

Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación



**Propuesta para la implementación del  
servicio de voz sobre LTE en la ciudad de  
Guayaquil**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Maria Cristina Chalacán Aguayo**

2015



Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación

**Máster Universitario en  
Ingeniería de Redes y Servicios Telemáticos**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Propuesta para la implementación del  
servicio de voz sobre LTE en la ciudad de  
Guayaquil**

Autor

**Maria Cristina Chalacan Aguayo**

Director

**Luis Bellido Triana**

Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos

2015

## Resumen

En la actualidad en Ecuador, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) es la operadora de telecomunicaciones que ofrece el servicio de LTE (Long Term Evolution) a los usuarios. Call Session Control Function (CSCF) es la solución que se encuentra en funcionamiento para dar el servicio de Voz sobre LTE, pero esta tiene problemas por el aumento del establecimiento del tiempo de llamada que causa una mala experiencia al usuario.

En este trabajo se estudia una de las soluciones para brindar voz sobre LTE Long Term Evolution sin la necesidad de realizar fallback, en decir que solo sea manejada a nivel del dominio de paquetes PS. Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC) es usado para lograr una cobertura total sobre el servicio de voz en una red LTE, y en conjunto con la Red IP Multimedia Subsystem (IMS), los usuarios de LTE heredan el servicio de voz tradicional con una amplia variedad de servicios.

Una de las pautas iniciales para este estudio es la de realizar un dimensionamiento del número de llamadas que se soporta en hora pico (BHCA) y luego realizar una proyección hasta el año 2018. Luego de este paso se realiza un análisis de la capacidad a nivel de equipamiento que se tiene actualmente para poder utilizarlo en la nueva propuesta. El proveedor con el cual se cuenta en esta solución es Huawei por ser el que actualmente está siendo utilizado en la CSFB.

Como resultado de este trabajo, es la de adquirir conocimientos técnicos sobre VoLTE, además la de proponer esta nueva solución para que la experiencia al usuario en las llamadas de voz sea la mejor.



## Abstract

At this moment in Ecuador, The National Telecommunication Corporation (CNT) offers LTE (Long Term Evolution) services to their users. Call Session Control Function (CSCF) is the operating solution that provides voice service over LTE, despite of its problems because of the increasing call establishment time that produce a bad user experience.

This study presents Long Term Evolution as a solution to provide voice services over LTE without fallback. It means that the voice service is handled by PS packets. Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC) is used to achieve a total voice service coverage over LTE network that together with IP Multimedia Subsystem network (IMS), allow the user to get the traditional voice service with additional services.

First, this study develops a call number sizing that will be supported in critical hours (BHCA), then develop an estimate until 2018. After this, the study develop an capability analysis related to the current equipment in order to include it in the new propose. The current provider of CSFB is HUAWEI.

Acquiring technical knowledge about VoLTE is part of the results of this study, besides proposing this new solution to achieve a better user experience in making voice calls.



## Índice general

Resumen .....	i
Abstract.....	iii
Índice general.....	v
Índice de figuras.....	vii
Siglas .....	ix
1 Introducción.....	1
1.1 Objetivos Propuestos .....	2
2 ESTADO DEL ARTE DE VoLTE.....	3
2.1 Red EPS Evolved Packet System.....	4
2.1.1 Arquitectura .....	4
2.2 Función Circuit Switched FallBack CSFB .....	8
2.2.1 Transporte de la Voz.....	8
2.2.2 CSFB .....	9
2.3 Red IMS.....	11
2.3.1 Arquitectura de la red IMS .....	11
2.4 Single Radio Voice Call Continuity SRVCC.....	15
2.4.1 Impacto en la Arquitectura .....	16
2.4.2 Impacto en la red IMS.....	17
3 SITUACIÓN ACTUAL.....	20
3.1 Arquitectura actual de la Red .....	20
3.1.1 Equipos de la Red.....	20
3.1.2 Interfaz SG.....	22
3.1.3 Funciones adicionales con CSFB .....	22
4 PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DEL SERVICIO DE VOZ SOBRE LTE EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL .....	26

4.1	Planificación de Red y Dimensionamiento.....	26
4.2	Arquitectura VoLTE.....	29
4.2.1	Capas de la Arquitectura.....	29
4.2.2	Propuesta.....	31
4.2.3	Equipos a utilizar.....	34
4.2.4	Procedimiento.....	40
5	CONCLUSIONES.....	43
	BIBLIOGRAFIA.....	45
	ANEXOS.....	48

## Índice de figuras

Figura 1. Arquitectura de una red EPS (Evolved Packet System).....	4
Figura 2 Interfaz X2.....	8
Figura 3 Transporte Voz.....	9
Figura 4 Interfaz SG - Conexión entre Redes .....	10
Figura 5 Pila de Protocolo SGs .....	10
Figura 6 Entidades Red IMS .....	11
Figura 7 Proceso de Interconexión.....	14
Figura 8 Transferencia de Señalización.....	16
Figura 9 Transferencia de la Media .....	17
Figura 10 Arquitectura SRVCC .....	19
Figura 11 Arquitectura Actual CNT .....	23
Figura 12 Arquitectura VoLTE Huawei.....	30
Figura 13 Convergencia de Base de Datos.....	32
Figura 14 Propuesta de Arquitectura VoLTE para CNT .....	33
Figura 15 Procedimiento para la implementación de VoLTE.....	37
Figura 16 Tipo de Rack equipos Huawei.....	40



## Siglas

ATCF	Access Transfer Control Function
BICC	Bearer Independent Call Control
CDR	Charging Data Control
CS	Circuit Service
CSCF	Call Session Control Function
CSFB	Circuit Service FallBack
E-CSCF	Emergency -CSCF
EMM EPS	Mobility Management
eNB	Evolved NodeB
EPC	Evolved Packet Core
EPC	Evolved Packet System
E-UTRAN	Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile
HSS	Home Subscriber Server
I-CSCF	Interrogating - CSCF
IMS	IP Multimedia Sub System
IP	Internet Protocol
ISUP	ISDN User Part
LTE	Long Term Evolution
M3UA	MTP3 User Adaptation
MGCF	Media Gateway Controller Function
MGW	Multimedia Gateway
MME	Mobility Management Entity

MSC	Mobile Service Switching Center
P-CSCF	Proxy-CSCF
PLMN	Public Land Mobile Network
PS	Packet Switching
PSTN	Public Switching Telephone Network
RTP	Real Time Transport Protocol
SCC AS	Service Centralization and Continuity Application Server
SCCP	Signaling Connection Control Part
S-CSCF	Serving CSCF
SCTP	Stream Control Transmission Protocol
SGSN	Service GPRS Support Node
SGW	Signaling Gateway
SIP	Session Information Protocol
SRVCC	Single Radio Voice Call Continuity
UE	User Equipment

## 1 Introducción

Durante el año 2011, diferentes operadoras de telefonía móvil del mundo comenzaron a desplegar la nueva tecnología LTE (Long Term Evolution), actualmente esta tecnología también es conocida como 4G. La página oficial GSA (Global mobile Suppliers Association) indica en el reporte del año 2014 que existen 373 millones de suscriptores de LTE a nivel mundial por lo que la tecnología LTE se expande en forma exponencial.

En el año 2010 se creó la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, que es la empresa pública de telecomunicaciones del Ecuador, resultado de la fusión de 3 empresas Andinatel, Pacifictel y Telecsa. Esta corporación acogió el negocio en las 3 ramas principales, voz, video y datos a nivel nacional. En la parte de voz ha hecho especial énfasis en la de ofrecer el mejor servicio Móvil por lo que desde la fusión se ha desplegado la mejor tecnología en el país hasta llegar a la más actual que es LTE. Se desplegó primero en las ciudades principales como son Guayaquil, Quito y Cuenca primero ofreciendo 3G, en la actualidad existe cobertura a en todo el territorio ecuatoriano.

CNT EP fue la primera operadora de telecomunicaciones en el país en ofrecer a los ecuatorianos el servicio de LTE, por encima de operadoras privadas como Movistar y Claro que a finales del 2015 empezaron a dar el servicio de LTE. Por lo tanto CNT en el mercado móvil nos brinda un gran valor agregado a los usuarios que es el de navegar a más velocidad y con la mejor tecnología.

En LTE por ser solo IP, la voz en los primeros despliegues se lo ofrece por medio de la solución Circuit Switched Fallback CSFB, que es lo que está funcionando en CNT EP. Esta solución tiene desventajas como es la del aumento del tiempo del establecimiento de las llamadas telefónicas debido al handover que debe hacerse desde el dominio de los circuitos al dominio de los paquetes [1].

Una de las principales novedades de LTE [2] es que es una red IP extremo a extremo, por lo que no existe el dominio de circuitos conmutados para manejar las llamadas de voz, tal y como ocurría en las tradicionales redes 2G/3G. Sin embargo, en los primeros despliegues comerciales de LTE, la voz se ha ofrecido mediante circuitos conmutados mediante CSFB (Circuit Switched Fallback). CSFB es la solución estándar del 3GPP para ofrecer voz en las etapas iniciales de despliegue de LTE, cuando no existe suficiente cobertura o el operador en cuestión no ha desplegado IMS (IP Multimedia Subsystem).

Así, aunque para las comunicaciones de datos se utiliza LTE, a través de CSFB el terminal es redirigido a la red 2G/3G para iniciar o recibir una llamada de voz y la llamada permanece en el dominio de circuitos conmutados hasta que es completada. En redes con poca cobertura de LTE [3], esto permite evitar continuos handovers entre conmutación de circuitos y VoIP. Sin embargo, puesto que CSFB sólo proporciona los servicios de voz y SMS tradicionales, es considerada una etapa inicial en la evolución hacia servicios de comunicaciones totalmente multimedia.

Las desventajas que tenemos con este método es el incremento del tiempo en establecer la llamada debido al procedimiento de handover lo cual hace que se repita por cada llamada. Otro de los problemas es que la calidad del servicio en términos de PS no está garantizado.

Otra forma de ofrecer voz sobre las redes LTE, en este caso totalmente IP, son las conocidas por mobile VoIP Over-the-top (OTT). Se trata de aplicaciones que son ejecutadas sobre teléfonos inteligentes con banda ancha móvil 4G, como: Skype, Google Voice, FaceTime, Line2, o Viber. Aunque es complicado para los operadores móviles competir con estos servicios gratuitos o de bajo coste, la realidad es que la mayoría tienen modelos de negocio insostenibles lo que da a pie a que los operadores ofrezcan un servicio con un mayor valor añadido como es la seguridad, calidad de servicio, fiabilidad, servicios regulatorios como llamadas de emergencia o interceptación de llamadas, interoperabilidad total.

La solución que se tomara en cuenta en este trabajo es la SRVCC Single Radio Voice Call Continuity, que es basada en la red IMS (Subsistema Multimedia IP). Mediante el uso de IMS hereda los servicios tradicionales de voz y SMS, así como la integración de servicios de voz con una amplia variedad de servicios. Por lo tanto SRVCC nos asegura una llamada de voz continua entre las redes E-UTRAN y GSM o viceversa.

## 1.1 Objetivos Propuestos

- Analizar la red actual para aprovechar los recursos que están disponibles.
- Planificar la implementación de la tecnología Voz sobre LTE en la ciudad de Guayaquil.
- Investigar y adquirir conocimientos técnicos en profundidad de las tecnologías LTE e IMS, sus relaciones y convergencias
- Conocer y estudiar el estado del desarrollo de la tecnología voz sobre LTE y su adopción en la tecnología de cuarta generación.
- Identificar los beneficios que ofrece la tecnología de voz sobre LTE y hacer un análisis comparativo con respecto a la tecnología de tercera generación.

## 2 ESTADO DEL ARTE DE VoLTE

LTE es una tecnología estandarizada por el 3GPP (Third Generation Partnership Project) el cual define un nuevo acceso de radio de alta velocidad, se encuentra especificado en el Release 8.

Se presenta como la evolución de la tecnología móvil UMTS conocida como E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network). LTE es parte de un camino de tecnologías de alta velocidad y baja latencia que comprende GSP, EDGE, WCDMA y HSPA (High Speed Packet Access).

Los componentes de LTE han sido diseñados para soportar servicios de comunicaciones basados en la conmutación de paquetes, sin restricciones de tiempo real, por lo tanto, ya no es necesaria la conmutación de circuitos, es decir, EPC constituye una versión evolucionada del sistema GPRS.

La red de acceso E-UTRAN y el núcleo EPC brindan servicios de paquetes IP entre los equipos de usuario (UE) y redes de paquetes externas tales como plataformas IMS, ISP y otras redes de comunicaciones. La calidad de servicio (bits/s, retardos, pérdidas) de un servicio de paquetes IP puede configurarse en base a las necesidades de los servicios finales que lo utilicen, cuyo control y señalización se lleva a cabo a través de plataformas de servicios externas (IMS, ISP) y de forma transparente a la red troncal EPC.

LTE contempla el acceso a sus servicios a través de UTRAN y GERAN así como mediante otras redes de acceso que no pertenecen a la familia 3GPP (CDMA2000, Mobile WiMAX, redes 802.11, etc.). Es importante mencionar que la infraestructura LTE, integra elementos de red propios de las redes IP: Routers, Servidores DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) para la configuración automática de las direcciones IP de los equipos de la red LTE y Servidores DNS (Domain Name Server) para asociar los nombres de los equipos con sus direcciones IP.

