



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TEMA:**

**Análisis de la tecnología IMS para la unificación del core de voz mediante mediciones usando el programa Nemo Handy.**

**AUTORA:**

Ing. Rosa Isabel Ledesma Sanchez

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de  
Magister en Telecomunicaciones**

**TUTOR:**

Ing. Romero Paz Manuel de Jesús, MSc.

Guayaquil, a los 30 días del mes Enero año 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Rosa Isabel Ledesma Sánchez como requerimiento parcial para la obtención del Título de Magíster en Telecomunicaciones.

**TUTOR**

---

**MSc. Manuel Romero Paz**

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**

---

**MSc. Manuel Romero Paz**

Guayaquil, a los 30 días del mes Enero año 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, ROSA ISABEL LEDESMA SANCHEZ

DECLARÓ QUE:

El trabajo de Titulación “**Análisis de la tecnología IMS para la unificación del core de voz mediante mediciones usando el programa Nemo Handy**”, previa a la obtención del Título de **Magíster en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 30 días del mes Enero año 2017

LA AUTORA

---

Ing. Rosa Isabel Ledesma Sánchez



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**AUTORIZACIÓN**

**YO, ROSA ISABEL LEDESMA SANCHEZ**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación**, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación de Titulación, “**Análisis de la tecnología IMS para la unificación del core de voz mediante mediciones usando el programa Nemo Handy**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 30 días del mes Enero año 2017

LA AUTORA

---

Ing. Rosa Isabel Ledesma Sánchez

# REPORTE URKUND

The screenshot displays the URKUND web interface. At the top, the browser address bar shows a secure URL. The main content area is divided into two sections: document metadata on the left and a list of sources on the right.

**Documento:** FINAL\_TESIS\_RL\_09022017\_v1.docx (D24720006)  
**Presentado:** 2017-01-04 21:37 (-05:00)  
**Presentado por:** orlandophilco\_7@hotmail.com  
**Recibido:** orlando.philco.ucsg@analysis.urkund.com  
**Mensaje:** Reenv: tesis corregida Ing. Rosa Ledesma [Mostrar el mensaje completo](#)

A summary indicates that 4% of the document's text is present in 4 sources.

**Lista de fuentes:**

- 97% la red IMS. 3.
- Tesis Completa.pdf
- Tesis Completa DARIO VILLAGOMEZ.pdf
- http://www.efort.com/media\_pdf/IMS\_ESP.pdf
- 88% sobre una red toda IP, las sesiones aplicativos tiempo real (voz, video, conferencia...
- 100% IMS en las redes fijas y móviles representa un cambio fundamental en las redes de...

The interface also shows a detailed view of a source: **Fuente externa:** http://www.efort.com/media\_pdf/IMS\_ESP.pdf (100%). The text from this source is highlighted in the document view:

IMS en las redes fijas y móviles representa un cambio fundamental en las redes de telecomunicaciones

para el servicio de

voz. Las nuevas capacidades de las redes y de los terminales, la "unión" entre el Internet y la voz, el contenido y la movilidad hacen aparecer nuevos modelos de redes

y más que todo ofrecen un potencial fantástico para el desarrollo de nuevos servicios. Con esta meta, IMS es concebido para ofrecer a los usuarios la posibilidad de establecer sesiones multimedia usando todo tipo de acceso de alta velocidad y una conmutación de paquetes IP.

La tecnología

IMS provee una red IP multi-acceso, segura y confiable:

- Multi servicios: todo tipo de servicios ofrecidos por una red (núcleo) soportando diferentes niveles de calidad

The bottom of the screen shows the Windows taskbar with several open applications and the system tray displaying the time as 0:16 on 11/01/2017.

## **Dedicatoria**

Dedico el presente trabajo de titulación a Dios por darme la vida, por guiarme con su luz infinita y por permitir este grandioso momento tan importante para mi formación profesional. A mi querida madrecita por su amor, apoyo incondicional y enseñanzas. A mi amado esposo por su compañía, paciencia y amor en estos últimos años. A mi estimado profesor y colega el MSc. Manuel Romero por sus enseñanzas desde el inicio universitario.

**Rosita**

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por guiarme en el transcurso de mi vida, por darme las fuerzas para superar las dificultades que se presentan en la vida.

A mi madrecita por su ejemplo de mujer, amor y apoyo en cada momento de mi vida.

A mi amado esposo por su paciencia, amor incondicional, consejos y por compartir conmigo alegrías y tristezas.

Al MSc. Manuel Romero por sus enseñanzas académicas y por demostrar ser un excelente profesional.

**Rosita**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**MSc. Manuel Romero Paz**

**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**MSc. Manuel Romero Paz**

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**

f. \_\_\_\_\_

**MSc. Orlando Philco Asqui**

**REVISOR**

f. \_\_\_\_\_

**MSc. Luis Córdova Rivadeneira**

**REVISOR**

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>XIV</b>
<b>Capítulo 1: Descripción del proyecto de intervención.....</b>	<b>15</b>
1.1.    Introducción.....	15
1.2.    Justificación .....	15
1.3.    Antecedentes.....	16
1.4.    Definición del Problema.....	18
1.5.    Objetivos .....	19
1.5.1.  Objetivo General: .....	19
1.5.2.  Objetivos específicos: .....	19
1.6.    Hipótesis .....	19
1.7.    Metodología .....	20
<b>Capítulo 2: Fundamentación Teórica.....</b>	<b>21</b>
2.1.    Introducción a la tecnología LTE.....	21
2.2.    Infraestructura de la tecnología LTE.....	21
2.3.    Elementos fundamentales de la Tecnología LTE.....	27
2.4.    QoS en redes LTE.....	28
2.5.    Introducción de la tecnología IMS.....	31
2.6.    Ventajas de la tecnología IMS.....	33
2.7.    Pre-requisitos para la operación en IMS .....	34
2.8.    Aplicaciones que ofrece la tecnología IMS.....	35
2.9.    Arquitectura IMS.....	35
2.9.1.  Estructuración en capas de la arquitectura IMS.....	36
2.10.   Componentes de la red IMS.....	37
2.11.   Llamada entre dos redes IMS de dominios distintos.....	40
2.12.   Interfaces de la tecnología IMS.....	41
2.13.   Protocolos de la tecnología IMS.....	41
2.13.1.  Protocolos de señalización.....	42

2.13.2. SIP (Session Initiation Protocol).....	42
2.13.2.1. Componentes del protocolo SIP.....	42
2.13.2.2. Mensajes SIP.....	43
2.13.2.3. Respuestas SIP.....	44
2.13.3. H.248 (Gateway Protocol Control) .....	45
2.13.4. Protocolo Diameter .....	46
2.14. Soluciones para brindar el servicio de voz sobre la red LTE. ....	46
2.14.1. Circuit Switch Fallback (CSFB). ....	47
2.14.2. Voz Nativa en LTE y SRVCC .....	48
2.14.2.1. Introducción de VoLTE. ....	49
2.14.3. Solución Voz sobre IMS (VoLTE). ....	50
2.14.4. Elementos importantes en una arquitectura de VoLTE.....	51
2.14.5. Protocolos e interfaces relevantes en VoLTE. ....	52
2.14.6. Interfaces para el despliegue de VoLTE en una red IMS.....	52
2.15. Flujo de una llamada en VoLTE. ....	54
<b>Capítulo 3: Mediciones usando el programa Nemo Handy. ....</b>	<b>56</b>
3.1. Introducción. ....	56
3.2. Descripción del programa Nemo Handy. ....	56
3.3. Configuraciones. ....	56
3.4. Beneficios principales de Nemo Handy. ....	56
3.5. Mediciones. ....	57
3.5.1. Mediciones de la duración del establecimiento de llamada en CSFB. ....	57
3.5.2. Mediciones de la duración del establecimiento de llamada en VoLTE.....	59
3.5.3. Establecimiento de SR-VCC durante una llamada y la señalización recibida por el terminal de medición .....	59
3.5.4. Llamadas VoLTE. ....	60
3.5.5. Calidad de audio de las llamadas. ....	61
<b>Conclusiones. ....</b>	<b>64</b>
<b>Recomendaciones. ....</b>	<b>65</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>66</b>
<b>Glosario de términos. ....</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo 1: Descripción del proyecto de intervención.

Figura 1.1: Estado del despliegue VoLTE en Ecuador acorde GSMA.....	18
---	----

### Capítulo 2: Fundamentación Teórica.

Figura 2.1: Evolución de la red de GSM a LTE .....	22
Figura 2.2: Interconexión hacia los eNB.....	23
Figura 2.3: Comparación entre OFDMA y SC-FDMA. ....	25
Figura 2.4: Reducción de la decoloración.....	26
Figura 2.5: Elementos de la tecnología LTE.....	27
Figura 2.6: Diferenciación de servicios y usuarios. ....	29
Figura 2.7: Integración de IMS con otras tecnologías 2G y 3G.....	33
Figura 2.8: Pre requisitos para un servicio IMS.....	34
Figura 2.9: Estructura de la tecnología IMS. ....	37
Figura 2.10: Entidades que integran al componente CSCF. ....	40
Figura 2.11: Ejemplo de una llamada entre dos usuarios IMS que se encuentran en diferentes redes.....	40
Figura 2.12: Interfaces de la tecnología IMS. ....	41
Figura 2.13: Componentes del protocolo SIP. ....	43
Figura 2.14: Sesiones SIP Mensajes y Respuestas SIP.....	44
Figura 2.15: Arquitectura de red CSFB. ....	48
Figura 2.16: Arquitectura de SRVCC .....	49
Figura 2.17: Arquitectura de solución VoLTE .....	51
Figura 2.18: Elementos importantes en una arquitectura de VoLTE.....	52
Figura 2.19: Interfaces de la tecnología IMS. ....	53
Figura 2.20: Flujo de una llamada sobre LTE.....	54

### Capítulo 3: Mediciones usando el programa Nemo Handy.

Figura 3.1: Ubicación de las localidades de Oulu y Yrttipellontie. ....	58
Figura 3.2: Establecimiento de SR-VCC durante una llamada.....	60
Figura 3.3: Valores MOS y mediciones de métricas de canales físicos. ....	62
Figura 3.4: Calidad baja de PCI debido a una superposición de PCI y SNR bajo. ....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

### **Capítulo 1: Descripción del proyecto de intervención.**

Tabla 1.1: Resumen del despliegue de VoLTE en diferentes países .....	17
---	----

### **Capítulo 2: Fundamentación teórica**

Tabla 2.1: Clases de Qos desde la perspectiva del usuario. ....	30
Tabla 2.2: Resumen los valores para cada tipo de portador.....	31
Tabla 2.3: Protocolos e interfaces relevantes en VoLTE.....	52
Tabla 2.4: Interfaces y protocolos de VoLTE en una red IMS. ....	53

### **Capítulo 3: Mediciones usando el programa Nemo Handy.**

Tabla 3.1: Duración de CSFB en Yrttipellontie con diferentes operadores.....	58
Tabla 3.2: Duración de CSFB con diferentes operadores .....	58
Tabla 3.3: Valores RSRP en Yrttipellontie con diferentes operadores.....	59
Tabla 3.4: Valores RSRP con diferentes operadores .....	59
Tabla 3.5: Resultados durante el establecimiento de llamada VoLTE. ....	60
Tabla 3.6: Tiempos de establecimiento de la llamada VoLTE .....	61
Tabla 3.7: Duración del establecimiento de llamada del servicio de VoLTE en una red de prueba optimizada. ....	61
Tabla 3.8: Valores MOS de las llamadas VoLTE en una red de prueba. ....	62

## **Resumen**

El presente proyecto está orientado a realizar el análisis de la tecnología IMS con el objetivo de Evaluar el rendimiento de dicha tecnología mediante mediciones usando el programa Nemo Handy, este trabajo está compuesto de 3 capítulos.

En el primer capítulo, se realiza la descripción del proyecto de intervención, tales como Introducción a la tecnología IMS, servicio de VoLTE, justificación, antecedentes, definición del problema, objetivo general, objetivos específicos, hipótesis y metodología.

En el segundo capítulo, se realiza la fundamentación teórica donde se explica la tecnología LTE tales como su estructura, elementos, QoS, adicional también se habla de la tecnología IMS como sus ventajas, pre-requisitos, aplicaciones, arquitectura, componentes, interfaces, protocolos, soluciones como CSFB, SRVCC y VoLTE.

En el tercer capítulo, se analiza los resultados obtenidos mediante mediciones usando el programa Nemo Handy y para finalizar se expone las conclusiones y recomendaciones.

**Palabras Claves:** IMS, VoLTE, QoS, CSFB, SRVCC y Nemo Handy.

## **Abstract**

The present project is oriented to carry out the analysis of the IMS technology with the objective of Evaluating the performance of this technology by means of measurements using the program Nemo Handy, this work is composed of 3 chapters.

In the first chapter, is about the description of the intervention project is carried out, such as Introduction to IMS technology, VoLTE service, justification, background, problem definition, general objective, specific objectives, hypothesis and methodology.

In the second chapter, is about the theoretical foundation is made where LTE technology is explained such as its structure, elements, QoS, additional also speaks of IMS technology as its advantages, pre-requisites, applications, architecture, components, interfaces, protocols, Solutions such as CSFB, SRVCC and VoLTE.

In the third chapter, is about analyze the results obtained through measurements using the Nemo Handy program; And to conclude the conclusions and recommendations.

**Key words:** IMS, VoLTE, QoS, CSFB, SRVCC y Nemo Handy.

## **Capítulo 1: Descripción del proyecto de intervención.**

### **1.1. Introducción.**

En el futuro de la industria de las telecomunicaciones se destaca la solución de VoLTE (Voz sobre LTE); dicha solución de voz está basada en IMS (IP Multimedia Subsystem) que permite proporcionar una amplia gama de servicios multimedia, así como llamadas de voz para los suscriptores de la red LTE (Long Term Evolution) de manera nativa. La solución de VoLTE proporciona servicios de voz de banda ancha incluyendo características de valor agregado como calidad de servicio, alta definición de voz, así como un conjunto de funcionalidades multimedia que solamente se consiguen sobre un core de conmutación de paquetes.

En la solución de VoLTE basada en IMS se incluyen ventajas tales como: voz nativa sobre LTE, voz en alta definición, control de la calidad de servicio QoS (Quality of service) para garantizar la calidad de la voz, reducción en el tiempo de establecimiento de llamadas, incorpora la funcionalidad de SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity) que permite handover hacia redes 2G/3G, entre otras características que convierten a VoLTE en la solución definitiva para la prestación de servicios de voz en LTE.

### **1.2. Justificación**

Los operadores de telefonía, tendrán que empezar a evaluar nuevas estrategias de implementación para ofrecer y extender una mejor calidad de servicio de voz, y todo esto será gracias a la tecnología IMS, que presenta múltiples beneficios para el usuario y para el operador es que podrán reducir el CAPEX (Capital Expenditures, inversiones en bienes de capitales) y OPEX (Operating Expenditure, gastos operativos), siendo beneficioso para sus empresas.

Es por esto que en este proyecto de titulación se pretende explicar de una forma clara, los múltiples beneficios de la tecnología IMS que proporciona funciones

comunes en su estructura e implementación, y que pueden ser reutilizadas para ofrecer variedades de servicios.

### **1.3. Antecedentes.**

Actualmente las operadoras de telefonía no encuentran rentable brindar únicamente servicios de telefonía fija, es por ello que estas empresas necesitan implementar la tecnología IMS de tal forma que puedan proveer servicios más atractivos, para que los usuarios se interesen en un servicio unificado.

IMS es una arquitectura que reúne protocolos, tecnologías y métodos con el fin de ofrecer servicios multimedia con infraestructura ALL IP (Todo IP), la cual soporta diferentes tipos de tecnologías como; LTE, GSM (Global System for Mobile), GPRS (General Packet Radio Service), UMTS (Universal Mobile Telecommunicatios System), HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), DSL ( Digital Subscriber Line ), Wi-Fi (Wireless Fidelity ), HFC (Hybrid Fibre Coaxial), NGN (Next Generation Network).

La tecnología IMS, trae una serie de beneficios a las operadoras que la implementen ya que se podrá reducir costos y al mismo tiempo aumentar coberturas y servicios; es por ello que es importante que la industria de las telecomunicaciones migre hacia sistemas totalmente IP (Internet Protocol).

GSMA (2015) presenta un reporte del mercado de VoLTE, como parte de su programa Network 2020, el cual ha sido diseñado para ayudar a los operadores a desarrollar comunicaciones IP como servicio nativo.

