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

### 3.2.2.11. Transmisión

Ubicación de los equipos de transmisión, se registra los datos de los equipos (Router, Switch, ODF), la ubicación en el gabinete, los puertos usados y los puertos libres, el tipo de línea de transmisión a usar, etc. Al igual que en gran parte del RETS, se adjuntan fotos para detallar con más claridad la ubicación actual y proponer la distribución de los nuevos equipos (Figura 45).




TX Device / Equipo de Transmisión						
5.1 Location of the device of TX		5.2 Location of Router or Switch		5.3 Location of ODF		
						
Foto de Posición del equipo de TX		Foto Posición de Router , Switch o MUX		Foto del puerto del ODF o equipo de TX		
Need new Router/ requiere nuevo router	NO		PUERTOS LIBRES EN EQ. DE TX			
Nombre del Router	ALCATEL		FE	GE	F.O.	Other
Nombre del Switch	NA	ROUTER	8	2	2	
Nombre del MUX	NA	SWITCH				
Equipo de TX esta en sala celular	NO	MUX				
Equipo de TX esta en sala de Transmisiones	NO	ODF				
Equipo de TX esta dentro de equipo celular	SI	Tipo de enlace del equipo de Tx en UMTS		MW o FIBRA		
Se tienen espacio para instalar mas eq de Tx	SI	Tipo de enlace del equipo de Tx en LTE		MW o FIBRA		

Figura 45. Ubicación e información de los equipos de transmisión.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

### 3.2.2.12. Recorrido Out\_In door

Se detalla el reporte fotográfico de todo el recorrido del cableado de telecomunicaciones como de energía al igual que se muestra en la Figura 46.



Figura 46. Cableado de Outdoor a Indoor.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.



### 3.2.2.13. Área Alquilada

Se verifica y valida si los equipos están instalados dentro del área alquilada, y se analiza si es necesario alquilar más espacios para nuevos equipos. Debe adicionarse un plano referencial como el mostrado en la Figura 47.

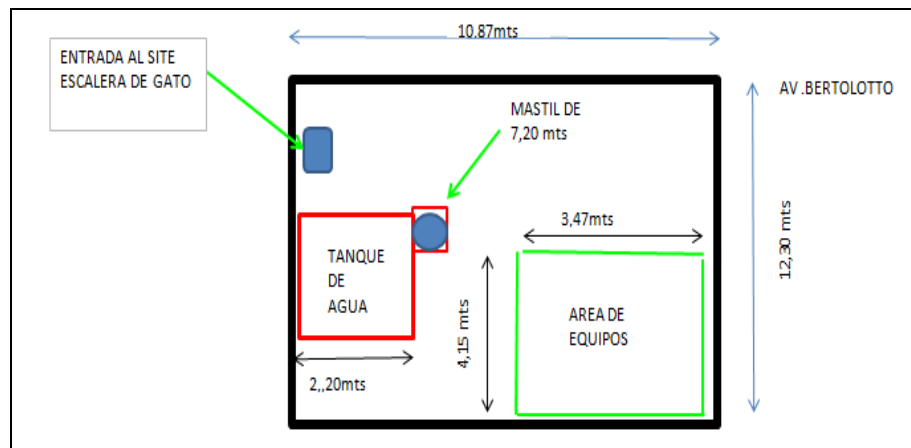


Figura 47. Plano referencial del área alquilada y ubicación de los equipos.

*Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.*

### 3.2.2.14. Vista de la planta

Se imprime la vista aérea general de toda la planta. Ejemplo Figura 48.

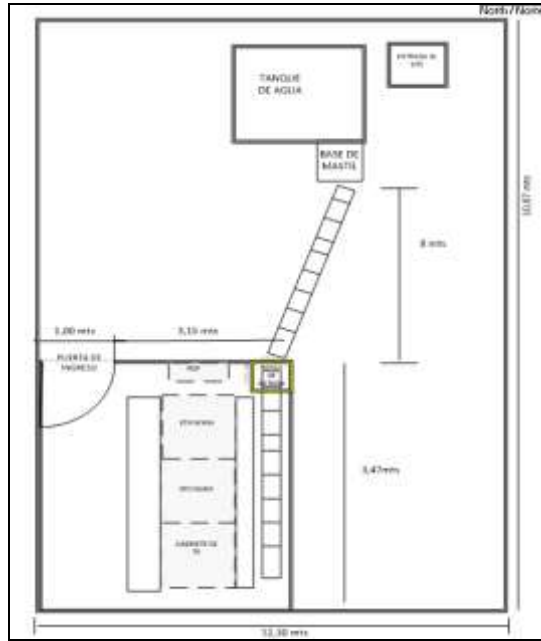


Figura 48. Plano – Vista aérea de la planta del inmueble donde se ubica el sitio.

Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.

### 3.2.2.15. Equipos a desinstalar

Se reporta fotográficamente el equipo NOKIA y accesorios a ser desinstalados.

### 3.2.2.16. Material local

Se inventaría y enlista todo el material nuevo que se va usar para la modernización del sitio. Ejemplo mostrado en la Figura 49.

SN	Peru Code	HQ ERP BOM Code	New Description for LOCAL MATERIAL	Unit	All regions
0			Region Factor		100%
1			GENERAL LOCAL MATERIAL ITEMS		
1.1	MT-COM01	TBD	Conductive Grease used for Grounding Bar (Penetrox)	EACH	1
1.2	MT-COM02	TBD	Dielectric grease for batteries (Inquifesa)	EACH	1
1.3	MT-COM03	TBD	Spiral wrapping band (12")	PACK	1
1.4	MT-COM04	TBD	Tube of SIKAFLEX -11FC	PCS	2
1.5	MT-COM05	TBD	PVC pipe 3/4 - 3m	PCS	NA
1.6	MT-COM06	TBD	PVC angle 90° 3/4"	PCS	NA
1.7	MT-COM07	TBD	Connector for PVC 3/4" (prensaestopa)	PCS	NA
1.8	MT-COM08	TBD	T type Box for conduit	PCS	NA
1.9	MT-COM09	TBD	U Link MFM Adapter (Amphenol L9 Connector Y Link Adapter)	PCS	NA
1.10	MT-COM10	TBD	Conector L9 female for coaxial cable flex 2 (2.1) (Amphenol)	PCS	NA
1.11	MT-COM11	TBD	Terminal OT for cable 50mm2	PCS	NA
1.12	MT-COM12	TBD	Conector BNC macho	PCS	NA
1.13	MT-COM13	TBD	Plastic electric tie (Bolsa de cintillos cortos para etiquetas)	PACK	1
1.14	MT-COM14	TBD	White Plastic electric tie with label (Bolsa de cintillos tipo)	PACK	NA
1.15	MT-COM15	TBD	White Plastic electric tie (Bolsa de cintillos Blancos cortos)	PACK	1
1.17	MT-COM17	TBD	Black insulating tape (Cinta aislante negra)(3M)	PCS	6
1.18	MT-COM18	TBD	Kit miscellaneous	EACH	1
2			SPECIAL LOCAL MATERIAL ITEMS		
2.1	LPE100656PR	TBD	1" Flexible Conduit Pipe with metal structure (tubo corrugado con apantallado metalico).	M	35
2.2	LPE100675PR	TBD	3/4" Flexible Conduit Pipe with metal structure (tubo corrugado con apantallado metalico).	M	-
2.3	LPE100681PR	TBD	1" Straight Liquid Tight connectors, with yellow plastic (Prensaestopa)	PCS	4
2.4	LPD100003A	TBD	3/4" Straight Liquid Tight connectors, with yellow plastic (Prensaestopa)	PCS	-
2.5	LPD100010A	TBD	DIM 7/16, 90 degrees ( angle) male For 1/2" superflex (Andrew)	PCS	NA
2.6	LPE100656PR	TBD	DIM 7/16 connectors female with shrink tube. For 1/2" superflex (Andrew)	PCS	NA
2.7	LP-E01	TBD	Label 20x55mm	PCS	50
2.8	LP-E02	TBD	Label 10x40mm	PCS	NA
2.9	LPE100782TP	TBD	Grounding 50mm2 yellow and green cable. To be used outdoor	M	NA
2.10	LPE100615PR	TBD	Vulcanizing Tape (Cinta Vulcanizante) (3M)	PCS	6
2.11		TBD	Plastic electric tie T21550 x 8 mm (Bolsa de cintillos largos para etiquetas color negro)	PACK	1
2.12		TBD	Plastic electric tie T21350 x 4.8 mm (Bolsa de cintillos largos para etiquetas color negro)	PACK	1
2.13		TBD	Common Terminal, Sigle Cord End Terminal, Conductor Cross Section 25mm2	PCS	2
2.14		TBD	Naked Crimping Terminal,OT,25mm^2,M6,Tin Plating,Width Less Than 12.4mm,For OEM	PCS	NA

*Figura 49. Inventario de materiales para implementación de los nuevos equipos.*

*Fuente: Ejemplo de formato TSS utilizado por Huawei.*

### 3.2.2.17. Alarmas

Se describirá el nuevo escenario de instalación y conexionado de alarmas del nuevo proveedor, analizando los escenarios que presentan las estaciones base (Rooftop, shelter).

### **3.3. Implementación y estándar de instalación de equipos**

La etapa de implementación de equipos es un procedimiento previo a la migración completa y configuración de los equipos y consiste en la instalación básica y provisional de los equipos a migrar tales como las RRU, BBU, antenas y cableado.

#### **3.3.1. Descripción de equipos**

Las actuales estaciones ofrecen servicio de GSM haciendo uso de equipos Nokia y UMTS con equipos Huawei. Los equipos Nokia serán reemplazados por Huawei que ofrecerán servicio de GSM y LTE en simultáneo logrando así tener una estación de modo GUL (GSM+UMTS+LTE). Finalmente, para lograr esta configuración de hardware que nos permite brindar servicio en las 3 tecnologías, se hará uso de los siguientes equipos en modo GL:

- Unidad de Banda Base – BBU3900 modo GL
- Unidad de Radio – RRU3953
- Antenas RF – Tetra

##### **3.3.1.1. Unidad de banda base – BBU3900 modo GL**

La BBU3900 es una unidad de procesamiento de banda base y centro de manejo de toda la estación base, es un equipo de tipo *Indoor*.

La BBU provee las siguientes funciones:

- Centro de gestión de la estación base en términos de operación y mantenimiento (O&M) y procesamiento de señalización. También proporciona el sistema de reloj o *clock*.
- Procesar la señal de subida y bajada en banda base y posee puertos CPRI (*Common Public Radio Interface*, Interface común pública de radio) para comunicarse con los módulos de radio frecuencia (RF).
- Proporcionar puertos para la comunicación con dispositivos de monitoreo de las condiciones ambientales y recibe y envía señales para estos dispositivos.
- Proporciona puertos físicos para la comunicación entre la estación base y la red de transporte.
- Proporciona los canales de operación y mantenimiento (O&M) que conectan a la estación base con el centro de operaciones y mantenimiento (OMC o NMS).

#### **3.3.1.1.1. Estructura física de la BBU**

La BBU está conformada por grupos de tarjetas, cada una con diferentes funciones insertadas en distintas ranuras (*slots*). La asignación de tarjetas para los diferentes slots es tal como se muestra en la Figura 50.

FAN	UTRP/USCU1x/UBR1b/ LBBP	UTRP/USCU1x/LBBP	UPEU/UEIU
	UTRP/USCU2x/USCUb1x/ UBR1b/LBBP	UTRP/USCU2x/ USCUb1x/LBBP	
	LBBP	UMPT	UPEU
	LBBP	UMPT	

Figura 50. Asignación de Slots en la BBU.

Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.

Para el caso de la instalación de la BBU en modo GL a implementar estará conformado por una tarjeta FAN (slot 16), una tarjeta LBBP (slot 03), tarjeta UMPT (slot 07), UPEU (slot 19), UEIU (slot 18) y una tarjeta UBRI (slot 01). Siendo tal y como se muestra en la Figura 51.

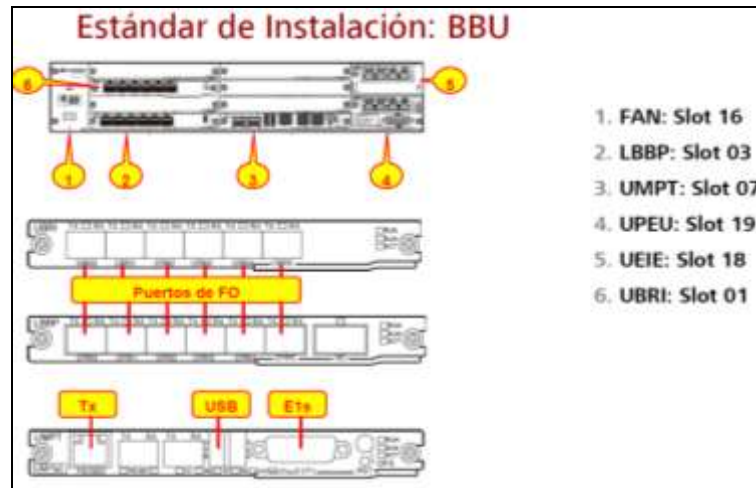


Figura 51. Estándar de instalación para la BBU.

Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.

Las siglas referentes a los nombres de las tarjetas a utilizar en la configuración de la BBU3900 modo GL se detallan en la Tabla 5.

Tarjeta	Nombre
FAN	Fan / Ventiladores
LBBP	<i>LTE BaseBand Processig Unit</i> Unidad de Procesamiento de Banda Base LTE
UMPT	<i>Universal Main Processing and Transmission Unit</i> Unidad Universal de Principal de Procesamiento y Transmisión
UPEU	<i>Universal Power and Enviroment Interface Unit</i> Unidad Universal de Interface de Poder y Ambiente
UEIU	<i>Universal Enviroment Interface Unit</i> Unidad Universal de Interface de Ambiente
UBRI	<i>Universal BaseBand Radio Interface Unit</i> Unidad Universal de Interface de Radio de Banda Base

*Tabla 5. Nombre de las tarjetas a utilizar en la BBU3900 modo GL.*

*Fuente: Diseño propio.*

#### **3.3.1.1.1.1. FAN – Módulo de ventilación**

Ubicada en el slot 16, es una tarjeta compuesta por un módulo de 3 ventiladores, los cuales giran constantemente a una velocidad ajustable para mantener en una temperatura adecuada de trabajo a todas las tarjetas insertadas en el resto de la BBU. La Figura 52 muestra a la tarjeta FAN y sus descripciones.

