



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:  
**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS Y TENDENCIAS DE  
CONECTIVIDAD MÓVIL EN EL ECUADOR.**

AUTOR:  
ALMEIDA DELGADO, KEVIN WALTER

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de  
**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:  
BOHORQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO

Guayaquil, Ecuador

14 de marzo del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.  
**Almeida Delgado, Kevin Almeida** como requerimiento para la obtención del  
título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

---

Bohorquez Escobar, Celso Bayardo

DIRECTOR DE CARRERA

---

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 14 del mes de marzo del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Almeida Delgado, Kevin Walter**

**DECLARÓ QUE:**

El trabajo de titulación “**Estudio y análisis de tecnologías y tendencias de conectividad móvil en el Ecuador**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 14 del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

---

ALMEIDA DELGADO, KEVIN WALTER



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Almeida Delgado, Kevin Walter**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Estudio y análisis de tecnologías y tendencias de conectividad móvil en el Ecuador**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

---

ALMEIDA DELGADO, KEVIN WALTER

# REPORTE DE URKUND

**URKUND**

**Documento** [Formato TT Kevin Almeida V.21.02.2017 final actualizacion.docx](#)  
(D25951311)

**Presentado** 2017-02-22 09:54 (-05:00)

**Presentado por** kevin\_almeover3000@hotmail.com

**Recibido** edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com

**Mensaje** RE: URKUND - ESTADO [Mostrar el mensaje completo](#)  
1% de esta aprox. 30 páginas de documentos

**Lista de fuentes** Bloques

+	Categoría	Enlace/nombre de archivo	☐
+		<a href="#">Formato TT CORREGIDO 1.docx</a>	☐
+		<a href="#">TT Wilson Valverde.docx</a>	☐
+	>	<a href="#">TESIS-PARTE2.docx</a>	☐
+		<a href="#">cinthia tesis.docx</a>	☐
+		<a href="http://astrojem.com/teorias/espec...">http://astrojem.com/teorias/espec...</a>	☑

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:  
ESTUDIO Y ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS Y TENDENCIAS DE CONECTIVIDAD MÓVIL EN EL ECUADOR.

AUTOR: ALMEIDA DELGADO, KEVIN WALTER

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: BOHORQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO

0 Advertencias

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de titulación se lo dedico a Dios porque me dio la inteligencia, salud y especialmente la vida para alcanzar todas las metas establecidas.

A mis padres especialmente a mi madre Kelly Delgado Bohorquez quien fue mi ayuda, mi fortaleza en los momentos difíciles y por ser mi ejemplo a seguir.

A mi novia Evelyn Cortez Burgos y mi hermano Diego Almeida Delgado por ser mis motivaciones diarias.

A mi primo Hugo Almeida quien fue la persona que me ofreció su ayuda incondicional en todos estos 4 años y medio que duro mi carrera.

**EL AUTOR**

**ALMEIDA DELGADO, KEVIN WALTER**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de estar con vida y gozar de este logro que fue trazado hace 4 años y medio que comenzó esta gran aventura universitaria.

A mi familia por haberme apoyado en todo momento en que necesite de sus palabras de aliento y de sabiduría.

A la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (U.C.S.G) por haberme dado la oportunidad de cumplir una de mis metas.

A mi tutor Ing. Bayardo Bohórquez por haber sido una guía y paciencia durante estos 4 meses.

A la empresa Alcatel – Lucent por haber dado la oportunidad de efectuar todas las pruebas que se necesitaban para culminar este trabajo de titulación.

A los Ingenieros Hugo Almeida y Pablo Gaviño por haber facilitado todas las herramientas para las pruebas realizadas.

EL AUTOR

ALMEIDA DELGADO, KEVIN WALTER

VII



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

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

**BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO**  
TUTOR

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

**HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO**  
DIRECTOR DE CARRERA

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

**PALACIOS MELENDEZ, EDWIN FERNANDO**  
COORDINADOR DE TITULACIÓN

## Índice General

Índice de Figuras .....	XII
Índice de Tablas.....	XV
Resumen .....	XVI
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes. ....	3
1.3. Justificación del Problema.....	4
1.4. Definición del Problema.....	5
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos. ....	5
1.6. Metodología de Investigación.....	6
1.6.1. Enfoque de la investigación .....	6
1.6.2. Alcance de la investigación.....	6
<b>CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES .....</b>	<b>7</b>
2.1. TELEFONÍA MÓVIL O CELULAR .....	7
2.1.1. Red de comunicaciones y terminales de recepción .....	8
2.1.2. Funcionamiento .....	9
2.1.3. Evolución y convergencia tecnológica .....	11
2.1.4. Fabricantes y sistemas operativos.....	20
2.2. Sistemas de Comunicación .....	23
2.2.1 Modelo de un sistema de comunicación .....	24
2.2.2 Elementos del sistema.....	25
2.2.3 Tipos de señal de datos.....	26
2.2.4 Tipos de transmisión de datos .....	26
2.2.5 Modos de transmisión de datos .....	28
2.2.6 Contaminación de la señal .....	29

2.2.7	Espectro Electromagnético .....	30
2.3.	Evolución de la tecnología móvil .....	37
2.3.1.	Reseña histórica.....	37
2.3.2.	Segunda generación telefonía móvil (2G).....	39
2.3.2.1.	Estándar: GSM.....	39
2.3.2.2.	Técnica de acceso: TDMA y CDMA.....	41
2.3.2.3.	Arquitectura: GSM .....	42
2.3.3.	Tercera generación (3G).....	45
2.3.3.1.	Estándar: UMTS (3GPP) y CDMA 2000 (3GPP2).....	46
2.3.3.2.	Técnica de acceso: WCDMA y OFDM .....	48
2.3.3.3.	Arquitectura: UMTS .....	51
2.3.4.	Cuarta generación (LTE) .....	53
2.3.4.1.	Estándar LTE: Características .....	54
2.3.4.2.	Estándar LTE: Especificaciones técnicas .....	55
2.3.4.3.	Técnicas de acceso: OFDMA, SC-OFDMA y MU-MIMO.....	55
2.3.4.3.1.	OFDMA.....	55
2.3.4.3.2.	SC - OFDMA.....	57
2.3.4.3.3.	MU -MIMO .....	58
2.3.4.4.	Sistemas de la tecnología 4G .....	58
2.3.4.5.	ARQUITECTURA: LTE .....	59
<b>CAPÍTULO 3: SIMULACION – PRUEBA Y RESULTADOS OBTENIDOS ...</b>		<b>64</b>
3.1.	Pruebas y simulaciones de las redes celulares con las tecnologías GSM (2G), UMTS (3G) y LTE (4G) en la empresa NOKIA / ALCATEL LUCENT – Ecuador.....	64
3.1.1.	Prueba y Simulación: Herramientas.....	64
3.1.1.1.	Aplicación: G-NetTrack Lite .....	64
3.1.1.2.	Software: Accuver XCAL-M/ versión D3.3.1.143.....	65
3.2.	Descripción de las pruebas drive test utilizando la aplicación G-NetTrack Lite realizadas en la empresa ALCATEL – LUCENT ECUADOR .....	65
3.2.1.	Drive test: Tecnología GSM (2G) .....	67

3.2.1.1.	Servicios de voz.....	67
3.2.1.2.	Servicios de datos .....	68
3.2.1.3.	Servicios de mensajería (SMS).....	68
3.2.1.4.	Prueba: G-NetTRACK Lite – Tecnología GSM (2G).....	69
3.2.2.	Drive test: Tecnología UMTS (3G) .....	70
3.2.2.1.	Servicios de voz.....	70
3.2.2.2.	Servicios de datos .....	71
3.2.2.3.	Servicios de mensajería (SMS).....	71
3.2.2.4.	Prueba: G-NetTRACK Lite – Tecnología GSM (3G).....	72
3.2.3.	Drive test: Tecnología LTE (4G).....	73
3.2.3.1.	Servicios de voz.....	73
3.2.3.2.	Servicios de datos .....	74
3.2.3.3.	Servicios de mensajería (SMS).....	74
3.2.3.4.	Prueba: G-NetTRACK Lite – Tecnología GSM (4G).....	75
3.3.	Descripción de simulación realizada en la empresa ALCATEL – LUCENT ECUADOR utilizando el software Accuver.....	77
3.3.1.	Software ACCUVER XCAL-M/ versión D3.3.1.143.....	77
3.3.2.	Simulacion - Tecnología 4G: Pruebas celulares con el software Accuver XCAL-M/ versión D3.3.1.143.....	81
3.3.3.	Simulacion - Tecnología 3G: Pruebas celulares con el software Accuver XCAL-M/ versión D3.3.1.143.....	85
3.3.4.	CELL INFORMATION: LTE y UMTS.....	89
<b>CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>		<b>90</b>
4.1.	Conclusiones.....	90
4.2.	Recomendaciones.....	91
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>92</b>

## Índice de Figuras

### Capítulo 2

Figura 2. 1: Central de conmutación .....	8
Figura 2. 2: Estación base dentro de la celda .....	9
Figura 2. 3: Proceso de una llamada .....	10
Figura 2. 4: Antena Reemisora .....	11
Figura 2. 5: Evolución de los teléfonos móviles .....	12
Figura 2. 6: Móvil Costo (1983 – 2000) .....	14
Figura 2. 7: Móvil autonomía (1983 - 2000) .....	14
Figura 2. 8: Móvil peso (1983 - 2000) .....	15
Figura 2. 9: Móvil costo (2002 - 2007) .....	16
Figura 2. 10: Móvil volumen de ventas (2002 - 2007) .....	17
Figura 2. 11: Móvil autonomía (2002 - 2007) .....	17
Figura 2. 12: Móvil volumen de ventas (2011 - 2016) .....	19
Figura 2. 13: Móvil costo (2011 - 2016) .....	19
Figura 2. 14: Móvil autonomía (2011 - 2016) .....	20
Figura 2. 15: Tipos de sistemas operativos .....	21
Figura 2. 16: Sistemas operativos .....	22
Figura 2. 17: Sistemas operativos y fabricantes .....	23
Figura 2. 18: Diagrama de bloques .....	24
Figura 2. 19: Modelo general de un sistema comunicación .....	24
Figura 2. 20: Elementos de un sistema de comunicación .....	25
Figura 2. 21: Transmisión Síncrona .....	27
Figura 2. 22: Transmisión Asíncrona .....	28
Figura 2. 23: Atenuación .....	29
Figura 2. 24: Efecto del ruido .....	30
Figura 2. 25: Espectro Electromagnético .....	31
Figura 2. 26: Extensión del espectro electromagnético .....	31
Figura 2. 27: Ondas Transversales .....	35
Figura 2. 28: Ondas Longitudinales .....	35
Figura 2. 29: Ondas Estacionarias .....	36
Figura 2. 30: Evolución de la telefonía móvil .....	37

Figura 2. 31: Cobertura de la Tecnología 2G .....	38
Figura 2. 32: Evolución de las tecnologías .....	39
Figura 2. 33: Frecuencia – Tecnología 2G.....	40
Figura 2. 34: Método de acceso - Tecnología 2G.....	40
Figura 2. 35: TDMA - 2G .....	41
Figura 2. 36: CDMA - 2G .....	41
Figura 2. 37: Arquitectura 2G .....	42
Figura 2. 38: Elementos de la BSS .....	43
Figura 2. 39: Elementos de la NSS .....	44
Figura 2. 40: Elementos de la OSS.....	44
Figura 2. 41: Consumidor – Servicios UMTS .....	45
Figura 2. 42: Empresa – Servicios UMTS .....	46
Figura 2. 43: Característica - UMTS.....	47
Figura 2. 44: Característica – CDMA2000 .....	47
Figura 2. 45: Beneficios – UMTS (3GPP) .....	48
Figura 2. 46: Sistema de acceso OFDM .....	50
Figura 2. 47: Subportadoras ortogonales – Tiempo y frecuencia .....	50
Figura 2. 48: Arquitectura - UMTS.....	51
Figura 2. 49: Funcionamiento - UMTS.....	53
Figura 2. 50: Características - LTE.....	54
Figura 2. 51: Especificaciones técnicas - LTE.....	55
Figura 2. 52: OFDMA.....	56
Figura 2. 53: Asignación de la subportadoras .....	56
Figura 2. 54: SC -OFDMA.....	57
Figura 2. 55: WIMAX - Características .....	59
Figura 2. 56: Arquitectura - LTE.....	60
Figura 2. 57: Núcleo de red - EPC .....	61
Figura 2. 58: Núcleo de red - SAE.....	62
Figura 2. 59: Interfaz - eNodeB.....	63

### Capítulo 3

Figura 3. 1: Aplicación G-NetTrack Lite.....	65
Figura 3. 2: Software Accuver .....	65
Figura 3. 3: Drive test -Elementos .....	66
Figura 3. 4: Análisis de la red – Tecnología 2G .....	69
Figura 3. 5: Telefonía 2G antes de recibir una llamada .....	70
Figura 3. 6: Análisis de la red – Tecnología 3G .....	72
Figura 3. 7: Telefonía 3G cuando recibe una llamada .....	73
Figura 3. 8: Análisis de la red – Tecnología 4G .....	75
Figura 3. 9: Telefonía LTE antes de recibir una llamada .....	76
Figura 3. 10: XCAL - Configuración .....	78
Figura 3. 11: Herramienta XCAL - Característica .....	78
Figura 3. 12: Herramienta XCAL - Funciones.....	79
Figura 3. 13: Herramienta XCAL - Beneficios.....	79
Figura 3. 14: XCAL - Requisitos .....	80
Figura 3. 15: XCAL – Sistema operativo .....	80
Figura 3. 16: Móvil – Especificaciones.....	81
Figura 3. 17: Simulacion – UE LTE .....	82
Figura 3. 18: Simulacion – FAST RETURN LTE.....	82
Figura 3. 19: Simulacion – DL LTE.....	83
Figura 3. 20: Simulacion – FAST RETURN + DL .....	83
Figura 3. 21: Simulacion – FAST RETURN + DL_2 .....	84
Figura 3. 22: Simulacion – SMS LTE .....	84
Figura 3. 23: Simulacion – CSFB .....	85
Figura 3. 24: Simulacion – CSFB + DL.....	86
Figura 3. 25: Simulacion – 3G.....	86
Figura 3. 26: Simulacion – Llamada de voz 3G .....	87
Figura 3. 27: Simulacion – DL 3G.....	87
Figura 3. 28: Simulacion – DL + voz 3G.....	88
Figura 3. 29: Simulacion – DL + SMS 3G .....	88
Figura 3. 30: CELL INFORMATION – LTE .....	89
Figura 3. 31: CELL INFORMATION – 3G .....	89

## Índice de Tablas

### Capítulo 2

Tabla 2. 1: Móvil evolución 1983 - 2000.....	13
Tabla 2. 2: Móvil evolución 2002 - 2007.....	15
Tabla 2. 3: Móvil evolución 2011 - 2016.....	18
Tabla 2. 4: Tipos de ondas electromagnéticas.....	32
Tabla 2. 5: Designación de banda.....	33

### Capítulo 3

Tabla 3. 1: Servicios de voz – GSM.....	67
Tabla 3. 2: Servicios de datos – GSM.....	68
Tabla 3. 3: Servicios de mensajería (SMS) – GSM.....	69
Tabla 3. 4: Servicios de voz – UMTS.....	70
Tabla 3. 5: Servicios de datos – UMTS.....	71
Tabla 3. 6: Servicios de mensajería (SMS) – UMTS.....	72
Tabla 3. 7: Servicios de voz – LTE.....	73
Tabla 3. 8: Servicios de datos – LTE.....	74
Tabla 3. 9: Servicios de mensajería (SMS) – LTE.....	75
Tabla 3. 10: Análisis de las pruebas.....	76

## Resumen

En el presente trabajo de investigación se explicará las distintas evoluciones del teléfono móvil y los diferentes cambios en sus sistemas con el pasar de los años. También se mostrará progresivamente las necesidades que se fueron generando con el desarrollo tecnológico tanto en las empresas y consumidores. Se realizó una visita a la empresa ALCATEL LUCENT – ECUADOR quienes se especializan en el servicio de telecomunicaciones; entre sus principales funciones se encuentra el RF (radiofrecuencia) e implementación de los equipos en radio bases a todas las operadoras del país (MOVISTAR-CLARO -CNT). Para el desarrollo del tema se ejecutó una prueba drive test con la ayuda de la aplicación G-NetTrack Lite, en la cual el principal objetivo fue obtener estadísticamente las diferencias que existen entre las tecnologías principalmente en los parámetros del tiempo y velocidad. Adicional a esto se realizó otra prueba con el software Accuver XCAL-M con versión D3 3.1.143 donde se pudo visualizar los niveles de señal al momento de ejecutar los servicios de datos, voz o SMS en tiempo real.

**Palabras claves:** TECNOLOGIA, TELEFONÍA, CONVERGENCIA, SISTEMAS, CONECTIVIDAD, REDES Y EVOLUCIÓN.

## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Introducción.**

Cada día que pasa la sociedad tiene más exigencias de tener una comunicación real y fluida, por aquello con la aparición de la tecnología 4G se acortó las fronteras con nuestros familiares y amigos que se encuentran en los distintos lugares del mundo.

Pero ahora surge una nueva necesidad que es la de disponer de tanta velocidad de transmisión y reducción de latencia que se pueda presentar para perfeccionar las aplicaciones de los celulares móviles, además de las redes sociales disponibles en la actualidad y cualquier forma de comunicaciones a través de los medios.

La tecnología ha ido avanzando debido al aumento de una necesidad dentro de la sociedad, en lo cual también interviene el control y administración de los objetos, como los son nuestras casas y vehículos, esto ya que de alguna manera aportan a la disminución de incendios, robos, choques, muertes, etc.

Además, las compañías e industrias buscan tener mayor eficiencia en sus productos por eso ellos desean reemplazar la mano de obra humana por la robótica ya que reducirían los errores en el mismo. En la actualidad varias compañías de telecomunicaciones en el mundo han tenido la necesidad de evolucionar la red 4G en 5G para poder satisfacer al consumidor ya que el mismo en algún momento se puede saturar de tantos usuarios que desean múltiples servicios en un mismo tiempo.

## **1.2. Antecedentes.**

Con el transcurso del tiempo las tecnologías han evolucionados a pasos gigantes ya que el objetivo principal no es reemplazar una con la otra sino realizar una mejora para que pueda aplicar servicios adicionales y perfeccionar la existentes.

La tecnología 3G (Tercera Generación) tiene una banda ancha de [384 Kbps – 2 Mbps] tiene una velocidad de descarga de hasta 25 Mbps algo que con la red 2G no era posible por las condiciones en las que se encontraba. Esta generación fue considerada como el inicio de las altas velocidades de las transmisiones de voz y mensajes de texto (SMS) y es algo que ayuda, a los servicios que los operadores ofrecen y puedan satisfacer al usuario de manera eficaz.

Además, la seguridad en las comunicaciones incremento porque las redes 3G van a utilizar un cifrado por bloques (KASUMI) es una de las mejoras más importantes, puesto que reducirá el nivel hackeo.

Por ultimo esta generación nos da la posibilidad de navegar a una alta velocidad en nuestro dispositivo móvil, algo que no ocurría con la anterior red, así como la oportunidad de realizar video llamadas.

Con el paso de los años se genera la evolución de la tecnología 3G en la 4G y directamente podemos ver un incremento de las tasas de transferencia de voz y datos.

La tecnología 4G (Cuarta Generación) consta de una banda ancha [100 Mbps – 1Gbps] tiene una velocidad de descarga de 20 Mbps hasta 100 Mbps dependiendo de la operadora a utilizar.

También la estabilidad de la red es mucho mayor, es decir, la probabilidad de que se produzca una caída de internet es mucho menor. La red 4G tendrá integrado los protocolos de internet (IP) es decir se realiza una convergencia entre las redes por cables y las inalámbricas algo que no ocurría con la tecnología anterior por consiguiente vamos a obtener los servicios de juegos, la televisión móvil en alta definición y las videoconferencias son aplicaciones que se podrán utilizar con la evolución del mismo.

Finalmente, los protocolos a utilizar en la red 4G solo van hacer los protocolos IP en cambio los utilizados por la generación anterior fue servicio universal de telecomunicaciones móviles (UMTS).

### **1.3. Justificación del Problema.**

La presente investigación se enfocará en la evolución de las tecnologías existentes en el Ecuador, ya que con el paso de los años los aparatos electrónicos han tenido un avance tecnológico, por aquello en la actualidad existe una gran demanda en el mercado. Así, que el presente trabajo permitirá mostrar los cambios en las comunicaciones móviles ya que los problemas más comunes están en la pérdida de la señal y la reducción de las tasas de datos también debemos considerar las saturaciones de la banda ancha que están disponible para las operadoras.

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

¿En los últimos 2 años, como ha afectado la pérdida de la señal, reducción de las tasas de datos y las saturaciones de la banda ancha, a los usuarios que poseen los servicios de comunicaciones móviles con tecnología 4G (Cuarta Generación)?

#### **1.5. Objetivos del Problema de Investigación.**

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

Analizar y determinar los múltiples inconvenientes que se presentan dentro de la comunicación móvil, mediante la revisión de la tecnología 3G y 4G, además sus posibles errores y saturaciones de la señal, para poder satisfacer las necesidades de los consumidores en el Ecuador.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Conocer y diferenciar todas las evoluciones que se han generado en la comunicación móvil.
- Identificar las velocidades que son utilizadas por cada una de las tecnologías.
- Comprender los motivos que producen colapso de internet en las mayorías de las operadoras en el Ecuador.
- Explicar la importancia de lograr una reducción de latencia en la transmisión de voz y datos.
- Indicar en que afecta el aumento o disminución del ancho de banda en una tecnología.

## **1.6. Metodología de Investigación.**

### **1.6.1. Enfoque de la investigación**

El proyecto de investigación tendrá un enfoque cualitativo pues vamos a sostener nuestro análisis e interpretación en todo los asuntos, materiales o instrumentos que se deba aplicar a cada problema o situación puesto que de esa manera conseguiremos difundir las ideas planteadas en los objetivos.

### **1.6.2. Alcance de la investigación**

El trabajo de investigación tendrá un alcance descriptivo pues vamos a utilizar nuestras propias ideas, criterios y opiniones de cada conceptos o definición es decir vamos a construir conocimiento.

## **CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES**

### **2.1. TELEFONÍA MÓVIL O CELULAR**

El teléfono celular es considerado como un dispositivo inalámbrico y electrónico que consta de dos partes fundamentales para el acceso a la red que son:

- ✓ Red de comunicaciones
- ✓ Terminales de recepción

También tiene una característica importante que es de brindar una comunicación desde casi cualquier lugar en que nos encontremos. Además su función principal es la comunicación de voz y datos. (Tecnología Area, 2016)

Con su pronto desarrollo ha provocado que el mismo tenga más funciones para que el usuario pueda utilizar como:

- ✓ Cámara Fotográficas hasta una capacidad de resolución como el móvil Samsung S7 Edge (Principal: Dual Pixel 12.0 MP (F/1.7) Frontal: CMOS 5.0 MP (F/1.7)).
- ✓ Acceso del Internet (Tecnología 4G - LTE)
- ✓ Video Llamadas. (Con las aplicaciones WhatsApp, Skype, Line).
- ✓ Video Conferencias. (Con las aplicaciones Tango, Rounds video).
- ✓ GPS a los móviles y vehículos.
- ✓ Pagos y consultas a las agencias bancarias.

- ✓ Reproducciones de canales de televisión en vivo. (Con las aplicaciones You TV PLayer).

### 2.1.1. Red de comunicaciones y terminales de recepción

La red de comunicaciones es una parte muy fundamental en la telefonía celular ya que es considerada como la red de celdas y su función principal es proveer cobertura de radio (Ver figura 2.1). (Tecnología Area, 2016).

En cada celda hay un transmisor que generalmente es llamo como estación base (Ver figura 2.2).

