



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Virtualización de una central telefónica celular 4G como
preparación para convivencia con red celular 5G.

AUTOR:

HOLGER JORGE SANTILLÁN CARRANZA

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de

MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

ROMERO PAZ, MANUEL MSc.

Guayaquil, Ecuador

30 de octubre del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Santillán Carranza Holger Jorge, como requerimiento para la obtención del Título de Magister en Telecomunicaciones.

TUTOR

Romero Paz, Manuel MSc.

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Romero Paz, Manuel MSc.

Guayaquil, al 30 de octubre del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Holger Jorge Santillán Carranza

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: Virtualización de una central telefónica celular 4G como preparación para convivencia con red celular 5G, previo a la obtención del Título de Magister 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, al 30 de octubre del 2019

EL AUTOR

f. _____

Santillán Carranza Holger Jorge



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, Santillán Carranza Holger Jorge

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: Virtualización de una central telefónica celular 4G como preparación para convivencia con red celular 5G, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, al 30 de octubre del 2019

EL AUTOR:

f. _____

Santillán Carranza Holger Jorge

REPORTE URKUND

The screenshot displays the URKUND interface. On the left, document metadata is shown: 'Documento: TT Holger Santillán.docx (163110009)', 'Presentado: 2019-09-15 13:13 (-05:00)', 'Presentado por: orlando.philco_1@hotmail.com', 'Recibido: orlando.philco.ucg@analysis.orkund.com', and 'Mensaje: Revisión de TT SMTILLAN. [Mostrar el mensaje completo](#)'. A status bar indicates '1% de estos 36 párrafos, se componen de texto presente en 1 fuentes'. On the right, a 'Lista de fuentes' table lists sources with columns for 'Categoría' and 'Enlace/nombre de archivo'. The table contains four entries: 'GADIN, FELIX ARTZ (2).docx', 'http://www.fepo.org/aboad-fepo', 'TESIS MAESTRIA EN REDES DE COMUNICACIONES, AJAN HORRLES, 2016.pdf', and 'GAONA Y CORDOVA.pdf'. The bottom of the image shows the content of the document, which is a thesis titled 'SISTEMA DE POSGRADO MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES' with the theme 'Verificación de una central telefónica celular 4G como preparación para convergencia con red celular 5G'. The author is 'AUTOR: HOLGER JORGE SMTILLÁN CARRANZA', the tutor is 'TUTOR: ROMERO PAZ, MANUEL MS: Guayaquil, Ecuador', and the date is '1 de septiembre del 2018'. A certification statement reads: 'CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Santillán Carranza Holger Jorge, como requerimiento para la obtención del Título de Magister en Telecomunicaciones. TUTOR'.

URKUND

Lista de fuentes Bloques [Probar la nueva interfaz Urkund](#) Orlando Philco Rospi (orlando.philco)

Documento: [TT Holger Santillán.docx](#) (163110009)

Presentado: 2019-09-15 13:13 (-05:00)

Presentado por: orlando.philco_1@hotmail.com

Recibido: orlando.philco.ucg@analysis.orkund.com

Mensaje: Revisión de TT SMTILLAN. [Mostrar el mensaje completo](#)

1% de estos 36 párrafos, se componen de texto presente en 1 fuentes.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	GADIN, FELIX ARTZ (2).docx
	http://www.fepo.org/aboad-fepo
	TESIS MAESTRIA EN REDES DE COMUNICACIONES, AJAN HORRLES, 2016.pdf
	GAONA Y CORDOVA.pdf

SISTEMA DE POSGRADO MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: Verificación de una central telefónica celular 4G como preparación para convergencia con red celular 5G.

AUTOR: HOLGER JORGE SMTILLÁN CARRANZA

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: ROMERO PAZ, MANUEL MS: Guayaquil, Ecuador

1 de septiembre del 2018

SISTEMA DE POSGRADO MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Santillán Carranza Holger Jorge, como requerimiento para la obtención del

Título de Magister en Telecomunicaciones. TUTOR

Dedicatoria

A la memoria de Vicente Santillán Paredes, gracias a quien aprendí a soñar y lo más importante a trabajar para hacer realidad esos sueños.

A Georgina Carranza Real, quien siempre está presente en los momentos que más falta hace un consejo, un apoyo o simplemente una sonrisa, te quiero mucho mamá.

Agradecimientos

Sin fe nada se mueve, por tanto, a Dios infinitas gracias por darme sus dones especialmente los dones de Sabiduría, Entendimiento y Ciencia.

A Peregrina, gracias por soportar mis ausencias los días de estudios y por el apoyo.

A Liwei, Melissa y Meiling, por ser quienes me alientan a seguir con su amor incondicional.

A Georgina, gracias mamá por haberme formado y hacerme creer que alcanzar los objetivos de vida no son imposibles.

A Lolita, por ser un apoyo invisible, pero que siempre está ahí para sostenerme.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

MSc. Manuel Romero Paz

TUTOR

f. _____

MSc. Orlando Philco Asqui

REVISOR

f. _____

MSc. Luis Córdova Rivadeneira

REVISOR

f. _____

MSc. Manuel Romero Paz

DIRECTOR DEL PROGRAMA

ÍNDICE GENERAL

Tabla de Contenidos

TABLA DE CONTENIDOS	IX
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO A INVESTIGAR	2
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3 ANTECEDENTES	4
1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	5
1.5 OBJETIVOS	5
1.6 OBJETIVO GENERAL	5
1.7 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.8 HIPÓTESIS	6
1.9 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	6
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE	7
2.1 HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR GSM.....	7
2.2 DEFINICIÓN DE CENTRAL CELULAR GSM.....	10
2.3 ARQUITECTURA BÁSICA DE UNA CENTRAL CELULAR.....	11
2.4 MS-BSS GERAN-UTRAN	12
2.5 SGSN-GGSN	19
2.5.1 EVOLVED PACKET CORE EPC	20
2.5.2 MSS-VLR, HLR, ACU, EIR.....	23
2.6 CONCEPTOS DE VIRTUALIZACIÓN.....	29
2.7 NETWORK FUNCTION VIRTUALIZATION (NFV)	31
2.8 CLOUDIFICACIÓN	36
2.9 SOFTWARE DEFINED NETWORKING (SDN)	40
CAPÍTULO 3: CONVERGENCIA DE LAS TELECOMUNICACIONES HACIA EL 5G	45
3.1 INTERNET DE LAS COSAS	47
3.2 SMART CITIES.....	50
3.3 TELEMEDICINA, DEPORTES Y FITNESS.....	52

3.4	INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	54
3.5	INCREMENTO EXPLOSIVO EN LA DENSIDAD DE USO DE DATOS	56
CAPÍTULO 4: DISEÑO DE ESQUEMA DE COMPATIBILIDAD.....		63
4.1	ARQUITECTURA BÁSICA DEL CORE NETWORK DE UNA RED 4G	65
4.2	DISEÑO DE RED BÁSICA VIRTUALIZADA.....	71
4.3	DIMENSIONAMIENTO DE VNFS PARA UNA RED BÁSICA	73
4.4	ESQUEMA PROPUESTO DE CORE VIRTUALIZADO DE UNA RED 4G.....	75
CONCLUSIONES		81
RECOMENDACIONES.....		83
ANEXOS.....		84
	ANEXO 1.....	84
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....		87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		92

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. 1: MARTIN COOPER	3
FIGURA 2. 1: EQUIPOS MÓVILES DESDE 1G HASTA 5G.....	8
FIGURA 2. 2: VERSIONES DE RELEASE HACIA EL 5G	9
FIGURA 2. 3: ENTIDADES DE UNA RED GSM RELEASE 4	11
FIGURA 2. 4: ARQUITECTURA DE UNA CENTRAL DE CONMUTACIÓN	12
FIGURA 2. 5: SISTEMA BSS 2G-3G	13
FIGURA 2. 6: SISTEMA UTRAN 4G.....	14
FIGURA 2. 7: RED UTRAN.....	14
FIGURA 2. 8: ARQUITECTURA BSC	16
FIGURA 2. 9: CONEXIÓN RNC	16
FIGURA 2. 10: CONEXIÓN DE NODOS B HACIA RNC	17
FIGURA 2. 11: ARQUITECTURA DE LA RNC	18
FIGURA 2. 12: ARQUITECTURA SGSN-GGSN.....	20
FIGURA 2. 13: DOMINIO DE CIRCUITOS Y PAQUETES	21
FIGURA 2. 14: ARQUITECTURA BÁSICA EPS	22
FIGURA 2. 15: ELEMENTOS DE UN CENTRAL MÓVIL GSM.....	24
FIGURA 2. 16: ARQUITECTURA DE UNA MSS.....	25
FIGURA 2. 17: POSICIÓN DE TARJETERÍA DE UNA MSS	26
FIGURA 2. 18: POSICIÓN DE TARJETERÍAS DE UN HLR.....	27
FIGURA 2. 19: GABINETES DE MSS – HLR.....	28
FIGURA 2. 20: ARQUITECTURA DEL HLR	28
FIGURA 2. 21: DIAGRAMA DE CONEXIÓN INTERNA DEL HLR.....	29
FIGURA 2. 22: COMPONENTES DE UN ELEMENTO DE RED CONVENCIONAL.....	30
FIGURA 2. 23: COMPONENTE DE UN ELEMENTO DE RED VIRTUALIZADA	31
FIGURA 2. 24: ESQUEMA TÍPICO DE NFV	33
FIGURA 2. 25: DISEÑO DE UN SISTEMA NFV	34
FIGURA 2. 26: ARQUITECTURA DE UNA RED NFV SEGÚN ETSI.....	36
FIGURA 2. 27: EJEMPLO DE CLOUD SERVICE	37
FIGURA 2. 28: ARQUITECTURA DE UNA NUBE DE RED MÓVIL	40
FIGURA 2. 29: TOPOLOGÍA DE UNA RED BÁSICA SDN.....	43

FIGURA 2. 30: EJEMPLO DE UN FRAME EN SDN	44
FIGURA 3. 1: PREVISIÓN MUNDIAL DE SUSCRIPTORES 5G	45
FIGURA 3. 2: TRÁFICO DE DATOS CELULARES GLOBALES DESDE 2010-2016 CON PREVISIONES DESDE 2017-2022, POR TIPO DE APLICACIÓN	46
FIGURA 3. 3: USUARIOS DE INTERNET POR REGIÓN Y PAÍS, 2010-2016.....	47
FIGURA 3. 4: CREACIÓN DE VALOR AGREGADO DE SERVICIOS Y SOLUCIONES POR MEDIO DEL IOT.....	48
FIGURA 3. 5: ESQUEMA DE IoT QUE MUESTRA LOS USUARIOS FINALES Y LAS ÁREAS DE APLICACIÓN BASADAS EN DATOS.	49
FIGURA 3. 6: LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE CIUDADES INTELIGENTES	50
FIGURA 3. 7: PARADAS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE EN GUAYAQUIL	52
FIGURA 3. 8: LA CULTURA FÍSICA ASOCIADA AL IoT.....	53
FIGURA 3. 9: ESCENARIO DE CONEXIÓN DE VEHÍCULOS A LA RED	55
FIGURA 3. 10: MODELO COLABORATIVO DE UN SISTEMA HETEROGÉNEO DE TECNOLOGÍAS CON REDES IoT.....	57
FIGURA 3. 11: PREDICCIONES DE CRECIMIENTO DE TRÁFICO IP	58
FIGURA 3. 12: EVOLUCIÓN DEL SERVICIO DE LAS COMUNICACIONES.....	59
FIGURA 3. 13: CRECIMIENTO DE LA CANTIDAD DE DISPOSITIVOS CONECTADOS..	60
FIGURA 3. 14: MATRIZ DE SERVICIOS SOPORTADOS EN 5G	61
FIGURA 4. 1: EJEMPLO DE DIVISIÓN DE RED MÓVIL.....	64
FIGURA 4. 2: DESACOPLAMIENTO DE SOFTWARE DE HARDWARE DEDICADO UTILIZANDO NFV	65
FIGURA 4. 3: UNA SOLUCIÓN DE RED GSM-LTE	66
FIGURA 4. 4: DESACOPLAMIENTO DEL PLANO DE CONTROL DEL PLANO DE DATOS PARA REDES ABIERTAS.....	66
FIGURA 4. 5: NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE UNA RED VIRTUALIZADA.....	67
FIGURA 4. 6: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SERVIDOR MEC	68
FIGURA 4. 7: OPTIMIZACIÓN DE LA RED MÓVIL USANDO NFV	68
FIGURA 4. 8: ESCENARIO DE SERVICIO INTELIGENTE DE VIDEO.....	69
FIGURA 4. 9: ELEMENTOS DE UNA CENTRAL CELULAR A SER VIRTUALIZADOS.....	70
FIGURA 4. 10: ESQUEMA DEL CORE NETWORK VIRTUALIZADO	75
FIGURA 4. 11: EQUIPO E9000 HUAWEI, FRONTAL.	76
FIGURA 4. 12: EQUIPO E9000 HUAWEI, PARTE POSTERIOR.	77

FIGURA 4. 13: ESQUEMA DE GABINETE PRINCIPAL	78
FIGURA 4. 14: ESQUEMA DE GABINETE REDUNDANTE	79

INDICE DE TABLAS

TABLA 4. 1:CAPACIDAD DE LAS ENTIDADES A VIRTUALIZAR	70
TABLA 4. 2:CAPACIDAD DE LAS CENTRALES MÓVILES A VIRTUALIZAR	73
TABLA 4. 3:CAPACIDAD DE LOS ELEMENTOS DE RED CELULAR A VIRTUALIZAR ..	74
TABLA 4. 4:VALORES CORRESPONDIENTES AL DIMENSIONAMIENTO DE LA REGIÓN 1 DE LA RED MÓVIL.....	74
TABLA 4. 5: CUADRO COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS 4G 5G	80

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza y se estudia el desarrollo y avance de las telecomunicaciones, específicamente lo relacionado a la telefonía móvil con su inminente migración de redes 4G hacia las redes 5G. Debido al cambio en el perfil del abonado de ser un consumidor de redes de servicios de voz hacia el alto consumo de servicios de datos inmersos en la corriente del internet de las cosas, las redes telefónicas tienen que adaptarse y proporcionar una respuesta dinámica ante tales cambios. Es por este motivo que se adoptan nuevos conceptos de virtualización de equipos y redes definidas por software en una operación de red celular. En el desarrollo de este trabajo se desarrollan los conceptos de Network function virtualization (NFV), las redes definidas por software, Software-Defined Networking (SDN) y Cloudificación, aplicados a una red celular al realizar un diseño de una red básica para integrarse a una red 5G. La metodología utilizada para este trabajo de titulación es de carácter exploratorio, descriptivo con un que permite tener una capacidad de 3.5M de usuarios en VLR, 1.6M de contextos activos y 10Gbps de throughput en dos gabinetes redundantes.

Palabras claves: 5G, NFV, SDN, Cloudificación, Diseño red celular virtualizada.

ABSTRACT

This paper analyzes and studies the development and progress of telecommunications, specifically related to mobile telephony with its imminent migration of 4G networks to 5G networks. Due to the change in the profile of the subscriber of being a consumer of voice services networks towards the high consumption of data services immersed in the flow of the internet of things, cellular networks have to adapt and provide a dynamic response to such changes. It is for this reason that new virtualization concepts of equipment and networks defined by software are adopted in a cellular network operation. In the development of this work the concepts of Network function virtualization (NFV), software defined networks, Software-Defined Networking (SDN) and Cloudification are developed, applied to a cellular network when designing a basic network to integrate to a 5G network. The methodology used for this work is exploratory, descriptive with an experimental approach, that allows to obtain a capacity of 3.5M users in VLR, 1.6M active context and 10Gbps throughput in just 2 redundant cabinets.

Key Words: 5G, NFV, SDN, Cloudification, Virtualized cellular network design.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO A INVESTIGAR

1.1 Introducción

Las telecomunicaciones han revolucionado el mundo desde el primer día que se hizo la primera llamada inalámbrica un 03 de abril de 1973, cuando el Ing. Martin Cooper (Figura 1.1) de la compañía Motorola utilizando un teléfono de más de un kilogramo de peso y una autonomía de no más de 60 minutos y alrededor de 10 horas de carga para la batería. El DynaTac 8000X fue el nombre del primer teléfono comercial inalámbrico, su precio comercial fue de alrededor de \$4000.

Desde ese día al presente 2018 los usuarios de telefonía celular han aumentado a 7800 millones líneas según un informe anual Mobile Economy de la GSMA. Es decir, existen tantos teléfonos activos como personas en el mundo.

El impacto de la tecnología de las comunicaciones a nivel mundial está comprobado que tiene una gran penetración del mercado no solo de las telecomunicaciones, sino que abarca mercados de producción y consumo. Al incorporar nuevos servicios y aplicaciones los teléfonos móviles se han convertido en una necesidad más que en un privilegio.

Para mantenerse como una tecnología que domina y prevalece al paso de los años, la telefonía móvil se adapta, se reinventa y crea necesidades en los suscriptores. Es aquí justamente que el presente trabajo pretende mostrar ese eslabón que existe en cada cambio de nivel desde una tecnología 4G hacia una nueva red celular creada a partir de las convergencias tecnológicas y necesidades del mercado: la red 5G.

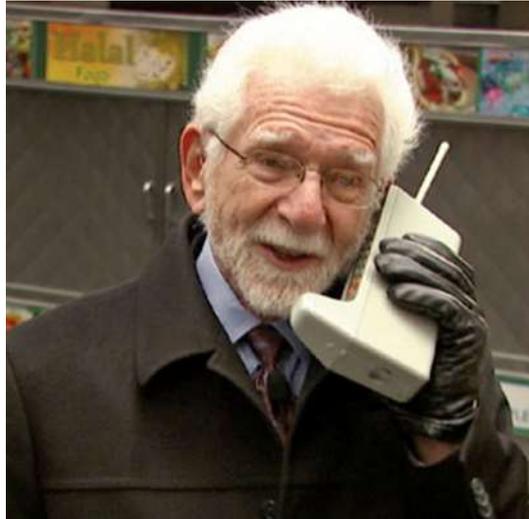


Figura 1. 1: Martin Cooper

Fuente: (Excelsior, 2015)

1.2 Justificación del problema

La red 4G que al momento se encuentra implementada en el país cuenta con gran aceptación de la población cubriendo gran parte de la demanda de servicios y aplicaciones que los usuarios requieren, pero qué sucede cuando se quiere estar a la vanguardia de las telecomunicaciones y potenciar el negocio hacia el cada vez más necesario del internet de las cosas o hacia una ciudad inteligente, sencillamente el ancho de banda para la transferencia de información de los usuarios va quedando corta en relación a la demanda.

Para suplir esta necesidad de los usuarios de la actual red celular en el Ecuador, se hace necesario migrar varios elementos de la red 4G hacia nuevas y más potentes arquitecturas, manteniendo algunos conceptos y bastidores actuales, pero agregando otras máquinas que en conjunto funcionarán proporcionando los servicios y aplicaciones de una red 5G.

El crecimiento tecnológico y la innovación van de la mano, es por este motivo que la telefonía celular se ha mantenido durante casi 5 décadas a la vanguardia del mercado, siendo una tecnología que se adapta a las necesidades del usuario y a los nuevos retos de la convergencia tecnológica se hace necesario conocer los novedosos conceptos de

virtualización de elementos de una central telefónica para convertirla en una central celular telefónica 5G.

1.3 Antecedentes

El sistema GSM consta de varios subsistemas para una mejor distribución de funcionalidades y tareas a cumplir, dentro de los principales se tiene los siguientes: Network Switching Subsystem (NSS), Base Station Subsystem (BSS), Network Management Subsystem (NMS), Core Network (CN), Access Network (AN).

El Core Network está constituido por Circuit Switched (CS) y Packet Switched (PS). El CS se refiere a las entidades que ofrecen un tipo de conexión para el tráfico de voz de usuarios, así como a las entidades que soportan dicho tráfico. Las entidades relacionadas al CS son MSS (Mobile services Switching Centre), GMSC (Gateway MSC), VLR (Visitor Location Register). El PS se refiere a las entidades que ofrecen un tipo de conexión para el tráfico de datos solicitado por los usuarios. Un tipo de conexión PS transporta la información del usuario mediante la concatenación autónoma de bits llamados paquetes: cada paquete se puede enrutar independientemente del anterior. Las entidades específicas del dominio PS son las entidades específicas de GPRS, es decir, SGSN (Serving GPRS Support Node) y GGSN (Gateway GPRS Support Node).

Para el año 2020 se espera implementar el reléase 15, llamado también 5G en los países europeos, con lo cual se espera cubrir los objetivos las tasas de datos: up link de 10 Gbps, Down link 20 Gbps, Tasa de datos experimentada por el usuario de 100 Mbps. En la actualidad las operadoras locales tienen en sus redes LTE (Long Term Evolution)-Advanced o sea el reléase 12, con lo cual es primordial preparar la red para el futuro próximo y con el presente trabajo de titulación se espera dar los lineamientos y conceptos básicos hacia el futuro inminente.

1.4 Definición del problema

La convergencia de las telecomunicaciones hacia un futuro inminentemente tecnológico donde la conectividad del usuario hacia el mundo, demanda tasas de requerimiento de datos extremadamente alta del orden de los 20 Gbps para la transferencia de información, con los ratios actuales del release 12 o 13 de la red LTE los valores que se podrían llegar a alcanzar son del orden de 1 Gbps, con lo cual es imprescindible preparar las entidades de la actual red celular para soportar la demanda de los usuarios y eso solo será posible virtualizando los equipos de la central de telefonía móvil.

1.5 Objetivos

En los siguientes apartados se describen los objetivos generales y específicos del presente trabajo de titulación.

1.6 Objetivo general

El objetivo general del proyecto es el siguiente:

- Preparar una central telefónica celular 4G para convivir con la nueva tecnología 5G, la cual tendrá la capacidad de soportar ratios de transferencia de datos del orden de los 20 Gbps para Down link y 10 Gbps para el Up Link, con la finalidad de proporcionar servicio de calidad de voz, datos, video y demás aplicaciones del internet de las cosas y ciudades inteligentes.

1.7 Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Presentar la arquitectura y los conceptos básicos de una red móvil release 12.

2. Analizar la convergencia de las telecomunicaciones hacia el año 2020.
3. Virtualizar el core de una central de telefonía móvil celular capaz de soportar la integración de la red actual con la nueva red 5G.

1.8 Hipótesis

La hipótesis del presente trabajo es la siguiente:

- La preparación de una central telefónica móvil 4G para soportar la nueva generación de red móvil celular 5G, es posible mediante la virtualización de las entidades que conforman la actual arquitectura del core network, con lo cual se dispondrá de una mejor tasa de transferencia de datos requeridos por los usuarios, según la convergencia de las comunicaciones para la próxima década.

1.9 Metodología de la investigación

La metodología de la investigación utilizada en el presente proyecto de titulación es *Exploratorio*, debido a que se analiza a profundidad la tecnología 4G y 5G, así como también las arquitecturas de las redes involucradas, además de las convergencias de las comunicaciones para la próxima década.

El trabajo también tiene un enfoque *Experimental*, ya que se hace una valoración de los elementos involucrados junto con su normal desarrollo posterior.

Finalmente se utiliza el paradigma *Empírico Analítico* llevado con una orientación *Cuantitativa* debido a que se analizan cantidades y cálculos para establecer la mejor opción.

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

2.1 Historia de la telefonía celular GSM

La telefonía celular tiene sus inicios con la necesidad de comunicarse a una gran distancia de manera inalámbrica, con sucesos como las guerras mundiales del siglo pasado los cuales impulsaron investigaciones sobre este campo y es así como apareció un equipo prototipo llamado “Handie Talkie H12-16” creado por Motorola, cuyas comunicaciones se daban por medio de las ondas de radio en las bandas de frecuencia por debajo de los 600 kHz.

Las investigaciones militares fueron avanzando en este campo y a la par también las aplicaciones de tales tecnologías en el medio civil, cuando los laboratorios Bell en la década de los 40 incursionaron con equipos de radios análogos utilizando frecuencias FM (Frequency Modulation) y bandas HF (High Frequency) y VHF (Very High Frequency).

En la década de los 50 la compañía Ericsson comercializa un móvil que, junto a las investigaciones de Bell, pero más orientado a utilizarlo en automóviles.

Los primeros teléfonos móviles comerciales se originan a partir de 1973, pero por su costo y dimensiones no tuvo gran acogida. Después casi una década de investigaciones Motorola pone en el mercado sus productos. Para la década de los 90's Nokia hace su aparición en el mercado con sus teléfonos innovadores e inicia la lucha en este mercado. Posteriormente han ido apareciendo nuevos fabricantes de equipos móviles como RIM, Apple, Samsung, LG, etc., como se puede apreciar en la figura 2.1 la evolución de teléfonos móviles desde 1G hasta 5G.

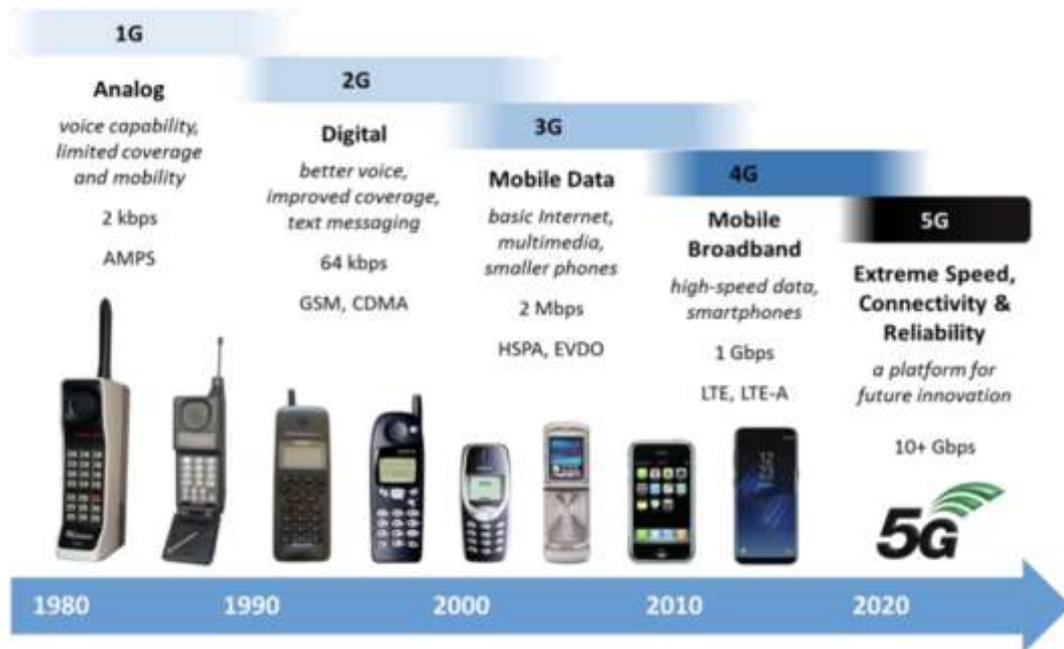


Figura 2. 1:Equipos móviles desde 1G hasta 5G

Fuente: 5G Americas- 5G Services and Use Cases (5G Americas, 2017)

La tecnología GSM tuvo sus inicios en 1982, pero la estandarización de la red GSM (Global System for Mobile communications) se dio alrededor de 1989, donde se decidió que la tecnología mejoraría con el tiempo. Y es así como, con las mejoras de la tecnología informática y acceso de radio, GSM fue robusteciendo su arquitectura. En 1995 se presenta en caso de que se fusionaron las GSM 900 y GSM 1800, definiendo servicios suplementarios adicionales, mejorando el servicio de mensajes cortos, además de introducir mejoras en el acceso de radio y la tarjeta SIM. De allí en más la tecnología no ha parado de crecer y robustecer sus nodos y elementos (Oy, 1998).