LED	Color	Estado	Descripción
STATE	Verde	Parpadeo dos veces por segundo	La tarjeta no esta correctamente conectada. No hay alarmas generadas
	Rojo	Encendido	Una alarma a sido generada
	Verde	Parpadeo una vez cada 2 segundos	La tarjeta opera normalmente

Figura 52. Tarjeta FAN y descripción.

Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.

### 3.3.1.1.1.2. UMPT – Unidad Universal Principal de Procesamiento y de Transmisión

Es una unidad de control y transmisión principal utilizada por el BBU3900. Mostrado en la Figura 53.

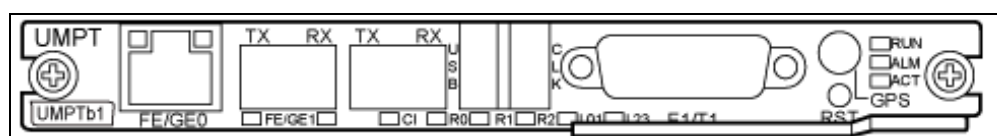


Figura 53. Tarjeta UMPT.

Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.

- **Funciones:**

El UMPT realiza las siguientes funciones:



- Realiza la gestión de configuración, gestión de dispositivos, monitorización del rendimiento, y el procesamiento de señalización.
- Procesos de señalización y gestiona recursos para otras tarjetas en la BBU.
- Proporciona el puerto USB, puerto de transmisión, puerto de mantenimiento para la transmisión de señales, de forma automática la actualización de software, y el mantenimiento de la BBU en el LMT (*Local Maintenance Terminal*, Terminal de Mantenimiento Local) o U2000.

La Figura 54 muestra el principio de funcionamiento del UMPT.

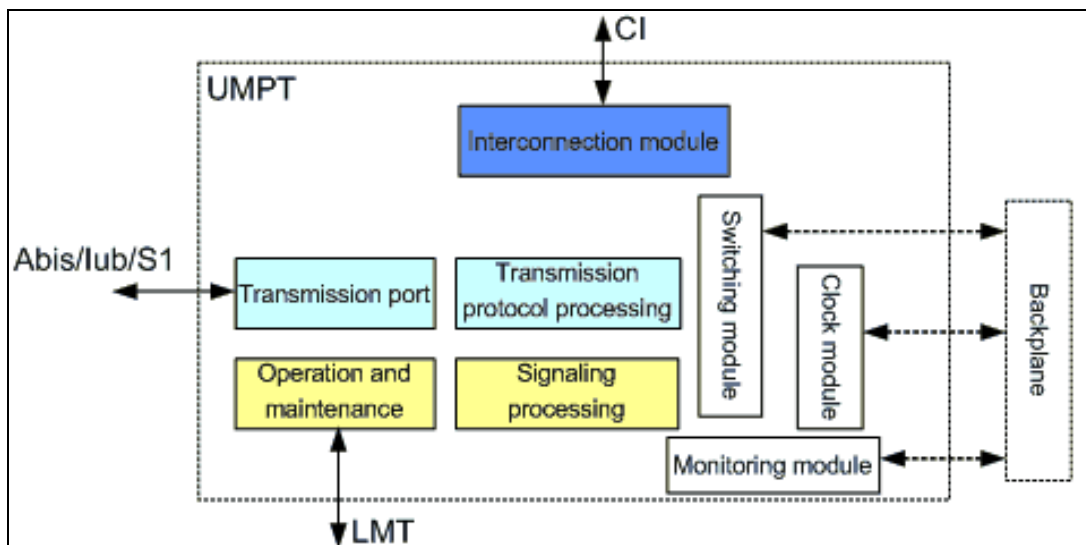


Figura 54. Principios de funcionamiento de la UMPT.

Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.

- **Puertos**

La Tabla 6 describe los puertos en el panel del UMPT.

<b>Puerto</b>	<b>Conector</b>	<b>Descripción</b>
E1/T1	Conector hembra DB26	E1 / T1 puerto de transmisión de señal
FE/GE0	Conector RJ45	Puerto de transmisión de señal eléctrica FE
FE/GE1	Conector hembra SFP	FE puerto de transmisión de señales ópticas
GPS	Conector SMA	Los puertos de GPS en el UMPT se utilizan para la transmisión de señales de radiofrecuencia (RF) recibidas de la antena a la tarjeta de satélite.
USB <sup>a</sup>	Conector USB	Una unidad flash USB se puede insertar en este puerto para actualizar el software de la estación base. Este puerto también funciona como un PUERTO B puesta en Ethernet.
CLK	Conector USB	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibe señales ToD (Time of Day Server).</li> <li>• Puerto para salidas de señal de reloj.</li> </ul>
CI	Conector hembra SFP	Se utiliza para interconexión entre BBU.
RST	-	Se utiliza para reiniciar la Tarjeta.

*Tabla 6. Puertos en panel UMPT.*

*Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.*

### **3.3.1.1.1.3. LBBP – Unidad de Procesamiento de Banda Base LTE**

Procesa las señales de banda base para LTE. El LBBP realiza las siguientes funciones y se muestra en la Figura 55.

- Proporciona puertos CPRI para la comunicación entre los módulos de BBU y RF.
- Procesa las señales de enlace ascendente y enlace descendente de banda base.



Figura 55. La Unidad De Procesamiento De Banda Base LTE (LBBP).

Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.

- **Puertos**

La Tabla 7 describe los puertos CPRI de la LBBP.

Puertos	Conector	Número de puertos CPRI	Descripción
CPRI0 to CPRI5	SFP conector hembra	6	Son los puertos de transmisión de datos interconectados entre los módulos de BBU y de la RRU. Soportan la entrada y salida de señales de transmisión óptica y eléctrica.

Tabla 7. Descripción de Puertos CPRI.

Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.

La Tabla 8 describe las especificaciones de los puertos CPRI de la LBBP.

Tarjeta	Número de puertos CPRI	CPRI Velocidad de Puerto (Gbit/s)	Tipos de topología de conexión
LBBP	6	1.25/2.5/4.9/9.8	Topologías de Estrella, cadena y anillo

*Tabla 8. Especificaciones de los puertos CPRI en el LBBP.*

*Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei*

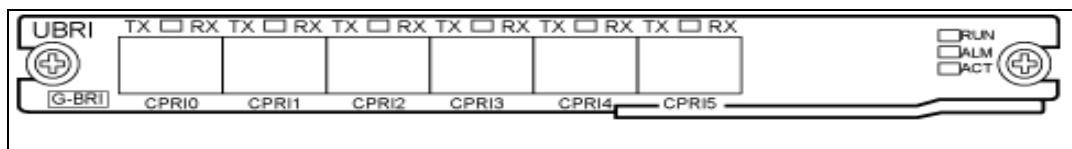
*Technologies.*

#### 3.3.1.1.1.4. UBRI – Unidad Universal de Interface de Radio de Banda Base

La tarjeta UBRI es la abreviatura de tarjeta universal de interfaz de radio de banda base para GSM.

- **Panel**

La Figura 56 muestra los exteriores de la UBRI.



*Figura 56. Puertos de la tarjeta universal de interfaz de radio de banda base.*

*Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei*

*Technologies.*

- **Funciones**

El UBRI realiza las siguientes funciones:

- El UBRI proporciona puertos ópticos o eléctricos extendidos CPRI.
- Cuando el UBRI está trabajando en modo GSM, el módulo RF procesa señales de banda base.
- El UBRI recibe señales CPRI de las estaciones base en modo simple o multimodo.

- **Puertos**

La Tabla 9 describe los puertos CPRI de la UBRI.

Puertos	Conector	Descripción
CPRI0 to CPRI5	SFP conector hembra	Conecta la BBU y módulos de RF (RRU).

*Tabla 9. Descripción de los puertos CPRI en el UBRI.*

*Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei*

*Technologies*

La Tabla 10 describe las especificaciones de los puertos CPRI de la UBRI.

Tarjeta	Cantidad de puertos CPRI	Velocidad de puertos CPRI (Gbit/s)	Tipo de topología
UBRI	6	1.25 o 2.5	Topologías de Estrella, cadena y anillo

Tabla 10. Especificaciones de los puertos CPRI en el UBRI.

Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.

### 3.3.1.1.1.5. UPEU – Unidad Universal de Interface de Poder y Ambiente

La tarjeta UPEU soporta entradas de -48V DC, y suministra energía a las tarjetas, módulos y FAN de la BBU. Proporciona acceso múltiple de señales de monitoreo del ambiente. La Figura 57 muestra a la tarjeta UPEU y sus descripciones.

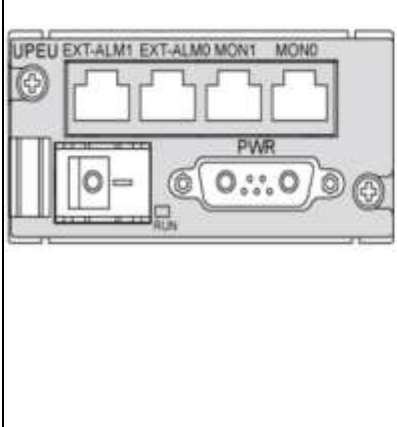
	Puerto	Tipo	Descripción
	MON0	Conector RJ45	Proporciona la entrada y salida de señales externas de monitoreo de ambiente a la tarjeta de control (UMPT) de acuerdo al protocolo de comunicación RS485
	MON1	Conector RJ45	Reserva
	EXT-ALM0	Conector RJ45	Transmite las señales externas de monitoreo de ambiente colectadas hacia la tarjeta de control (UMPT) a través del protocolo de comunicación relacionado a los <i>drycontact</i> (contactos secos)
	EXT-ALM1	Conector RJ45	Reserva
	PWR	Conector de energía 3V3	Voltaje de entrada de -48V

Figura 57. Tarjeta UPEU y descripción.

Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.

### 3.3.1.1.1.6. UEIU – Unidad Universal de Interface de Ambiente

En base al monitoreo de alarmas externas, cumple la misma función de la tarjeta UPEU sólo que es configurada como una tarjeta adicional cuando las interfaces de monitoreo de ambiente son insuficientes. La Figura 58 muestra a la tarjeta UPEU y sus descripciones.

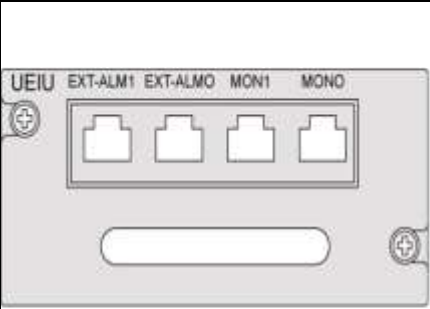
	Puerto	Tipo	Descripción
	MON0	Conector RJ45	Proporciona la entrada y salida de señales externas de monitoreo de ambiente a la tarjeta de control (UMPT) de acuerdo al protocolo de comunicación RS485
	MON1	Conector RJ45	Reserva
	EXT-ALM0	Conector RJ45	Transmite las señales externas de monitoreo de ambiente colectadas hacia la tarjeta de control (UMPT) a través del protocolo de comunicación relacionado a los <i>drycontact</i> (contactos secos)
	EXT-ALM1	Conector RJ45	Reserva

Figura 58. Tarjeta UEIU y descripción.

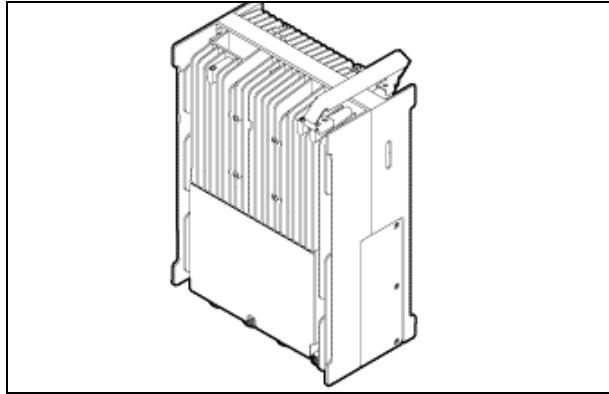
Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.

### 3.3.1.1.2. Estructura lógica

En un modo dual para las estaciones base, ya sea entre los modos GSM, UMTS y LTE y las tarjetas instaladas relacionadas a las funciones de los 3 modos en la BBU, se logra que se ofrezcan los servicios de 2 o 3 modos de tecnología en simultaneo.







*Figura 60. Unidad De Radio Remota RRU3953.*

*Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.*

#### **3.3.1.2.1. Funciones de la RRU**

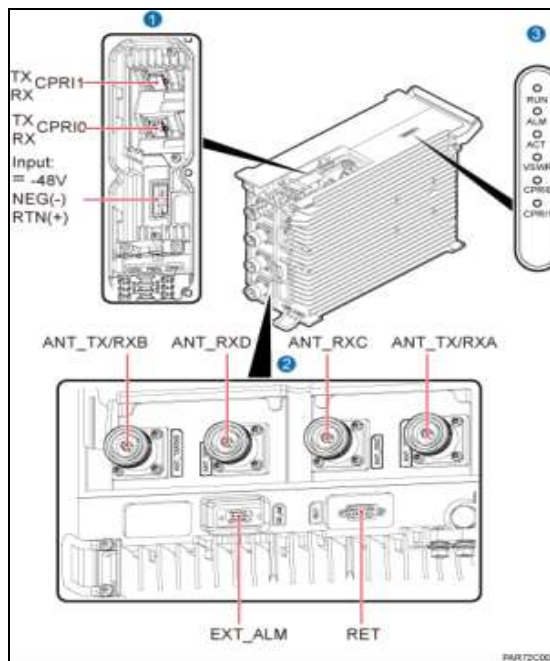
La RRU realiza las siguientes funciones:

- Recibe datos de banda base del enlace descendente de la BBU y envía los datos de banda base de enlace ascendente a la BBU.
- Recibe señales de RF del sistema de antenas.
- Convierte descendentemente las señales de frecuencia intermedia (IF), amplifica las señales de IF, realiza la conversión de analógica a digital.
- Convierte ascendentemente las señales de RF a la transmisión de banda (TX).
- Multiplexa la señal de recepción (RX) y TX en los canales del RF para que estas señales puedan compartir el mismo canal de antena, y filtra las señales RX y TX.