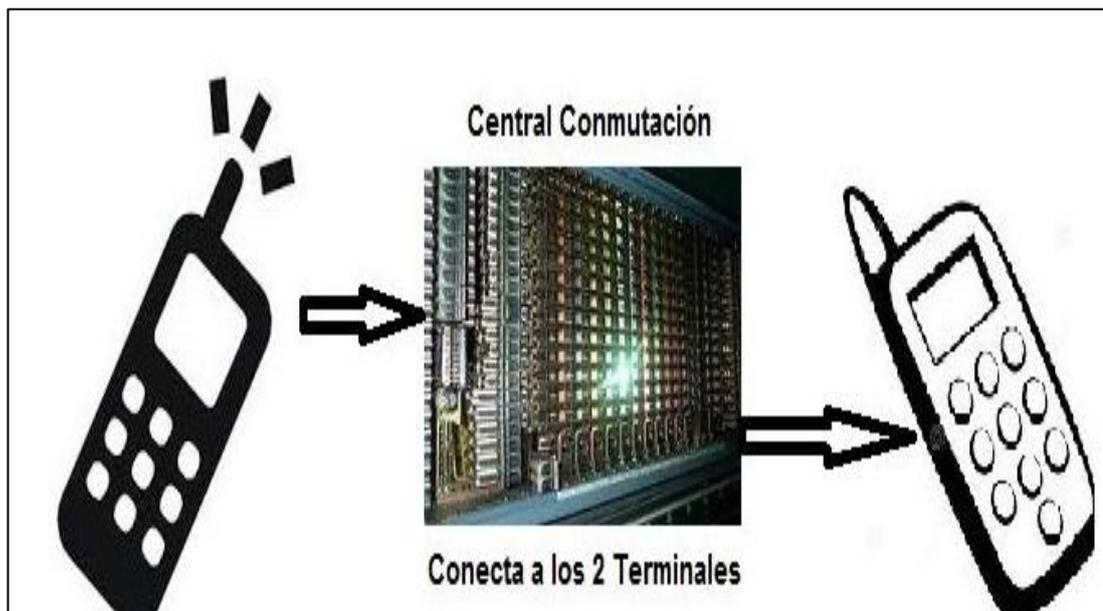


Figura 2. 1: Central de conmutación  
Fuente: (Tecnología Area, 2016)

Cada estación base consiste de una torre y un edificio que contiene todos los equipos de radio. Ahora los terminales de recepción son básicamente los teléfonos móviles es decir donde llega la información ya sea como voz o datos.(Tecnología Area, 2016)

Cada celda utiliza varios canales para poder emitir diferentes llamadas al mismo tiempo, pero para que no se produzcan interferencias entre sí, los mismos utilizan distintas frecuencias y con eso podremos asegurar que la señal llegue a su destino. (Tecnología Area, 2016)

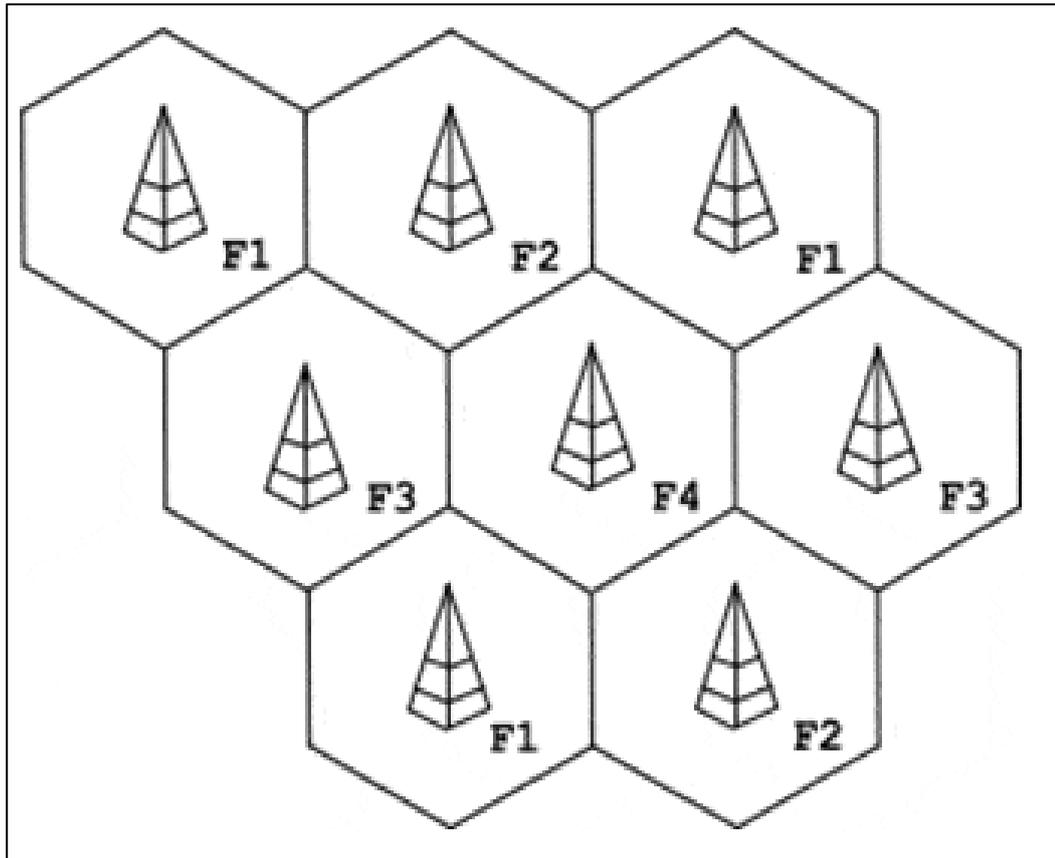


Figura 2. 2: Estación base dentro de la celda  
Fuente: (Tecnología Area, 2016)

### 2.1.2. Funcionamiento

El proceso que se da al momento de realizar una llamada telefónica es la siguiente:

El emisor envía una solicitud a la estación base más cercana después el centro de conmutación verifica si ese número está registrado dentro de cobertura de la celda correspondiente (Ver figura 2.3).(Montserrat & Sigrid, 2015)

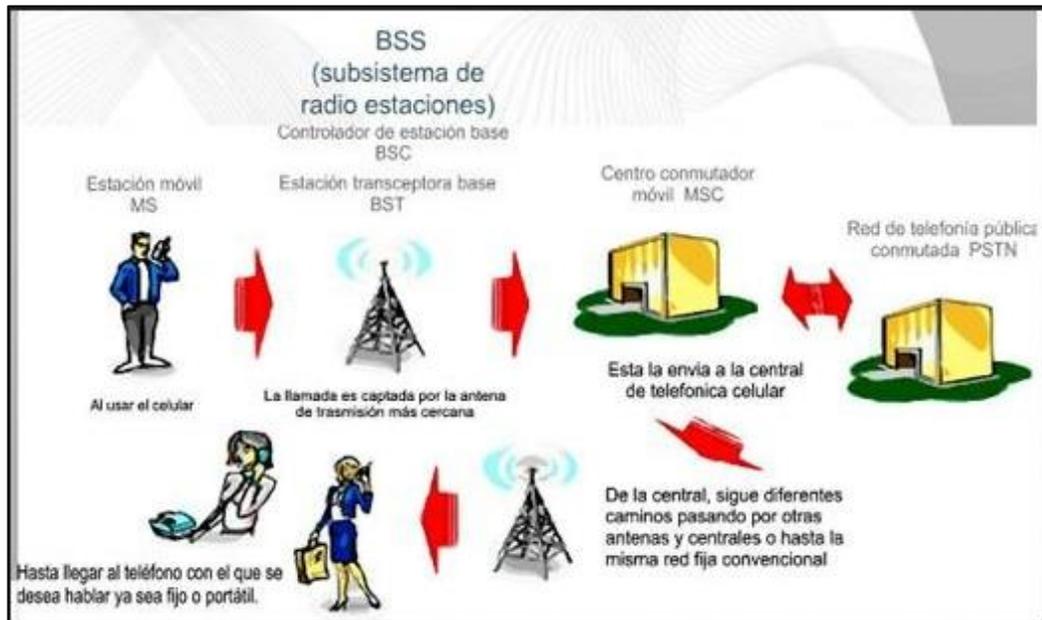


Figura 2. 3: Proceso de una llamada  
Fuente: (Montserrat & Sigrid, 2015)

En el caso que no esté registrado se envía la misma solicitud a otra estación base es decir se envía el número pendiente de encontrar, este proceso se va a dar hasta el momento que el centro de conmutación detecte el número del receptor (Ver figura 2.4).(Montserrat & Sigrid, 2015)

Cuando se encuentra se genera en el móvil receptor una alerta o aviso y cuando se acepta la llamada inmediatamente los pone en contacto al emisor con el receptor por medio de un canal.(Montserrat & Sigrid, 2015)

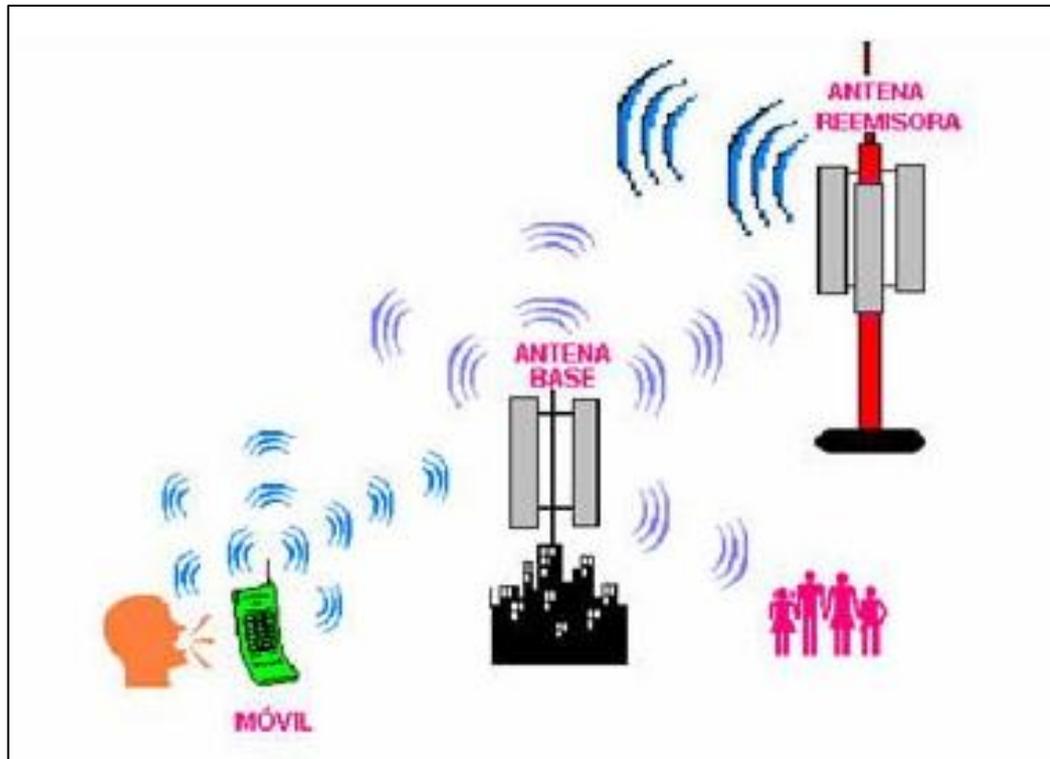


Figura 2. 4: Antena Reemisora  
Fuente: (Tecnologia Area, 2016)

### 2.1.3. Evolución y convergencia tecnológica

Para iniciar la descripción de la evolución de los celulares móviles debemos saber que el desarrollo que se ha producido es exclusivamente para satisfacer necesidades de los consumidores es decir al ser humano, porque de esa manera han quebrado esa imposibilidad de comunicación que tenían una población de un país con respecto al otro (Ver Figura 2.5).(Omicrono, 2015)

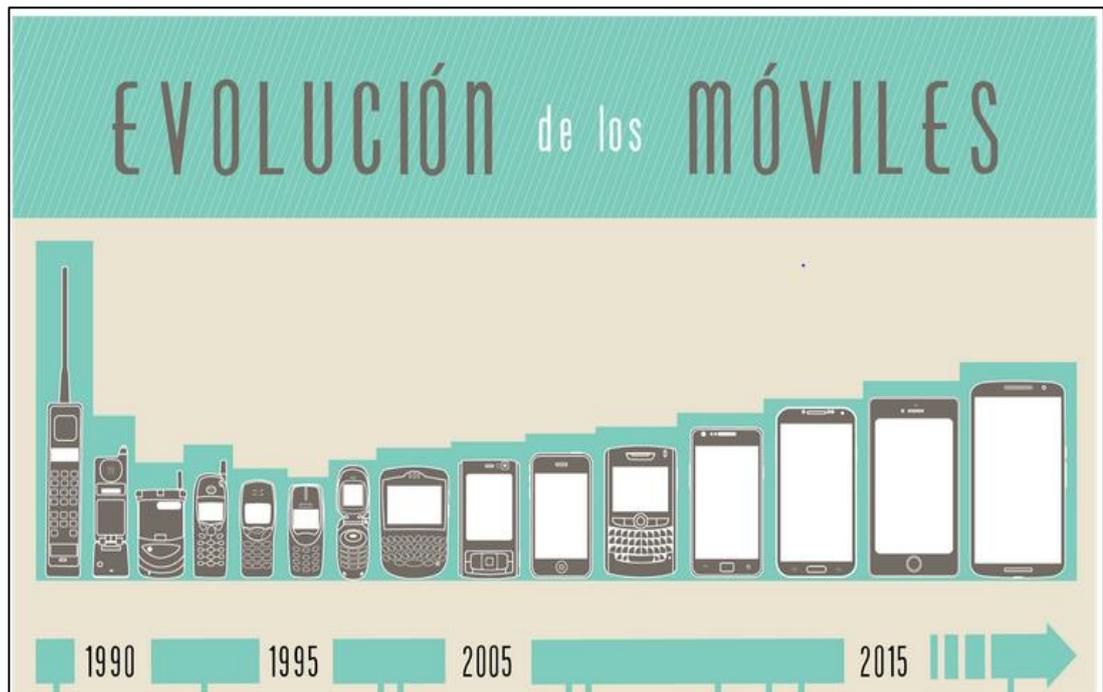


Figura 2. 5: Evolución de los teléfonos móviles  
Fuente: (Omicrono, 2015)

En la actualidad esa necesidad ya ha sido cumplida por todas las operadoras que brindan el servicio de la telecomunicación, pero el móvil con el paso del tiempo ha llegado a ser tan imprescindible para el usuario que indirectamente ha generado una nueva necesidad que es la poder tener control de todas sus actividades u obligaciones como los son:

- ✓ Bienes (Domótica y GPS)
- ✓ Finanzas (Aplicaciones que se puedan hacer pagos, transacciones)
- ✓ Familiares y Amigos (Aplicaciones para realizar chat)
- ✓ Empresas (Aplicaciones para hacer videoconferencias y video llamadas)
- ✓ Dinero (Efectivo virtual)

En la Tabla 2.1 se va mostrar la evolución de los teléfonos celulares y la convergencia que se ha generado desde los años 1983 hasta 2000.

Tabla 2. 1: Móvil evolución 1983 - 2000

<b>AÑO</b>	1983	1997	2000
<b>MODELO</b>	Motorola 8000x	Motorola Startac	Nokia 3310
<b>PESO (KG)</b>	785 gramos	88 gramos	133 gramos
<b>DIMENSIONES</b>	33 x 4.4 x 8.9 cm	9.4 x 5.5 x 1.9 cm	11.3 x 4.8 x 2.8 cm
<b>AUTONOMIA</b>	30 minutos	60 minutos	3 horas
<b>VOLUMEN DE VENTAS</b>	1200 en el primer año	60 millones	126 millones
<b>COSTO</b>	\$3,995.00	\$1,000.00	\$200.00
<b>CARACTERISTICA PRINCIPAL</b>	El primer móvil que no era para el coche.	El primer móvil con tapa	Uno de los móviles más exitosos de la historia y por supuesto tenía "Snake"

Elaborado por: Autor

Como podemos en la figura 2.8 el peso de los teléfonos móviles bajo considerablemente ya que se obtuvieron nuevas tecnologías. Los precios de los celulares disminuyeron casi un 60% y a su vez sus ventas aumentaron un 80%. De esa manera podemos darnos cuenta que este fue el despegue de las telecomunicaciones porque ya los móviles ya estaban a disponibilidad de todos los seres humano (Ver figura 2.6 y 2.7).

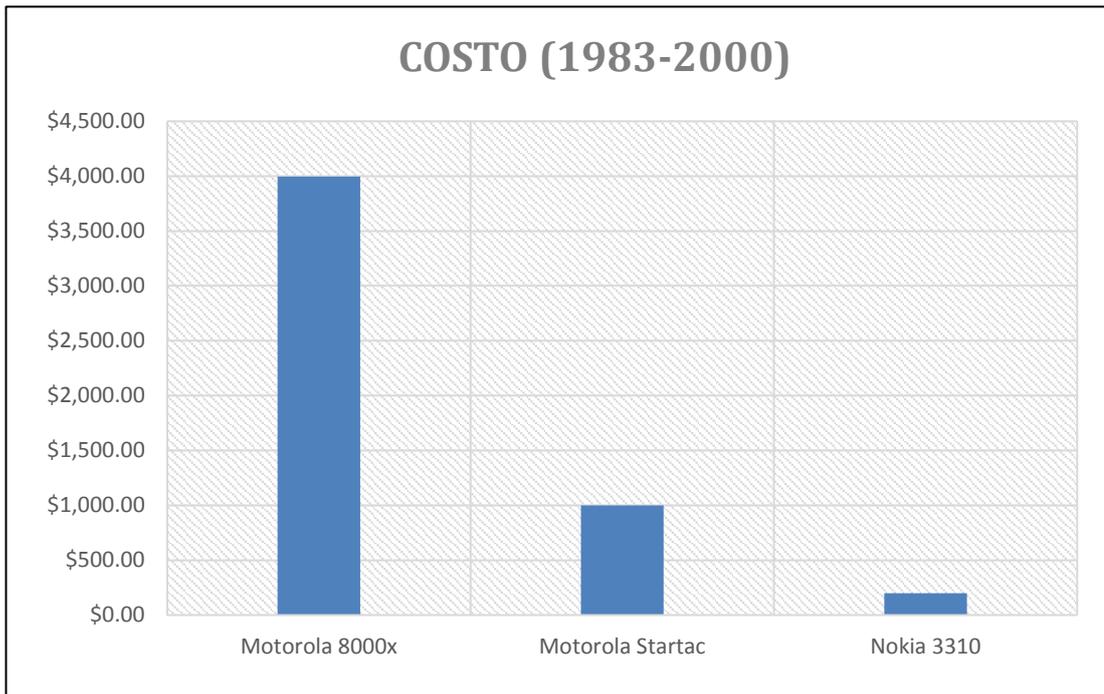


Figura 2. 6: Móvil Costo (1983 – 2000)  
Elaborado por: Autor

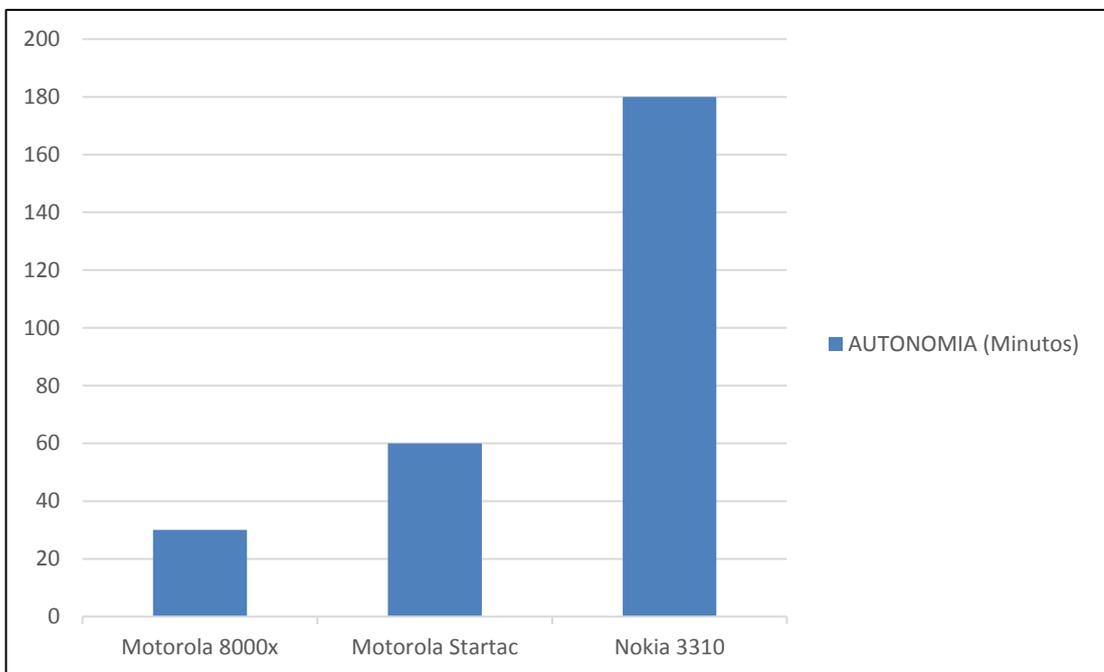


Figura 2. 7: Móvil autonomía (1983 - 2000)  
Elaborado por: Autor

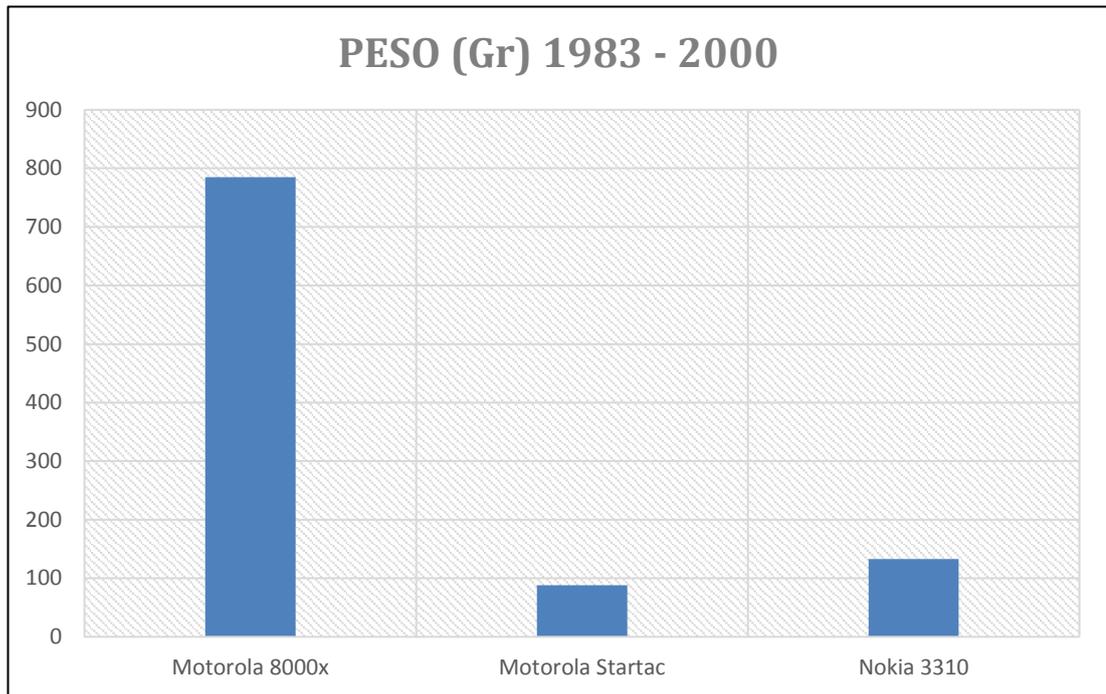


Figura 2. 8: Móvil peso (1983 - 2000)  
Elaborado por: Autor

Ahora en la Tabla 2.2 se va mostrar la evolución de los teléfonos celulares y la convergencia que se ha generado desde los años 2002 hasta 2007.

Tabla 2. 2: Móvil evolución 2002 - 2007

<b>AÑO</b>	2002	2006	2007
<b>MODELO</b>	Samsung SGH-T100	Nokia N95	APPLE Iphone
<b>PESO (KG)</b>	94 gramos	120 gramos	135 gramos
<b>DIMENSIONES</b>	8.8 x 5.0 x 2.2 cm	9.9 x 5.3 x 2.1 cm	11.5 x 6.1 x 1.1 cm
<b>AUTONOMIA</b>	80 minutos	6.5 horas	8 horas
<b>VOLUMEN DE VENTAS</b>	10 millones	7 millones	7 millones
<b>COSTO</b>	\$392.00	\$418.00	\$399.00
<b>CARACTERISTICA PRINCIPAL</b>	La mejor pantalla de su época	El primer "dual slider" y el primer móvil con GPS.	El primer smartphone real

Elaborado por: Autor

En el 2002 aparece la empresa Samsung con el primer celular de mejor resolución de la época y la empresa Nokia en el año 2006 anuncia el lanzamiento del primer móvil con GPS con estos sucesos los costos aumentan un 15% como se muestra en la Figura 2.9 y las ventas disminuyen un 30% (Ver Figura 2.10).

De esta manera las empresas que se especializan en la fabricación de celulares están perdiendo clientes en el mercado, pero el desarrollo de la tecnología aumenta a pasos enormes.

La empresa Apple en el 2007 logro disminuir el costo y mantener las ventas con el lanzamiento del iPhone que es considerado como el primer Smartphone real y con batería que soporta 8 horas en funcionamiento (Ver figura 2.11).

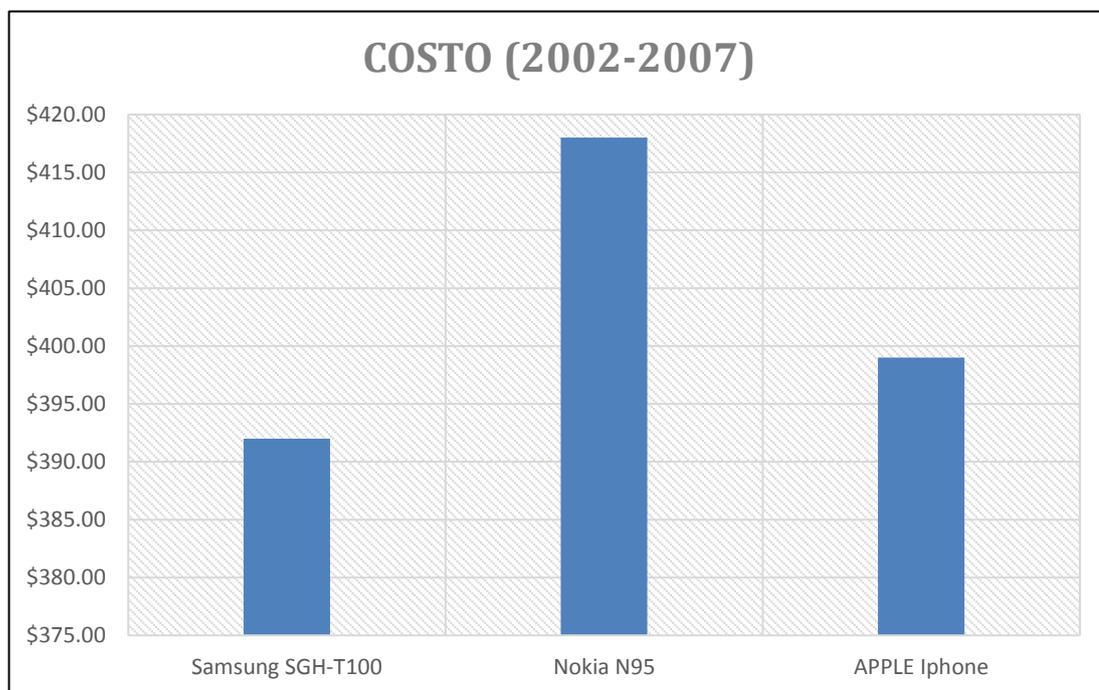


Figura 2. 9: Móvil costo (2002 - 2007)  
Elaborado por: Autor

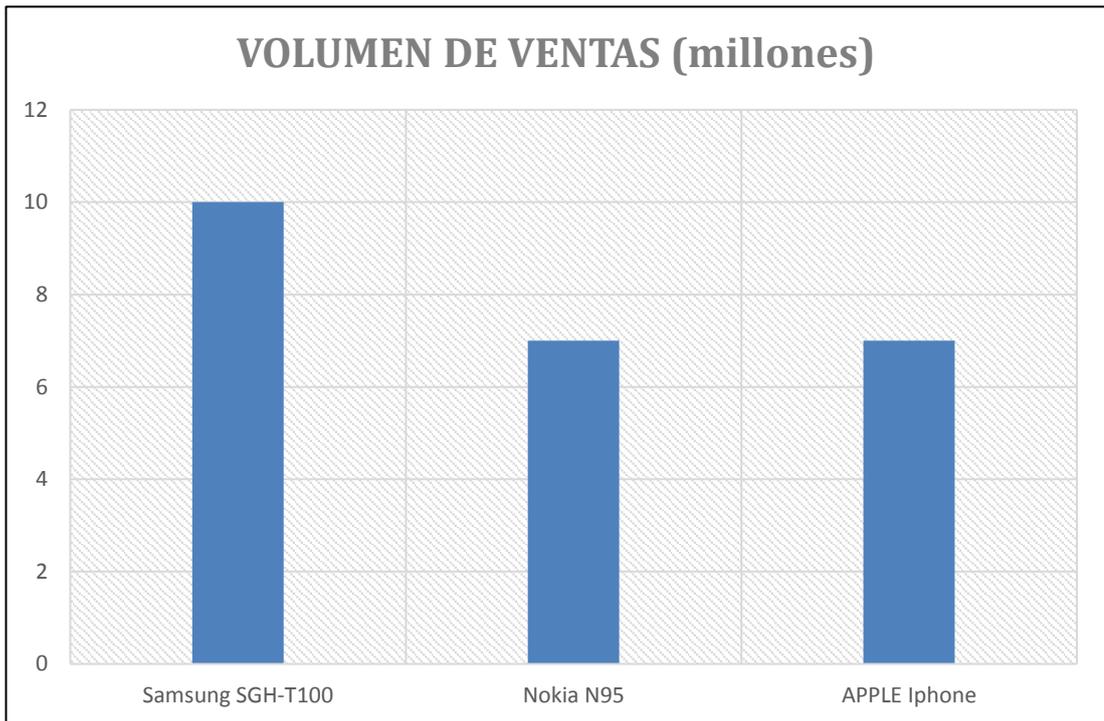


Figura 2. 10: Móvil volumen de ventas (2002 - 2007)  
Elaborado por: Autor

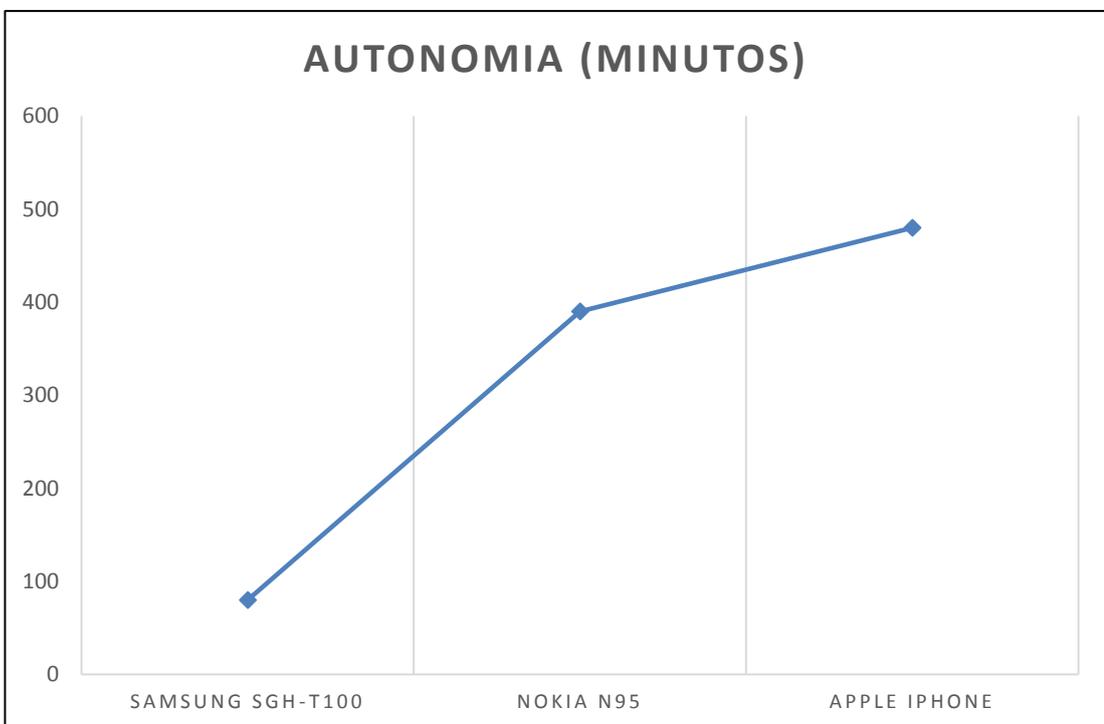


Figura 2. 11: Móvil autonomía (2002 - 2007)  
Elaborado por: Autor

Finalmente, en la Tabla 2.3 se va mostrar la evolución de los teléfonos celulares y la convergencia que se ha generado desde los años 2011 hasta 2016.