El ente que regula las estandarizaciones son la 3GPP (3rd Generation Partnership Project), la 3GPP utiliza un sistema de versiones que proporciona a los desarrolladores una plataforma estable para la implementación de características en un punto determinado y luego permite la incorporación de nuevas funcionalidades en las versiones posteriores, de esta forma se optimiza el hardware para que el paso de una versión a otra no sea dramático.

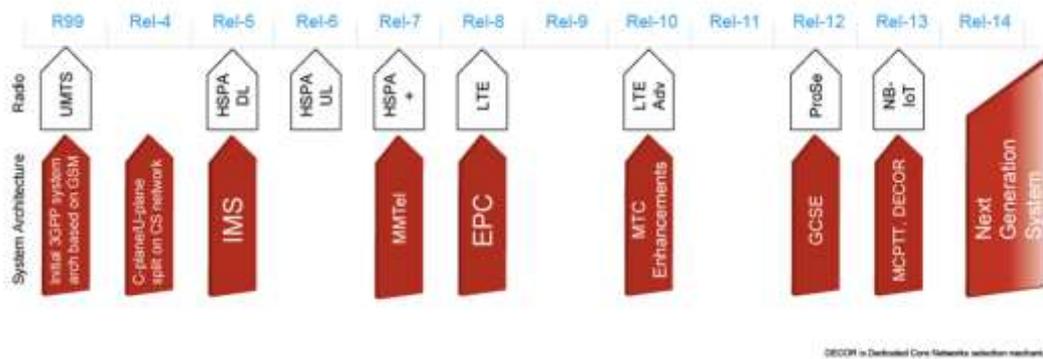


Figura 2. 2:Versiones de release hacia el 5G

Fuente: (Research, 2017)

En resumen, de la figura 2.2, se puede anotar lo siguiente:

Generación 1G: Tecnología analógica, desde la década de 1980 en adelante. Se implementaron varias tecnologías, a nivel nacional o regional, que incluyen: NMT (Nordic Mobile Telephone), AMPS (Advanced Mobile Phone System), TACS (Total Access Communications System), A-Netz a E-Netz, Radiocom 2000, RTMI (Radio Telefono Mobile Integrato), JTACS (Japan Total Access Communications System) y TZ-80n.

Generación 2G: Primeros sistemas digitales, implementados en la década de 1990 que introducen servicios de voz, SMS y datos.

Las principales tecnologías de 2G son: GSM / GPRS (General Packet Radio Service) y EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), CDMA (Code Division Multiple Access) One, PDC (Personal Digital Cellular), iDEN (Integrated Digital Enhanced Network), IS-136 o D-AMPS (Digital - Advanced Mobile Phone System).

Generación 3G: El sistema 3G de 3GPP se basa en las redes centrales evolucionadas del Sistema Global System for Mobile communication (GSM) y las tecnologías de acceso de radio que soporta.

Esto ha permitido el mantenimiento y desarrollo de GSM, con la evolución del General Packet Radio Service (GPRS) y las Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE), así como desarrollos adicionales con el Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) y High Speed Packet data Access (HSPA).

3G trajo una visión global de la evolución de las redes móviles, con la creación de la familia de sistemas IMT-2000 de la UIT que incluía las tecnologías de acceso por radio EDGE, CDMA 2000 1X / EVDO y UMTS-HSPA +.

Generación 4G: LTE y LTE-Advanced han cruzado el límite generacional que ofrece la próxima generación de tecnología. Con su capacidad para datos de alta velocidad, eficiencias espectrales significativas y la adopción de técnicas avanzadas de radio, su aparición ha sido la base de todos los nuevos sistemas móviles desde la Versión 8 en adelante.

Cabe señalar que LTE-Advanced (del release 10) es la interfaz de radio ITU-R IMT-Advanced de 3GPP. LTE-Advanced es la primera tecnología verdadera 4G especificada por 3GPP.

LTE-Advanced Pro es el nombre que ayuda a la industria a describir lo que se ha logrado con la finalización de la Versión 13. LTE Pro está destinado a otros sectores, más allá de las telecomunicaciones, el sector máquina a máquina o Internet of Things (IoT), transporte (ferrocarril, ITS, etc.), educación y muchas otras áreas. LTE-Advanced Pro es el escalón de 3GPP para los sistemas 5G (3GPP, 2018).

2.2 Definición de central celular GSM

Una central telefónica móvil es la unión de varios elementos de red que interactúan de manera coordinada y con tareas específicas para ofrecer un servicio transparente de voz y datos de calidad para el usuario final. Los equipos están normados por estándares de comunicación regulados por la

3GPP y la ITU (Telecommunication Standardization Sector) con lo cual se garantiza la compatibilidad de los equipos a pesar de ser fabricados por diferentes proveedores.

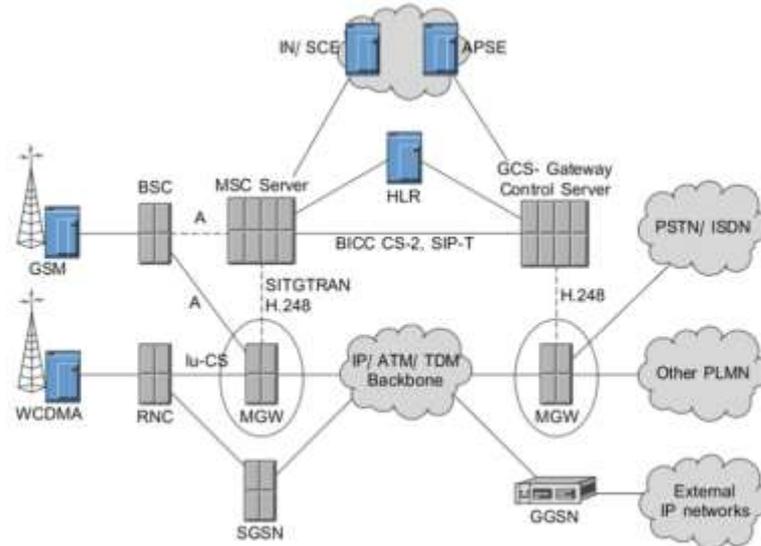


Figura 2. 3:Entidades de una red GSM Release 4

Fuente: (Nokia, 2005)

En la figura 2.3 se muestran las diferentes entidades que forman parte de una central de conmutación de una red celular típica.

En las secciones siguientes del capítulo 2 se van a describir detalladamente cada una de las partes del sistema de red de una central telefónica móvil.

2.3 Arquitectura básica de una central celular

La arquitectura de una central telefónica se aprecia en la figura 2.4, donde se tienen los subsistemas GERAN (GSM EDGE Radio Access Network), UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network), Core Network, plataformas de valor agregado. También se muestran los diferentes planos del tráfico de la señalización para los diferentes escenarios que se ejecutan con cada petición de usuario: los planos de control, los planos de usuario y el plano de aplicación.

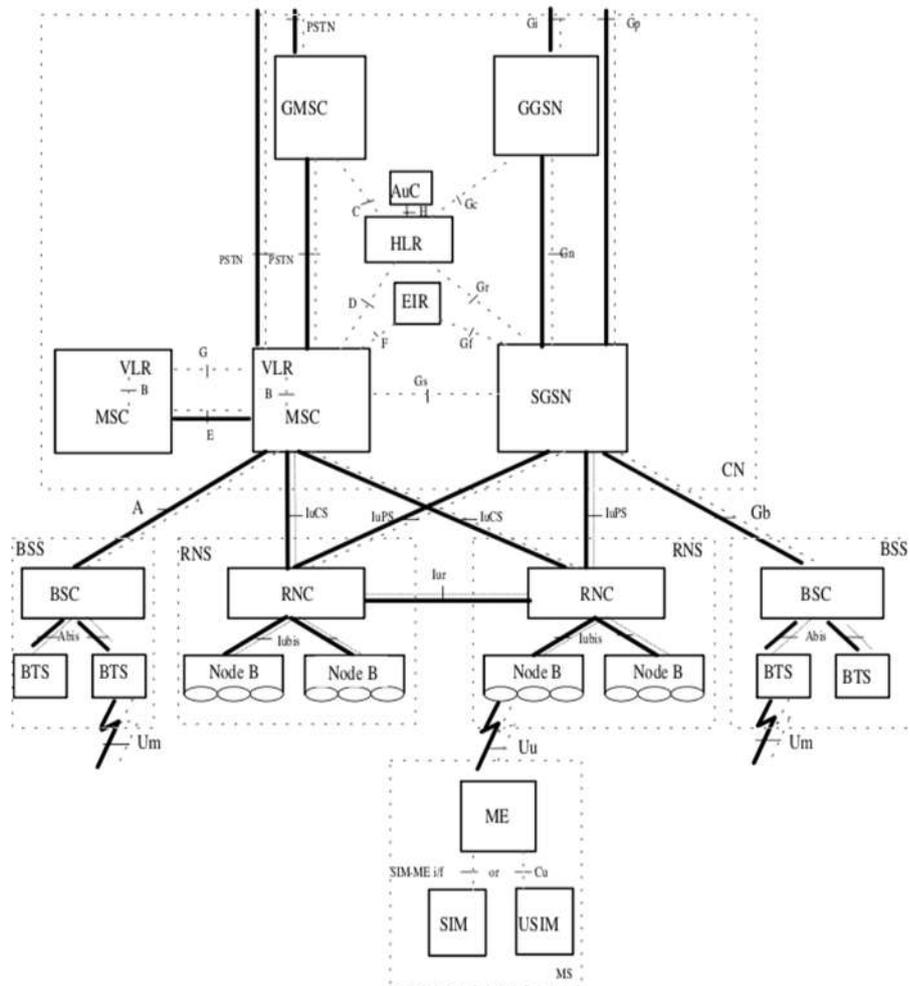


Figura 2. 4: Arquitectura de una central de conmutación

Fuente: (3GPP, 3G TS 23.002 version 3.1.0, 1999)

Los elementos que conforman los subsistemas del core network son la MSS, HSS (Home Subscriber Server), GGSN, SGSN, MGW (Media Gateway), SVA (Servicios de valor agregado).

Las funcionalidades y detalles de cada una de las entidades de la central móvil se detallan en las siguientes secciones.

2.4 MS-BSS GERAN-UTRAN

The Base Station Controller (BSC): es un área de cobertura de radio que consta de una o más celdas controladas por un BSC. Los límites de un área de BSC y un área de ubicación son independientes; un área de ubicación

puede abarcar el límite entre el área de BSC y un área de BSC puede abarcar el límite entre las áreas de ubicación.

The Radio Network Controller (RNC): es un área de cobertura de radio que consiste en una o más celdas controladas por un RNC. Los límites de un área de RNC y un área de ubicación son independientes; un área de ubicación puede abarcar el límite entre el área de RNC y un área de RNC que puede abarcar el límite entre las áreas de ubicación.

Mobile Station (MS): consiste en el equipo físico utilizado por un abonado.

Multimedia Gateway (MGW): es un producto de conmutación digital para redes móviles de tercera generación. La arquitectura es altamente modular para proporcionar flexibilidad.

En la figura 2.5 se muestra un sistema BSS 2G-3G

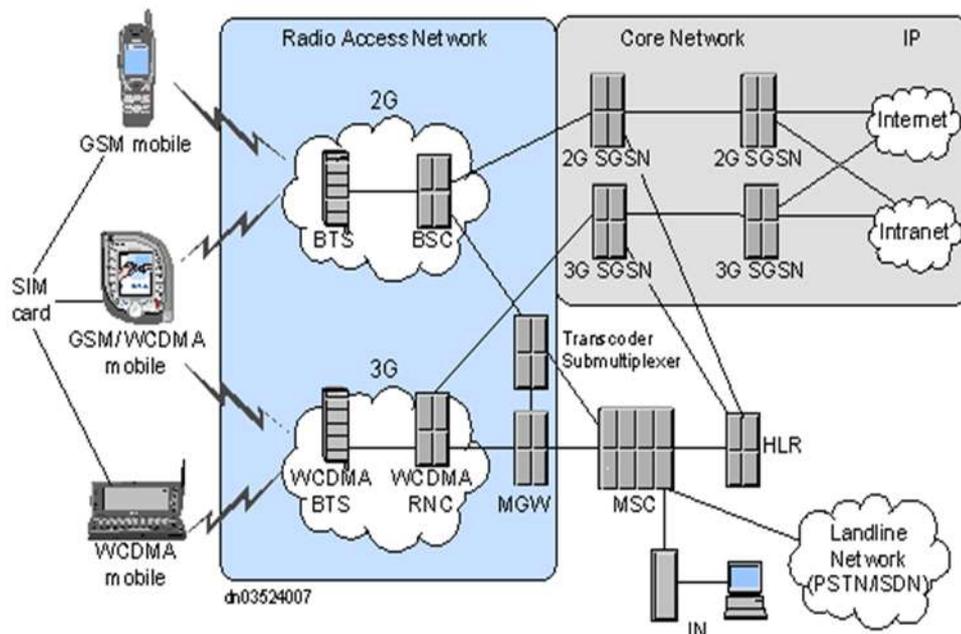


Figura 2. 5: Sistema BSS 2G-3G
Fuente: (Oy, 1998)

En las figuras 2.6 y 2.7 se representa un sistema UTRAN para una red LTE

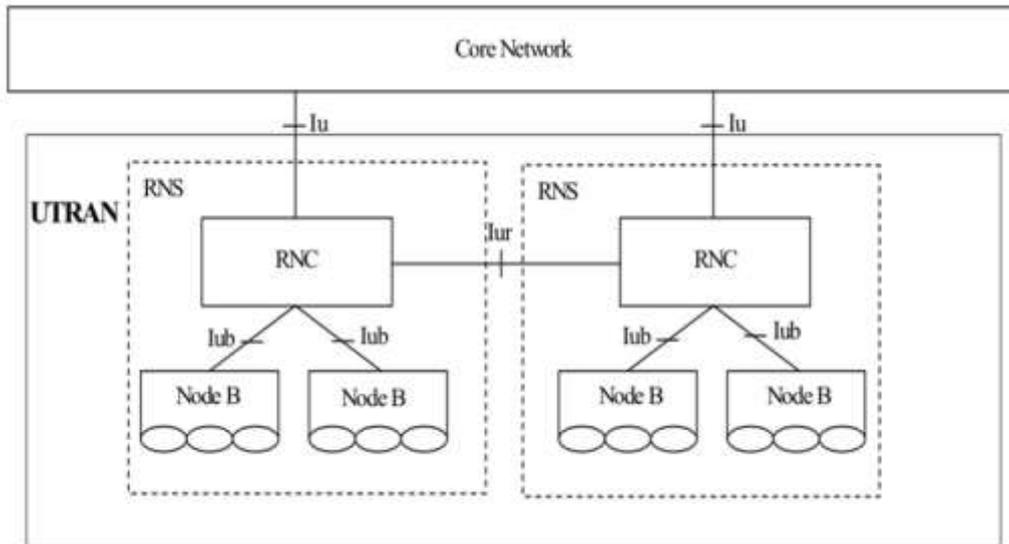


Figura 2. 6: Sistema UTRAN 4G
 Fuente: (3GPP, 3GPP TS 25.401 version 13.0.0 Release 13, 2016)

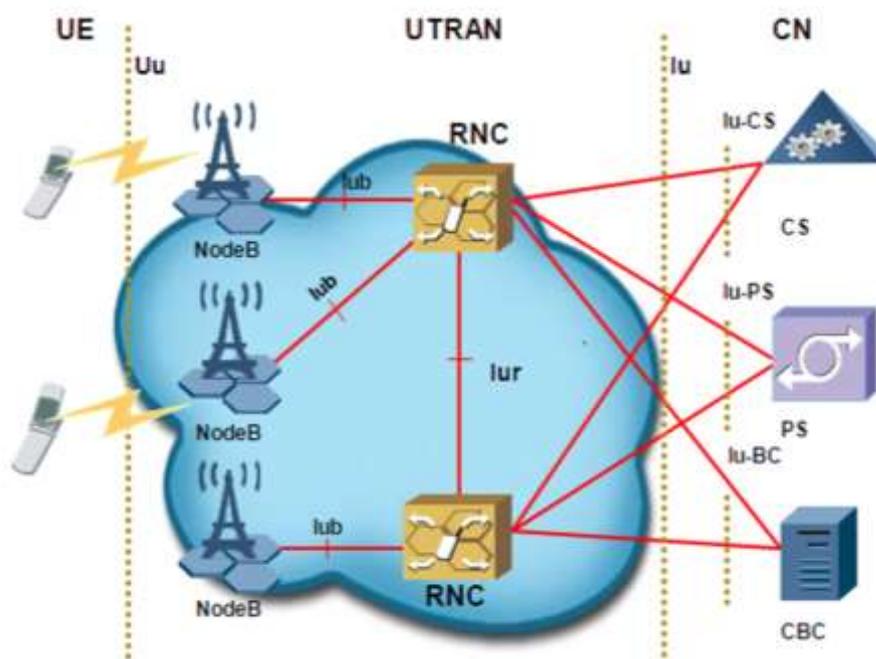


Figura 2. 7: Red UTRAN
 Fuente: Manuales Técnicos Huawei

La arquitectura de la Bsc se muestra en la figura 2.8, sus principales funciones son las siguientes:

Call Control: Provee servicios básicos de voz o datos, es decir llamadas móviles de voz o datos.

Management of terrestrial channels: asignación de canales de tráfico entre la BSC y las BTSs

Control for A interface circuits: Asignación flexible de canales.

Management of radio channels: Administración y configuración de canal común de señalización de canales de tráfico. Administración de traffic channels (TCH) y de stand-alone dedicated control channels (SDCCH).

Manejo de canales de control (BCCH) y common control channels (CCCH):

- Administración de frequency hopping
- Handovers
- intra-BSC, intra-cell (same cell)
- intra-BSC, inter-cell (one cell to another)
- inter-BSC

Manejo de canales de señalización entre la BSC y las BTSs:

El BSC supervisa todas las conexiones permanentes de señalización LAPD punto a punto a 16, 32 o 64 kbit / s, consiste en una conexión por Transceiver unit (TRX) y la Operation and Maintenance Unit (OMU) de la BTS.

Manejo de paquetes de datos GPRS/EDGE:

- Gestión y establecimiento de conexión
- Asignación de recursos (resource allocation)
- programación
- Transferencia de datos
- MS uplink power control
- Gb load sharing (uplink)
- Flow control (downlink)

Mantenimiento:

- Localización de fallas en BSC
- Reconfiguración de la BSC
- Reconfiguración soporte de la BTS
- Actualización del software en BSC, TCSM y BTS

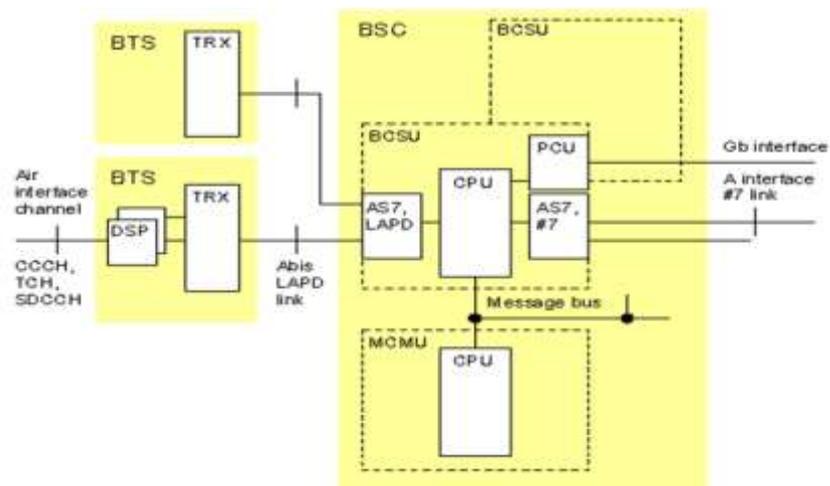


Figura 2. 8: Arquitectura BSC
Fuente: Manuales Técnicos Nokia

En la figura 2.9 se muestra una conexión típica de las RNC en una red GSM.

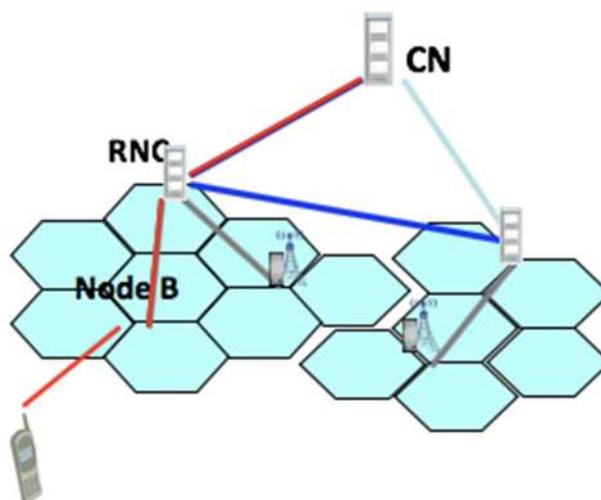


Figura 2. 9: Conexión RNC
Fuente: Manuales Técnicos Huawei

En la figura 2.10, se detalla una conectividad de dos nodos B hacia una RNC

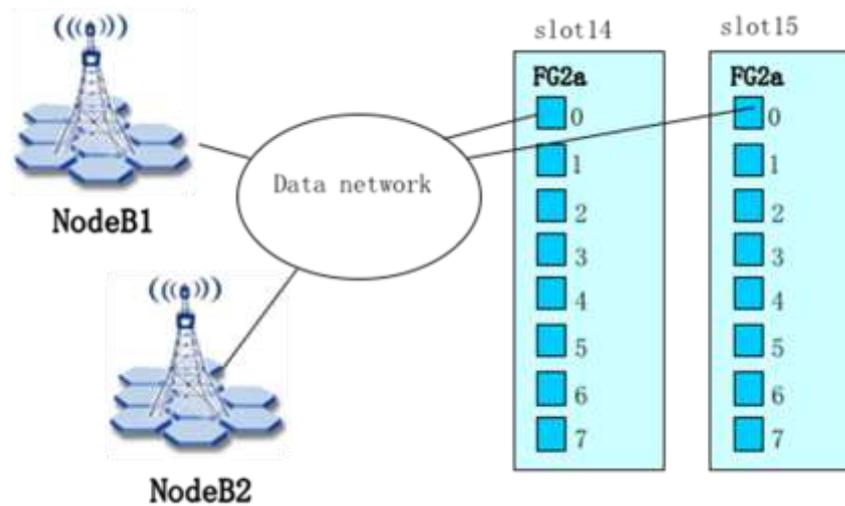


Figura 2. 10: Conexión de Nodos B hacia RNC
Fuente: Manuales Técnicos Huawei

La estructura lógica de la RNC se muestra en la figura 2.11, cuyas prestaciones son muy parecidas a las descritas para la BSC, en resumen, se dice que la RNC realiza las acciones:

- Provee control de la conmutación interna
- Distribución de las señales de timing
- Habilitación de conexiones inter-subracks
- Proveer operación y mantenimiento del RNC
- Control de power supply, ventiladores y del medio ambiente de la RNC.
- SCU provee una capacidad de 60Gbps, total 120Gbps de capacidad (dos SCUa trabajando en load sharing)
- Control de configuración y mantenimiento de subracks
- Permiten la conexión de bastidores
- Permite la sincronización de los subracks
- El subsistema de procesamiento de servicios RNC administra las funciones definidas en los servicios de referencia a protocolos y procesos 3GPP del RNC.
- Transferencia de datos de usuario

- Control de admisión del sistema
- Cifrado y descifrado de canales de radio
- Protección de la integridad
- Gestión de la movilidad
- Gestión y control de recursos de radio
- Servicio de difusión celular
- Transmisión multimedia
- Seguimiento de mensajes
- Informes de volumen de datos
- Gestión de la información de la red de acceso de radio (RAN)

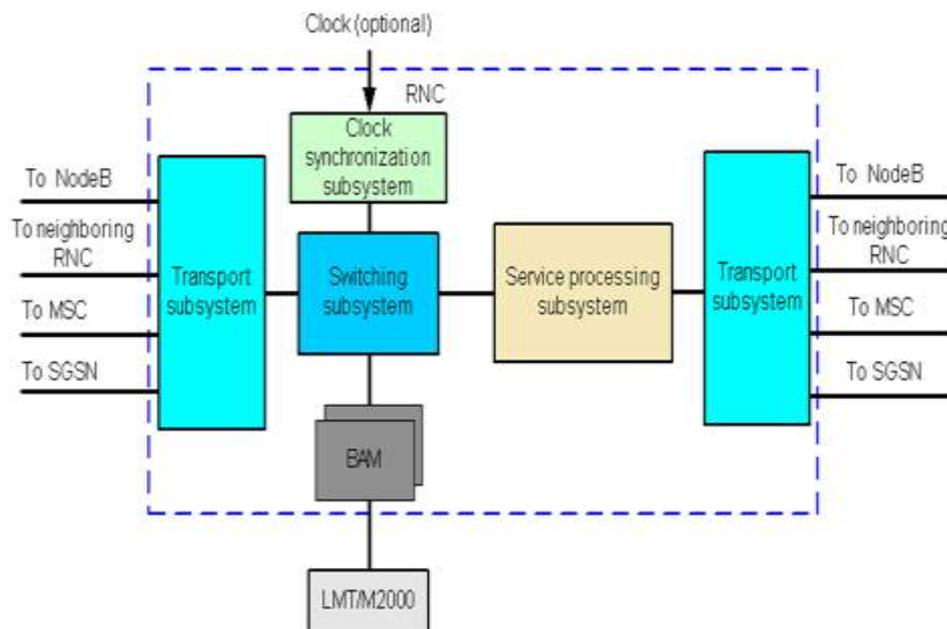


Figura 2. 11: Arquitectura de la RNC
Fuente: Manuales Técnicos Huawei

El subsistema RNC funciona como activo - pasivo: este diseño se realiza mediante el hardware que funciona en modo de redundancia. Cuando la parte activa está defectuosa pero la parte en espera funciona correctamente, las partes activa y en espera se pueden conmutar automáticamente para garantizar el funcionamiento correcto del RNC. Lo cual garantiza el funcionamiento de todo el equipo.