- La RRU puede ser alimentado por el módulo de alimentación AC / DC.  
En este caso, esta RRU se llama AC RRU.

### 3.3.1.2.2. Puertos de la RRU

Esta sección describe los puertos en los paneles RRU. Una RRU tiene un panel inferior, panel de cavidad de cableado y panel de indicadores como se muestra en la Figura 61.



*Figura 61. Puertos de la Unidad De Radio Remota RRU3953.*

Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.

La descripción de los puertos se menciona en la Tabla11.

Ítem	Puertos	Observaciones
(1) Puertos para cableado	RTN(+)	Puertos de alimentación DC
	NEG(-)	
	CPRI0	Puerto óptico - eléctrico0, conectado a la BBU
	CPRI1	Puerto óptico - eléctrico1, conectado a la BBU
(2) Puertos traseros	ANT_TX/RXA	TX/RX puerto A, soporta señal RET
	ANT_TX/RXB	TX/RX puerto B, soporta señal RET
	ANT_RXC	TX/RX puerto C
	ANT_RXD	TX/RX puerto D
	EXT_ALM	Puerto de monitoreo de alarmas usa señal RS485 y señales de contacto seco.
	RET	Puerto de comunicación para antena. soporta señal RET (Tilt Eléctrico Remoto)

*Tabla 11. Descripción de los puertos de la RRU.*

*Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.*

### **3.3.1.2.3. Especificaciones de RF**

La RRU3953, de acuerdo a su configuración, puede soportar las siguientes potencias de salida en modo GSM – LTE (Tabla 12)

Mode	Total Number of GSM Carriers	Total Number of LTE FDD Carriers	Output Power per GSM Carrier (W)	Output Power per LTE FDD Carrier (W)	Bandwidth Supported by LTE FDD (MHz)
GSM + LTE FDD	1	1 (MIMO)	40	2x40	1.4, 3, 5, 10, 15, 20
	1	1 (MIMO)	30	2x50	1.4, 3, 5, 10, 15, 20
	2	1 (MIMO)	40	2x40	1.4, 3, 5, 10, 15, 20
	2	1 (MIMO)	30	2x50	1.4, 3, 5, 10, 15, 20
	3	1 (MIMO)	20	2x40	1.4, 3, 5, 10, 15, 20
	3	1 (MIMO)	25	2x30	1.4, 3, 5, 10, 15, 20
	3	1 (MIMO)	30	2x20	1.4, 3, 5, 10, 15, 20
	4	1 (MIMO)	20	2x40	1.4, 3, 5, 10, 15, 20

Tabla 12. Potencia de salida de la RRU 3953 en modo GSM+LTE 1900 MHz.

Fuente: 3900 Series Base Station Product Documentation Huawei Technologies.

### 3.3.1.3. Unidad radiante – Antena Tetra CV3PX308R1

El sistema radiante a utilizar nos permite simplificar el espacio utilizado con anterioridad, donde se tenía una antena para radiar señal de servicio UMTS y una para servicio GSM por sector. La antena Tetra nos permite conectar los *jumpers* de la RRU3953 en modo GL y los *jumpers* de la RRU ya existente en modo UMTS, adicionalmente contará con 2 puertos para reserva de GSM. Los puertos de la antena tetra y su designación de conexión de *jumpers* por tecnología se muestran en la Figura 62.

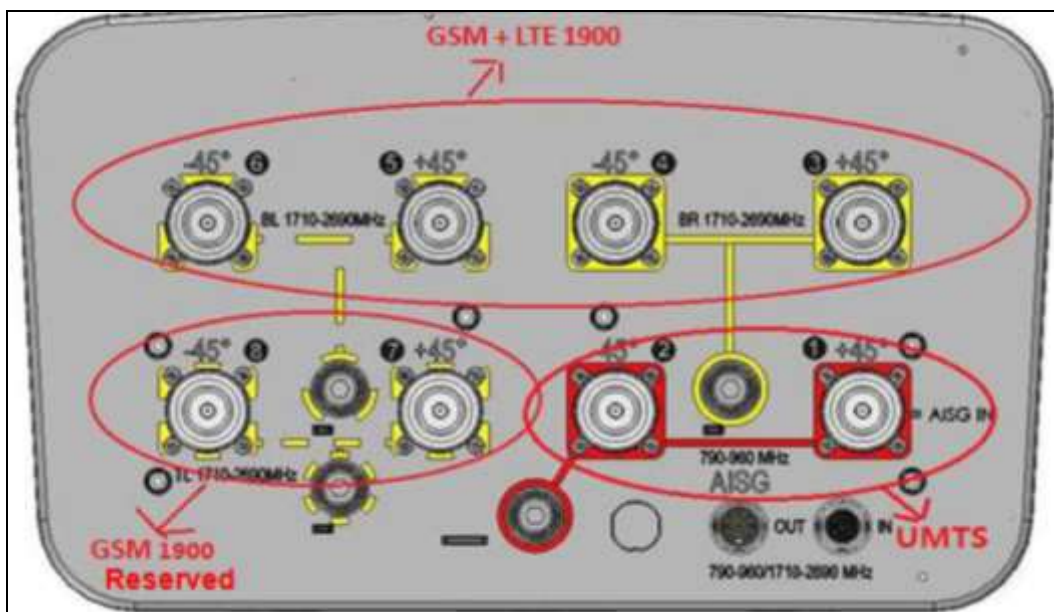


Figura 62. Puertos de la antena Tetra.

Fuente: Estándar de instalación Claro GSM Modernization.

Se había mencionado que las RRU3953 contaban con 4 puertos para la conexión de *jumpers* hacia las antenas (TX/RXA, TX/RXB, RXC y RXD) y tantos estos como los *jumpers* de la RRU de servicio UMTS se asignan a los puertos de la antena numerados tal y como se muestra en la Tabla 13.

LTE+GSM	
PUERTO RRU	PUERTO ANTENA
A (Tx/Rx)	3
B (Tx/Rx)	6
C (Rx)	4
D (Rx)	5
GSM Reserva	
PUERTO RRU	PUERTO ANTENA
A (Tx/Rx)	7
B (Tx/Rx)	8

Tabla 13. Asignación de puertos RRU – Antena.

Fuente: Estándar de instalación Claro GSM Modernization.

La Figura 63 muestra las dimensiones físicas de la antena a utilizar.



Antena Tetra CV3PX308R1	
<b>Dimensions</b>	
Depth	209.0 mm   8.2 in
Length	2067.0 mm   81.4 in
Width	353.0 mm   13.9 in
Net Weight	27.1 kg   59.7 lb
<b>General Specifications</b>	
Antenna Brand	Argas®
Antenna Type	DualPol®
Band	Multiband
Brand	Argas®   DualPol®
Operating Frequency Band	1710 - 2690 MHz   790 - 960 MHz
Number of Ports	8

Figura 63. Dimensiones de la antena tetra.

Fuente: Estándar de instalación Claro GSM Modernization.

### 3.3.2. Implementación e instalación de equipos

#### 3.3.2.1. Solución existente.

Solución existente (Figura 64) 3G Huawei y BTS 2G Nokia, de la cual no se toca el sistema radiante hasta el momento mismo en el que se planea hacer la modernización (Swap).



- Se desconectan los *jumpers* del lado de la antena que atienden al 3G Huawei.
- Se desinstalan las antenas antiguas.

### 3.4.2. Intercambio (*Swap*) de antenas

- Se instalan las nuevas antenas TETRA considerando azimut y tilt especificado en el RETS (ERAV).
- Se conecta los *jumpers* desde las RRU 3G y las RRU 2G4G Huawei hacia las nuevas Antenas

Como formato final, obtendremos el diagrama mostrado en la Figura 65, donde las RRU en modo GL y las 3G anteriormente existentes, van conectadas a una sola antena ahorrando óptimamente el espacio en torre.

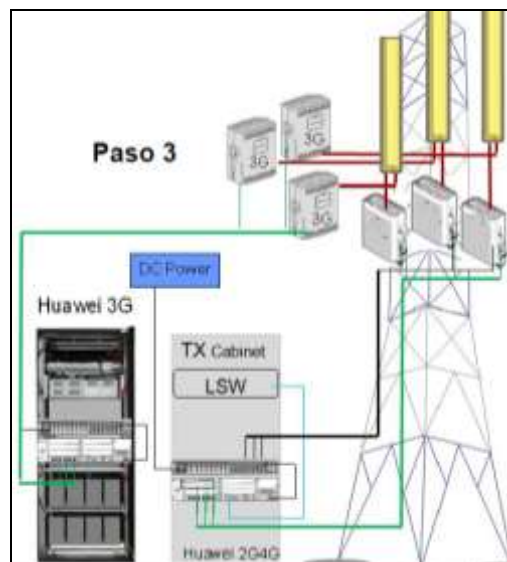


Figura 65. Diagrama final de la estación con equipos migrados.

Fuente: Estándar de instalación Claro GSM Modernization.



### 3.5. Comisionamiento

El comisionamiento consiste en cargar los parámetros básicos para la posterior integración en un subsistema de gestión de red (NMS) y otros también importantes para la puesta en servicio e identificación de la estación tales como, ID de la estación, nombre de la estación, direcciones IP, rutas estáticas, VLans, etc.

#### 3.5.1. Comisionamiento local – procedimiento en el sitio para LTE

El comisionamiento para LTE es un procedimiento en el sitio, es decir, el ingeniero de campo deberá realizarlo directamente en la BBU del sitio para lo cual necesitará de:

- **Computadora portátil:** Para poder comisionar se debe tener una computadora portátil con sistema operativo de 32 bits y el complemento Java actualizado.
- **Software de comisionamiento:** El software utilizado recibe el nombre de LMT DBS3900 V200R015C00SPC532, versión especial para su uso en BBU Modelo BTS3900LTE. LMT son las siglas de *Local Maintenance Terminal* (Terminal local de mantenimiento)
- **Archivo *script* en formato .XML:** Los *scripts* son programas, usualmente pequeños o simples, para realizar generalmente tareas muy

específicas. Los *scripts* son un conjunto de instrucciones generalmente almacenadas en un archivo de texto que deben ser interpretados línea a línea en tiempo real para su ejecución; esto los distingue de los programas (compilados), pues estos deben ser convertidos a un archivo binario ejecutable (por ejemplo ejecutables .exe, entre otros) para poder correrlos. [19]

El *script* tiene una terminación XML ya que este tipo tecnología, estructura la información contenida dentro del script en partes bien definidas, y estas partes se componen a su vez de otras partes formándose una especie de árbol de trozos de información.

#### **3.5.1.1. Carga del *Script* a la BBU**

Para el comisionamiento local a través de la carga del *script*, debemos realizar los siguientes pasos:

- Se deberá configurar en la computadora portátil la IP: **192.168.0.50**.
- Se conectará con el cable especial USB-ETH mostrado en el Figura 66, al puerto USB de la UMPT.



*Figura 66. Cable UBS-ETH utilizado para el comisionamiento local para el caso de LTE.*

*Fuente propia.*

- Se hace prueba de ping hacia 192.168.0.49 (IP de la UMPT), al tener prueba de ping, se abrirá el explorador y se colocara la IP 192.168.0.49.
- Acceder al software LMT DBS3900 V200R015C00SPC532 donde aparecerá la pantalla mostrada en la Figura 67, En la cual se llenarán los campos con la información que el proveedor otorga al ingeniero de campo.



*Figura 67. Pantalla principal del LTM Software.*

*Fuente propia.*

- Guardar la aplicación SFTP en la computadora y ejecutar el archivo SFTPserver.exe Al ejecutarlo aparecerá el icono en la parte inferior cerca al reloj de la computadora, en el cual se dará doble clic, obteniendo la ventana de la Figura 68.

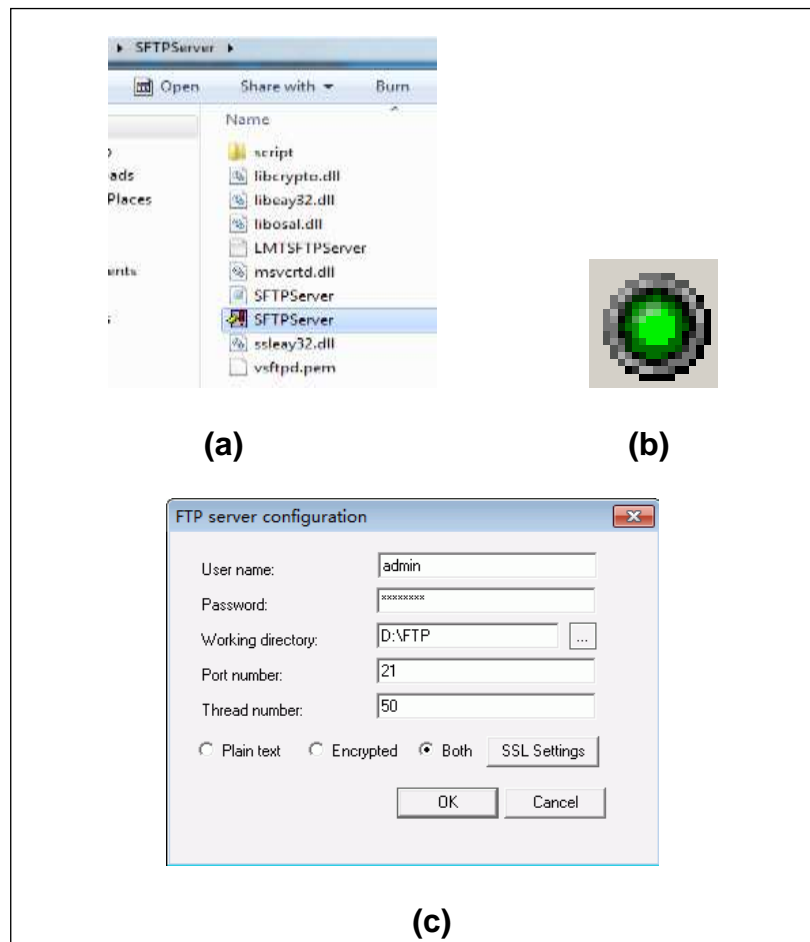


Figura 68. a) Aplicación SFTPServer. b) Ejecutable de la aplicación SFTPServer. c) FTP server configuration.