Existen algunos pasos indispensables antes de que se implemente esta solución, es la de tomar una fotografía de cómo está funcionando la red LTE en la ciudad de Guayaquil. La migración hacia una red IMS tanto la parte móvil como la fija es indispensable antes de realizar la implementación debido a que es LTE es una red all ip.

Las ventajas de ofrecer VoLTE son las de proporcionar los servicios tradicionales sobre 2G / 3G con mayor calidad debido a la utilización de codecs de banda ancha y el reducido tiempo de establecimiento de llamadas.

## 2.1 Red EPS Evolved Packet System

La red 4G no brinda el servicio [4] de llamadas de voz debido a que no procesa la señalización en una llamada de voz. La red opera solo en modo PS Packet Service por lo que solo transporta paquetes IPs.

El paquete IP que contiene datos de voz sigue la siguiente estructura:

- AMR Adaptive Multi-Rate códec
- RTP Real-Time Transport Protocol , cabecera
- UDP User Datagram Protocol , cabecera
- IP , cabecera

El paquete IP que contiene la señalización telefónica sigue la siguiente estructura:

- SIP Session Information Protocol mensaje
- UDP cabecera
- IP cabecera

### 2.1.1 Arquitectura

La red móvil de cuarta generación EPS (Evolved Packet System) comprende de un core network EPC y una red de acceso E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network). Figura 1.

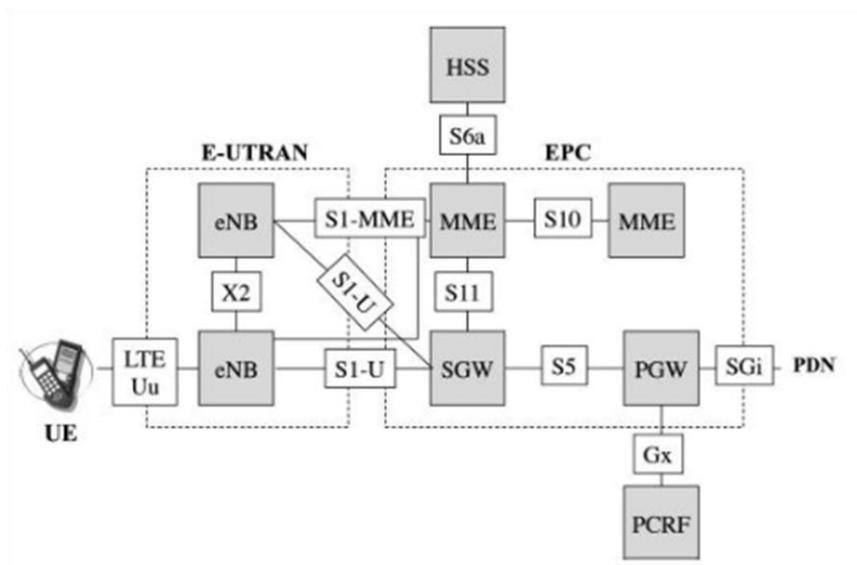


Figura 1. Arquitectura de una red EPS (Evolved Packet System)

La red de acceso U-TRAN se encarga de las conexiones móviles mientras que EPC core network interconecta la red de acceso y brinda la interface para la PDN (Packet Data Network). Esto asegura el establecimiento de los portadores para el anexo del teléfono móviles a la red.

### *Red de Acceso*

La red de acceso UTRAN incluye solo un tipo de entidad, la estación radioeléctrica eNB (Evolved Nodo B) con las conexiones UE, esto se verifica en la Figura1. El eNB es responsable de gestionar los recursos radioeléctricos, la asignación de los portadores a los móviles y la movilidad de los equipos del usuario UE.

Los eNB transportan el tráfico de datos desde el móvil (o el SGW Serving Gateway del EPC) al SGW y viceversa. Cuando los eNB reciben los datos del UE o desde el SGW, este examina los QCI (QoS Class Identifier) para implementar el mecanismo de planificación del paquete.

Para los datos salientes destinados al SGW, los eNB realizan un DSCP (DiffServ Code Point) marcando los paquetes IP en relación con los QCI asignados a cada paquete.

El eNB procesa la solicitud de paging enviada por el MME para realizar la difusión en las celdas, cabe indicar que las celdas, es el área de cobertura radioeléctrica del eNB. El eNB usa las medidas llevadas a cabo por el móvil para tomar la decisión de activar o no la transferencia y planificación del intercambio de los paquetes de datos con el móvil.

El eNB tiene las siguientes interfaces:

- LTE-Uu con el móvil UE, esta interface es usada para conectar el móvil al eNB, por lo que lleva el tráfico desde el móvil al intercambio de señalización entre el móvil y el eNB. Esta señalización soporta el intercambio de señalización entre el móvil y el MME del EPC.
- X2 con los otros eNBs, esta interface es usada para la transferencia intra-UTRAN y para el intercambio de la información cargada en la celda. Esto lleva al tráfico móvil y el intercambio de señalización entre dos eNBs.
- S1-MME con la MME del EPC, esta interface sirve para la activación del portador radioeléctrico, para el paging y para la gestión de movilidad. Esto lleva al intercambio de señalización entre el MME y el eNB, además del intercambio de señalización entre el móvil y el MME.
- S1-U con el SGW del EPC, esta interface solo lleva el tráfico de datos.

### *Core Network*

El EPC lo conforman, MMEs que [5] solo realizan procesamiento de señalización desde el EPC, SGW y PGW (PDN Gateway), además maneja la transferencia del tráfico de datos.

*MME Mobile Management Entity.-* El MME es la que da acceso a los móviles al EPS y controla el establecimiento de las portadoras para la transmisión del tráfico de datos. Cuando se establece el attach, los MME recuperan el perfil luego autentican los datos para el almacenamiento del móvil en el HSS (Home Subscriber Server. El HSS es una base de datos que puede ser compartida entre las diferentes generaciones de las redes móviles y la red IMS (IP Multimedia Sub-system).

El MME tiene las siguientes interfaces:

- S1-MME con el eNB
- S6a con el HSS, esta interface lleva la señalización para acceder a los datos del móvil como autenticación y perfil del servicio.
- S10 con el MME, esta interface lleva el intercambio de señalización cuando se moviliza el UE y necesita una conmutación de MME.
- S11 con el SGW, esta interface se usa para llevar la señalización que permite el establecimiento de la portadora entre el eNB y el SGW.

*SGW.-* son organizados en pools. Para balancear la carga de los SGWs, todos los eNBs en un área determinada pueden tener acceso a todos los SGWs en el mismo pool. Los SGW transfieren los datos entrantes desde el PGW a los eNB y para los datos salientes desde el eNB al PGW. Cuando el SGW recibe los datos del PGW, este examina el QCI para implementar el mecanismo de planificación de los paquetes.

Tanto para los datos entrantes y salientes, el SGW realiza un marcado de los datos por medio de DSCP. Las interfaces del SGW son las siguientes:

- S11 con el MME.
- S5 con el PGW, esta interface es usada para establecer una portadora entre estas dos entidades, lo cual lleva al intercambio de señalización entre PGW y el tráfico móvil.
- S1-U con el eNB.

*El PGW.-* es el Gateway router que interconecta el EPS a la internet PDN. Cuando el PGW recibe los datos del SGW o desde PDN este usa el QCI para implementar el mecanismo de planificación de los paquetes. También realiza un marcado de los paquetes por medio de DSCP. Cuando un anexo se establece, el PGW asigna una dirección IPv4 o IPv6 al móvil.

PGW contiene el PCEF (Policy and Charging Enforcement Function), el cual aplica las reglas relacionadas con el tráfico móvil, filtración de paquetes, cobro y QoS que debe ser aplicado a la portadora que será construida. PGW genera los datos, habilitando a las entidades de cobro y publica los archivos que son tratados por el sistema billing. Las interfaces que usa PGW son las siguientes:

- S5 con el PGW
- Gx con el PCRF, esta interface lleva la señalización permitiendo al PGW recibir las reglas que serán aplicadas al tráfico móvil.
- SGi con el PDN, esta interface lleva el tráfico móvil (paquete IP).

### Interfaces

**La interfaz LTE-Uu.-** es el punto de referencia entre el móvil y el eNB tanto para señalización como para tráfico. La señalización del protocolo RRC (Radio Resource Control) es intercambiada entre el móvil y el eNB.

**La interfaz S1-MME.-** es el punto de referencia entre el MME y el eNB para la señalización usando el protocolo S1-AP (Application Part).

**La interfaz S11.-** es el punto de referencia entre el MME y el SGW para la señalización usando el protocolo GTP-C (GPRS Tunnel Protocol Control).

**La interfaz S1-U.-** es el punto de referencia entre el eNB y el SGW para la tunelización del tráfico (paquete IP) usando el protocolo GTP-U (GPRS Tunnel Protocol User)

**La interfaz S5.-** es el punto de referencia entre el SGW y el PGW para la tunelización del tráfico IP por medio del protocolo GTP-U y la señalización por medio del protocolo GTP-C.

**La interfaz S10.-** es el punto de referencia entre MME para la señalización usando el protocolo GTP-C.

**La interfaz SGi.-** es el punto de referencia entre el PDW y el PDN.

El EPS transporta el tráfico móvil en paquete IP, de forma transparente a que rutas y que paquetes pasen por el PGW.

La capa de enlace se conforma de tres subcapas que son las siguientes:

- PDCCP Packet Data Convergence Protocol, este protocolo cuida de la compresión, cifrado, señalización, control de la integridad de la señalización del tráfico de datos. Además de la planificación del tráfico de datos cuando un handover dentro del sistema ocurre.

- RLC Radio Link Control, este implementa el mecanismo de retransmisión en caso de error ARQ (Automatic Repeat reQuest), concatenar o segmentación de datos PDCP.
- MAC Media Access Control, este protocolo realiza la multiplicación de los datos RLC, implementa el HARQ (Híbrido ARQ) que es el mecanismo en caso de error y planificación tanto en el enlace de bajada o subida de los datos.

**La interfaz X2.-** es el punto de referencia entre dos eNBs para la señalización usando el protocolo X2-AP y para la tuberización del tráfico móvil por medio del protocolo GTP-U durante el handover del móvil. En la figura 3 muestra el stack de protocolo de la interfaz X2.

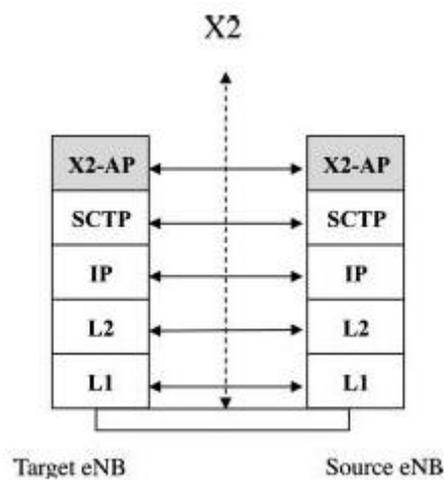


Figura 2 Interfaz X2

## 2.2 Función Circuit Switched FallBack CSFB

### 2.2.1 Transporte de la Voz

El MGW realiza una conversión de la estructura de los datos de voz entre la red IP y la red de Acceso o de una tercera red. En la figura 3 se muestra como se transporta la voz a través de CSFB.

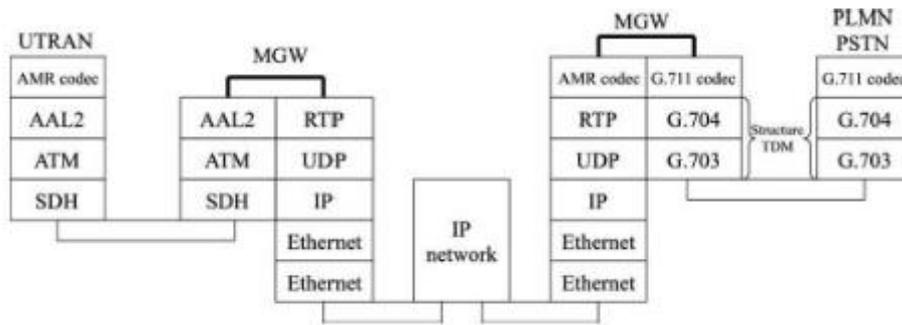


Figura 3 Transporte Voz

En la interface con la red de acceso BSS (Base Station Sub System) o con una tercera red, la estructura TDM (Time Division Multiplexing) directamente multiplexa los datos de voz del emisor con un códec G711 en un periodo de tiempo de G704.

En la interface con la red de Acceso UTRAN, los datos de voz con los codecs AMR (Adaptive Multi-Rate) son encapsulados por los protocolos AAL2 (ATM Adaptación Layer), ATM y SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

En la interface de una tercera red, el MGW también convierte el formato del códec AMR usado en la red de acceso UTRAN dentro del códec G711.

En la interface de la red IP, los datos de voz son encapsulados por RTP (Real Time Transport Protocol), UDP (User Datagram Protocol), IP (Internet Protocol) y Ethernet.

### 2.2.2 CSFB

La función CSFB (CS FallBack) habilita un anexo UE hacia la red EPS (Evolved Packet System) para usar las redes GSM y UMTS para estabilizar una llamada telefónica. Esta función debe ser brindada cuando los móviles quieren acceder al servicio telefónico y no tenemos disponible una arquitectura IMS.