Tabla 2. 3: Móvil evolución 2011 - 2016

<b>AÑO</b>	2011	2014	2015	2016
<b>MODELO</b>	Samsung Galaxy S2	Iphone 6 Plus	Samsung Galaxy S6 edge	Samsung Galaxy S7 edge
<b>PESO (KG)</b>	116 gramos	172 gramos	132 gramos	157 gramos
<b>DIMENSIONES</b>	12.5 x 6.6 x 0.8 cm	15.8 x 7.7 x 0.7 cm	14.21 x 7.01 x 0.7 mm	15.09 x 7.26 x 0.77 mm
<b>AUTONOMIA</b>	18 horas	24 horas	49 horas	60 horas
<b>VOLUMEN DE VENTAS</b>	40 millones	16 millones	35 millones	50 millones
<b>COSTO</b>	\$529.00	\$900.00	\$915.00	\$1,200.00
<b>CARACTERISTICA PRINCIPAL</b>	El primer móvil que se puede recargar mientras reproduce multimedia	El Iphone más grande de la historia	El primer móvil que cuenta con la tecnología LTE y lector de huella	El primer móvil de gama alta que es resistente al agua y al polvo.

Elaborado por: Autor

En el 2011 como podemos visualizar en la figura 2.12 los teléfonos móviles han tenido volumen de venta que nadie esperaba porque se contabilizo el triple de las conseguidas en años anteriores.

Con respecto a los costos como podemos ver en la figura 2.13 que desde el 2011 hasta la actualidad solo hay un aumento progresivo como así mismo la duración de la batería de los móviles (Ver Figura 2.14).

Pero lo más importante es el desarrollo de nuevas tecnologías que ha servido para que las necesidades de los clientes se estén cumpliendo cada vez mejor. La tecnología que en la actualidad está activa en nuestro país es la 4 generación (LTE) pero con serias posibilidades de tener muy pronto una nueva evolución a la 5 generación.

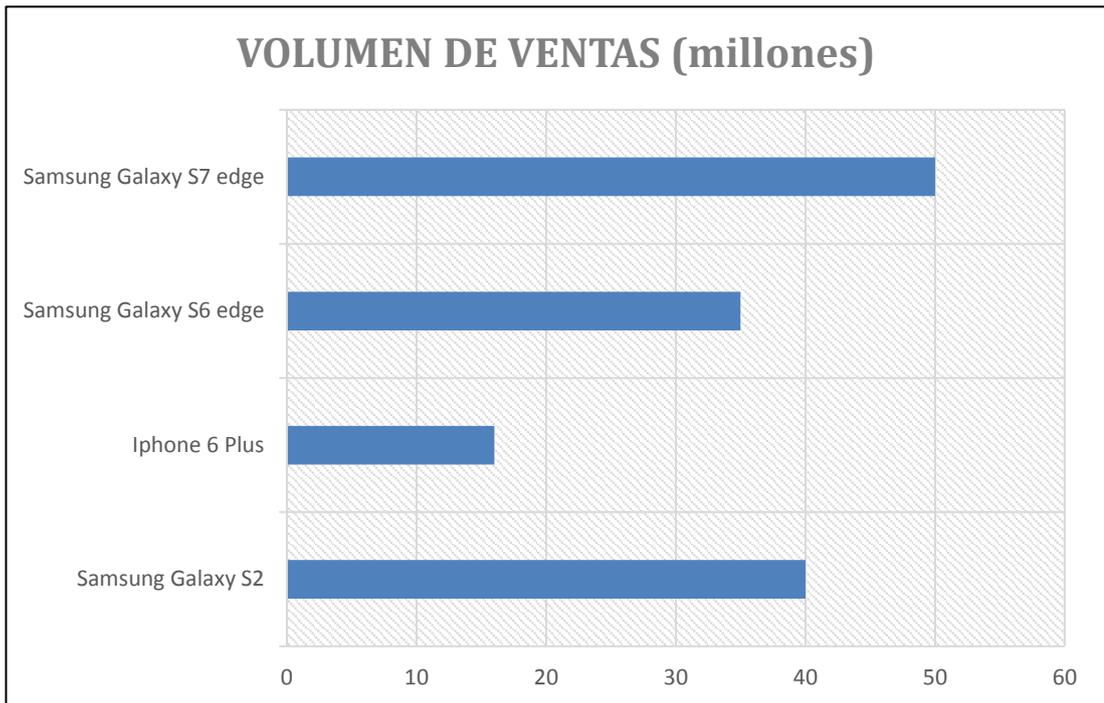


Figura 2. 12: Móvil volumen de ventas (2011 - 2016)  
Elaborado por: Autor

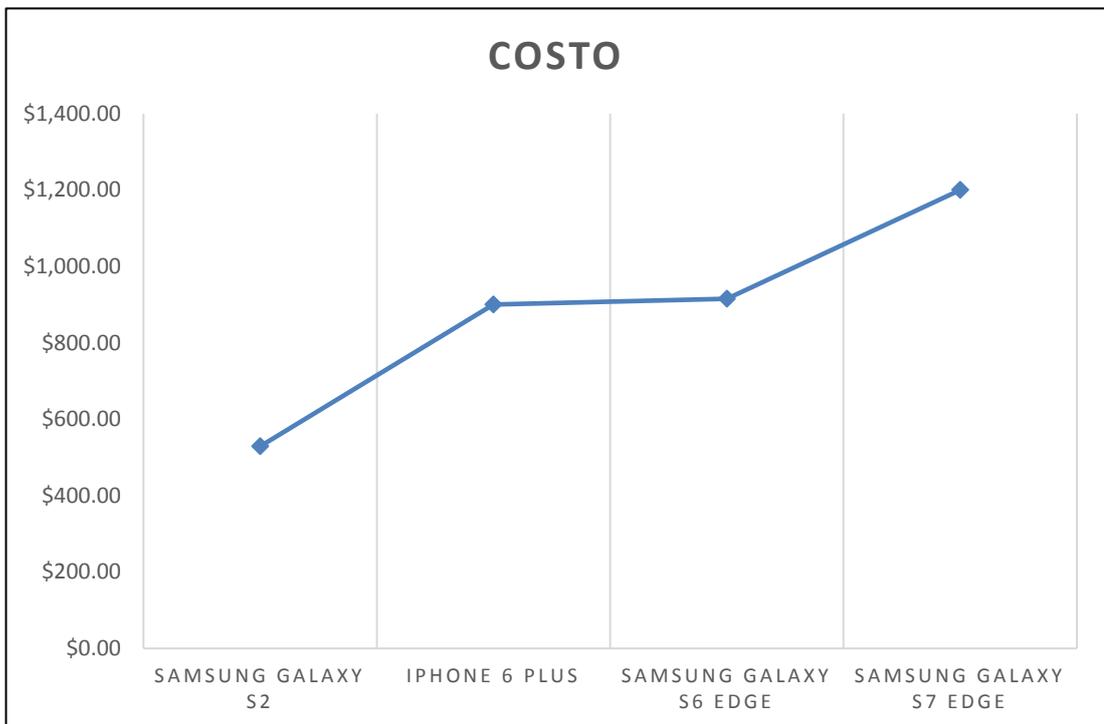


Figura 2. 13: Móvil costo (2011 - 2016)  
Elaborado por: Autor

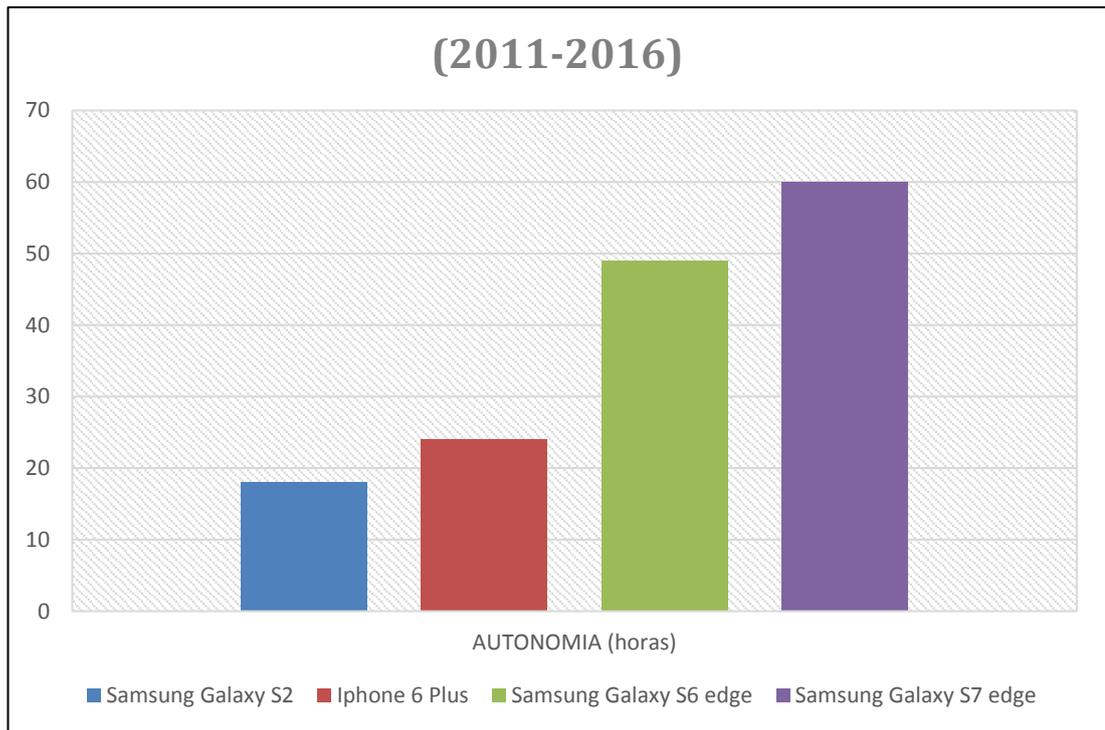


Figura 2. 14: Móvil autonomía (2011 - 2016)  
Elaborado por: Autor

#### 2.1.4. Fabricantes y sistemas operativos

Los fabricantes de los teléfonos móviles son los que seleccionan el sistema operativo con que operara el celular, es decir el Software o programa que utilizara el ordenador para comunicarse con el usuario.(Tecnologia Area, 2015)

En la actualidad los sistemas operativos más usados son:

- ✓ Android
- ✓ iOS
- ✓ Symbian
- ✓ Blackberry OS
- ✓ Windows Phone



Figura 2. 15: Tipos de sistemas operativos  
Fuente:(Tecnologia Area, 2015)

Las compañías Samsung y iPhone en la actualidad son considerados como los mayores fabricantes de celulares de esa manera los sistemas operativos que ocupan casi todo el mercado de las telefonías móviles: Android e iOS (Ver Figura 2.15).(Tecnologia Area, 2015)

Pero existente otros sistemas operativos como Symbian, Blackberry OS, Windows Phone que no alcanza la misma demanda y aceptación en el mercado.(Tecnologia Area, 2015)

En la Figura 2.16 podremos visualizar el porcentaje de la demanda de los sistemas operativos hasta el año 2016.

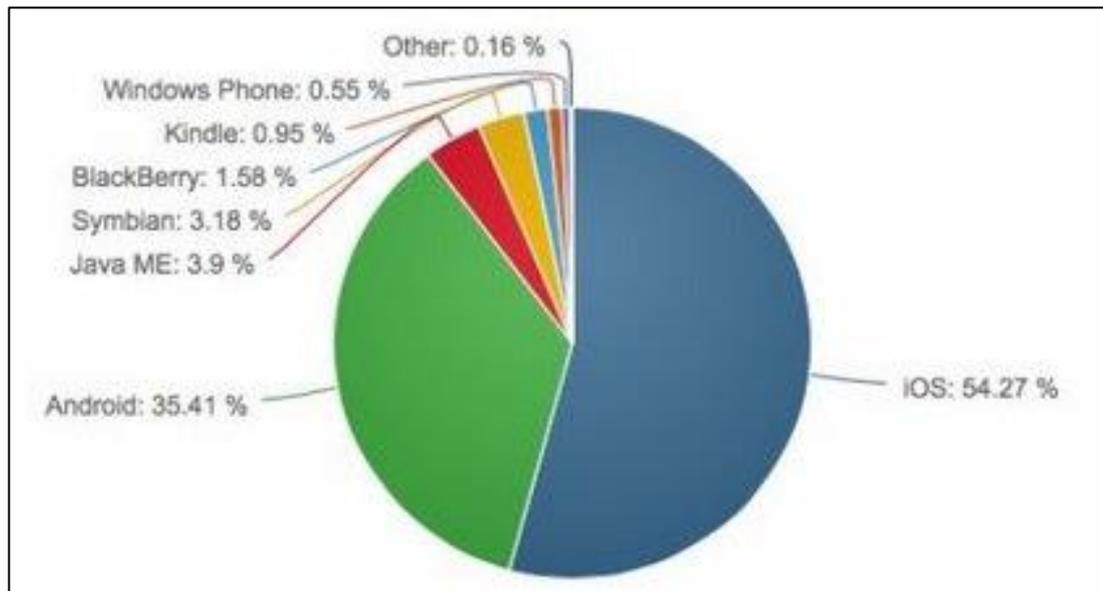


Figura 2. 16: Sistemas operativos  
Fuente: (Tecnología Area, 2015)

A continuación, se va describir los sistemas operativos como se muestra en la figura 2.17 que utiliza cada fabricante de Smartphone:

- ✓ **Android:** Es un sistema operativo creado por Google que utilizan los móviles de HTC, LG, Motorola, Samsung y BQ.(Tecnología Area, 2015)
- ✓ **iOS:** Es un software o programa creado por la compañía Apple para sus propios celulares (iPad y iPhone).(Tecnología Area, 2015)
- ✓ **Symbian:** Es un sistema operativo creado por Nokia con el fin de tener su propio software para sus móviles.(Tecnología Area, 2015)
- ✓ **Windows Phone:** Es un software creado por Microsoft y utilizado Smartphone de gama alta de Nokia.(Tecnología Area, 2015)
- ✓ **BlackBerry OS:** Es un sistema operativo desarrollado por RIM (Research In Motion) y es la empresa fabricante de los BlackBerry.(Tecnología Area, 2015)

- ✓ **Firefox OS:** Es un sistema operativo creado por la Fundación Mozilla que intenta abrirse un hueco en el mercado.(Tecnología Area, 2015)



Figura 2. 17: Sistemas operativos y fabricantes  
Fuente: (Tecnología Area, 2015)

## 2.2. Sistemas de Comunicación

La función principal del sistema de comunicación es permitir que el mensaje sea transmitido desde el emisor hasta el receptor a través de un medio físico o sin medio físico.(Tomasi, 2003)

Los medios físicos son:

- Cables que se transmiten por medio de señales eléctricas.
- Fibra óptica que se transmiten por medio de señales de luz.

Y sin medio físico o inalámbricos son:

- Las señales se envían por medio del aire a través de ondas electromagnéticas.

### 2.2.1 Modelo de un sistema de comunicación

En la figura 2.18 se muestra el diagrama de bloques del modelo básico de un sistema de comunicación.

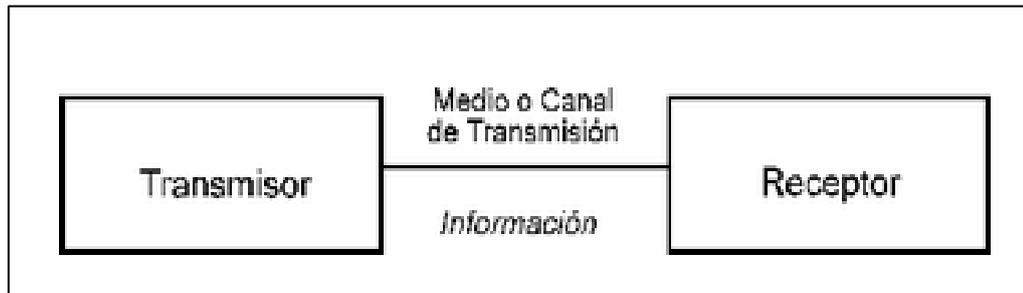


Figura 2. 18: Diagrama de bloques  
Fuente: (Eveliux, 2013)

En la figura 2.19 se muestra el esquema general de un modelo un sistema de comunicación.

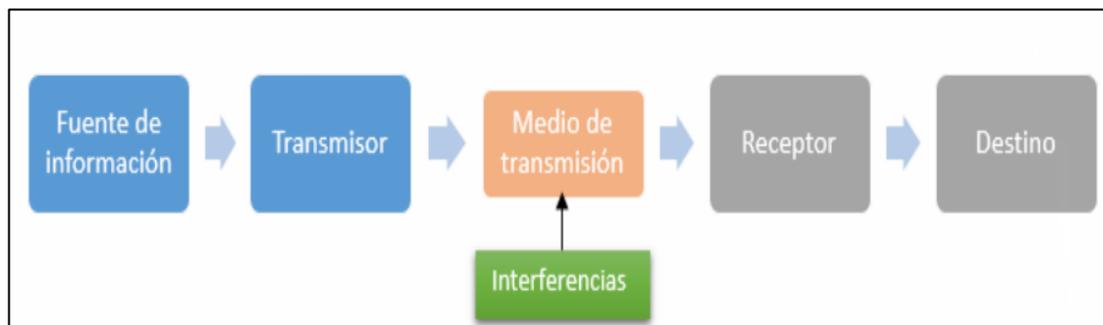


Figura 2. 19: Modelo general de un sistema comunicación  
Fuente: (Prezi: Aulas Virtuales, 2015)

**Fuente de información:** Es donde se genera los datos que deseamos transmitir es decir el mensaje para el transmisor.(Eveliux, 2013)

**Transmisor:** Es donde se convierte el mensaje proporcionado por la fuente de información y lo adopta a un formato adecuado para su posterior transmisión de un lugar a otro es decir es el encargado de la modulación, la compresión y la conversión analógica a digital.(Eveliux, 2013)

**Medio de transmisión:** Representa el medio de conexión física del transmisor al receptor para la transferencia del mensaje y se puede realizar de forma inalámbrica o alámbrica. La atenuación y el ruido son las interferencias que siempre afectan al medio de transmisión.(Eveliux, 2013)

**Receptor:** Es donde se recupera la señal o mensaje que se originó de la fuente de información y después entregarla al destino. Se realiza el proceso inverso del transmisor es decir la demodulación, la descompresión y la conversión de digital a analógica.(Eveliux, 2013)

**Fuente:** Es el punto de llegada de la señal es decir cuando receptor ya obtiene la información o datos que el transmisor desea transferir.(Eveliux, 2013)

## 2.2.2 Elementos del sistema

En la figura 2.20 se va poder ver los elementos básicos e importantes para un sistema de comunicación.

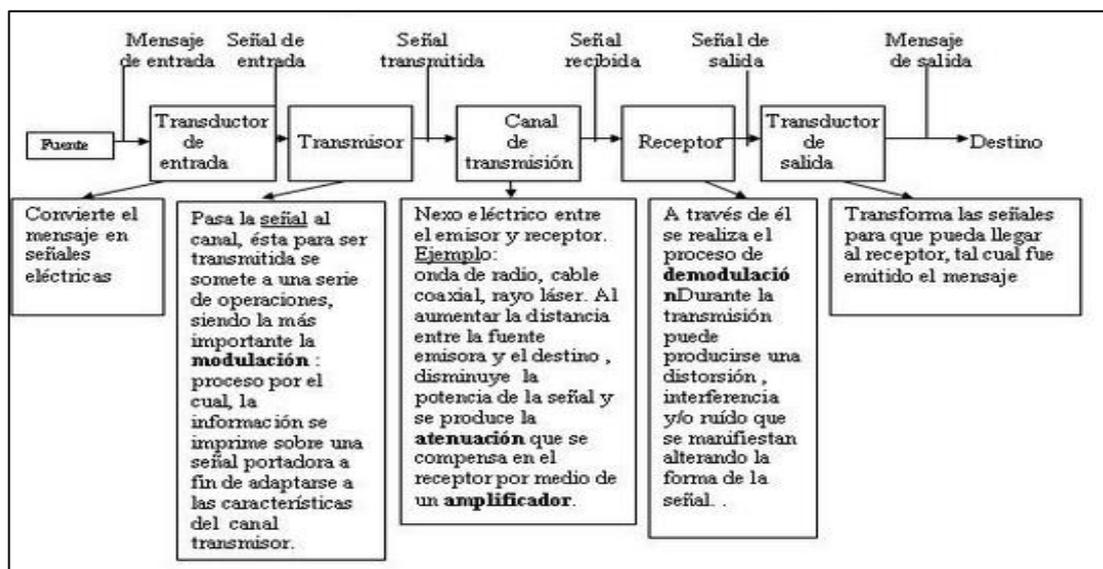


Figura 2. 20: Elementos de un sistema de comunicación  
Fuente: (WordPress, 2013)

Los elementos que intervienen en el proceso del sistema de comunicación son:

- **Fuente:** Inicio del sistema de comunicación
- **Transductor de entrada:** Convierte el mensaje en señales eléctricas.
- **Transmisor:** Adopta la señal para ser usado en el canal de transmisión.
- **Canal de transmisor:** Nexos eléctricos entre el emisor y el receptor.
- **Receptor:** Realiza el proceso inverso al transmisor.
- **Transductor de salida:** Transforma la señal para que pueda llegar al destino.
- **Destino:** Final del sistema de comunicación.

### 2.2.3 Tipos de señal de datos

En un sistema de comunicación se utilizan las siguientes señales:

- ❖ Señal Análoga. - Considerada como una señal senoidal en forma de onda y su información es continua es decir varía continuamente con respecto al tiempo.(Nabdiel Rondón & López, 2011b)
- ❖ Señal Digital. – Considerada como una señal binaria (0 y 1) y su información es discreta es decir que a cada elemento se le puede asignar uno de dos posibles estados.(Nabdiel Rondón & López, 2011b)

### 2.2.4 Tipos de transmisión de datos

En un sistema de comunicación se utilizan las siguientes transmisiones:

- ❖ Transmisión Síncrona. - Se caracteriza por tener una sincronización permanente entre el emisor y el receptor es decir vamos a poder enviar varios de bits uno a continuación de otro (Ver figura 2.21).(Muñoz Barajas, 2004)

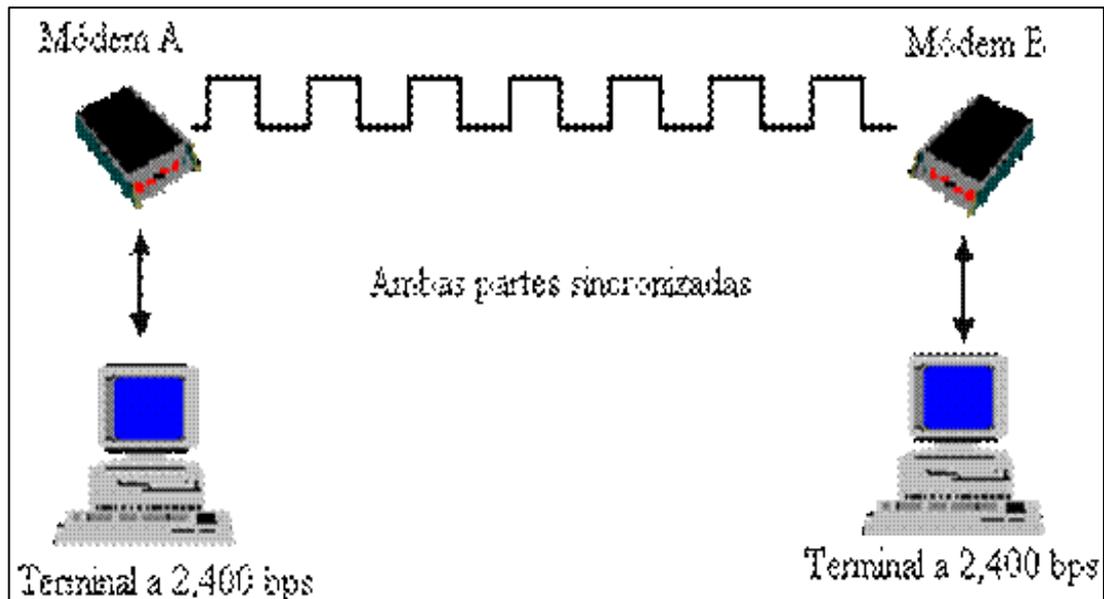


Figura 2. 21: Transmisión Síncrona  
Fuente: (Muñoz Barajas, 2004)

- ❖ Transmisión Asíncronas. - El emisor decide cuándo comienza él envío de la información porque el receptor no sabe cuándo comienza el mismo es decir no están sincronizados.  
  