2.5 SGSN-GGSN

Serving GPRS Support Node (SGSN): La función de registro de ubicación en el SGSN almacena información de la suscripción e información de ubicación para servicios de paquete conmutado para cada suscriptor registrado en el SGSN.

El área del SGSN es la parte de la red atendida por un SGSN. Un área SGSN puede consistir en una o varias áreas de enrutamiento. Un área SGSN también puede consistir en una o varias áreas BSC. No es necesario que exista una relación uno a uno entre el área SGSN y el área MSC / VLR.

Gateway GPRS Support Node (GGSN): La función de registro de ubicación en el GGSN almacena información de suscripción e información de encaminamiento (necesaria para canalizar el tráfico de datos por paquetes destinado a una MS GPRS al SGSN donde está registrada la MS) para cada abonado para el que el GGSN tiene activo al menos un contexto de datos.

Los diferentes elementos de la arquitectura SGSN se aprecian en la figura 2.12

El dominio de paquetes se refiere al conjunto de todas las entidades del Core Network que ofrecen "un tipo de conexión de circuitos de paquetes" para el tráfico de usuarios, así como a todas las entidades que soportan la señalización relacionada. Un "tipo de conexión de circuitos de paquetes" transporta la información del usuario mediante la concatenación autónoma de bits llamados paquetes: cada paquete se puede enrutar independientemente del anterior.

Las entidades específicas del dominio de circuitos de paquetes son las entidades específicas de GPRS, es decir, SGSN y GGSN. Todas las demás entidades del Core Network son comunes a los dominios CS y PS.

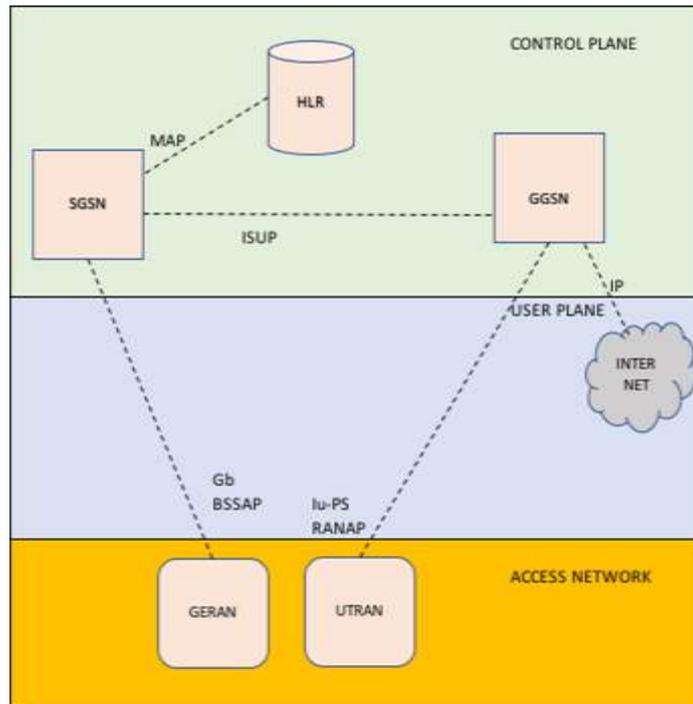


Figura 2. 12: Arquitectura SGSN-GGSN
Fuente: Elaborado por el autor

2.5.1 Evolved packet core EPC

En una red GSM, la conmutación de circuitos es la que predomina por tanto la arquitectura depende dicha conmutación, esto quiere decir que para poder establecer conexión entre los abonados A y B, tanto el que llama A, como el que recibe la llamada B necesariamente se tienen que establecer circuitos a través de toda la red de telecomunicación en las partes de radio, red móvil, red fija etc., por tanto todos los servicios son transportados por medio de conmutadores de circuitos de telefonía móvil, así como también mensajes de texto y datos.

Cuando aparece GPRS, la conmutación de paquetes es adicionada a la conmutación de circuitos, en esta parte de la evolución los paquetes se transportan sin la necesidad de tener circuitos dedicados para esta finalidad. Dando origen a los dominios de Circuitos y Paquetes. Como los mostrados en la figura 2.13.

Para UMTS, los conceptos de los dominios se mantienen y se hacen pequeñas modificaciones a los equipos de la red y utilizando *Internet protocol (IP)* de comunicación.

En la evolución del GSM el EPC ya no tiene en su dominio la conmutación de circuitos, sino únicamente de paquete de datos utilizando protocolos IP para la comunicación entre las entidades de la red.



Figura 2. 13: Dominio de circuitos y paquetes
Fuente: Elaborado por el autor

La arquitectura del EPC fue presentada por primera vez en el 3GPP en la versión 8 del estándar, tiene una arquitectura plana, manejando tráfico de datos de manera eficiente al utilizar pocos nodos de la red y evitando conversión de protocolos.

También se separaron los datos de usuario y señalización en los planos de usuario y control respectivamente como se puede apreciar en la figura 2.14.

Los elementos del EPC son:

User Equipment (UE), el equipo de usuario que está conectado al EPC a través del LTE access network (E-UTRAN) por medio de The Evolved NodeB (eNodeB) (Firmin, 2018).

El Home Subscriber Server (HSS), es la base de datos que contiene información de los usuarios o suscriptores, además proporciona datos que ayudan a la gestión de movilidad, establecimiento de llamadas y sesiones, autenticación de usuarios y autorización de acceso a la red. Está basado en la versión anterior del 3GPP el HLR y el AUC (Firmin, 2018).

El Serving GW, se ocupa del plano de usuario del sistema, transporta el tráfico de datos IP del UE y de las redes externas, siendo un punto de interconexión de la interface de radio y el EPC, enrutando paquetes entrantes y salientes. Está conectado lógicamente con el PDN (Firmin, 2018).

El Packet Data Network (PDN), esta entidad es un punto de interconexión entre el EPC y las entidades externas a la red móvil de paquetes, enrutando paquetes desde y hacia la red local con las redes externas (Firmin, 2018).

El ente for Mobility Management Entity (MME), es la entidad que se ocupa del plano de control, manejando la señalización relacionada con la movilidad y la seguridad para el acceso a la red E-UTRAN. El MME es responsable de controlar la movilidad del UE y la paginación de este cuando está en modo inactivo (Firmin, 2018).

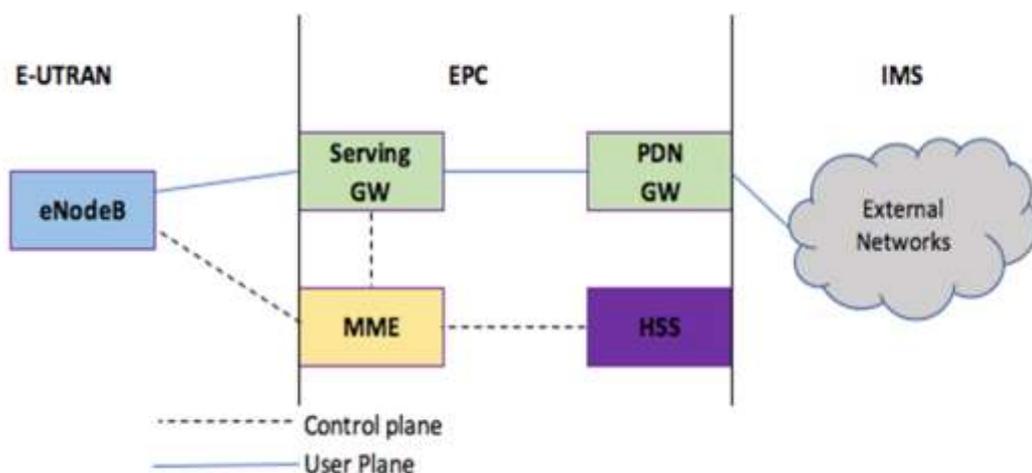


Figura 2. 14: Arquitectura básica EPS
Fuente: Elaborado por el autor

2.5.2 MSS-VLR, HLR, ACU, EIR

En la presente sección de va a transcribir las definiciones que proporciona la 3GPP para cada uno de los elementos que conforman el Core Network. La figura 2.15 muestra los elementos de red GSM.

The Home Location Register (HLR): es el registro de ubicación al que se asigna un suscriptor móvil para fines de registro, como la información del suscriptor (3GPP, 3G TS 23.002 version 3.1.0, 1999).

The Visitor Location Register (VLR): es el registro de ubicación de los servicios de Circuit Switched (CS), distintos del HLR, utilizados por un MSC para recuperar información, por ejemplo, el manejo de llamadas hacia o desde una estación móvil itinerante ubicada actualmente en su área (3GPP, 3G TS 23.002 version 3.1.0, 1999).

The Authentication Centre (AuC): es una entidad que almacena datos para cada suscriptor móvil para permitir que la International Mobile Subscriber Identity (IMSI) sea autenticada y para permitir la comunicación a través de la ruta de radio entre la estación móvil y la red a cifrar. El AuC transmite los datos necesarios para la autenticación y el cifrado a través del HLR al VLR, MSC y SGSN que necesitan autenticar una estación móvil (3GPP, 3G TS 23.002 version 3.1.0, 1999).

The Equipment Identity Register (EIR): en el sistema GSM es la entidad lógica que se encarga de almacenar en la red las International Mobile Equipment Identities (IMEI), que se utilizan en el sistema GSM junto con las listas negras, blancas y grises de suscriptores (3GPP, 3G TS 23.002 version 3.1.0, 1999).

Es una red pública que es establecida y operada por una administración o una Agencia de Operación Privada Reconocida con el propósito específico de proporcionar servicios de telecomunicaciones móviles terrestres al público.

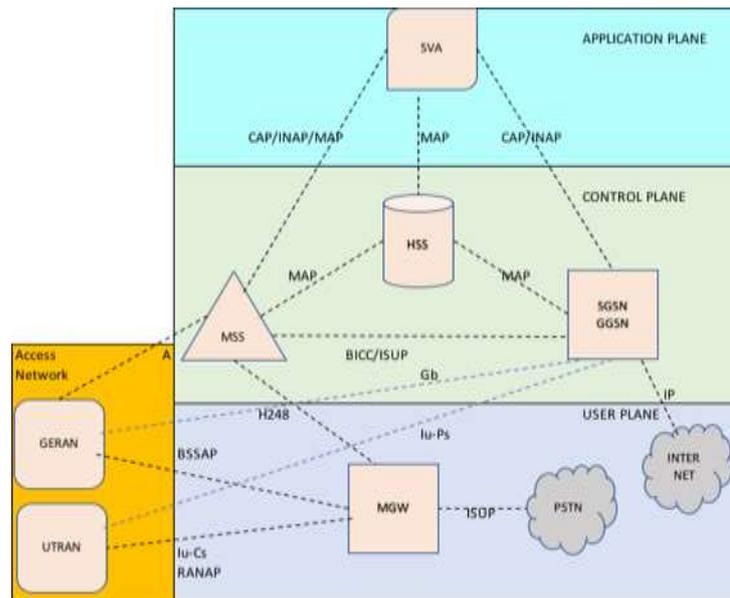


Figura 2. 15: Elementos de un central Móvil GSM
Fuente: Elaborado por el autor

Las funcionalidades de un Core Network son los siguientes: Roaming internacional, Gestión de movilidad, Llamadas de voz, SMS, Datos, Fax, Multimedia, Video Streaming.

Una MSS tiene la siguiente arquitectura, la cual se detalla en la figura 2.16.

La ubicación de las tarjetas de una MSS se aprecia en la figura 2.17.

Base Station Signalling Unit (BSU): son unidades de señalización con la red de acceso.

Basic Data Communication Unit (BDCU): Contiene enlaces de comunicación a la red de O & M, al Centro de mensajes cortos y al Centro de facturación

Cellular Management Unit (CMU): La CMU controla la red de radio celular. También proporciona funciones de soporte del sistema.

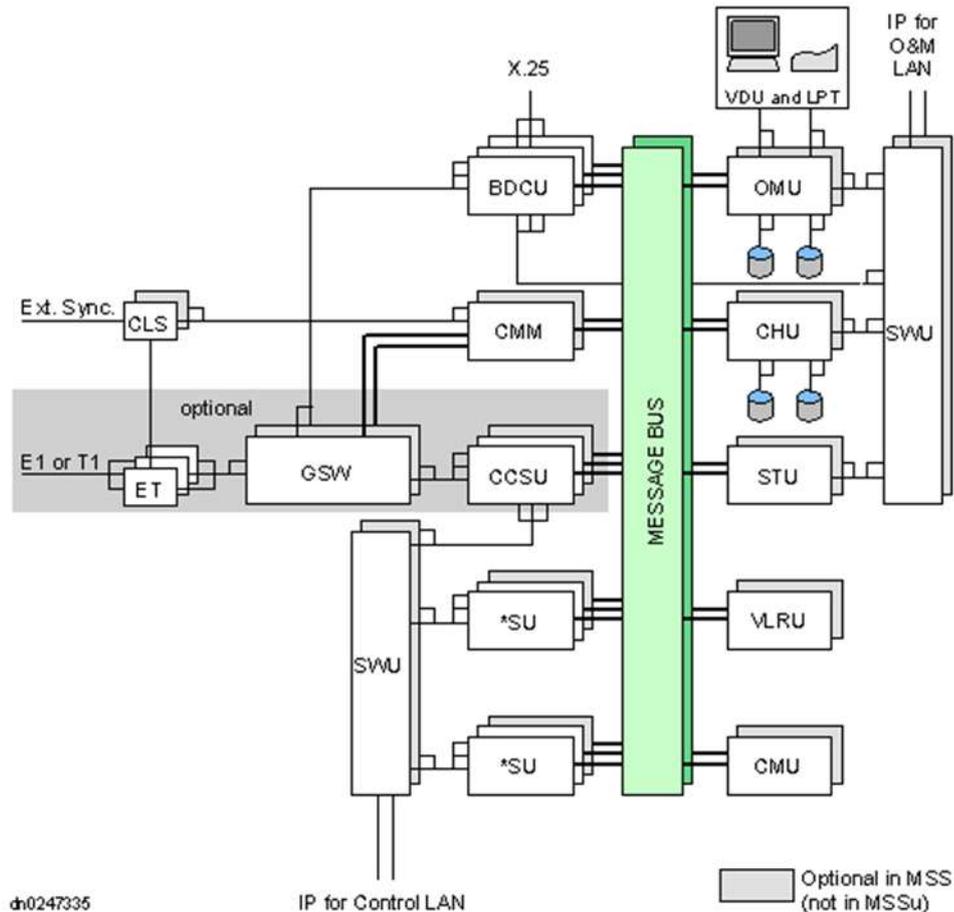


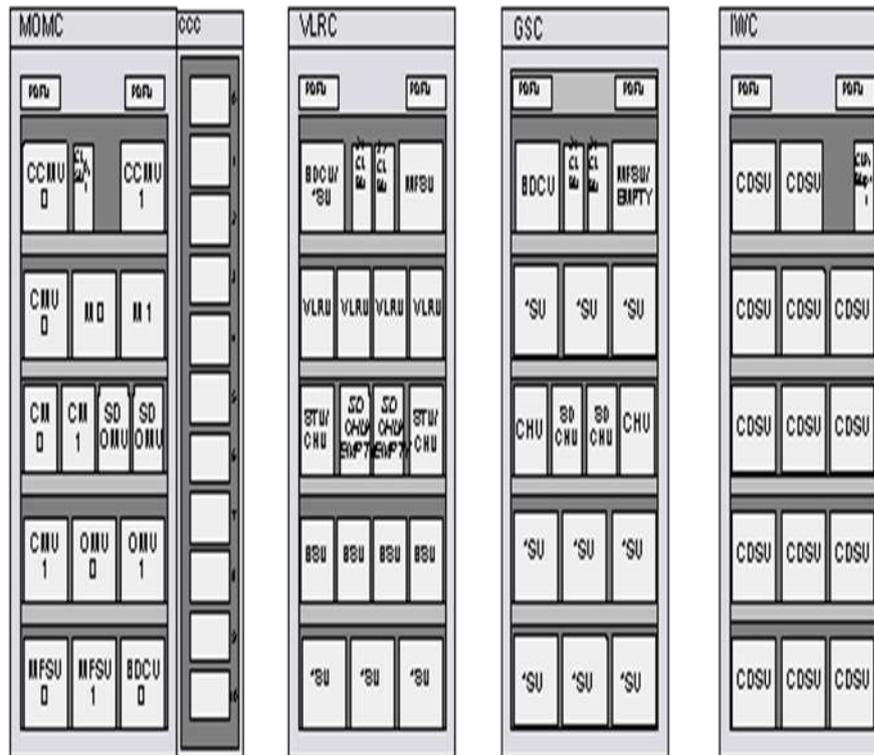
Figura 2. 16: Arquitectura de una MSS
Fuente: Manuales Técnicos Nokia

Central Memory and Marker (CMM): La memoria central maneja las funciones de enrutamiento. El marcador controla y supervisa el GSW, busca circuitos libres y es responsable de establecer y liberar todas las conexiones.

Charging Unit (CHU): Recopila y almacena datos de carga de tarificación.

Clock System Unit (CLSU): Genera las señales de reloj necesarias para sincronizar las funciones del MSS.

Clock and Alarm Buffer Unit (CLBU): Distribuye las señales de reloj (generadas por las CLSU) a las unidades en el mismo armario. El CLBU también recopila alarmas.



* This position accepts any of the signalling
CCSU, CASU, PAU or

Figura 2. 17: Posición de tarjetería de una MSS
Fuente: Manuales Técnicos Nokia

Common Channel Signalling Unit (CCSU): El CCSU maneja las funciones de señalización CCS7 para las líneas PCM externas hacia los otros elementos de red en el NSS. El CCSU requiere el gabinete opcional.

Exchange Terminal (ET): Realiza la sincronización eléctrica y la adaptación de una línea PCM externa. El ET requiere el gabinete opcional.

La figura 2.18 detalla las posiciones de las tarjetas de un HLR.

Group Switch 256 (GSW256): Comunicación interna.

Switching Unit (SWU): Recopila datos de señalización de BSU y SIGU, y datos de señalización O & M de las unidades OMU, BDCU y STU / CHU y los envía a la red IP a través de conmutadores y enrutadores LAN externos.

BASIC CABINETS

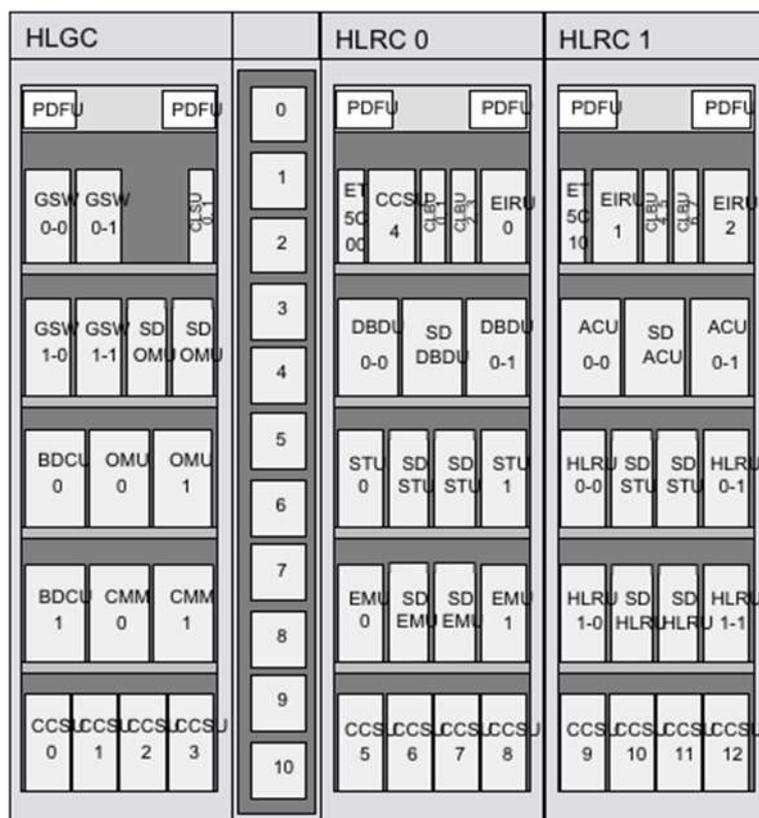


Figura 2. 18: Posición de tarjeterías de un HLR

Fuente: Manuales Técnicos Nokia

Message Bus (MB): El MB es la conexión física entre las unidades de la computadora central.

Operation and Maintenance Unit (OMU): Maneja todas las funciones centralizadas de supervisión, alarma y recuperación, y las conexiones hacia la interfaz de usuario.

Power Distribution Fuse Unit (PDFU): Distribuye la potencia de -48V / -60V de los rectificadores o baterías a los fusibles a través de los cables de distribución.

En la figura 2.19, se presentan los gabinetes MSS.



Figura 2. 19: Gabinetes de MSS – HLR
Fuente: Manuales Técnicos Nokia

Signalling Unit (SIGU): Maneja las funciones de señalización hacia los elementos de red en el NSS. El SIGU maneja la señalización SIGTRAN sobre IP.

Statistical Unit (STU): Recopila datos de rendimiento y medición de la red.

Visitor Location Register Unit (VLRU): Contiene información sobre cada suscriptor que la MSS atiende actualmente.

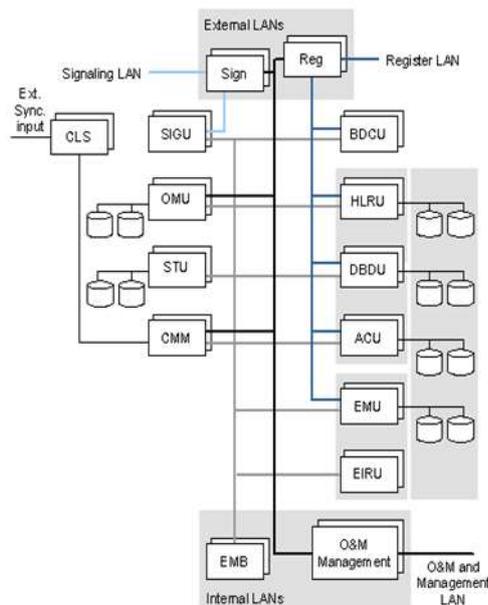


Figura 2. 20: Arquitectura del HLR
Fuente: Manuales Técnicos Nokia

Authentication Centre Unit (ACU): La ACU es responsable del almacenamiento de los datos de autenticación

La figura 2.20 presenta la arquitectura del HLR. Mientras que la figura 2.21 muestra las conexiones internas del HLR.

Clock System (CLS): El CLS consta de dos unidades estándar, la Unidad del sistema del reloj y la Unidad del búfer de alarma y reloj.

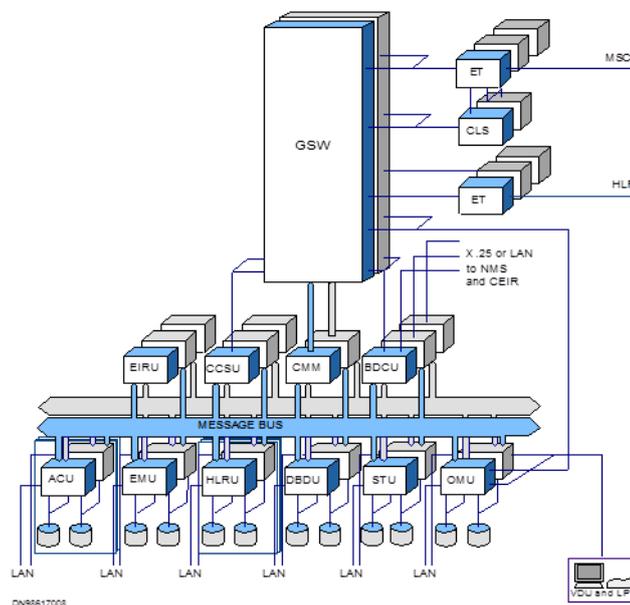


Figura 2. 21: Diagrama de conexión interna del HLR
Fuente: Manuales Técnicos Nokia

2.6 Conceptos de virtualización

De manera convencional se tiene la idea al referirnos a “un equipo de telecomunicaciones” como un dispositivo o equipo que tiene hardware y software integrados. El concepto de virtualización desacopla toda esta infraestructura de integración de la parte lógica con la parte del hardware.

Estos conceptos nuevos hacen que la red móvil tendrá funciones de red virtualizada y elementos de red no virtualizados en las nuevas generaciones de redes celulares móviles. Tanto las funciones de red

virtualizadas como las funciones de red no virtualizadas deberán poder ser gestionados para tener un control óptimo de la red móvil.

Debido al desacoplamiento del software y el hardware de la función de red, La documentación del ETSI ISG NFV introduce la arquitectura de gestión y orquestación de Network Functions Virtualisation (NFV), que interactúa con el sistema de gestión de red 3GPP, para realizar la gestión de las funciones de red virtualizadas y la asignación de recursos. 3GPP especifica la solución de gestión de redes móviles que incluyen funciones de red virtualizadas y aclara la relación entre la arquitectura de gestión de 3GPP y la arquitectura de ETSI ISG NFV Management and Orchestration (3GPP, 3GPP TS 28.500 V14.1.0, 2017).

A pesar de tener virtualizados los elementos de la red, aun es importante anotar que se necesitan recursos de hardware en las entidades virtualizadas.

En las figuras 2.22 y 2.23 se muestra un concepto de virtualización que se puede aplicar a los elementos de red móvil.