CSFB se implementa para la creación de la interfaz SGs por un lado el servidor MSC con las redes GSM y UTRAN y por otro el MME de la red EPS. En la figura 4 muestra la interacción de la interfaz SG con los demás elementos.

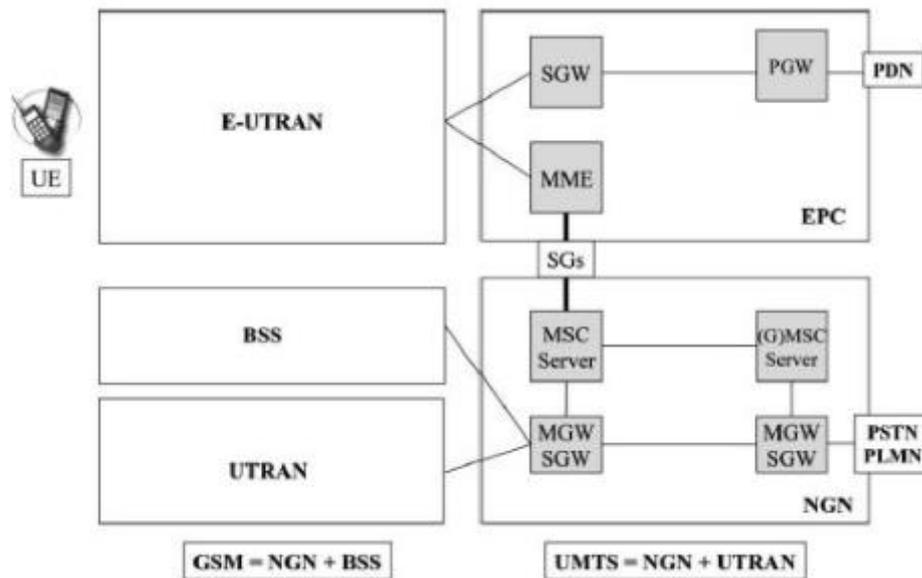


Figura 4 Interfaz SG - Conexión entre Redes

La función relacionada a las interfaces SGs son derivadas desde los mecanismos de las interfaces Gs que están disponibles entre el Servidor MSC y el SGSN (Service GPRS Support Node) de la red móvil GPRS (General Packet Radio Service). MME aparece desde el punto de vista del servidor MSC como la red de acceso BSS.

La estructura del protocolo para el intercambio de datos sobre las interfaces SGs se muestra en la Figura 5.

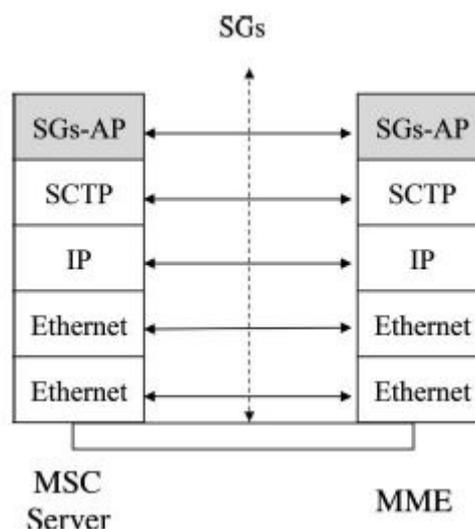


Figura 5 Pila de Protocolo SGs

Los mensajes del SGs-AP cumplen las siguientes funciones:

- Anexar el móvil al servidor MSC.

- Actualizar el LAI (Location Area Identifier) del móvil.
- Transmisión del Paging por el servidor MSC para alertar al móvil de una llamada telefónica entrante.

## 2.3 Red IMS

### 2.3.1 Arquitectura de la red IMS

La red IMS (IP Multimedia Subsystem) provee el servicio telefónico cuando la red móvil utiliza el modo PS (Packet Service). En la figura 6 se muestra las diferentes entidades que forman parte de la red IMS.

La red IMS se conecta a las siguientes entidades:

- PGW PDN Packet Data Network Gateway del EPC (Evolved Packet Core) en la red EPS (Evolved Packet System). El EPS construye 2 portadoras, una para transportar la señalización que se intercambia con el móvil y la otra para transportar la media (voz, datos o video).
- PCRF Policy Charging and Rules Function para el control de la media.
- HSS Home Subscriber Server para el acceso al perfil y los datos de seguridad del móvil.
- Red PSTN (Public Switched Telephone Network) y PLMN (Public Land Mobile Network) para las interconexiones.

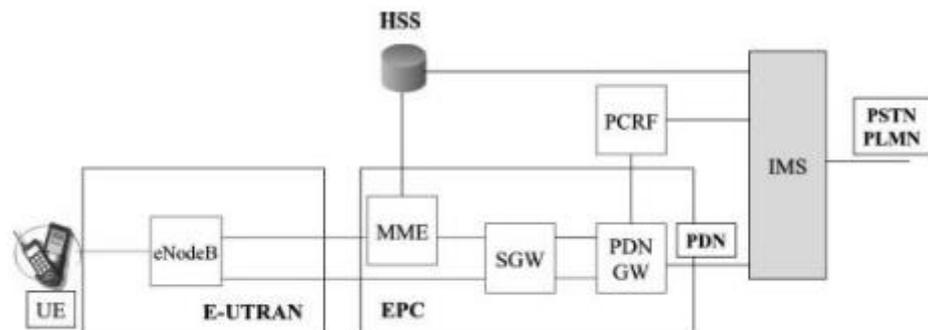


Figura 6 Entidades Red IMS

Esta red nos brinda las siguientes funciones:

- CSCF (Call Session Control Function) que involucra P-CSCF (Proxy-CSCF), S-CSCF (Serving-CSCF), I-CSCF (Interrogating-CSCF) y E-CSCF (Emergency-CSCF).
- Application Servers (AP)
- Multimedia Resource Function (MRF), que involucra a MRFC (MRF Controller) y MFRP (MRF Processor).

- Interconexión con la PSTN o PLMN que involucran a BGCF (Breakout Gateway Control Function), MGCF (Media Gateway Control Function), MGW (Media Gateway) y SGW (Signaling Gateway).
- Cobro fuera de línea post-pago posterior y cargo en línea para pre-pago. Figura 12.

### **Control de la Sesión**

**P-CSCF.-** es el primer contacto entre el móvil UE en la red IMS, realiza la función de un servidor Proxy, por lo que recibe las solicitudes desde el UE o desde el S-CSCF y las transfiere respectivamente al S/I-CSCF o al UE.

Las tareas que realiza el P-CSCF son las siguientes:

- Transferir la solicitud SIP Register al I-CSCF determinada en la base del nombre del dominio dado por el UE. Dentro del mensaje tenemos, una cabecera que contiene la dirección IP, esta dirección es conservada por el S-CSCF.
- Transferir la solicitud SIP Invite recibida desde el S-CSCF o respectivamente desde el UE. La solicitud SIP Invite recibida desde el UE contiene la dirección IP del S-CSCF en la ruta de la cabecera:
- Detectando las llamadas de emergencia y transfiriéndolas al E-CSCF.
- Estableciendo IPsec (IP Security) asociándola con el UE en el registro.
- Generando los datos necesarios para la generación de los tickets de cobro.
- Usando los mensajes DIAMETER intercambiándolos con el PCRF para controlar el tipo de recursos requeridos por el UE basados en la capacidad autorizada por la red EPS.
- Verificar los recursos disponibles en la red EPS.

**I-CSCF.-** es el punto de contacto con la red IMS para algunas transacciones que van desde el P-CSCF o S-CSCF, realiza la función de Proxy Server. Las tareas que realiza son las siguientes:

- Una vez que se recibe la primera solicitud SIP Register, se asigna un S-CSCF al UE y se transfiere la solicitud al S-CSCF escogido. Esta función se cumple gracias al intercambio de mensajes DIAMETER con la entidad HSS.
- Una vez que se recibe la segunda solicitud SIP Register y la primera solicitud SIP Invite, para una llamada entrante, se consulta al HSS para la dirección IP del S-CSCF para el UE y luego se transfiere la solicitud al S-CSCF.
- Generar los datos necesarios para los tickets de cobro.

**S-CSCF.-** Realiza diferentes roles dependiendo de la solicitud recibida.

- De un Location Server para el almacenamiento de la correspondencia entre la dirección IP y el URI del UE.
- De un Proxy Server para el establecimiento de una sesión.
- De un UA, en condiciones de operación anormal, cuando este tuvo que terminar o generar transacciones SIP.

**E-CSCF.-** maneja llamadas de emergencias que son transmitidas por el P-CSCF y enruta las solicitudes a los centros más cercanos del UE. El centro de emergencia puede ser vinculado a ser fijo o a un red móvil o a otra red IMS. Las tareas que realiza son las siguientes:

- En solicitudes entrantes SIP Invite, se contacta el LRF (Location Retrieval Function) para obtener la ubicación del UE o validar si este está incluida en la solicitud.
- En base a la información que también es dada por el LRF, se transfiere la solicitud al centro de emergencia más cercano.

### **Servidores de Aplicación**

Los servidores de aplicación ofrecen servicios de valor agregado a la red IMS. Esto puede afectar la sesión SIP dependiendo del servicio que se requiere. El S-CSCF tiene que decidir si un AS es necesario para recibir la información relacionada a una solicitud SIP para asegurarse de manejar el servicio apropiado.

El AS puede jugar varios roles en el procesamiento de un mensaje SIP, como por ejemplo:

- Proxy Server, en este modo las solicitudes SIP desde el S-CSCF es enviada al AS, el AS puede agregar, borrar o modificar cabeceras en el mensaje SIP.
- UA Server, o un server redireccionado, en este modo la respuesta de un AS a una solicitud SIP desde el S.CSCF es 2xx, 4xx, 5xx, 6xx (UAS), 3xx (Servidores Redireccionados).
- UAC (UA Cliente), en este modo el AS genera la solicitud SIP y la transmite al S-CSCF.
- B2BUA, en este modo el AS recibe una solicitud SIP desde el S-CSCF que termina el dialogo y genera una nueva solicitud.

#### **2.3.1.1 Base de Datos**

El HSS es la base de datos para el almacenamiento de datos específicos para cada usuario. Los datos principales almacenados incluyen los IDs de los usuarios, los

parámetros de accesos y las reglas de invocación del servidor de aplicaciones por el S.CSCF.

El User ID incluye los Ids públicos y privados, el Id Privado es el que se asigna por el operador de la red IMS, el cual se usa para el registro. El Id Publico es el que otros usuarios usan para estabilizar la sesión. Los parámetros de acceso son usados para la autenticación del usuario durante el proceso de registro.

### Interconexión

El proceso BGCF procesa las solicitudes de Invite enviadas por el S-CSCF en caso que la sesión no pueda ser reenviada a la red IMS. También determina el próximo salto para el enrutamiento de los mensajes SIP para cuando las llamadas son de usuarios de redes PSNT o PLMN.

Este tiene que escoger el MGCF que es responsable para la interconexión con la PSTN o PLMN, si la interconexión está en una tercera red, este transmite los mensajes SIP a otro BGCF en la tercera RED. El MGCF toma cuidado del establecimiento, mantenimiento y liberación de las conexiones en un MGW. Una conexión representa una asociación entre el punto final de entrada (interface con una tercera red PSTN o PLMN) y un punto final de salida (interface con la red IP) y viceversa. MGCF usa MEGACO (Media Gateway Controller) o H248 que es un protocolo para controlar múltiples Gateways.

El SGW realiza la conversión del protocolo de transporte relacionado al intercambio de señalización entre el MGCF (SIGTRAN Signaling Transporte over IP) y la PSTN, PLMN (SS7 Signaling System S7). En la figura 9 se muestra el proceso de interconexión con los NE.

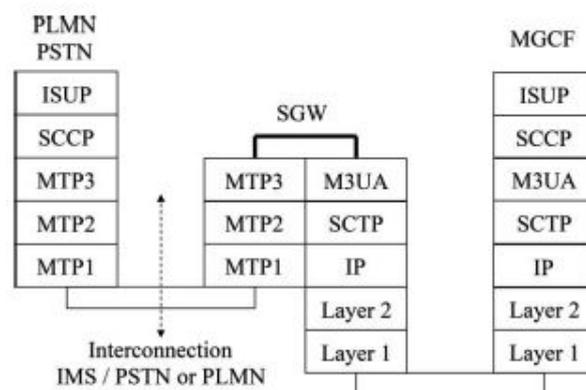


Figura 7 Proceso de Interconexión

El MGW realiza la conversión de protocolos relacionados a los flujos multimedia entre dos puntos finales. Esto contiene los tratamientos realizados en los flujos de media,

tales como transcoding que es la modificación del tipo de códec entre dos puntos finales, cancelación de eco y transmisión de tonos y anuncios.

### ***Procesamiento de la Media***

El procesamiento de la media se hace por medio de la función MRF la cual se divide en dos entidades, MRFC y MRFP.

Las tareas que realiza MRFC son las siguientes:

- Controla los recursos de media del MRFP.
- Interpreta la información desde el S-CSCF y controla los MRFP basados en la interpretación.
- Genera los datos necesarios para la generación de los tickets de cobro.