Fuente propia.

- Se deben ingresar los datos de *User name* y *password* dados por el proveedor y un directorio (*working directory*) donde se ubicara el archivo *script* del sitio a comisionar con el nombre de CFGDATA.XML.

- Luego, en la ventana de comandos de LMT, se debe ejecutar la línea que contiene el encabezado de DLD CFGFILE, como se detalla en la Figura 69 para la carga del *script* en la BBU.

DLD CFGFILE: MODE=IPV4, IP="192.168.0.50", USR="admin", PWD="\*\*\*\*\*", DIR="/", FN="CFGDATA.XML";

Command History: [dropdown]

Command (F5): DLD CFGFILE [Assist] [Save]

IP Mode: IPV4(IPv4) [dropdown] Server IP: 192.168.0.50

FTP User Name: admin FTP Password: [masked]

Server Path: / Source File Name: CFGDATA.XML

File Type: XML(XML Format) [dropdown] Progress Flag: Y(Send Progress) [dropdown]

*Figura 69. Ejecutando el Script usando líneas de comando.*

*Fuente propia.*

- Una vez terminado la carga se procederá a la activación con validación del ingeniero de campo (Figura 70). ACT CFGFILE: EFT=IMMEDIATELY;

ACT CFGFILE: EFT=IMMEDIATELY;

Command History: [dropdown]

Command (F5): ACT CFGFILE [Assist] [Save]

Mode: XML(XML Mode) [dropdown] Effect Type: IMMEDIATELY(Immediat [dropdown]

*Figura 70. Activación de la BBU.*

*Fuente propia.*

- Una vez ejecutado este comando la BBU empezará su proceso de reinicio. Cuando haya reiniciado se ingresará nuevamente para verificar que se haya cargado el *script*.

### 3.5.1.2. Descripción del script

Como se mencionó anteriormente, el *script* contiene las líneas de comando que mencionan los parámetros básicos para la configuración de la BBU. Podemos observar en la Tabla 14, los contenidos del *script* de manera estructurada.

<b>eNodeB Informatio n</b>	eNodeB ID	2030
	eNodeB Name	4G_RICARDO_PALMA
	Name	RICARDO_PALMA
	ID	L12030
<b>ETH Port Data</b>	Port No.	0
	ETH Port Attribute	COPPER
<b>Control Plane IP</b>	Control Plane IP1	10.13.21.254
	Control Plane IP1 GW	10.13.21.253
	VLAN ID	102
	Control Plane IP Mask	255.255.255.252
	Control Plane IP2	10.13.25.254
	Control Plane IP2 GW	10.13.25.253
	VLAN ID	103
	Control Plane IP Mask	255.255.255.252
<b>User Plane IP</b>	User Plane IP Address	10.13.29.254
	User Plane GW IP	10.13.29.253
	VLAN ID	104
	User Plane IP Mask	255.255.255.252
<b>OMCH</b>	OMCH IP	10.13.33.254
	OMCH NextHop IP	10.13.33.253
	VLAN ID	101
	OMCH Mask	255.255.255.252
<b>SYNC IP</b>	SYNC IP	10.13.37.254
	SYNC NextHop IP	10.13.37.253
	VLAN ID	105
	SYNC Mask	255.255.255.252
<b>CORE</b>	SGW1	10.10.102.58
	SGW2	10.10.102.59
	SGW3	10.10.102.54
	MME1	10.10.102.50
	MME2	10.10.102.51

Tabla 14. Contenido estructurado de los parámetros del script.

Fuente propia.

Describiendo el script, tenemos:

**a. Habilitar puerto FE/GE0 de la tarjeta UMPT, Figura 71.**

ADD

```
ETHPORT:SN=7,SBT=BASE_BOARD,PA=COPPER,SPEED=AUTO,DUPL  
PLEX=AUTO,ARPPROXY=ENABLE;
```

ADD

```
ETHPORT:SN=7,SBT=BASE_BOARD,PA=FIBER,SPEED=AUTO,DUPL  
EX=AUTO,ARPPROXY=ENABLE;
```

```
List Ethernet Port Configuration
-----
Cabinet No. = 0
Subrack No. = 0
Slot No. = 7
Subboard Type = Base Board
Port No. = 0
Port Attribute = Copper
Maximum Transmission Unit(byte) = 1500
Speed = Automatic Negotiation
Duplex = Automatic Negotiation
ARP Proxy = Enable
Flow Control = Open
MAC Frame Error Rate Occur Threshold(per mill) = 10
MAC Frame Error Rate Clear Threshold(per mill) = 8
Rx Broadcast Pkts Alarm Occur Thd(packet/s) = 320
Rx Broadcast Pkts Alarm Clear Thd(packet/s) = 288
User Label = NULL
-----
Cabinet No. = 0
Subrack No. = 0
Slot No. = 7
Subboard Type = Base Board
Port No. = 1
Port Attribute = Fiber
Maximum Transmission Unit(byte) = 1500
Speed = Automatic Negotiation
Duplex = Automatic Negotiation
ARP Proxy = Enable
Flow Control = Open
MAC Frame Error Rate Occur Threshold(per mill) = 10
MAC Frame Error Rate Clear Threshold(per mill) = 8
Rx Broadcast Pkts Alarm Occur Thd(packet/s) = 320
Rx Broadcast Pkts Alarm Clear Thd(packet/s) = 288
User Label = NULL
```

*Figura 71. Habilitación de puerto FE/GE0 de la tarjeta UMPT.*

*Fuente propia.*

**b. Agregar nombre e ID de eNodeB, Figura 72.**

ADD

ENODEBFUNCTION:ENODEBFUNCTIONNAME="4G\_RICARDO\_PALMA",APPLICATIONREF=1,ENODEBID=678;

```
List eNodeB Function Configuration
-----
eNodeB Function Name = 4G_RICARDO_PALMA
Application Reference = 1
      eNodeB ID = 678
      User Label = NULL
      NeRM Version = LTEATAV100R006C00A200
```

*Figura 72. Configuración del nombre e ID de enodeB.*

*Fuente propia.*

**c. Agregar los DeviceIP del enodeB, Figura 73.**

✓ **Agregando Control Plane IP1**

ADD

DEVIP:SN=7,SBT=BASE\_BOARD,PT=ETH,PN=0,IP="10.13.21.254",MASK="255.255.255.252";

✓ **Agregando Control Plane IP2**

ADD

DEVIP:SN=7,SBT=BASE\_BOARD,PT=ETH,PN=0,IP="10.13.25.254",MASK="255.255.255.252";



✓ **Agregando User Plane IP**

ADD

DEVIP:SN=7,SBT=BASE\_BOARD,PT=ETH,PN=0,IP="10.13.29.254",M  
ASK="255.255.255.252";

✓ **Agregando OMCH IP de EnodeB**

ADD

DEVIP:SN=7,SBT=BASE\_BOARD,PT=ETH,PN=0,IP="10.13.33.254",M  
ASK="255.255.255.252";

✓ **Agregando IP de sincronismo.**

ADD

DEVIP:SN=7,SBT=BASE\_BOARD,PT=ETH,PN=0,IP="10.13.37.254",M  
ASK="255.255.255.252";

List Device IP Configuration Data								
Cabinet No.	Subrack No.	Slot No.	Subboard Type	Port Type	Port No.	WRF Index	IP Address	Mask
0	0	7	Base Board	Ethernet Port	0	0	10.13.21.254	255.255.255.252
0	0	7	Base Board	Ethernet Port	0	0	10.13.25.254	255.255.255.252
0	0	7	Base Board	Ethernet Port	0	0	10.13.29.254	255.255.255.252
0	0	7	Base Board	Ethernet Port	0	0	10.13.33.254	255.255.255.252
0	0	7	Base Board	Ethernet Port	0	0	10.13.37.254	255.255.255.252

*Figura 73. Configuración de los DeviceIP del enodeB.*

*Fuente propia.*

**d. Agregando VLANS por RED, Figura 74.**

ADD

VLANMAP:NEXTHOIP="10.13.21.253",MASK="255.255.255.252",VLA  
NMODE=SINGLEVLAN,VLANID=102,SETPRIO=DISABLE;

ADD

VLANMAP:NEXTHOIP="10.13.25.253",MASK="255.255.255.252",VLANMODE=SINGLEVLAN,VLANID=103,SETPRIO=DISABLE;

ADD

VLANMAP:NEXTHOIP="10.13.29.253",MASK="255.255.255.252",VLANMODE=SINGLEVLAN,VLANID=104,SETPRIO=DISABLE;

ADD

VLANMAP:NEXTHOIP="10.13.33.253",MASK="255.255.255.252",VLANMODE=SINGLEVLAN,VLANID=101,SETPRIO=DISABLE;

ADD

VLANMAP:NEXTHOIP="10.13.37.253",MASK="255.255.255.252",VLANMODE=SINGLEVLAN,VLANID=105,SETPRIO=DISABLE;

List Next Hop VLAN Mapping Configuration								
-----								
VRF Index	Next Hop IP	Mask	VLAN Mode	VLAN ID	Set VLAN Priority	VLAN Priority	VLAN Group No.	
0	10.13.21.253	255.255.255.252	Single VLAN	102	Disable	NULL	NULL	
0	10.13.25.253	255.255.255.252	Single VLAN	103	Disable	NULL	NULL	
0	10.13.29.253	255.255.255.252	Single VLAN	104	Disable	NULL	NULL	
0	10.13.33.253	255.255.255.252	Single VLAN	101	Disable	NULL	NULL	
0	10.13.37.253	255.255.255.252	Single VLAN	105	Disable	NULL	NULL	

*Figura 74. Configuración de la VLANS por RED.*

*Fuente propia.*

**e. Agregando IP de mantenimiento o gestión al gestor U2000,**

**Figura 75.**

ADD

OMCH:IP="10.13.33.254",MASK="255.255.255.252",PEERIP="10.10.19

```
1.134",PEERMASK="255.255.255.252",BEAR=IPV4,BRT=NO,CHECKT  
YPE=NONE;
```

```
List OM Channel Configuration Data  
-----  
Standby Status = Master  
Local IP = 10.13.33.254  
Local Mask = 255.255.255.252  
Peer IP = 10.10.191.134  
Peer Mask = 255.255.255.252  
Bearer Type = IPV4  
Binding Route = No  
Binding Secondary Route = No  
Check Type = NONE
```

*Figura 75. Configuración de la IP de mantenimiento o gestión.*

*Fuente propia.*

**f. Configurando Control Plane y direccionando a los MMEs, Figura 76.**

```
ADD
```

```
SCTPLNK:SCTPNO=0,SN=7,LOCIP="10.13.21.254",SECLOCIP="10.13  
.25.254",LOCPORT=1024,PEERIP="10.10.102.50",SECPEERIP="10.10.  
102.51",PEERPORT=36412,AUTOSWITCH=ENABLE,DESCRI="MMEID  
_0_OPID_0 DESCRIPTION_MME_San  
Isidro",CTRLMODE=AUTO_MODE;
```

```

List Sctplink
-----
Link No. = 0
Cabinet No. = 0
Subrack No. = 0
Slot No. = 7
Maximum Stream No. = 17
Control Mode = Auto Mode
VRF Index = 0
First Local IP Address = 10.13.21.254
Second Local IP Address = 10.13.25.254
Local SCTP Port No. = 1024
First Peer IP Address = 10.10.102.50
Second Peer IP Address = 10.10.102.51
Peer SCTP Port No. = 36412
RTO Min Value(ms) = 1000
RTO Max Value(ms) = 3000
RTO Initial Value(ms) = 1000
RTO Alpha Value = 12
RTO Beta Value = 25

```

Figura 76. Configurando Control Plane y direccionando a los MMEs.

*Fuente propia.*

**g. Configurando los IPPATH (User Plane) del eNodeB y direccionando a los SGW, Figura 77.**

ADD

IPPATH:PATHID=0,SN=7,SBT=BASE\_BOARD,PT=ETH,JNRSCGRP=D  
 ISABLE,LOCALIP="10.13.29.254",PEERIP="10.10.102.59",PATHTYPE=  
 ANY,DESCRI="to SGW - Trujillo";

ADD

IPPATH:PATHID=0,SN=7,SBT=BASE\_BOARD,PT=ETH,JNRSCGRP=D  
 ISABLE,LOCALIP="10.13.29.254",PEERIP="10.10.102.58",PATHTYPE=  
 ANY,DESCRI="to SGW - Trujillo";

ADD

IPPATH:PATHID=0,SN=7,SBT=BASE\_BOARD,PT=ETH,JNRSCGRP=D

ISABLE,LOCALIP="10.13.29.254",PEERIP="10.10.102.54",PATHTYPE=  
 ANY,DESCRI="to SGW - Trujillo";

List IP Path Configuration Data													
Path ID	Cabinet No.	Subrack No.	Slot No.	Subboard Type	Port Type	Port No.	Path Type	DSCP	WF Index	Local IP	Peer IP	Transport Resource Type	Description
0	0	0	7	Base Board	Ethernet Port	0	Any QoS	NULL	0	10.13.29.254	10.10.102.54	High Quality	to SGW1
1	0	0	7	Base Board	Ethernet Port	0	Any QoS	NULL	0	10.13.29.254	10.10.102.54	High Quality	to SGW2
2	0	0	7	Base Board	Ethernet Port	0	Any QoS	NULL	0	10.13.29.254	10.10.102.54	High Quality	to SGW3

*Figura 77. Configurando los IPPATH (User Plane) del eNodeB y direccionando a los SGW.*

*Fuente propia.*

**h. Agregando y configurando el sincronismo del eNodeB, Figura 78.**

ADD

IPCLKLINK:LN=0,ICPT=PTP,SN=7,CNM=UNICAST,IPMODE=IPV4,CIP="10.13.37.254",SIP="10.116.18.154",DM=4,DELAYTYPE=E2E,PROFILETYPE=G.8265.1;

ADD

IPCLKLINK:LN=1,ICPT=PTP,SN=7,CNM=UNICAST,IPMODE=IPV4,CIP="10.13.37.254",SIP="10.116.18.170",DM=4,DELAYTYPE=E2E,PROFILETYPE=G.8265.1;

List IP Clock Link Configuration	
Link No. = 0	Link No. = 1
Protocol Type = PTP Protocol	Protocol Type = PTP Protocol
Cabinet No. = 0	Cabinet No. = 0
Subrack No. = 0	Subrack No. = 0
Slot No. = 7	Slot No. = 7
Clock Net Mode = Unicast	Clock Net Mode = Unicast
Profile Type = G.8265.1	Profile Type = G.8265.1
IP mode = IPv4	IP mode = IPv4
Client IPv4 = 10.13.37.254	Client IPv4 = 10.13.37.254
Server IPv4 = 10.116.18.154	Server IPv4 = 10.116.18.170
Domain = 4	Domain = 4
Compensation(ns) = 0	Compensation(ns) = 0
Delay Type = E2E	Delay Type = E2E
Priority = 4	Priority = 4
Announce Freq(Hz) = 1/2	Announce Freq(Hz) = 1/2
Sync Freq(Hz) = 16.0	Sync Freq(Hz) = 16.0
Master Priority = 255	Master Priority = 255
Negotiate Duration(s) = 300	Negotiate Duration(s) = 300

Figura 78. Configuración del sincronismo del eNodeB.