Figura 2. 22: Componentes de un elemento de red convencional
Fuente: Elaborado por el autor

La Network Function (NF), es una función de procesamiento de elementos de red con un comportamiento funcional concebidos bajos los conceptos 3GPP, de los Network Element (NE), los cuales están funcionando de manera normal con un hardware y software integrados (3GPP, 3GPP TS 28.500 V14.1.0, 2017).

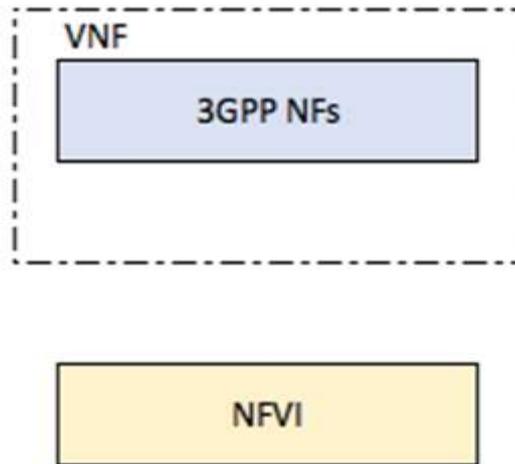


Figura 2. 23: Componente de un elemento de red virtualizada
Fuente: Elaborado por el autor

La NFV Infrastructure (NFVI), es parte de una red virtualizada y no pertenece al mismo hardware del NE (FLYNN, 2015).

La Virtualized Network Function (VNF) está en conjunto con los elementos de red definidos en el 3GPP del hardware virtualizado (FLYNN, 2015).

EL NFVI se compone de los elementos de hardware y software que en conjunto proporcionan los recursos de infraestructura donde se implementan los VNF. Los recursos de infraestructura contienen las entidades de hardware, el software de capa de virtualización y los recursos virtualizados de los que depende VNF (3GPP, 3GPP TS 28.500 V14.1.0, 2017).

2.7 Network function virtualization (NFV)

La virtualización de funciones de red se utiliza para flexibilizar los procesos de aprovisionamiento de red a fin de reducir el tiempo de nuevos servicios, aprovechando las tecnologías de virtualización y el hardware comercial para establecer servidores de propósito general, almacenamiento. El principal propósito de una NFV es desacoplar la implementación del software de las funciones de red del hardware subyacente. Al ser una

tecnología emergente NFV tiene varios desafíos a resolver como por ejemplo garantizar el rendimiento de la red para los diferentes dispositivos virtuales, creación de servicios y migraciones de aplicaciones de manera dinámica de la mano de mantener una ubicación eficiente del hardware (Bo Han, 2015).

Para mantener operativa una red de comunicaciones que tiene ya operando en el mercado un tiempo de servicio relevante y pretender instalar nuevos servicios a los ya existentes, es complicado debido a que el hardware existente maneja patentes de los proveedores o fabricantes, adicional a esto se debe tener el espacio físico suficiente para instalar las nuevas plataformas, se debe de contar con la energía que garantice el encendido y funcionalidad del nuevo hardware, hay que sumar el costo de contratar técnicos especializados para realizar la integración de los equipos así como su futuro mantenimiento. Para aliviar los problemas antes mencionados han surgido las técnicas de NFV junto con otras tecnologías emergentes como el software definid networking (SDN) y también la cloudificación o cloud computing (Mijumbi, y otros, 2016).

La NFV convierte la manera en la que los administradores de red diseñan la infraestructura y aprovechan la tecnología de virtualización en todo momento para separar el software de la plataforma de hardware y de esta forman desacopla la funcionalidad de la ubicación de los equipos aprovechando esta instancia para tener un aprovisionamiento más efectivo y rápido de los servicios de red de los sistemas de comunicación (Bo Han, 2015).

La NFV implementa las funciones de red por medio de técnicas de virtualización de software las cuales las ejecuta en un hardware básico, es decir en equipos genéricos como servidores estándares de la industria que se pueden conseguir sin ningún problema en el mercado. Estas entidades virtuales se pueden aprovisionar bajo demanda sin la necesidad de instalar un nuevo equipo de hardware en el sistema. En la figura 2.24 se muestra un esquema típico de un sistema NFV.

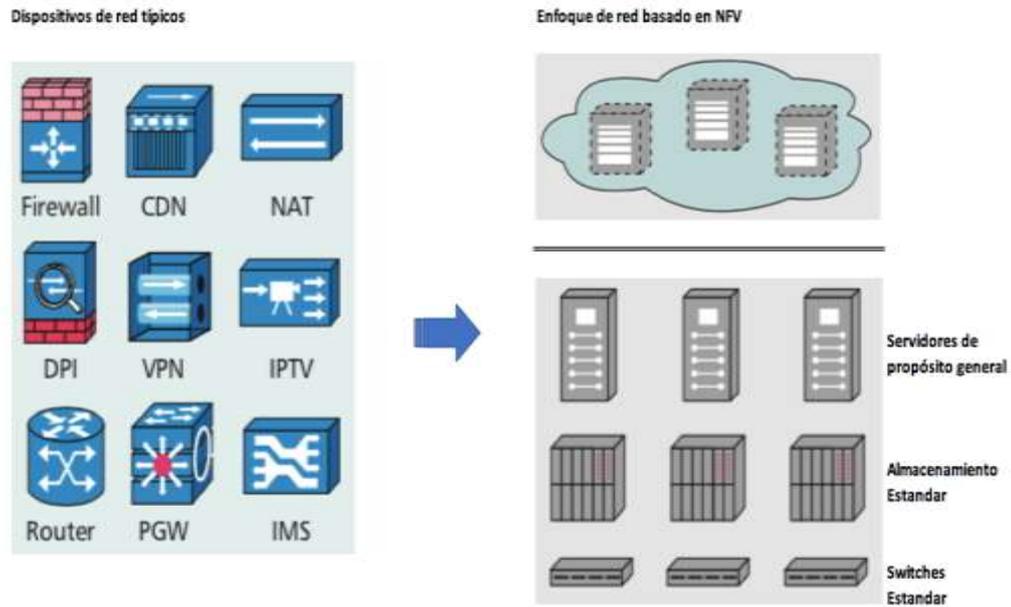


Figura 2. 24: Esquema típico de NFV
Fuente: IEEE Communications Magazine

Donde los elementos típicos de dispositivos dedicados basados en hardware para servicios de red son los siguientes:

- Content delivery networks (CDNs)
- Network address translation (NAT)
- Deep packet inspection (DPI)
- Virtual private networks (VPNs)
- IPTV
- Routers
- Packet data network Gateway (PDN-GWs or PGWs)
- IP multimedia subsystems (IMSs)

Siendo una tecnología innovadora y utilizando equipos estándar del mercado la NFV permite realizar estructuras de red de bajo costo, de esta manera aporta varios beneficios a los operadores de red y así también beneficia a los operadores de telecomunicaciones para montar su infraestructura a partir de estos nuevos conceptos, reduciendo la inversión de capital y el consumo de energía al consolidar los dispositivos de red,

disminuyendo de esta forma el tiempo de lanzamiento de un nuevo servicio de un operador telefónico por ejemplo al implementar un servicio para los usuarios basados en software según las necesidades del cliente

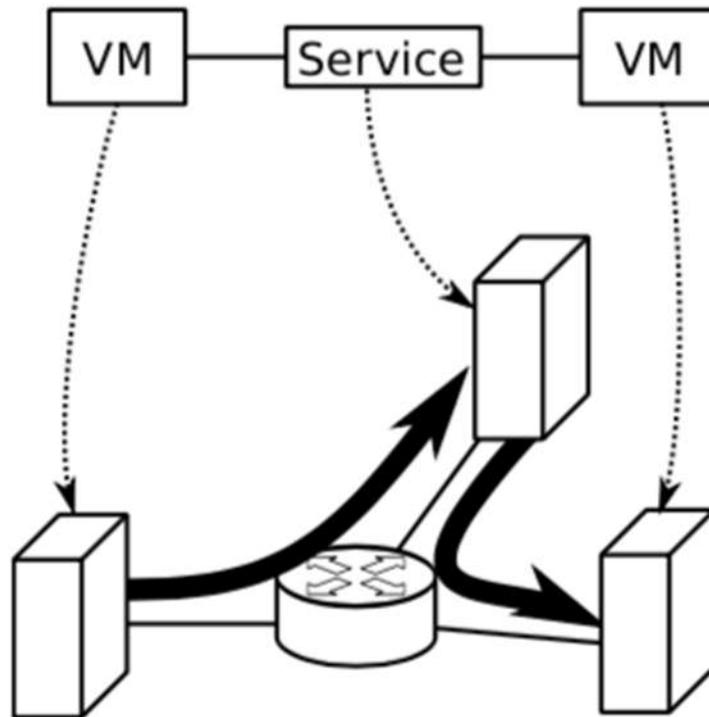


Figura 2. 25: Diseño de un sistema NFV
Fuente: (Hendrik Moens, 2014)

En la figura 2.25 se presenta un diseño sencillo de un sistema NFV al utilizar las Virtual Machine (VM) para un servicio determinado, usando hardware genérico para su sistema de equipos de comunicación.

Un desafío importante del NFV es garantizar que el rendimiento de la red siga siendo de la misma calidad que cuando se realiza una actualización de hardware actual sin utilizar esta nueva tecnología. Otro problema importante que los operadores telefónicos se enfrentan es el de migrar de manera transparente su actual infraestructura existente de hardware hacia las soluciones basadas en NFV, debido a que este tipo de migración son en gran escala y existe un estrecho margen de error que se debe salvar para que el acoplamiento entre las partes sea adecuado y sin pérdida de los actuales servicios.

La NFV además puede reducir el tráfico de señalización y lograr un mejor rendimiento al proponer un criterio para agrupar múltiples funciones de un núcleo de paquete evolucionado virtualizado en un único dispositivo físico o un grupo de dispositivos adyacentes (Hawilo, Shami, Mirahmadi, & Asal, 2014).

En resumen, se puede indicar que la NFV es un paradigma emergente donde la funcionalidad de la red se virtualiza y se divide en múltiples bloques de construcción que pueden encadenarse entre sí para proporcionar la funcionalidad requerida. Este enfoque aumenta la flexibilidad y la escalabilidad de la red, ya que estos bloques pueden asignarse y reasignarse en tiempo de ejecución en función de la demanda. El éxito de este enfoque depende de la existencia y el rendimiento de los algoritmos que determinan dónde y cómo estos bloques de creación se instancian (Hendrik Moens, 2014).

Los servicios existentes en una red 4G son compatibles con las funciones de red virtualizadas NFV al permitir esquemas dinámicos para la creación y administración de esquemas de red. La parte importante del sistema es la de crear, modificar y eliminar cadenas de servicio de una manera rápida y a su vez hace menos excesivo en el gasto de equipos. En una red 4G se pueden juntar varias NFVs para reducir la complejidad de su gestión un ejemplo sería unificar el SGSN y el GGSN en una sola caja. En la figura 2.26 se representa la arquitectura de una red NFV definida por los entes reguladores del 3GPP y el ETSI (ETSI, 2013).

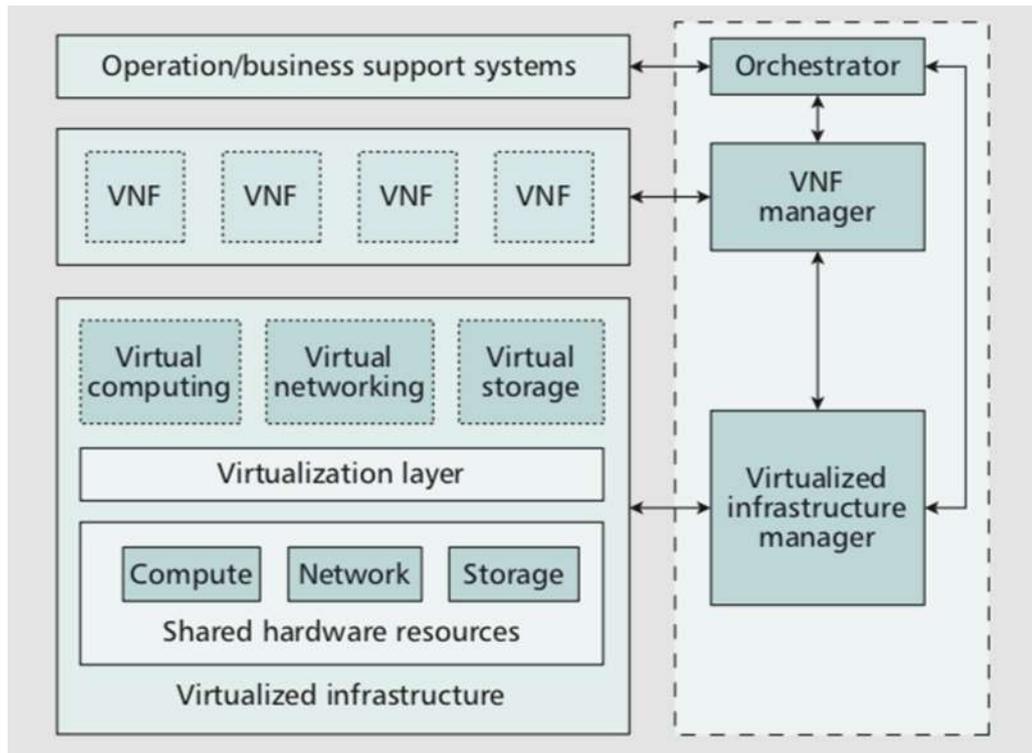


Figura 2. 26: Arquitectura de una red NFV según ETSI
Fuente: ETSI, 3GPP

2.8 Cloudificación

El concepto de virtualización no puede estar alejado del concepto de la computación en la nube. Con el crecimiento del volumen de transferencia de datos y aplicaciones que cada momento se transmiten en una red 4G las infraestructuras que alberga a las redes se vuelven ineficientes y la capacidad de procesamiento se ve afectada notablemente ya que demandan gran cantidad de recursos de almacenamiento, potencia de cómputo, ancho de banda, latencia, QoS, etc., y la mayoría de centros de datos carecen de la flexibilidad de administrar de manera eficaz tales aplicaciones lo que representa para el usuario una percepción pésima de calidad de servicio, además de ser vulnerable a ataques de piratas electrónicos. Siendo esta situación como antecedente actual de las redes de datos, se tiene la alternativa de utilizar la virtualización en conjunto con la cloudificación de tales redes (Faizul Bari, 2013).

La cloudificación es una tendencia reciente en TI que traslada la informática y los datos lejos de computadoras de escritorio y portátiles a grandes

centros de datos. Hace referencia a las aplicaciones, así como también a los servicios que se realizan a través de internet, donde también se involucra a la nube propiamente dicha junto con el hardware y el software de los sistemas ubicados en los centros de datos que administran los servicios que ofrece el operador (Marios D. Dikaiakos, 2009).

El gran impulso que tienen las empresas de telecomunicaciones el usar la nube o cloud son la ubicuidad de las redes inalámbricas y de banda ancha, así también la disminución de los costos de almacenamiento en conjunto con las optimizaciones del software, lo cual vuelve atractivo el utilizar tales servicios. Los clientes de la nube pueden agregar mayor capacidad, según la demanda de los usuarios, también pueden eliminar los equipos innecesarios, en tanto que los proveedores de servicios aumentan sus servicios permitiendo una gran inversión en hardware y software (Marios D. Dikaiakos, 2009). En la figura 2.27 se presenta un ejemplo de uso de la nube para acceder a información personal por ejemplo Dropbox.

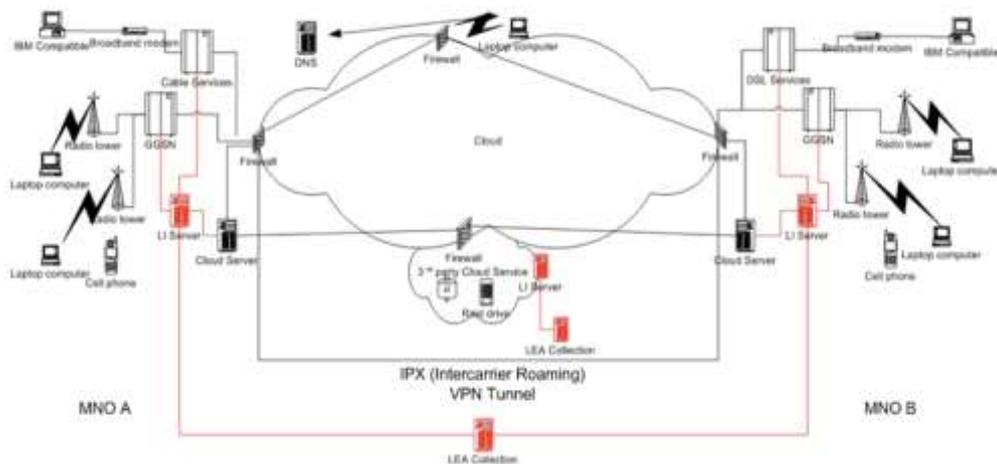


Figura 2. 27: Ejemplo de Cloud Service
Fuente: 3GPP/SA3-LI#44

La computación en la nube es un enfoque tecnológico que tiene como objetivo aumentar la capacidad y las capacidades de las redes de tecnología de la información (TI) mediante la centralización de cómo se almacenan y procesan los datos (Talal H. Noora, 2018).

Los teléfonos móviles en la actualidad están presentes en todo momento de la vida de los usuarios y esto ha dado origen a una gran tendencia y un nicho de mercado para empresas que desarrollan aplicaciones que se pueden acceder desde el móvil (Talal H. Noora, 2018).

Aplicaciones de internet, juegos, GPS, videos son las principales en cuanto a la popularidad del abonado. Estos requerimientos hacen que los teléfonos queden limitados en memoria y almacenamiento y para salvar estos problemas se hace presente la computación en la nube o cloud. Esta tecnología hace uso de la capacidad de almacenamiento de datos y procesamiento mediante el uso de la infraestructura de computación en la nube a través de internet utilizando la red móvil de un operador celular. Un esquema de arquitectura de una nube para aplicaciones móviles se presenta en la figura 2.28.

A continuación, se detallan las principales partes que componen la arquitectura de un cloud móvil.

Mobile User Layer: En esta capa está compuesta de usuarios de telefonía móvil quienes pueden acceder a servicios en la nube utilizando los Smart Phones, tabletas, cuyos dispositivos tienen conexión a la red móvil celular utilizando puntos de acceso desde una estación de radio bases o también por medio de la Wireless Ethernet Compatibility Alliance (Wi-Fi) (Talal H. Noora, 2018).

Mobile Network Layer: En esta capa se concentran los operadores de la red móvil celular quienes administran las solicitudes de los abonados y la información es transmitida por medio de la red de acceso o estaciones celulares. Antes de iniciar la conexión los usuarios deben pasar por los debidos procesos de autenticación, saldo y demás features del abonado. Una vez que se ha registrado exitosamente en la red, la red móvil transfiere la información de solicitud a la nube a través de internet y en ese momento el usuario tiene acceso a los diferentes servicios que proporciona la nube (Talal H. Noora, 2018).

Cloud Services Provider Layer: En esta capa están recopilados los múltiples proveedores de servicio de la nube (Cloud) quienes proporcionan todo tipo de servicio de computación en cloud. Estos servicios de computación son flexibles y se pueden aumentar y reducir en función de la demanda de los usuarios del servicio del cloud. La nube brinda servicios no solo a usuarios que acceden por medio la red celular, sino que también lo hace a usuarios que acceden por medio de la nube de internet (Talal H. Noora, 2018).

Las nubes móviles deben ser eficientes para satisfacer las necesidades de los proveedores de telefonía móvil, admitir que los abonados utilicen todos los beneficios de una cloud móvil permitiendo sacar el mayor beneficio a los subscriptores de las aplicaciones ofertadas por la nube. Hay que tener en cuenta algunas limitantes que se van a presentar cuando se utiliza el cloud, tales como: Limitación de conexión móvil, suficiencia energética del sistema, la dinámica y la naturaleza de los entornos de computación en la nube móvil, además de mantener la seguridad de los datos, privacidad y confianza, ancho de banda y transferencia de datos, gestión y sincronización de datos, eficiencia energética y heterogeneidad.

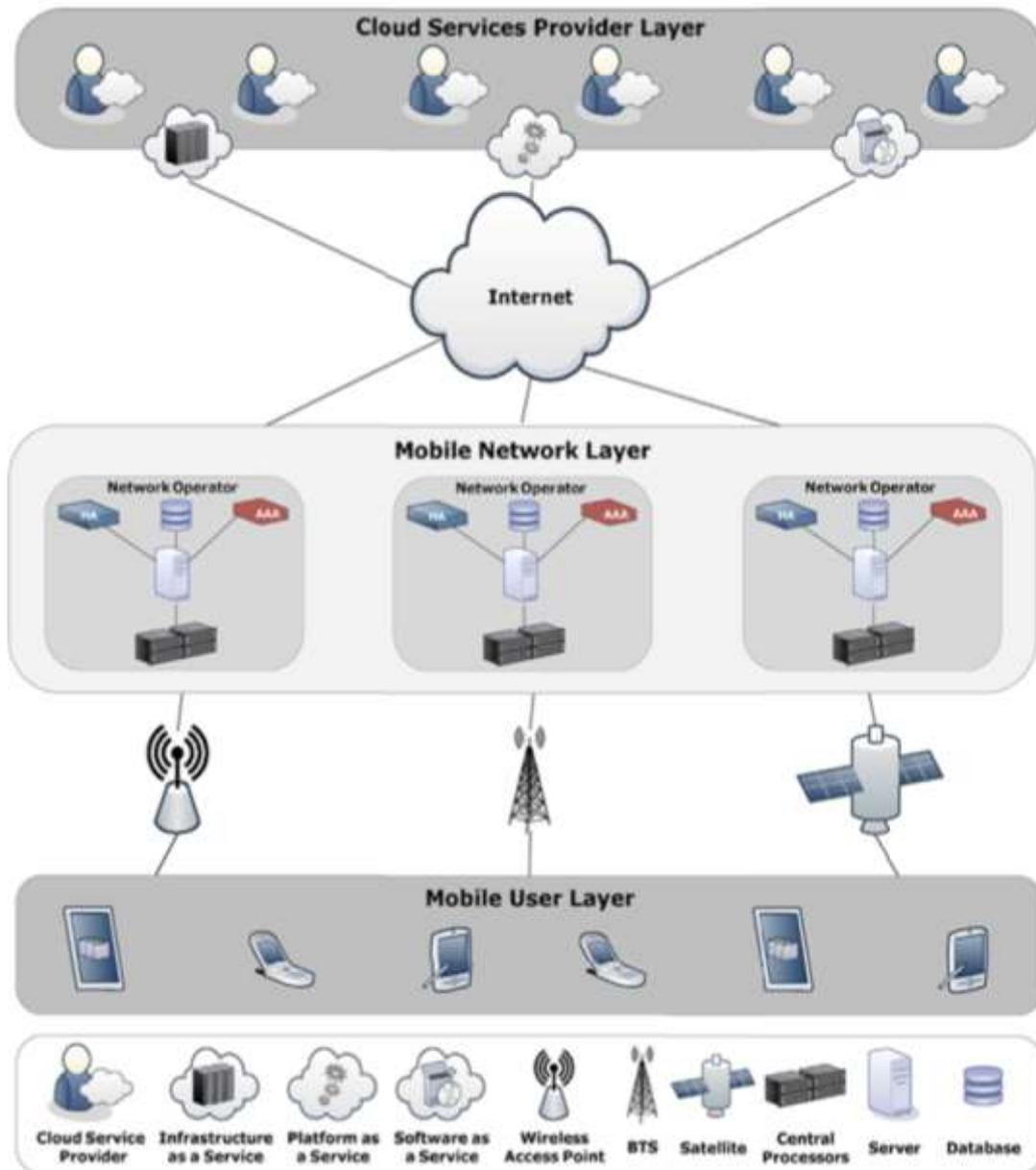


Figura 2. 28: Arquitectura de una nube de red móvil
Fuente: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2018.04.018>

2.9 Software Defined Networking (SDN)

Las redes definidas por software, Software-Defined Networking (SDN), es una nueva técnica en la creación de redes de telecomunicaciones en la cual se puede simplificar de manera drástica la administración de la red y al permitir la innovación a través de la implementación y control de la red, donde se manejan protocolos de comunicación para la estructura de una SDN (Bruno Astuto A. Nunes, 2014).

La SDN es un nuevo paradigma de red que separa el plano de control de red del plano de reenvío de paquetes y proporciona a las aplicaciones una vista centralizada abstraída del estado de red distribuida. Un controlador lógicamente centralizado que tiene una vista de red global es responsable de todas las decisiones de control y se comunica con los elementos de reenvío distribuidos de toda la red a través de interfaces estandarizadas (Sugam Agarwal, 2013).

La SDN tiene como finalidad proporcionar una mejor utilización de la capacidad de la red, dando una mejora en el rendimiento de los retardos y las pérdidas de paquetes, esto debe ser posible incluso cuando no toda la red de datos se encuentre completamente implementada con esta tecnología.

La principal técnica utilizada SDN es separar la capa de reenvío y la capa de control del sistema de la red, donde los administradores de la red pueden programar y modificar las políticas de reenvío de paquetes para mejorar de manera significativa la capacidad de innovación de las aplicaciones de la red que está usando SDN (Zhaogang Shu, 2016).

La aparición de estos nuevos conceptos se da a partir de la convergencia de las telecomunicaciones como el internet de las cosas y la nube móvil, por citar unos pocos. Esta situación da lugar a que la arquitectura tradicional de las redes no resiste los requisitos solicitados por el gran flujo de usuarios que no solo son los abonados 5G sino también las empresas que se suman a esta necesidad de mantenerse en la vanguardia de las comunicaciones y la virtualización como la industria automotriz, telemedicina, juegos en línea de alta resolución, etc.

Las características de una SDN para resolver los problemas de ingeniería actuales de tráfico de red se puede resumir en los siguientes puntos de vista:

Medición del tráfico. Se implementan las tareas de medición global escalables de forma flexible en la SDN, que puede recopilar información de estado de la red en tiempo real y monitorear y analizar el tráfico concentrado en el controlador.

Programación y gestión del tráfico. Los requisitos de la aplicación de tráfico se pueden considerar globalmente, de modo que es posible una programación de tráfico flexible y granular.