Pero el emisor no solo debe enviar la información en sí al receptor, sino también cuando empieza y termina todo el mensaje (Ver Figura 2.22).(Muñoz Barajas, 2004)

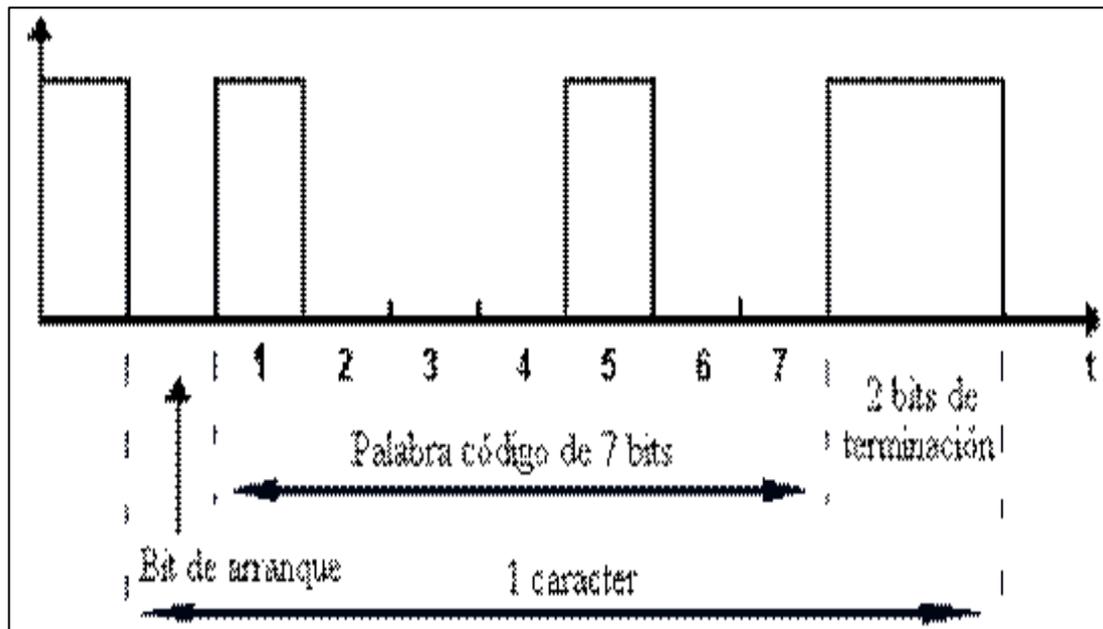


Figura 2. 22: Transmisión Asíncrona  
Fuente: (Muñoz Barajas, 2004)

### 2.2.5 Modos de transmisión de datos

Existen 3 diferentes modos de transmisión de datos:

- Simplex. - Permite que la información se despliegue en un solo sentido y de forma constante.
- Half Dúplex. - Su comportamiento es semejante al de simplex, pero no de una forma estable porque puede ocurrir algún cambio de sentido.(Nabdiel Rondón & López, 2011a)
- Full Dúplex. - Considerado como el tipo más aceptable para una comunicación porque permite que la información pueda ir de dos sentidos y poder corregir sus errores de forma inmediata.(Tomasi, 2003).(Nabdiel Rondón & López, 2011a)

### 2.2.6 Contaminación de la señal

En el proceso de transmisión de la señal pueden existir algunas perturbaciones o contaminaciones de la señal como:

- Distorsión. - Es una alteración de la señal en sus diferentes características como su amplitud, frecuencia, potencia y fase.(Restrepo, 2015)
- Atenuación. – Es considerada como la reducción de la potencia de una señal en un sistema de comunicación. El uso de amplificadores o repetidores es fundamental para que la señal llegue con la suficiente potencia a su destino (Ver figura 2.23).(Restrepo, 2015)

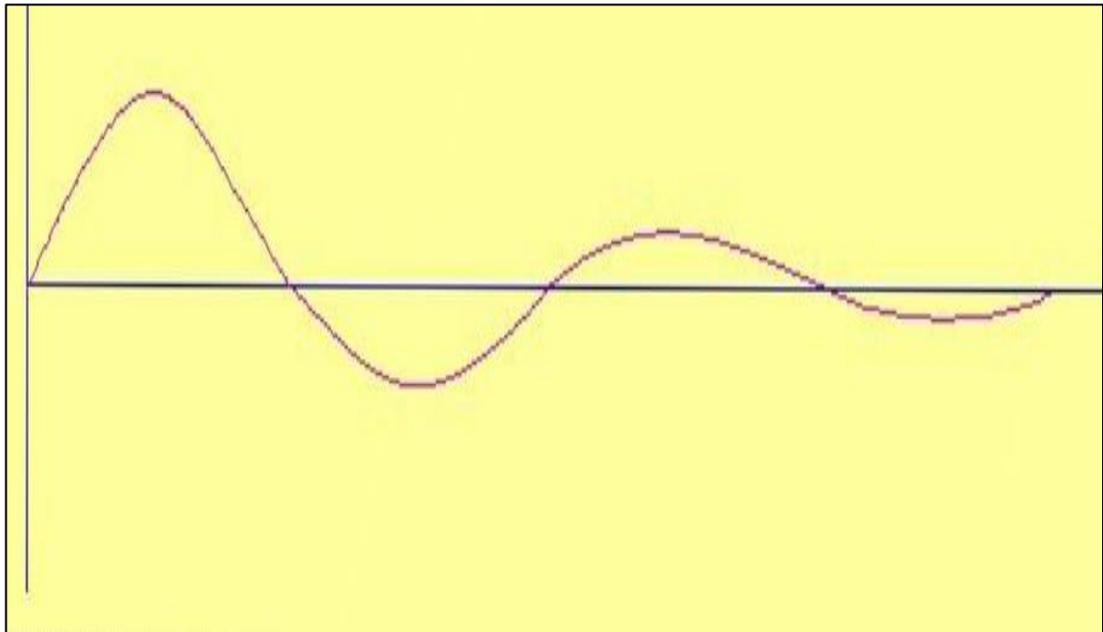


Figura 2. 23: Atenuación  
Fuente: (Restrepo, 2015)

- Ruido. – Considerado como la principal clase de perturbación ya que el mismo se origina dentro y afuera de la transmisión de la señal es decir puede quedar en gran parte oculta o eliminada totalmente (Ver Figura 2.24).(Restrepo, 2015)

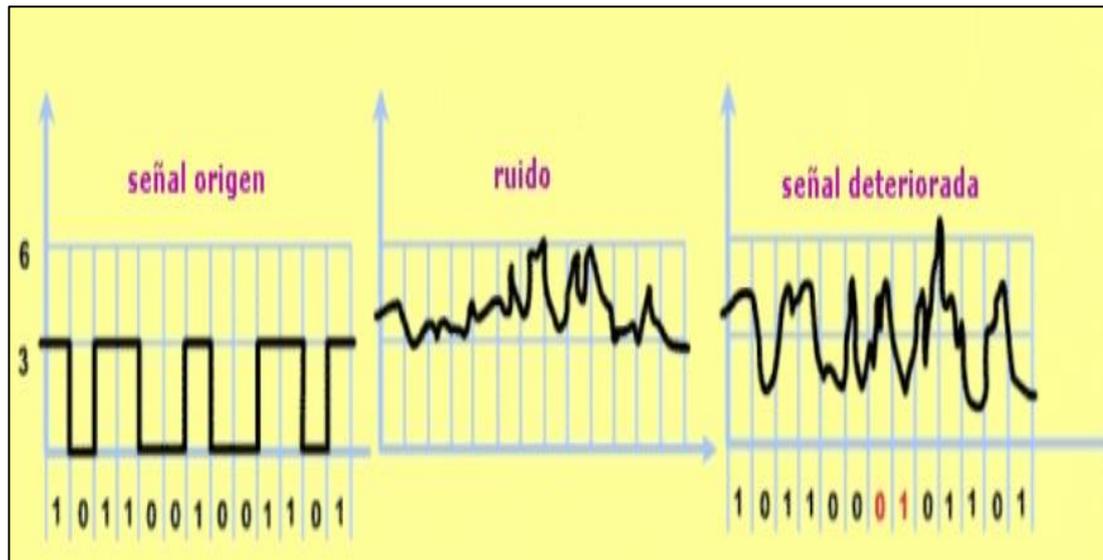


Figura 2. 24: Efecto del ruido  
Fuente: (Restrepo, 2015)

- Interferencia. - Consideradas como señales extrañas parecidas a la señal que deseamos transmitir esta anomalía generalmente pasa en las estaciones de radio.(Restrepo, 2015)

### 2.2.7 Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético es un recurso natural infinito y continuo donde se puede observar los rangos de todas las radiaciones electromagnética y la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnética.(Droides, 2013a)

En la Figura 2.25 se podrá ver los diversos servicios que cuenta el espectro electromagnético.

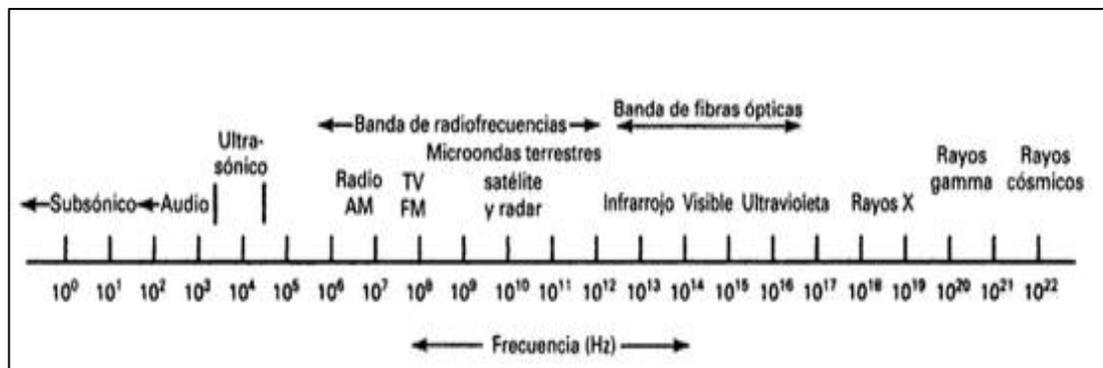


Figura 2. 25: Espectro Electromagnético  
Fuente: (Tomasi, 2003)

La extensión del espectro electromagnético va desde:

\*Menor longitud de onda ( $\lambda$ ): Los rayos gamma o rayos x.

\*Mayor longitud de onda ( $\lambda$ ): Las ondas de radio (Ver Figura 2.26).

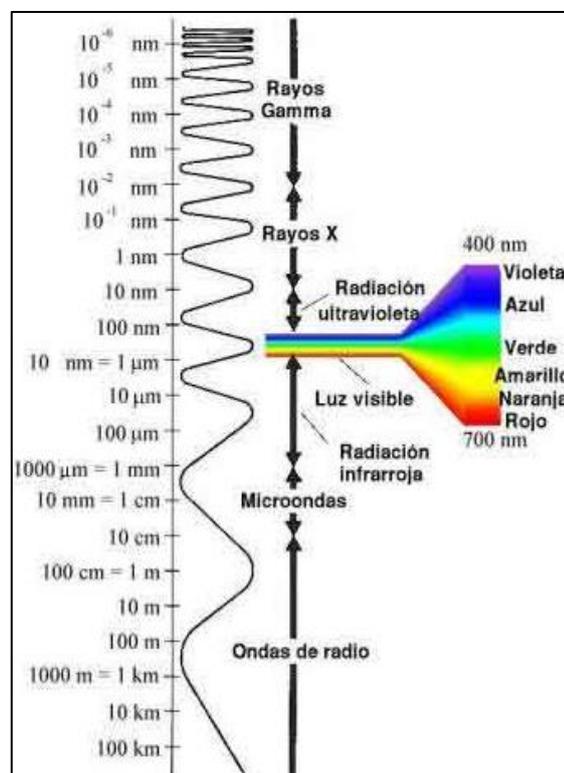


Figura 2. 26: Extensión del espectro electromagnético  
Fuente: (Droides, 2013a)

Las ondas electromagnéticas están constituidas por las ondas de radio, microondas, ondas infrarrojas, luz visible, luz ultravioleta, rayos x y rayos gamma.(Droides, 2013a)

En la tabla 2.4 vamos a poder visualizar el comportamiento de las diferentes ondas electromagnéticas con respecto a su longitud de onda, frecuencia y energía.(Droides, 2013b)

Tabla 2. 4: Tipos de ondas electromagnéticas

BANDA	LONGITUD DE ONDA (mt)	FRECUENCIA (Hz)	ENERGIA (J)
Rayos Gamma	10 pico - mt	30 EHz	$20 * 10^{-15} J$
Rayos X	10 nano - mt	30 PHz	$20 * 10^{-18} J$
Ultravioleta extremo	200 nano - mt	1.5 PHz	$993 * 10^{-21} J$
Ultravioleta cercano	380 nano - mt	789 THz	$523 * 10^{-21} J$
Luz visible	780 nano – mt	384 THz	$255 * 10^{-21} J$
Infrarrojo cercano	2.5 micro – mt	120 THz	$79 * 10^{-21} J$
Infrarrojo medio	50 micro - mt	6 THz	$4 * 10^{-21} J$
Infrarrojo lejano	1 mili – mt	300 GHz	$200 * 10^{-24} J$
Microondas	30 cm	1 GHz	$2 * 10^{-24} J$
Ultra alta frecuencia	1 mt	300 MHz	$19.8 * 10^{-26} J$
Muy alta frecuencia de radio	10 mt	30 MHz	$19.8 * 10^{-28} J$
Onda corta de radio	180 mt	1.7 MHz	$11.22 * 10^{-28} J$
Onda media de radio	650 mt	650 KHz	$42.9 * 10^{-29} J$
Onda larga de radio	10 Kilómetros	30 KHz	$19.8 * 10^{-30} J$
Muy baja frecuencia de radio	10 Kilómetros	30 KHz	$19.8 * 10^{-30} J$

Fuente: (Droides, 2013b)

La longitud de onda es directamente proporcional a su velocidad de propagación e inversamente proporcional a la frecuencia y conocida como la distancia entre los dos puntos en el espacio libre como se muestra en la fórmula 1.

**Formula 1:**

$$\lambda = \frac{c}{f} \Leftrightarrow \text{Longitud de onda} = \frac{\text{Velocidad}}{\text{Frecuencia}}$$

Dónde:

$\lambda$ = Longitud de onda (metros)

c= Velocidad de luz ( $3 \times 10^8$  m/s)

f= Frecuencia (Hertz)

Es decir: **“Onda corta, significa alta frecuencia. Onda larga, baja frecuencia”**.(Droides, 2013a)

El comité consultivo internacional de radio (CCIR) es el encargado de asignar todo el espectro de frecuencias y sus subsecciones o bandas (Ver tabla 2.5).

Tabla 2. 5: Designación de banda

NUMERO DE BANDA	INTERVALO DE FRECUENCIA	DESIGNACION
2	(30 – 300)Hz	ELF (Frecuencia extremadamente baja)
3	(0.3 – 3)KHz	VF (Frecuencia de voz)
4	(3 – 30)KHz	VLF (Frecuencia muy baja)
5	(30 – 300)KHz	LF (Baja frecuencia)
6	(0.3 – 3)MHz	MF (Frecuencia intermedia)
7	(3 – 30)MHz	HF (Frecuencia alta)
8	(30 – 300)MHz	VHF (Frecuencia muy alta)
9	300 MHz – 3 GHz	UHF (Frecuencia ultra alta)
10	(3 – 30)GHz	SHF (Frecuencia súper alta)
11	(30 – 300)GHz	EHF (Frecuencia extremadamente alta)
12	(0.3 – 3)THz	Luz infrarroja
13	(3 – 30)THz	Luz infrarroja
14	(30 – 300)THz	Luz infrarroja
15	(0.3 – 3)PHz	Luz visible
16	(3 – 30)PHz	Luz ultravioleta
17	(30 – 300)PHz	Rayos X
18	(0.3 – 3)EHz	Rayos gamma
19	(3 – 30)EHz	Rayos cósmicos

Fuente: (Tomasi, 2003)

Elaborado por: Autor

Para transmitir la información de un lugar a otro se utilizan las estaciones o radio bases repetidoras, pero para que el mismo pueda ser trasladado se debe convertir la información en energía electromagnética.

La energía electromagnética es considerada una longitud de onda ( $\lambda$ ) que tiene una frecuencia asociada y una energía.

De esta manera podemos concluir que si tenemos una longitud de onda corta y que tenga mucha energía quiere decir que la onda es de alta frecuencia mientras que las ondas de baja frecuencia tienen grandes longitudes de onda y poca energía.(Droides, 2013a)

Es decir: **“Alta frecuencia, significa longitud de onda corta y mucha energía. Baja frecuencia, significa longitud de onda grandes y poca energía”**

Existen 2 diferentes clases de ondas para las transmisiones de datos en el espacio como:

Según como vibran sus partículas:

- ✓ Ondas transversales.
- ✓ Ondas longitudinales

La diferencia entre las dos es que las ondas transversales tienen un sentido de propagación y la dirección de la vibración de las partículas de forma perpendicular (Ver figura 2.27).(mc\_krack, 2011)



Figura 2. 27: Ondas Transversales

Fuente: (mc\_krack, 2011)

En cambio, las ondas longitudinales coinciden en el sentido de propagación y la dirección de la vibración de las partículas (Ver Figura 2.28).(mc\_krack, 2011)

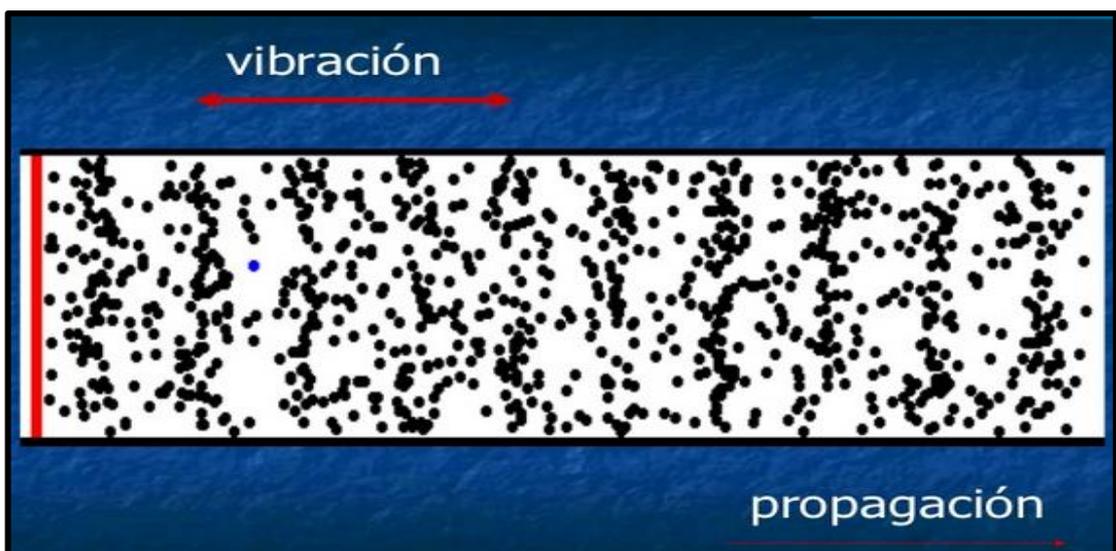


Figura 2. 28: Ondas Longitudinales

Fuente: (mc\_krack, 2011)

Según su naturaleza de propagación:

- ✓ Ondas mecánicas
- ✓ Ondas electromagnéticas
- ✓ Ondas viajeras
- ✓ Ondas estacionarias
- ✓ Ondas armónicas

La diferencia entre las ondas mecánicas y electromagnéticas es que una se propaga con la ayuda de un medio natural, pero la otra se propaga en el vacío.(mc\_krack, 2011)

Ahora la diferenciar las ondas viajeras y estacionarias debemos saber que una se propaga en un solo sentido sin devolverse, pero la otra se propaga por el resultado de dos ondas viajeras con sentidos diferentes (Ver Figura 2.29).(mc\_krack, 2011)

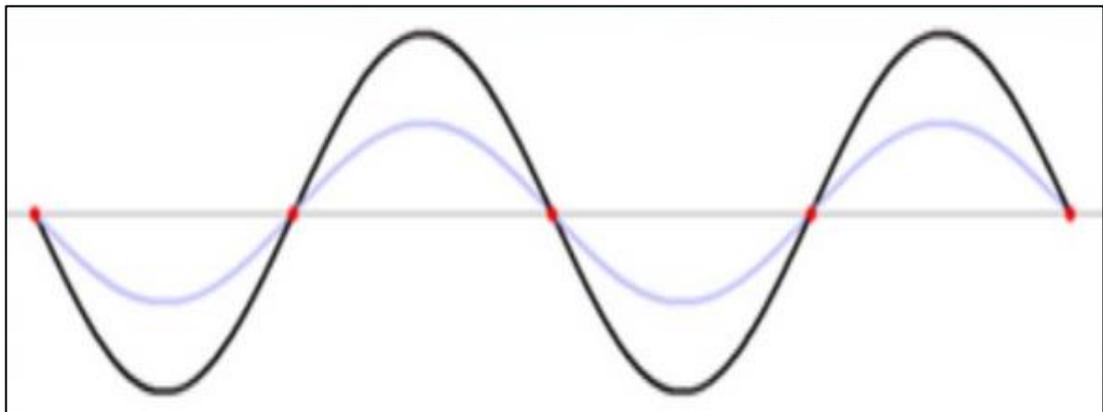


Figura 2. 29: Ondas Estacionarias  
Fuente: (mc\_krack, 2011)

Con respecto a las ondas armónicas se producen en un periodo fijo, es decir en un igual intervalo de tiempo.

## 2.3. Evolución de la tecnología móvil

### 2.3.1. Reseña histórica

La evolución progresiva de las tecnologías en el mundo como lo podemos ver la figura 2.30 ha provocado un amplio desarrollo en el software y hardware de todos los teléfonos móviles existentes en el mercado de las telecomunicaciones.

De esa manera podemos decir que el móvil en la actualidad se ha convertido en una pieza fundamental para la estabilidad tanto de los usuarios, bancos y empresas en todo el mundo.

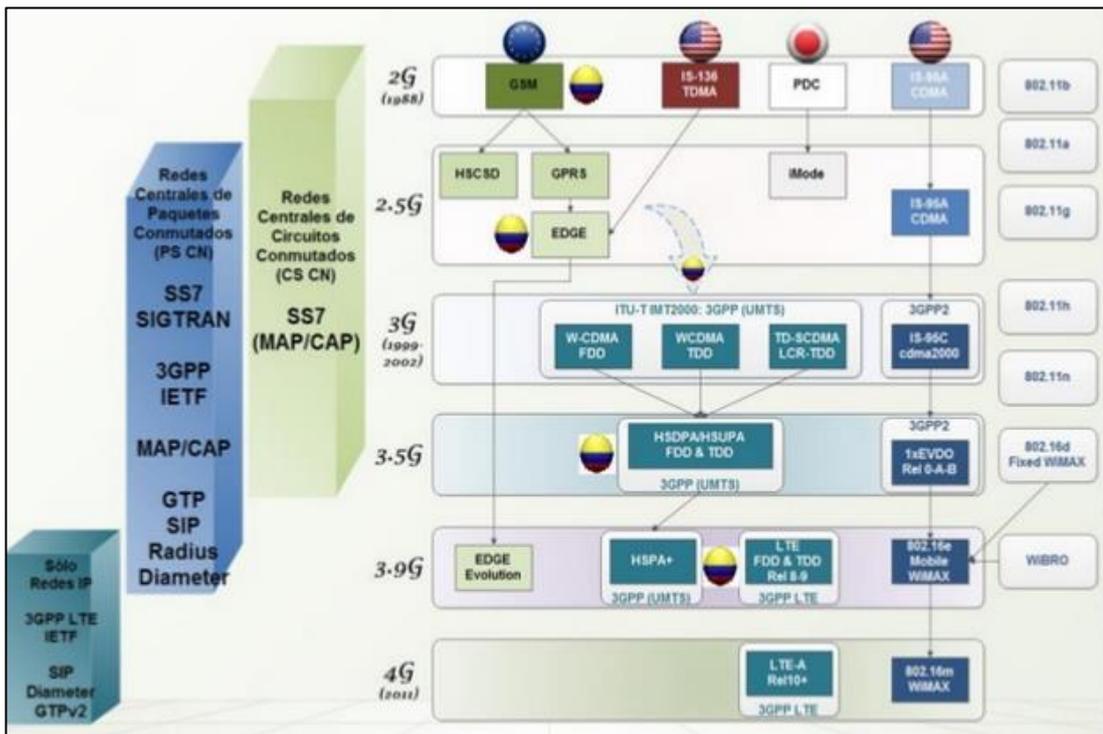


Figura 2. 30: Evolución de la telefonía móvil

Fuente: (Mendioroz, 2015)

Todo comenzó en el año 1973 con el desarrollo del primer sistema radioteléfono posteriormente en el año 1982 la organización CEPT (conferencia europea de administración de correos y telecomunicaciones crea la tecnología GMS (Groupe Special Mobile).

Después en el año 1990 se realiza el lanzamiento de la tecnología a nivel comercial.(Mendioroz, 2015)

En la figura 2.31 se mostrará la cobertura de la tecnología 2G a nivel mundial.

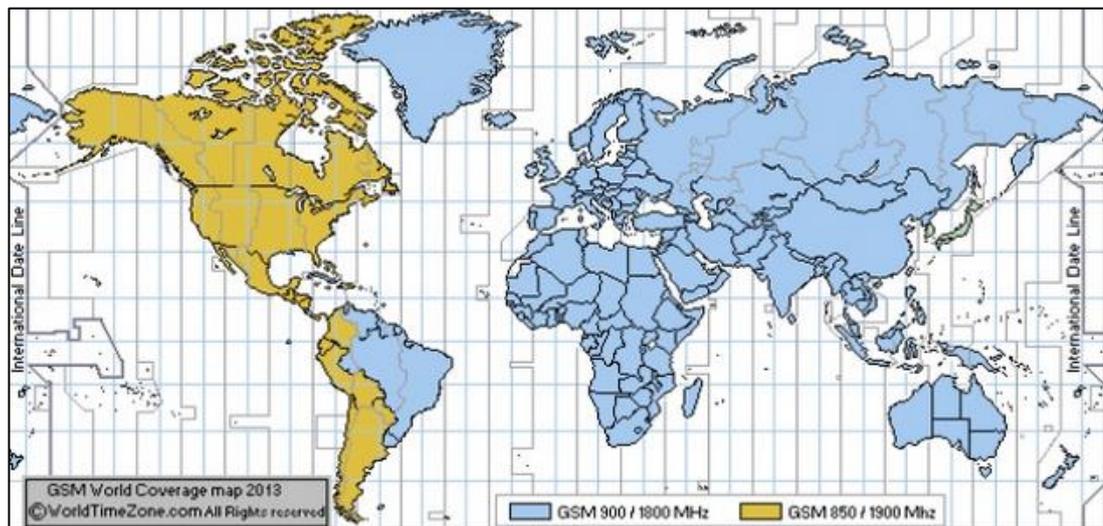


Figura 2. 31: Cobertura de la Tecnología 2G  
Fuente: (Mendioroz, 2015)

En el año 1985 la organización ITU fue establecida como grupos de trabajo para solucionar las limitaciones que presentan todos los teléfonos móviles a nivel mundial (Ver Figura 2.32).