Las tareas que realiza MRFP son las siguientes:

- Genera los flujos de control bajo el control del MRFC.
- Combina los flujos de media para brindar el servicio de video conferencia.
- También realiza tratamientos particulares de los flujos de media como el transcoding y la señal de audio.

## **2.4 Single Radio Voice Call Continuity SRVCC**

SRVCC es una de las mejores alternativas para la implementación de VoLTE, utiliza la Red IMS. Uno de los puntos importantes es que es necesario realizar las actualizaciones de los siguientes equipos:

- MSC
- MME
- UE

Este método trabaja como un proceso que mezcla, el proceso handover en la red de acceso y el procedimiento de la sesión continua IMS en la IMS. Esta solución requiere de algunos cambios, estos se deben realizar tanto en el UE y en la red, se incluye señalización adicional para la capacidad de transmisión del SRVCC desde el UE. Además el eNB debe adquirir la característica de permitir enviar la información de handover para que se ejecute el handover SRVCC. Luego el MME debe indicar al servidor MSC por medio del procedimiento del handover para empezar a dividir las portadoras, por lo que solo uno mantendrá la voz.

### 2.4.1 Impacto en la Arquitectura

Cuando el móvil ha establecido una comunicación telefónica sobre una red EPS (Evolved Packet System), es necesario habilitar la transferencia que comunica las redes UMTS o GSM en caso de perder la cobertura de la red EPS.

La solución SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity) [6] habilita la comunicación telefónica que es anclada en la red IMS, cuando móvil conmuta desde una red en modo PS (Packet Service) al modo CS (Circuit Service).

Al poner en función SRVCC se afecta el MME (Mobility Management Entity) en el EPS, por lo que se realizan las siguientes funciones:

- Separar las portadoras para la voz.
- Por medio de la interface Sv, se inicializa el SRVCC para el handover de la voz en la celda de las redes GSM o UMTS.
- Coordinar el handover desde PS a CS para los flujos de voz, y posibilitar el handover de PS a PS para otros tipos de flujos.

El servidor MSC (Mobile Switching Center) en las redes GSM o UMTS son también afectadas por el SRVCC. Realizan las siguientes funciones:

- Asegurarnos la disponibilidad de recursos en la red GSM o UMTS antes de que se ejecute el handover.
- Coordinar la ejecución del handover y transferir la comunicación telefónica.
- Iniciar el proceso de la transferencia de la comunicación telefónica.

En la figura 8 y 9 se muestra la transferencia de la comunicación telefónica involucra tanto señalización como la media,

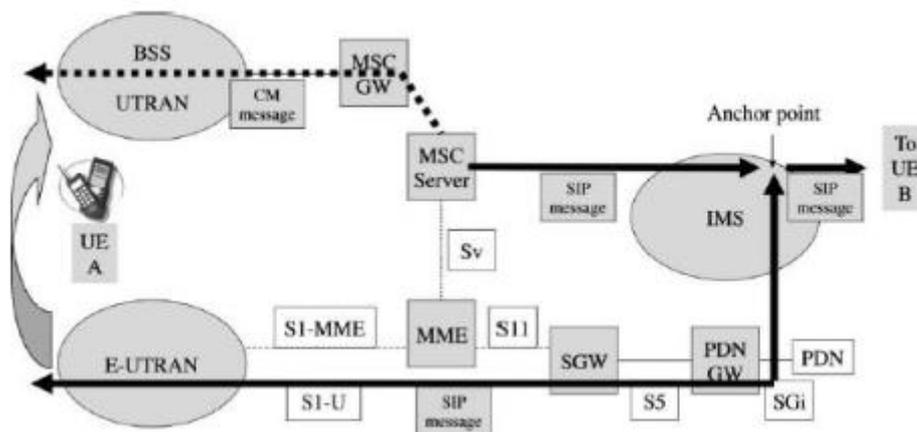


Figura 8 Transferencia de Señalización

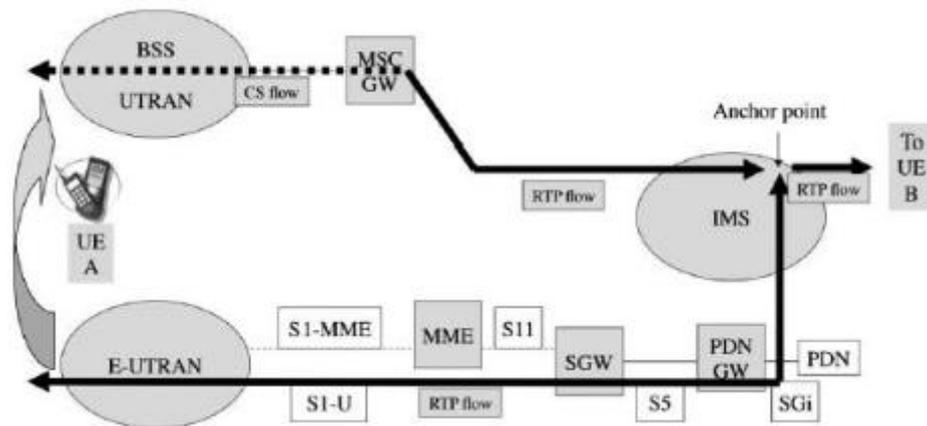


Figura 9 Transferencia de la Media

Al realizar la transferencia de la señalización se utiliza el protocolo de señalización SIP (Session Initiation Protocol) que intercambia mensajes entre el móvil y un punto de anclaje en la red IMS. También para la señalización utilizamos el protocolo CM (Call Management) que intercambia mensajes entre el móvil y el servidor MSC a la vez el protocolo SIP intercambia mensajes entre el servidor MSC y el punto de anclaje en la red IMS.

Respecto a la voz (media) va a involucrar la transferencia del protocolo RTP (Real Time Protocol) que se establece entre el móvil y un punto de anclaje, para la unión del portador CS entre el móvil y el MSC GW. Además los flujos de RTP se establecen entre el MSC GW y el punto de anclaje.

#### 2.4.2 Impacto en la red IMS

En la red IMS se utilizan 3 entidades para que la opción de SRVCC funcione, este trae modificaciones al procedimiento de registro móvil y el establecimiento de la sesión que se define en la red IMS.

- SCC AS → Service centralization and continuity Application Server
- ATFC → Access Transfer Control Function
- ATGW → Access Transfer Gateway

##### SCC AS

El SCC AS es la entidad que recibe el mensaje Register desde el S-CSCF, este mensaje contiene la siguiente información:

- URI (Uniform Resource Identifier) del ATCF.
- Path URI creada por el ATCF, este código sirve para identificar al móvil durante el registro.

- STN-SR (Session Transfer Number for SRVCC), creado por el ATCF, este número sirve para identificar la sesión.
- TEL URI de los teléfonos comunicados por el S-CSCF.

Cuando se confirma el registro del móvil con el ATCF, se envía los siguientes datos en un mensaje de solicitud.

- Path URI
- Su propio identificador SIP URI
- Tel URI del móvil

Estos mensajes actualizan el STN-SR en el HSS, y este a la vez al MME. Cuando la sesión se establece. En una llamada saliente, el SCC-AS es el primer AS en ser contactado, mientras que en una llamada entrante será el último AS en ser contactado.

### *ATCF*

Cuando el móvil se registra, el ATCF recibe la solicitud de registro desde el P-CSCF. En esta acción se genera la siguiente información:

- Path URI
- STN-SR número de sesión transferida.

Luego del registro, el ATCF recibe un mensaje de solicitud desde SCC AS confirmando el registro del móvil en el SRVCC.

Cuando la sesión se establece, el ATCF ancla los flujos RTP en el ATGW, por lo que se realizan las siguientes operaciones:

- Reemplazar el SDP de un lado de la comunicación (Session Description Protocol) que viene del mensaje Invite.
- Reemplazar el SDP que viene del otro lado de la comunicación que vienen en el mensaje 183 Session Progress.

### *ATGW*

Esta entidad es controlada por el ATCF por medio del protocolo H248. Cuando la voz se envía, nos brinda el ancla para el flujo RTP. Esta entidad también realiza transcoding en la voz si los codecs usados por la EPS son diferentes de los que se usa en las redes GSM o UMTS.

En la figura 10 tenemos un diagrama donde nos muestra a grandes rasgos la solución SRVCC.

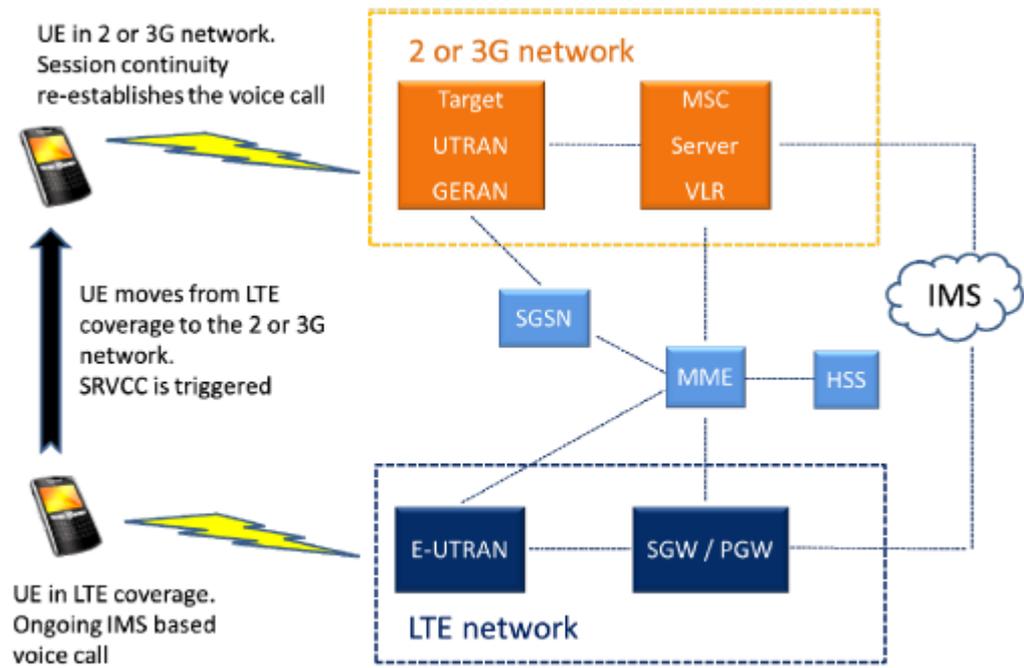


Figura 10 Arquitectura SRVCC

## 3 SITUACIÓN ACTUAL

### 3.1 Arquitectura actual de la Red

Para que exista la comunicación entre los dos dominios, se utiliza la interfaz SG, donde se realiza el intercambio de mensajes de señalización para el establecimiento de las llamadas de voz. Esta solución se realizó en el primer despliegue de LTE en la ciudad de Guayaquil para brindar el servicio de llamadas telefónicas.

Para estar en la vanguardia sobre uno de los negocios que evolucionan cada año, el despliegue de LTE sobre el Ecuador era algo imprescindible. En este trabajo se realiza una propuesta para la solución del problema que existe en las llamadas cuando el usuario se encuentra en el dominio PS.

Los equipos que conforman esta solución servirán de base para la propuesta de VoLTE, cabe indicar que en la ciudad de Cuenca existe una réplica de la base de datos de los usuarios como contingencia

Los equipos que funcionan para brindar esta solución son del proveedor Huawei, los cuales procesan un tráfico actual de voz de 3000 erlangs en hora pico, son los siguientes:

- MSC Server → MSOFTX3000
- HLR → HLR9820
- MGW → UMG8900
- MME → USN9810
- UGW → UGW9810
- HSS → HSS9860

#### 3.1.1 Equipos de la Red

##### MSOFTX3000 Mobile Softswitch

Este equipo sirve como MSC Server [27] en la arquitectura planteada con los equipos del proveedor Huawei, las funciones que nos proporciona son las siguientes:

- Gestión de Movilidad
- Gestión de la Seguridad
- Proceso de Handover
- Procesamiento de Señalización
- Procesamiento de la llamada
- Gestión de datos del usuario

Se caracteriza por tener una alta eficiencia, gran capacidad de procesamiento, también soporta una variedad de codecs tales como H248, BSAAP, RANAP, MAP, CAP, ISUP.

Mobile Switching Center Server es el elemento de Red nos proporciona el dominio de la conmutación de circuitos para el tráfico de voz. El protocolo utilizado para el control de la llamada es la evolución de ISUP, el cual es BICC. Debido a que los teléfonos móviles se conectan a estaciones base, todas las formas de comunicación, ya sea entre dos teléfonos móviles o entre un teléfono celular y un teléfono fijo, viajan a través del MSC Server.

El MSC Server trabaja con una gran base de datos conocida como HLR, que es quien registra esta información y la almacena. Saber cuál es la ubicación de cada teléfono móvil es de suma importancia debido a que facilita eficazmente el enrutamiento para lograr la comunicación entre ellos.

Las funciones principales son las siguientes:

- En esta interfaz se intercambiaran mensajes de registro y paging.
- Gestión de la movilidad y conexión con la capacidad de servicios multimedia.
- Control de diferentes redes de transporte como TDM, ATM e IP.
- Soporta todo el estándar 3GPP
- Es escalable, seguro.