El conmutador OpenFlow. El conmutador tiene múltiples canalizaciones de flujo tabular, que hacen que la gestión de flujo sea más flexible y eficiente (Zhaogang Shu, 2016).

Al momento aún existen desafíos que se deben solventar dentro de esta nueva tecnología como por ejemplo el tema de compatibilidad con todos los sistemas existentes, otro problema es que las redes SDN y los sistemas actuales basados en Ip tradicional y no se tienen resultados determinantes de cómo se van a ir comportando a lo largo de los próximos retos de convivencia de las redes (Zhaogang Shu, 2016). En la figura 2.29 se presenta una topología básica de una red SDN.

Donde Link Layer Discovery Protocol (LLDP) es un protocolo de capa de enlace neutral en el paquete de protocolo de Internet utilizado por los dispositivos de red para publicitar su identidad, capacidades y vecinos en una red de área local IEEE 802.

Los parámetros de red SDN, son un conjunto de índices que representan el estado actual de la red. El diseño de parámetros de red debe ser razonables es una condición previa para una gestión de red eficaz. Por lo tanto, el diseño de parámetros de red es una tarea principal de la medición de red. Los parámetros de medición de red SDN incluyen principalmente tres tipos: parámetros de topología de red, parámetros de tráfico de red y parámetros de rendimiento de red (Zhaogang Shu, 2016).

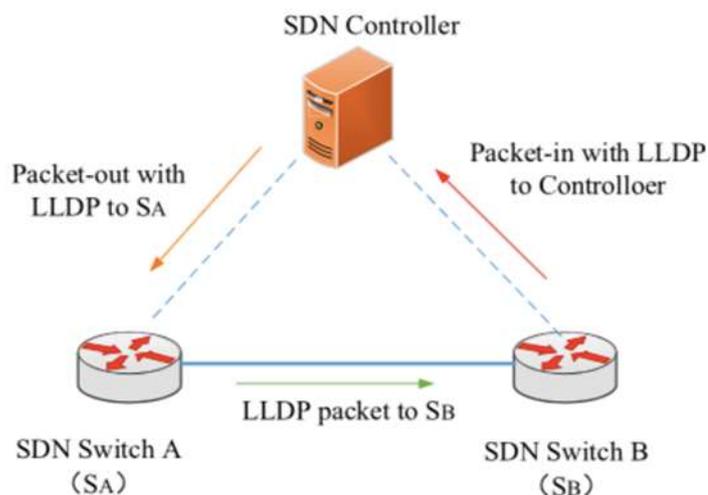


Figura 2. 29: Topología de una red básica SDN
 Fuente: ieeepublicationsstandardspublications

En el frame mostrado en la figura 2.30, se tiene dos necesidades a solventar: la medición y gestión del tráfico. La medición del tráfico principalmente estudia cómo monitorear, medir y adquirir información sobre el estado de la red en el entorno SDN.

La información de estado de la red incluye el estado de conexión de topología actual, estado de los puertos (arriba o abajo), varios tipos de contadores de paquetes, contadores de paquetes descartados, índices de utilización de anchos de banda de enlace, latencia de red de extremo a extremo, tráfico extremo a extremo matrices, etc. Con base en la información del estado de la red, se valida si el estado actual de la red es correcto y predecir la tendencia del tráfico futuro mediante el análisis de las estadísticas de los contadores de paquetes, para evitar congestiones de red y mejorar la eficiencia de la red (Zhaogang Shu, 2016).

Al revisar las tecnologías NFV y SDN, se encuentra que ambas proporcionan grandes oportunidades para que los operadores de telefonía móvil oferten servicios innovadores de una manera más rápida que los métodos convencionales de crecimiento y oferta que actualmente se tienen con la arquitectura de redes 4G. Este beneficio no será posible sin hacer cambios en las redes que al momento tienen desplegadas alrededor de una

comunidad, por tanto, se tienen que realizar implementaciones a sus equipos y a la forma de administrar dichos elementos.

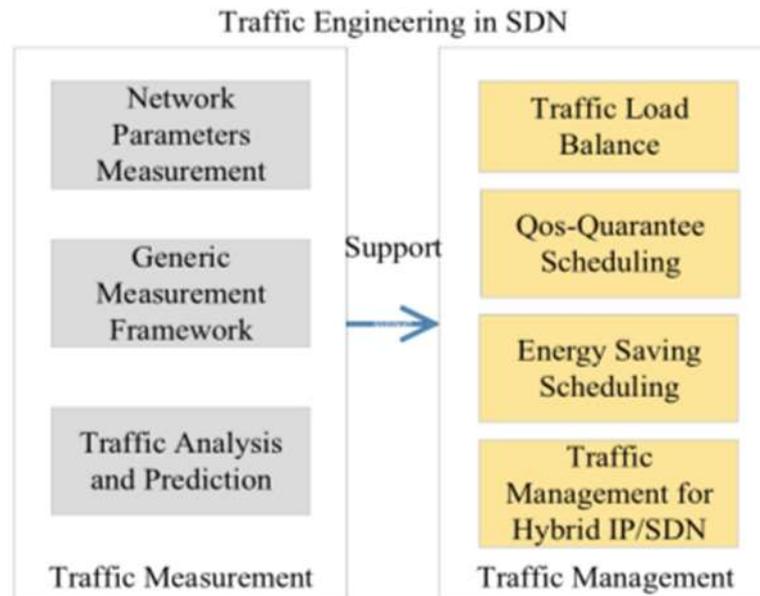


Figura 2. 30: Ejemplo de un frame en SDN
Fuente: ieeepublications_standards_publications

El reto para las telefónicas móviles será el adoptar estos nuevos conceptos y romper el paradigma de la actual estructura, y para esto se debe planificar, introducir cambios y desplegar la tecnología NFV y SDN en las redes existentes, garantizando un cambio gradual de manera no intrusiva en sus equipos hasta llegar a tener una red de entidades celulares que sea más eficiente en su programación con la capacidad de ofrecer nuevos servicios innovadores que el mercado solicite según las tendencias de las telecomunicaciones hacia la nueva década.

CAPÍTULO 3: CONVERGENCIA DE LAS TELECOMUNICACIONES HACIA EL 5G

Una red celular móvil en la actualidad es parte fundamental de la información, comunicación y economía, contribuyendo al desarrollo de las personas y empresas del mundo cada vez más globalizado. Los avances en investigación han generado grandes cambios tecnológicos que van de la mano con las necesidades de los usuarios impulsando grandes cambios en los negocios de las telecomunicaciones y empresas orientadas a la tecnología, quienes tienen que garantizar el acceso a las novedosas tecnologías y sus bondades a todos los ciudadanos que necesiten el servicio.

En la figura 3.1, se representan las proyecciones mundiales de suscriptores que se esperan tener en una red 5G hacia el año 2022.

Global 5G Subscription Forecast 2019 - 2022



Figura 3. 1: Previsión Mundial de Suscriptores 5G
Fuente: 5G Americas- 5G Services and Use Cases (5G Americas, 2017)

En el presente capítulo se estudian las tendencias de las telecomunicaciones dentro de los próximos 5 años, en base a los

requerimientos de los abonados de telefonía móvil y de la mano del avance tecnológico que representa tener para suplir tal demanda. Es así como se pretende describir las principales preferencias del consumo de una red celular 4G hacia el nuevo release 5G.

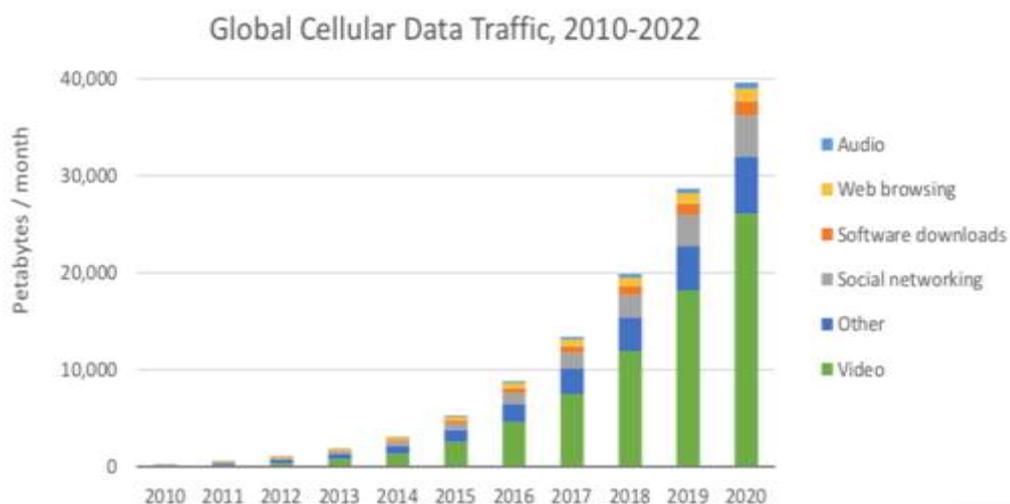


Figura 3. 2: Tráfico de Datos Celulares Globales desde 2010-2016 con Previsiones desde 2017-2022, por Tipo de Aplicación
Fuente: 5G Americas- 5G Services and Use Cases (5G Americas, 2017)

En la figura 3.2 se presentan las proyecciones de utilización de datos por parte de los usuarios, en un estudio realizado por la organización 5G Americas, en la cual se representa claramente cómo ha ido creciendo el tráfico de datos de un sistema móvil celular en la última década y con proyecciones hasta el año 2022, siendo las aplicaciones relacionadas a transmitir audio, video y redes sociales las que han crecido casi de manera exponencial a lo largo de los últimos años.

Según las estadísticas de la ITU mostradas en la figura 3.3, el porcentaje de penetración de usuarios que tienen acceso al internet cuenta con 8,9 millones de usuarios lo que representa un 54% de la población, en gran parte gracias a las redes celulares de las operadoras de telefonía móvil, que llegan a lugares donde sería imposible gozar de estos servicios por medio de otra tecnología.

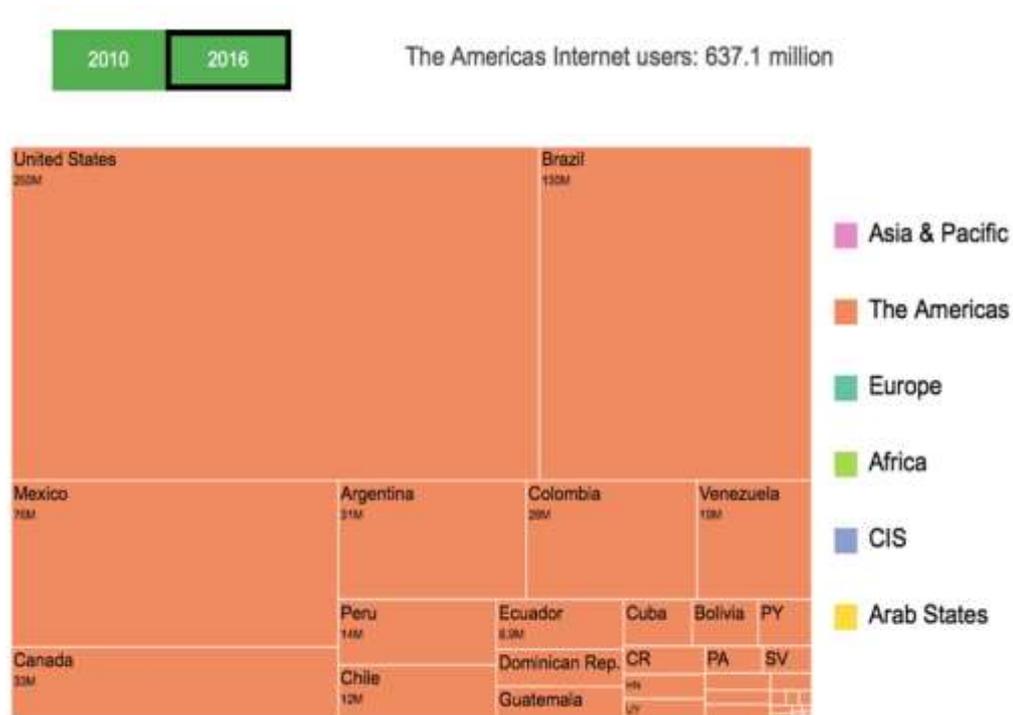


Figura 3. 3: Usuarios de Internet por región y país, 2010-2016
Fuente: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/treemap.aspx>

3.1 Internet de las cosas

Convertir objetos comunes en objetos inteligentes, es una revolución tecnológica que posibilita que los usuarios por medio del internet alcancen entidades físicas y puedan realizar acciones con ellos de manera remota, a este conjunto de acciones se conoce como Internet de las cosas (Internet of Things IoT). Esta nueva “magia” de hacer posible manipular cosas inteligentes por medio del internet, ha generado un crecimiento en el uso de datos a través de las redes de acceso y redes de conmutación de paquetes en el mundo de la telefonía celular, posteriormente a la recolección de datos en tiempo real, los usuarios pueden utilizar herramientas informáticas para el procesado de la información y según las necesidades del abonado, tomar decisiones y de esta forma mejorar actividades del día a día de manera inmediata.

Uno de los elementos más importantes para poder lograr la interacción en tiempo real con la información recopilada y las “cosas inteligentes” es la interfaz de internet con el mundo real, los más utilizados por los usuarios

son las placas con microcontroladores como Arduino, Raspberry pi, etc., que, en conjunto con otras tecnologías como los GPS, sensores inalámbricos RFID, redes Wi-Fi, el mismo internet, etc., en conjunto formen una gran red con el objeto de mantener conectadas todas las cosas inteligentes y formar un sistema automatizado para realizar acciones o actividades como las siguientes: localización de objetos, identificación de cosas, seguimiento de actividades, monitoreo de cosas, eventos deportivos, tráfico de vehículos, por citar unos pocos.

El término Internet of Things fue acuñado por Kevin Ashton en el Auto-ID Center del Instituto Tecnológico de Massachusetts en 1999, y aunque el concepto de interconectar dispositivos y personas mediante internet tradicional y las redes sociales ha existido desde antes, el modelo de interconectar dispositivos, gente y todo lo demás creando nuevos servicios es relativamente nuevo (Félix Fermín, 2017).

La contribución más importante del IoT es fundamentalmente la creación de valor agregado a una cadena de servicios y soluciones, como se muestra en la figura 3.4 (Intel, 2014).

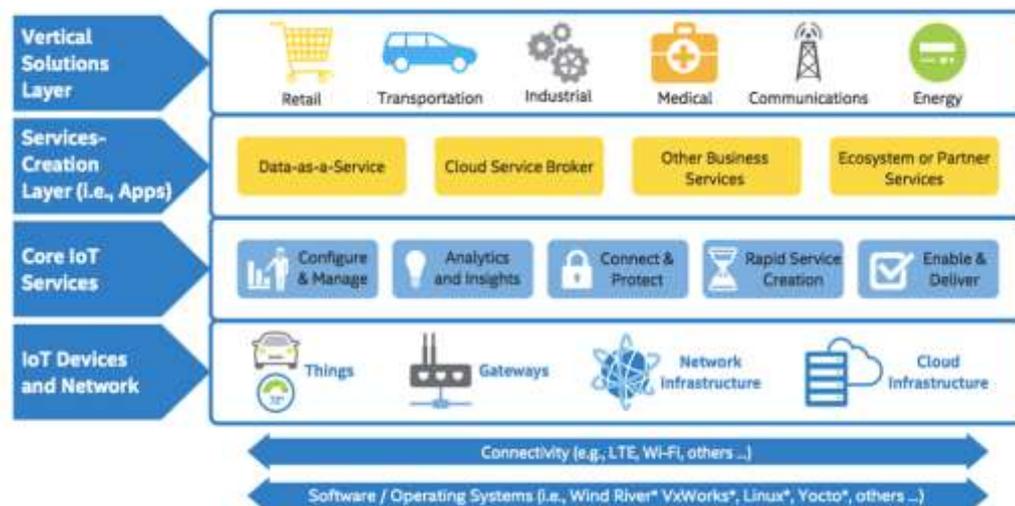


Figura 3. 4: Creación de valor agregado de servicios y soluciones por medio del IOT
Fuente: Developing solutions for the Internet of things, 2014, Intel (Intel, 2014)

La conexión inteligente de las cosas por medio de redes de acceso existentes como la Wi-Fi y acceso inalámbrico a internet 4G-LTE-5G, hace que la evolución de las telecomunicaciones sea evidentemente orientada a la transferencia e intercambio de datos. Sin embargo, para que la visión de Internet de las cosas surja con éxito, el paradigma de la informática deberá ir más allá de los escenarios informáticos tradicionales que usan teléfonos inteligentes y portátiles, y evolucionar para conectar objetos cotidianos existentes e incorporar inteligencia en nuestro entorno (Jayavardhana Gubbi, 2013).

En la figura 3.5 se representa un esquema de la interconexión de objetos, donde los dominios de aplicación se eligen en función de la escala del impacto de los datos generados. Los usuarios abarcan desde organizaciones individuales hasta nacionales que abordan temas de amplio alcance (Jayavardhana Gubbi, 2013).

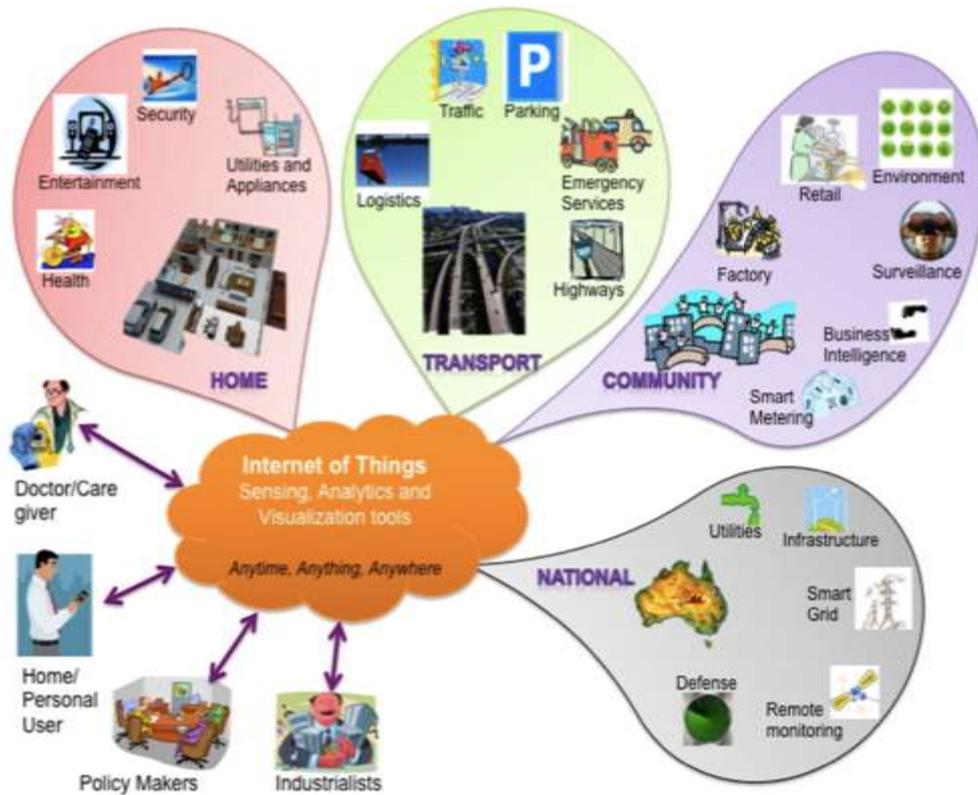


Figura 3. 5: Esquema de IoT que muestra los usuarios finales y las áreas de aplicación basadas en datos.

Fuente: (Jayavardhana Gubbi, 2013)

La aparición del Internet de las cosas ha marcado un hito importante en la visión de las telecomunicaciones permitiendo que los dispositivos individuales se comuniquen con cualquier otro dispositivo en el mundo y de esta forma interactuar para mejorar procesos y se lleva a otro nivel de control de los objetos y cosas que los rodean.

3.2 Smart cities

El concepto de Smart City abarca varias definiciones según los significados de la palabra inteligente, por ende, ciudad inteligente, ciudad del conocimiento, ciudad ubicua, ciudad sostenible, ciudad digital, etc., son los términos más utilizados para esta definición. Existen muchas definiciones de Smart City, pero nadie ha sido universalmente reconocido todavía por lo cual de la literatura existente se desprende que Smart City y Digital City son las terminologías más utilizadas en la literatura para indicar la inteligencia de una ciudad (Renata Paola Dameri, 2014).

Como se puede ver en la figura 3.6 la ubicación geográfica de las ciudades inteligentes mayoritariamente está localizadas en Asia con un 49%, Europa con un 36%, Norte América con un 9%, Oceanía con un 3%, Sur y centro américa con apenas un 1%.



Figura 3. 6: Localización geográfica de ciudades inteligentes
Fuente: (Renata Paola Dameri, 2014)

El término Ciudades Inteligentes es un término que ha ganado fuerza en la academia, las empresas y el gobierno para describir ciudades que, por un lado, están cada vez más compuestas y supervisadas por computación omnipresente y cuya economía y gobernanza se están impulsando por la innovación, la creatividad y el espíritu empresarial, promulgado por personas inteligentes. Tales ciudades con dispositivos digitales e infraestructura inteligente que producen gran cantidad de datos. Dichos datos permiten el análisis en tiempo real de la vida de la ciudad, nuevos modos de gobernanza urbana y proporciona la materia prima para visualizar y promulgar ciudades más eficientes, sostenibles, competitivas, productivas, abiertas y transparentes (Kitchin, 2014).

Actualmente un gran porcentaje de los habitantes de una ciudad se conectan a la red móvil o Wi-Fi, creando sistemas complejos de comunicación, además no se debe olvidar de las empresas, el mercado de bienes y servicios, unidades de transporte quienes también utilizan la red para realizar transacciones y monitorear sus recursos, acrecentando esta nueva tendencia de ciudad inteligente, creando problemas de carácter técnico, sociales, económicos y también en las organizaciones. Bajo estos precedentes nace lo que se conoce como ciudad inteligente, convirtiéndose en un paradigma de desarrollo urbano y por tanto ayudando al crecimiento social de las ciudades inteligentes.

La ciudad de Guayaquil también está encaminándose a convertirse en una ciudad inteligente, como se puede ver en la figura 3.7, donde se han implementado puntos de acceso gratuitos para que los usuarios puedan mantenerse conectados a la red de comunicaciones y por ende acceder a controlar sus bienes y servicios según les corresponda o simplemente a disfrutar de las redes sociales. Esto es claramente una puerta de acceso a lo que se espera en un futuro cercano siga su proceso de transformación hacia una Smart city.



Figura 3. 7: Paradas del servicio de transporte en Guayaquil
Fuente: Diario El Universo

3.3 Telemedicina, deportes y fitness

La telemedicina: se puede considerar como una prestación de servicios médicos a distancia, empleando tecnologías de las comunicaciones para este propósito. Estas alternativas de consulta se dan por lo general cuando los pacientes requieren una segunda opinión sobre un caso de diagnóstico ya revisado por otros galenos y seguir un tratamiento médico según corresponda, pero también se utiliza para pacientes que recién inician una consulta médica y pueden interactuar con los doctores mediante durante la entrevista por medio de la video conferencia.

Como en todos los ámbitos de casos, este tipo de consultas tienen sus ventajas y desventajas, siendo una ventaja que los pacientes pueden consultar a especialistas a lo largo del territorio local o también a médicos en otros países y que estén disponibles a utilizar este medio de consulta. Una desventaja claramente es que el paciente no puede ser examinado en forma personal por el médico. Sin embargo, es una técnica que se utiliza en países de Europa y América del Norte.

Deportes y Fitness: Los deportes y el cuidado de la salud no están alejados de mantenerse en contacto con la red de comunicaciones móviles, debido a la necesidad de los abonados de mantener comunicación con sus familiares y en otros casos con sus equipos de entrenamiento y control de

competencias atléticas en tiempo real, quienes revisan y procesan la información de un competidor recibida en sus tabletas, teléfonos móviles u ordenadores desde sus smartwatches lo cual hace necesario la conexión en todo momento entre las partes involucradas, esto no sería posible en muchos de los casos si no se cuenta con la red de acceso y distribución de una operadora celular, por ende también se ven incrementados el uso de información por esta parte hacia la web.

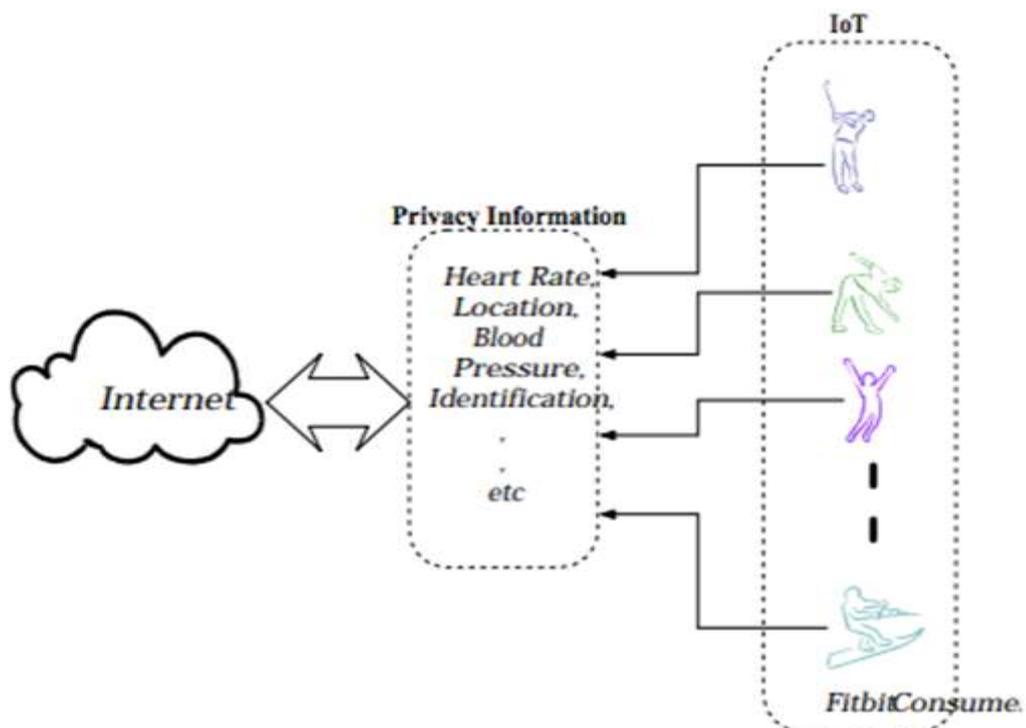


Figura 3. 8: La cultura física asociada al IoT
Fuente: (Wei Zhou, 2014)

En la figura 3.8 se puede apreciar lo que actualmente sucede con los diferentes aplicativos relacionados a recopilar información de los atletas y personas amantes del deporte, quienes utilizan dispositivos inteligentes como los Smart watch para almacenar información y compartir en la nube sus datos de las prácticas y competencias realizadas. Un tema importante es la seguridad que se debe proporcionar a esa información, a medida que los rastreadores de fitness portátiles se generalizan en su aceptación entre la población en general, existe un efecto de suplir la necesidad de garantizar que la privacidad y la seguridad asociadas las vulnerabilidades

se mantienen al mínimo (Wei Zhou, 2014) durante el uso del IoT y las redes móviles que se utilicen para este propósito.