Mediante los reportes y estudios desarrollados por la GSMA (Global System for Mobile Communications), se encuentra que en algunos países ya han desplegado los servicios de VoLTE, como Estados Unidos, Corea del Sur, Hong Kong, Rumania, Singapur y Japón.

En la tabla 1.1 se muestra un resumen del despliegue de VoLTE en diferentes países.

**Tabla 1.1: Resumen del despliegue de VoLTE en diferentes países**

<b>Región</b>	<b>País</b>	<b>Operador</b>	<b>Lanzamiento de VoLTE</b>
<b>América</b>	USA	AT&T	Mayo 2014
	USA	Verizon	Septiembre 2014
	USA	T-Mobile	Mayo 2014
<b>Asia Pacífico</b>	Corea del Sur	SK Telecom	Agosto 2012
	Corea del Sur	LGU+	Agosto 2012
	Corea del Sur	KT	Octubre 2012
	Hong Kong	CSL(HKT)	Mayo 2014
	Hong Kong	Three	Mayo 2014
	Japón	NTT Docomo	Mayo 2014
	Japón	KDDI	Diciembre 2014
	Singapur	SingTel	Mayo 2014
	Singapur	StarHub	Junio 2014
<b>Europa</b>	Dinamarca	TDC	Noviembre 2014
	Rumanía	Vodafone	Noviembre 2014

**Fuente:** (GSMA, 2015)

AT&T indica un notable caso de éxito en USA, la operadora proporciona a sus usuarios los servicios de voz sobre LTE desde mayo del 2014, la solución se implementó empleando infraestructura del proveedor Alcatel Lucent basado en una solución de VoLTE sobre IMS. La operadora ofrece sus servicios LTE sobre las bandas de frecuencia 17, 5, 4 y 2 MHz sin embargo la operadora aprovecha su infraestructura de red 3G sobre las bandas 850/1900 MHz para incluir las funcionalidades de SRVCC en el despliegue del servicio VoLTE.

Otro notable caso de éxito es de la empresa HKT que desarrolló su solución en Hong Kong, la operadora realizó una planeación y diseño detallado para efectuar

el despliegue de VoLTE, incluyendo 20 prioridades de servicio, 300 escenarios del aviso de servicio y 1000 políticas de facturación analizados; esto permitió a HKT migrar 29 servicios tradicionales incluyendo 12 servicios suplementarios y 17 servicios de valor agregado exclusivos.

En el futuro, la red VoLTE de HKT interconectará con las empresas de telecomunicaciones locales y globales para permitir servicios de itinerancia; HKT también planea migrar algunos de sus servicios Rich Communications Suite (RCS) de su plataforma privada a IMS y llevar a cabo la estandarización de RCS.

Aunque en Ecuador aún no se tiene desplegado el servicio VoLTE la GSMA ubica al Ecuador en la categoría de mercados interesados en el despliegue de este servicio, como se muestra en la figura 1.1.



**Figura 1.1: Estado del despliegue VoLTE en Ecuador acorde GSMA.**  
Fuente: (GSMA, 2015)

#### **1.4. Definición del Problema.**

LTE fue diseñada para proporcionar servicios de datos por lo que no realiza llamadas de voz en forma nativa, mientras que 2G y 3G fueron diseñadas con el objetivo principal de proporcionar servicios de voz y datos, por tal razón ha sido necesaria la creación de nuevas tecnologías y protocolos para el despliegue de este servicio; en una red 4G no hay un estándar definido para ofrecer el servicio de

voz por lo que se requiere de un gran trabajo para mejorar toda la infraestructura de llamadas de voz.

Existen algunos problemas y soluciones, como el SRVCC que simplemente significa que el teléfono será capaz de cambiar de tecnología 2G o 3G si está fuera de una zona de señal 4G durante el establecimiento de una llamada.

Por tal motivo, en este trabajo surge el siguiente problema:

La necesidad de evaluar, determinar soluciones y analizar los resultados de una red IMS que permita evitar los actuales inconvenientes que se están presentando al momento de hacer una llamada sobre LTE.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General:**

Analizar la tecnología IMS para la para la unificación del core de voz, mediante mediciones usando el programa Nemo Handy. .

### **1.5.2. Objetivos específicos:**

- Elaborar el estado del arte de la tecnología IMS.
- Realizar el análisis de la red IMS.
- Evaluar el rendimiento de la tecnología IMS mediante mediciones usando el programa Nemo Handy.

## **1.6. Hipótesis**

Mediante el análisis de la tecnología IMS para la unificación del core de voz, se podrá evaluar el rendimiento de la red, esta investigación se realizará mediante mediciones usando el programa Nemo Handy, se establecerá resultados para la implementación de la tecnología IMS y se propondrán soluciones para evitar los

actuales inconvenientes que se tiene en LTE al momento de hacer una llamada, esto gestionará múltiples servicios y mejorará la calidad de voz.

## 1.7. Metodología

La metodología que se utilizará para la elaboración de este trabajo es con enfoque cuantitativo, diseño cuasi- experimental, y alcance descriptivo, explicativo.

- Diseño cuasi experimental, una vez definido el análisis técnico se analizará la tecnología IMS (características, protocolos, interfaces) para la unificación del core de voz mediante mediciones usando el programa Nemo Handy.
- Alcance descriptivo, se refiere a la recopilación de información para cumplir con el objetivo principal de este trabajo que es “*Analizar la tecnología IMS para la unificación del core de voz, mediante mediciones usando el programa Nemo Handy*”.
- Alcance explicativo, analizar y proponer soluciones para evitar el inconveniente actual que se tiene al momento de hacer una llamada sobre LTE se requiere evaluar el comportamiento del servicio en la red IMS.

En el siguiente capítulo, se desarrollará todo lo referente a la fundamentación teórica.

## **Capítulo 2: Fundamentación Teórica.**

### **2.1. Introducción a la tecnología LTE.**

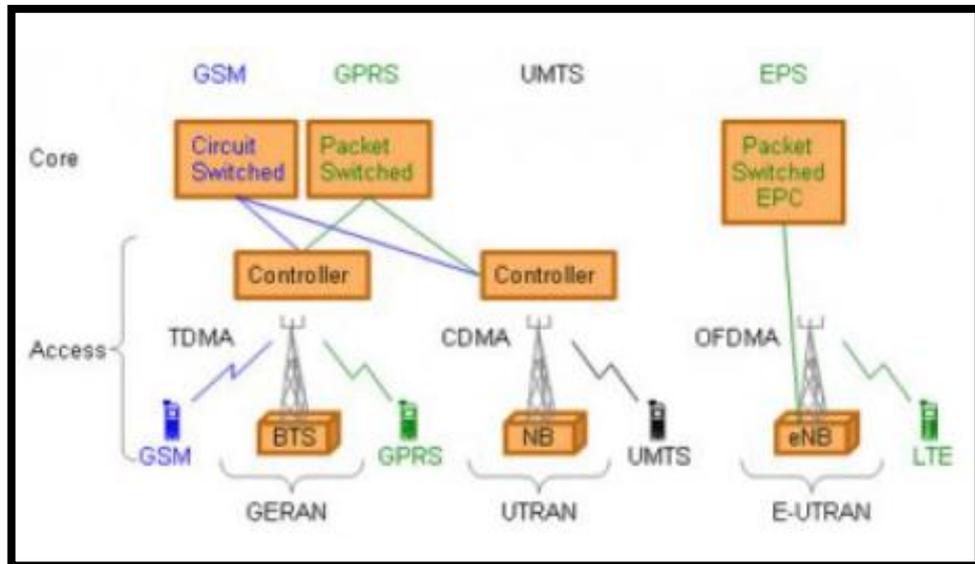
LTE es una tecnología de comunicación inalámbrica de datos de alta velocidad, está introducida en el Release 8 del 3GPP (Third Generation Partnership Project) y simboliza la evolución de 3G a 4G. El 3GPP es una colaboración entre siete organizaciones de desarrollo de estándares de telecomunicaciones de Asia, Europa y América del Norte, su alcance original en 1998 era producir especificaciones para un sistema de telefonía móvil 3G basado en las redes centrales GSM evolucionadas. Posteriormente, el alcance se amplió para incluir el desarrollo y el mantenimiento de las normas relacionadas con las diferentes generaciones de tecnologías de telecomunicaciones móviles, incluyendo LTE.

Tras el inmenso éxito de los estándares GSM/UMTS, 3GPP ha delineado la evolución a largo plazo de 3G para garantizar la continuidad de la competitividad de esas tecnologías para el futuro. La finalidad de LTE es promover el uso de banda ancha en movilidad, aprovechando la experiencia y las inversiones realizadas para redes 3G con el fin de crear un mayor rendimiento. Finalmente se puede concluir que la tecnología LTE ofrece una mayor velocidad de datos con latencia reducida en el plano de usuario y en el de control, permite la utilización eficiente y la asignación flexible del espectro, por lo que es posible la reducción de costos para el operador, y la mejora de la capacidad del sistema y de la cobertura, (3GPP, 2016).

### **2.2. Infraestructura de la tecnología LTE.**

La infraestructura LTE es totalmente nueva y separada de los estándares anteriores, sus requisitos en términos de alto rendimiento, baja latencia y optimización para paquetes de datos empujaron a los organismos de normalización para diseñar una nueva arquitectura simplificada con menos restricciones sobre la compatibilidad hacia atrás. La arquitectura EPS (Evolved Packet System), es puramente IP, está compuesta por tres componentes principales: el equipo de usuario UE ( User Equipment), el radio terrestre de acceso a la red E - UTRAN (Evolved UMTS

Terrestrial Radio Access Network) y el EPC (Evolved Packet Core); la interfaz de radio de E- UTRAN es la combinación de la nueva interfaz de aire LTE (E- UTRA) y una red de estaciones base, denominados eNodeBs (eNBs); en la Figura 2.1 se muestra la evolución de la red de GSM a LTE.

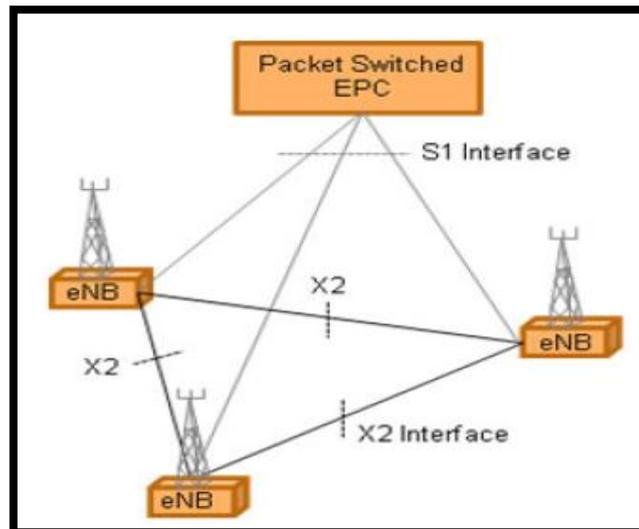


**Figura 2.1.: Evolución de la red de GSM a LTE**

Fuente: (3GPP, 2004)

Los eNB son la evolución de los NodosB presentes en la red UTRAN de UMTS, los cuales tenían sólo una funcionalidad mínima debido a que la gestión de recursos de radio fue hecha por el controlador llamado RNC (Radio Network Controller). La arquitectura de E -UTRAN se facilita porque no hay ningún elemento de control separado y todas las funcionalidades son ejecutadas por los eNBs que generan una arquitectura plana, como opuesta a la arquitectura jerárquica de los sistemas anteriores.

Los eNB están interconectados a través de la interfaz X2 y hacia la red de núcleo mediante la interfaz S1, así como se muestra en la siguiente figura 2.2. La conexión de tiempo de preparación y el tiempo requerido para un traspaso se reduce en este sistema distribuido debido a que el móvil tiene que intercambiar información simplemente con su NBs, que se coordina con los eNBs vecinos.



**Figura 2.2: Interconexión hacia los eNB**

Fuente: (3GPP, 2004)

La interfaz de aire E-UTRA es el enlace de comunicación por radio entre el equipo de usuario y el eNB. Utiliza OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) y la tecnología MIMO (Multiple-Input Multiple-Output), dependiendo de la categoría de terminales.

La técnica OFDM, es un método de codificación de datos digitales en múltiples frecuencias portadoras, conocido desde mediados de la década de 1960, pero demasiado complicado o costoso para ser implementado con la tecnología de ese tiempo. Ahora se ha convertido en un esquema popular para la comunicación digital de banda ancha, que se utiliza en sistemas inalámbricos no celulares tales como DVB (Digital Video Broadcasting). La idea de OFDM es usar muchas señales subportadoras de banda estrecha ortogonal para transportar datos en varios canales paralelos en lugar de utilizar una sola portadora de banda ancha.

Las subportadoras están estrechamente espaciadas y cada una de ellas se modula de forma independiente a una baja velocidad de datos con un esquema de modulación convencional, como QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying), 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) y 64QAM. La velocidad de datos total obtenida de todas las subportadoras es similar a la alcanzada por un esquema de modulación de portadora única en el mismo ancho de banda. Aunque OFDM es mucho más

resistente a los efectos perjudiciales de la propagación por trayectos múltiples de retardo (desvanecimiento) en el canal de radio.

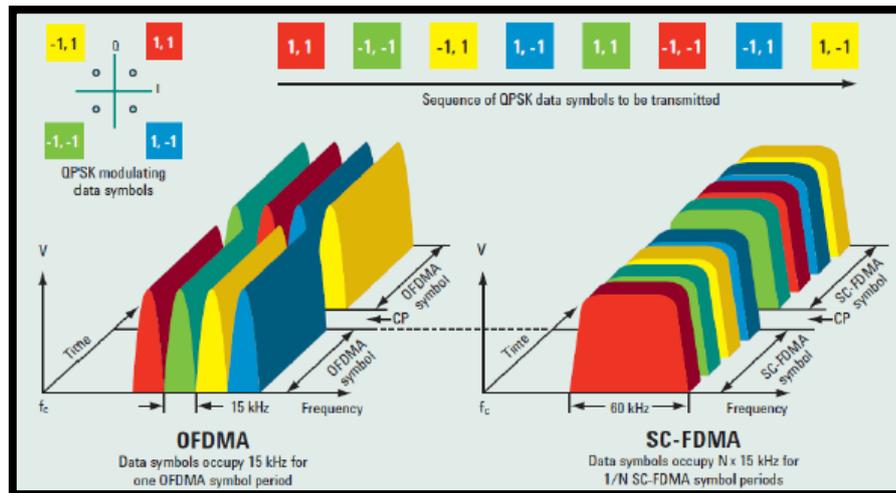
La velocidad de símbolo bajo permite el uso de un intervalo de guarda, conocido como prefijo cíclico, entre cada uno de los símbolos de datos transmitidos, por lo que es posible eliminar la interferencia entre símbolos ISI (Intersymbol Interference).

El transmisor OFDM se implementa normalmente utilizando la transformada de baja complejidad inversa rápida de Fourier (IFFT, Inverse Fast Fourier Transform). De este modo el receptor puede detectar perfectamente la señal transmitida proporcionada usando la transformada rápida de Fourier (FFT, Fast Fourier Transform), si la propagación de retardo máximo en el canal es más corta que la longitud del prefijo cíclico.

En LTE el enlace descendente utiliza el OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing-Access), que es una versión de multi-usuario de OFDM que aumenta la flexibilidad del sistema de múltiples usuarios de multiplexación en las mismas subportadoras. Por lo tanto simultáneas transmisiones de baja tasa de transmisión de varios usuarios son posibles.

En el enlace ascendente se adopta un esquema (SC-FDMA, Single-carrier FDMA) portadora única FDMA. El procesamiento de transmisión es similar a la OFDMA, pero en este caso hay un paso adicional de procesamiento de DFT (Discrete Fourier Transform) anterior al procesamiento OFDMA convencional. Este esquema de modulación híbrido combina la baja relación de pico a promedio de formatos de una sola portadora tradicionales con la resistencia de trayectos múltiples y la frecuencia de la programación de flexibilidad de OFDM (Rumney, 2008)

En la figura 2.3 se muestra la comparación de las dos tecnologías, muestra como ejemplo la forma en que transmiten una secuencia de símbolos de datos QPSK.