En el año 1998 la organización ITU desarrollo el estándar UMTS con el sistema 3GPP y el estándar CDMA2000 con el sistema 3GPP2 (Ver Figura 2.32). (Mendioroz, 2015)

En el año 2008 la organización ITU da inicio el sistema LTE para el mundo fue la tecnología que revoluciono el mundo de las telecomunicaciones en todos los aspectos (Ver Figura 2.32).

2G	Phase 1 (1992) a Release 96 (1997): GSM
2.5G	Rel. 97 (1998): GPRS Rel. 98 (1998): EDGE
3G	Rel. 99 (2000): UMTS/WCDMA
3.5G	Rel. 5 (2002): HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) Rel. 6 (2005): HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access), IMS (IP Multimedia Subsystem) Rel. 7 (2007): MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)
3.9G	Rel. 8 (2008): LTE (Long Term Evolution) Rel. 9 (2009): Interoperabilidad LTE/WiMAX
4G	Rel. 10 (2011): LTE Avanzada

Figura 2. 32: Evolución de las tecnologías  
Fuente: (Mendioroz, 2015)

### 2.3.2. Segunda generación telefonía móvil (2G)

El comienzo del desarrollo del teléfono móvil comenzó con la convergencia de la tecnología 1G a 2G pues se logró brindar los servicios de correo electrónico con voz, velocidad de 10 Kb/seg y descarga de un archivo MP3 con una duración de 3 minutos en único móvil.(Barreto, 2012)

#### 2.3.2.1. Estándar: GSM

El estándar GSM fue utilizado en la tecnología 2G y fue desarrollado para ya disponer del servicio de mensajes cortos (SMS) ya con el paso del tiempo se fue extendido para otros estándares.

Las frecuencias utilizadas por el estándar GSM son las siguientes (Ver Figura 2.33)

Banda	Nombre	Canales	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Notas
GSM 850	GSM 850	128 - 251	824,0 - 849,0	869,0 - 894,0	Usada en los EE.UU., Sudamérica y Asia.
GSM 900	P-GSM 900	0-124	890,0 - 915,0	935,0 - 960,0	La banda con que nació GSM en Europa y la más extendida
	E-GSM 900	974 - 1023	880,0 - 890,0	925,0 - 935,0	E-GSM, extensión de GSM 900
	R-GSM 900	n/a	876,0 - 880,0	921,0 - 925,0	GSM ferroviario (GSM-R).
GSM1800	GSM 1800	512 - 885	1710,0 - 1785,0	1805,0 - 1880,0	
GSM1900	GSM 1900	512 - 810	1850,0 - 1910,0	1930,0 - 1990,0	Usada en Norteamérica, incompatible con GSM-1800 por solapamiento de bandas.

Figura 2. 33: Frecuencia – Tecnología 2G

Fuente: (Barreto, 2012)

En la figura 2.34 se podrá ver el método de acceso utilizado por el estándar GSM y en las demás regiones.

Características	Sistema de telefonía digital de 2ª Generación			
	GSM	IS-54	JDC	IS-95
Región	Europa/Asia	U.S.A.	Japón	U.S.A./Asia
Método de acceso	TDMA/FDD	TDMA/FDD	TDMA/FDD	CDMA/FDD
Esquema de modulación	GMSK	$\pi/4$ -DQPSK	$\pi/4$ -DQPSK	SQPSK/QPSK
Banda de frecuencia (MHz)	935-960 890-915	869-894 / 824-849 1477-1489 / 1429-1441 1501-1513 / 1453-1465	810-826 840-856	869-894 824-849
Espacio entre portadora (KHz)	200	30	25	1250
Canales/portadora	8	3	3	Variable
Tasa de bit por canal (Kbps)	270.833	48.6	42.0	1228.8
Codificación de voz	13 Kbps (ley A)	8 Kbps (ley $\mu$ )	8 Kbps (ley $\mu$ )	1-8 Kbps (ley $\mu$ )
Duración de trama (ms)	4.615	40	20	20

Figura 2. 34: Método de acceso - Tecnología 2G

Fuente: (Barreto, 2012)

### 2.3.2.2. Técnica de acceso: TDMA y CDMA

En la tecnología 2G utilizan los métodos de multiplexación TDMA como se muestra en la figura 2.35 y CDMA como se muestra en la figura 2.36 para la transmisión de su señal, pero el comportamiento de cada técnica es distinto una de la otra.

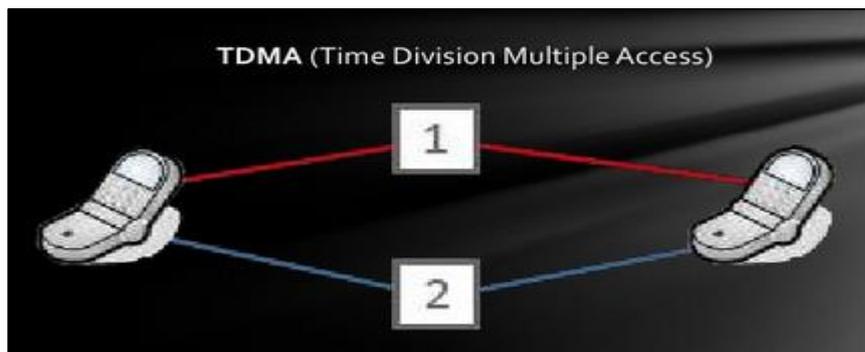


Figura 2. 35: TDMA - 2G  
Fuente: (Barreto, 2012)

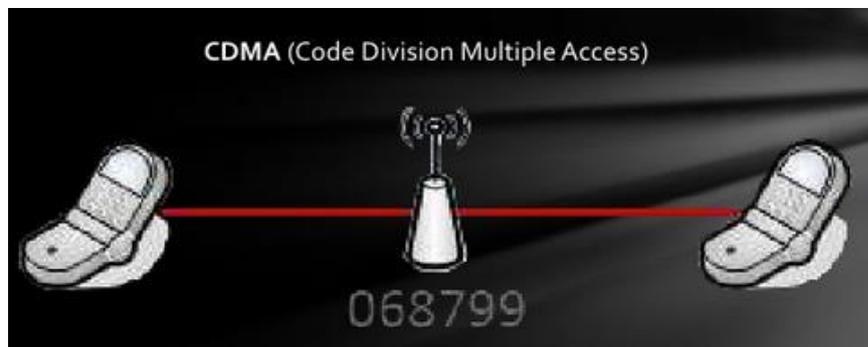


Figura 2. 36: CDMA - 2G  
Fuente: (Barreto, 2012)

Según Leonardo barreto (2012) la técnica de acceso TDMA tiene un comportamiento donde se divide un único canal de frecuencia de radio en varias ranuras de tiempo es decir el usuario al realizar una llamada automáticamente se le asigna un tiempo para su trasmisión de esa manera es posible utilizar un solo canal para varias conversaciones sin tener interferencia una de la otra.

Según Leonardo barreto (2012) la técnica de acceso CDMA cumple con las misma característica que cuenta la técnica TDMA es decir realiza varias conversaciones en una misma frecuencia pero con una diferencia que ahora no tendremos que esperar un respectivo tiempo para enviar la conversación ahora podemos enviar varias conversaciones en un mismo tiempo porque cada conversación para tener un código único de esta manera el receptor lo podrá identificar.

### 2.3.2.3. Arquitectura: GSM

La arquitectura de la red GMS como se muestra en la figura 2.37 está conformada por BSS, OSS y NSS.

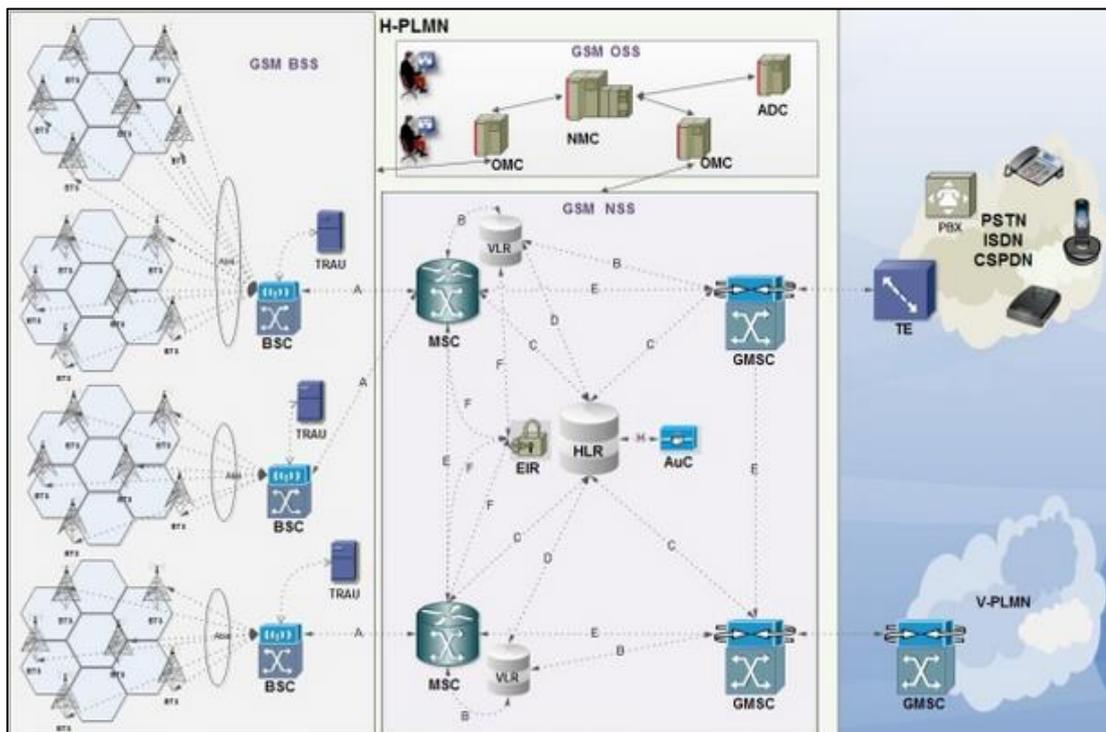


Figura 2. 37: Arquitectura 2G  
Fuente: (Mendioroz, 2015)

El subsistema de estación base o BSS está conformado: MS (estación móvil), BTS (estación base de transrecepcion) y BSC (controlador de estación base) (Ver Figura 2.38).

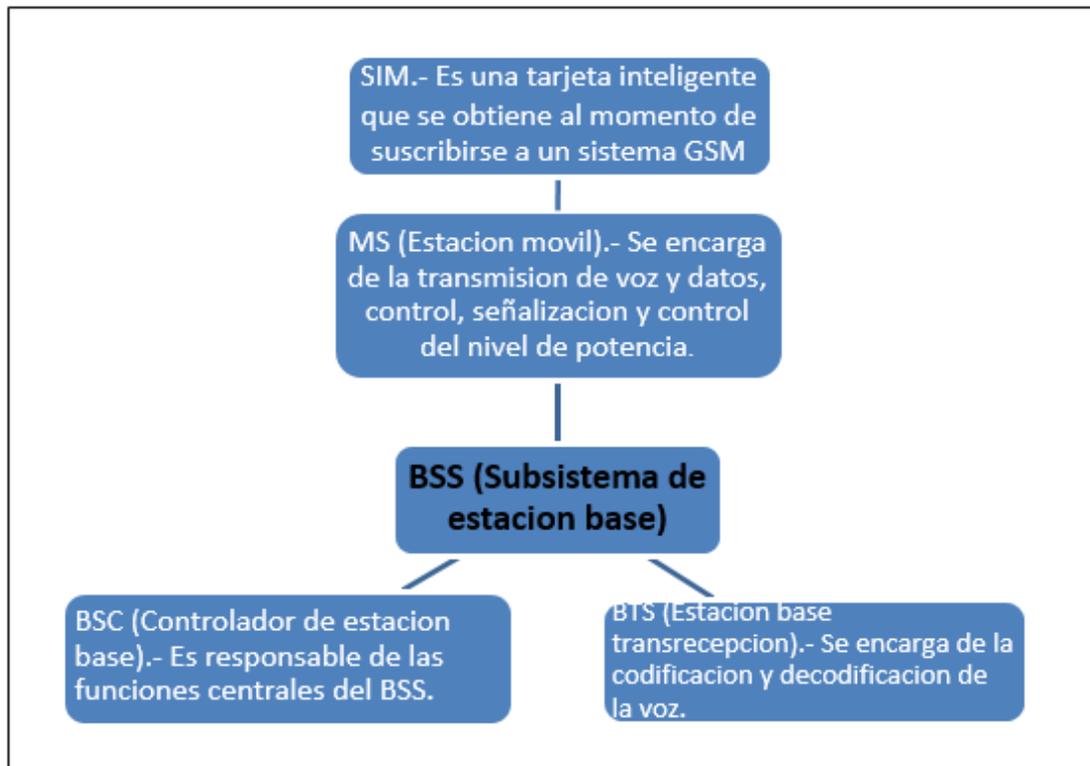


Figura 2. 38: Elementos de la BSS

Fuente: (Mendioroz, 2015)

Elaborado por: Autor

El subsistema de soporte de red o NSS está constituido: MSC (centro de conmutación móvil), VLR (registro de localización visitante), GMSC (Gateway MSC), HLR (registro de localización base), AuC (Centro de autenticación), EIR (registro de identidad de equipamiento) (Ver Figura 2.39).

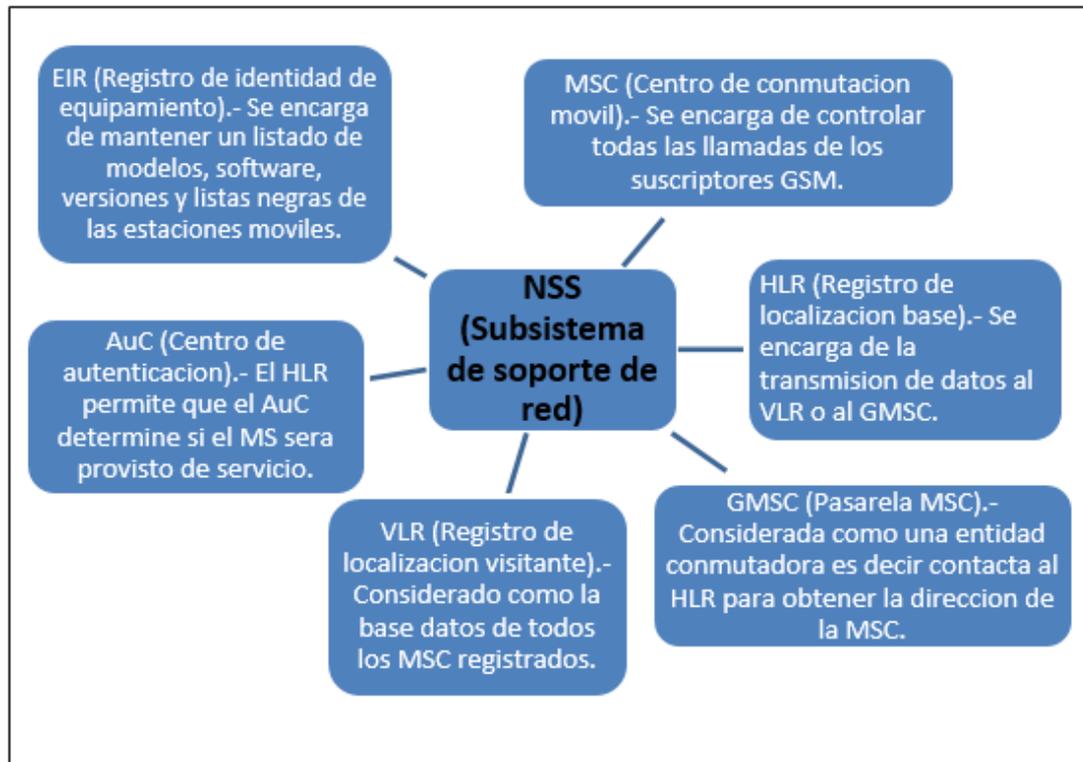


Figura 2. 39: Elementos de la NSS

Fuente: (Mendioroz, 2015)

Elaborado por: Autor

El subsistema de operación y soporte o OSS está constituido: NMC (centro de gestión de redes), OMC (centro de operación y mantenimiento) y ADC (centro de administración) (Ver Figura 2.40).

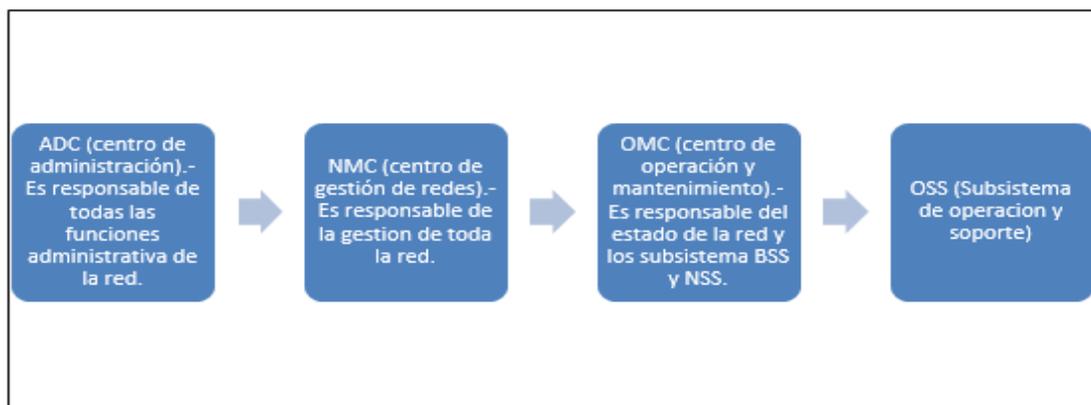


Figura 2. 40: Elementos de la OSS

Fuente: (Mendioroz, 2015)

Elaborado por: Autor

### 2.3.3. Tercera generación (3G)

El principal objetivo de la evolución progresiva de las tecnologías es poder cumplir con las funciones o tareas que no han sido ejecutados con normalidad.

De esta manera organización ITU establecido un grupo de trabajo para desarrollar una nueva tecnología que cumpla todas las limitaciones que tiene la tecnología 2G.

Con el paso del tiempo este grupo de trabajo desarrollo un sistema llamado UMTS de acuerdo a las especificaciones 3GPP/3GPP2. (Mendioroz, 2015)

Esta nueva tecnología cumple con tareas o funciones tanto del consumidor como se muestra en la figura 2.41 y de las empresas como se muestra en la figura 2.42

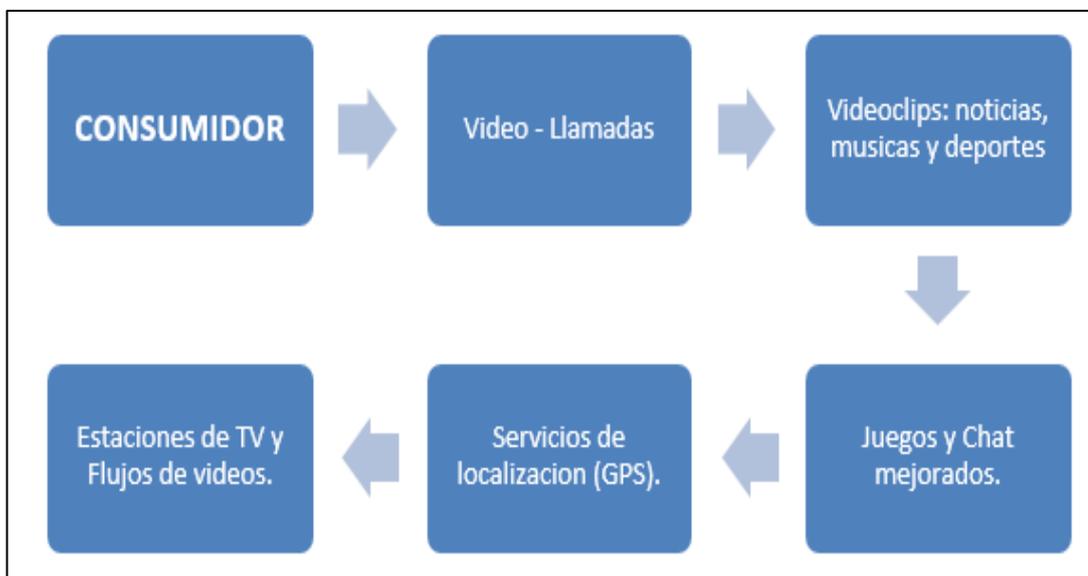


Figura 2. 41: Consumidor – Servicios UMTS

Fuente: (Mendioroz, 2015)

Elaborado por: Autor

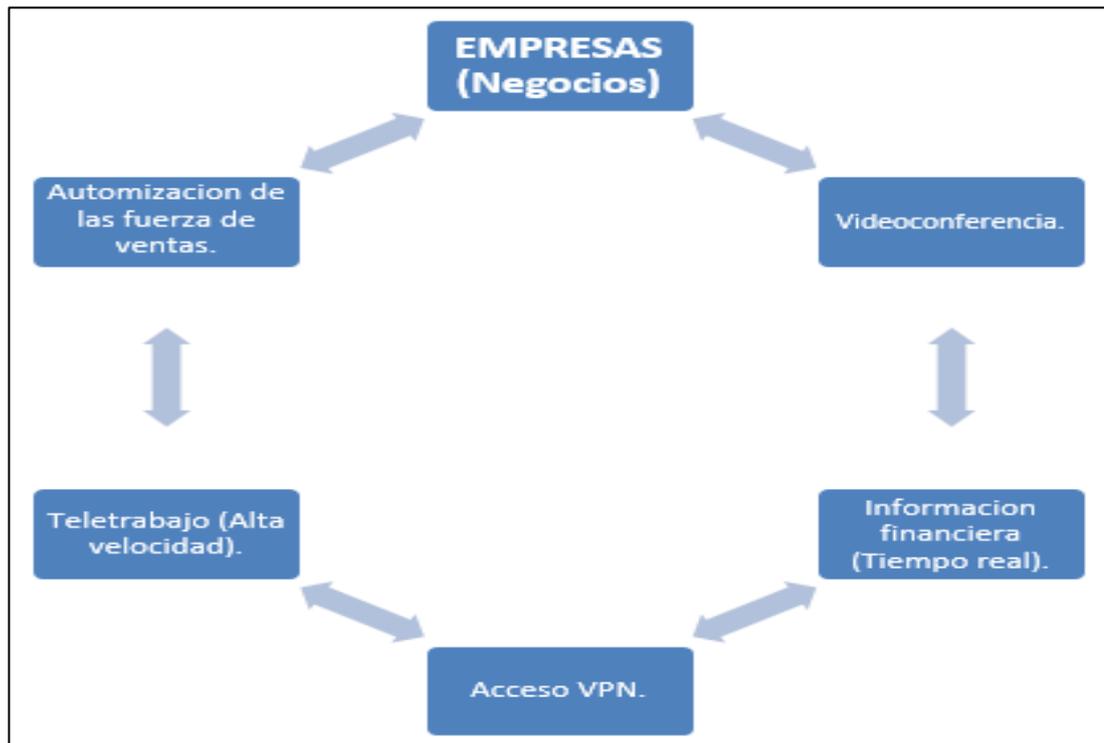


Figura 2. 42: Empresa – Servicios UMTS  
Fuente: (Mendioroz, 2015)  
Elaborado por: Autor

### 2.3.3.1. Estándar: UMTS (3GPP) y CDMA 2000 (3GPP2)

Los estándares UMTS (3GPP) y CDMA 2000 (3GPP2) son utilizados en la tecnología 3G para mejorar la velocidad de transrepcion de información mediante modificaciones en la técnica de acceso y modulación de la señal. (Mendioroz, 2015)

Estos cambios ayudaron a que se pueda ofrecer los servicios como aplicaciones audio/video en tiempo real, comercio electrónico móvil y transacciones online.

Las principales características del estándar UMTS (3GPP) se muestran en la figura 2.43

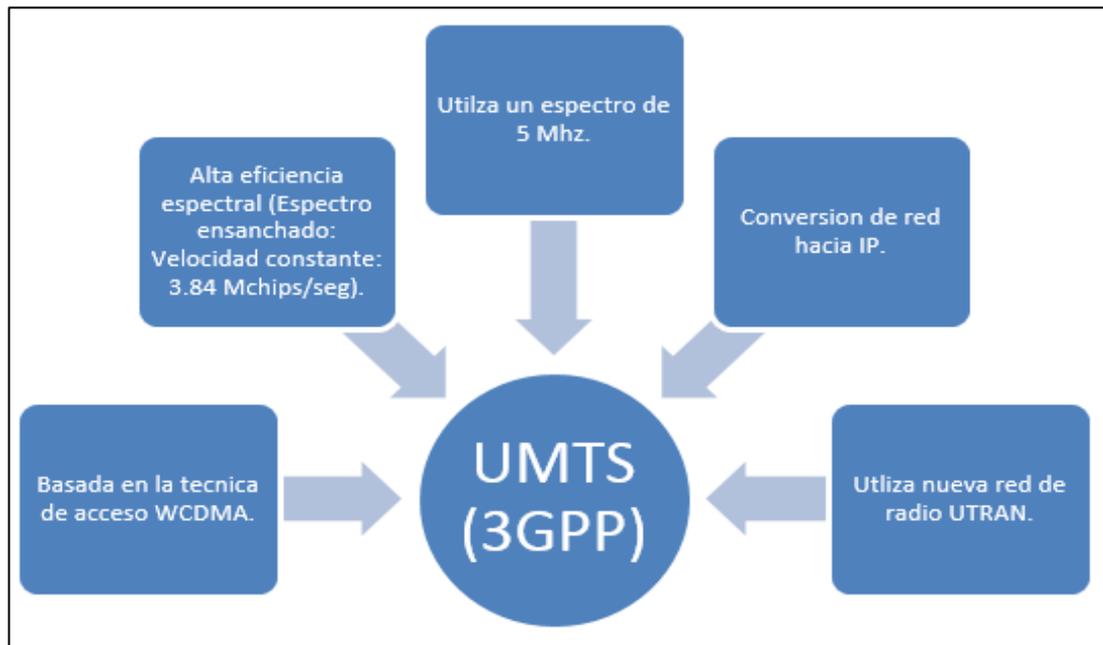


Figura 2. 43: Característica - UMTS

Fuente: (Oviedo, 2013)

Elaborado por: Autor

Las principales características del estándar CDMA2000 (3GPP2) son las que se muestran en la figura 2.44

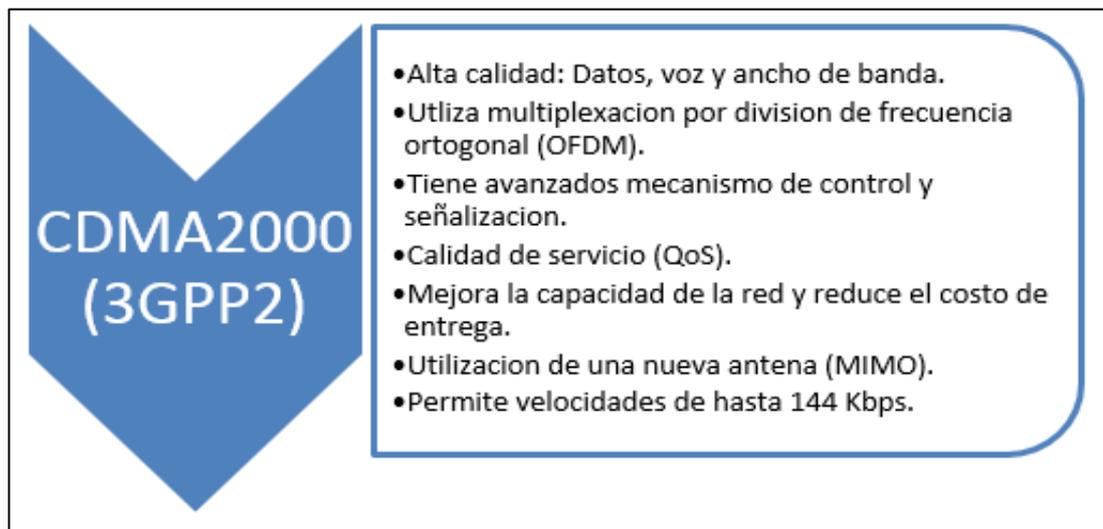


Figura 2. 44: Característica – CDMA2000

Fuente: (CDG, 2014)

Elaborado por: Autor

Con el desarrollo del estándar 3GPP o UMTS se obtuvieron varios beneficios como se muestran en la figura 2.45 que antes no estaban disponibles.