3.4 Industria automotriz

En gran parte de los países desarrollados, el uso de la tecnología aplicados a la industria automotriz a gran escala se realiza básicamente para el monitoreo de las flotas de vehículos de una empresa o de un usuario, pero también se utiliza para gestionar la estructura vial. Así mismo en la parte urbana se tienen cámaras de vigilancia en las intersecciones para el control de la movilidad y actuar de manera inmediata en caso de problemas en las vías.

En los países en vías de desarrollo, también se está trabajando en estos tópicos de control de la movilidad, un claro ejemplo es la ciudad de Guayaquil que usa la video vigilancia para estos propósitos. Gracias al IoT se puede anexar a internet una gran cantidad de vehículos conectados a la red altamente distribuida entorno de la estación base móvil, y permitir que los datos y las aplicaciones se alojen cerca de los vehículos.

Esto puede reducir el tiempo de ida y vuelta de los datos y habilitar una capa de abstracción tanto del núcleo o red y aplicaciones proporcionadas a través de Internet. Las aplicaciones desde el vehículo pueden ejecutarse en servidores remotos que se implementan en el sitio de la estación base celular para proporcionar la funcionalidad en el camino. Las aplicaciones en el automóvil pueden recibir mensajes locales directamente de las aplicaciones en los vehículos y los sensores de camino, analizar ellos y luego propagan con latencia extremadamente baja las advertencias de peligro y otros sensibles a la latencia mensajes a otros autos en el área. Esto permite que un automóvil cercano reciba datos en cuestión de milisegundos, lo que permite que el conductor reaccione de inmediato (Yun Chao Hu, 2015).

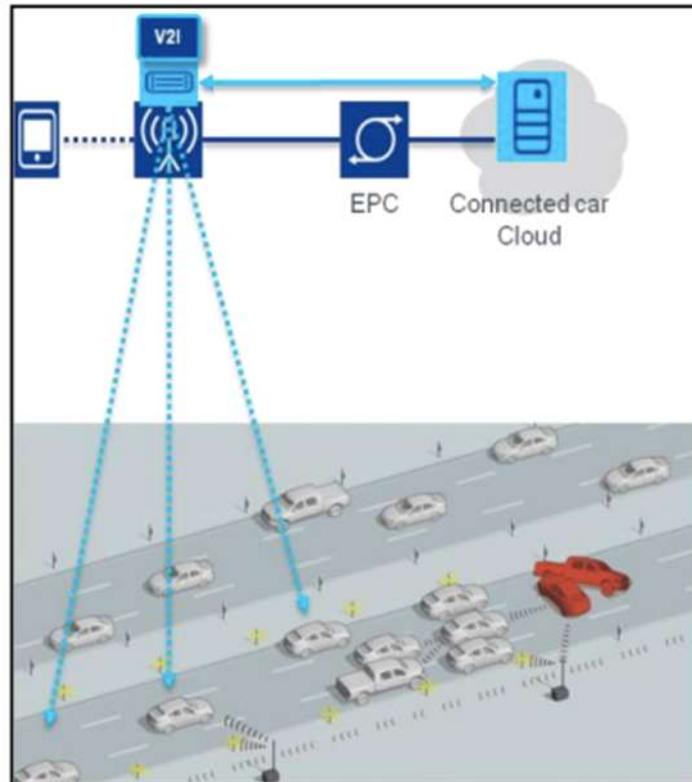


Figura 3. 9: Escenario de conexión de vehículos a la red
Fuente: (Yun Chao Hu, 2015)

La conexión de los automóviles inteligentes ofrece un entorno de servicio de telecomunicación que se puede considerar como lucrativo para la red móvil, debido a la movilidad que necesitan los vehículos y que solo la Red de Acceso de Radio le puede proporcionar. Caracterizado por la proximidad, baja latencia y alto ancho de banda, este entorno ofrecerá capacidades localizadas de computación en la nube, así como exposición a la red de radio en tiempo real e información de contexto.

La apertura de este entorno de servicios de las tecnologías de la información permitirá aplicaciones y servicios de operadores móviles, los proveedores de servicio y contenido se integran de manera eficiente y sin problemas en varios proveedores, dispositivos móviles plataformas informáticas. Las características y capacidades que ofrece una plataforma de comunicación móvil pueden ser apalancado de una manera que permita que la proximidad, el contexto, la agilidad y la velocidad se utilicen para una

innovación más amplia eso se puede traducir en un valor único y generación de ingresos para la industria automotriz (Yun Chao Hu, 2015).

3.5 Incremento explosivo en la densidad de uso de datos

Recientemente, el análisis del uso de datos en la nube ha recibido una atención importante en una variedad de dominios de aplicaciones que incluyen negocios, finanzas, ciencia espacial, salud, telecomunicaciones e Internet de las cosas. Entre estas áreas, IoT se considera una plataforma importante para unir personas, procesos, datos y cosas u objetos para mejorar la calidad de nuestra vida cotidiana. Sin embargo, los desafíos clave son cómo extraer eficazmente características útiles de la gran cantidad de datos heterogéneos generados por dispositivos de IoT con recursos limitados para proporcionar información y retroalimentación en tiempo real a los usuarios finales y cómo utilizar esta información para mejorar el rendimiento de las redes inalámbricas IoT.

Aunque existen avances paralelos en la computación en la nube y en la informática de punta para abordar algunos problemas en el análisis de datos, tienen sus propios beneficios y limitaciones. La convergencia de estos dos paradigmas informáticos, es decir, el conjunto de elementos de red virtualizados, los recursos informáticos y de almacenamiento de la nube y el procesamiento de datos en tiempo real por parte de la informática de punta, podría habilitar el análisis de datos en tiempo real en redes inalámbricas IoT (Shree Krishna Sharma, 2017).

La Figura 3.10 representa un modelo de un sistema generalizado para colaboración de procesamiento en la nube en una red IoT inalámbrico, los dispositivos pueden ser cualquier entidad que tenga la capacidad de computación, almacenamiento y conectividad de red como enrutadores, interruptores y cámaras de video vigilancia, etc., dependiendo de los escenarios de la aplicación, las redes de IoT pueden comprender varias redes que tienen características distintas. Por ejemplo, en el

escenario de hogar inteligente, redes de IoT inalámbricas puede consistir en una red WiFi, una red bluetooth,

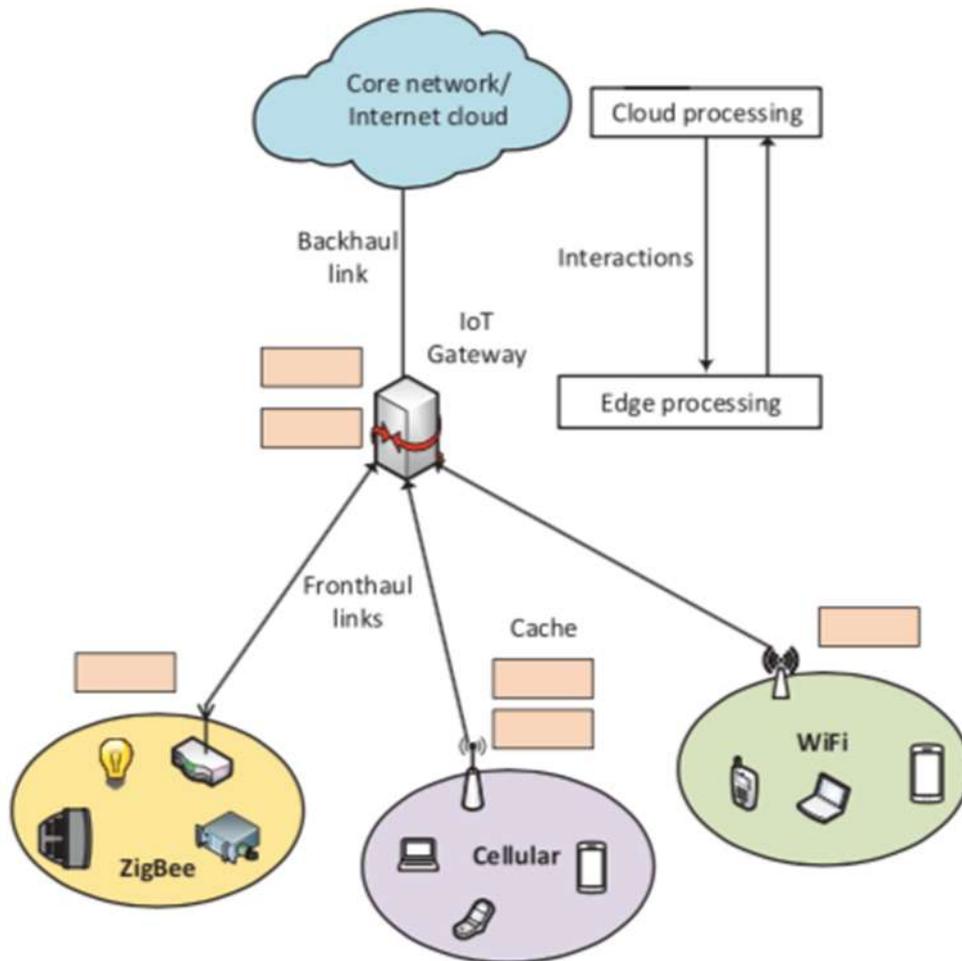


Figura 3. 10: Modelo colaborativo de un sistema heterogéneo de tecnologías con redes IoT
Fuente: (Shree Krishna Sharma, 2017)

Red Zigbee y una red celular (Shree Krishna Sharma, 2017), en conjunto todo el sistema crea una gran demanda de consumo de datos tanto de video, audio, juegos en línea, video de alta definición y si este tráfico es requerido en una red de telefonía celular móvil crea una gran demanda de recursos por parte de los abonados y con la red actual 4G no sería posible mantener un servicio adecuado y de calidad para estos requerimientos. Por tal motivo se hace necesario la implementación de entidades que puedan soportar el ancho de banda de transferencia para suplir la demanda.

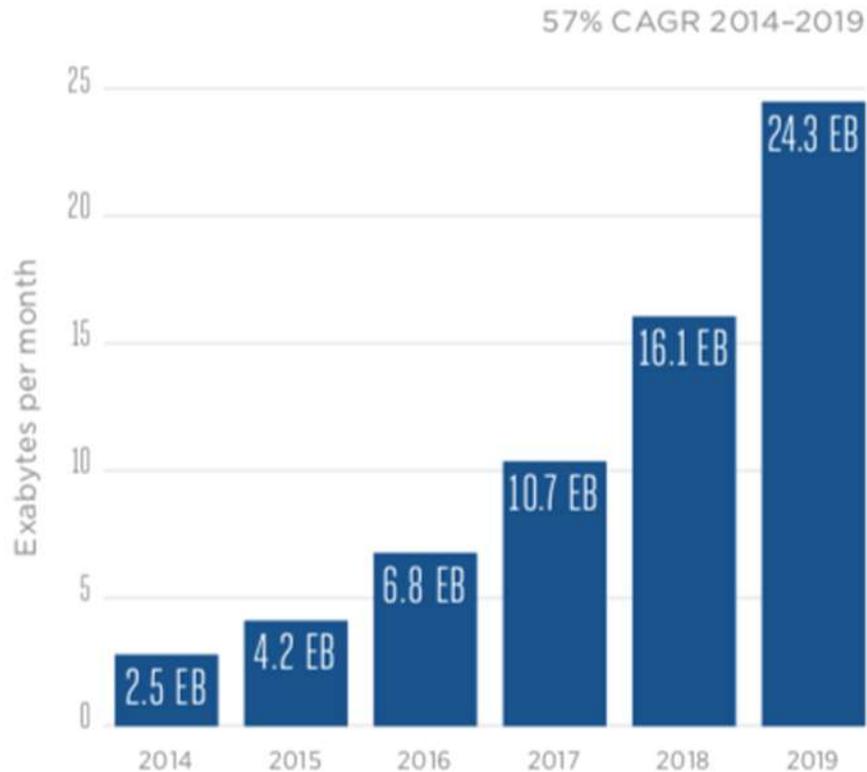


Figura 3. 11: Predicciones de crecimiento de tráfico IP
Fuente: (GSMA, 2016)

El Tráfico de datos requiere una banda ancha móvil, en todas sus variantes y juntas con sus servicios asociados y complementarios, es el negocio principal de los operadores celulares dirigido al mercado masivo. En consecuencia, seguirá siendo la principal fuerza motriz detrás del diseño y el despliegue de la tecnología de acceso de radio móvil de próxima generación a medida que los operadores buscan canales de datos más grandes e inteligentes para brindar servicios a los clientes.

Esto no es sorprendente ya que los avances en dispositivos capaces de consumir un mayor ancho de banda, una sociedad cada vez más conectada, servicios en la nube, video generalizado y demás están impulsando un gran crecimiento en el tráfico de datos (GSMA, 2016).

En la figura 3.11 se presenta la tendencia del crecimiento del tráfico de conexiones IP en los últimos cinco años, y según se espera para los siguientes años el crecimiento de conectividad IP no se va a detener sino por el contrario va en aumento.

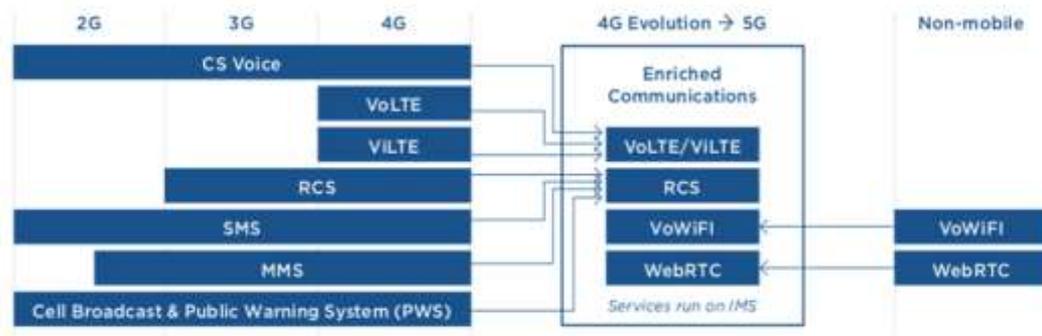


Figura 3. 12: Evolución del servicio de las comunicaciones
Fuente: (GSMA, 2016)

En la figura 3.12 se representa la evolución del servicio de telecomunicaciones desde la red 2G hasta lo que se espera tener en una red 5G. Como es de esperarse en la red 5G los operadores móviles deberán compartir sus roles con otros proveedores que cada vez amenazan sus dominios ofreciendo servicios que se pueden complementar con los servidores tradicionales, lo cual hace aún más complejo el manejo y administración de los servicios de conmutación de circuitos mediante IP, lo cual plantea un reto mantener los servicios de voz y mensajería del operador tradicional 4G con los estándares posteriores.

La única forma de mantenerse vigente es que todos los servicios del actual 4G sean compatibles y se los pueda empaquetar dentro de las redes 5G, sin perjudicar al usuario final de los servicios.

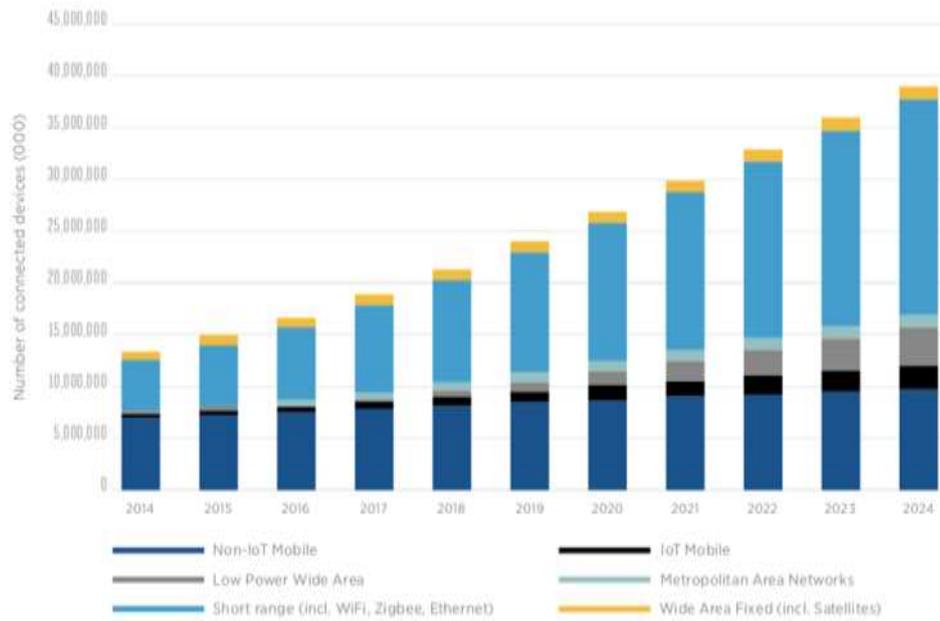


Figura 3. 13: Crecimiento de la cantidad de dispositivos conectados
Fuente: (GSMA, 2016)

En un futuro inmediato los servicios que ofrecen los operadores móviles van a tener que coexistir con otros proveedores de servicios alternativos y con el grado de competitividad que existe en el mercado, seguramente obligara a los operadores de telefonía móvil a continuar la ruta de la convergencia y ofrecer también servicios innovadores.

En la figura 3.13 se presenta una estimación del crecimiento de dispositivos conectados hasta el año 2024 y como era de esperarse cada año se incrementan y por ende la demanda de información también crecerá gracias a incentivos como el IoT que continúa en auge impulsando la digitalización de un mayor segmento de economía y es así como se espera tener 35 mil millones de dispositivos del IoT, lo cual representará el doble de dispositivos de comunicación personal.

Cada uno de estos dispositivos de comunicación tipo máquina no solo colocará diferentes tipos de demandas en la red de transporte, sino que también tendrá diferentes requisitos de direccionamiento y seguridad. Una

clase especial de dispositivos que forman la IoT crítica requerirá muy baja latencia o alta confiabilidad, o ambas cosas.

Para atender esta amplia variedad de requisitos que tienen los servicios de IoT, los operadores móviles necesitarán aprovechar al máximo la capacidad de crear redes virtuales dedicadas para ofrecer estos servicios de manera eficiente y rentable. Las nuevas capacidades de red crearán más oportunidades de IoT para los operadores. Para los operadores, la oportunidad de IoT se trata principalmente de muchas más conexiones, y de capturar el valor de partes de la cadena de valor de IoT más allá de la conectividad (GSMA, 2016).

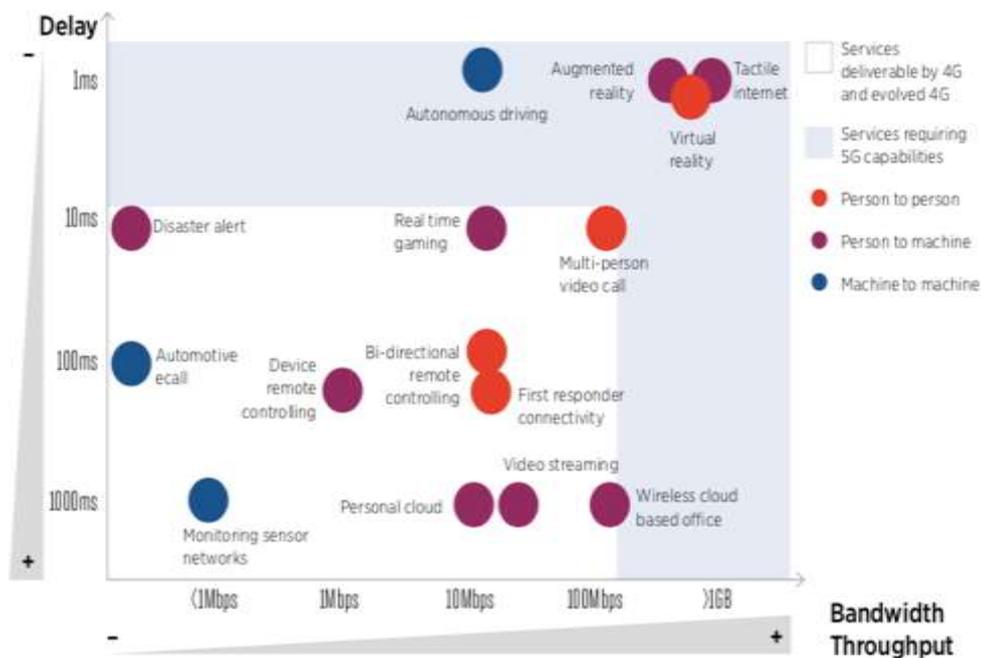


Figura 3. 14: Matriz de servicios soportados en 5G
Fuente: (GSMA, 2016)

Las operadoras móviles no serán los únicos proveedores de acceso a la red de un ecosistema del IoT, ya que sus redes seguirán cohabitando y compitiendo con tecnologías emergentes como la Wi-Fi, sin embargo, la oportunidad de negocio seguirá creciendo conforme crecen los miles de millones de nuevos equipos conectados a la red para el internet de las cosas. Además, como se aprecia en la figura 3.14 existen nuevos servicios que se van integrando a una red móvil adicionales a los ya existentes, los

servicios de realidad aumentada, internet táctil, realidad virtual, etc., solo se podrían proporcionar únicamente mediante una red 5G, debido a la demanda de un ancho de banda mayor a 1 GB, lo cual es imposible llegar a satisfacer con una red 4G.

CAPÍTULO 4: DISEÑO DE ESQUEMA DE COMPATIBILIDAD

Los estándares 3GPP han jugado un papel fundamental en el éxito de LTE, convirtiéndolo en la tecnología móvil de más rápido crecimiento en la historia. Nunca una nueva tecnología de radio llegó al mercado tan rápida y ampliamente después de la finalización de la primera versión de los estándares anteriores (Bertenyi, 2014).

La versión 5G, hoy en día está muy presente en los usuarios de telefonía móvil y esto es debido al cada vez más necesario consumo de ancho de banda para transmitir datos de la industria celular. Como se ha revisado en capítulos anteriores las tendencias de la tecnología es brindar conectividad a millones de usuarios y también de objetos inteligentes lo cual hace que el negocio continuo en auge, pero también representa retos para mantener una calidad de servicio adecuado.

Las redes 4G han alcanzado los límites de eficiencia tecnológicamente posibles. Por lo tanto, se espera que LTE se mantenga como la tecnología de referencia para la cobertura de banda ancha de área amplia también en la era 5G. La 3GPP continúa trabajando para mejorar LTE no solo desde la perspectiva de la radio, sino también desde la perspectiva de la prestación del servicio. En consecuencia, el interfuncionamiento con LTE seguirá siendo un factor crítico en una red 5G (Bertenyi, 2014).

El sistema 5G es una evolución de los sistemas de comunicación móvil 4G. En consecuencia, la arquitectura de seguridad 5G está diseñada para integrar seguridad equivalente 4G. Además, la reevaluación de otras amenazas a la seguridad, como los ataques a interfaces de radio, plano de señalización, plano de usuario, enmascaramiento, privacidad, repetición, problemas de seguridad entre operadores e intermediarios también se han incorporado a cuenta para 5G y conducirá a más mejoras de seguridad (Anand R. Prasad, 2018).

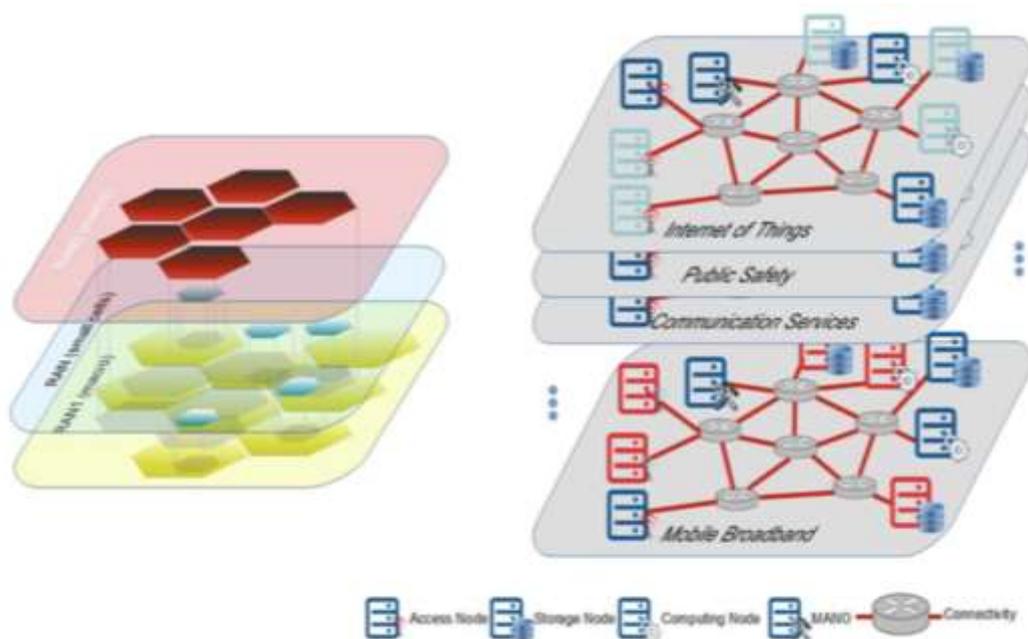


Figura 4. 1: Ejemplo de división de red móvil
Fuente: (GSMA, 2016)

Los operadores de telefonía celular en la actualidad cuentan con una gran cantidad de servicios, pero estos servicios y aplicaciones se verán incrementados en la red 5G, de esta forma incrementando sus ingresos, lo cual repercute en el crecimiento y diversificación de servicios. Para soportar estos servicios sería necesario implementar múltiples redes físicas para cada servicio nuevo, lo que representa un trabajo descomunal de recursos físicos, económicos y técnicos.