**Figura 2.3: Comparación entre OFDMA y SC-FDMA.**

**Fuente:** (Rumney, 2008).

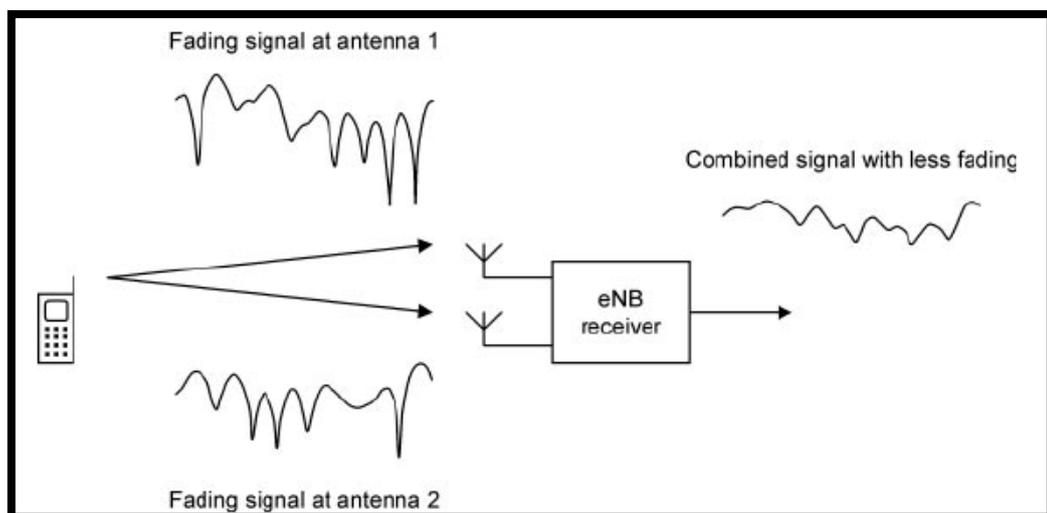
La técnica (MIMO), es una técnica utilizada para aumentar las velocidades de datos pico a través de la transmisión de múltiples flujos, esta técnica se refiere a la utilización de múltiples antenas en el transmisor y receptor con el fin de explotar la propagación por trayectos múltiples. La presencia de edificios y otros objetos en el escenario hace que el reflejo de las señales cause desvanecimiento por trayectos múltiples. MIMO se aprovecha de esta situación, ya que el uso de múltiples antenas, permite distinguir las diferentes señales recibidas de los diversos caminos y combinarlos juntos. Los permisos de ganancia de diversidad para lograr altas velocidades de datos, requieren una alta relación de portadora a interferencia en el receptor, de modo que MIMO es aplicable principalmente en las células más pequeñas o más cerca de la estación base, en donde por lo general no son proporciones mayores de portadora a interferencia.

La configuración de línea de base para el enlace descendente LTE es un MIMO 2x2, es decir, dos antenas de transmisión en la estación base y dos antenas de recepción en el lado del terminal. Mientras que el número de antenas en la estación base se puede aumentar sin mayores dificultades, en el lado terminal este número está limitado por la dimensión de las antenas.

Existen tres configuraciones diferentes y principales para las múltiples antenas MIMO: la diversidad, la multiplexación y la formación de haz.

Para este trabajo se va a estudiar la diversidad que ha sido utilizada desde los primeros días de las comunicaciones móviles para explotar la diversidad y aumentar la robustez de la transmisión de datos. Un único flujo se transmite desde cada una de las antenas de transmisión, por lo que el receptor recibe las réplicas de la misma señal. Los canales experimentados por las diferentes antenas deben tener baja correlación mutua, lo cual puede ser obtenido con una distancia suficientemente grande entre la antena.

Por lo general, la señal se codifica antes de la transmisión con codificación ortogonal completa o cerca con el fin de aumentar el efecto de la diversidad. Las señales llegan a los receptores con diferentes cambios de fase que se pueden quitar con facilidad y que se ven afectadas por desvanecimiento independiente, si las antenas de recepción son lo suficientemente separadas. Por lo tanto, después de la combinación de las diferentes señales recibidas, la cantidad de desvanecimiento de la señal resultante se reduce, así como la tasa de error. En la figura 2.4 se muestran los beneficios de usar diversidad. (Concetti, 2016)



**Figura 2.4: Reducción de la decoloración**

**Fuente:** (Concetti, 2016).

### 2.3. Elementos fundamentales de la Tecnología LTE.

En la figura 2.5 se muestra los elementos fundamentales de la red LTE, la misma que está dominada por el Sistema de paquetes Evolucionado EPS, tiene una arquitectura plana basada en IP y se divide en la Red de Acceso de Radio Terrestre Universal Evolucionado E- UTRAN, y Evolved Packet Core EPC.

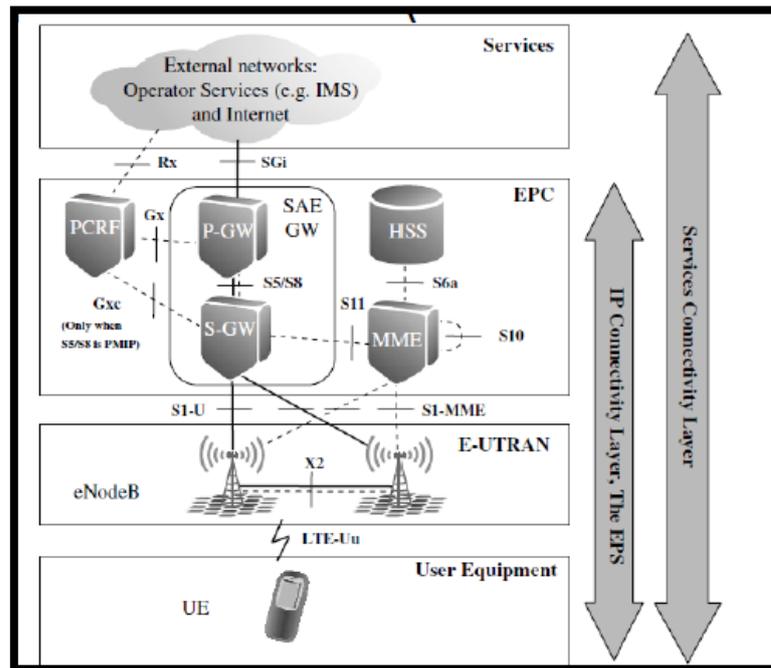


Figura 2.5: Elementos de la tecnología LTE.

Fuente: (Hernandez, 2013).

La arquitectura general de LTE consta de múltiples elementos que se explican a continuación:

**E-UTRAN:** esta red de radio comprende del E - Nodo B que esta interconectado entre sí a través de la interfaz X2 y conectado a los elementos de red de núcleo a través de la interfaz S1. Los E - Nodo B son responsables de la programación y asignación de los recursos de radio para los usuarios en la red LTE. El E - Nodo B termina con el control de mensajes de señalización, así como los datos del plano de usuario con el EPC sobre el plano interfaz S1.

**EPC:** es la red de núcleo que comprende los siguientes elementos: MME (Mobility Management Entity), P-GW (PDN Gateway), S-GW (Serving Gateway), PCRF (Proxy and Charging Rules Function) y HSS (Home Subscriber Server)

**MME:** es el elemento más importante del EPC, ya que termina el plano de control de señalización del usuario. Algunas de las funciones realizadas por el MME incluyen autenticación, gestión de la movilidad, la seguridad y la recuperación de la información de suscripción del HSS.

**S-GW (Serving Gateway):** es el Gateway del plano de usuario entre E-UTRAN y la red troncal EPC, cuando un usuario se autentica en la red LTE tiene asignado una entidad S-GW en la red EPC a través de la cual funciona su plano de usuario.

**P-GW (PDN Gateway):** Packet Data Network Gateway, se encarga de transmitir los paquetes IP por un UE en una red LTE hacia una externa, agrega la dirección IPV4 o IPV6 utilizando el protocolo DHCP a cada usuario que lo ha requerido.

**PCRF:** es el responsable de aplicar distintas políticas al operador de la red como calidad de servicio garantizada, tasa de bits máxima provisionado para un usuario, etc. Se comunica con el PDN-gateway para reforzar estas políticas para varios usuarios de la red LTE

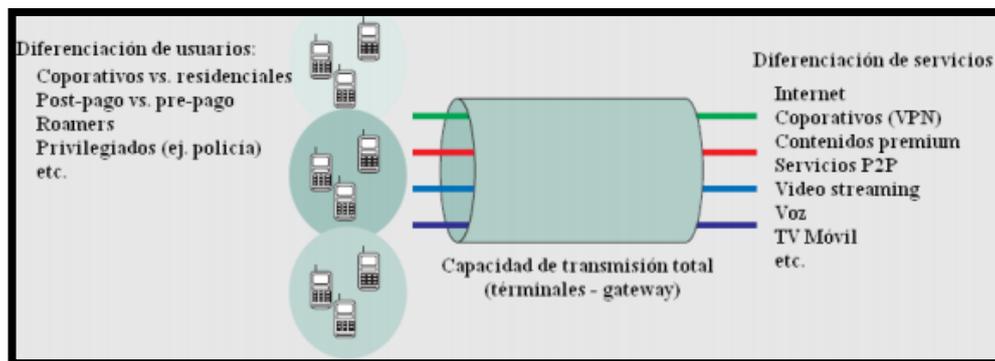
**HSS:** es la base de datos principal que contiene toda la información de suscripción del usuario junto con la suscripción para varios servicios que son ofrecidos por el operador. También comprende el centro de autenticación que almacena todas las claves requeridas para garantizar el cifrado y la integridad de los datos en la red. (Raghavendrarao, 2012)

#### **2.4. QoS en redes LTE.**

El concepto de Qos (Calidad de servicio), es necesaria para la diferenciación entre servicios y usuarios, los mecanismos de QoS deben permitir al operador ofrecer, por un lado un acceso diferenciado a cada uno de los servicios, puesto que estos tienen diferentes requisitos de desempeño tales como ancho de banda y retardo, y

por otro lado una diferenciación de usuarios es decir diferenciar el trato por grupos de usuarios para el mismo servicio, como por ejemplo diferenciar usuarios prepago de los usuarios postpago en el acceso a internet, (Vargas, 2012).

Cada servicio forma un flujo de paquetes, al cual se le asignarán los recursos de la red según las exigencias del servicio, desde la perspectiva del usuario, la clasificación de QoS para los servicios se realiza en conversaciones, interactiva, streaming y background.



**Figura 2.6: Diferenciación de servicios y usuarios.**

**Fuente:** (Vargas, 2012)

La clase de servicio conversacional agrupa los servicios cuyos requisitos de QoS son más estrictos y rigurosos puesto que dependen directamente de la percepción humana como por ejemplo una llamada por voz sobre IP, (Vargas, 2012).

Mientras que la clase de servicio background reúne servicios con requisitos de QoS menores puesto que el usuario envía y recibe datos en un segundo plano como por ejemplo al realizar una transferencia de archivos, (Vargas, 2012).

En la tabla 2.1 se muestra las clases de QoS desde la perspectiva del usuario

**Tabla 2.1: Clases de Qos desde la perspectiva del usuario.**

Clase de servicio de QoS	Conversacional	Interactiva	Streaming	Background
	Conversación en tiempo real	Clase interactiva al mejor nivel posible	Clase <i>streaming</i> en tiempo real	Clase de <i>background</i> al mejor nivel posible
<b>Características desde la perspectiva del usuario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preserva la relación (variación) de tiempo entre las entidades de información del flujo de bits</li> <li>- Modelo conversacional (estricto y con bajo retardo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Patrón de respuesta a peticiones</li> <li>- Preserva el contenido útil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preserva la relación (variación) de tiempo entre las entidades de información del flujo de bits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El destino no espera los datos dentro de un tiempo limitado</li> <li>- Preserva el contenido útil</li> </ul>
<b>Ejemplo de la aplicación</b>	- Voz	- Navegación en la web	- Video <i>streaming</i>	- Correo electrónico

Fuente: (Vargas, 2012)

Las portadoras pueden ser de dos tipos: portadora de tasa de bit garantizada (GBR, Guaranteed Bit-Rate) y no garantizada (non-GBR, NonGuaranteed Bit-Rate). Los servicios que utilicen una portadora GBR pueden asumir que no ocurrirá una pérdida de paquetes asociada con congestión, mientras que los servicios que utilicen una portadora non-GBR deben estar preparados para experimentar la pérdida de paquetes relacionada con la congestión. Una portadora GBR se establece por demanda, puesto que bloquea los recursos de transmisión al reservarlos en la función de control de admisión. No obstante, una portadora non-GBR puede asignarse por largos períodos de tiempo, ya que no bloquea los recursos de transmisión. La elección de una portadora GBR o non-GBR depende de las políticas de decisión del operador, (Vargas, 2012).

Por lo tanto, una portadora GBR o non-GBR puede ser a su vez una portadora por defecto o una portadora dedicada. La primera se establece cuando un terminal se enlaza con la red proporcionando una conectividad básica. Una portadora por defecto puede permanecer por largos periodos de tiempo, por lo cual generalmente se asocia con una portadora non-GBR.

El nivel de QoS de la portadora por defecto se asigna sobre los datos de suscripción. Entre tanto, una portadora dedicada puede ser una portadora GBR o non-GBR dependiendo de la asignación del operador para proporcionar QoS acorde a la política y función de carga de recursos (PCRF, Policy and Charging Resource

Function). Para proveer diferente QoS a uno o más flujos de paquetes de un mismo terminal, se necesitan una o más portadoras dedicadas (Vargas, 2012). En la tabla 2.2 se muestra un resumen de los valores para cada tipo de portadora.

Por lo general, las redes LTE con implementaciones VoLTE tienen las siguientes portadoras:

- El portador 1: se utiliza para mensajes de señalización (SIP) relacionados con la red IMS. Utiliza QCI 5
- Portador dedicado: se utiliza para el tráfico VoLTE VoIP. Utiliza QCI 1 y está vinculada a los valores predeterminados del portador 1.
- El portador 2: se utiliza para el resto del tráfico de teléfonos inteligentes (video, chat, correo electrónico, navegador, etc. (QoS, 2015).

**Tabla 2.2: Resumen los valores para cada tipo de portador**

QCI	Resource Type	Priority	Packet Delay Budget	Packet Error Loss Rate	Services
1	GBR	2	100	$10^{-2}$	Voice.
2	GBR	4	150	$10^{-3}$	Voice Conversation (Real Time Streaming).
3	GBR	3	50	$10^{-3}$	Real Time Gaming.
4	GBR	5	300	$10^{-6}$	Non Conversational Video (buffered video).
5	Non-GBR	1	100	$10^{-6}$	IMS Signalling.
6	Non-GBR	6	300	$10^{-6}$	Video (Buffered Streaming).
7	Non-GBR	7	100	$10^{-3}$	Interactive Gaming.
8	Non-GBR	8	300	$10^{-6}$	Video (Buffered Streaming).
9	Non-GBR	9	300	$10^{-6}$	Video (Buffered Streaming).

Fuente: (3GPP, 3GPP Technical Specification., 2014)

## 2.5. Introducción de la tecnología IMS.

IMS es una arquitectura de red central estandarizada por el 3GPP release 11, esta tecnología está integrada en la parte superior de la red LTE, IMS se utiliza principalmente para proporcionar todos los servicios básicos para la voz que son

proporcionados por las redes CS existentes, IMS es soportada sobre una red totalmente IP, las sesiones aplicativos en tiempo real (voz, video, conferencia), IMS integra el concepto de convergencia de servicios soportados por redes de distinta naturaleza tales como: fijo, móvil o internet, dicha tecnología fue desarrollada por los estándares (3GPP, ETSI e ITU-T), cumple roles de control y almacenamiento de datos de los usuarios para brindar las funciones de autenticación de red, control de sesiones, gestión de roaming, movilidad, y control de la calidad del servicio, por ende se puede indicar que IMS es el componente clave de soluciones multimedia que combinan aplicaciones fijo, móvil o internet. (3GPP, 2015)

Como manifiesta Trujillo (2014) en su trabajo de titulación, IMS es el elemento clave para la arquitectura de las redes 3G, pues considera los requerimientos impuestos por los distintos actores del mundo de las telecomunicaciones tales como operadores, desarrolladores de servicios, reguladores, etc., siendo así, aceptada por todos estos organismos; en conclusión se puede determinar que la voz basada en IMS se concibe como la solución de destino final para el apoyo al servicio de voz en las redes de próxima generación avanzada como LTE. En esta solución, la funcionalidad de voz es proporcionada por el Subsistema Multimedia IP (IMS).