### USN9810 MME

Mobility Management Entity [25], es la encargada de los mensajes de Paging con el nodo eNodoB y el equipo del usuario, por lo que es el equipo principal de señalización en la EPC (Evolved Packet Core). Estos mensajes de señalización son importantes para la localización de los equipos del usuario en la red, cuando está en estado inactivo. MME se conecta con los eNodoB a través de la interfaz S1-MME. Esta entidad tiene mucha importancia en el intercambio de señalización cuando se realiza el cambio de LTE y 2G/3G.

Algunas de las funciones del MME con el paging son las siguientes:

- Solicitar el establecimiento de una conexión de señalización NAS (Non-Access Stratum) entre la entidad de gestión MME y el equipo de usuario para soportar una solicitud de servicio de red.
- Solicitar al equipo del usuario que se vuelva a asociar a la red después de un fallo de red.
- Iniciar un procedimiento de Conexión Alternativa de Conmutación de Circuitos CSFB de móviles.

### 3.1.2 Interfaz SG

En la arquitectura actual para habilitar la voz en LTE existe la interfaz SG [21] que es el camino donde se realiza el proceso de CSFB. Esta interfaz es el punto de referencia entre el MME y el MSC Server.

Además esta interfaz es utilizada para la gestión de la movilidad y el procedimiento de paging entre EPS y el dominio CS, y está basada en el procedimiento de la interfaz Gs.

### 3.1.3 Funciones adicionales con CSFB

El procedimiento de CSFB habilita a los diferentes equipos con funciones adicionales:

UE

- Soporta el acceso hacia E-UTRAN/EPC o del dominio CS sobre GERAN - UTRAN.
- Combinar procedimientos para attach, update y detach en EPS/IMSI.

MME

- Mantener la asociación de las interfaces SGs hacia la MSC Server cuando se realice el attach EPS - UE.
- Iniciar el procedimiento de paging hacia los eNodeB
- Soportar procedimientos para SMS
- Iniciar IMSI detach para EPS detach

MSC

- Mantener la asociación SGs hacia el MME para que se realice el attach entre EPS-UE.
- Soportar SMS según indica la especificación de la 3GPP

E-UTRAN

- Reenviar la solicitud de Paging y SMS hacia el UE.
- Direccional el UE hacia la celda CS capacitada.

Entre el MME y el MSC [7] se habilita el nuevo protocolo SGsAP. Este protocolo está basado en BSSAP+, el protocolo SCTP es usado para transportar estos mensajes de señalización.

La figura 11 tenemos la arquitectura de la red de CNT donde actualmente funciona CSFB para dar el servicio de voz para los usuarios LTE.



## CSFB

CS				
CS	EQUIPO	TARJETAS		CAPACIDAD
MSC SERVER	MSOFTX3000	4	UPBA	15000 BHCA (Intentos llamadas en hora pico)
		2	SMUA	
		2	USIA	
		2	SWI	
HLR	HLR9820	2	DMU	4 Millones de usuarios 24 TB cada disco duro- total 24 discos
		2	FCI	
		2	DSU	
		2	DRU	
		2	SCU	
		2	SWU	
		2	SWI	
		2	BSU	
		1	INU	
		3	GEI	
		5	S3900 Arreglo de discos	
MGW	UMG8900	2	MCLK	4800K intentos de llamadas en hora pico 16 Gbit/seg máxima capacidad de conmutación de paquetes por frame
		4	MTNB	
		4	MNET	
		2	MOMU	
		2	MPU	
PS				
CS	EQUIPO	TARJETAS		CAPACIDAD
MME	USN9810	2	CN21UPBA2	2 Tarjetas que soportan en la interfaz SG 10 Gigas
		2	MSPB0	
		2	ESUA0	
		2	SWUA1	
		2	SWIA1	
		2	QXIA0	
UGW	UGW9811	2	LPU	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 Millones de bearer context</li> <li>- 30 Gbits /seg</li> <li>- 3000 APNs</li> </ul>
		6	SPU	
		2	SRU	
		2	SFU	
HSS	HSS9860	4	UPBA	10 millones de usuarios para redes GSM, UMTS y EPS
		2	SWU	
		1	SMU	
		4	USI	
		2	SWI	
		2	SDM	
		2	SMM	
		5	S3900 Arreglo de discos	

Como se puede observar la capacidad en los equipos es muy alta, a continuación verificamos la propuesta para la implementación de VoLTE tomando en cuenta los equipos que están en producción.

## **4 PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DEL SERVICIO DE VOZ SOBRE LTE EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

En este trabajo se analizara la propuesta en la red de la Operadora Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT, la cual como se indicó en el capítulo anterior actualmente tiene llamadas de voz por medio de la solución CSFB.

Existen varias desventajas respecto con la solución actual CSFB como es el incremento del tiempo del establecimiento de llamada, degradación de calidad de servicio en el dominio PS cuando el UE inicia o recibe una llamada.

El incremento en la popularidad de móviles inteligentes nos lleva a evolucionar cada vez más en las redes. La rápida evolución nos trae LTE como la promesa de una navegación más rápida lo que hace la experiencia del usuario más motivadora. LTE fue diseñado solo para tráfico de datos por lo que la voz quedo ausente en esta arquitectura. Diferentes investigaciones nos revelan varias soluciones para ofrecer la voz en LTE como es SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity).

SRVCC trabaja de la mano [8] con el dominio IMS, debido a que es necesario para que el UE inicie una llamada en LTE según esta solución. Esta solución es una mezcla de procedimientos, proceso de handover en la red de acceso y el proceso de la continuidad de la sesión en IMS.

Se toma en cuenta al proveedor Huawei con su solución de VoLTE, los equipos que están funcionando con la solución CSFB también son del mismo operador, por lo que serán utilizados. El proveedor Huawei tiene equipos que son escalables por lo que adaptarlos a la solución VoLTE no es un problema.

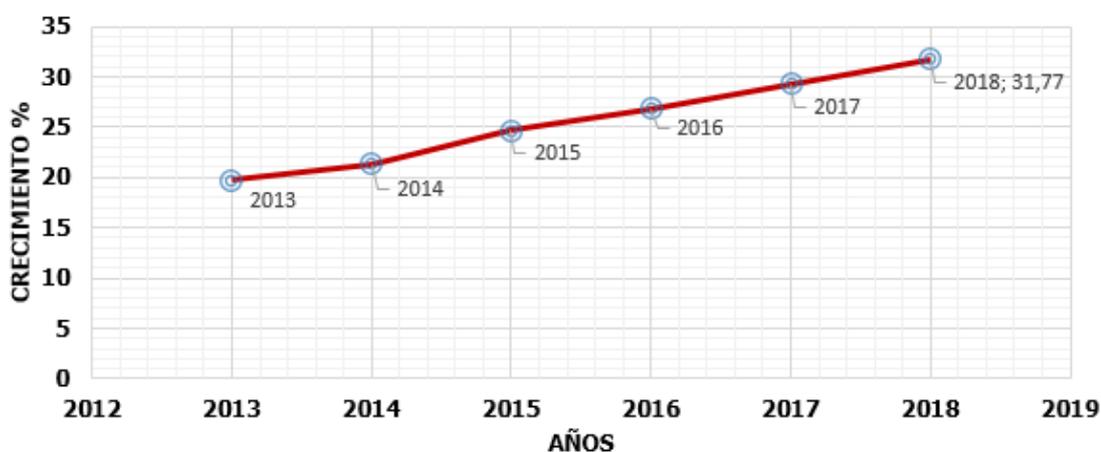
### **4.1 Planificación de Red y Dimensionamiento**

Ecuador pasó del 8% al 16% de personas que tienen acceso a teléfonos inteligentes en los últimos años, según la última información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). El acceso a teléfonos inteligentes se duplico del 2011 al 2013, pasando de quinientos mil usuarios a un millón doscientos mil. Todos estos antecedentes nos dan a pensar que el acceso al mundo del internet mediante dispositivos móviles seguirá en aumento. Como LTE es una tecnología creada con infraestructura de all IP se debe tomar una decisión sobre cómo se manejara la voz en los distintos dominios móviles como es el de circuitos y el de paquetes.

En la ciudad de Guayaquil tiene una población aproximada de 2.589.229, se plantea dar servicio de voz por medio de esta solución a todo la ciudad de Guayaquil. Actualmente CNT tiene 1.135.752 usuarios de los cuales se espera un crecimiento de 31,76% hasta el 2018.

AÑO	2015	2016	2017	2018
PORCENTAJE	24,64%	26,84%	29,30%	31,76%
USUARIOS	1.135.752	1.440.549	1.862.655	2.454.358

## Crecimiento Aproximado Usuarios CNT

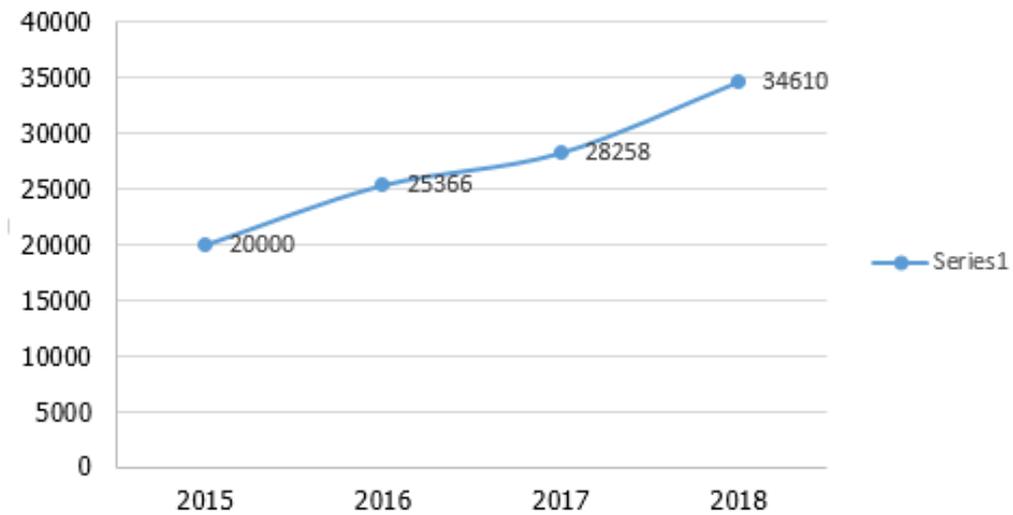


En los datos de tráfico proporcionados por CNT en corte del mes de Mayo existen 20000 llamadas simultaneas en hora pico, realizando la proyección con el porcentaje de crecimiento en los años 2016, 2017 y 2018 este valor aumentara en 25366, 28258 y 34610 respectivamente.

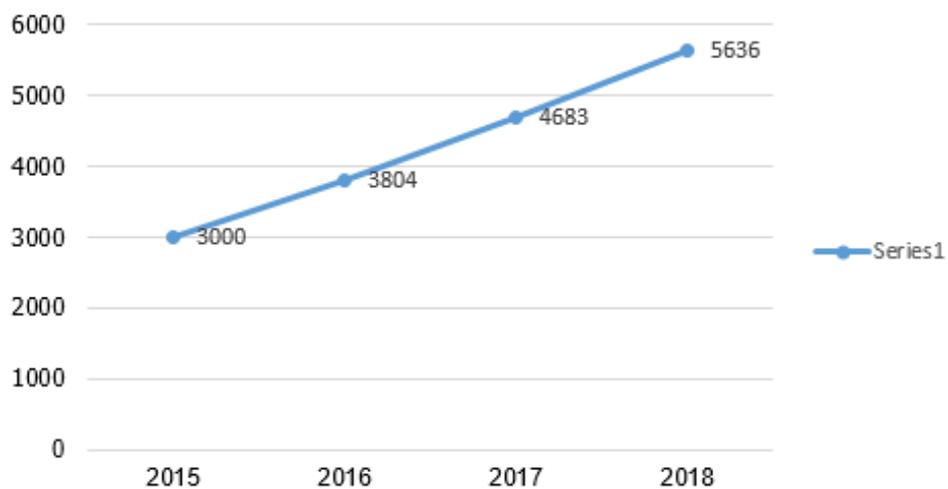
En erlangs el número es de 3000 en hora pico, se realiza el mismo ejercicio para verificar la proyección en los próximos 3 años. Esta información nos es útil para realizar el dimensionamiento de los equipos para la solución VoLTE, en el cual se especifica cuantas tarjetas y licencias son necesarias aumentar en los equipos que están en

producción. También en esta propuesta se complementa con equipos que me proporcionen el dominio IMS por lo que serán los que se añadan en nuestra arquitectura.

### LLAMADAS SIMULTANEAS HORA PICO



### ERLANGS EN HORA PICO



## 4.2 Arquitectura VoLTE

La arquitectura VoLTE consiste en una solución construida [19] de IMS y LTE en un dominio CS donde se garantiza, alta calidad en una llamada de voz o video además de servicios de datos enriquecidos.

Esta arquitectura consta de 5 capas con las cuales involucran a varios dominios como es PS, CS e IMS:

- Operación
- Servicio
- Núcleo
- Acceso
- Dispositivo o Terminal

### 4.2.1 Capas de la Arquitectura

#### Operación

Esta capa se conforma de EMS (Element Management System), SPG (Service Provisioning Gateway), CCF (Charging Collection Function) y DMS (Device Management Server) [21], los cuales nos brindan estas funciones:

- Gestor de las redes
- Almacenamiento de los datos de los suscriptores
- Cobro
- Gestor de dispositivos
- Portal Web para el aprovisionamiento

#### Servicio

En la capa de servicio se tiene la interacción de varios servidores tanto de aplicaciones como de recursos para proveer una diversidad de servicios como Conferencias y servicios de Centrex.