Tomando un enfoque más viable para satisfacer estas demandas, lo primero será mantener una red física robusta virtualizando las entidades mediante las técnicas de NFV y SDN y definiendo múltiples redes virtuales de acuerdo con los servicios que el mercado demande. Por ende, un segmento de red se puede ver como una red dedicada con sus características únicas de administración, procesamiento, conectividad y gestión, compartiendo recursos físicos de otras divisiones de redes como se muestra en la figura 4.1.

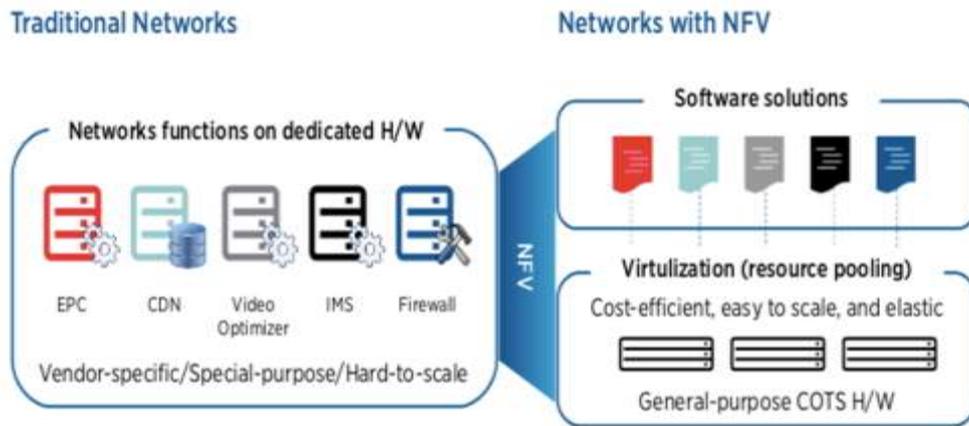


Figura 4. 2: Desacoplamiento de software de hardware dedicado utilizando NFV
Fuente: (GSMA, 2016)

Utilizar las tecnologías de NFV y SDN son las claves para superar los desafíos de una división de red en segmentos virtualizados como se presenta en la figura 4.2. En otras palabras, el concepto de división de red posibilita la ejecución de múltiples redes, como puede ser una red comunicaciones de seguridad pública, sobre una misma estructura física donde se tendrán diferentes niveles de seguridad de red, donde la movilidad, latencia y el rendimiento son fundamentales para proporcionar un servicio de calidad al usuario final.

4.1 Arquitectura básica del core network de una red 4G

La convivencia de los elementos de red GSM-LTE es la mostrada en la figura 4.3, donde intervienen elementos de acceso, central de conmutación de circuitos de voz y circuitos de paquetes.

Al realizar la virtualización de una red móvil celular también se logra el desacoplamiento del plano de control de datos, con lo cual la red se vuelve más flexible e innovadora, como se muestra en la figura 4.4

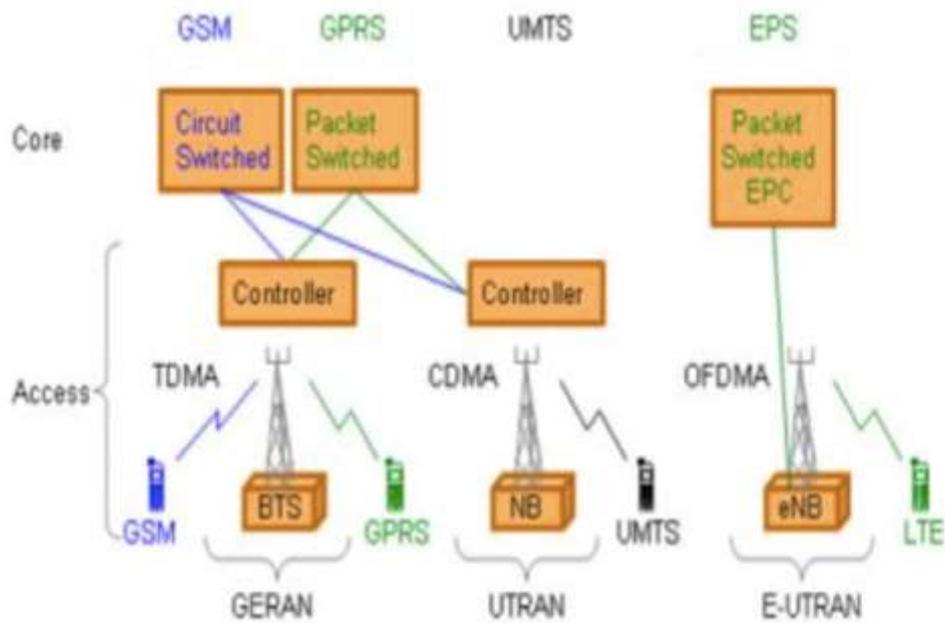


Figura 4. 3: Una solución de red GSM-LTE
Fuente: (Nohrborg, 2008)

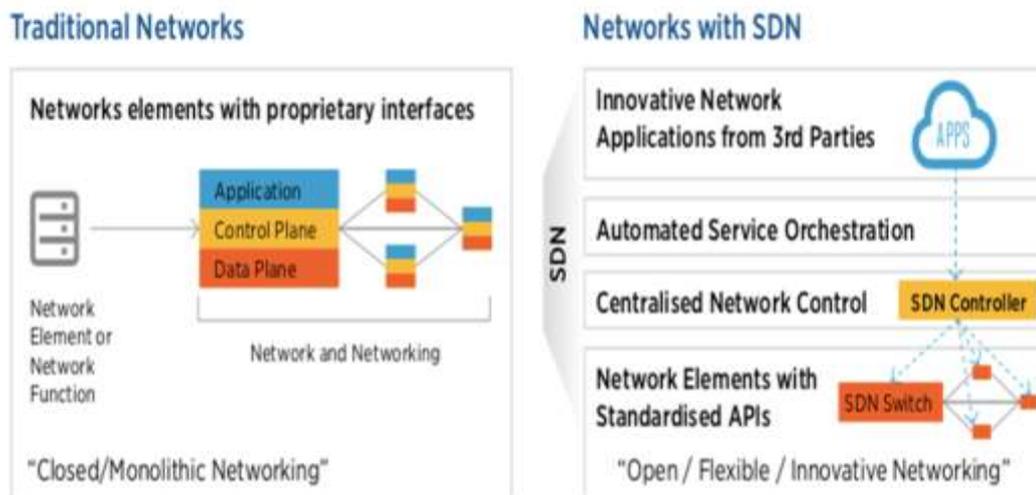


Figura 4. 4: Desacoplamiento del plano de control del plano de datos para redes abiertas
Fuente: (GSMA, 2016)

La arquitectura de organización también representa desafíos considerando la falta de un marco general bien definido. La vista actual basada en algunas de las recomendaciones parece ser de múltiples niveles de organización mediante el cual se realizan organizaciones del SDN, organización del NFV individual o combinada y distinciones de orquestación de servicios, como se muestra en la figura 4.5, este tipo de tecnología a la

larga representa mejor flexibilidad y ahorros de costos para la industria de las telecomunicaciones.

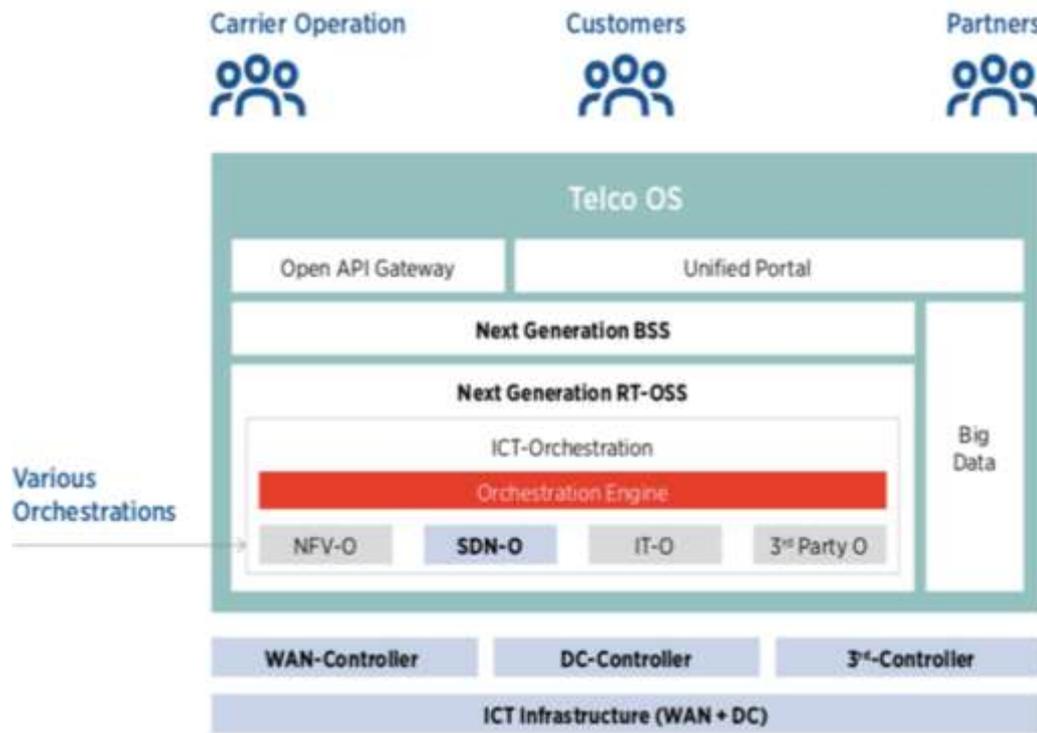


Figura 4. 5: niveles de organización de una red virtualizada
Fuente: (GSMA, 2016)

Al realizar una revisión minuciosa del marco de oportunidades 5G revela que una de las mayores deficiencias de la red 4G actual es que no se presta para soportar una latencia extremadamente baja, así como una entrega de contenido optimizada. Para abordar este problema y, por lo tanto, desbloquear los ingresos de este nuevo segmento de servicios, la industria está trabajando para transformar las estaciones base de radio en centros de servicios inteligentes que son capaces de ofrecer servicios altamente personalizados directamente desde el borde de la red mientras proporciona el mejor rendimiento posible en redes móviles. Esta arquitectura se conoce comúnmente como Mobile Edge Computing (MEC) y se presenta en la figura 4.6 (GSMA, 2016)

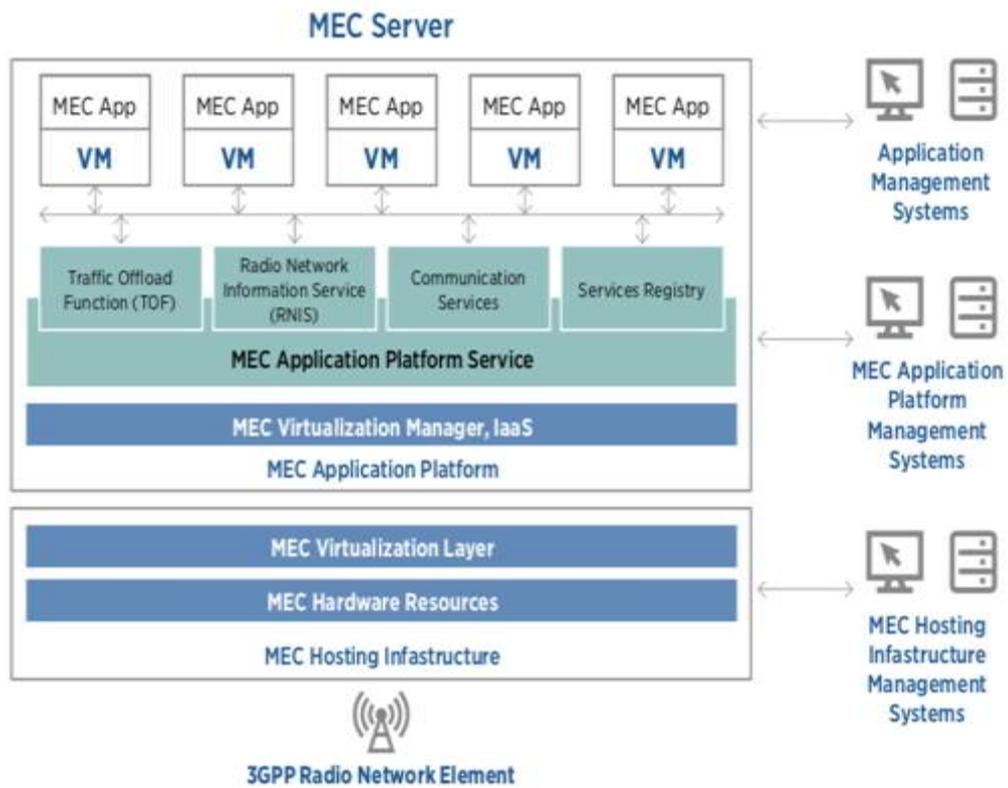


Figura 4. 6: Descripción general del servidor MEC
Fuente: (GSMA, 2016)

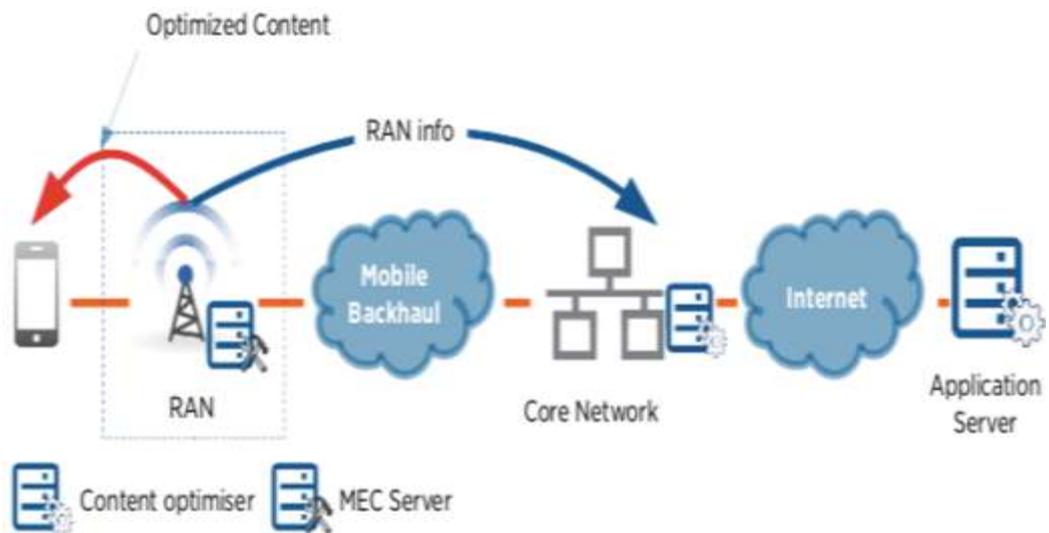


Figura 4. 7: Optimización de la red móvil usando NFV
Fuente: (GSMA, 2016)

En la figura 4.7 se presenta una red móvil optimizada utilizando las tecnologías de NFV y SDN para virtualizar el core network y obtener mejores resultados de latencia y transferencia de datos.

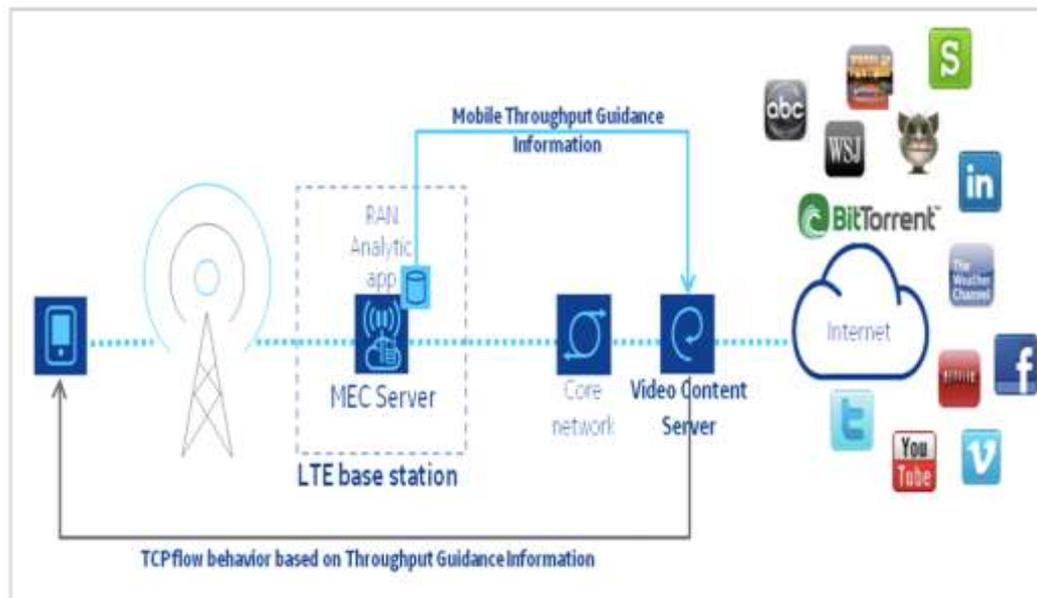


Figura 4. 8: Escenario de servicio inteligente de video
Fuente: (Yun Chao Hu, 2015)

Como se puede observar en la figura 4.8 el core network es parte fundamental de la infraestructura de una red móvil celular para proporcionar servicios de calidad, por tal motivo su arquitectura debe garantizar un nivel de servicio óptimo.

El objetivo de una red de estas características es reducir la latencia, asegurar operación de red altamente eficiente y entrega de servicio, y ofrecer una experiencia de usuario mejorada. El Mobile Edge Computing (MEC) es un desarrollo natural en la evolución de las estaciones base móviles y convergencia de las redes de TI y telecomunicaciones. Basado en una plataforma virtualizada, MEC es reconocida como una de las tecnologías emergentes clave para redes 5G, junto con la Virtualización de Funciones de Red (NFV) y redes definidas por software (SDN) (Yun Chao Hu, 2015).

Para el análisis que se va a efectuar en esta sección se va a referir exclusivamente a una central telefónica móvil y sus componentes básicos, es decir MSS, HLR-HSS, SGSN, SGN, PGW y PCRF y mostrados en la figura 4.9.

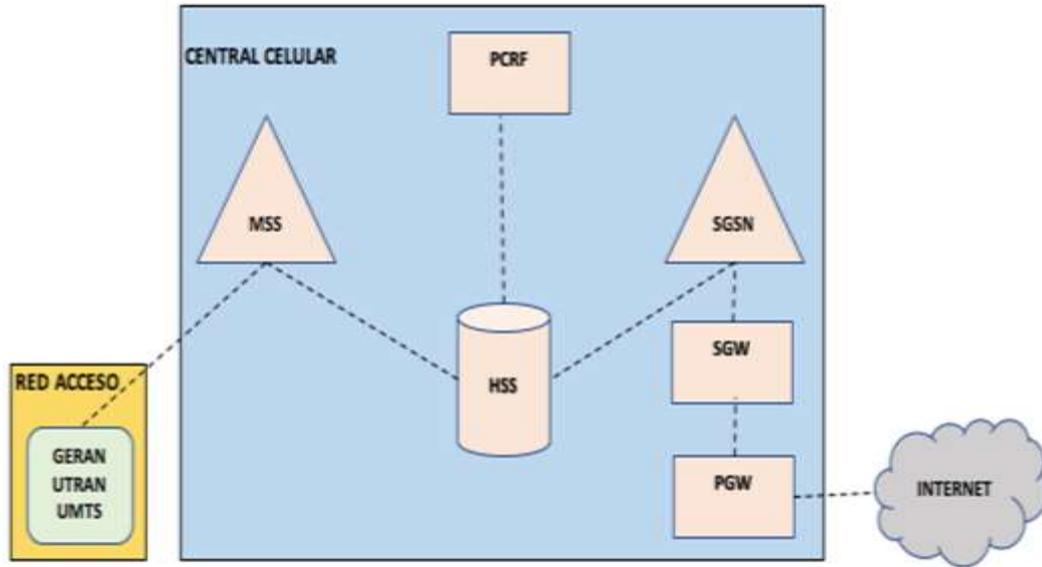


Figura 4. 9: Elementos de una central celular a ser virtualizados
Fuente: Elaborado por el Autor

Para el presente proyecto se van a tomar como referencias las siguientes características de los elementos que se van a virtualizar y se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4. 1: Capacidad de las entidades a virtualizar

Elemento	Capacidad (usuarios)	Capacidad (erlangs)
MSS	1.000.000 (VLR)	34.000
SGSN	4.400.000 (SAU)	
HSS	5.000.000 (Usuarios)	
SGW	1.600.000 (pdp context)	
PGW	10 Gbps	
PCRF	2.000.000 (Sesiones simultáneas)	

Fuente:Elaborado por el Autor

En base a las características típicas de los elementos básicos de un core network de una operadora celular se procederá a realizar los cálculos y definiciones de las entidades virtualizadas.

4.2 Diseño de red básica virtualizada

Una MSS virtualizada deberá contar con las siguientes unidades:

- OMU: Elemento de operación y mantenimiento de la MSS.
- BILLING UNIT: Recolección de CDRs, transferencia hacia el Billing center.
- PROTOCOL UNIT: Administra protocolos UDP, TCP, SCTP.
- IP PROCESS: Mensajes SIP, H.248.
- STORAGE: Recursos compartidos, mgw, msrn, licencias.
- CALL & SERVICES: Llamadas en proceso, servicios de red, administración de recursos, servicios.
- VLR: almacena datos del suscriptor y datos temporales de las llamadas.

Para el SGSN se tienen las siguientes unidades:

- OMU: Maneja la operación y mantenimiento de la VNF.
- SPU: Manejo el procesamiento de servicios.
- IPU: Provee capacidades de conmutación virtual.
- SDU: Manejo de las sesiones de datos.

Para el HSS-HLR

- SERVICE UNIT: Administra funciones como el subsistema de procesamiento de servicio.
- MAP UNIT: Administra mensajes Map y Diameter
- CODEC UNIT: Codifica y decodifica mensajes y procesa servicios relacionados.
- SIGNALING UNIT: Se utiliza para implementar módulos y funciones de procesamiento de señalización y servicio como el subsistema de procesamiento de señalización y el subsistema de procesamiento de servicios.
- STORE SUBSCRIBER: almacena datos y consultas del suscriptor, agrega, elimina y actualiza los datos del suscriptor

- PROCESS UNIT: procesa servicios, mide el rendimiento del sistema y controla el uso de la licencia.
- ROUTING FUNCTION: Proporciona la función de enrutamiento de datos del suscriptor.
- OMU: Elemento de operación y mantenimiento del HSS.
- Store OMU: almacena datos de configuración del sistema.

Para el SGW se tienen las siguientes partes:

- OMU: Elemento de operación y mantenimiento del SGW.
- SESSION DATABASE: proporciona espacio de memoria para los datos de las sesiones que se van presentando durante las conexiones.
- ISU: proporciona capacidades mejoradas de conmutación de red virtual.
- SPU: Procesamiento de servicios.
- IPU: proporciona capacidades de conmutación de red virtual.

Para el PGW se tienen las siguientes partes:

- OMU: Elemento de operación y mantenimiento del PGW.
- SESSION DATABASE: Proporciona espacio de memoria para los datos de las sesiones que se van presentando durante las conexiones.
- ISU: Proporciona capacidades mejoradas de conmutación de red virtual.
- SP: Procesamiento de servicios.
- IPU: Proporciona capacidades de conmutación de red virtual.

Para el PCRF se tienen las siguientes partes:

- Manager unit: Administración y configuración de políticas, envía notificaciones a los suscriptores, según la política utilizada.
- Protocol Unit: Procesa la pila de protocolos de mensajerías a través de la interfaz de señalización.

- Service Process Unit: obtiene datos de abonado en función de los mensajes recibidos, procesa la lógica del servicio, y devuelve los resultados al extremo par.

4.3 DIMENSIONAMIENTO DE VNFS PARA UNA RED BÁSICA

En la tabla 4.2, se aprecia las capacidades de una red de telefonía móvil la cual está dividida en regiones según la cantidad de usuarios, para un mejor control del sistema se tienen distribuidos los usuarios en diferentes ubicaciones geográficas, en las cuales se localizan las centrales de telefonía móvil.

Tabla 4. 2:Capacidad de las centrales móviles a virtualizar

MSS	USUARIOS	CAPACIDAD BHCA	PORCENTAJE DE OCUPACION (%) BHCA	ERLANGS
REGION 1				
MSS1	700,000	3,416,000	20.5%	32,262
MSS2	700,000	3,416,000	20.5%	32,262
MSS2	700,000	3,468,000	20.2%	32,753
MSS3	700,000	3,000,000	23.3%	28,333
MSS4	700,000	3,500,000	20.0%	33,056
TOTAL REGION 1	3,500,000	16,800,000	20.8%	158,667
REGION 2				
MSS5	770,000	3,416,000	22.5%	32,262
MSS6	800,000	3,416,000	23.4%	32,262
MSS7	770,000	2,484,000	31.0%	23,460
MSS8	740,000	3,600,000	20.6%	34,000
MSS9	760,000	3,600,000	21.1%	34,000
MSS10	1,000,000	3,468,000	28.8%	32,753
MSS11	1,000,000	3,432,000	29.1%	32,413
MSS12	1,000,000	3,200,000	31.3%	30,222
TOTAL REGION 2	6,840,000	26,616,000	25.7%	251,373
TOTAL NACIONAL	10,340,000	43,416,000	23.8%	410,040

Fuente: Elaborado por el Autor

Para efectos del presente estudio los análisis de dimensionamiento se basarán en los datos referentes a la región 1. En la tabla 4.3, se definen las capacidades de los elementos de una red de telefonía móvil, correspondiente a la capacidad de usuarios y tráfico de la región 1.

Tabla 4. 3:Capacidad de los elementos de red celular a virtualizar

Elemento de red	Capacidad	Unidades
MSS	3,500,000	Usuarios en vlr
SGSN/MME	4,400,000	SAU (usuarios simultaneos)
HSS	5,000,000	Usuarios
SGW	1,600,000	PDP context activos
PGW	10	Gbps throughput
PCRF	2,000,000	sesiones simultaneas

Fuente: Elaborado por el Autor

En la tabla 4.4 se muestran los valores a configurar en las máquinas virtuales para una red celular que tenga como valores típicos de tres millones quinientos mil abonados registrados de manera efectiva en su red por medio del VLR y una capacidad máxima de registro de cinco millones en su base de abonados o HLR, dejando una holgura de alrededor de medio millón para sus MSS, en caso de crecimiento de abonados registrados de manera efectiva en sus diferentes centrales celulares móviles para la región 1, definida previamente como nuestro universo de análisis y dimensionamiento.