La principal ventaja de utilizar una solución basada en IMS es que emplea completamente la arquitectura LTE en vez de confiar en las redes CS existentes para apoyar la función de voz. La red IMS también es capaz de integrarse con el legado de redes 2G / 3G y por lo tanto puede soportar la continuidad de llamadas de voz aun cuando el abonado se mueva fuera de la cobertura LTE. Por lo tanto, el suscriptor puede experimentar los mismos servicios, incluso cuando está en roaming en redes heredadas.

Esta solución se proyecta como la solución a largo plazo, ya que es capaz de proporcionar mejoras a los servicios de la red LTE y también soporta la integración con las redes vigentes 2G / 3G. En la figura 2.7 se muestra un claro ejemplo de como IMS se integra con otras tecnologías.

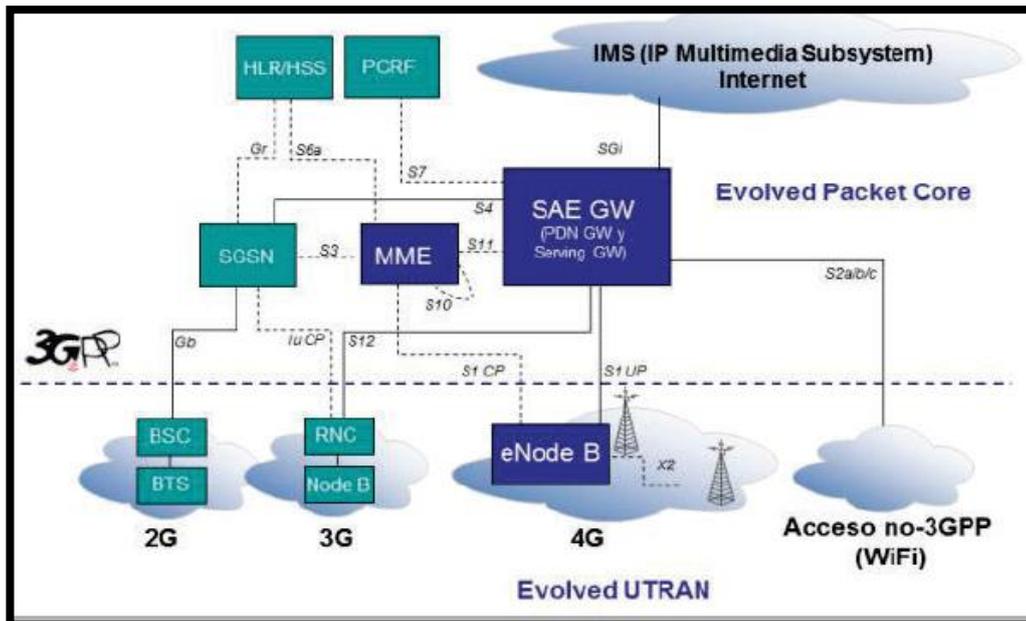


Figura 2.7: Integración de IMS con otras tecnologías 2G y 3G.

Fuente: (Technologies, 2014).

El Subsistema Multimedia IP (IMS) ha surgido como el sistema técnico preferido para la transferencia de servicios centrales de los operadores móviles a un entorno LTE totalmente basado en IP debido a su flexibilidad, rentabilidad y el soporte de los servicios IP para cualquier medio de acceso. Cuando más del 40 por ciento de los operadores de redes móviles del mundo ha lanzado ya una red LTE, y su cobertura supera ya a más de una cuarta parte de la población mundial, la industria se encuentra ahora en una posición realista para aplicar la idea de una red de comunicaciones IP interconectada de alcance mundial. Las comunicaciones IP incluyen Voz sobre LTE (VoLTE), Vídeo sobre LTE (ViLTE), Voz sobre WiFi (VoWiFi) y Servicios de comunicación enriquecidos (RCS). (GSMA, 2016)

## 2.6. Ventajas de la tecnología IMS.

Las ventajas presentadas por esta arquitectura frente a otras son las siguientes:

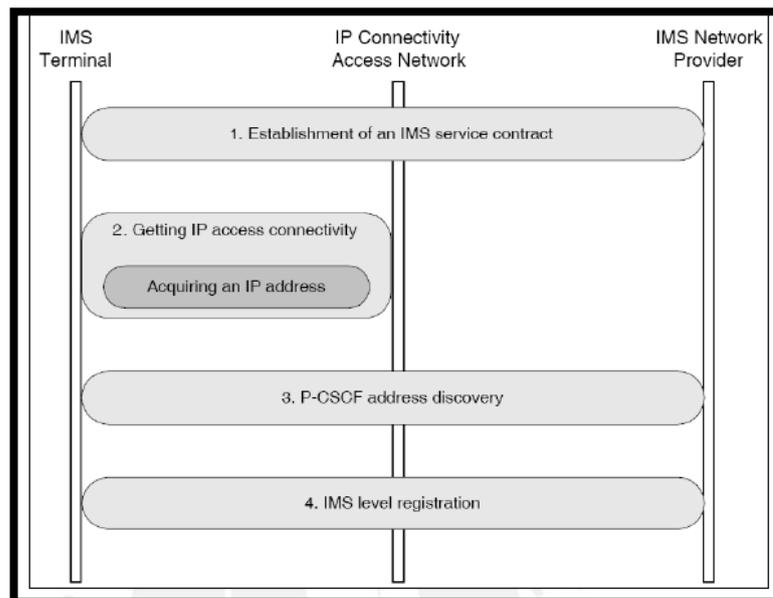
- a) Red de múltiples servicios, puesto que integra diferentes plataformas, permite brindar diferentes servicios a los usuarios finales.
- b) Red de múltiple acceso, a través de redes de banda ancha, fija o móvil permitiendo la interacción mediante los acuerdos de roaming de los operadores.

- c) Seguridad a través de los servidores de autenticación y la discriminación de usuarios.

## 2.7. Pre-requisitos para la operación en IMS

Antes de que un terminal IMS comience, primero se tiene que tomar en consideración los pre-requisitos que se deben cumplir. En la figura 2.8 se indica los prerrequisitos para un servicio IMS.

Primero: el proveedor de servicios IMS tiene que autorizar al usuario final para utilizar el servicio de IMS, por lo general requiere que el usuario final se suscriba o firme un contrato con el operador, luego el proveedor del servicio IMS autoriza al usuario final el uso del servicio IMS.



**Figura 2.8: Pre requisitos para un servicio IMS.**

**Fuente:** (Camarillo y Garcia, 2006)

Segundo; el terminal IMS necesita tener acceso a una red de conectividad de acceso, IP – CAN, como GRPS en redes GSM /UMTS, o WLAN. IP CAN proporciona acceso a la IMS de red doméstica o a una red IMS visitada.

Como parte principal de este pre-requisito el terminal IMS necesita adquirir una dirección IP, la cual es asignada dinámicamente por el operador por un tiempo limitado.

## **2.8. Aplicaciones que ofrece la tecnología IMS**

Son múltiples las aplicaciones que puede soportar IMS debido a que existen diferentes releases de ella en los que convergen diversas tecnologías.

A continuación se detalla algunas aplicaciones que brinda IMS.

- a) Disposición de llamada en tiempo real: esta aplicación es muy interesante ya que permite enrutar una llamada entrante de un teléfono móvil a uno fijo en tiempo real.
- b) Identificador de llamadas enviado a laptop, celulares y televisores
- c) Alerta de un correo puede ser enviado a cualquier dispositivo, televisor, computadora y el usuario podrá escuchar y responder desde cualquier dispositivo.
- d) Luego de escuchar o leer un mensaje el usuario podrá iniciar una llamada con un simple click.

## **2.9. Arquitectura IMS.**

IMS en las redes fijas y móviles representa un cambio fundamental en las redes de telecomunicaciones para el servicio de voz. Las nuevas capacidades de las redes y de los terminales, la “unión” entre el Internet y la voz, el contenido y la movilidad hacen aparecer nuevos modelos de redes y más que todo ofrecen un potencial fantástico para el desarrollo de nuevos servicios. Con esta meta, IMS es concebido para ofrecer a los usuarios la posibilidad de establecer sesiones multimedia usando todo tipo de acceso de alta velocidad y una conmutación de paquetes IP.

La tecnología IMS provee una red IP multi-acceso, segura y confiable:

- **Multi servicios:** todo tipo de servicios ofrecidos por una red (núcleo) soportando diferentes niveles de calidad de servicios podrán ser ofrecidos al usuario.
- **Multi- acceso:** toda red de acceso (banda ancha) fija y móvil, podrán conectarse al core IMS.

Cabe indicar que la tecnología IMS no es una única red sino diferentes redes que trabajan entre sí, todo esto es posible gracias a que los operadores realizan distintos acuerdos de roaming IMS fijo-fijo, fijo-móvil, móvil-móvil.

### **2.9.1. Estructuración en capas de la arquitectura IMS.**

La arquitectura IMS puede ser estructurada en 4 capas que se detallan a continuación:

- **Capa de Acceso:** puede soportar diferentes tecnologías de alta velocidad como:
  - Tecnologías para redes móviles
    - ✓ UMTS: Universal Mobile Telecommunications System
    - ✓ CDMA: Code Division Multiple Access
  - Tecnología de acceso de banda ancha usada en redes fijas
    - ✓ xDSL: X Digital Subscriber Line
    - ✓ GPON: Gigabit-capable Passive Optical Networks
- **Capa de Transporte:** Representa una red IP que puede soportar mecanismos de calidad de servicios como MPLS (Multiprotocol Label Switching).
- **Capa de control:** Consiste en controladores de sesión responsables del encaminamiento de la señalización entre usuarios y servicios. Dicho nodo se denomina CSCF (Call State Control Function), por ello IMS introduce un ámbito de control de sesiones.

- **Capa de Aplicación:** Introduce las aplicaciones (servicios de valor agregado) propuestas a los usuarios. El operador puede posicionarse gracias a su capa de control como integrador de servicios ofrecidos por el mismo o bien por terceros.

La capa de aplicación consiste en servidores de aplicación “Application Server” o “AS” y “Multimedia Resource Function” o “MRF” que los proveedores llaman Servidores de Media IP (“IP Media Server” o “IP MS”).

En la figura 2.9 se muestra la estructura en capas de la tecnología IMS, donde se detalla las 4 capas de IMS.

### 2.10. Componentes de la red IMS.

**BGCF (Breakout Gateway Control Function):** Se utiliza principalmente cuando el usuario de destino es un usuario PSTN y la llamada necesita ser transferida al dominio CS.

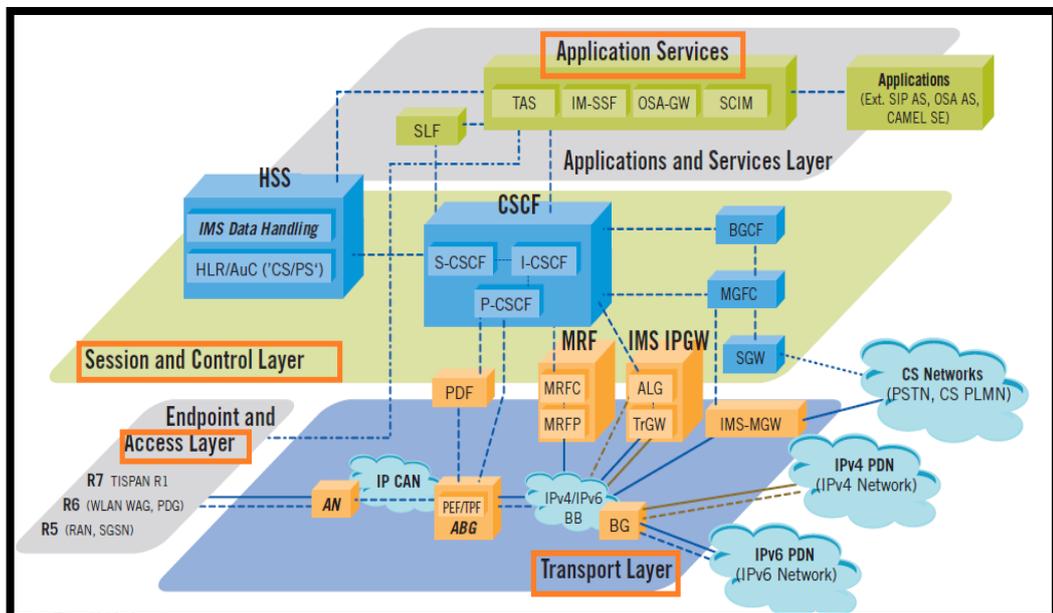


Figura 2.9: Estructura de la tecnología IMS.

Fuente: (Dialogic, 2009)

**MGCF (Media Gateway Control Function):** Es un gateway que sirve para comunicar a los usuarios IMS con los usuarios de CS, hace el cambio de señalización de ISUP/BICC a SIP y envía la sesión hacia IMS; también se utiliza

para traducir la señalización SIP en ISUP señalización para la comunicación hacia la PSTN y otras redes CS.

**MRF (Media Resource Function):** se utiliza en la transcodificación entre diferentes codecs y proporciona medios relacionados funciones como la mezcla de flujos de medios y reproducción de tonos, etc. La MRF se subdivide en función de controlador de recursos de medios (CFRM) y el procesador de función de recursos multimedia (MRFP) que realizan las actividades de traducción en los medios de control y plano de usuario respectivamente.

**SLF (Subscription Location Function):** Realiza la función de localización del usuario. Cuando la red IMS contiene múltiples HSSs, el SLF determina cual almacena los datos de usuario y consulta al HSS respectivo

**AGCF:** Provee el acceso a los subscriptores H.248, MGCP, V5, BRAPBX, PRA, BRA, V5BRA, CDMA WLL, ISUP, TUP, R2, y Packet Cable 1.0 para que puedan usar los servicios de la red IMS.

**HSS (Home Subscriber Server):** Es la base de datos del sistema que almacena los datos del subscriptor y la información de localización acerca de los usuarios.

**CSCF (Call Session Control Function):** Es el corazón del plano de control de IMS, CSCF trata solo con señalización, tiene funciones como control de registros de usuarios, inicio y gestión de sesiones y enlazarlas con aplicaciones, suministrar información relacionada con la facturación; este componente es en realidad un servidor SIP y es uno de los nodos principales de IMS, aparte de SIP también maneja el protocolo Diameter. El CSCF está formado por tres subcomponentes independientes tales como P-CSCF, S-CSCF y I-CSCF.

- **P-CSCF (Proxy Call Session Control Function) :** Es un servidor proxy SIP en la red IMS, es el primer punto de contacto para el usuario en la red IMS, todas las peticiones del usuario a los elementos de la red IMS, así como a los servidores de aplicación se enrutan a través del P-CSCF; es importante indicar que el P-CSCF realiza funciones como la autenticación del abonado

y el establecimiento de la asociación de seguridad con el móvil, también puede autorizar recursos de Qos para el portador de voz por medio de una decisión política.

- **I-CSCF (Interrogating Call Session Control Function):** Es un servidor SIP que actúa como último punto de contacto en la red IMS, es decir que está en el borde de la red IMS, todas las peticiones de otros dominios de IMS así como las solicitudes de los servidores de aplicaciones remotas se enrutan a través de la I-CSCF. Durante el registro inicial, la I-CSCF consulta al HSS para asignar una S-CSCF para el usuario específico, esto lo hace por medio de la interface Cx.

Si en la red IMS existen más de un HSS, el I-CSCF interroga al SLF quien le indicara el HSS donde está almacenado el perfil del usuario. El I-CSCF hace balanceo de carga y en cierta forma oculta la red interna del exterior, siempre está localizado en el red local y pueden existir varios en la misma red.

- **S-CSCF (Serving Call Session Control Function):** Es el elemento principal en la red IMS, que realiza funciones importantes como registro de abonados, autorización para el uso de los servidores de aplicaciones específicas, búsqueda de DNS para obtener la dirección del destino, etc. Adicional el S-CSCF es capaz de descargar los perfiles de usuario desde el HSS para realizar la autorización del abonado, en una red IMS pueden haber varios S-CSCF.

Entre las funciones del nodo S-CSCF se puede mencionar lo siguiente:

- 1-Registro y des-registro de usuarios, de acuerdo con SIP RFC 3261, obteniendo los perfiles desde el HSS.
2. -Gestión de las sesiones: establecimiento, mantenimiento y liberación
3. -Selecciona las aplicaciones apropiadas de acuerdo a los perfiles de los usuarios
4. -Actualización del HSS cuando los usuarios se registran

5. Rechazo de usuarios de acuerdo a ciertas políticas y limitaciones impuestas, por ejemplo limitaciones en el ancho de banda.