Fuente propia.

i. Tabla de enrutamiento, Figura 79.

✓ Rutas a los MME

ADD

IPRT:RTIDX=0,SN=7,SBT=BASE\_BOARD,DSTIP="10.10.102.50",DST  
 MASK="255.255.255.255",RTTYPE=NEXTHOP,NEXTHOP="10.13.21.2  
 53",DESCRI="to MME1";

ADD

IPRT:RTIDX=1,SN=7,SBT=BASE\_BOARD,DSTIP="10.10.102.51",DST

MASK="255.255.255.255",RTTYPE=NEXTHOP,NEXTHOP="10.13.25.253",DESCRI="to MME2";

✓ **Rutas a los SGW**

ADD

IPRT:RTIDX=3,SN=7,SBT=BASE\_BOARD,DSTIP="10.10.102.59",DSTMASK="255.255.255.255",RTTYPE=NEXTHOP,NEXTHOP="10.13.29.253",DESCRI="to SGW1";

ADD

IPRT:RTIDX=4,SN=7,SBT=BASE\_BOARD,DSTIP="10.10.102.58",DSTMASK="255.255.255.255",RTTYPE=NEXTHOP,NEXTHOP="10.13.29.253",DESCRI="to SGW2";

ADD

IPRT:RTIDX=7,SN=7,SBT=BASE\_BOARD,DSTIP="10.10.102.54",DSTMASK="255.255.255.255",RTTYPE=NEXTHOP,NEXTHOP="10.13.29.253",DESCRI="to SGW3";

✓ **Rutas al U2000**

ADD

IPRT:RTIDX=5,SN=7,SBT=BASE\_BOARD,DSTIP="10.10.191.0",DSTMASK="255.255.255.255",RTTYPE=NEXTHOP,NEXTHOP="10.13.33.253",DESCRI="to M2000";

✓ **Rutas a los IP CLOCK**

ADD

IPRT:RTIDX=6,SN=7,SBT=BASE\_BOARD,DSTIP="10.116.18.0",DSTM

ASK="255.255.255.255",RTTYPE=NEXTHOP,NEXTHOP="10.13.37.253",DESCRI="to Sync";

List IP Route Configuration Data												
Route Index	Cabinet No.	Subrack No.	Slot No.	Subboard	Type	Route Type	WBF Index	Destination IP	Mask	Next Hop IP	Preference	Description Info
0	0	0	7	Base Board		Next Hop	0	10.10.102.50	255.255.255.255	10.13.21.253	60	NULL
1	0	0	7	Base Board		Next Hop	0	10.10.102.51	255.255.255.255	10.13.25.253	60	NULL
3	0	0	7	Base Board		Next Hop	0	10.10.102.53	255.255.255.255	10.13.29.253	60	to SGW - First IP
4	0	0	7	Base Board		Next Hop	0	10.10.102.53	255.255.255.255	10.13.29.253	60	to SGW - Second IP
5	0	0	7	Base Board		Next Hop	0	10.10.191.0	255.255.255.0	10.13.33.253	60	M2000
6	0	0	7	Base Board		Next Hop	0	10.116.18.0	255.255.255.0	10.13.37.253	60	to Sync
7	0	0	7	Base Board		Next Hop	0	10.10.102.54	255.255.255.255	10.13.29.253	60	to SGW - Third IP

Figura 79. Tabla de enrutamiento de las interfaces del enodeB.

Fuente propia.

### 3.5.2. Comisionamiento e integración remota – procedimiento en oficina para el caso de GSM

Para el caso de GSM, el comisionamiento es un procedimiento que se realiza de manera remota, es decir, no será necesaria la intervención del ingeniero de campo. Se puede explicar el procedimiento de comisionamiento mediante los pasos seguidos en el flujograma de la Figura 80.



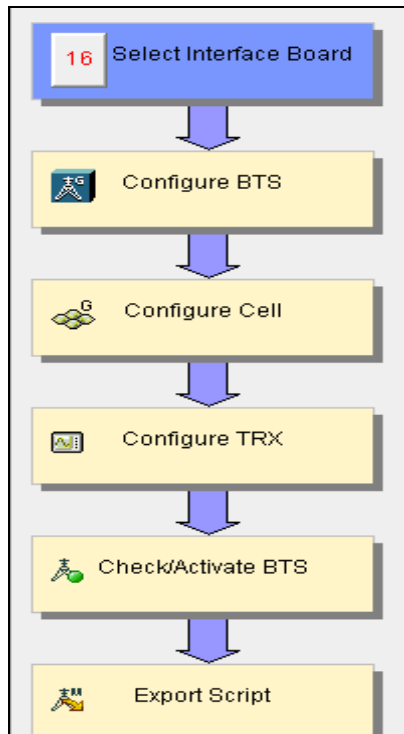


Figura 80. Flujograma de comisionamiento GSM.

Fuente propia.

Este procedimiento se simplifica de manera gráfica para la creación del *script* que contiene los parámetros de la BTS. Los pasos de este procedimiento se detallan a continuación:

- A. Selección de la tarjeta interfaz (*Select Interface Board*) de la BSC para el comisionamiento de la BTS en ella (Figura 81).

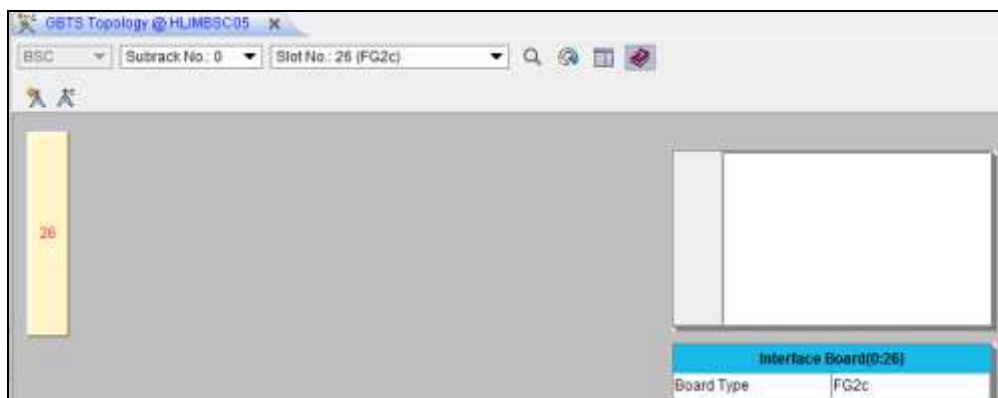


Figura 81. Interfaz de comisionamiento.

Fuente propia.

## B. Configuración de la BTS (Configure BTS)

a) Agregando la BTS al U2000 en la respectiva BSC (Figura 82).

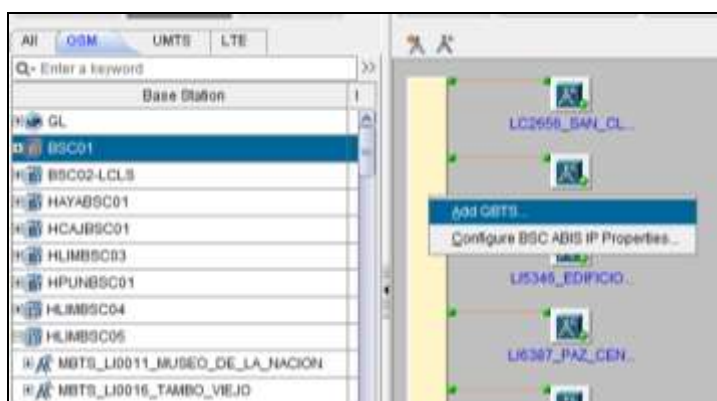


Figura 82. Integración de la BTS en la BSC en el U2000.

Fuente propia.

b) Completando los parámetros básicos del Nodo.

- De acuerdo al planeamiento previo realizado por el operador, el ingeniero completará los parámetros en la ventana que se mostrará por defecto en el U2000 y que aparecerá de manera similar a la que se muestra en la Figura 83.



Figura 83. Introducción de parámetros de la BTS.

Fuente propia.

- c) Configurando el enlace de transmisión entre en Nodo y la BSC
- En esta parte se genera la ruta entre el nodo como origen y la BSC como destino, es decir, se crea la interface Abis. La Figura 84 muestra ejemplos de interfaces Abis creadas.



Figura 84. Creación de la ruta estática para la Interface Abis de BTS a BSC.

Fuente propia.

- La transmisión debe ser bidireccional, es por eso que también se agrega una ruta estática entre la BSC como origen y la BTS como destino (Figura 85).

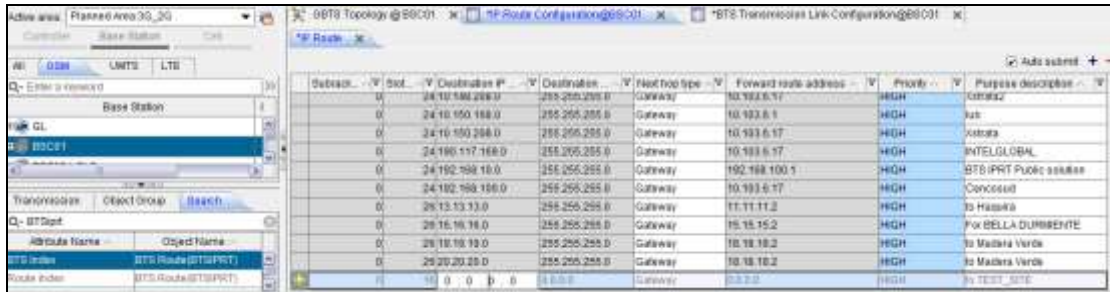


Figura 85. Creación de la ruta estática para la Interface Abis de BSC a BTS.

Fuente propia.

### C. Configuración de las celdas (Configure Cell).

- El gestor ofrece la opción de agregar celdas al nodo ya creado en los pasos anteriores, procedimiento que se realiza como muestra la Figura 86.

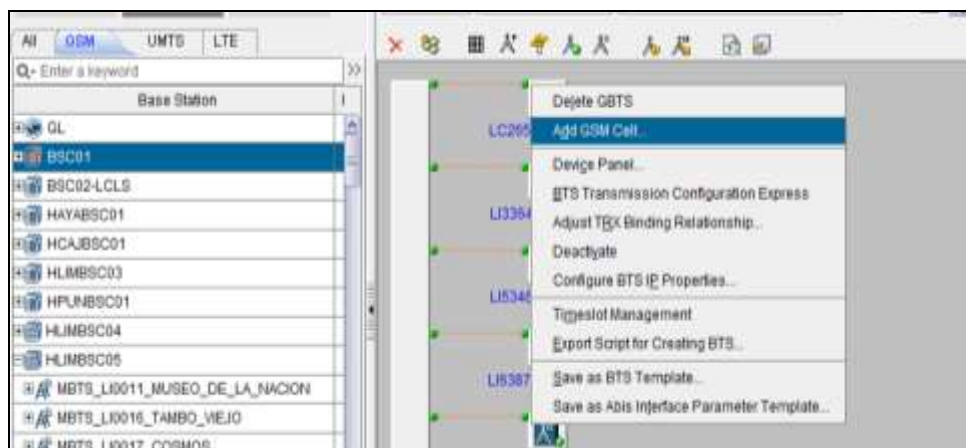


Figura 86. Creación de celdas para el nodo.

Fuente propia.

b) Completando los parámetros de las celdas

- De acuerdo al planeamiento previo por el operador, el ingeniero completará los parámetros de las celdas creadas (Figura 87).

Property	Value
Cell Index	56
Cell Name	L [Value range[0, 2047]]
Support Dual High Frequency Bands	No
Freq. Band	PCS1900
MCC	716
MNC	10
Cell LAC	5009
Cell CI	0
NCC	2
BCC	3
Cell OSP Map	9169
Operator Name	46000
Template	Default 2G Cell Template
MOCN Sharing Cell	No
Combine Cell	No
NSE Identifier	
PTP BVC Identifier	
Local Cell ID	4294967295

Figura 87. Configuración de parámetros para las celdas del nodo.

Fuente: Diseño propio, captura de pantalla del comisionamiento en el software U2000.

D. Configuración de los TRX - Frecuencias portadoras (*Configure TRX*)

- a) Para agregar los TRX a la celda anteriormente creada, es necesario elegir la opción “*TRX Management*” Figura 88.

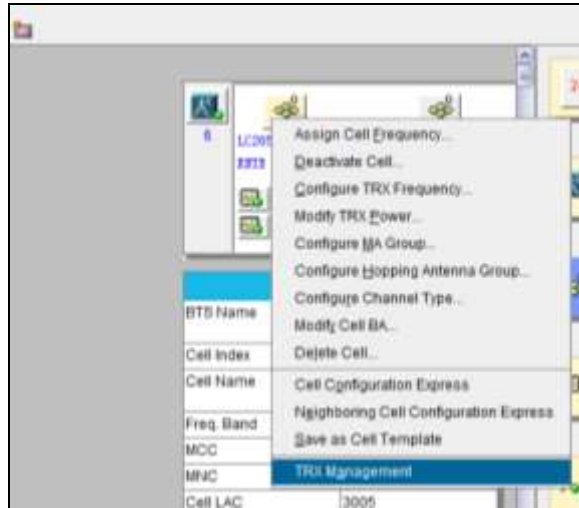


Figura 88. Creación de TRX para las celdas.