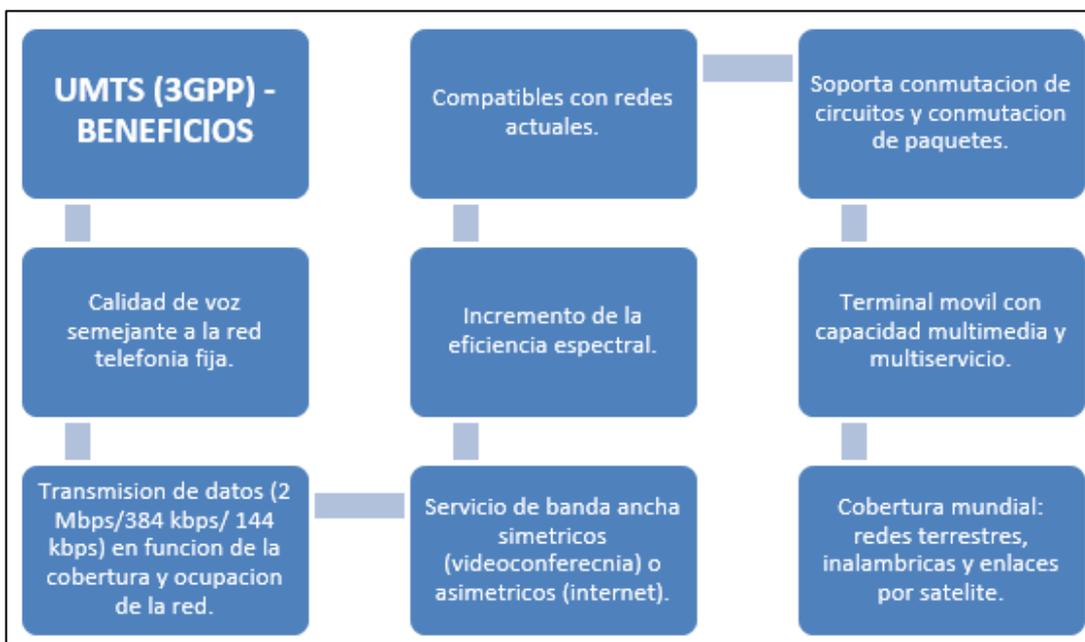


Figura 2. 45: Beneficios – UMTS (3GPP)

Fuente: (Oviedo, 2013)

Elaborado por: Autor

### 2.3.3.2. Técnica de acceso: WCDMA y OFDM

La técnica de acceso WCDMA o también llamado sistema de espectro expandido es la evolución del sistema de acceso múltiple por división de tiempo y frecuencia en modo dúplex TDMA/FDD de GSM. (Mendioroz, 2015)

El funcionamiento del sistema WCDMA es convertir todos los bits de información en códigos ortogonales de “chips” es decir grupos de bits de menor longitud de onda. (Mendioroz, 2015)

Cuando tenemos los bits de información convertidos en códigos ortogonales automáticamente se establecen diferentes códigos a distintos

pares transmisor/ receptor con la finalidad de tener una alta auto - correlación y muy baja conexión cruzada. (Mendioroz, 2015)

Es decir que un receptor recibe varias señales, pero el mismo lo multiplica por el código correspondiente con eso la señal deseada se amplifica y el resto se filtra. (Mendioroz, 2015)

Las características para la ejecución del sistema de acceso WCDMA son las siguientes:

- El espectro expandido toda la información o tasa de bits está representada por una tasa de chips de esa manera el receptor multiplica el código correspondiente con la secuencia de chips recibida de esa manera nos da como resultado la secuencia original de información en bits.(Mendioroz, 2015)
- El control de potencia de sus terminales al momento de realizar el proceso de transmisión es una de las características importante que ofrece el sistema WCDMA para eliminar las interferencias que se generan por el efecto near – far (cerca lejos). (Mendioroz, 2015)

El sistema OFDM se denomina como una técnica de multiplexacion que se divide un canal de frecuencia como podemos ver en la figura 2.46 en un número determinado de frecuencias equispaciadas.(Alejandro C., 2011)

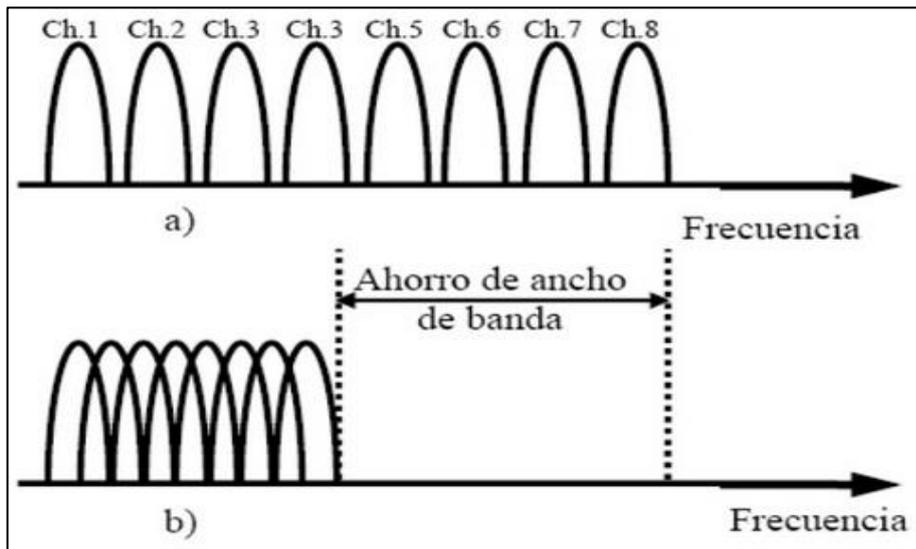


Figura 2. 46: Sistema de acceso OFDM

Fuente: (Alejandro C., 2011)

Ahora debemos conocer que en cada banda se transmite una subportadora y el mismo se encarga de la transportar una parte de la información del usuario como se muestra en la figura 2.47.(Alejandro C., 2011)

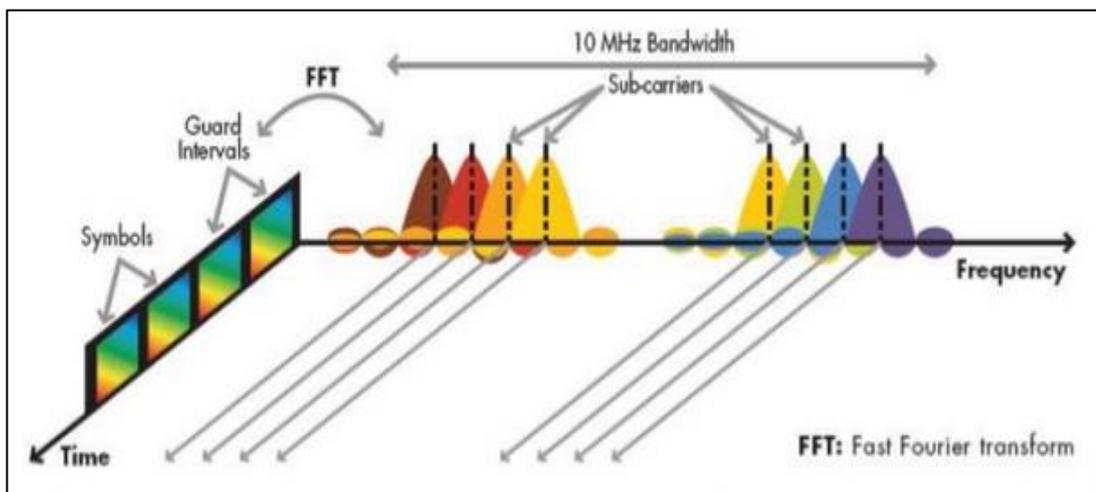


Figura 2. 47: Subportadoras ortogonales – Tiempo y frecuencia

Fuente: (Alejandro C., 2011)

De esta manera no existirá interferencia y se podrá tener un mejor uso del espectro porque ya que no se utilizara bandas de separación entre subportadoras.(Alejandro C., 2011)

### 2.3.3.3. Arquitectura: UMTS

La arquitectura de la red UMTS como se muestra en la figura 2.48 está conformada por red de acceso: UTRAN (Radio terrestre universal Red de acceso) y núcleo de red: CS (red de núcleo), MSCS (Servidor MSC) y CS-MGW (Gateway multimedia conmutado por circuito).

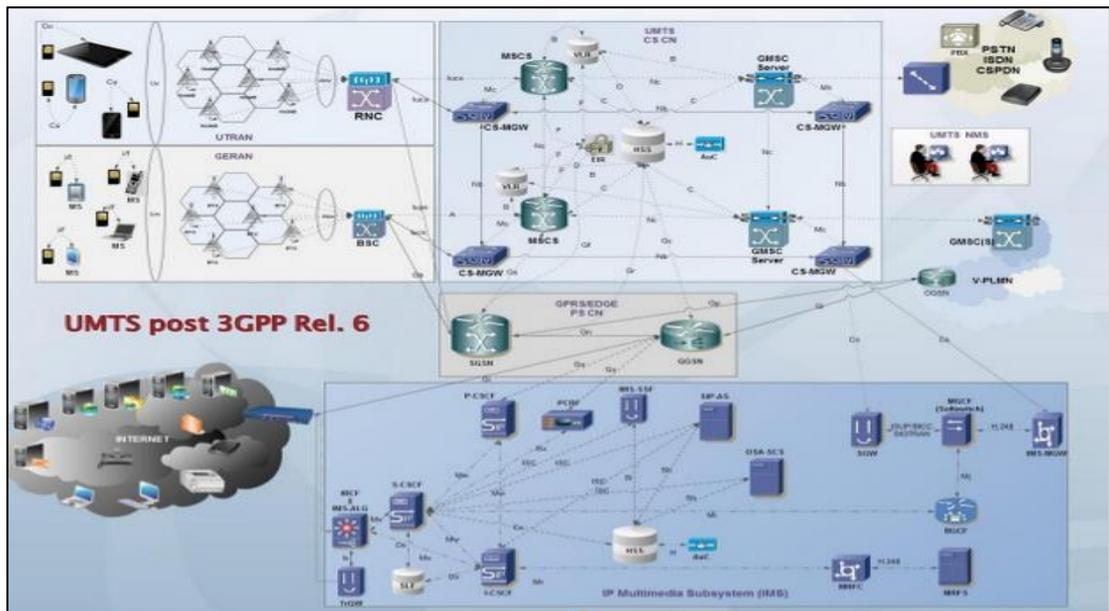


Figura 2. 48: Arquitectura - UMTS

Fuente: (Mendioroz, 2015)

El UTRAN o red de acceso es el encargado establecer los enlaces entre la red y las estaciones móviles.

Está formado por dos componentes principales

- **RNC o Controlador de red de radio:** Esta encargada del control de los recursos de radio como asignación de frecuencia, control de los niveles de potencia y gestión de códigos (Ver Figura 2.49). (Mendioroz, 2015)

- **Nodo B:** Es controlado por la RNC y sirve como una celda específica. (Mendioroz, 2015)

El CS o red del núcleo como se muestra en la figura 2.49 mantiene la misma estructura del NSS de GSM es decir es responsable de la habilitación de los servicios de voz y datos con separación de planos de usuario y control. (Mendioroz, 2015)

Con la evolución del sistema UMTS del 3GPP R99 al 3GPP R4 se consiguió incluir las separaciones tanto de la conexión, su control y servicios para el ámbito de la red conmutada por circuitos (CS CN). (Mendioroz, 2015)

De esa manera las redes conmutadas por circuitos cuentan con una capacidad de conexión y de control de conexiones. A partir de las especificaciones R4 del sistema UMTS(3GPP) se procede a dividirse las capacidades en dos nodos diferentes:

- MSCS (Servidor MSC)
- CS- MGW (Gateway multimedia conmutado por circuito)

La MSCS o servidor MSC como se muestra en la figura 2.49 se encarga del control de movilidad y de conmutación de llamadas iniciadas o finalizadas en terminales móviles, pero es importante que el mismo este asociado a un VLR pues esa forma va a poder identificar a los usuarios al que se puede proporcionar sus servicios. (Mendioroz, 2015)

El Gateway multimedia conmutado por circuito o CS- MGW como se muestra en la figura 2.49 se encarga de recibir tráfico de medios (voz y videos) que se inician de la RNC y después lo encamina hacia una red IP.

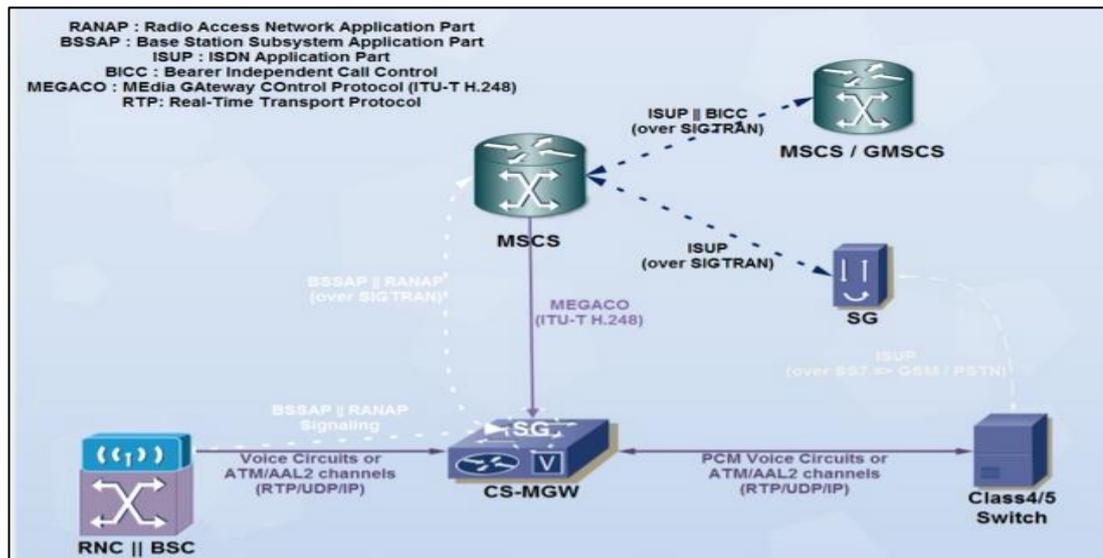


Figura 2. 49: Funcionamiento - UMTS  
Fuente: (Mendioroz, 2015)

### 2.3.4. Cuarta generación (LTE)

Con el paso del tiempo la tecnología UMTS (3G) comenzó a tener sus limitaciones de esa manera la organización ITU en el 2008 desarrollo la tecnología LTE con el propósito de cumplir con todas las necesidades que se presentaban en el siglo xx. (Mendioroz, 2015)

El descubrimiento de la tecnología LTE (4G) hizo que muchos usuarios y empresas cambien su forma de pensar pues de esa manera podrían ya ejecutar funciones y tareas que en épocas anteriores no se consideraba. (Mendioroz, 2015)

LTE fue creado para cubrir las siguientes necesidades:

- Consumidores necesitan una conexión de datos que descargue y suba a más velocidad.(Zavia, 2012)
- Fabricantes y operadores quieren un estándar de menor costo y que sea menos complejo. (Zavia, 2012)

- Disponer de una nueva tecnología que ayude al desarrollo de equipos de gama alta. por ejemplo, a WiMAX. (Zavia, 2012)

Además, con el desarrollo tecnológico se consiguió que las compañías examinen la posibilidad de la fabricación de objetos inteligentes es decir que sus productos tengan capacidad de conectarse a una red y de esa manera cumplir con varias funciones como la monitorización, descarga de aplicaciones, etc. (Mendioroz, 2015)

#### 2.3.4.1. Estándar LTE: Características

LTE significa Long Term Evolution es una tecnología muy buena y estable las principales características se podrá ver en la figura 2.50 se mostrará las principales características de la tecnología LTE.

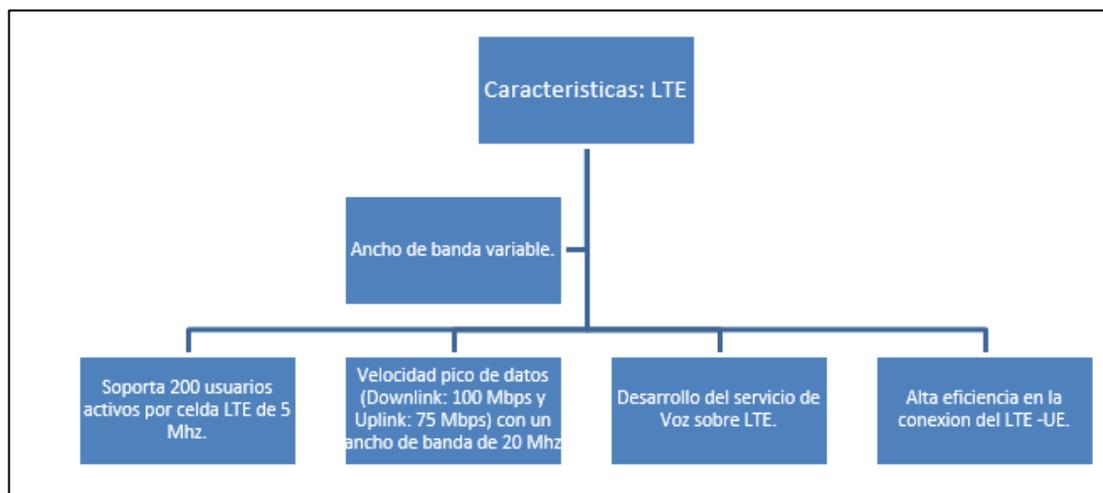


Figura 2. 50: Características - LTE  
Fuente: (Mendioroz, 2015)

Además, cuenta con una diversidad de características como:

- ✓ Permite altas tasas de bits con baja latencia. (Zavia, 2012)
- ✓ Es barato y fácil de desplegar por los operadores.(Zavia, 2012)
- ✓ Evita la fragmentación por el tipo de duplexación. (Zavia, 2012)

### 2.3.4.2. Estándar LTE: Especificaciones técnicas

En la figura 2.51 se mostrará las especificaciones o ficha técnicas de la tecnología LTE.

Rango de Frecuencias	Bandas UMTS FDD y UMTS TDD					
BW de Canal 1 bloque de recurso (RB) = 180 KHz	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
	6 RB	15 RB	25 RB	50 RB	75 RB	100 RB
Esquema de Modulación	Downlink	QPSK, 16QAM, 64QAM				
	Uplink	QPSK, 16QAM, 64QAM (opcional para el UE)				
Tecnología de Acceso Múltiple	Downlink	OFDMA ( <i>Orthogonal Frequency Division Multiple Access</i> )				
	Uplink	SC-FDMA ( <i>Single Carrier Frequency Division Multiple Access</i> )				
Tecnología MIMO ( <i>Multiple Input - Multiple Output</i> )	Downlink	Amplia gama de opciones de configuración MIMO para diversidad de opción de transmisión, multiplex espacial y diversidad de retraso cíclico (máximo de 4 antenas en radiobase y equipo de usuario).				
	Uplink	MIMO multi-usuario colaborativo				
Tasa de Datos Pico	Downlink	150 Mbps (UE categoría 4, 2x2 MIMO, 20 MHz) 300 Mbps (UE categoría 5, 4x4 MIMO, 20 MHz)				
	Uplink	75 Mbps (20 MHz)				

Figura 2. 51: Especificaciones técnicas - LTE

Fuente: (Mendioroz, 2015)

### 2.3.4.3. Técnicas de acceso: OFDMA, SC-OFDMA y MU-MIMO

#### 2.3.4.3.1. OFDMA

La técnica de acceso OFDMA reemplazo a CDMA2000 y Wideband CDMA (W-CDMA) debido a factores que se detallaran más adelante.

Además es considerado como una extensión de la multiplexacion ortogonal por división de frecuencia (OFDM) que fue analizado en la tecnología UMTS.(Luciano Natale, 2011)

Cuando se ejecuta una transmisión con el sistema OFDMA a cada usuario se le asigna un conjunto de subportadoras con una frecuencia determinada (Ver Figura 2.52).(Luciano Natale, 2011)

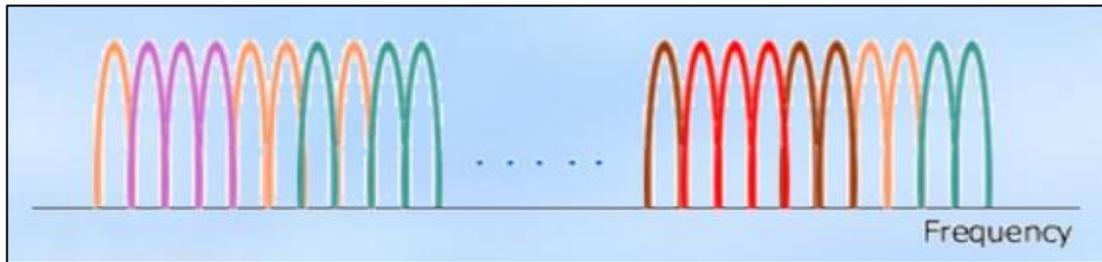


Figura 2. 52: OFDMA  
Fuente: (Luciano Natale, 2011)

El conjunto de subportadoras individuales se puede ofrecer de dos formas diferentes:

- Localizado alrededor de una determinada frecuencia con un paquete de subportadoras (Ver Figura 2.53).(Luciano Natale, 2011)
- Distribuidas con subportadoras alternadas (Ver Figura 2.53).(Luciano Natale, 2011)

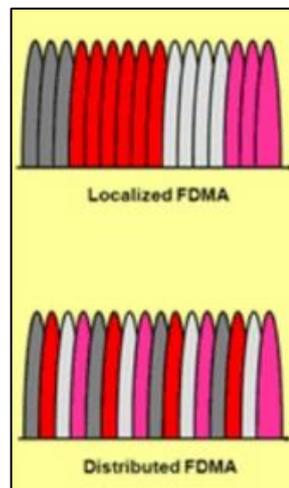


Figura 2. 53: Asignación de la subportadoras  
Fuente: (Luciano Natale, 2011)

El OFDMA tiene varias ventajas que ayudaron a considerarlo como sistema de alta calidad:

- Permite ajustar los niveles máximos de potencia. (Cuando se utilice una baja tasa de Tx). (Luciano Natale, 2011)
- Mejor eficiencia espectral. (Canales son planos). (Luciano Natale, 2011)
- Elimina fácilmente las interferencias. (Utiliza las perturbaciones de celdas vecinas). (Luciano Natale, 2011)
- Utiliza algoritmo de procesamiento basados en FFT para conseguir la ecualización en el receptor. (Luciano Natale, 2011)

### 2.3.4.3.2. SC - OFDMA

Considerada como un sistema similar a OFDMA, pero con la incorporación de un DFT previo a la transmisión como se muestra en la figura 2.54. (Luciano Natale, 2011)

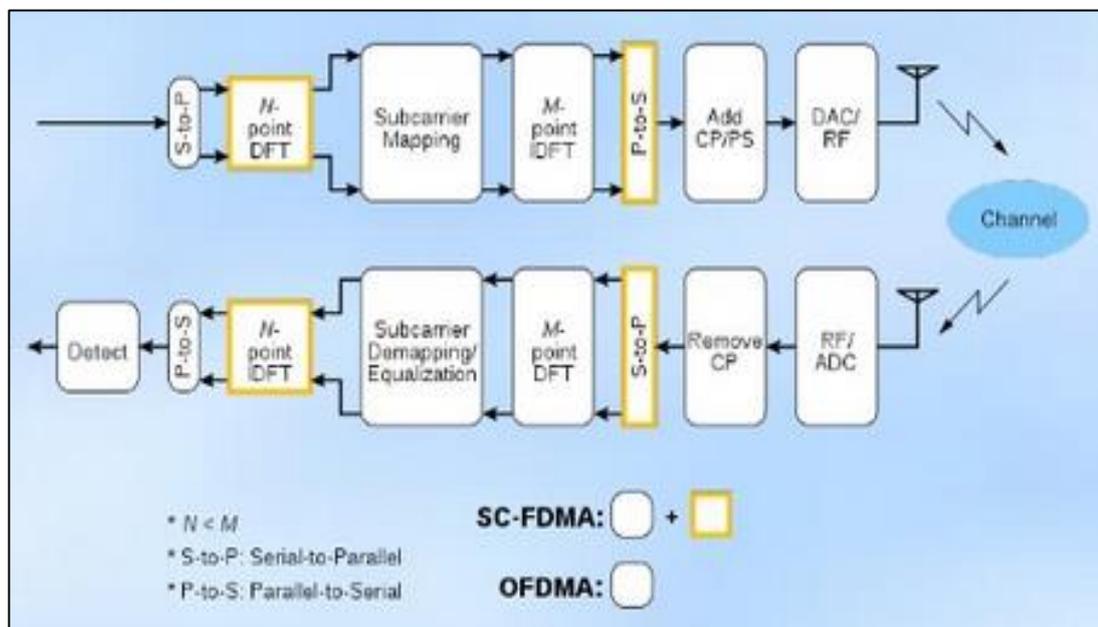


Figura 2. 54: SC -OFDMA  
Fuente: (Luciano Natale, 2011)

#### **2.3.4.3.3. MU -MIMO**

Para poder ejecutar la tecnología MIMO en móviles con LTE se debe desarrollar tres aspectos importantes:

- Precoding: Se utiliza formación de haces de múltiples flujos para aumentar la ganancia de la señal recibida por cada usuario.(Luciano Natale, 2011)
- Multiplexación espacial: Utiliza la técnica de acceso SDMA junto con una antena inteligente para aumentar la capacidad del canal cuando esta elevada el SNR (relación señal a ruido). (Luciano Natale, 2011)
- Estimación del canal: Se presenta en canales rápidamente cambiantes y en canales lentamente cambiantes.(Luciano Natale, 2011)

#### **2.3.4.4. Sistemas de la tecnología 4G**

Los sistemas que se establecieron para las redes móviles de 4G son las siguientes:

- LTE Advanced (Evolución a largo plazo avanzada). - Este sistema cuenta con varias ventajas que han logrado que la tecnología LTE disponga de una transmisión de muy baja potencia a través de picoceldas o femtoceldas, incremento de las velocidades de tráfico de bajada/ subida y transferencia de tasas de bajada con pico hasta 3.3 Gbps.(Luciano Natale, 2011)

- Wireless MAN – Advanced (WiMAX). – Este sistema es reconocido por tener la capacidad de trabajar en diferentes bandas de frecuencias como 2.3 GHz, 2.5 GHz y 3.5 GHz. El WiMAX cuenta con un procesador Qualcomm QSD8650 compuesta por un microprocesador Snapdragon Scorpion, capacidad de 512 MB de eDRAM y 1024 MB de built – in ROM y posee una cámara de 8 megapíxeles y cámara de 1.3 megapíxeles específicamente para video-llamadas (Ver Figura 2.55).(Luciano Natale, 2011)

Item	Detail
Processor	Qualcomm ESM7206A, 528 MHz
Operating System	Windows Mobile 6.1 Professional
Memory	ROM: 256MB, RAM: 288MB, Flash: 8GB
Dimensions	113.5 mm (L) X 63.1 mm (W) X 13.9 mm (T)
Weight	151 g (with battery)
Display	3.8-inch TFT-LCD flat touch-sensitive screen with WVGA (480 X 800) resolution
Network	Mobile WiMAX: IEEE 802.16e (2.5 ~ 2.7 GHz), Tri-band GSM/GPRS/EDGE: 900/1800/1900 MHz
Connectivity	Wi-Fi: IEEE 802.11 b/g, Bluetooth 2.0 with Enhanced Data Rate and A2DP for stereo wireless headsets
Special Features	Video over IP

Figura 2. 55: WiMAX - Características  
Fuente: (Luciano Natale, 2011)

#### 2.3.4.5. ARQUITECTURA: LTE

La arquitectura de la red LTE como se muestra figura 2.56 está conformada por red de acceso: E- UTRAN (Evolución del UTRAN) y núcleo de red: EPC (Evolución del núcleo de paquetes) y SAE (Evolución de la arquitectura del sistema).