Tabla 4. 4:Valores correspondientes al dimensionamiento de la Región 1 de la red móvil

VNF	Nombre de la VM	Capacidad estándar de la VM (Unidades en miles)	Tipo de redundancia	Capacidad requerida de acuerdo a la red de ejemplo	VM (sin redundancia)	VM considerando redundancia	Capacidad a configurar	Unidades en miles	Total # of vCPU	Total Memory GB
MSC	OMU	4000	1+1	3500	1	2	4000	usuarios	16	48
	IGWB	2800	1+1	3500	2	4	5600	usuarios	8	48
	MSXIFM	2400	1+1	3500	2	4	4800	usuarios	4	16
	MSXBSG	1800	1+1	3500	2	4	3600	usuarios	8	40
	MSXCDB	10000	1+1	3500	1	2	10000	usuarios	2	20
	MSXCCU	680	N+M	3500	6	12	4080	usuarios	24	192
	MSXVDB	2000	1+1	3500	2	4	4000	usuarios	8	64
CloudUGW SGW+PGW	OMU	10000	1+1	1600	1	2	10000	PDP context	12	48
	SDU	720	N+1	1600	3	4	2160	PDP context	16	320
	ISU	10000	N+1	10000	1	2	10000	Mbps	32	176
	SPU	10000	1+1	1600	1	2	10000	PDP context	8	64
	IPU	10000	1+1	1600	1	2	10000	PDP context	8	48
PCRF	UPPDU	6840	1+1	2000	1	2	6840	Sesiones	8	48
	UPIRU	3420	1+1	2000	1	2	3420	Sesiones	8	48
	UPSPU	1024	1+1	2000	2	4	2048	Sesiones	16	96
	OMU	40000	1+1	2000	1	2	40000	Sesiones	8	32
HLR/HSS (cloud DB)	Front End HSSHISU	3000	1+1	5000	2	4	6000	usuarios 2G/3G/4G	8	48
	FE HSSHCCU	3000	N+1	5000	2	3	6000	usuarios 2G/3G/4G	12	48
	back end HSSRSU	3000	N+M	5000	2	4	6000	usuarios 2G/3G/4G	16	144
	be HSSHISU	3500	N+M	5000	2	4	7000	usuarios 2G/3G/4G	8	24
	be SDBPID	10000	1+1	5000	1	2	10000	usuarios	8	24
	be SDBPGW	10000	N+M	5000	2	4	20000	usuarios	16	64
	OMU	10000	1+1	5000	1	2	10000	usuarios	8	32
MME/SGSN	OMU	10000	1+1	4400	1	2	10000	SAUs (atachados)	12	48
	SPU	10000	N	4400	1	2	10000	SAUs	8	64
	IPU	10000	N	4400	1	2	10000	SAUs	8	48
	SDU	10000	N	4400	1	2	10000	SAUs	8	160

Fuente: Elaborado por el Autor

El análisis realizado en la tabla 4.4 están basados en los manuales técnicos del fabricante Huawei, conocidos como Hedex, los cuales están disponibles en la página de la misma y según sea el convenio con la operadora se pueden actualizar en las computadoras de los usuarios de las diferentes operadoras celulares.

4.4 ESQUEMA PROPUESTO DE CORE VIRTUALIZADO DE UNA RED 4G

El esquema propuesto es el mostrado en la figura 4.10, en el cual se ha virtualizado los elementos del Core Network de una central telefónica móvil, cuyas características se detallaron en la tabla 4.1, junto con el diagrama de la red detallada también en la figura 4.9.

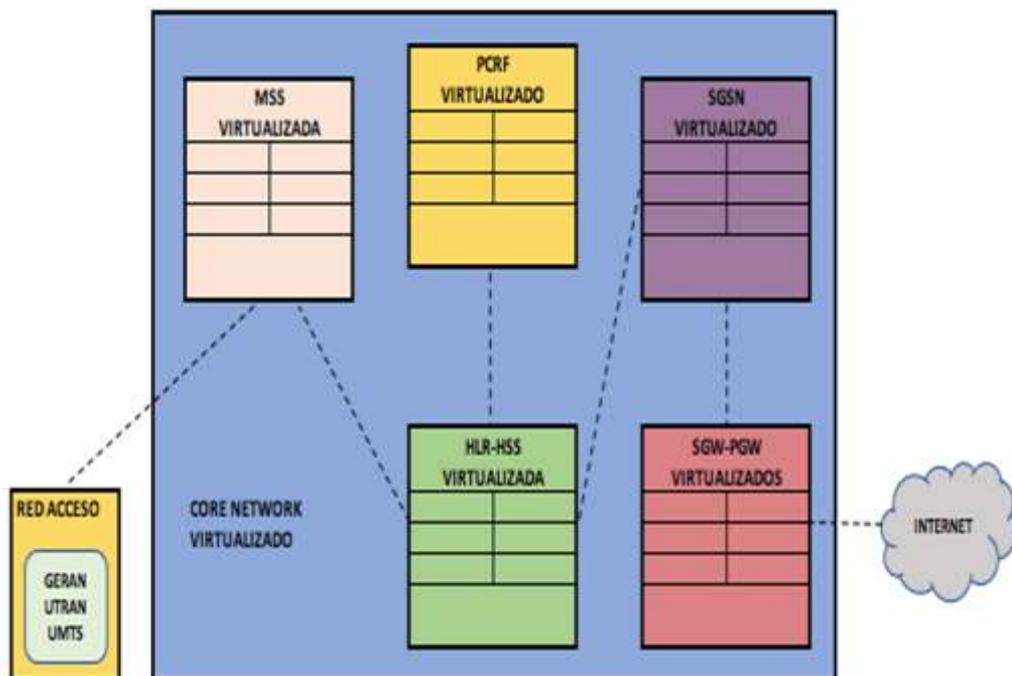


Figura 4. 10: Esquema del Core Network Virtualizado
Fuente: Elaborado por el Autor

En la figura 4.11 se presenta el equipo E9000 (parte frontal) el cual será tomado como referencia para realizar las configuraciones de las máquinas virtuales de la red celular escogida.



E9000

Figura 4. 11: Equipo E9000 Huawei, frontal.
Fuente: Manuales Huawei

En la figura 4.12 se presenta el equipo E9000 (parte posterior) el cual será tomado como referencia para realizar las configuraciones de las máquinas virtuales, además es importante anotar que para la configuración inicial de los equipos.

Para los valores mostrados en la tabla 4.4, se tiene la configuración mostradas en las figuras 4.13 y 4.14. Donde se pueden apreciar las diferentes entidades virtualizadas en dos bastidores, para la configuración de las unidades de red celular móvil virtualizadas capaz de manejar alrededor de cuatro millones de abonados, de acuerdo con la red planteada de la Región 1 de una operadora local de telefonía móvil.

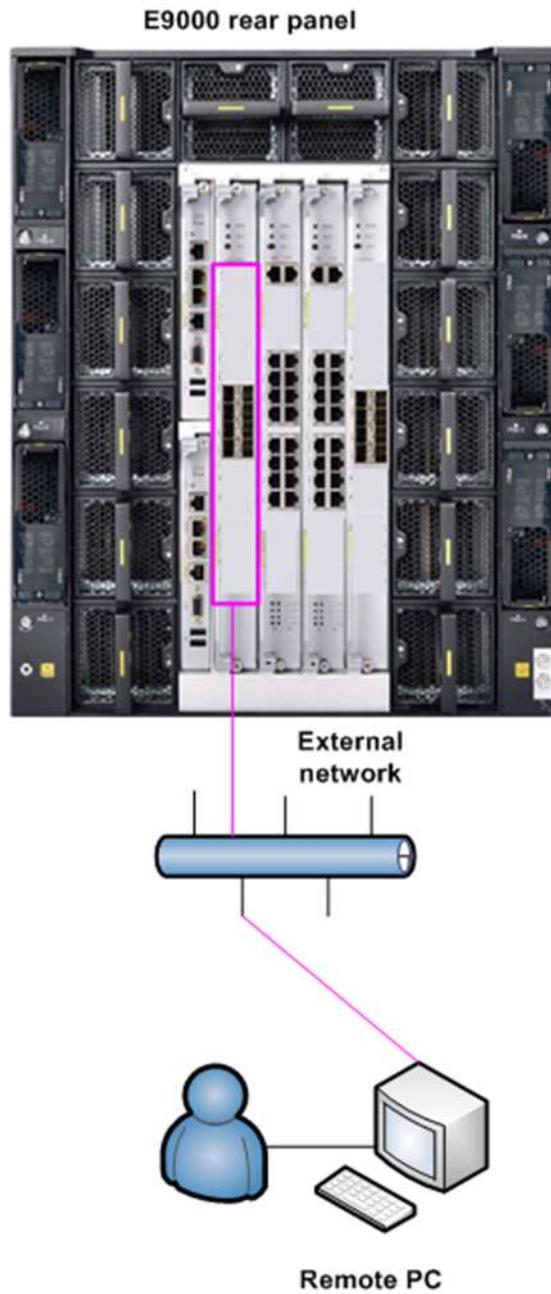


Figura 4. 12: Equipo E9000 Huawei, parte posterior.
Fuente: Manuales Huawei

Cabinet 1				
Maximum Power Consumption (KW)				
11043				
			NFV SRV 1	
46			AC-PDB 3U	
45				
44				
43			Filler panel 1U	
42			Filler panel 1U	
41			AC-PDB 3U	
40				
39				
38			Filler panel 1U	
37			Filler panel 1U	
36			Cabling trough 1U	
35			sw01nfvmanagement	
34			Cable trough 1U	
33			sw03nfv	
32			Cabling trough 1U	
31			sw01nfv	
30			Cable trough 1U	
29			Filler panel 1U	
28			Filler panel 1U	
27			Filler panel 1U	
26			Filler panel 2U	
25			Filler panel 1U	
24			Filler panel 2U	
23			Filler panel 2U	
22			Storage 5500V3	
21				
20			Storage 5500V3	
19				
18			Storage 5500V3	
17				
16			Storage 5500V3	
15				
14			Filler panel 1U	
13	8	E9000 (N° 0)	16	
12				
11	7			15
10	6			14
9	5			13
8	5			13
7	4			12
6	4			12
5	3			11
4	2			10
3	1			9
2	1			
1			Assembled Rail 1U	

Figura 4. 13: Esquema de gabinete principal
Fuente: Manuales Huawei

Cabinet 2			
Maximum Power Consumption (KW)			
11043			
			NFV SRV2
46			AC-PDB 3U
45			
44			
43			Filler panel 1U
42			Filler panel 1U
41			AC-PDB 3U
40			
39			
38			Filler panel 1U
37			Filler panel 1U
36			Cabling trough 1U
35			sw02nfvmanagement
34			Cable trough 1U
33			sw04nfv
32			Cabling trough 1U
31			sw02nfv
30			Cable trough 1U
29			Filler panel 1U
28			Filler panel 1U
27			Filler panel 1U
26			Filler panel 2U
25			Filler panel 1U
24			Filler panel 1U
23			Filler panel 2U
22			Storage 5500V3
21			
20			Storage 5500V3
19			
18			Storage 5500V3
17			
16			Storage 5500V3
15			
14			Filler panel 1U
13	8	E9000 (N° 1)	16
12	7		15
11	6		14
10	6		14
9	5		13
8	5		13
7	4		12
6	4		12
5	3		11
4	2		10
3	2		10
2	1		9
1		Assembled Rail 1U	1U

Figura 4. 14: Esquema de gabinete redundante
Fuente: Manuales Huawei

En la tabla se hace una comparación de las tecnologías hasta llegar a la 5G.

Tabla 4. 5: Cuadro comparativo de las tecnologías 4G 5G

Tecnología	1G	2G - 2.5G	3G	4G	5G
Desarrollo	1970-1984	1980 - 1999	1990 - 2002	2000- 2010	2010-2018
Ancho Banda	2 Kbps	14.4 - 64 Kbps	2 Mbps	2000 Mbps - 1Gbps	1Gbps - 20 Gbps
Estándar	AMPS	2G: TDMA, CDMS,GSM 2.5G: GPRS, EDGE	WCDMA, CDMA 2000	Estándar Unificado	Estándar Unificado
Tecnología	Analógica	Digital	CDMA, IP	IP, LAN-WAN-WLAN	IP, LAN-WAN-WLAN
Servicio	Voz	2G: Voz digital, SMS 2.5G: Paquetes de datos	Audio, video, datos, voz digitalizados	Acceso dinámico a la información	Acceso dinámico a la información con gran capacidad de movilidad y ancho de banda
Multiplexación	FDMA	TDMA-CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Conmutación	Circuitos	2G:Circuitos 2.5G: User plane, control plane	Paquetes	Paquetes	Paquetes
Core Network	PSTN	PSTN	Red de paquetes	Internet	Internet
Handoff	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal y vertical	Horizontal y vertical

Fuente: (Oludare, 2014)

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el presente trabajo de titulación se puede evidenciar las siguientes conclusiones que se desprenden del mismo:

1. En el proceso de revisión de la estructura de una red celular 4G de los capítulos 1 y 2, se ha detallado la arquitectura de los diferentes elementos de core network y sus principales componentes, así como las entidades que interactúan con ellos, donde se ha estudiado a detalle sus funcionalidades y esquemas de interconexión, con lo cual se ha cumplido plenamente el primer objetivo específico del proyecto.
2. Al desarrollar el capítulo 3, se ha estudiado y mostrado a plenitud los diferentes escenarios de convergencia de una red móvil celular con proyecciones hacia la siguiente década de las tecnologías de las comunicaciones a nivel mundial, en el cual se demuestra que las telecomunicaciones son redes dinámicas que se adaptan a las necesidades de los usuarios para poder brindar los nuevos servicios que demandan gran cantidad de consumo de datos se hace necesario aplicar conceptos innovadores como la virtualización y cloudificación de redes, de esta forma se cumple con el segundo objetivo específico del trabajo.
3. En el capítulo 4 aplicando los conceptos de NFV, SDN y Cloudificación a una red de telefonía móvil y siguiendo los lineamientos de los organismos como la 3GPP y la ETSI se procede a virtualizar un Core Network típico 4G en entidades virtualizadas capaces de suplir la demanda estimada de tráfico de una red 5G y al mismo tiempo garantizando el servicio de buena calidad al abonado y creando una central celular flexible para convivir con la actual red telefonía móvil 4G, y así el operador puede seguir utilizando su actual infraestructura. Con lo cual se cumple el tercer objetivo específico planteado inicialmente.

4. Finalmente se puede afirmar que el objetivo general del trabajo también ha sido demostrado, por cuanto se plantea una posible solución de Core Network virtualizada para una central telefónica celular 5G, capaz de convivir con una red 4G con sus diferentes topologías, servicios y aplicaciones, cumpliendo los estándares de los organismos reguladores de las tecnologías GSM como lo son la 3GPP y la ETSI.

RECOMENDACIONES

Como resultado del presente trabajo de titulación se plantean algunas recomendaciones que se pueden seguir como futuros trabajos de investigación y mejoras del presente proyecto:

1. Verificar los estándares de la 3GPP y ETSI que se van robusteciendo y apareciendo nuevos documentos en relación con 5G para mejorar la presente propuesta.
2. Tomar en consideración que aún no existe una red celular comercial 5G y varios de los conceptos estudiados pueden ser mejorados una vez que se pongan en producción tales servicios.
3. Revisar los estándares relacionados a las redes de acceso a una red 5G y plantear alternativas de interconexión con redes actuales y futuras.
4. Analizar si las tendencias de consumo de los usuarios se mantienen durante los siguientes años para comprobar que efectivamente las hipótesis planteadas sobre estos eventos se van cumpliendo en las redes 5G.
5. Analizar el costo beneficio de realizar la virtualización del Core Network de una red de telefonía móvil, usando las tecnologías NFV, SDN y Cloudificación.

ANEXOS

Anexo 1.

Se presenta el detalle de esquema de diseño de las máquinas virtuales, según manuales para E9000 Huawei.

GLOSARIO DE TÉRMINOS
3GPP 3rd Generation Partnership Project

ACU Authentication Centre Unit

AMPS Advanced Mobile Phone System

AN Access Network

AUC The Authentication Centre

BDCU Basic Data Communication Unit

BSC The Base Station Controller

BSS Base Station Subsystem

BSU Base Station Signalling Unit

CCSU Common Channel Signalling Unit

CDMA Code Division Multiple Access

CDNs Content delivery networks

CDS Circuit Switched Data Server

CHU Charging Unit

CLBU Clock and Alarm Buffer Unit

CLS Clock System

CLSU Clock System Unit

CMM Central Memory and Marker

CMU Cellular Management Unit

CN Core Network

CS Circuit Switched

DAMPS Digital - Advanced Mobile Phone System

DPI Deep packet inspection

E-UTRAN LTE access network

EDGE Enhanced Data rates for GSM Evolution

EIR The Equipment Identity Register

eNodeB The Evolved NodeB

EPC Evolved Packet Core

ET Exchange Terminal

ETSI European Telecommunications Standards Institute

FM Frequency Modulation

GCS Group Communication Service

GERAN GSM EDGE Radio Access Network

GSNGateway GPRS Support Node

GMSC Gateway MSC

GPRS General Packet Radio Service)

GSM Global System for Mobile communication

GSW256 Group Switch 256

HF High Frequency

HLR Home Location Register

HSPA High Speed Packet data Access

HSS Home Subscriber Server

HSS for Home Subscriber Server

IDEN Integrated Digital Enhanced Network

IMEI International Mobile Equipment Identities

IMS IP Multimedia Core Network Subsystem

IMSI International Mobile Subscriber Identity

IMSs IP multimedia subsystems

IoT Internet of Things

IP Internet protocol

ITU International Telecommunications Union

JTACS Japan Total Access Communications System

LLDP Link Layer Discovery Protocol

LTE Long Term Evolution

MB Message Bus

MGW Media Gateway

MME for Mobility Management Entity

MSS Mobile services Switching Centre

NAT Network address translation

NE Network Element

NF Network Function

NFV Network Functions Virtualisation

NFVI NFV Infrastructure

NMS Network Management Subsystem

NMT Nordic Mobile Telephone

NSS Network Switching Subsystem

OMU Operation and Maintenance Unit

PDC Personal Digital Cellular

PDFU Power Distribution Fuse Unit

PDN Packet Data Network

PDN GW the PDN Gateway

PDN-GWs or PGWs Packet data network gateways

PLMN Public Land Mobile Network

PS Packet Switched

RNC The Radio Network Controller

RTMI Radio Telefono Mobile Integrato

SCP Signaling control point

SDN Software defined networking

Serving GW the Serving Gateway

SGSN Serving GPRS Support Node

SIGTRAN Signaling Transport

SIGU Signaling Unit

STU Statistical Unit

SVA Servicios de valor agregado

SWU Switching Unit

TACS Total Access Communications System

UE User Equipment

UMTS Universal Mobile Telecommunications

UTRAN UMTS Terrestrial Radio Access Network

VHF Very High Frequency

VLR Visitor Location Register

VLRU Visitor Location Register Unit

VM Virtual Machine

VNF Virtualized Network Function

VPNs Virtual private networks

Wi-Fi Wireless Ethernet Compatibility Alliance

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anand R. Prasad, A. Z. (6 de Agosto de 2018). *3GPP*. Recuperado el 2018, de http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1975-sec_5g
- Bertenyi, B. (2014). 3GPP system standards heading into the 5G era. *Eurescom message*, 9-11. Obtenido de http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1614-sa_5g
- Bo Han, V. G. (2015). Network Function Virtualization Challenges and Opportunities for Innovations. *IEEE Communications Magazine*, 90-97.
- Bruno Astuto A. Nunes, M. M. (2014). A Survey of Software-Defined Networking: Past, Present, and Future of Programmable Networks. *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS*, 16(3), 1617-1634.
- ETSI. (2013). Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework. GS NFV 002 (v. 1.1.1). ETSI.
- Excelsior*. (2015). Obtenido de <https://www.excelsior.com.mx>
- Faizul Bari, R. B. (2013). Data Center Network Virtualization: A Survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 15(2), 909-928.
- Félix Fermín, J. G. (2017). Internet de las Cosas. *Perspectivas*, 10, 45-49.
- Firmin, F. (2018). *3GPP*. (3GPP MCC) Obtenido de <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/100-the-evolved-packet-core>
- FLYNN, K. (2015). 3GPP NFV Study . 3GPP.
- GSMA. (2016). *Unlocking Commercial Opportunities From 4G Evolution to 5G*. Recuperado el 2018, de www.gsma.com
- Hawilo, H., Shami, A., Mirahmadi, M., & Asal, R. (2014). NFV: state of the art, challenges, and implementation in next generation mobile networks. *IEEE Network*, 28(6), 18-26.
- Hendrik Moens, F. D. (2014). VNF-P: a model for efficient placement of virtualized network functions. *INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORK AND SERVICE MANAGEMENT (CNSM)*. Rio de Janeiro.

- Intel. (2014). *INTEL*. Recuperado el 2018, de <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/white-papers/developing-solutions-for-iot.pdf>
- Jayavardhana Gubbi, R. B. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29, 1645-1660.
- Kitchin, R. (2014). The real-time city? Big data and smart urbanism . *GeoJournal*, 79(1), 1-14.
- Marios D. Dikaiakos, G. P. (2009). Cloud Computing Distributed Internet Computing for IT and Scientific Research. *IEEE Computer Society*, 10-13.
- Mijumbi, R., Serrat, J., Gorricho, J.-I., Latre, S., Charalambides, M., & Lopez, D. (2016). Management and orchestration challenges in network functions virtualization. *IEEE Communications Magazine*, 54(1).
- Moens, H., & De Turck, F. (2014). *Academic Bibliography Universiteit Gent*. Obtenido de VNF-P: A Model for Efficient Placement of: <https://biblio.ugent.be/publication/5782502>
- Nohrborg, M. (2008). *3GPP*. Recuperado el 2018, de <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>
- Nokia. (2005). Engineering for Multimedia Gateway (Manual Técnico).
- Oludare, O. (2014). Comparative studies on 3G,4G and 5G wireless technology. *Journal of Electronics and Communication Engineering*, 9(3), 88-94.
- Oy, N. T. (1998). *Systra*.
- Ranchal, J. (2015). *Muy Canal*. Obtenido de <https://www.muycanal.com>
- Renata Paola Dameri, C. R.-S. (2014). *Smart City*. Springer.
- Research, R. (2017). LTE to 5G: Cellular and Broadband Innovation.
- Shree Krishna Sharma, X. W. (2017). Live Data Analytics With Collaborative Edge and Cloud Processing in Wireless IoT Networks. *IEEE Access*, 5, 4621-4635.
- Sugam Agarwal, M. K. (2013). Traffic engineering in software defined networks. *Proceedings IEEE INFOCOM*, 2211-2219.

- Talal H. Noora, *. S. (2018). Mobile cloud computing: Challenges and future research directions. *Journal of Network and Computer Applications* , 115, 70-85.
- Wei Zhou, S. P. (2014). Security/Privacy of Wearable Fitness Tracking IoT Devices. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies* , 9. Barcelona.
- Yun Chao Hu, M. P. (2015). Mobile Edge Computing A key technology towards 5G. ETSI (European Telecommunications Standards Institute).
- Zhaogang Shu, J. W. (2016). Traffic Engineering in Software-Defined Networking: Measurement and Management. *IEEE Access*, 4, 3246-3256.
- 3GPP. (1999). 3G TS 23.002 version 3.1.0. Valbonne.
- 3GPP. (2015). GSM/GPRS/EDGE architecture .
- 3GPP. (2016). 3GPP TS 25.401 version 13.0.0 Release 13. Valbonne, Francia.
- 3GPP. (2017). 3GPP TS 28.500 V14.1.0. Valbonne : 3GPP ETSI.
- 3GPP. (2018). Obtenido de <http://www.3gpp.org/about-3gpp>
- 5G Americas. (2017). 5G Americas. Obtenido de <http://www.5gamericas.org>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Santillán Carranza Holger Jorge**, con C.C: # **0916303134** autor del trabajo de titulación: **Virtualización de una Central Telefónica Celular 4G como preparación para convivencia con red 5G**, previo a la obtención del título de **Magíster 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, al 30 de octubre del 2019

f. _____

Nombre: **Santillán Carranza Holger Jorge**

C.C: 0916303134

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Virtualización de una Central Telefónica Celular 4G como preparación para convivencia con red 5G.	
AUTOR(ES)	Santillán Carranza Holger Jorge	
REVISOR(ES)/TUTOR	MSc. Orlando Philco Asqui; MSc. Luis Córdova Rivadeneira / MSc. Manuel Romero Paz	
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
FACULTAD:	Sistema de Posgrado	
PROGRAMA:	Maestría en Telecomunicaciones	
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	30 de octubre del 2019	No. DE PÁGINAS: 109
ÁREAS TEMÁTICAS:	Virtualización, Internet de las cosas, Smart Cities, Telemedicina,	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	5G, NFV, SDN, Cloudificación, GSM, SGSN-GGSN, MS-BSS	
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>En el presente trabajo se analiza y se estudia el desarrollo y avance de las telecomunicaciones, específicamente lo relacionado a la telefonía móvil con su inminente migración de redes 4G hacia las redes 5G. Debido al cambio en el perfil del abonado de ser un consumidor de redes de servicios de voz hacia el alto consumo de servicios de datos inmersos en la corriente del internet de las cosas, las redes telefónicas tienen que adaptarse y proporcionar una respuesta dinámica ante tales cambios. Es por este motivo que se adoptan nuevos conceptos de virtualización de equipos y redes definidas por software en una operación de red celular. En el desarrollo de este trabajo se desarrollan los conceptos de Network function virtualization (NFV), las redes definidas por software, Software-Defined Networking (SDN) y Cloudificación, aplicados a una red celular al realizar un diseño de una red básica para integrarse a una red 5G. La metodología utilizada para este trabajo de titulación es de carácter exploratorio, descriptivo con un enfoque experimental.</p>	
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-999422436	E-mail: holgersantillan@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Romero Paz Manuel de Jesús	
	Teléfono: +593-994606932	
	E-mail: manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		