En la figura 2.10 se muestra las entidades que integran al componente CSCF.

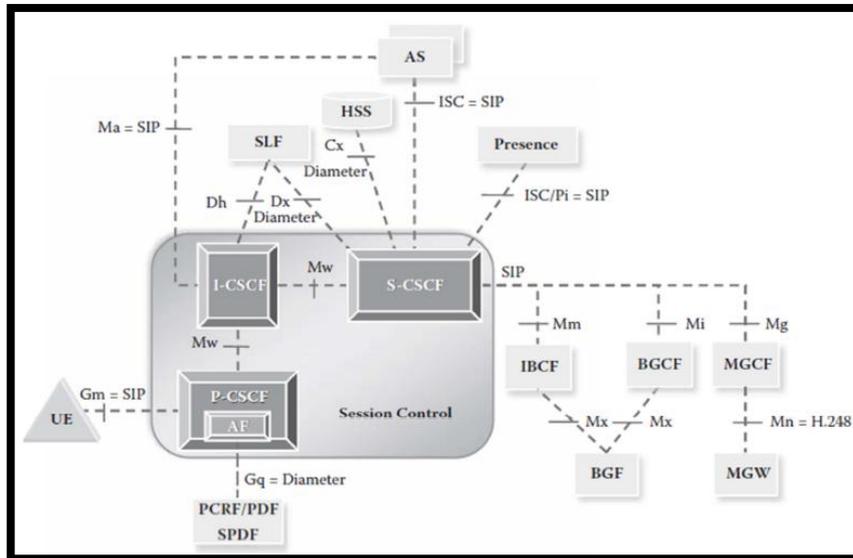


Figura 2.10: Entidades que integran al componente CSCF.

Fuente: (Marcano, 2011)

### 2.11. Llamada entre dos redes IMS de dominios distintos.

A continuación en la figura 2.11 se presenta un ejemplo de una llamada entre dos usuarios IMS que se encuentran en diferentes redes, donde se explica el uso del nodo CSCF.

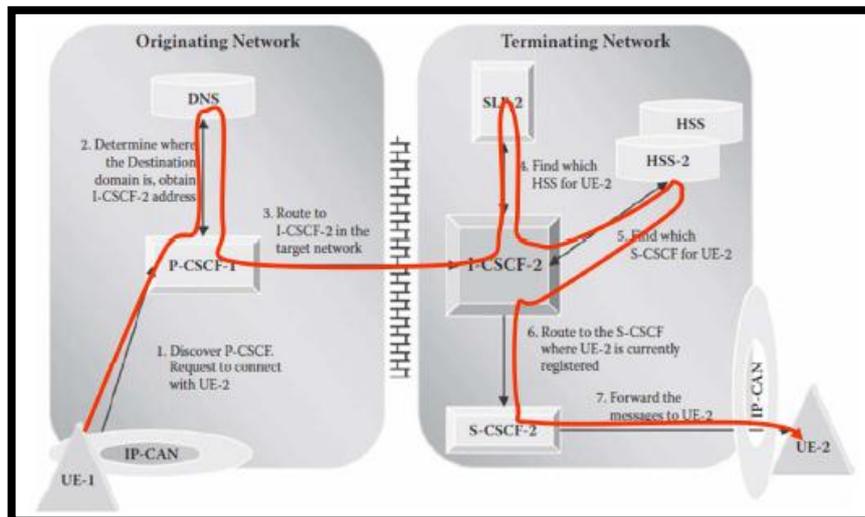


Figura 2.11: Ejemplo de una llamada entre dos usuarios IMS que se encuentran en diferentes redes

Fuente: (Marcano, 2011)

El usuario 1 realiza una llamada al usuario 2 que se encuentra en otra red, después de registrarse en la IP – CAN 1, el usuario 1 descubre la dirección del P-CSCF1 y a través del cual hace el IVITE al usuario 2, el cual como está en otro dominio el PCSCF1 determina la dirección del I-CSCF2 usando para ello DNS, y luego actuando como Redirect Server enruta el mensaje SIP al I-CSCF2 en la red de destino; aquí el I-CSCF2 interroga al LSF2 para saber en cual HSS de la red de destino está almacenada la información del usuario 2, en este caso en el HSS2 y por ultimo baja el User profile y reenvía el mensaje al S-CSCF2.

## 2.12. Interfaces de la tecnología IMS.

En la figura 2.12 se muestra las interfaces involucradas en una arquitectura IMS.

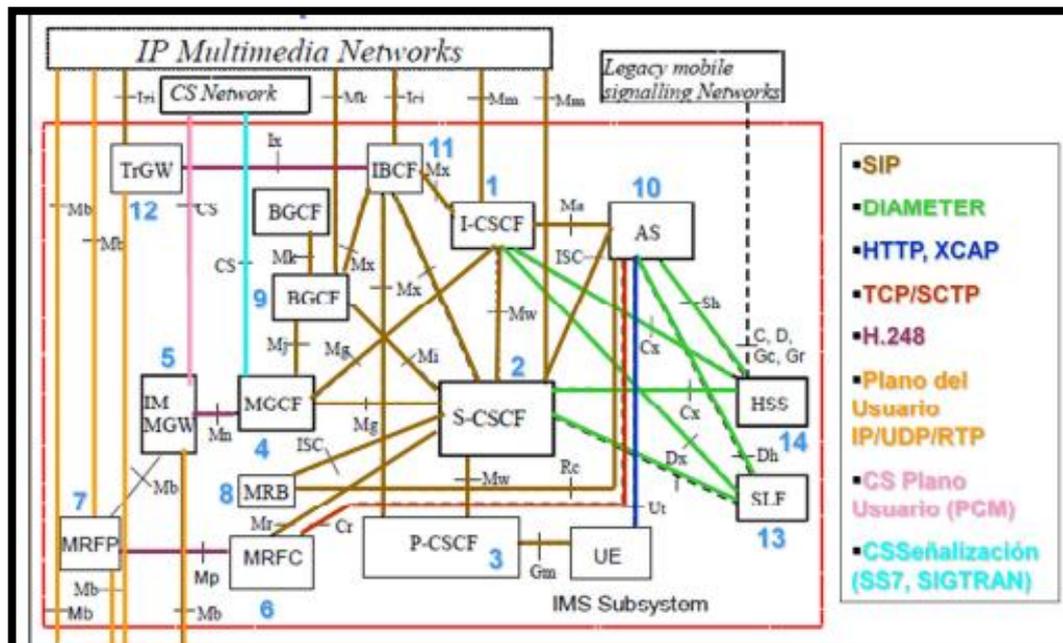


Figura 2.12: Interfaces de la tecnología IMS.

Fuente: (Marcano, 2011)

## 2.13. Protocolos de la tecnología IMS.

Es importante recalcar que para permitir, establecer y mantener una sesión es necesario que existan acuerdos entre ambas partes, es decir entre ambas operadoras.

### 2.13.1. Protocolos de señalización.

Entre los principales protocolos para una red IMS se encuentran los siguientes:

- **Localización de usuarios:** En cualquier parte de la red
- **Establecimiento de usuario:** Permite al usuario confirmar o no la llamada.
- **Negociación de sesión:** Para negociar entre las partes el flujo de información, algoritmos de comprensión, etc.
- **Gestión de los participantes en una llamada:** Añadir o eliminar los miembros de una sesión ya establecida.

### 2.13.2. SIP (Session Initiation Protocol)

SIP fue diseñado de acuerdo al modelo de internet, se encuentra especificado en el RFC 3261, es un protocolo de señalización cliente- servidor este protocolo está ubicado en la capa de aplicación, empleado para establecer, modificar y terminar sesiones multimedia en una red basada en IP. Ofrece múltiples aplicaciones tales como voz, video, juegos, Internet, control de llamada y mensajería, SIP se basa en mensajes de petición y respuesta y reutiliza muchos conceptos de estándares anteriores como HTTP y SMTP, (Villagomez, 2014).

El propósito de SIP es la comunicación entre dispositivos multimedia, hace posible esta comunicación gracias dos protocolos que son RTP/ RTCP y SDP. El protocolo RTP se usa para transportar los datos de voz en tiempo real (igual que para el protocolo H.323, mientras que el protocolo SDP se usa para la negociación de las capacidades de los participantes, tipo de codificación, etc.), (VoipForo, s.f.).

#### 2.13.2.1. Componentes del protocolo SIP.

En SIP se especifican como elementos básicos a los servidores y a los agentes de usuario. En la figura 2.13 se muestra los componentes del protocolo SIP tales como el agente servidor y el agente de usuario.

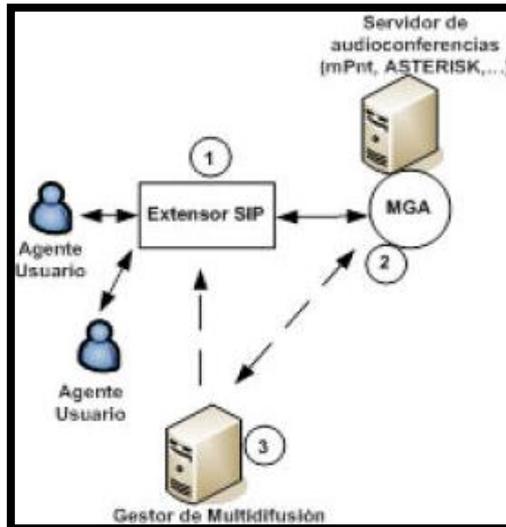


Figura 2.13: Componentes del protocolo SIP.

Fuente: (VoipForo, s.f.)

Los componentes que utiliza SIP son los siguientes:

**Agente de usuario:** Los agentes de usuario son los clientes y servidores, los servidores se clasifican de servidor de redirección, servidor proxy, servidor de registro y servidor de localización.

**Gateway:** El agente de usuario se conecta a otra red como por ejemplo a la PSTN.

#### 2.13.2.2. Mensajes SIP.

- **INVITE:** Mensaje para iniciar sesión
- **ACK:** Mensaje que confirma una solicitud INVITE
- **CANCEL:** Mensaje que cancela el establecimiento de una sesión
- **BYE:** Enviado para finalizar una sesión.
- **REGISTER:** Transmite información de localización de usuario
- **OPTIONS:** Informa las capacidades de envío y recepción de entidades SIP.
- **STATUS:** Informa al servidor acerca del estado de señalización de la sesión.

### 2.13.2.3. Respuestas SIP.

- **1XY** Respuestas informativas: 100 Trying, solicitud recibida, procesando la solicitud.
- **2XX** Respuestas de éxito: 200 OK, la acción fue recibida con éxito, entendida y aceptada.
- **3XX** Respuestas de redirección: 302 Moved temporarily, se necesita tomar nuevas medidas para completar la solicitud.
- **4XX** Errores de solicitud: 404 Not Found, la solicitud contiene sintaxis incorrecta o no se puede cumplir la acción con este servidor.
- **5XX** Errores de servidor, mediante un requerimiento aparentemente valido.
- **504 Server time- out**, el servidor no pudo cumplir con la solicitud aparentemente valida.
- **6XX** Errores globales, la solicitud no se puede procesar por ningún servidor
- 603 Decline, la solicitud no puede cumplirse en ningún servidor. (Huawei, 2009).

En la figura 2.14, se muestra las sesiones SIP que son los mensajes y respuestas del protocolo SIP.

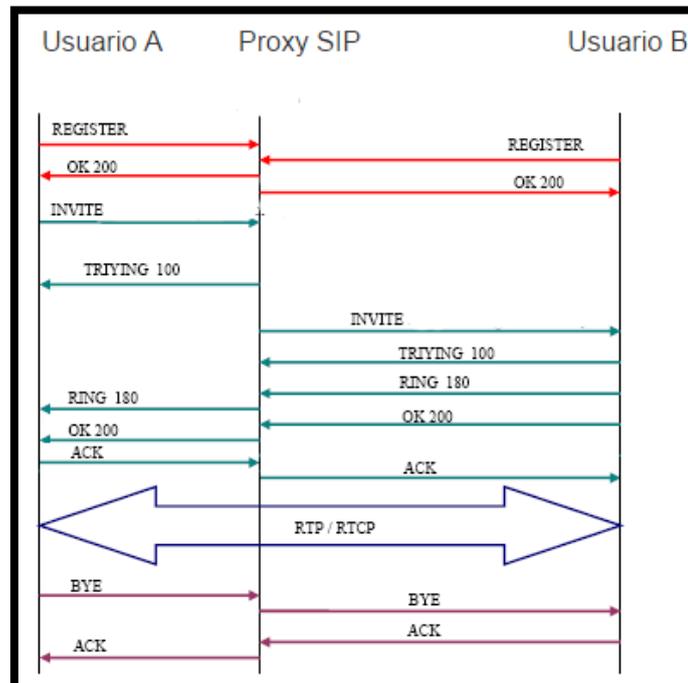


Figura 2.14: Sesiones SIP Mensajes y Respuestas SIP.

Fuente: (VoipForo, s.f.)

- **Las dos primeras sesiones corresponden al registro de los usuarios:** Los usuarios deben registrarse para poder ser encontrados por otros usuarios. En este caso, los terminales envían una petición REGISTER, donde los campos from y to corresponden al usuario registrado. El servidor Proxy, que actúa como Register, consulta si el usuario puede ser autenticado y envía un mensaje de OK en caso positivo, (Villagomez, 2014).
- **La siguiente transacción corresponde a un establecimiento de sesión:** Esta sesión consiste en una petición INVITE del usuario al proxy. Inmediatamente, el proxy envía un TRYING 100 para parar las retransmisiones y reenvía la petición al usuario B. El usuario B envía un Ringing 180 cuando el teléfono empieza a sonar y también es reenviado por el proxy hacia el usuario A. Por último, el OK 200 corresponde a aceptar la llamada (el usuario B descuelga), (Villagomez, 2014).
- **En este momento la llamada establecida, pasa a funcionar, el protocolo de transporte RTP:** con los parámetros (puertos, direcciones, codecs, etc.) establecidos en la negociación mediante el protocolo SDP, (Villagomez, 2014).
- **La última transacción corresponde a una finalización de sesión:** Esta finalización se lleva a cabo con una única petición BYE enviada al Proxy, y posteriormente reenviada al usuario B. Este usuario contesta con un OK 200 para confirmar que se ha recibido el mensaje final correctamente, (Villagomez, 2014) (VoipForo, s.f.).

### 2.13.3. H.248 (Gateway Protocol Control)

Es un protocolo maestro / esclavo usado para el control de las funciones de la puerta de enlace en el borde de la red de paquetes; la función principal de H.248 es permitir la descomposición de la puerta de enlace en un agente de llamada tales como Media Gateway Controller MGC- esclavo y una interfaz de Gateway conocido como Media Gateway MG- esclavo.

El MGC realiza el control del establecimiento de llamada y desconexión desde del MG, el cual no tiene conocimiento del control de llamadas y solo se encarga de manejar conexiones y configuraciones sencillas.

#### **2.13.4. Protocolo Diameter**

Es usado para proveer servicios AAA (Authentication, Authorization and Accounting), este protocolo fue desarrollado por la IETF, ideal para aplicaciones tales como el acceso remoto o movilidad IP. Ofrece mejoras en las áreas de fiabilidad, seguridad, escalabilidad y flexibilidad. Las sesiones Diameter consisten en el intercambio de comandos entre clientes y servidores, el 3GPP ha adoptado Diameter como protocolo de señalización principal de AAA y gestión de la movilidad en el Subsistema Multimedia IP.

#### **2.14. Soluciones para brindar el servicio de voz sobre la red LTE.**

Existen diversas soluciones concebidas para soportar voz en redes LTE. Todas las soluciones utilizadas con LTE, están basados en CS que requieren soporte sobre la continuación de voz.

Por el contrario emplean a LTE como una única red de datos de alta velocidad, mientras se utilizan otros métodos para entregar las soluciones de voz por conmutación de circuitos.

Algunas soluciones que se ha tomado en cuenta en este trabajo son:

- Circuit Switched Fall Back (CSFB).
- Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC).
- VoLTE-IMS.