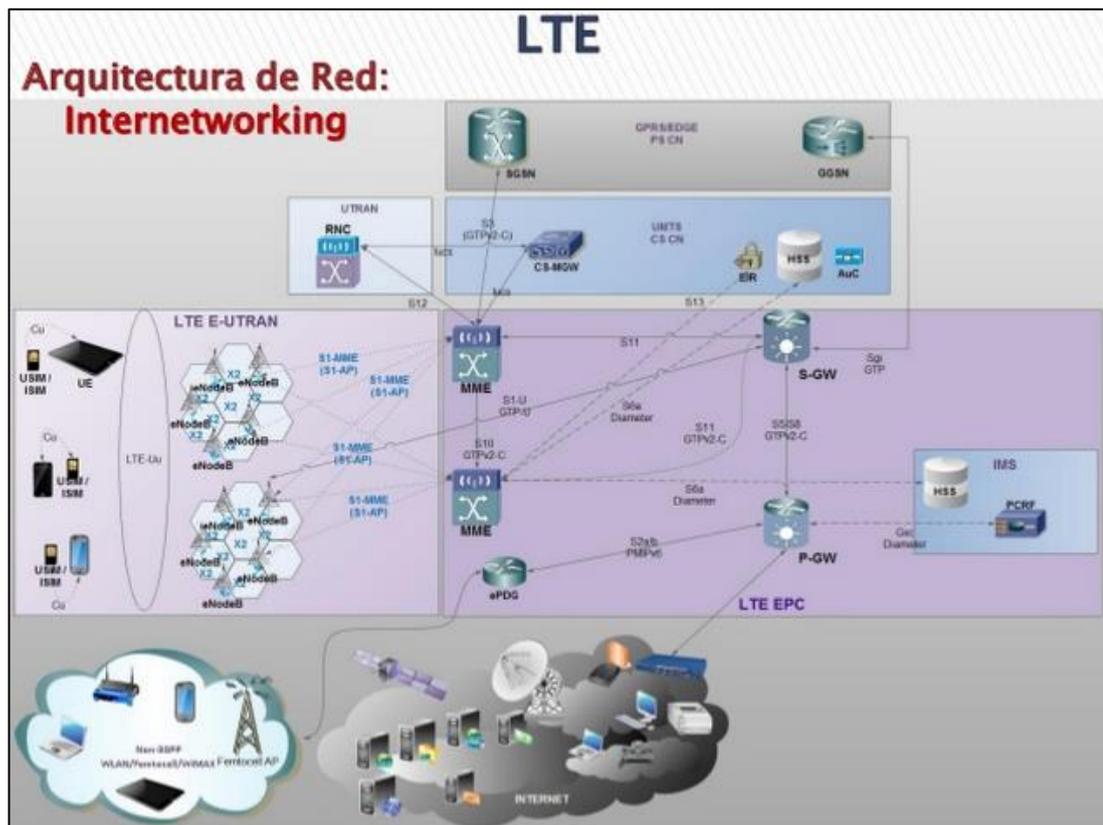


Figura 2. 56: Arquitectura - LTE  
Fuente: (Mendioroz, 2015)

El EPC (Evolución del núcleo de paquetes) está conformado: MME (Entidad de gestión de movilidad), S-GW (Puerta de servicio), P-GW (Puerta de enlace de datos de paquetes) y HSS (Servidor del Suscriptor del Hogar) (Ver Figura 2.57).

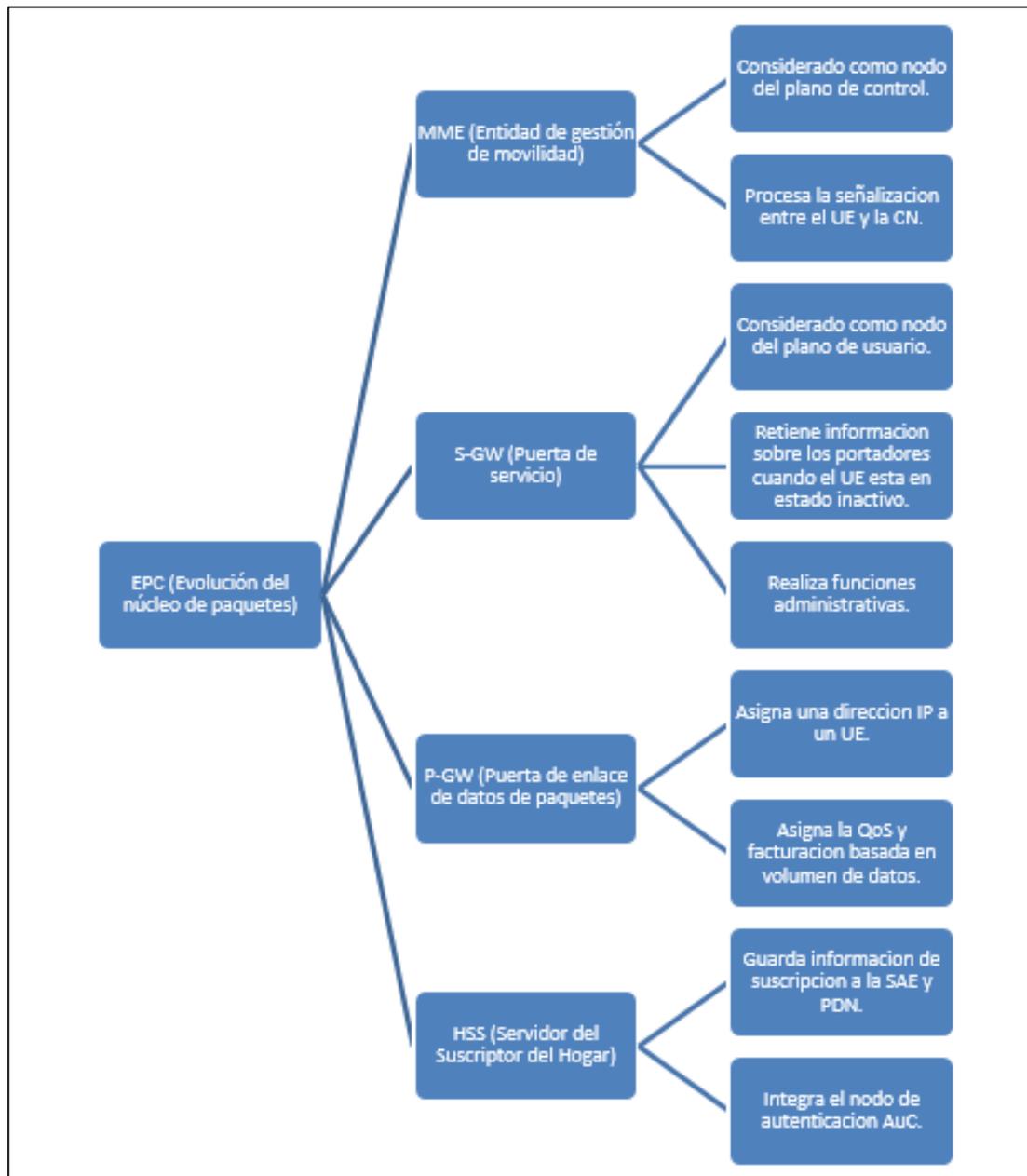


Figura 2. 57: Núcleo de red - EPC  
Fuente: (Mendioroz, 2015)

El SAE (Evolución de la arquitectura del sistema) está conformado: PCRF (Función de las reglas de política y cobro) y ePDG (Puerta de datos de paquetes evolucionados) (Ver Figura 2.58).

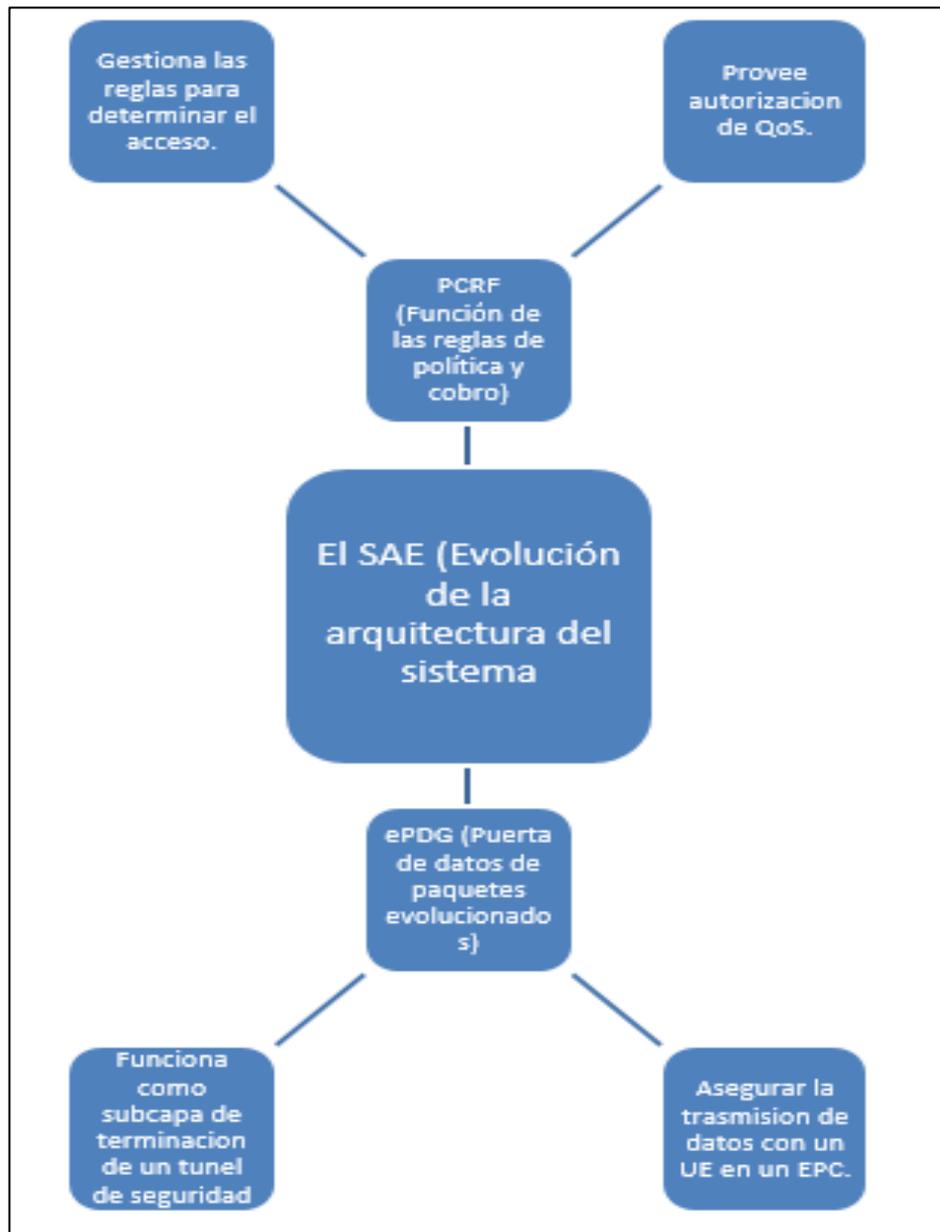


Figura 2. 58: Núcleo de red - SAE  
Fuente: (Mendioroz, 2015)

El método de acceso UTRAN está compuesto por radiobases o nodos denominados eNodeB los cuales tienen las siguientes funciones: Gestión de recursos de radio (RRM), Compresión de encabezados, Seguridad y Conectividad hacia la EPC. (Mendioroz, 2015)

Los eNodeB están conectados mediante interfaz conocidos como X2 y conectados hacia EPC mediante las interfaces S1- MME y S1 que va hasta el MME y S-GW. (Mendioroz, 2015)

En la figura 2.59 se mostrará cómo están conectados las interfaces al eNodeB.

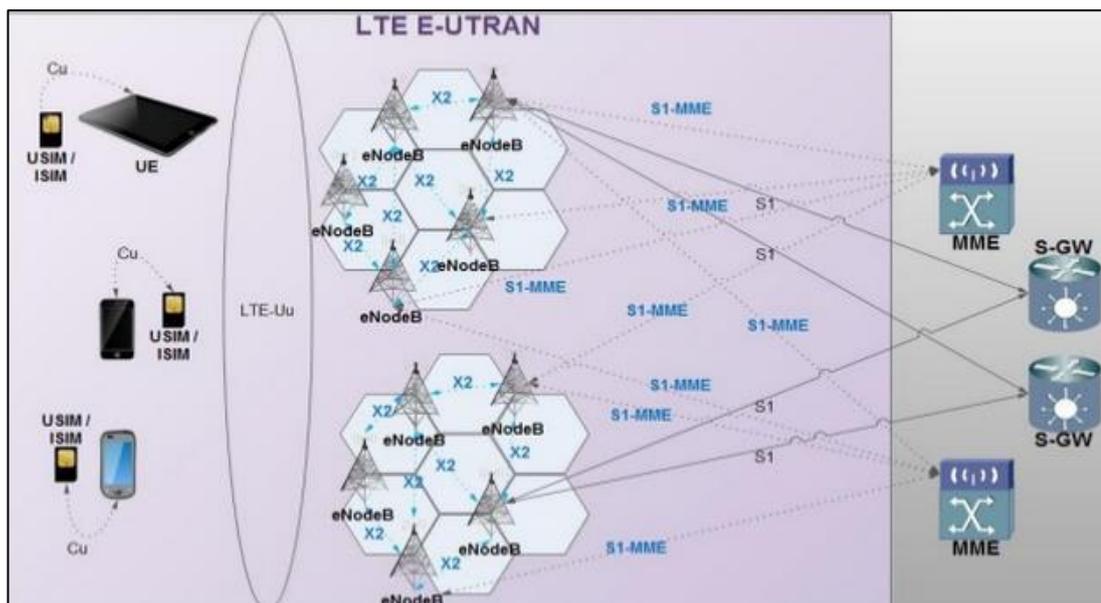


Figura 2. 59: Interfaz - eNodeB  
Fuente: (Mendioroz, 2015)

Como conclusión nos pudimos dar cuenta que las tecnologías cambian con el pasar de los tiempos y siempre es para tener una mayor aceptación con el consumidor o usuario de esta manera tenemos que tener muy claro que las evoluciones progresivas va a continuar como nos podemos dar cuenta está previsto el lanzamiento de la tecnología 5G para el año 2020 pues ellos desean tener una capacidad de banda de ancho y una velocidad de transmisión que sea tan eficiente que ya podamos vivir en un mundo 100% tecnológico

## **CAPÍTULO 3: SIMULACION – PRUEBA Y RESULTADOS OBTENIDOS**

### **3.1. Pruebas y simulaciones de las redes celulares con las tecnologías GSM (2G), UMTS (3G) y LTE (4G) en la empresa NOKIA / ALCATEL LUCENT – Ecuador**

Las pruebas y simulaciones celulares en el ámbito de las telecomunicaciones se ejecutan con el propósito de obtener un análisis del comportamiento de los móviles al momento de brindar los distintos servicios de datos, voz y mensajería con la tecnología que en ese momento se esté utilizando como GSM, UMTS y LTE.

Así que se procederá a realizar pruebas y simulaciones en la empresa ALCATEL – LUCENT para ver el desempeño de un teléfono celular al momento de realizar varias funciones como enviar un mensaje de texto, descarga/ carga de archivos y llamadas de voz utilizando las tecnologías descritas.

De esta manera podremos ver el comportamiento en cada uno de los escenarios que se van a ejecutar y obtener las diferencia en los parámetros que se establezcan.

#### **3.1.1. Prueba y Simulacion: Herramientas**

##### **3.1.1.1. Aplicación: G-NetTrack Lite**

Se utilizará una aplicación G-NetTrack Lite que se lo puede obtener en la tienda Google Play (Ver Figura 3.1).



Figura 3. 1: Aplicación G-NetTrack Lite  
Fuente: (GyokovSolutions, 2016)

### 3.1.1.2. Software: Accuver XCAL-M/ versión D3.3.1.143

Se utilizará un software Accuver XCAL-M/ versión D3.3.1.143 el producto (licencia) fue proporcionado por ALCATEL-LUCENT (Ver Figura 3.2).



Figura 3. 2: Software Accuver  
Elaborado por: Autor

## 3.2. Descripción de las pruebas drive test utilizando la aplicación G-NetTrack Lite realizadas en la empresa ALCATEL – LUCENT ECUADOR

Las pruebas drive test se realizaron con la aplicación G-NetTrack en las instalaciones de la empresa ALCATEL – LUCENT con la ayuda de los ingenieros Hugo Almeida y Pablo Gaviño. Para la ejecución de las pruebas necesitamos los siguientes equipos:

- 1 Móvil emisor
- 1 Móvil Receptor
- 1 Cronometro
- 3 Chips con tecnologías 2G, 3G y 4G

(\*) Los móviles deben de tener instalado la aplicación G-NetTrack que está disponible gratis en Google Play

El proceso que se siguió durante la ejecución de las pruebas fueron las siguientes:

1. Se realizó una extensa investigación sobre la prueba drive test para que de esa manera las pruebas se realicen con normalidad.

### Prueba: Drive test

El drive test consiste en pruebas de conducción donde se podrá mostrar el comportamiento de las redes celulares y sus variaciones con las tecnologías GSM, UMTS y LTE. Para llevar a cabo la respectiva prueba necesitaremos los siguientes elementos como se muestra en la figura 3.3.

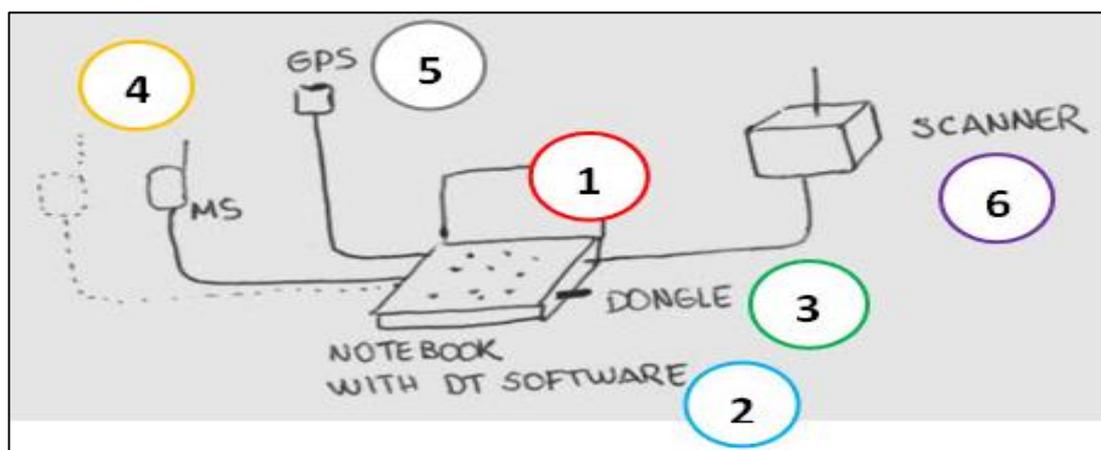


Figura 3. 3: Drive test -Elementos  
Fuente: (leopedrin, 2011)

2. Luego se desarrolló 10 pruebas de voz, datos y mensajería (SMS) de las siguientes tecnologías GSM(2G), UMTS(3G) y LTE(4G) donde se podrá obtener los siguientes parámetros:
- ❖ El tiempo en que se recibe un mensaje de texto.
  - ❖ La velocidad y tiempo descarga/carga de un archivo.
  - ❖ El tiempo en que se recibe una llamada telefónica.

### 3.2.1. Drive test: Tecnología GSM (2G)

#### 3.2.1.1. Servicios de voz

La prueba de servicio de voz se realizó con un chip movistar que disponga con la tecnología de segunda generación (2G).

**Procedimiento:** Se procederá a realizar 10 llamadas telefónicas continuas desde un terminal emisor hasta un móvil receptor con la finalidad de medir el tiempo de llegada y ver comportamiento de la red celular en dicha tecnología (Ver tabla 3.1).

Tabla 3. 1: Servicios de voz – GSM

Nº Pruebas / Number of tests	Parámetro (tiempo establecido) / Proof of time
Test 1	Result: 12.97 segundos
Test 2	Result: 10 segundos
Test 3	Result: 9.40 segundos
Test 4	Result: 10.19 segundos
Test 5	Result: 7.98 segundos
Test 6	Result: 9.31 segundos
Test 7	Result: 10.96 segundos
Test 8	Result: 10.62 segundos
Test 9	Result: 7.07 segundos
Test 10	Result: 9.80 segundos

Elaborado por: Autor

### 3.2.1.2. Servicios de datos

La prueba de servicio de datos se realizó con un chip movistar que disponga con la tecnología de segunda generación (2G).

**Procedimiento:** Se va descargar 10 veces un archivo de capacidad de 64 KB con la finalidad de medir el tiempo y la velocidad de finalización del mismo (Ver tabla 3.2).

Tabla 3. 2: Servicios de datos – GSM

Nº Pruebas / Number of tests	Parámetro (tiempo establecido) / Proof of time	Parámetro (velocidad establecida) / Speed test
Test 1	Result: 6.91 segundos	Result: 5.9 KB/s
Test 2	Result: 4.93 segundos	Result: 7.8 KB/s
Test 3	Result: 9.5 segundos	Result: 4.2 KB/s
Test 4	Result: 15.21 segundos	Result: 3.2 KB/s
Test 5	Result: 10.30 segundos	Result: 4.6 KB/s
Test 6	Result: 5.54 segundos	Result: 8.6 KB/s
Test 7	Result: 6.93 segundos	Result: 6.2 KB/s
Test 8	Result: 6.97 segundos	Result: 6.7 KB/s
Test 9	Result: 4.3 segundos	Result: 7.2 KB/s
Test 10	Result: 5.93 segundos	Result: 6.9 KB/s

Elaborado por: Autor

### 3.2.1.3. Servicios de mensajería (SMS)

La prueba de servicio de mensajería (SMS) se realizó con un chip movistar que disponga con la tecnología de segunda generación (2G).

**Procedimiento:** Se procederá a enviar 10 mensajes de texto continuos desde un terminal emisor hasta un móvil receptor con la finalidad de medir el tiempo de llegada y ver comportamiento de la red celular en dicha tecnología (Ver tabla 3.3).

Tabla 3. 3: Servicios de mensajería (SMS) – GSM

Nº Pruebas / Number of tests	Parámetro (tiempo establecido) / Proof of time
Test 1	Result: 7.11 segundos
Test 2	Result: 6 segundos
Test 3	Result: 6.61 segundos
Test 4	Result: 6.47 segundos
Test 5	Result: 12.60 segundos
Test 6	Result: 8.61 segundos
Test 7	Result: 7.97 segundos
Test 8	Result: 8.47 segundos
Test 9	Result: 6.98 segundos
Test 10	Result: 8.28 segundos

Elaborado por: Autor

#### 3.2.1.4. Prueba: G-NetTRACK Lite – Tecnología GSM (2G)

En la figura 3.4 y 3.5 se podrá observar los resultados que se produjeron en la aplicación G-NetTrack Lite al momento de ejecutar todas las pruebas utilizando la tecnología 2G.

Time	AC	Node	CI	PC	Level	Qual	Type	Serv,s
15:47:20	50110	51	51103		-79	-	3G	157
15:51:32	42600	41	53481		-79	-	3G	5
15:51:37	50110	51	51103		-79	-	3G	1474
16:24:43	15252		1817		-79	-	2G	75
16:26:49	15252		4817		-79	-	2G	15
16:27:11	15252		1817		-79	-	2G	440
16:35:01	15252		4817		-79	-	2G	24
16:35:33	15252		1817		-79	-	2G	164
16:43:32	15252		4817		-79	-	2G	74
16:44:55	15252		1817		-79	-	2G	

Figura 3. 4: Análisis de la red – Tecnología 2G

Elaborado por: Autor

ServiceMode	MÁS
GSM850 : IDLE	
PLMN:740-0	
SVC : AVAILABLE LU_#: 0	
MM : Idle	
GMMState : Registered(3)	
LU : Upda(0)	
Tra: 0, BCCH: 230, CID: 719	
Rx Pwr: -64, Dtx: 5	
RxL: 49, RxQ: 0, TxL: 5	
Speech VER : EFR FR not used	
VOC : AdaptiveRate	
NETWORK : UNBLOCK	
IMEI Certi: (M)PASS (S)PASS	
Unknown	
MIPI TEST SUCCESS	

Figura 3. 5: Telefonía 2G antes de recibir una llamada  
Elaborado por: Autor

### 3.2.2. Drive test: Tecnología UMTS (3G)

#### 3.2.2.1. Servicios de voz

La prueba de servicio de voz se realizó con un chip CNT que cuente con la tecnología de tercera generación (3G).

**Procedimiento:** Se procederá a realizar 10 llamadas telefónicas continuas desde un terminal emisor hasta un móvil receptor con la finalidad de medir el tiempo de llegada y ver comportamiento de la red celular en dicha tecnología (Ver tabla 3.4).