#### Núcleo

Aquí vamos a tener el dominio IMS, dominio CS y el HLR (Home Location Register)/HSS (Home Subscriber Server). En el dominio IMS vamos a tener funciones como la de registro del usuario LTE, autenticación, control de enrutamiento de sesión. En el dominio CS en cambio nos proveerá de la gestión de movilidad y servicios básicos de voz para usuarios de LTE que estén en redes 2G/3G los cuales también incluyen el registro, autenticación.

## Acceso

Realiza el control del acceso hacia LTE y también provee la gestión de movilidad para usuarios LTE. Cuando un usuario está en cobertura LTE, los usuarios podrán acceder un dominio IMS a través de un dominio EPC. Por lo contrario cuando los usuarios no están en cobertura LTE estos pueden acceder un dominio IMS a través de un dominio IMS de servicios centralizados ICS construido en redes 2G/3G.

## Dispositivo o Terminal

Existen 2 tipos de dispositivos los VoLTE y los No-VoLTE, los que pertenecen a VoLTE usan el dominio IMS o la Red LTE para servicios de voz. Los que son No-VoLTE usan el dominio CS para el servicio de voz.

En la figura 12 se muestra una arquitectura completa de la solución de VoLTE, cabe indicar que esta es desarrollada desde cero, sirve de ejemplo para caracterizar cada una de las capas que tiene esta solución.

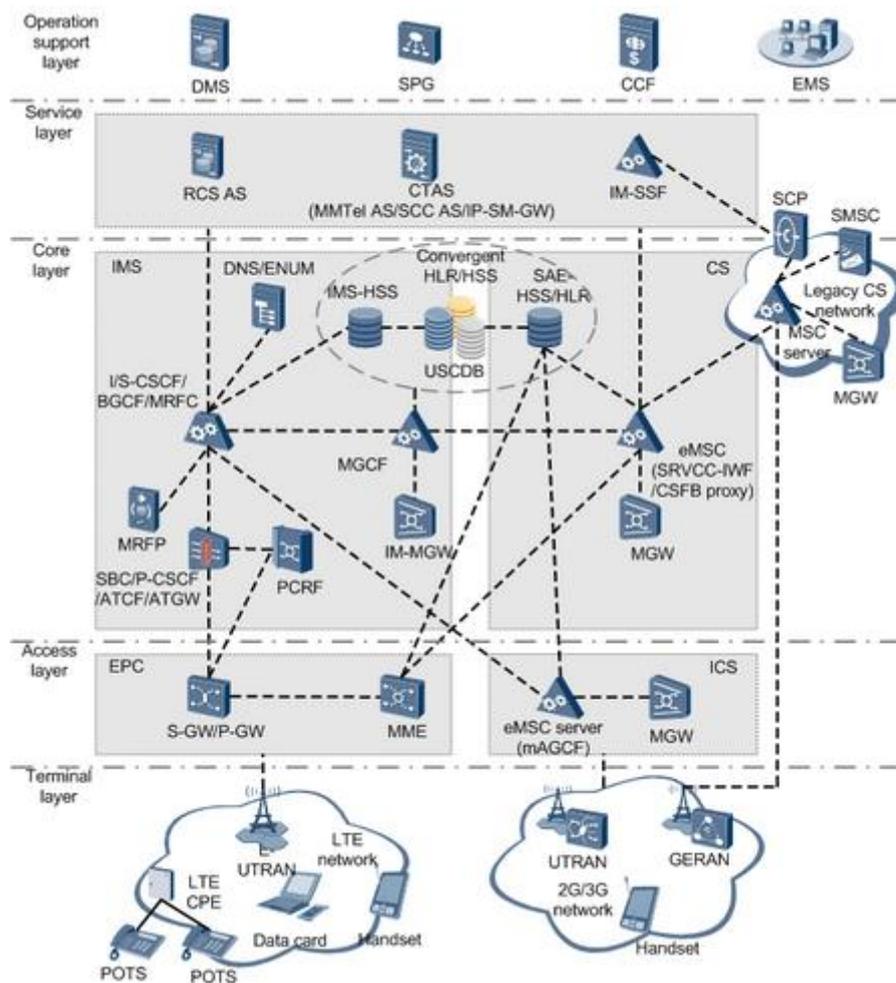


Figura 12 Arquitectura VoLTE Huawei

#### 4.2.2 Propuesta

Esta propuesta consta de una mezcla de equipos donde forman [9] parte de dominios como IMS, CS y PS, además del concepto de la convergencia de datos que nos proporciona que los usuarios puedan manejarse en los diferentes dominios.

Los equipos que se mantienen son los que están en el PS y CS los cuales son:

MSC Server - Msoftx3000 permanece en el dominio CS el cual me va a proveer funciones para realizar SRVCC, en este equipo se agrega la licencia para que soporte esta nueva característica además que tendrá la necesidad de ser actualizado.

MGW - UMG 8900 se aumentaran tarjetas GE para que soporte el tráfico de media que aumentara según lo proyectado en el número de llamadas simultáneas en hora pico. Con las tarjetas que manejan la capacidad de procesamiento no habría inconvenientes debido a que soporta el tráfico proyectado.

MME - USN9810 [25] será necesaria la licencia para que soporte la característica de esta solución, la interfaz Sv aparece como el camino donde se realizaran diferentes intercambios de señalización con el Msoftx3000. Aquí tendremos un máximo de 10 Gigas de capacidad lo cual es lo necesario para esta propuesta, cabe indicar que esta tarjeta tendrá su backup para no interrumpir el servicio.

Estos son los equipos que ya existen y se les agregara licencias o se los actualizara para que soporten la solución de VoLTE. Ahora lo nuevo que se agrega es el dominio de IMS, para que la llamada sea VoIP y no tenga que cambiar de dominio que es lo que se hacía con CSFB.

S-CSCF CSC3300 el software de este equipo consiste de Sistema Operativo Linux, Middleware que tiene una arquitectura propia de Huawei y las aplicaciones que se le quiera instalar como P-CSCF Proxy Call Session Control Function o S-CSCF Serving Call Session Control Function que es lo que necesitamos para nuestra arquitectura. El tipo de subrack que se utiliza es T8280.

SBC-SE2600 [22] es un Session Border controller desarrollado por Huawei el cual se despliega en el borde de la red IP para controlar funciones como CAC Call Admission Control, Seguridad, Calidad de Servicio. El SE2600 tiene la particularidad de separar el plano de control del de media, lo cual hace que tenga unidades de procesamiento independientes que el Signaling Processing Unit y Media Processing Unit, los cuales se encuentran en el mismo CPU pero lógicamente separados.

MGCF - MSOFTX3000 [28] Media Gateway Control Function, este equipo actúa como un MGCF para implementar la interconexión entre el dominio IMS y el plano de control

del dominio CS a través del protocolo SIP. Entre el MSoftx3000 y el IM-MGW se utiliza el protocolo H248 para controlar al MGW y el flujo multimedia.

IM-MGW - UMG8900 [27] actúa como un IP Multimedia Media Gateway, en su máxima capacidad puede soportar hasta 9 frames, trabaja en conjunto con el MSoftx3000 para la solución IMS. Los frames se componen por, 1 principal que es el de control, y de 2 a 7 frames de servicios. Puede interactuar con una red existente PSNT y cualquier otra red en el plano de servicio. En este equipo tenemos los codecs de voz para el tratamiento de la media además de que es posible realiza transcoding.

En VoLTE el protocolo SIP es usado para el control de las llamadas en los UEs y el CSCF. Primero el UE se registra con la red IMS para obtener los servicios IMS y entonces los servidores compuestos por cada tipo de CSCF son asignados cuando el UE se registra. Después de este procedimiento, el UE puede hacer llamadas, enviando y recibiendo mensajes SIP desde y hacia el correspondiente UE y AS por medio de P-CSCF y S-CSCF.

Respecto a las bases de datos en esta propuesta tenemos el concepto de Convergencia de datos en cual se compone de 2 HSS y un equipo que se encarga de unir las 2 base de datos que es el USCDB. El HLR [23] deben ser actualizar hacia el HSS para dar el servicio de VoLTE, estos cambios se realizan sin cambiar el número ISDN internacional o el número IMSI.

Durante la actualización del HLR, se producirá impacto en el sistema, no podrá procesar las instrucciones desde el sistema de aprovisionamiento y también habrá llamadas perdidas durante la actualización.

Una vez que se haya realizado la actualización, el siguiente paso es la configuración de la interconexión hacia los equipos como el USN9810 que actúa como MME, IMS-HSS, Msoftx3000 que es el MGCF y el SAE-HSS, esto se puede visualizar en la figura 13.

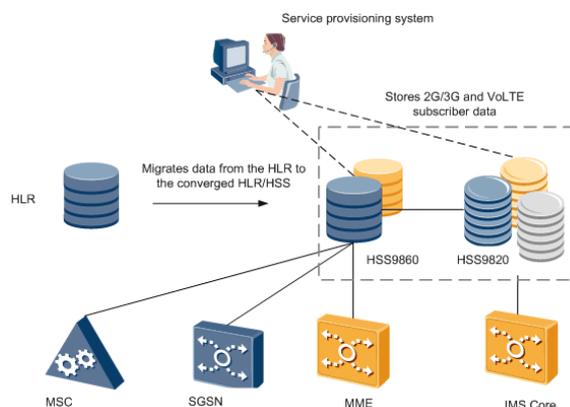


Figura 13 Convergencia de Base de Datos

Se configura una troncal SIP entre el MsoftX3000 y el USN9810 para crear la interconexión entre estos 2 equipos, otro paso importante es habilitar la opción Proxy-Call Session Control Function en el SE2600.

La figura 14 muestra la nueva arquitectura que se propone en este trabajo, se observa la red IMS que ingresa en esta arquitectura además de la capa de servicio con el equipo MMTel AS - ATS9900.

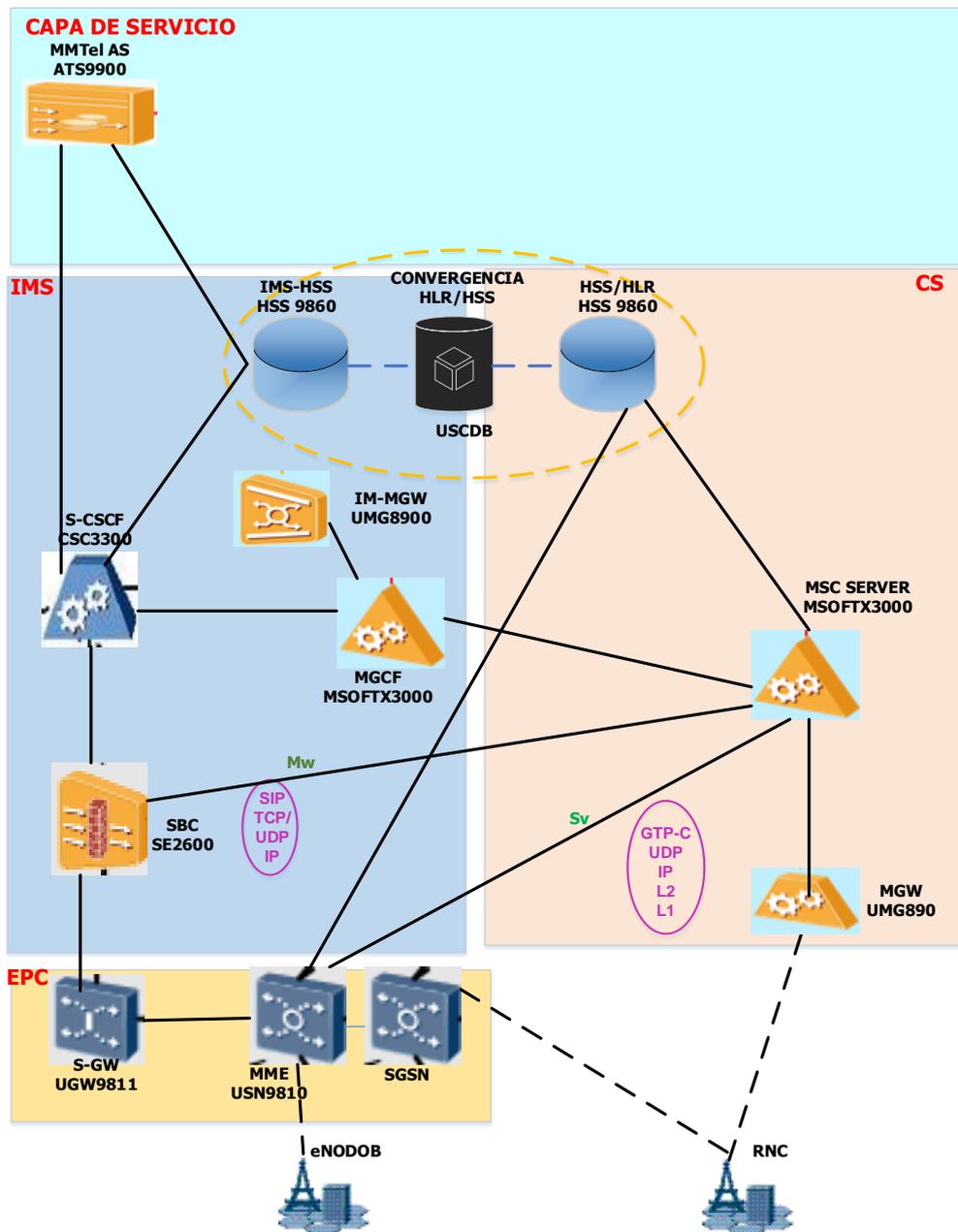


Figura 14 Propuesta de Arquitectura VoLTE para CNT

### 4.2.3 Equipos a utilizar

En esta solución se combinan diferentes elementos de red lógicamente para reducir la necesidad de interfaces físicas además de simplificar la arquitectura de la red.