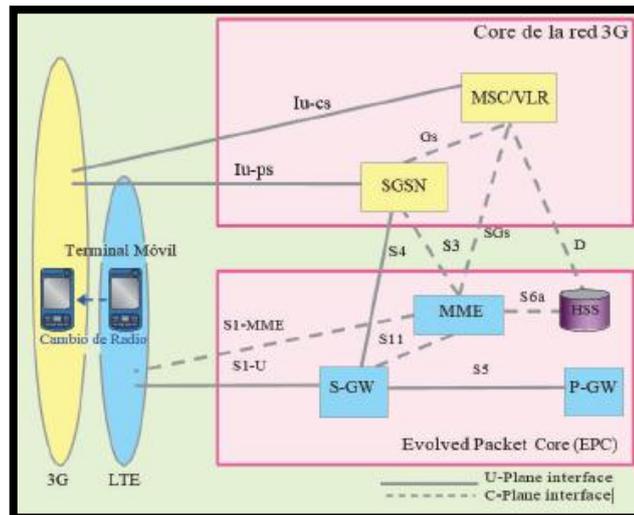
### **2.14.1. Circuit Switch Fallback (CSFB).**

La tecnología CSFB, esta especificada en el release 8 del 3GPP, dicha tecnología es muy útil ya que LTE es una red “all IP”, basada en conmutación de paquetes, que no puede admitir llamadas de voz (conmutación de circuitos). CSFB se la usa cuando se utiliza un dispositivo LTE, para realizar o recibir una llamada de voz, el dispositivo "cae de nuevo" a la red 3G o 2G para terminar la llamada.

Actualmente CSFB es usada como una solución provisional para los operadores que ofrecen servicios LTE. Es un método complementario mediante el cual los servicios de voz y SMS se entregan a los dispositivos LTE mediante la red de conmutación de circuitos, este método mayormente es utilizado en los casos en que la cobertura de LTE es irregular y no fiable. En CSFB el enrutamiento de llamadas se ejecuta a través de una red de CS de un PS, para CS el traspaso es a través de una interfaz SGs entre la Entidad de Gestión de Movilidad (MME) y el Centro de Conmutación Móvil (MSC).

Como punto principal se puede indicar que la función CSFB utiliza la interfaz SGs para transferir las solicitudes de terminación de llamada del dominio CS hacia LTE. Adicionalmente proporciona gestión de movilidad combinada entre el dominio 3G CS y el EPC para permitir que esta transferencia tenga lugar.

CSFB presenta un inconveniente con una incapacidad para manejar simultáneamente una sesión de voz y datos al mismo tiempo. Sólo se puede cambiar entre los dos servicios mediante la conexión a LTE para los datos y 2G / UTRAN para voz. En la figura 2.15 se muestra la arquitectura de red CSFB.



**Figura 2.15: Arquitectura de red CSFB.**

Fuente: (Chewe, 2015).

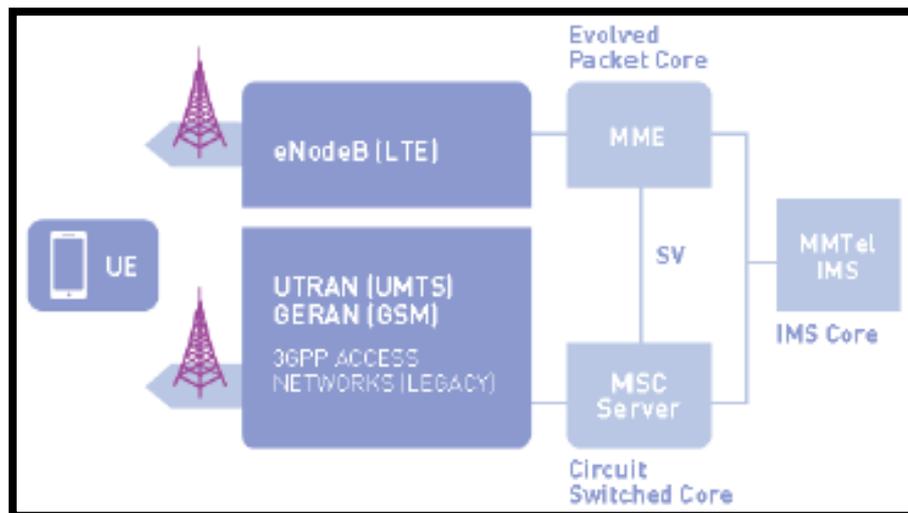
### 2.14.2. Voz Nativa en LTE y SRVCC

El SRVCC/eSRVCC (enhanced SRVCC) permite a los suscriptores de LTE continuar con sus llamadas en curso cuando se trasladan de una red de acceso de radio terrestre universal evolucionado (E-UTRAN) a una red UMTS de acceso de radio terrestre (UTRAN) o GSM/EDGE red de acceso de radio GSM (GERAN).

En la solución SRVCC, la duración de handover a menudo supera los 300 ms debido al nuevo bearer que se debe establecer en el core. Esto se traduce en un retardo al establecer la llamada que afecta la experiencia del usuario. Sin embargo se introduce eSRVCC para acortar la duración del handover a menos de 300 ms, retardo que los suscriptores difícilmente pueden percibir.

SRVCC, está basado en una solución IMS que incluye actualizaciones de los equipos MSC, MME y UE.

Como se muestra en la figura 2.16 la arquitectura según el 3GPP en el release 10 incluye todos los componentes necesarios para gestionar la señalización del tiempo crítico entre el dispositivo del usuario y la red, y entre los elementos de la red de servicio.



**Figura 2.16: Arquitectura de SRVCC**

**Fuente:** (Qualcomm, 2012).

Ya que el propósito de este trabajo es evaluar el comportamiento de la voz sobre LTE, está más enfocado en explicar la arquitectura de VoLTE.

#### 2.14.2.1. Introducción de VoLTE.

La GSMA indica que el servicio VoLTE que utiliza la tecnología IMS, es la progresión acordada por la industria para los servicios de voz. VoLTE ofrece una senda de evolución desde los servicios de voz con conmutación de circuitos 2G y 3G, e incluye una gama de funciones mejoradas para los clientes, como el audio de alta definición y tiempos de conexión de llamada más cortos.

Entre los estándares que se encuentran abiertos están los servicios de VoLTE, ViLTE, VoWiFi y RCF estos servicios cuentan con especificaciones aprobadas, mediante un proceso de colaboración del sector, como estándares abiertos de la industria para servicios de llamadas, mensajerías archivos y videos compartidos basados en IP, normalmente basados en la tecnología IMS. (GSMA, 2016)

A diferencia de la GSM o CDMA, estándares diseñados originalmente para la transmisión de llamadas de voz, LTE fue diseñado como un estándar para la transmisión de datos, pero para poder realizar llamadas en estas redes es necesario implementar un método que convierta las llamadas de voz a datos.

La principal razón que podrían tener las operadoras de redes móviles para implementar este estándar es la creciente demanda de ancho de banda por parte de sus usuarios, y no sólo de LTE, sino también de GSM y CDMA, ya que al crecer el número de usuarios a nivel mundial crece la cantidad de llamadas que se realizan de manera simultánea y no existe una red que pueda manejar este ritmo de crecimiento.

### **2.14.3. Solución Voz sobre IMS (VoLTE).**

Tecnologies (2014) describe la arquitectura del core IMS, incluyendo sus principales elementos y funcionalidades.

Dentro de la arquitectura de red de VoLTE sobre un core IMS, se incluye un modelo basado en capas o niveles para diferenciar las diversas funcionalidades de los respectivos equipos. La arquitectura tiene las siguientes consideraciones:

- Los equipos de usuario y dispositivos finales se incluyen dentro de la capa de terminales.
- Se considera como parte de la capa de acceso al EPC (Evolved Packet Core) de la red LTE y al core de CS (Circuit Switched) de las redes 2G/3G.
- Las funcionalidades de core como control de sesión y de llamadas son asumidas por el core de IMS.
- Se incluye una capa de servicios en donde se incorporan: los servidores de aplicación correspondientes al IMS, plataformas de servicios de valor agregado y nodos de servicio de red inteligente.
- A nivel de soporte de operación se incluye el sistema de gestión, servicios de aprovisionamiento y tarifación.

A continuación en la figura 2.17, se presenta un modelo de arquitectura de una red VoLTE.

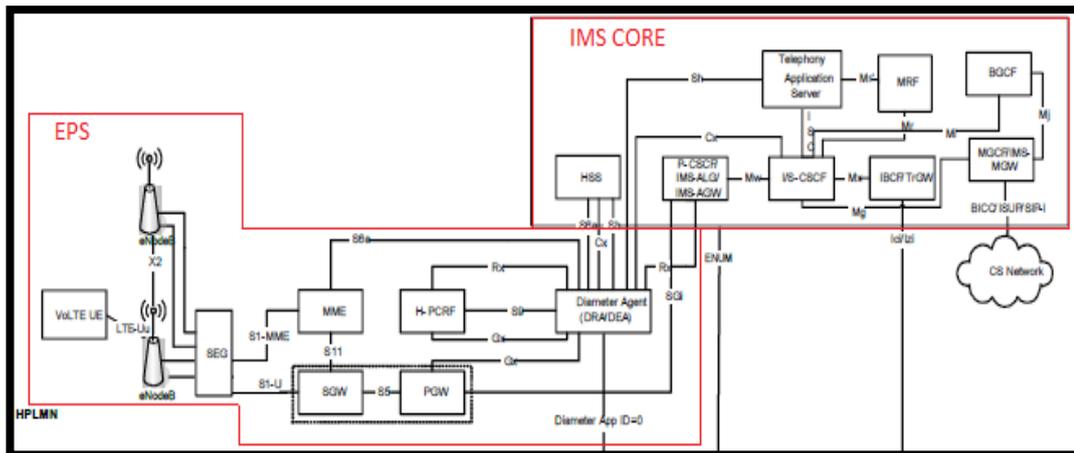


Figura 2.17: Arquitectura de solución VoLTE

Fuente: (GSMA, 2014)

#### 2.14.4. Elementos importantes en una arquitectura de VoLTE.

En la figura 2.18 se muestra los elementos más importantes en la arquitectura VoLTE, se puede verificar un escenario en el que la red LTE se implementa como una red separada PS. La red IMS se implementa como una capa superpuesta a la red LTE y que proporciona el origen de las llamadas funcionalidades básicas / terminación, así como servicios de valor añadido como presencia, mensajería instantánea, etc.

El usuario después de obtener una dirección IP de la red LTE realiza una operación de registro en la red IMS que permite a los usuarios obtener acceso a los servicios básicos como servicios de voz y también otro valor añadido basado en suscripción.

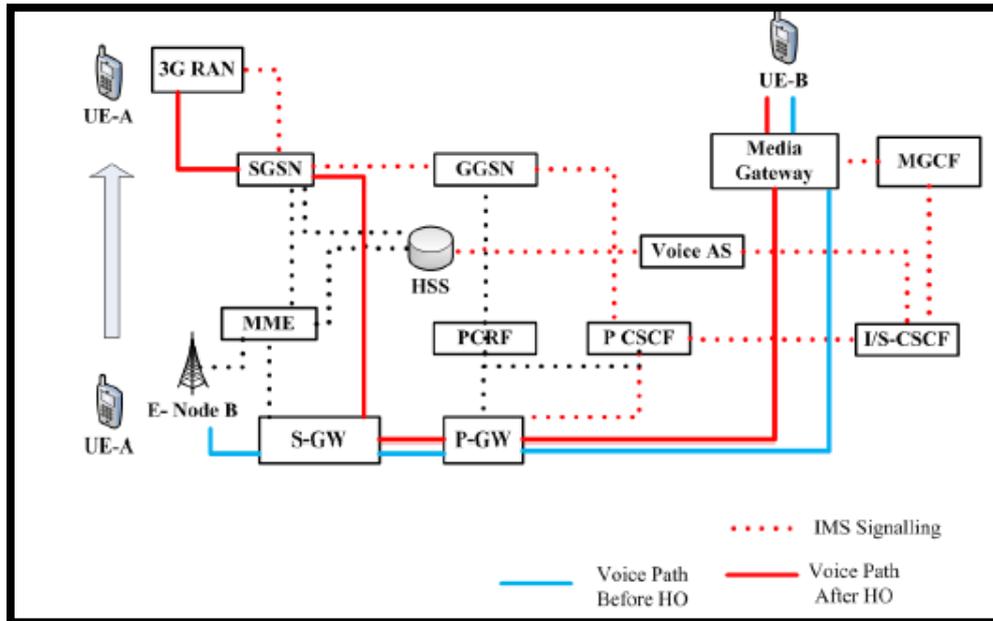


Figura 2.18: Elementos importantes en una arquitectura de VoLTE.

Fuente: (Raghavendrarao, 2012).

### 2.14.5. Protocolos e interfaces relevantes en VoLTE.

En la siguiente tabla 2.3, se muestra los protocolos e interfaces más relevantes en VoLTE.

Tabla 2.3: Protocolos e interfaces relevantes en VoLTE

Nodes	Interfaces	Protocols
MME ↔ HSS	S6a	Diameter
PCRF ↔ P-CSCF	Rx	Diameter
I/S-CSCF ↔ HSS	Cx	Diameter
I/S-CSCF ↔ AS	ISC	SIP
P-CSCF ↔ I/S-CSCF	Mw	SIP

Fuente: (Raghavendrarao, 2012)

### 2.14.6. Interfaces para el despliegue de VoLTE en una red IMS.

A continuación en la figura 2.19 se presenta un breve resumen de los protocolos e Interfaces necesarias para el despliegue de VoLTE.

En la tabla 2.4 se explica el funcionamiento de las interfaces y protocolos de VoLTE en una red IMS.





- 5) La red IMS extrae el ajuste de QoS requerida del mensaje SIP. Si se aplica una política de tarificación, entonces la red IMS envía una solicitud inicial de control de crédito (CCR) de Diameter al OCS, sobre la interfaz Ro y se reserva un monto inicial de crédito anticipando la necesidad de medir con precisión los datos de flujo durante la llamada.
- 6) El requisito de QoS es enviado desde la red IMS a la PCRF a través de la interfaz Rx (utilizando el protocolo Diameter).
- 7) La PCRF crea reglas procesables sobre tarificación y calidad de servicio, y las transmite a través de la interfaz Gx a la Función de Cumplimiento de Políticas y Tarificación (PCEF) que reside con la P-GW en la red LTE.
- 8) Ahora el elemento P-GW envía una solicitud para establecer un "portador dedicado" independiente (con un valor QCI de 1) al teléfono inteligente.
- 9) Después de que el teléfono inteligente confirma que LTE puede dar soporte al nuevo portador dedicado, envía un mensaje SIP "UPDATE" (actualizar) a la red IMS.
- 10) La red IMS completa el proceso de configuración y establece la llamada.
- 11) Los paquetes bidireccionales de llamada VoIP fluyen dentro de la red LTE (a la P-GW) y al teléfono inteligente.
- 12) Para tarifar, la red IMS solicita crédito al OCS en el transcurso de la llamada (por ejemplo, cada 10 segundos). Si no existe crédito, se devuelve un mensaje 402 (pago requerido) al teléfono inteligente y la llamada es cancelada. Si el crédito expira durante la llamada, ésta se da por terminada.
- 13) Cuando termina la llamada, el teléfono inteligente envía un mensaje SIP "BYE" (adiós) a la red IMS.
- 14) La red IMS envía una petición de terminación de CCR en Diameter al OCS, que termina la medición de tarificación y activa las acciones a fin de recolectar los registros de facturación del SIV.
- 15) La red IMS notifica a la PCRF acerca de la terminación de la llamada.
- 16) La PCRF indica a la PCEF que cierre la facturación LTE, e instruye a la P-GW a descartar el portador dedicado establecido para la llamada de VoIP.

En el siguiente capítulo, se explica las mediciones de voz sobre LTE usando el programa Nemo Handy.

## **Capítulo 3: Mediciones usando el programa Nemo Handy.**

### **3.1. Introducción.**

Como se indicó en la Figura 1.1, al momento de la elaboración de este documento, en el Ecuador no se ha desplegado el servicio de VoLTE, es por ello que para realizar las mediciones se utilizaron investigaciones realizadas en Finlandia en Junio de 2014.

### **3.2. Descripción del programa Nemo Handy.**

Nemo Handy, es una solución con plataforma Android para medir y supervisar la interfaz aérea de las redes inalámbricas GSM, CDMA, WCDMA, HSDPA, HSUPA, HSPA+, LTE, así como QoS / QoE de aplicaciones móviles.

Los datos de medición de Nemo Handy proporcionan un panorama completo y detallado de la interfaz de radio y de la calidad de las aplicaciones sometidas a prueba. Tales datos correspondientes a la interfaz de radio registrado con Nemo Handy, son óptimos para planificar, desplegar y ajustar redes, y realizar sintonizaciones, verificaciones, optimizaciones y mantenimientos. (Anite, Nemo Handy Product Description., 2009)

### **3.3. Configuraciones.**

Nemo Handy, es altamente configurable, se puede implementar en gran cantidad de plataformas distintas, sobre las cuales se puede construir exactamente la clase de herramienta manual de medición que se necesite.