Fuente propia.

b) Asignación de frecuencias por cada TRX

- De acuerdo al planeamiento previo hecho por el departamento de Radio y Optimización del operador, se asignan las frecuencias a las TRX con las que se trabajará como se detalla en la Figura 89.

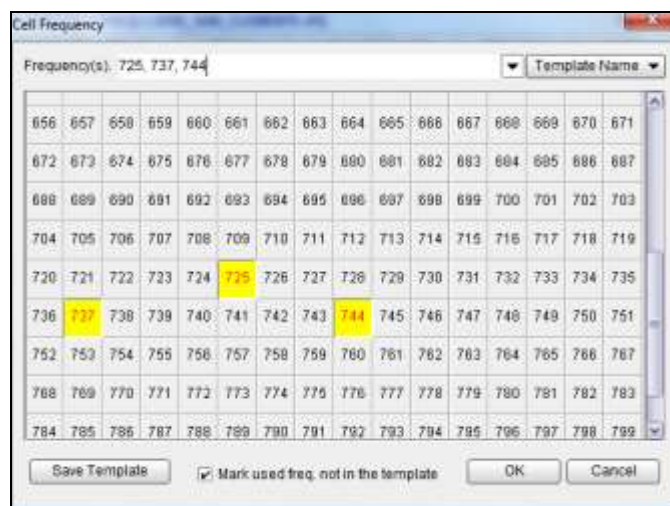


Figura 89. Selección de frecuencias portadoras – TRX.

Fuente propia.

- De las frecuencias portadoras (TRX) seleccionadas en el paso anterior, se asigna una principal (BCCH, Canal de control para difusión que contiene la información de la identidad de la estación base, asignación de frecuencia, potencia de transmisión, etc.) al primer TRX (Figura 90).

	Frequency	TRX ID	TRX No.	Is Main BCCH TRX	TRX Name	Cell Index
+	737	2	6	Yes	LC2656_SAN_...	433
+	725	83	7	No	LC2656_SAN_...	433
+	744	133	8	No	LC2656_SAN_...	433

Figura 90. Asignación de la frecuencia principal BCCH.

Fuente propia.

#### E. Configuración de los tipos canales por cada TRX (*Check/Active BTS*)

- Elegimos la opción TRX “*Configuration Express*” para poder asignar los canales a cada TRX (Figura 91).

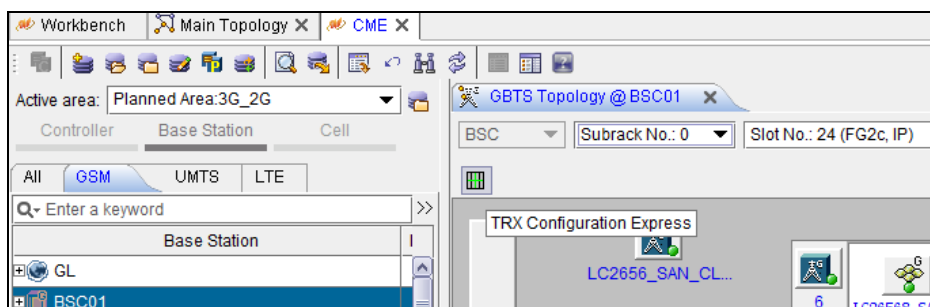


Figura 91. Asignación de canales a los TRX.

Fuente propia.

- Para la frecuencia y TRX principal (BCCH) la configuración debe ser como muestra en la Figura 92.

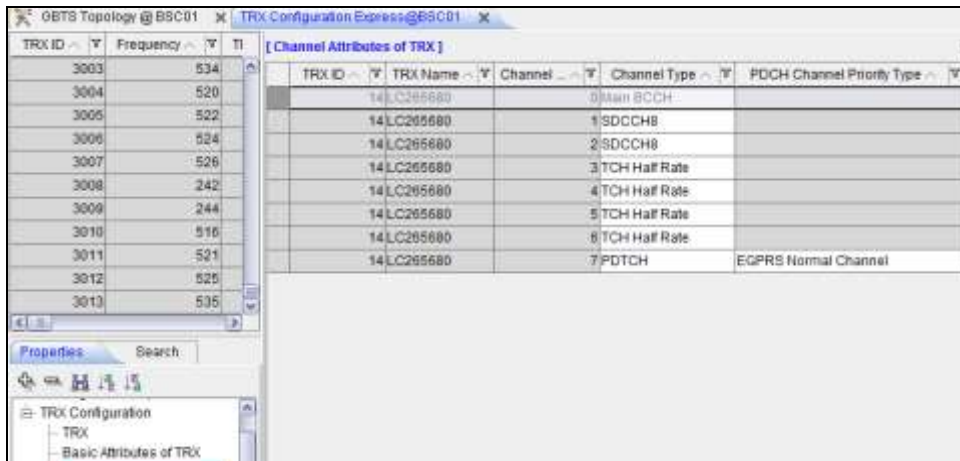


Figura 92. Asignación de canales al TRX principal (BCCH).

Fuente propia.

c) Para el resto de los TRX se asignan los canales según la imagen mostrada.

- Se elige el tipo de canal "TCH Half Rate" para codificar la señal de voz usando un algoritmo VSELP con el que conseguimos el doble de capacidad por TRX (Figura 93).

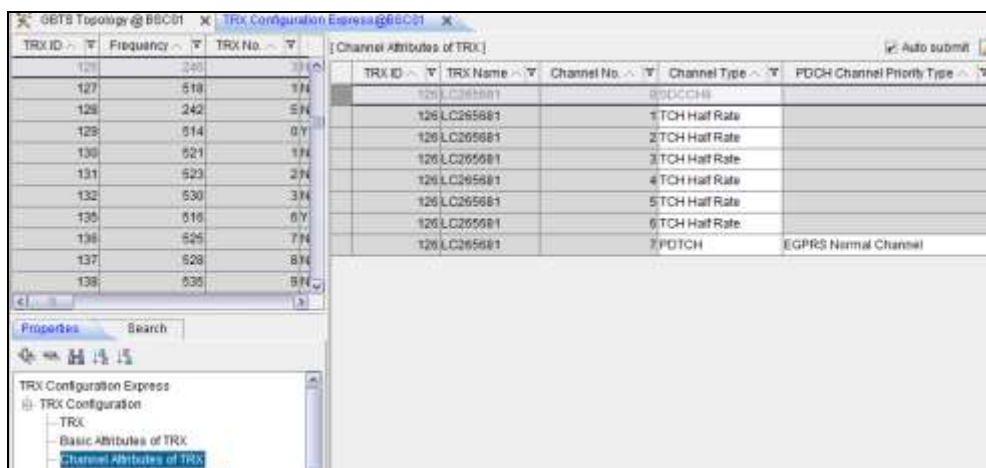


Figura 93. Asignación de canal TCH Half Rate para los TRX.

Fuente propia.



F. Finalmente después de la configuración, se exporta el *script* (*Export Script*) que posteriormente serán ejecutarlos para cargar los parámetros de transmisión y radio configurados anteriormente de manera directa en la respectiva BSC (Figura 94).

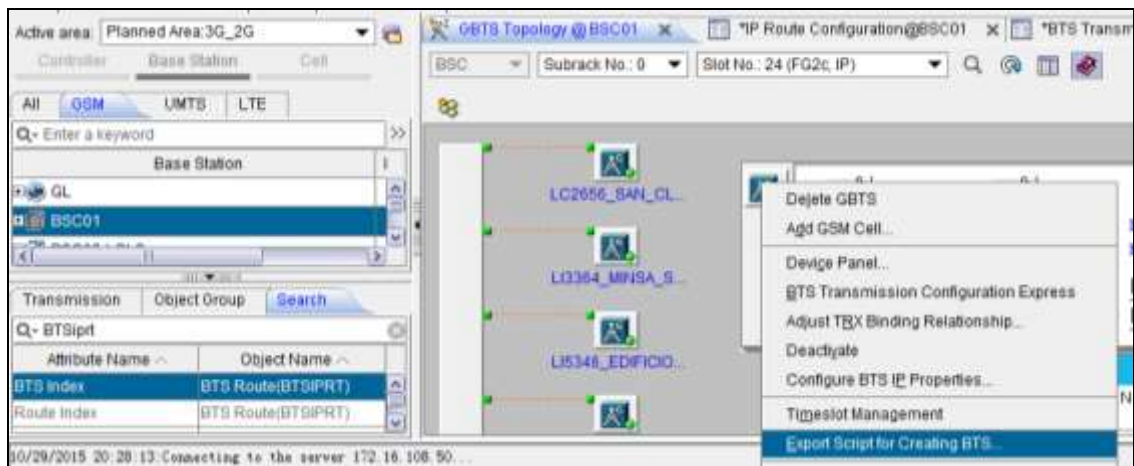


Figura 94. Exportación del Script.

Fuente propia.

### 3.6. Integración remota - LTE

El proceso de integración remota es el procedimiento mediante el cual una o varias estaciones base se incorpora en el sistema NMS para poder tener administración y monitoreo de ellas, de esta manera se podrá realizar configuraciones y modificaciones a las estaciones ante cualquier actualización o inconveniente y también se podrán ver en tiempo real alarmas de las estaciones con respecto a averías que podrían afectar el servicio o advertencias de alarmas externas como humo, puerta abierta, corte de energía, batería baja, etc.

Para nuestro caso, el software a utilizar es el U2000 (Figura 95) en el cual ya se tienen integradas las estaciones de tipo UMTS y se añadirán las 825 nuevas estaciones de tipo GL.



*Figura 95. Software de NSM – U2000.*

*Fuente propia.*

El acceso al U2000 para poder realizar la integración, se realiza desde manera remota desde cualquier punto geográfico en el cual se cuente con conectividad a internet, ya que el acceso se hará a través de una VPN (*Virtual Private Network*, Red Privada Virtual).

### **3.6.1. Pasos para integrar el eNodeB al U2000**

Para poder realizar la integración debemos acceder al software U2000 con el respectivo usuario y contraseña, en la pantalla principal de la Figura 95, se observara la opción de *Main Topology* donde accederemos haciendo doble clic.

Tras acceder al módulo *Main Topology*, procederemos a ejecutar los siguientes pasos (Figura 96):

- Current view / Vista actual: *Physical Root*
- Seleccionar la red donde se integrará la estación: LTE 2015 (para este proyecto).
- Clic derecho sobre el icono de la red y seleccionar *NEW* (Nuevo) seguido de *NE* (*Network Element*, Elemento de red).

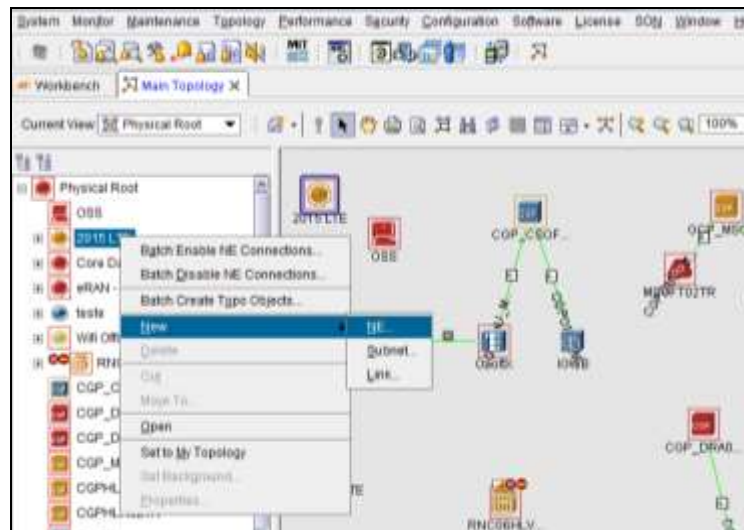


Figura 96. Crear el NE en el U2000.

Fuente propia.

Seguidamente del paso anterior tendremos en pantalla una ventana (*Create NE, Crear NE*) como muestra la Figura 97, donde debemos ingresar:

- *Name*: Nombre de la estación
- *IP Address 1*: Dirección IP

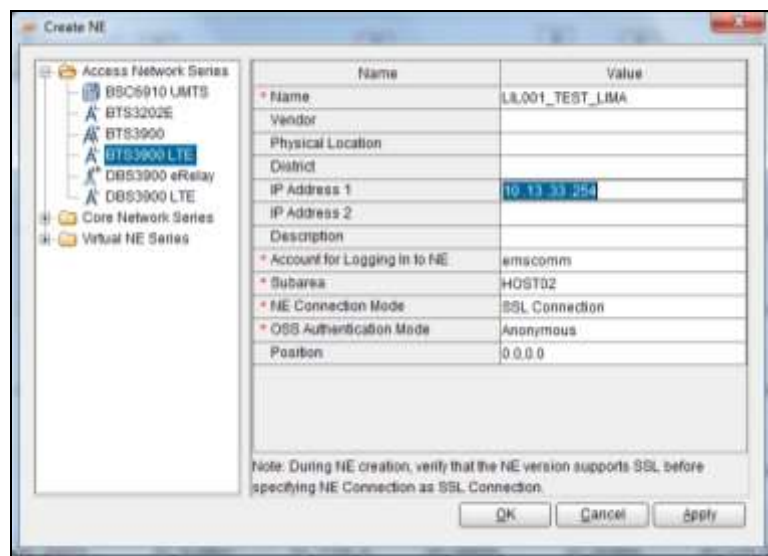


Figura 97. Crear el NE en el U2000.

Fuente propia.

Finalmente, se visualiza en pantalla la estación creada en el gestor como se ve en la Figura 98.



Figura 98. Estación integrada en el gestor U2000.

Fuente propia.

### 3.7. Monitoreo a través del sistema NMS

Tras los procedimientos de comisionamiento e integración, se pueden considerar las estaciones en servicio pero en algunos casos existirán eventos o

advertencias (alarmas) debido a algunas fallas, estados de configuración o incidentes.

Para poder declarar a una estación en estado hábil y ser considerada en servicio, debe tomarse en cuenta que ella no cuente con dichas alarmas o que por lo menos ellas no hagan referencia a eventos que o bien afectan la continuidad del servicio o podrían traer un riesgo de afectarlo.