#### CTAS

- Multimedia telephony application server (MMTel AS)
- Service centralization and continuity application server (SCC AS)
- IP short message gateway (IP-SM-GW)

#### eMSC

- MSC server
- Media gateway control function (MGCF)
- Mobile access gateway control function (mAGCF)
- Single radio voice call continuity interworking function (SRVCC-IWF)
- CSFB proxy

#### SBC

- Proxy-call session control function (P-CSCF)
- SBC
- Access transfer control function (ATCF)
- Access transfer gateway(ATGW)

#### HLR/HSS

- Unified Subscriber Center Database (USCDB)
- HLR
- IMS-HSS
- System architecture evolution home subscriber server (SAE-HSS)

En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de tarjetas por equipos que se necesitan para dar el servicio de VoLTE en la ciudad de Guayaquil. Estos equipos deben instalarse en el nodo Urdesa, excepto por las bases de datos que tendrán redundancia geográfica. Las bases de datos se instalarán en la ciudad de Cuenca en el nodo Centro, que constan con todas las especificaciones técnicas necesarias.

<b>SOLUCIÓN VOLTE</b>				
<b>CS</b>				
<b>NE</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>Nº</b>	<b>TARJETAS</b>	<b>CAPACIDAD</b>
MSC SERVER	MSOFTX3000	4	UPBA	15000 BHCA (Intentos llamadas en hora pico)
		2	SMUA	
		2	USIA	
		2	SWI	
MGW	UMG8900	2	MCLK	4800K intentos de llamadas en hora pico 16 Gbit/seg máxima capacidad de conmutación por paquetes por frame
		4	MTNB	
		4	MNET	
		2	MOMU	
		2	MPU	
<b>PS</b>				
<b>NE</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>Nº</b>	<b>TARJETAS</b>	<b>CAPACIDAD</b>
MME	USN9810	2	CN21UPBA2	2 Tarjetas que soportan en la interfaz SG 10 Gigas
		2	MSPB0	
		2	ESUA0	
		2	SWUA1	
		2	SWIA1	
		2	QXIA0	
S-GW	UGW9811	2	LPU	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 Millones de bearer context</li> <li>- 30 Gbits /seg</li> <li>- 3000 APNs</li> </ul>
		6	SPU	
		2	SRU	
		2	SFU	
<b>CONVERGENCIA BASE DE DATOS</b>				
<b>NE</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>Nº</b>	<b>TARJETAS</b>	<b>CAPACIDAD</b>
HSS	HSS9860	4	UPBA	10 millones de usuarios para redes GSM, UMTS y EPS
		2	SWU	
		1	SMU	
		4	USI	
		2	SWI	
		2	SDM	
		2	SMM	
		5	S3900 Arreglo de discos	
HLR	HLR9820	2	DMU	4 Millones de usuarios 24 TB cada disco duro-total 24 discos
		2	FCI	
		2	DSU	
		2	DRU	
		2	SCU	
		2	SWU	
		2	SWI	
		2	BSU	
		1	INU	
		3	GEI	
		5	S3900 Arreglo de discos	
USCDB	USCDB	2	OMU	

		2	SWU	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Máxima capacidad sesiones dinámicas 10000000</li> <li>- Número máximo de procesamiento de mensajes 5000</li> </ul>
		8	SPS	
		2	USCDB	
		2	SWI	
<b>IMS</b>				
<b>NE</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>Nº</b>	<b>TARJETAS</b>	<b>CAPACIDAD</b>
S-CSCF	CSC3300	2	DPU	2 Tarjetas que soportan en la interfaz SG 10 Gigas
		3	CDB	
		2	SCU	
		2	BSU	
MGCF	MSOFTX3000	4	UPBA	15000 BHCA (Intentos llamadas en hora pico)
		2	SMUA	
		2	USIA	
		2	SWI	
IM-MGW	UMG8900	2	MCLK	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4800K intentos de llamadas en hora pico</li> <li>- 16 Gbit/seg máxima capacidad de conmutación de paquetes por frame</li> </ul>
		4	MTNB	
		4	MNET	
		2	MOMU	
		2	MPU	
SBC	SE2600	2	SRU	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 40000 Llamadas simultaneas</li> <li>- 300000 usuarios registrados</li> </ul>
		2	SFU	
		4	SPU	
		2	LPU	
<b>SERVICIO</b>				
<b>NE</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>Nº</b>	<b>TARJETAS</b>	<b>CAPACIDAD</b>
MMTel AS	ATS9900	2	IFM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Máxima capacidad sesiones dinámicas 10000000</li> </ul>
		4	CCU	
		2	CDB	
		4	MSG	
		2	BSG	
		2	SPU	

El proceso a seguir para realizar la implementación es el siguiente:



Figura 15 Procedimiento para la implementación de VoLTE

Este proceso es el recomendado a seguir para la implementación de esta propuesta. En el siguiente cuadro se explica cada una de las funciones que aportan los equipos que están involucrados en esta arquitectura.

En el siguiente cuadro detallamos las funciones por cada NE, además de las versiones que son necesarias y si requieren o no licencias. Como se observan los equipos que forman parte del dominio IMS no necesitan licencias adicionales, pero los equipos que ya están en funcionamiento si las necesitan para soportar esta nueva característica.

NE		Versión	Requerimiento de Licencia	Funciones
SRVCC IWF		MSOFTX3000 V200R009C03	Este servicio es opcional es otorgada por el MSOFTX3000. La licencia es requerida controlar el número de usuarios que usan SRVCC simultáneamente	Después de recibir un location update desde el UE, la función SRVCC cambia el access location desde el MME hacia la MSC server. Esto se realiza por medio del target cell ID el cual contiene la respuesta del location update. Después que el UE cambia el access location, este conmuta desde E-UTRAN hacia UTRAN/GERAN.
SCC AS		ATS9900 V100R005C01	No requiere licencia	La centralización del servicio y el SCC AS implementan los handovers y la actualización de la información del SDP para los UEs.
P-CSCF		SE2600 V200R009C01	No requiere licencia	La función del Proxy-call session control (P-CSCF) es una entrada para ingresar al dominio de IMS. Se encarga de reenviar los mensajes entre los UEs y el dominio inicial.
I-CSCF		CSC3300 V100R009C01	Se requiere licencia para el control del número de llamadas que el I-CSCF puede procesar simultáneamente. Cuando se llega al número máximo, este equipo rechaza las nuevas solicitudes.	El I-CSCF es una entrada para el dominio de inicio de IMS. Este equipo consulta al HSS la dirección S-CSCF que sirve para la llamada.
S-CSCF		CSC3300 V100R009C01	La licencia es requerida para el control del número de llamadas non-emergency que puede procesar simultáneamente. Cuando se llega al número máximo la siguiente solicitud es rechazada.	El S-CSCF pertenece la core del IMS y nos brinda el control del enrutamiento de las sesiones, también revisa todos los mensajes que pasan a través del S-CSCF basados en criterios iniciales iFC y determina si hay que contactar al AS dependiendo del resultado.
Convergencia HLR/HSS	IMS-HSS	HSS9820 V900R005C01	No requiere licencia	La convergencia del HLR/HSS almacena la información del usuario de IMS, incluyendo número de usuarios y datos del servicio de los usuarios.

	SAE-HSS	HSS9860 /900R008C00	icencia	No requiere	El System Architecture Evolution Home Subscriber Server (SAE-HSS) almacena la información de usuario SAE, incluyendo número y datos de servicio de usuarios.
MME		USN9810 /900R011C02	icencia	Se requiere	El MME es un componente del core de la red EPC y realiza consultas al SAE-HSS para autenticar a los usuarios quien está atento para el registro en la red EPC. Las funciones del MME son las mismas que el plano de señalización dada por el servicio GPRS soportado por SGSN en PS.

#### 4.2.4 Procedimiento

##### 1.- Instalación de Hardware y Software

El cuarto de comunicaciones [21] donde deben ser instalados estos equipos no deben estar expuestos a altas temperaturas, sustancias explosivas o inestabilidad de energía eléctrica. Para asegurarnos que los diferentes equipos operen en buenas condiciones la temperatura adecuada para su funcionamiento es seria entre 5°C hasta un máximo de 40°C.

Respecto a la energía eléctrica, esta debe consistir de una red eléctrica, con fuente de alimentación ininterrumpida y un generador eléctrico. Cada uno de los racks o gabinetes son de tipo ATCA y algunos usan la arquitectura OSTA. En la figura 15 se muestra el ejemplo de un gabinete tipo ATCA.

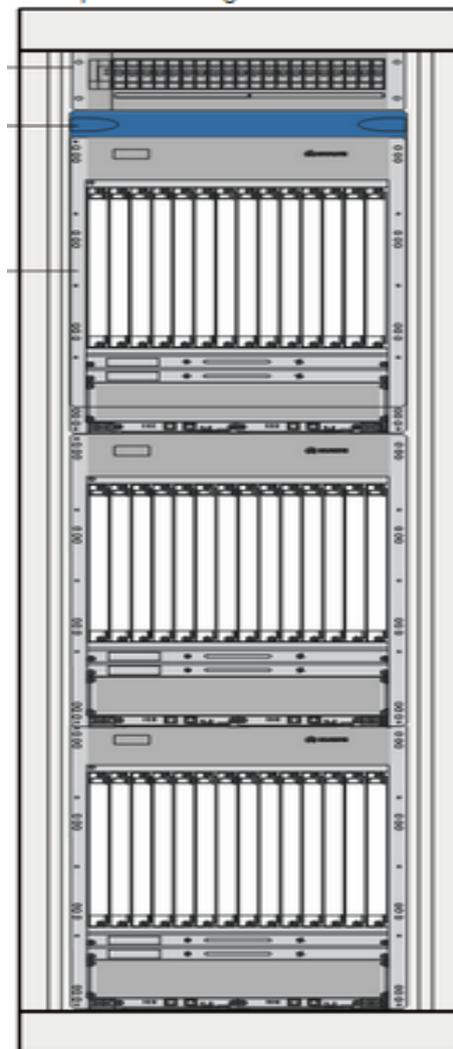


Figura 16 Tipo de Rack equipos Huawei

Respecto a la parte del software, esta consiste en la instalación del OS, base de datos, cargar las licencias, configuración básica de datos y cargar los paquetes de software.

Los parámetros de inicio deben ser:

- Hostname
- Ips flotante, mascara, y default Gateway
- Direccion IP física
- Lenguaje
- Puertos de red

## **2.- Convergencia de los datos de Usuario**

Esta convergencia del HSS/HLR se realiza dividiendo lógicamente en dos, el BE back end y FE Front Ends. Se lo hace para separar el almacenamiento de los datos del proceso lógico de servicio. Entonces el BE se convierte en USCDB el cual se encarga de almacenar los datos de los usuarios, además de borrar, agregar, actualizar y consultar datos con solicitudes en el FE. El FE es el que va a procesar los mensajes de señalización los servicios lógicos, esta obtiene los datos del BE.

La convergencia HSS/HLR usa 3 tipos de FEs:

- IMS-HSS se representa con el equipo HSS9820, se usa en el dominio IMS
- HLR se representa con el equipo HSS 9860, se usa tanto en el dominio PS como CS.
- SAE-HSS se representa con el equipo HSS9860, se usa en el dominio EPC.

Las interfaces que involucran estas conexiones son:

- IMS-HSS → Interfaces Cx y Sh para la comunicación con CSCF y AS.
- SAE-HSS/HLR → Interfaces S6a y C/D para la comunicación con el MME y MSC Server.

En la arquitectura actual, existe un HLR el mismo que debe ser actualizado para que soporte las nuevas funciones para que se realice la convergencia de los datos de los usuarios.

Se realizan las configuraciones sobre el HSS/HLR (HSS9860) para la convergencia de los datos, esta operación no tiene impacto en los demás sistemas que están en operación. Primero realizado más configuraciones básicas como se muestra en la tabla a continuación:

En el Anexo 1 se encuentran los comandos que son necesarios para la configuración de los equipos.

### **3.- Configuración de datos de interconexión**

En esta sección se explicara sobre la configuración de las diferentes interfaces que nos van a servir para la interconexión de los equipos, también se da a conocer los protocolos que manejan cada una de ellas.

Las interfaces que se van a utilizar para la función SRVCC son las siguientes:

Mw.- se localiza entre el CSCF para el registro, control de la sesión y transacción. Protocolo SIP.