### **3.4. Beneficios principales de Nemo Handy.**

**Líder en tecnología:** Desde el año 2005, Nemo Handy ha establecido la norma para dispositivos manuales de medición de redes y continúa haciéndolo en la actualidad

como la herramienta de medición tipo manual de más amplia utilización en el mundo.

**Rentabilidad:** Las amplias capacidades de medición y grandes beneficios de Nemo Handy vienen incorporados en una pequeña terminal móvil que es altamente apropiada para realizar mediciones, tanto en exteriores como en interiores de alta ocupación y aglomeración. Nemo Handy es la herramienta ordinaria de telefonía y medición en un solo dispositivo.

**Amplios registros de parámetros:** Todos los parámetros de red que soporta la interfaz de rastreo móvil (trace) de la terminal, incluidos los mensajes de señalización, se registran y ponen a disposición para post-procesamiento.

**Facilidad de uso:** La intuitiva interfaz del usuario hace que todas las operaciones, desde pruebas de time slots hasta la creación de complejas secuencias de comando de medición, sean fáciles y razonables en tiempo.

**Independencia de proveedor:** Total y comprobada compatibilidad con herramientas de terceros. (Handy, 2016)

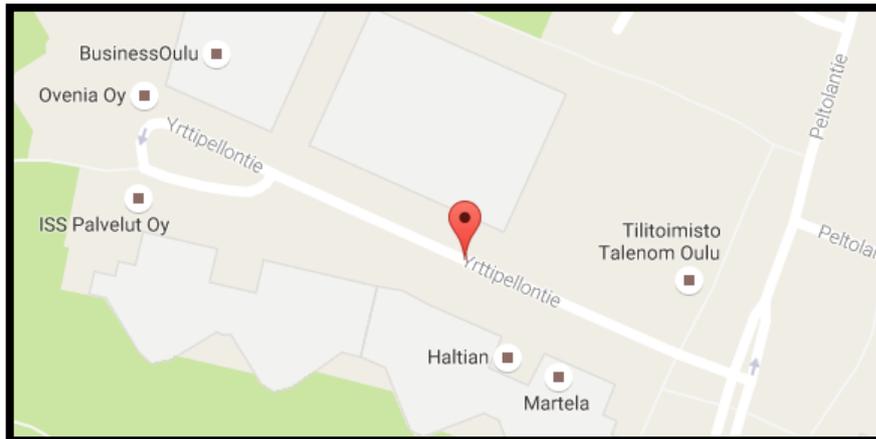
### **3.5. Mediciones.**

Las siguientes mediciones se realizaron en Filandia (Anite, 2016)

En la figura 3.1 se muestra la ubicación de Oulu y Yrttipellontie, localidades donde se establecieron las pruebas para el servicio de CSFB, VoLTE.

#### **3.5.1. Mediciones de la duración del establecimiento de llamada en CSFB.**

Se realizaron desde un móvil hacia un servidor en dos ubicaciones diferentes. A continuación se muestra los valores de desempeño del establecimiento de llamadas de estas mediciones.



**Figura 3.1: Ubicación de las localidades de Oulu y Yrttipellontie.**

Fuente: (Maps, 2016).

- a) En la tabla 3.1 se muestra la duración de CSFB con diferentes operadores en Yrttipellontie.

**Tabla 3.1: Duración de CSFB en Yrttipellontie con diferentes operadores.**

CSFB en Yrttipellontie 10			
Operador	Valores Promedio ( Seg)	Máximo ( Seg)	Mínimo ( Seg)
A	3,7	4,0	2,8
B	4,4	19,3	3,0
C	3,2	5,5	2,9

Fuente: (Anite, 2016)

- b) En la tabla 3.2 se muestra la duración de CSFB con diferentes operadores en la plaza del mercado de Oulu.

**Tabla 3.2: Duración de CSFB con diferentes operadores**

CSFB Mercado de Oulu			
Operador	Valores Promedio ( Seg)	Máximo ( Seg)	Mínimo ( Seg)
A	3,3	5,2	2,9
B	3,7	5,9	2,8
C	3,3	4,5	2,8

Fuente: (Anite, 2016)

- c) En la tabla 3.3 se muestran los valores RSRP de los operadores durante las mediciones en Yrttipellontie.

**Tabla 3.3: Valores RSRP en Yrttipellontie con diferentes operadores.**

RSRP Yrttipellontie 10			
Operador	Valores Promedio ( Seg)	Máximo ( Dbm )	Mínimo ( Dbm)
A	-103,3	-100,1	-108,3
B	-101,1	-72,8	-107,3
C	-98,6	-95,8	-101,4

Fuente: (Anite, 2016)

d) Valores RSRP de los operadores durante las mediciones en Oulu.

**Tabla 3.4: Valores RSRP con diferentes operadores**

RSRP Oulu			
Operador	Valores Promedio ( Seg)	Máximo ( Dbm )	Mínimo ( Dbm)
A	-74,1	-52,1	-89
B	-76	-66,1	-86,4
C	-71,6	-46,6	-86,7

Fuente: (Anite, 2016)

RSRP (Reference Signal Received Power); se define como la media de las contribuciones de potencia de los recursos elementales que contienen señales de referencia dentro del ancho de banda considerado.

### 3.5.2. Mediciones de la duración del establecimiento de llamada en VoLTE.

En la tabla 3.5, se muestra la duración del establecimiento de llamada en el servicio de VoLTE, es importante recalcar que los resultados se tomaron de pruebas de prelanzamiento de la red comercial y por lo tanto, no se deberán tomar como números finales de desempeño para VoLTE, estos resultados son de distintas fases de madurez de las pruebas de VoLTE, y muestra gran mejora cuando la tecnología se ha perfeccionado más, (Anite, 2016).

### 3.5.3. Establecimiento de SR-VCC durante una llamada y la señalización recibida por el terminal de medición

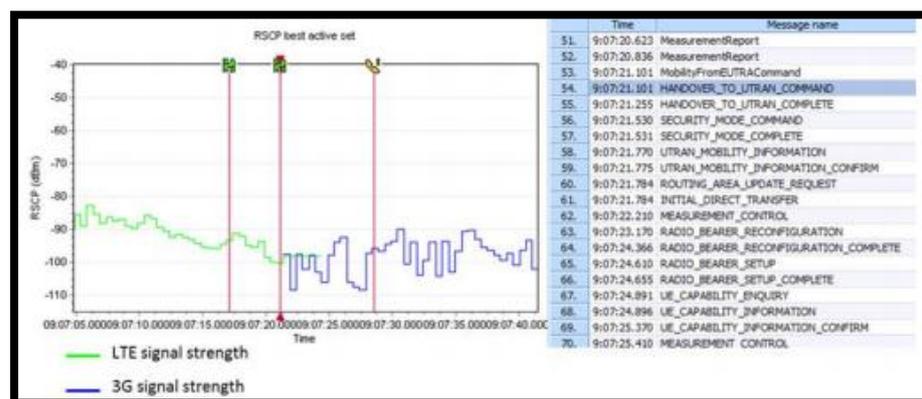
Un claro ejemplo de este evento se muestra en la figura 3.2, donde la llamada VoLTE se conectó cuando la potencia de señal empezó a decaer. El SR-VCC es iniciado y el terminal del usuario recibe un comando para cambiarse a la red UTRAN. Se puede recalcar que el servicio de SR-VCC permite un cambio rápido

de una llamada VoLTE a un servicio 3G de conmutación de circuitos, los valores típicos van de 100 ms a 200 ms.

**Tabla 3.5: Resultados durante el establecimiento de llamada VoLTE.**

Duración del establecimiento de la llamada VoLTE			
Medición	Valores Promedio ( Seg)	Máximo ( Seg)	Mínimo ( Seg)
1	2,2	2,3	2,1
2	2,3	2,5	2,1
3	3,5	4,6	1,0
4	6,5	26,3	0,6
5	6,7	16,2	4,0
6	3,2	5,9	2,4
7	3,6	7,1	2,2
8	8,2	16,0	1,7

Fuente: (Anite, 2016)



**Figura 3.2: Establecimiento de SR-VCC durante una llamada.**

Fuente: (Anite, 2016).

### 3.5.4. Llamadas VoLTE.

Las mediciones de las llamadas en VoLTE se realizaron desde un móvil a otro, y se llevaron a cabo en una red de prueba optimizada.

En la tabla 3.6 se muestra los tiempos de establecimiento de la llamada VoLTE medidos en campo.

**Tabla 3.6: Tiempos de establecimiento de la llamada VoLTE**

Duraciones del establecimiento de la llamada VoLTE en una red de prueba optimizada			
Medición	Valores Promedio ( Seg)	Máximo ( Seg)	Mínimo ( Seg)
1	3,2	4,7	2,5
2	3,2	4,6	2,5
3	3,2	5,1	2,5
4	3,4	4,8	2,6
5	3,2	4,7	2,5

**Fuente:** (Anite, 2016)

En la tabla 3.7 se muestra las duraciones del establecimiento de llamada del servicio de VoLTE en una red de prueba optimizada con dispositivos de medición en movimiento.

**Tabla 3.7: Duración del establecimiento de llamada del servicio de VoLTE en una red de prueba optimizada.**

Duraciones del establecimiento de la llamada VoLTE en una red de prueba optimizada con dispositivos de medición en movimiento			
Medición	Valores Promedio ( Seg)	Máximo ( Seg)	Mínimo ( Seg)
1	3,0	4,6	2,6
2	3,5	4,5	2,8

**Fuente:** (Anite, 2016).

### 3.5.5. Calidad de audio de las llamadas.

La calidad de las llamadas desde la perspectiva de un usuario se puede probar con el algoritmo POLQA de acuerdo a una puntuación de opinión media, los algoritmos de calidad de voz (PESQ, POLQA) han sido aceptados en el ITU-T; mientras que los valores de MOS se definen del 1 al 5.

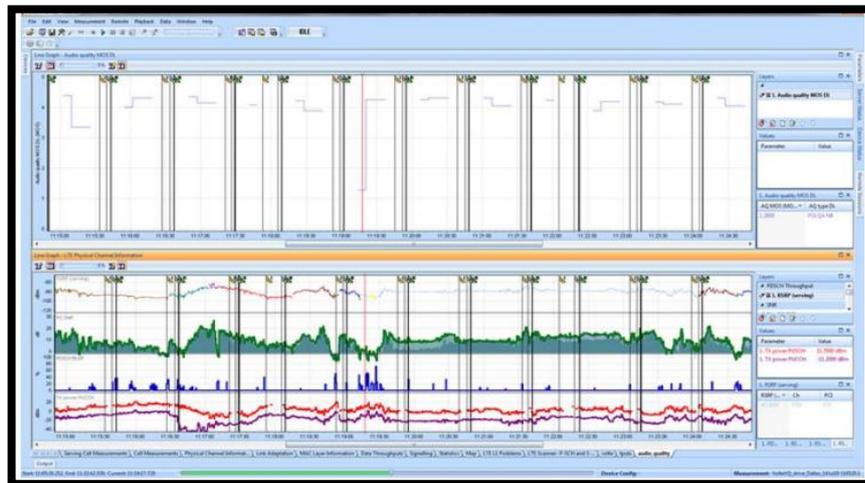
En la tabla 3.8 se muestra los valores de MOS de una red de prueba técnicamente madura con capacidad VoLTE, las mediciones se realizaron en el campo y la mayoría de los valores están por encima de 4, por lo que se puede suponer que la calidad del sonido es excelente.

**Tabla 3.8: Valores MOS de las llamadas VoLTE en una red de prueba.**

Valores MOS de las llamadas VoLTE en una red de prueba técnicamente madura que se midieron en movimiento			
Medición	Valores Promedio	Máximo	Mínimo
1	4,132	4,392	1,077
2	3,394	4,393	1,28

**Fuente:** (Anite, 2016)

En la figura 3.3 se muestra los valores de medición MOS junto con parámetros de radio. La mayoría de las muestras MOS son excelentes; sin embargo, existen algunas conexiones de radio más débiles cuando los valores de MOS disminuyen debido a niveles de SNR débiles debido a la presencia de varios PCI (Physical Cell ID) los cuales están aproximadamente al mismo nivel y crean un fenómeno típico de borde de celda sin la presencia clara de una celda dominante.



**Figura 3.3: Valores MOS y mediciones de métricas de canales físicos.**

**Fuente:** (Anite, 2016)

La figura 3.4 ilustra un valor SNR de bajo nivel que no provoca dominio sobre dicho punto en particular.

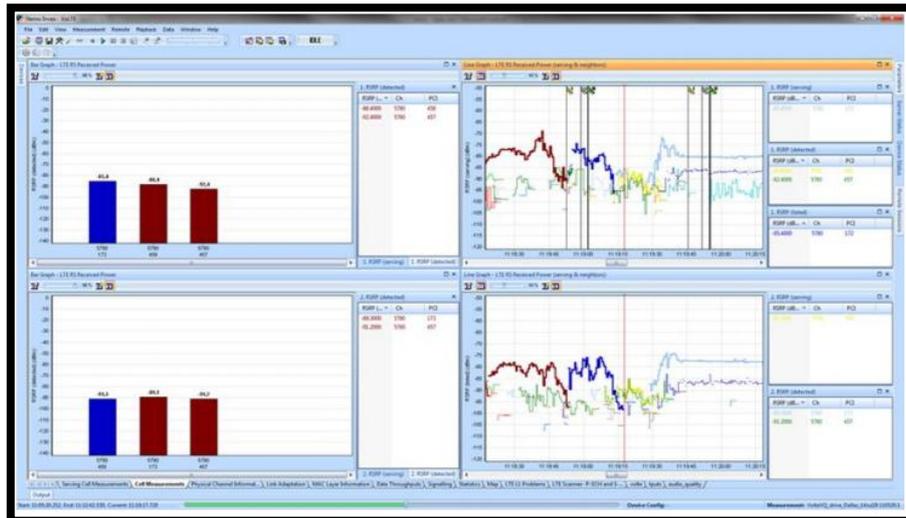


Figura 3.4: Calidad baja de PCI debido a una superposición de PCI y SNR bajo.

Fuente: (Anite, 2016)

## **Conclusiones.**

1. Para la elaboración de estado del arte de este trabajo de titulación, se realizó un estudio de los diferentes organismos de estandarización tales como 3GPP, GSMA, ITU, ETSI y IETF.
2. Mediante la elaboración del estado del arte, se pudo determinar que la tecnología IMS, ofrece múltiples beneficios para el operador ya que podrá integrar en un futuro nuevos servicios multimedia como Voz HD, RCS, VoLTE, ViLTE, etc; es importante recalcar que la tecnología IMS no define aplicaciones o servicios que pueden ofertarse al usuario final, sino únicamente determina la infraestructura y capacidades de los servicios que los operadores pueden usar para implementar sus propias aplicaciones y servicios, por lo que IMS no tiene límites, es decir que la capacidad de la red de acceso y las características de los terminales son las que fijan las restricciones.
3. Se recalca que al momento de la elaboración de este trabajo de titulación en el Ecuador aún no se dispone del servicio de VoLTE, por lo que se realizó el análisis de acuerdo a las mediciones realizadas en Finlandia, en estas mediciones se puede verificar que VoLTE, muestra buenos niveles de confiabilidad y excelente calidad de servicio en comparación con los otros servicios (CSFB y SVCC), VoLTE fue el más rápido de acuerdo con los valores máximos que se obtuvo en las pruebas de establecimiento de llamada.
4. En conclusión de acuerdo al análisis realizado y a las mediciones hechas con el programa Nemo Handy en Finlandia, se considera que IMS es una excelente tecnología que ayudará a los operadores a la unificación de voz, esto es entre fijo a móvil, adicionalmente proveerá mejor calidad de voz en cada servicio generando mayor rentabilidad y ganancias a los operadores que implementen esta tecnología.