Un primer paso, será la verificación de eventos y alarmas luego del comisionamiento e integración. Estas alarmas las podemos clasificar en 2 grupos:

- **Alarmas propias:** Son todas aquellas alarmas que pertenecen o indican que ocurre un evento o incidente físico o lógico en algún dispositivo o interfaz de las estaciones, ya sea para equipos de *indoor* u *outdoor*. Ejemplo: una alarma de desconexión entre la BBU y RRU, una falla en la tarjeta UBRI, falta de configuración del servidor NTP (*Network Time Protocol*, Protocolo de tiempo de red), etc.
- **Alarmas externas:** Son todas aquellas alarmas que indican que ocurre un evento o incidente externo a las estaciones o con respecto a las condiciones ambientales. Ejemplo: Tener una alarma por corte del servicio eléctrico suministrado a la estación, baterías bajas en la

estación, alarma de puerta de acceso abierto, alarma de temperatura, etc.

Tras la verificación de estos tipos de alarmas luego del comisionamiento e integración de las estaciones, los operadores de red (personal de monitoreo) se encargaran de velar por el correcto funcionamiento de las estaciones que deberán, en la medida de lo posible, estar libre de estos eventos descritos con anterioridad y en caso que ocurriesen, deberán tomarse acciones inmediatas para la solución de los problemas.

El monitoreo de las alarmas por parte de los operadores de red se realiza en un centro de operaciones de red (*NOC, Network Operation center*). Como principal herramienta de monitoreo se hace uso del sistema NMS (U2000). Las interfaces de monitoreo de alarmas de los sistemas NMS clasifican las alarmas de acuerdo a su gravedad (Críticas, Mayores, Menores y Advertencias), a su vez cuentan con una gama de alarmas nombradas distintamente cada una de manera tal que da una idea del problema como por ejemplo la alarma, *BBU Optical Module Transmit/Receive Faul*, nos indica un problema en el módulo óptico o transceiver de un sector que definitivamente viene afectando el servicio de las celdas relacionadas a ese sector.

Por otra parte, el monitoreo nos permite ver alarmas en tiempo real (Figura 99) o también ver el historial de alarmas pasadas de acuerdo a una fecha que podemos definir (Figura 100).

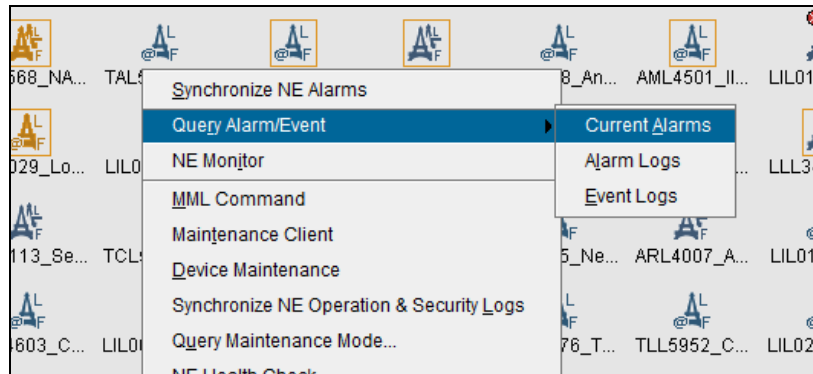


Figura 99. Monitoreo de alarmas activas.

Fuente propia.

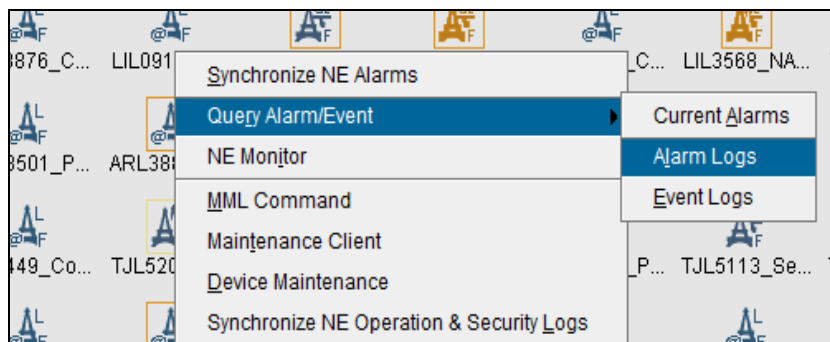


Figura 100. Historial de alarmas.

Fuente propia.

### 3.8. Resultados de puesta en servicio – Análisis de KPI y servicio

#### 3.8.1. Monitoreo de KPIs del servicio 2G

Cuando una estación está en funcionamiento va almacenando en una base de datos todo el registro de actividades que suceden en ella, estos registros pueden ser llamados cursadas, minutos de tráfico, llamadas fallidas, número de

*handovers* realizados, etc. Estos registros forman lo que se denominan estadísticos o KPI (*Key Performance Indicator*, Indicador Clave de Desempeño) que tienen una gran importancia dentro de la optimización del funcionamiento de la estación. Suelen almacenarse independientes por cada celda y nos dan una idea muy fiable del funcionamiento de la red, ya que se basan en datos reales capturados por la estación.

En los primeros días de encendido de la estación tendremos que comprobar que dichos KPIs se encuentran dentro de unos límites para que la estación quede aprobada por el operador.

Los estadísticos que tienen mayor relevancia son los siguientes:

- **Conexiones TCH:** Cuando un terminal quiere establecer una llamada la BTS le reserva un canal de tráfico para poder cursarla. El número de llamadas que logren asignarle un canal formará el número de conexiones TCH.
- **% Caídas TCH:** Es el porcentaje de conexiones interrumpidas por la red respecto al total de las establecidas. Se puede dar por un *handover* fallido o por una mala definición de vecindades. Un valor aceptable suele ser menor a un 5% (Figura 101).



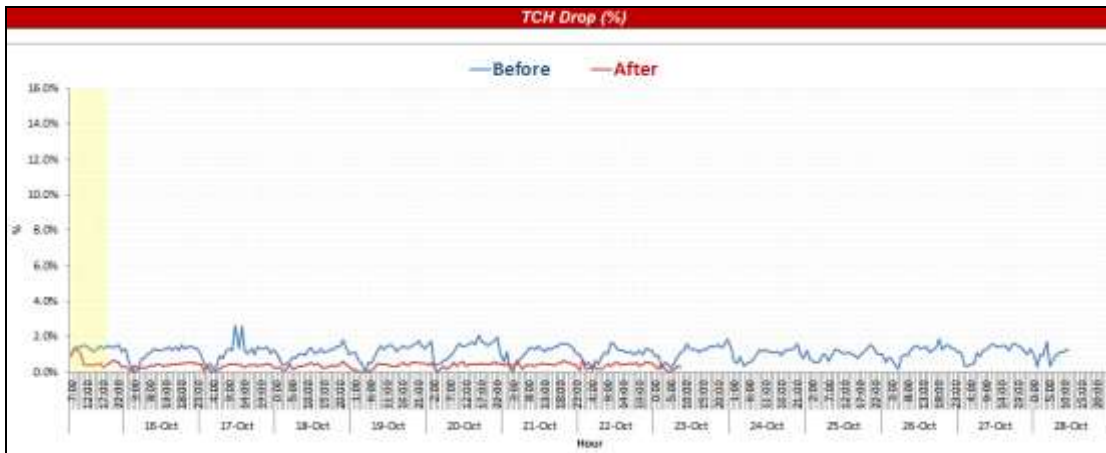


Figura 101. Análisis de caídas TCH.

Fuente propia.

- **% Caídas SDCCH:** Porcentaje de intentos de llamadas hechas por un terminal al que no se le ha podido asignar ningún canal de tráfico por encontrarse demasiado lejos de la estación. Suele estar provocado por una mala calibración del tilt. Valores por encima del 2-3% no suelen ser tolerables (Figura 102).



Figura 102. Análisis de caídas SDCCH.

Fuente propia.

- **% Bloqueo TCH:** Porcentaje de llamadas que podrían ser cursadas pero no es posible por tener recursos insuficientes, es decir, todos los TRX están ocupados. Está relacionado con el mal dimensionamiento de la estación y tiene algo más de tolerancia, podemos aceptar valores de hasta un 7-8%.

Como solución al bloqueo excesivo existe el HalfRate. Activando esta opción en alguna celda, cambiamos la codificación de la señal de voz usando un algoritmo VSELP con el que conseguimos el doble de capacidad por TRX a costa de perder algo de calidad en el sonido.

- **% Éxito HO:** Porcentaje de trasposos de llamada completados con éxito.

#### **3.8.1.1. Comprobaciones de KPI**

Generalmente, cuando se enciende una estación, hay que asegurarse al día siguiente de cómo es su comportamiento, ya que si este es excesivamente anómalo, puede perjudicar al funcionamiento global de nuestra red. Es preferible tener que bloquear la estación al día siguiente de encenderla que tenerla muchos días funcionando sin control y que pueda estropear los objetivos de calidad del operador.

El informe que se hace a los dos días del encendido se denomina Informe Básico, y se presentan los siguientes KPIs, recuperados a las 24h y contiene

las gráficas que contiene información de aproximadamente las últimas dos semanas de accesibilidad y retenibilidad. [20]

Accesibilidad y retenibilidad son los indicadores que arrojan datos sobre la calidad del servicio de telefonía móvil. El primero, evalúa la demora en recibir señal de respuesta del destino con el que un usuario desea comunicarse. Es decir, si puede acceder o no a la llamada en un tiempo no mayor a 10 segundos. Aquí, la escala de calificación otorga un 0% en el peor caso, y un 100% en el mejor caso (Figura 103). Mientras que el segundo, permite analizar si la llamada se realiza de manera exitosa, o si se cae o corta en el transcurso de la comunicación (Figura 104). [21]

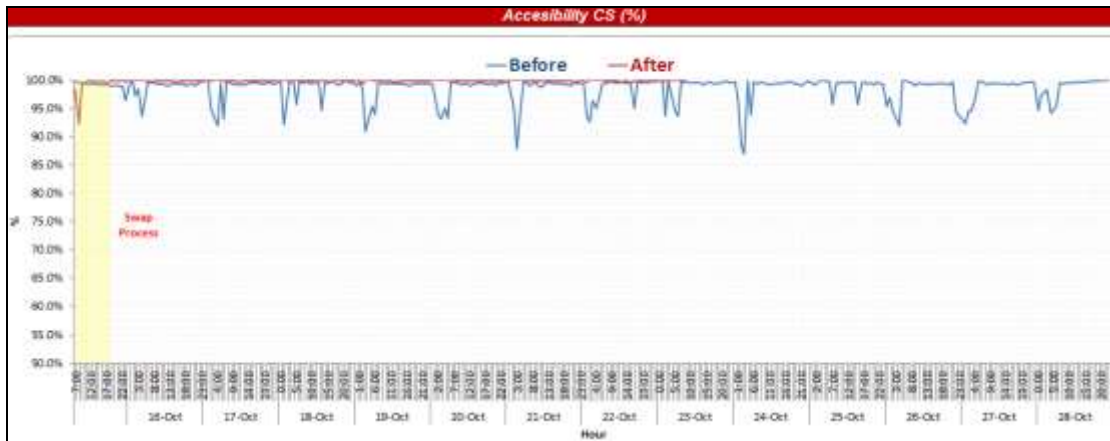


Figura 103. Análisis de KPI de accesibilidad para comunicación por circuitos (CS-GSM, llamadas) y por paquetes (PS-GPRS, datos).

Fuente propia.

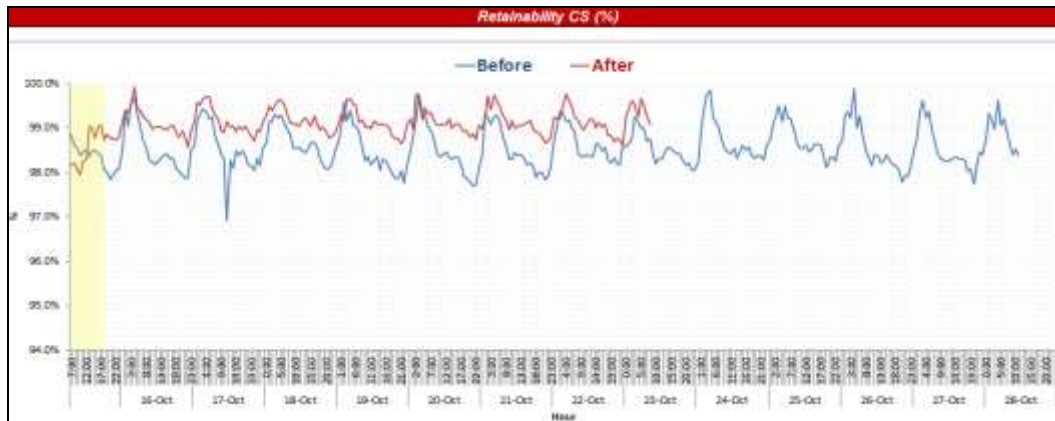


Figura 104. Análisis de KPI de retinibilidad para comunicación por circuitos (CS-GSM, llamadas) y por paquetes (PS-GPRS, datos).

Fuente propia.

La Figura 105, muestra el análisis general del tráfico de la estación GSM en Erlang (ERL).

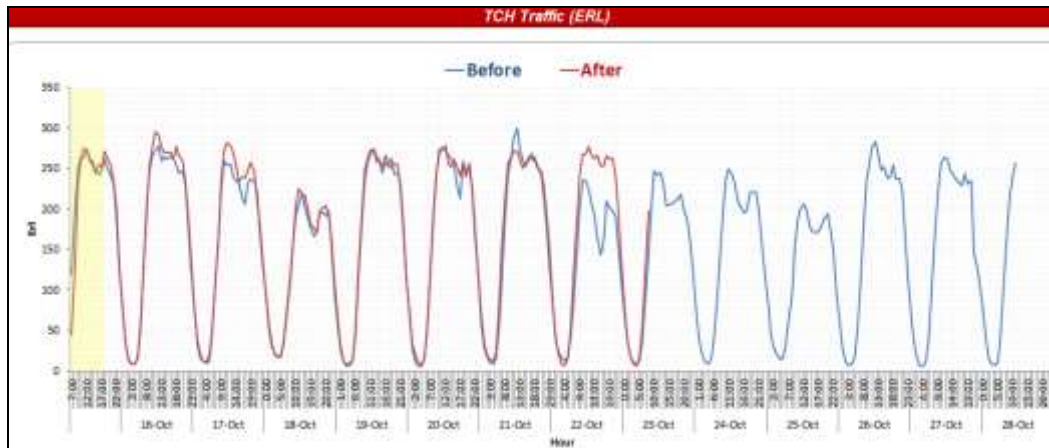


Figura 105. Análisis de tráfico de la estación de prueba GSM en Erlang.