Mw/Mx.- se localiza entre el ATCF y P-CSCF/SRVCC IW, controla la conmutación SRVCC. Protocolo SIP.

Sv.- esta interface está localizada entre el MME y el SRVCC IWF para implementar la función SRVCC. Protocolo GPT-C.

En el Anexo 2 tenemos los comandos para la configuración de los equipos.

### **4.- Configuración del Servicio de Aprovisionamiento**

Luego de que estén configurados las interfaces para la función SRVCC, se procede a configurar las interfaces de aprovisionamiento.

- Interfaz SOAP entre el ATS9900 y el HSS9820.
- Interfaz SOAP entre HSS9860 y el sistema de aprovisionamiento.
- Interfaz SOAP entre el UPCC y el sistema de aprovisionamiento.

Esta operación no tiene impacto sobre el sistema que se encuentra en producción. En el Anexo 3, se encuentran los comandos para la configuración de los equipos.

### **5.- Habilitar el servicio**

Para habilitar el servicio de llamadas de voz hay que realizar configuraciones tanto en los HSS como en el SRVCC. Una vez que los datos de los usuarios LTE son configurados pueden establecer llamadas tanto para usuarios IMS, 2G/3G. Esta operación no tiene impacto sobre los equipos que están en producción.

En el Anexo 4 se encuentran los comandos necesarios para la configuración de los equipo.

## 5 CONCLUSIONES

En este trabajo se realiza como primera instancia un estudio del arte sobre LTE, dando un extenso estudio sobre su arquitectura para luego con un poco de más detalle describir lo que se encuentra funcionando en CNT, que es CSFB. La solución que se propone en este trabajo para VoLTE es la de involucrar a una red IMS con la función de SRVCC, debido a esto es necesario estudiar estas dos importantes tecnologías en el estado del Arte.

Luego en el capítulo 3 damos una revisión sobre la situación actual de la arquitectura en la cual está funcionando con CSFB, los equipos que se están utilizando en esta solución para verificar la capacidad con la cantidad de llamadas en hora pico. En el capítulo 4 se detalla la propuesta para la implementación de VoLTE donde se da paso primero a realizar el dimensionamiento hasta el año 2018 tomando como base los datos proporcionados por CNT del año 2015. También se realiza una propuesta detallada de los equipos con el número de tarjetas necesarias para soportar el tráfico proyectado.

Se han cumplido con los objetivos propuestos como es el de analizar la red actual como resultado de aprovechar los recursos que están producción, además de proponer una solución sólida y de punta respecto a VoLTE. Al realizar el estudio del arte se ha adquirido conocimientos técnicos respecto a LTE e IMS, también a dimensionar la red para con el número de usuarios proyectados para brindar un servicio de voz con calidad ser servicio.

En este trabajo no se pudo obtener precios de esta solución debido a que Huawei es uno de los principales proveedores en el Ecuador de soluciones de telecomunicaciones, brinda este servicio tanto a CNT como las otras operadoras privadas como Claro y Movistar, por lo tanto son muy reservados en cuanto a precios.

Se propone como trabajo futuro, la realización de la integración del sistema de cobro que es gestionada por el departamento de Tecnologías de la Información (IT) a la arquitectura VoLTE debido a que hay que ajustar parámetros necesarios para la tarificación. Como segundo punto, desplegar en la red de CNT esta propuesta para obtener resultados de pruebas reales sobre los diferentes escenarios que deben ser contemplados, además de comprobar que los servicios suplementarios funcionen correctamente.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Curpen, T. Balan, F. Sandu, C. Costache and C. Cerchez, "Demonstrator for voice communication over LTE," in Communications (COMM), 2014 10th International Conference on, 2014, pp. 1-4.
- [2] G. Hosangadi, A. Rao, R. Bartlett and M. Schlesener, "Carrier-grade voice over LTE: Advantages and challenges," in Vehicular Technology Conference (VTC Fall), 2014 IEEE 80th, 2014, pp. 1-5.
- [3] Y. Jouihri and Z. Guennoun, "Circuit Switch Fallback Improvement and the Smarter Way for Implementation," AASRI Procedia, vol. 4, pp. 9-17, 2013.
- [4] Andre Perez, "Voice over LTE – EPS and IMS Networks," 2013.
- [5] F. J. Rivas, A. Díaz and P. Merino, "Obtaining more realistic cross-layer QoS measurements: A VoIP over LTE use case," Journal of Computer Networks and Communications, vol. 2013, 2013.
- [6] N. Saed, T. H. Liew, K. Wee and S. Y. Ooi, "Video and voice transmission over LTE networks," in Control System, Computing and Engineering (ICCSC), 2013 IEEE International Conference on, 2013, pp. 259-263.
- [7] G. Tu, C. Peng, H. Wang, C. Li and S. Lu, "How voice calls affect data in operational LTE networks," in Proceedings of the 19th Annual International Conference on Mobile Computing & Networking, 2013, pp. 87-98.
- [8] M. ANEHILL, M. LARSSON, G. STRÖMBERG and E. PARSONS, "Validating voice over LTE end-to-end," *White Paper, Ericsson Review*, 2012.
- [9] J. R. O. CUEVAS, "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CURSO Y UN LABORATORIO DE SERVICIOS SOBRE ACCESO LTE Y PACKET CORE IMS," 2012.
- [10] G. Hosangadi, a. Rao, R. Bartlett and M. Schlesener, *Carrier-Grade Voice Over LTE: Advantages and Challenges*. 2014.
- [11] Jonghwan Hyun, Jian Li, ChaeTae Im, Jae-Hyoung Yoo and J. W. -. Hong, "A VoLTE traffic classification method in LTE network," *2014 16th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS)*, pp. 6 pp.; 6.-6 pp., 2014, 2014.
- [12] J. Kallio, T. Jalkanen and J. T. Penttinen, "Voice over LTE," *The LTE/SAE Deployment Handbook*, pp. 157-187, 2012.

- [14] M. Poikselkä, H. Holma, J. Hongisto, J. Kallio and A. Toskala, *Voice Over LTE (VoLTE)*. John Wiley & Sons, 2012.
- [15] P. Raghavendrarao, *Voice Over LTE*, 2012.
- [16] N. Saed, T. H. Liew, K. Wee and S. Y. Ooi, "Video and voice transmission over LTE networks," in *Control System, Computing and Engineering (ICCSCE), 2013 IEEE International Conference on*, 2013, pp. 259-263.
- [18] G. Tu, C. Peng, H. Wang, C. Li and S. Lu, "How voice calls affect data in operational LTE networks," in *Proceedings of the 19th Annual International Conference on Mobile Computing & Networking*, 2013, pp. 87-98.
- [19] S. Yi, S. Chun, Y. Lee, S. Park and S. Jung, "Voice over LTE (VoLTE)," *Radio Protocols for LTE and LTE-Advanced*, pp. 159-183, 2012.
- [20] A. Maeder and A. Felber, "Performance evaluation of ROHC reliable and optimistic mode for voice over LTE," in *Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, 2013 IEEE 77th, 2013, pp. 1-5.
- [21] Huawei Technologies, "SingleCore Voice over LTE Solution", Product Version V100R001C01, 2014
- [22] Huawei Technologies, "SessionEngine2600 Product Documentation (IMS)", Product Version V200R009C01, 2012.
- [23] Huawei Technologies, "HSS9860 Product Documentation", Product Version V900R008C00, 2012.
- [24] Huawei Technologies, "IMS Product Documentation", Product Version V200R009C01, 2012.
- [25] Huawei Technologies, "USN9810 Product Documentation", Product Version V900R013C00, 2014.
- [26] Huawei Technologies, "UGW9811 Product Documentation (GGSN&S-GW&P-GW)", Product Version V900R012C10, 2015.
- [27] Huawei Technologies, "UMG8900 Product Documentation (G&W)", Product Version V200R010C00, 2015.

[28] Huawei Technologies, "MSOFTX3000 Product Documentation", Product Version V200R008C05, 2013.

## ANEXOS

### Anexo 1: Configuraciones básicas para la convergencia de datos

<b>HSS9860</b>	
<b>COMANDOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
SET OFI	Con estos comandos se realiza la configuración básica del HSS para la convergencia de datos
ADD SYSHLRSN	
ADD VHLSN	
ADD HLRSN	
SET INTROFF	
ADD DAREA	
ADD CNTRCD	
ADD IMSIARC/ADD ISDNARC	
ADD VLRTYP	
SET MAPSERV	
SET MAPCONF	
ADD DMLE	
ADD DMPE	
ADD DMLKS	
ADD DMLNK	
ADD DMLE	Realiza la interconexión con el SGSN
ADD DMPE	
ADD DMLKS	
ADD DMLNK	
ADD DMLE	Realizar la interconexión con el IMS-HSS
ADD DMPE	
ADD DMLKS	
ADD DMLNK	
ADD M3LE	Realizar la interconexión con el MGCF
ADD M3DE	
ADD M3LKS	
ADD M3RT	
ADD M3LNK	
ADD SCCPDSP	
ADD SCCPSSN	
ADD SCCPGT	
ADD M3LE	Realizar la interconexión con el MSC Server
ADD M3DE	
ADD M3LKS	
ADD M3RT	
ADD M3LNK	
ADD SCCPDSP	
ADD SCCPSSN	

<b>ADD SCCPGT</b>	
<b>ADD HSAE</b>	Realizar la interconexión entre el IMS-HSS y SAE-HSS
<b>ADD HSAEL</b>	

Anexo 2: Configuración básica para habilitar la función de SRVCC

<b>MSOFTX300 - USN9810</b>	
<b>COMANDOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>ADD GTPPE</b>	Configuración para habilitar el servicio de SRVCC en MSOFTX3000
<b>ADD GTPPATH</b>	
<b>ADD BINDGTPCIP</b>	Configuración para habilitar el servicio de SRVCC en USN9810
<b>ADD IPRT</b>	
<b>ADD IPV4DNSH</b>	
<b>ADD DNSN</b>	

Anexo 3: Configuración básica para la interconexión entre HSS y UPCC

<b>ATS9900</b>	
<b>COMANDOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>ADD HTTPLNK</b>	Configuración entre el ATS9900 y el CSC3300
<b>ADD IPADDR</b>	Configuración para la interconexión con los equipos HSS, UPCC
<b>RST MODULE</b>	

Anexo 4: Configuración básica para activar el servicio

<b>CONFIGURACION PARA ACTIVAR SERVICIO</b>	
<b>COMANDOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>ADD CIC</b>	Configuración del ATS9900 para habilitar el servicio
<b>ADD ANCHORMGCF</b>	
<b>ADD MHPREFIX</b>	
<b>ADD MHSUFFIX</b>	
<b>ADD DNC</b>	
<b>ADD SIPTG</b>	Configuración en Msofx300 para el enrutamiento llamada y creación de la troncal SIP
<b>ADD CNACLD</b>	
<b>interface Signal-if</b>	Configuración en el SBC para el enrutamiento de la llamada
<b>ip address</b>	
<b>sbc atcf ip</b>	
<b>sbc atcf domain</b>	
<b>sbc atcf stn-sr</b>	
<b>MOD SRVCCCFG</b>	Configuración en CSC3300
<b>MOD ATS</b>	
<b>MOD STNSR</b>	Configuración en las bases de Datos
<b>ADD HPSI</b>	
<b>SET HAS</b>	

**Anexo 5: Nombre de las tarjetas de los equipos a utilizar**

<b>EQUIPO</b>	<b>TARJETAS</b>	<b>NOMBRE</b>
MSOFTX3000	UPBA	Universal Process Blade
	SMUA	System Management Unit
	USIA	Universal Service Interface Unit
	SWI	Switch Interface Unit
USN9810	CN21UPBA2	Universal Process Blade
	MSPB0	Function Exterior Interfaces Indicators Hardware Structure Logical
	ESUA0	Enhanced Service Unit
	SWUA1	Switching Unit
	SWIA1	Switch Interface Unit
	QXIA0	GE Interface Unit
UGW9811	LPU	Line Interface Processing Unit
	SPU	Service Processing Unit
	SRU	Switching Route Unit
	SFU	Switching Fabric Unit
HSS9860	UPBA	Universal Process Blade
	SWU	Switching Unit
	SMU	System Management Unit
	USI	Universal Service Interface Unit
	SWI	Switch Interface Unit
	SDM	Shelf Data Module
	SMM	Shelf Management Module
	S3900 Arreglo de discos	Arreglo de Discos
USCDB	OMU	Operation & Maintenance Uni
	SWU	Switching Unit
	SPS	Diameter Agent Unit
	USCDB	Universal Process Blade
	SWI	Switch Interface Unit
CSC3300	CDB	Central Database Module
	SCU	Session Control Unit
	BSU	Broadband Signaling Unit
UMG8900	MCLK	Media gateway Clock Unit
	MTNB	Media gateway TDM switching Net Unit
	MNET	Media gateway Packet switch Unit
	MOMU	Media gateway Operation & Maintenance Unit
	MPU	Media gateway Main Processing Uni
SE2600	SRU	Switching Route Unit
	SFU	Switching Fabric Unit
	SPU	Service Processing Unit
	LPU	Line Interface Processing Unit
ATS9900	IFM	IP forwarding module

	CCU	Call Control Unit
	CDB	Central Database Board
	MSG	Multimedia Signaling Gateway
	SPU	Service Processing Unit