## **Recomendaciones.**

1. Se recomienda que los operadores de telefonía comiencen a realizar estudios para la implementación de la tecnología IMS, ya que en un futuro podrán integrar nuevos servicios multimedia lo que será de gran incremento en las ventas para los operadores.
2. Se recomienda considerar el despliegue de VoLTE, una vez que se implemente la tecnología IMS.
3. Para obtener un excelente servicio de VoLTE, se recomienda que los operadores se capaciten sobre la tecnología IMS, que sean capaces de realizar pruebas de campo para solucionar los posibles inconvenientes que se presenten en la red, los operadores deberán tener los conocimientos necesarios para gestionar, monitorear las diferentes interfaces, equipamiento y los servicios para así garantizar y cumplir con las expectativas del usuario.
4. Mediante el análisis realizado se determinó que al implementarse la tecnología IMS no solo se tiene la capacidad de prestar los servicios en el core móvil tal como es el servicio de VoLTE sino también las operadoras podrán mejorar la calidad de servicio en lo referente al core fijo tales como la NGN por lo que se recomienda realizar un estudio para que validen la importancia de implementar la tecnología IMS para añadir los beneficios a las redes NGN.
5. Se recomienda que los operadores que implementen la tecnología IMS, realicen un estudio sobre el servicio de RCS, apegándose a la realidad del Ecuador con el objetivo de exportar el software.

## Bibliografía

- 3GPP. (2004). Recuperado el 21 de 09 de 2016, de <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>
- 3GPP. (2014). *3GPP Technical Specification*. Recuperado el 24 de 09 de 2016, de Policy and charging control architecture: [http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/STD-T63v10\\_60/2\\_T63/ARIB-STD-T63/Rel11/23/A23203-be0.pdf](http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/STD-T63v10_60/2_T63/ARIB-STD-T63/Rel11/23/A23203-be0.pdf)
- 3GPP. (2015). Recuperado el 07 de 11 de 2015, de <http://www.3gpp.org/component/itpgooglesearch/search?q=IMS>
- 3GPP. (2016). Recuperado el 16 de 09 de 2016, de <http://www.3gpp.org/specifications/releases>
- Anite. (2009). *Nemo Handy Product Description*. Recuperado el 14 de 10 de 2016, de [http://www.elsinco.com/images/doku/Anite-Nemo\\_Handy\\_2-70.pdf](http://www.elsinco.com/images/doku/Anite-Nemo_Handy_2-70.pdf)
- Anite. (2016). (E. V. 3G, Productor, & Telesemana) Recuperado el 10 de 16 de 2016, de <http://www.telesemana.com/wp-content/uploads/2016/06/Paper-Anite-Junio-2016.pdf>
- Camarillo y Garcia. (2006). Recuperado el 20 de 09 de 2016, de [http://read.pudn.com/downloads150/doc/comm/650724/The%203G%20IP%20Multimedia%20Subsystem%20\(IMS\).pdf](http://read.pudn.com/downloads150/doc/comm/650724/The%203G%20IP%20Multimedia%20Subsystem%20(IMS).pdf)
- Chewe, M. (2015). *Metropolia*. Obtenido de Metropolia.
- Concetti, M. (2016). Recuperado el 18 de 09 de 2016, de [upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/83118/Tesi%20Barcelona.pdf](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/83118/Tesi%20Barcelona.pdf)
- Dialogic. (2009). Recuperado el 24 de 09 de 2016, de <http://www.suun-cti.com.cn/UploadFiles/Resource/WhitePaper/SBC/WP-11297-ims-arch-benefits-wp.pdf>
- Diaz Fernandez, L. M. (2016). *Diseño de una red VoLTE en un escenario de roaming*. Recuperado el 11 de 10 de 2016, de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/45386/7/ldiazTFC0116memoria.pdf>
- Gkioni, L. y. (2015). *Voice over LTE service implementation and cell planning*. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=LkrABAAAQBAJ&pg=PA43&lpg=PA43&dq=spiros+Louvros+y+angelina+Gkioni+Chapter+3+Voice+Ove>

r+LTE+(VoLTE):+Service+Implementation+and+Cell+Planning+Perspective&source=bl&ots=ku2JW-gOOU&sig=sEW-r2GKIQ35zQOCgzw6pL9nb64&hl=es&sa

GSMA. (2014). Obtenido de VoLTE Service Description and Implementation Guidelines 2.0: <http://www.gsma.com/network2020/wp-content/uploads/2014/10/FCM.01-VoLTE-Service-Description-and-Implementation-Guidelines-Version-2.0.pdf>

GSMA. (2015). Obtenido de <http://www.gsma.com/latinamerica/es/>

GSMA. (2016). *Manual de políticas públicas de Telecomunicaciones Móviles*. Recuperado el 16 de 10 de 2016, de [http://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2016/08/Mobile\\_Policy\\_Handbook\\_2016\\_SP.pdf](http://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2016/08/Mobile_Policy_Handbook_2016_SP.pdf)

Handy, N. (2016). Obtenido de <http://www.conatel.gob.ve/wp-content/uploads/2016/08/160811-DocumentoNemoHandy.pdf>

Hernandez. (2013). *Facultad de Ingeniería*. Obtenido de <http://artemisa.unicauca.edu.co/~vflorez/LTE/Capitulo%202.pdf>

Huawei. (2009). Sip Protocol Overview.

Maps, G. (2016). *Ubicación de las localidades Oulu y Yrttipellontie*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/Yrttipellontie,+90230+Oulu,+Finlandia/@65.0130778,25.5098166,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x4681cd5605284cd7:0x9da793ced69c2daa!8m2!3d65.0130778!4d25.5120053>

Marcano, D. (2011). *ATEL ASESORES C.A.* Recuperado el 10 de 14 de 2016, de [http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion\\_telecomunicaciones/IMS/Capitulo%204%20Arquitectura%20IMS.pdf](http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion_telecomunicaciones/IMS/Capitulo%204%20Arquitectura%20IMS.pdf)

Millán, R. (2016). *CONSULTORÍA ESTRATÉGICA EN TECNOLOGÍAS*. Recuperado el 11 de 10 de 2016, de <http://www.ramonmillan.com/enlaces/enlacesOrganismos.php>

PDA, P. (2015). *VOLTE, EL NUEVO ESTÁNDAR A IMPLEMENTARSE EN LA TELEFONÍA MÓVIL*. Recuperado el 11 de 10 de 2016, de <http://www.poderpda.com/wireless/volte-gsma-iniciativa/>

QoS. (2015). Recuperado el 26 de 09 de 2016, de <http://www.mobes.info/article/886780830/>

- Qualcomm. (2012). *VoLTE with SRVCC*. Recuperado el 24 de 09 de 2016, de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/srvcc-white-paper.pdf>
- Raghavendrarao, P. G. (2012). Recuperado el 29 de 09 de 2016, de [Msc\\_Thesis\\_Report\\_Prasanna\\_Gururaj%20\(1\).pdf](#)
- Rumney, M. (2008). Recuperado el 16 de 09 de 2016, de <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-7898EN.pdf>
- Sandvine. (2015). *Voice over LTE Challenges and opportunities*. Recuperado el 16 de 09 de 2016, de An Industry Whitepaper.
- Tecnologies, H. (2014). *Hedex, Manual del proveedor Huawei, Shenzhen*.
- Trujillo, E. D. (2014). Plan de negocios para proporcionar servicios IMS a traves de una red Fija de la CNT EP. Sangolqui, Quito, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8648/1/AC-GRT-ESPE-047963.pdf>
- Vargas, D. F. (2012). *Calidad de Servicio en Redes LTE Advanced*. Colombia. Recuperado el 14 de 10 de 2016, de [http://www.cintel.org.co/wp-content/uploads/2013/05/02.Calidad\\_de\\_Servicio\\_en\\_Red.es.pdf](http://www.cintel.org.co/wp-content/uploads/2013/05/02.Calidad_de_Servicio_en_Red.es.pdf)
- Villagomez. (2014). Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3557/1/18T00559.pdf>
- VoipForo. (s.f.). *Sip Session Initiation Protocol*. . Recuperado el 24 de 09 de 2016, de <http://www.voipforo.com/SIP/SIParquitectura.php>

## **Glosario de términos.**

**16QAM:** Quadrature Amplitude Modulation, Modulación de amplitud en cuadratura.

**3GPP:** Third Generation Partnership Project, Proyecto de Asociación de Tercera Generación

**AAA:** Authentication, Authorization and Accounting, Autenticación, autorización y contabilidad

**AGCF:** Access Gateway Control Function, Función de control de puerta de enlace de acceso

**ALL IP:** Todo IP

**AS:** Application Server, Servidor de Aplicacion.

**BGCF:** Breakout Gateway Control Function, Función de control de puerta de enlace de desbordamiento

**CAPEX:** Capital Expenditure, Gastos de Capital

**CDMA:** Code Division Multiple Access, Código de división de acceso múltiple

**CS:** Circuit Switched, Conmutación de circuitos

**CSCF:** Call State Control Function, Función de control de estado de llamada

**CSFB:** Circuit Switch Fallback, Interruptor de conmutación de circuito

**DFT:** Discrete Fourier Transform, Transformada discreta de Fourier.

**DHCP:** Dynamic Host Configuration Protocol, Protocolo de configuración dinámica de host.

**DNS:** Domain Name System, Sistema de nombres de dominio.

**DSL:** Digital Subscriber Line , Línea digital del abonado.

**DVB:** Digital Video Broadcasting, Transmisión de video digital.

**EPC:** Evolved Packet Core, Núcleo de paquete evolucionado, Red de Acceso de Radio Terrestre UMTS Evolucionada.

**EPS:** Evolved Packet System, Sistema de paquetes evolucionado.

**ETSI:** European Telecommunications Standards Institute, Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones

**E-UTRAN:** Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network, Red de acceso de Radio Terrestre mejorada.

**FFT:** Fast Fourier Transform, Transformada rápida de Fourier.

**GBR:** Guaranteed Bit-Rate, Tasa de bits garantizada

**GPON:** Gigabit-capable Passive Optical Networks, Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit

**GPRS:** General Packet Radio Service, Servicio general de paquetes vía radio

**GSM:** Global System for Mobile, Sistema Global para las comunicaciones Móviles.

**GSMA:** Global System for Mobile Communications, Sistema global para comunicaciones móviles

**GTP:** GPRS Tunnel Protocol, Protocolo de tunel GPRS.

**H.248:** Gateway Protocol Control, Protocolo de control

**HFC:** Hybrid Fibre Coaxial, Fibra híbrida coaxial

**HSDPA :** High Speed Downlink Packet Access, Acceso de paquetes de enlace descendente de alta velocidad

**HSPA:** High-Speed Packet Access, Acceso a paquetes de alta velocidad

**HSS:** Home subscriber server, Servidor de abonado Local.

**HSUPA:** High-Speed Uplink Packet Access, Acceso de paquetes de enlace ascendente de alta velocidad

**I-CSCF:** Interrogating Call Session Control Function, Función de control de sesión de llamada de interrogacion.

**IFFT:** Inverse Fast Fourier Transform, Transformada Rápida de Fourier Inversa

**IMS:** IP Multimedia Subsystem, Subsistema multimedia IP

**IP MS:** IP Media Server, Servidor de medios IP

**IP:** Internet Protocol, Protocolo de Internet.

**ISI:** Intersymbol Interference, Interferencia entre simbolos

**ITU-T:** International Telecommunication Union, Unión Internacional de Telecomunicaciones

**LTE:** Long Term Evolution, Evolucion a largo plazo.

**MAP:** Mobile Application Part, Parte de aplicacion movil.

**MGCF:** Media Gateway Control Function, Función de Control de Media Gateway

**MIMO:** Multiple-Input Multiple-Output, Múltiples entradas de múltiples resultados

**MME:** Mobility management entity, Entidad de gestión de la movilidad

**MOS:** Mean Opinion Score, Puntuación de opinión media

**MPLS:** Multiprotocol Label Switching, Cambio de etiquetas multiprotocolo.

**MRF:** Multimedia Resource Function, Función de recursos multimedia

**MSC:** Mobile switching center, Centro de conmutación móvil

**NGN:** Next Generation Network, Redes de nueva generacion.

**Non-GBR:** NonGuaranteed Bit-Rate, Tasa de bits no garantizada

**OCS:** Online Charging System, Sistema de Cobro en Linea.

**OFDM:** Orthogonal Frequency Division Multiplexing, Multipleaxacion por division de frecuencia ortogonal.

**OFDMA:** Orthogonal Frequency Division Multiplexing-Access, Acceso multiple por division de frecuencia ortogonal.

**OPEX:** Operating Expenditure, Gastos de Operacion.

**PCI:** Physical Cell ID, ID físico de la celda

**PCRF:** Policy and Charging Resource Function, Funcion de Reglas de politicas y Cobros.

**P-CSCF:** Proxy Call Session Control Function, Función de control de sesión de llamada de proxy

**P-GW:** PDN Gateway, Pasarela de red de datos.

**PSTN:**Public Switched Telephone Network, Red Telefónica Conmutada

**QoS:** Quality of Service, Calidad de servicio

**QPSK:** Quadrature Phase-Shift Keying, Codificación de desplazamiento de fase en cuadratura

**RCS:** Rich Communications Suite, Comunicaciones ricas.

**RNC:** Radio Network Controller, Controlador de red de radio

**RSRP:** Reference Signal Received Power, Referencia de Señal recibida.

**RTP:** Real-time Transport Protocol, Protocolo de Transporte en Tiempo Real.

**SC-FDMA:** Single-carrier FDMA, Acceso multiple por division de frecuencia de una sola portadora.

**S-CSCF:** Serving Call Session Control Function, Función de control de sesión de llamada de servicio

**SDP:** Session Description Protocol, Protocolo de Descripcion de Sesion.

**S-GW:** Serving Gateway, Pasarela de Servicio

**SIGTRAN:** Transporte de señalizacion.

**SIP:** Session Initiation Protocol. Protocolo de Inicio de Sesión.

**SLF:** Subscription Location Function, Función de ubicación de suscripción

**SNR:** Signal to noise ratio, Relación señal / ruido

**SRVCC:** Single Radio Voice Call Continuity, Continuidad de llamada de voz de radio única.

**UE:** User Equipment, Equipo de usuario.

**UMTS:** Universal Mobile Telecommunications System, Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles

**ViLTE:** Video over LTE, Video sobre Evolución a largo plazo

**VoLTE:** Voice Over LTE, Voz sobre Evolución a largo plazo

**WCDMA:** Wideband Code Division Multiple Access, Acceso múltiple por división de código de banda ancha

**Wi-Fi:** Wireless Fidelity, Fidelidad inalámbrica.

**xDSL:** X Digital Subscriber Line, X Línea de abonado digital.

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Ledesma Sánchez Rosa Isabel**, con C.C: # **0923510663** autor/a del trabajo de titulación: **Análisis de la tecnología IMS para la unificación del core de voz mediante mediciones usando el programa Nemo Handy**, previo a la obtención del título de **Magister en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **30 de Enero de 2017**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: Ledesma Sánchez Rosa Isabel

C.C: 0923510663



<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis de la tecnología IMS para la unificación del core de voz mediante mediciones usando el programa Nemo Handy		
<b>AUTOR(ES)</b>	Rosa Isabel Ledesma Sánchez		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	MSc. Luis Córdova Rivadeneira; MSc Orlando Philco Asqui / MSc. Manuel Romero Paz		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Sistema de Posgrado		
<b>CARRERA:</b>	Maestría en Telecomunicaciones		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Magíster en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	30 de Enero de 2017	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	71
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Telefonía móvil, Telecomunicaciones		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	IMS, VoLTE, QoS, CSFB, SRVCC y Nemo Handy		
<p><b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (150-250 palabras): El presente proyecto está orientado a realizar el análisis de la tecnología IMS con el objetivo de Evaluar el rendimiento de dicha tecnología mediante mediciones usando el programa Nemo Handy, este trabajo está compuesto de 3 capítulos.</p> <p>En el primer capítulo, se realiza la descripción del proyecto de intervención, tales como Introducción a la tecnología IMS, servicio de VoLTE, justificación, antecedentes, definición del problema, objetivo general, objetivos específicos, hipótesis y metodología. En el segundo capítulo, se realiza la fundamentación teórica donde se explica la tecnología LTE tales como su estructura, elementos, QoS, adicional también se habla de la tecnología IMS como sus ventajas, pre-requisitos, aplicaciones, arquitectura, componentes, interfaces, protocolos, soluciones como CSFB, SRVCC y VoLTE.</p> <p>En el tercer capítulo, se analiza los resultados obtenidos mediante mediciones usando el programa Nemo Handy y para finalizar se expone las conclusiones y recomendaciones.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-4-2575560 - 0998354827	<b>E-mail:</b> isabel.ledesma@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Manuel de Jesús Romero Paz		
	<b>Teléfono:</b> +593-4-2202935 /0994606932		
	<b>E-mail:</b> manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec / mromeropaz@yahoo.com		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			