Fuente propia.

### 3.8.2. Medición de KPI LTE

#### 3.8.2.1. CSSR – Call Setup Success Rate, tasa de éxito del establecimiento de llamada

Representa la accesibilidad a la red, es decir, indica que porcentaje de usuarios que tengan servicio LTE pueden conectarse a la red ya sea en modo Idle o que estén traficando datos. Se puede tomar como valores aceptables 98% a 100%, resultados de prueba se muestran en la Figura 106.

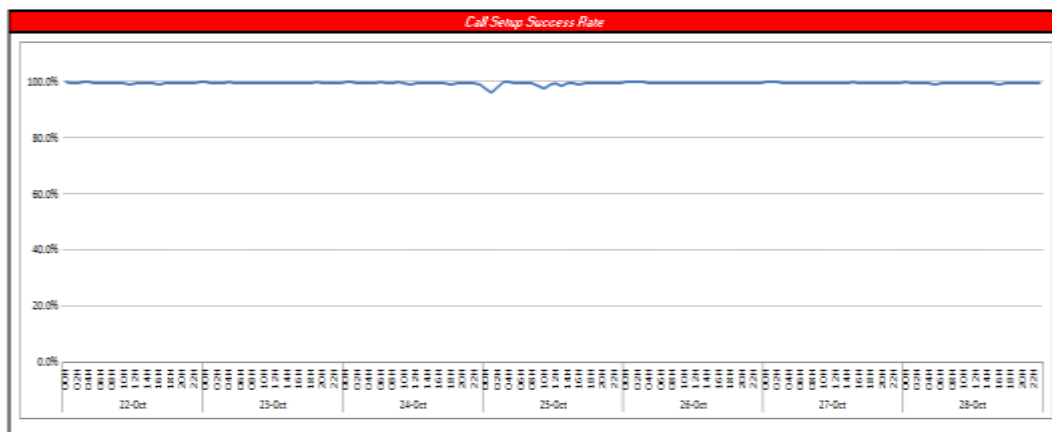


Figura 106. CSSR óptimo en el muestreo de una semana en el sitio de prueba.

Fuente propia.

### 3.8.2.2. CDR – Call Drop Rate, tasa de caída de llamadas:

Indica el porcentaje de descargas interrumpidas. Ya sea por mala cobertura, por saturación en la red de core, por una mala configuración de vecindades, etc. El valor permisible tiene que ser menor o igual a 1%. Un ejemplo se muestra en la Figura 107.

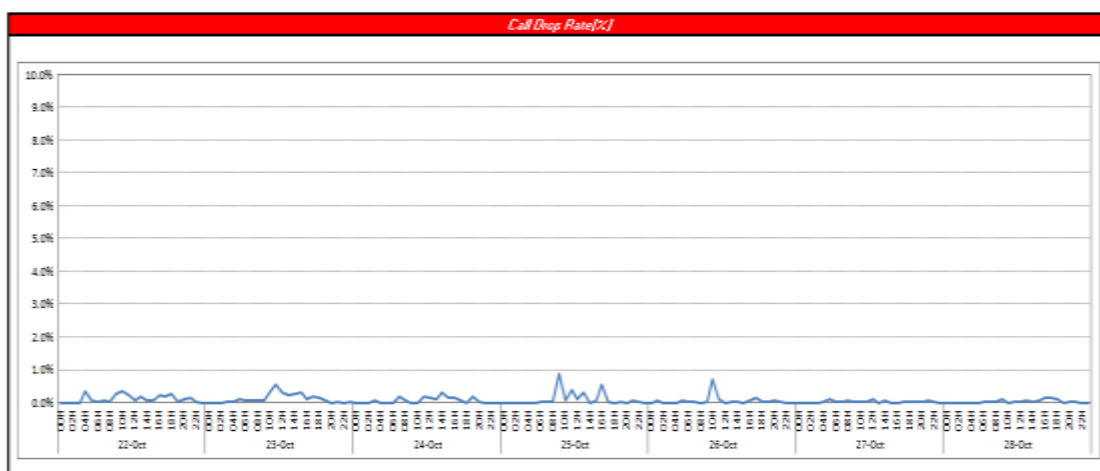


Figura 107. CDR óptimo en el muestreo de una semana en el sitio de prueba.

Fuente propia.

### 3.8.2.3. HOSR – Hand Over Succes Rate:

Indica qué porcentaje de intentos de saltos de una celda a otra por parte del usuario han sido satisfactorias. Para lograr el handover previamente se ha tenido que configurar en el nodo las adyacencias 4G – 4G (*Intra frequency*). El porcentaje permitido va desde el 98% a 100%. Ejemplo en la Figura 108.

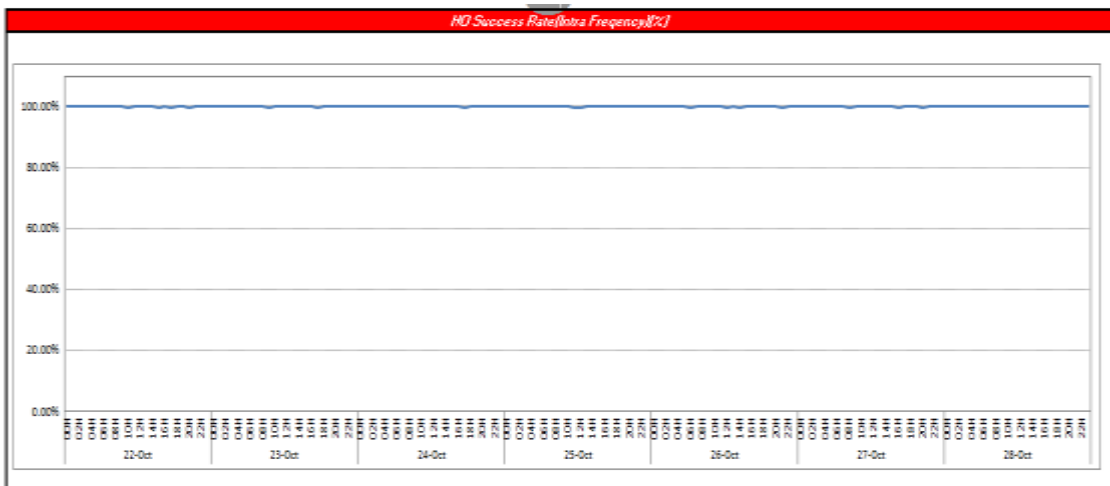


Figura 108. HOSR óptimo en el muestreo de una semana en el sitio de prueba.

Fuente propia.

### 3.8.2.4. Network DL Traffic, Tráfico de descarga de la red

Indica el total de tráfico acumulado por hora. Es decir, se suma el total de descarga por usuario y el acumulado se representa en el gráfico por hora. Los resultados representados gráficamente están en Gigabits. Ejemplo mostrado en la Figura 109.





Figura 109. Análisis de tráfico de descargas de una semana en el sitio de prueba.

Fuente propia.

### 3.8.2.5. Average User Number, número promedio de usuarios

Representa el promedio de usuarios conectados al eNodeB en una hora. Mayormente este gráfico sirve para prevenir congestión a largo plazo. Ejemplo mostrado en la Figura 110.



Figura 110. Análisis de número promedio de usuarios de una semana en el sitio de prueba.

Fuente propia.

## CONCLUSIONES

1. Debido a la actual creciente y alta demanda de usuarios de servicios móviles tanto en llamadas como en datos, las empresas operadoras en el Perú buscan frecuentemente optimizar sus redes. Para el caso del sistema de núcleo (NSS) las funciones y capacidades pueden ser mantenidas u solo optimizadas mediante licencias de software, igualmente podría ser para el sistema de acceso, pero las nuevas soluciones para estos equipos plantean también el aumento de capacidad, ahorro de espacio, ahorro de energía, redundancia, continuidad de servicio, mejor alcance de los KPI, etc. Es por eso que se propone y plantea hacer esta solución para el operador.
2. La solución propuesta y planificada para el operador, implementa equipos de última generación que no sólo tienen capacidad de procesamiento más veloz u ocupan menor espacio, sino que también permiten una gran escalabilidad para mejoras continuas a largo o corto plazo.
3. Como se puede observar en el análisis de pruebas y KPI, esta solución planteada para el operador, cumple con todos los resultados muy por dentro de todos los parámetros aceptados en los que se define un servicio muy óptimo y de gran calidad.

4. Al ser una propuesta que implementa equipos que siguen estándares como por ejemplo el 3GPP, ellos tienen compatibilidad entera con equipos de otros proveedores ya que manejan las mismas interfaces establecidas en toda red móvil.
  
5. Debido a la actual demanda por parte de los usuarios de lo que es el acceso a internet o redes sociales a través de servicios de paquetes de datos, ellos tendrán preferencia hacia lo que es un servicio de mayor velocidad, por tanto la ejecución de la propuesta trae el beneficio de aumentar la cobertura del servicio 4G en los distritos de Lima Metropolitana, por tanto una mayor preferencia por parte del operador para los usuarios.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que en el proceso de estudio técnico y la implementación de la estación a integrar, se sigan los estándares de instalación que el operador establece.
2. Es recomendable generar una plantilla macro para poder crear los *scripts* de comisionamiento con más eficacia, puesto que las integraciones por día, al momento de la ejecución del proyecto, serán masivas y lo que se requiere es optimizar el tiempo de integración de una estación.
3. Se recomienda, después de cada integración, realizar una doble revisión de los parámetros configurados en la estación y controladores. Esto evitará inconvenientes y retrasos al momento de mandar la puesta en servicio de las estaciones integradas.
4. Es recomendable realizar un monitoreo permanente de las estaciones después de cada integración, para evitar que la calidad de servicio del operador no se degrade y así evitar posibles penalidades.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sistemas de Comunicaciones Móviles – Carlos Alberto Sotelo López. Pág. 15. Primera edición, noviembre 2009 – Universidad de San Martín de Porres.
- [2] Sistemas de Comunicaciones Móviles – Carlos Alberto Sotelo López. Pág. 14 - 15. Primera edición, noviembre 2009 – Universidad de San Martín de Porres.
- [3] Comunicaciones Móviles Sistemas GSM, UMTS y LTE – José Manuel Huidobro. Pág. 95. Edición 2012 – Editorial RA-MA.
- [4] Sistemas de Comunicaciones Móviles – Carlos Alberto Sotelo López. Pág. 144. Primera edición, noviembre 2009 – Universidad de San Martín de Porres.
- [5] Comunicaciones Móviles Sistemas GSM, UMTS y LTE – José Manuel Huidobro. Pág. 123. Edición 2012 – Editorial RA-MA.
- [6] Comunicaciones Móviles Sistemas GSM, UMTS y LTE – José Manuel Huidobro. Pág. 126. Edición 2012 – Editorial RA-MA.
- [7] Sistemas de Comunicaciones Móviles – Carlos Alberto Sotelo López. Pág. 198. Primera edición, noviembre 2009 – Universidad de San Martín de Porres.
- [8] Comunicaciones Móviles Sistemas GSM, UMTS y LTE – José Manuel Huidobro. Pág. 128. Edición 2012 – Editorial RA-MA.
- [9] Practical Radio Resource Management in Wireless Systems – Sofoklis A. Kyriazakos, George T. Karetsos. Pág. 13. Edición 2004 – Editorial Artech House, Inc.
- [10] Fundamentals of EMS, NMS and OSS/BSS – Jithesh Sathyan. Pág. 146 – 147. Edición 2010 – Editorial Taylor & Francis Group.

- [11] Análisis de la propuesta de evolución de redes 3g y su convergencia a la tecnología 4g para redes de telefonía móvil, Tesis previa a la obtención del Título de: Ingeniero de Sistemas – Chimbo Rodríguez, Maritza Cecibel. Pág. 84 – 88. 2012 – Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador.
- [12] Comunicaciones Móviles Sistemas GSM, UMTS y LTE – José Manuel Huidobro. Pág. 210 – 211. Edición 2012 – Editorial RA-MA.
- [13] Análisis de la propuesta de evolución de redes 3g y su convergencia a la tecnología 4g para redes de telefonía móvil, Tesis previa a la obtención del Título de: Ingeniero de Sistemas – Chimbo Rodríguez, Maritza Cecibel. Pág. 90. 2012 – Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador.
- [14] Análisis de la propuesta de evolución de redes 3g y su convergencia a la tecnología 4g para redes de telefonía móvil, Tesis previa a la obtención del Título de: Ingeniero de Sistemas – Chimbo Rodríguez, Maritza Cecibel. Pág. 92 – 93. 2012 – Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador.
- [15] Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica, Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones – Andrea Patricia Guevara Toledo y Iviana Gabriela Vásquez Alarcón. Pág. 37 – 38. Abril 2013 – Universidad de Cuenca, Ecuador.
- [16] 3GPP LTE: Hacia la 4G móvil – Jorge Cabrejas Peñuelas, Juan José Olmos Bonafé, Mario García Lozano, Ana Fernández Aguilera. Primera Edición, abril 2011 – Editorial MARCOMBO.
- [17] 3GPP LTE: Hacia la 4G móvil – Jorge Cabrejas Peñuelas, Juan José Olmos Bonafé, Mario García Lozano, Ana Fernández Aguilera. Primera Edición, abril 2011 – Editorial MARCOMBO.

[18] Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica, Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones - Andrea Patricia Guevara Toledo y Iviana Gabriela Vásquez Alarcón. Pág. 50 – 51. Abril 2013 – Universidad de Cuenca, Ecuador.

[19] <http://www.alegsa.com.ar/Dic/script.php>, enlace web visitado en Agosto 2015.

[20] [http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11964/fichero/4\\_PLIEGO+DE+CONDICIONES.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11964/fichero/4_PLIEGO+DE+CONDICIONES.pdf), enlace web visitado en Agosto 2015.

[21] <http://www.diarionorte.com/article/117809/las-empresas-de-telefonía-movil-afirman-que-el-servicio-que-prestan-en-la-provincia-es-optimo>, enlace web visitado en Agosto 2015.