Tabla 3. 4: Servicios de voz – UMTS

Nº Pruebas / Number of tests	Parámetro (tiempo establecido) / Proof of time
Test 1	Result: 10.14 segundos
Test 2	Result: 9.26 segundos
Test 3	Result: 8.85 segundos
Test 4	Result: 8.98 segundos
Test 5	Result: 8.40 segundos
Test 6	Result: 8.45 segundos
Test 7	Result: 10.75 segundos
Test 8	Result: 6.59 segundos
Test 9	Result: 8.88 segundos
Test 10	Result: 9.26 segundos

Elaborado por: Autor

### 3.2.2.2. Servicios de datos

La prueba de servicio de datos se realizó con un chip CNT que cuente con la tecnología de tercera generación (3G).

**Procedimiento:** Se va descargar 10 veces un archivo de capacidad de 13.7 MB con la finalidad de medir el tiempo y la velocidad de finalización del mismo (Ver tabla 3.5).

Tabla 3. 5: Servicios de datos – UMTS

Nº Pruebas / Number of tests	Parámetro (tiempo establecido) / Proof of time	Parámetro (velocidad establecida) / Speed test
Test 1	Result: 1minuto/48 segundos	Result: 130 KB/s
Test 2	Result: 1minuto/48 segundos	Result: 130 KB/s
Test 3	Result: 1minuto/3 segundos	Result: 217 KB/s
Test 4	Result: 1minuto/ 10 seg	Result: 198 KB/s
Test 5	Result: 1minuto/6 seg	Result: 203 KB/s
Test 6	Result: 1minuto/5 seg	Result: 212 KB/s
Test 7	Result: 1minuto/ 6 seg	Result: 206 KB/s
Test 8	Result: 1minuto/ 26 seg	Result: 159 KB/s
Test 9	Result: 56 seg	Result: 246 KB/s
Test 10	Result: 1minuto/ 17seg	Result: 177 KB/s

Elaborado por: Autor

### 3.2.2.3. Servicios de mensajería (SMS)

La prueba de servicio de mensajería (SMS) se realizó con un chip CNT que cuente con la tecnología de tercera generación (3G).

**Procedimiento:** Se procederá a enviar 10 mensajes de texto continuos desde un terminal emisor hasta un móvil receptor con la finalidad de medir el tiempo de llegada y ver comportamiento de la red celular en dicha tecnología (Ver tabla 3.6).

Tabla 3. 6: Servicios de mensajería (SMS) – UMTS

Nº Pruebas / Number of tests	Parámetro (tiempo establecido) / Proof of time
Test 1	Result: 7 segundos
Test 2	Result: 6.31 segundos
Test 3	Result: 7.03 segundos
Test 4	Result: 6.48 segundos
Test 5	Result: 7.46 segundos
Test 6	Result: 11.88 segundos
Test 7	Result: 12.15 segundos
Test 8	Result: 5.90 segundos
Test 9	Result: 6.49 segundos
Test 10	Result: 6.23 segundos

Elaborado por: Autor

### 3.2.2.4. Prueba: G-NetTRACK Lite – Tecnología GSM (3G)

En la figura 3.6 y 3.7 se podrá observar los resultados que se produjeron en la aplicación G-NetTrack Lite al momento de ejecutar todas las pruebas utilizando la tecnología 3G.

The screenshot shows the G-NetTrack Lite v1.9 MENU interface. It displays various network parameters for the operator CNT, including MCC, MNC, LAC, Type, RNC, CELLID, PSC, TA, RSCP, ECNO, SNR, CQI, and RSSI. It also shows location data like Longitude, Latitude, Speed, Height, and Altitude. Network status is shown as UL: 0 kbps and DL: 0 kbps, with Data: CNT-HSPA+ and IDLE. A table at the bottom shows serving time and a list of network events with columns for Time, AC, Node, CI, PC, Level, Qual, Type, and Serv,s.

Time	AC	Node	CI	PC	Level	Qual	Type	Serv,s
15:16:06	42600	51	51103		-79	-	3G	22
15:16:31	30110	55110	3	0	-123	-	4G	34
15:17:07	50110	51	51103		-79	-	3G	

Figura 3. 6: Análisis de la red – Tecnología 3G

Elaborado por: Autor



Figura 3. 7: Telefonía 3G cuando recibe una llamada  
 Elaborado por: Autor

### 3.2.3. Drive test: Tecnología LTE (4G)

#### 3.2.3.1. Servicios de voz

La prueba de servicio de voz se realizó con un chip CNT que cuente con la tecnología de cuarta generación (4G).

**Procedimiento:** Se procederá a realizar 10 llamadas telefónicas continuas desde un terminal emisor hasta un móvil receptor con la finalidad de medir el tiempo de llegada y ver comportamiento de la red celular en dicha tecnología (Ver tabla 3.7).

Tabla 3. 7: Servicios de voz – LTE

Nº Pruebas / Number of tests	Parámetro (tiempo establecido) / Proof of time
Test 1	Result: 13 segundos
Test 2	Result: 10 segundos
Test 3	Result: 10 segundos
Test 4	Result: 8.6 segundos
Test 5	Result: 12.3 segundos
Test 6	Result: 10.3 segundos
Test 7	Result: 12.5 segundos
Test 8	Result: 9.3 segundos
Test 9	Result: 9.6 segundos
Test 10	Result: 10.55 segundos

Elaborado por: Autor

### 3.2.3.2. Servicios de datos

La prueba de servicio de datos se realizó con un chip CNT que cuente con la tecnología de tercera generación (4G).

**Procedimiento:** Se va descargar 10 veces un archivo de capacidad de 13.7 MB con la finalidad de medir el tiempo y la velocidad de finalización del mismo (Ver tabla 3.8).

Tabla 3. 8: Servicios de datos – LTE

Nº Pruebas / Number of tests	Parámetro (tiempo establecido) / Proof of time	Parámetro (velocidad establecida) / Speed test
Test 1	Result: 12.32 segundos	Result: 600 KB/s
Test 2	Result: 25 segundos	Result: 360 KB/s
Test 3	Result: 35.33 segundos	Result: 378 KB/s
Test 4	Result: 6 segundos	Result: 1300 KB/s
Test 5	Result: 13 segundos	Result: 529 KB/s
Test 6	Result: 28.33 segundos	Result: 478 KB/s
Test 7	Result: 20.14 segundos	Result: 643 KB/s
Test 8	Result: 18.34 segundos	Result: 403 KB/s
Test 9	Result: 29.58 segundos	Result: 389 KB/s
Test 10	Result: 31.94 segundos	Result: 412 KB/s

Elaborado por: Autor

### 3.2.3.3. Servicios de mensajería (SMS)

La prueba de servicio de mensajería (SMS) se realizó con un chip CNT que cuente con la tecnología de tercera generación (4G).

**Procedimiento:** Se procederá a enviar 10 mensajes de texto continuos desde un terminal emisor hasta un móvil receptor con la finalidad de medir el tiempo de llegada y ver comportamiento de la red celular en dicha tecnología (Ver tabla 3.9)

Tabla 3. 9: Servicios de mensajería (SMS) – LTE

Nº Pruebas / Number of tests	Parámetro (tiempo establecido) / Proof of time
Test 1	Result: 7 segundos
Test 2	Result: 4.8 segundos
Test 3	Result: 4.5 segundos
Test 4	Result: 4.45 segundos
Test 5	Result: 5 segundos
Test 6	Result: 2.84 segundos
Test 7	Result: 4.22 segundos
Test 8	Result: 3.47 segundos
Test 9	Result: 4.05 segundos
Test 10	Result: 3.25 segundos

Elaborado por: Autor

### 3.2.3.4. Prueba: G-NetTRACK Lite – Tecnología GSM (4G)

En la figura 3.8 y 3.9 se podrá observar los resultados que se produjeron en la aplicación G-NetTrack Lite al momento de ejecutar todas las pruebas utilizando la tecnología 4G.

Time	AC	Node	CI	PC	Level	Qual	Type	Serv,s
15:16:06	42600	51	51103		-79	-	3G	22
15:16:31	30110	55110	3	0	-123	-	4G	34
15:17:07	50110	51	51103		-79	-	3G	43
15:17:54	30110	55110	3	0	-123	-	4G	

Figura 3. 8: Análisis de la red – Tecnología 4G

Elaborado por: Autor



Figura 3. 9: Telefonía LTE antes de recibir una llamada  
Elaborado por: Autor

A continuación, se detalla el análisis de las pruebas realizadas:

Tabla 3. 10: Análisis de las pruebas

TECNOLOGIA	ARCHIVO	SERV. DATOS	SERV. VOZ	SERV. SMS
2G - GSM	64 KB	9.5 seg - 4.2 KB/s	9.80 seg	8.28 seg
3G- UMTS	13.7 MB	56 seg - 246 KB/s	8.85 seg	5.90 seg
4G- LTE	13.7 MB	6 seg - 1300 KB/s	8.6 seg	2.84 seg

Elaborado por: Autor

### **3.3. Descripción de simulación realizada en la empresa ALCATEL – LUCENT ECUADOR utilizando el software Accuver.**

También las simulaciones se realizaron en la empresa ALCATEL – LUCENT con la ayuda de los ingenieros Hugo Almeida y Pablo Gaviño, pero esta vez utilizando el software Accuver.

Para la ejecución de las simulaciones se necesitaron los siguientes equipos:

- 1 Laptop
- 1 Móvil
- 3 Chips con tecnologías 2G, 3G y 4G

(\*) La laptop debe tener disponible el software Accuver XCAL-M con la versión D3.3.1.143

El proceso que se siguió durante la ejecución de las simulaciones fueron las siguientes:

1. Se realizó una capacitación del software a utilizar en las simulaciones para que no se presenten ningún inconveniente al utilizar la herramienta.

#### **3.3.1. Software ACCUVER XCAL-M/ versión D3.3.1.143**

Es una herramienta en el mercado de las telecomunicaciones para solucionar problemas, optimizar todo el movimiento de la red ya sea de la voz y de datos todo lo realiza en tiempo real.(Accuver, 2014)

Pero una de las funciones más importante es de garantizar la integración de los servicios con GSM, WCDMA, HSPA, EVDO, WiMAX móvil, TD-SCDMA, LTE, LTE-A y LTE-3CA.(Accuver, 2014)

A continuación, se mostrará el sistema de configuración de la herramienta XCAL (Ver figura 3.10).

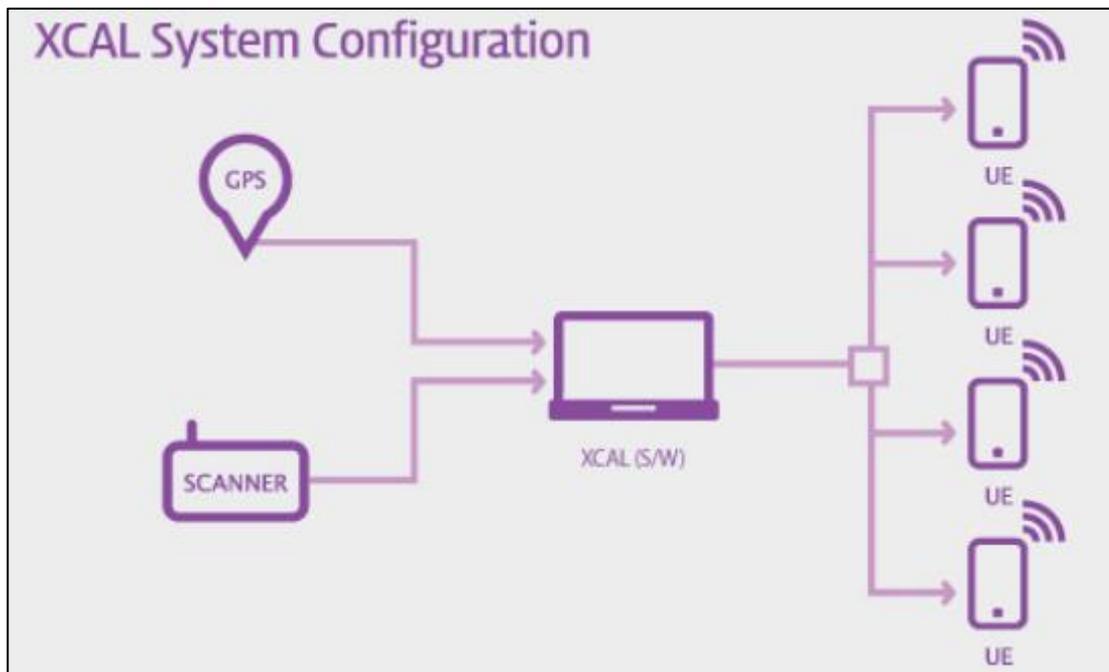


Figura 3. 10: XCAL - Configuración  
Fuente:(Accuver, 2014)

Según (Accuver, 2014) la herramienta XCAL tiene las siguientes características (Ver figura 3.11).

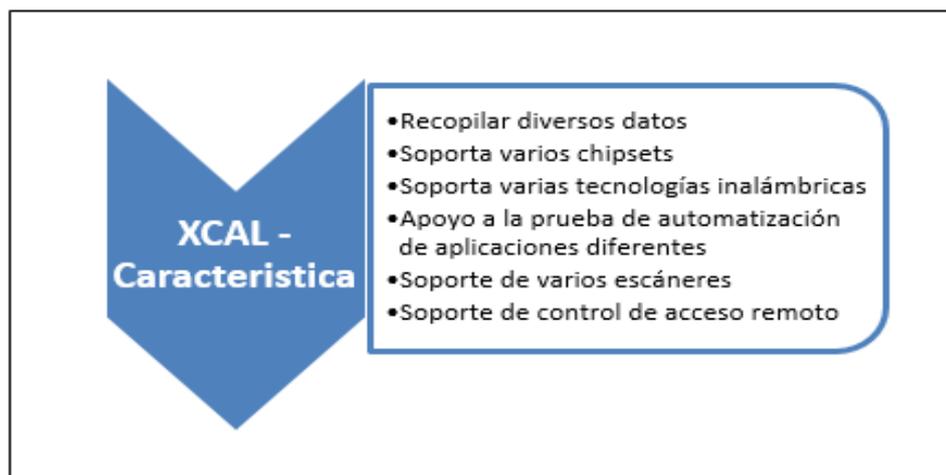


Figura 3. 11: Herramienta XCAL - Característica  
Fuente: (Accuver, 2014)  
Elaborado por: Autor

Generalmente la herramienta XCAL es utilizada para las siguientes tareas o actividades (Ver figura 3.12).

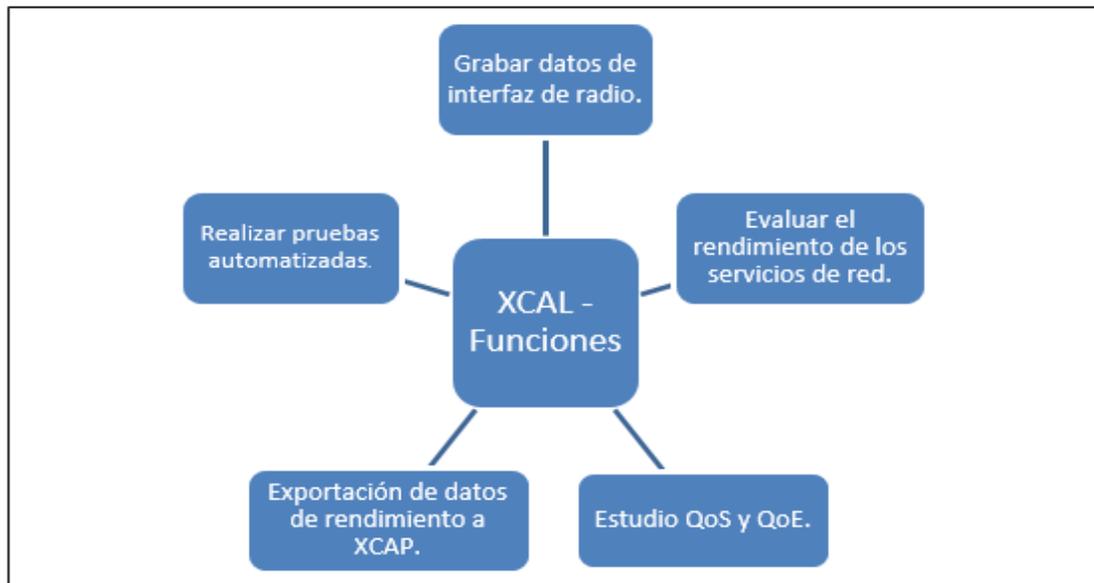


Figura 3. 12: Herramienta XCAL - Funciones

Fuente: (Accuver, 2012)

Elaborado por: Autor

De esta manera cuando utilizamos la herramienta XCAL tendremos los beneficios que se mostrara en la figura 3.13

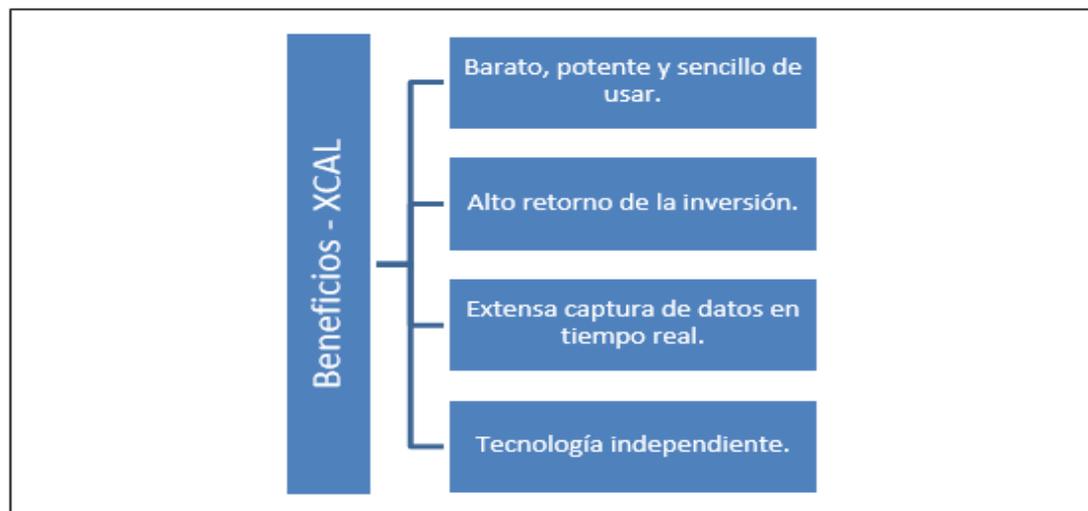


Figura 3. 13: Herramienta XCAL - Beneficios

Fuente: (Accuver, 2012)

Elaborado por: Autor

La herramienta XCAL necesita los siguientes requisitos como se muestra en la figura 3.14 en la laptop que se usará para realizar las simulaciones pues de esa manera se tendrá un correcto funcionamiento del mismo.

ít.	Mínimo	Recomendado
UPC	Intel i5 2.0GHz o superior	Intel i7 2.0GHz o superior
Monitor	1280X1024	1680X1050
RAM	4GB o superior	6 GB o superior
Disco duro	120GB o superior	500 GB o superior
Sistema operativo	Windows XP o superior	Windows 7 (o superior)

Figura 3. 14: XCAL - Requisitos

Fuente: (Accuver, 2014)

Otras de las condiciones para que la herramienta tenga un funcionamiento adecuado es que se debe conocer que sistema operativo soporta como se muestra en la figura 3.15 el mismo pues si realizamos las pruebas no se tendrá el resultado esperado.



Supports	
iOS	iPhone series
Android	Samsung Galaxy S, Samsung Galaxy S II, hTC Desire, hTC Sensation, Others
Symbian	Nokia C7, others

Figura 3. 15: XCAL – Sistema operativo

Fuente: (Accuver, 2012)

A continuación, se mostrará las especificaciones que debe cumplir nuestro móvil para que el software tenga un desempeño exitoso (Ver figura 3.16).

Technology	Call Test
GSM/GPRS/EDGE/UMTS HSDPA/HSUPA	FTP, HTTP, Voice Call, Multi-RAB Android only: Ping, Email, SMS, WiFi Connect
<b>Devices</b> Apple iPhone iOS3.2 or above	<b>Measurement</b> Parameters & Call Options (iPhone): 2G & 3G: Cell Id, MNC, MCC, PSC, Rx Level, Ec/Io WiFi: SSID, BSSID, CH Number, RSSI
Android 1.5 or above	RSSI, Ec/No, PSC, RSCP, ARFCN, MCC, MNC CID, LAC FTP download/upload, Web Browsing
<b>GPS</b> Uses Smartphone built-in GPS indoor test	<b>Parameters &amp; Call Options (Android):</b> RSSI, MCC, MNC, CID, LAC / Voice, FTP download/upload, Web Browsing, Ping, SMS, MMS, App Play, WiFi Connect, Gmail, Multi-RAB
	<b>Parameters &amp; Call Options (GalaxyS FD version):</b> WCDMA - RxPower, TxPower, TxAdjust, Ec/Io, RSCP, BLER, UL Interface HSDPA - CQI, Requested Physical Layer Throughput, Physical Layer (served) Throughput, Physical Layer (scheduled) Throughput, Throughput measured in MAC-hs Layer, No of Codes HSUPA - RG, AG Index, SG Index, E-TFCI, UE Pwr Headroom, SF Codes, Non Serving Cell ACK, Happy Bit

Figura 3. 16: Móvil – Especificaciones  
Fuente: (Accuver, 2012).

### 3.3.2. Simulación - Tecnología 4G: Pruebas celulares con el software Accuver XCAL-M/ versión D3.3.1.143

Utilizando solo la tecnología 4G en el móvil emisor se ejecutarán las siguientes simulaciones:

1. UE\_LTE (Ver Figura 3.17).
2. FAST RETURN\_LTE (Ver Figura 3.18).
3. DL\_LTE (Ver Figura 3.19).
4. RETURN+ DL (Ver Figura 3.20).
5. RETURN+ DL2 (Ver Figura 3.21).
6. SMS\_LTE (Ver Figura 3.22).

A continuación, se mostrará las simulaciones realizadas:

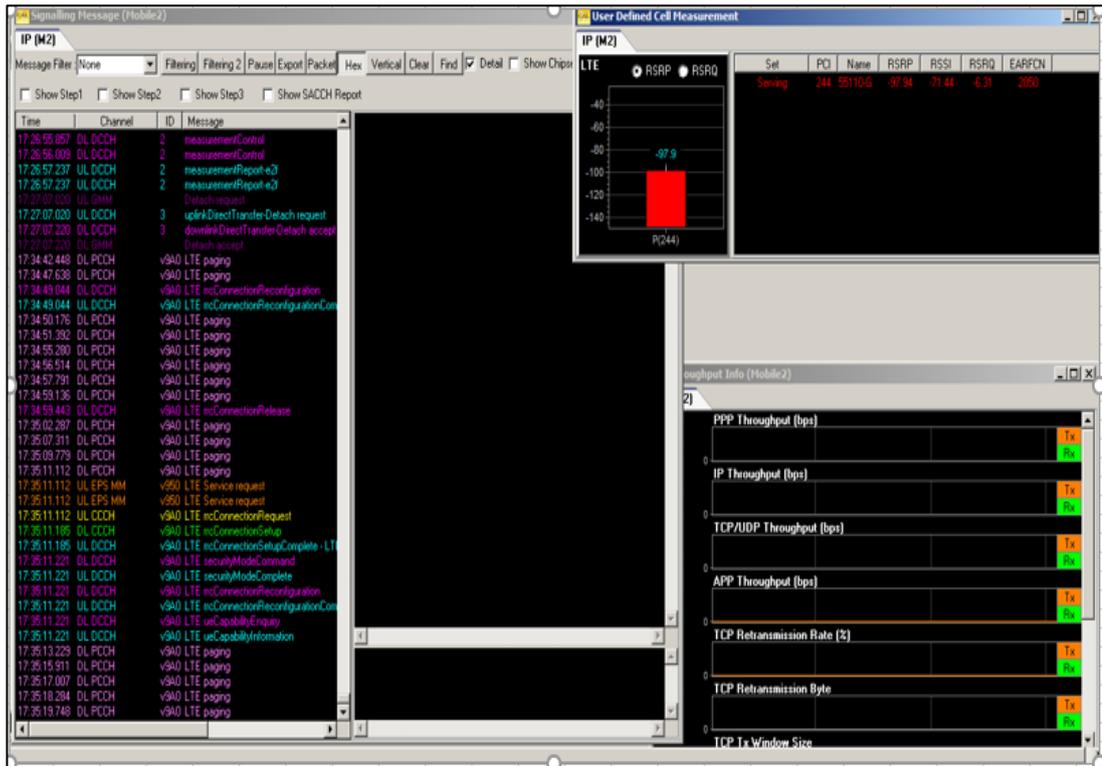


Figura 3. 17: Simulación – UE LTE

Elaborado por: Autor

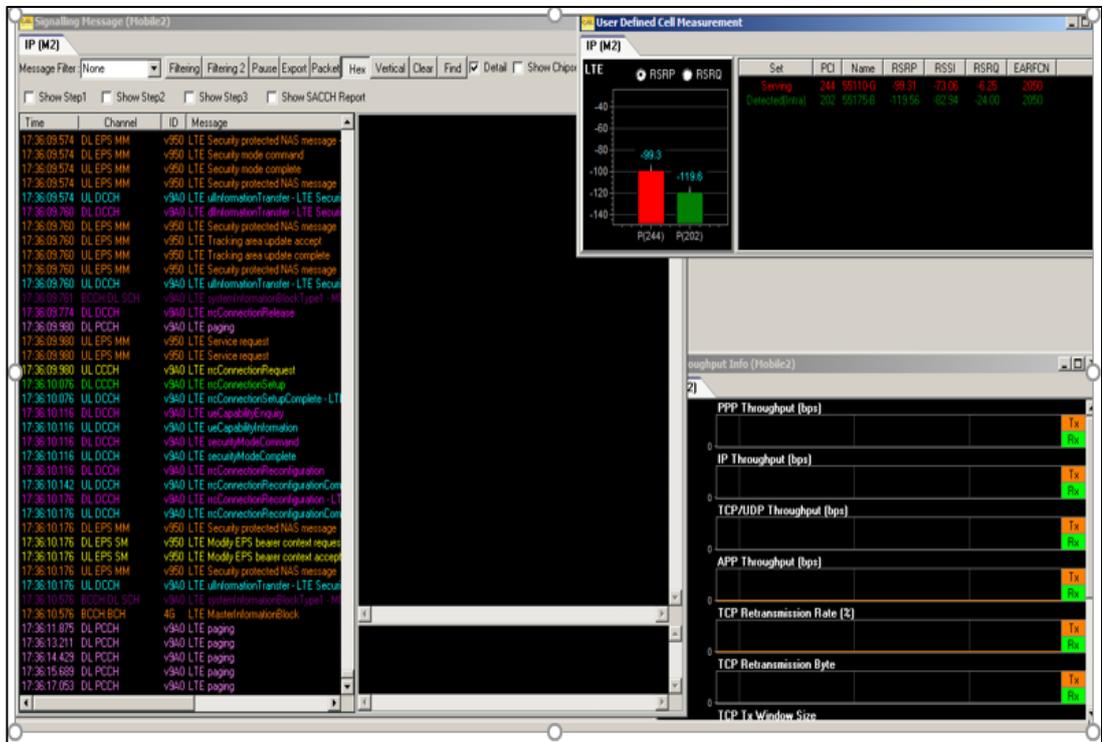


Figura 3. 18: Simulación – FAST RETURN LTE

Elaborado por: Autor

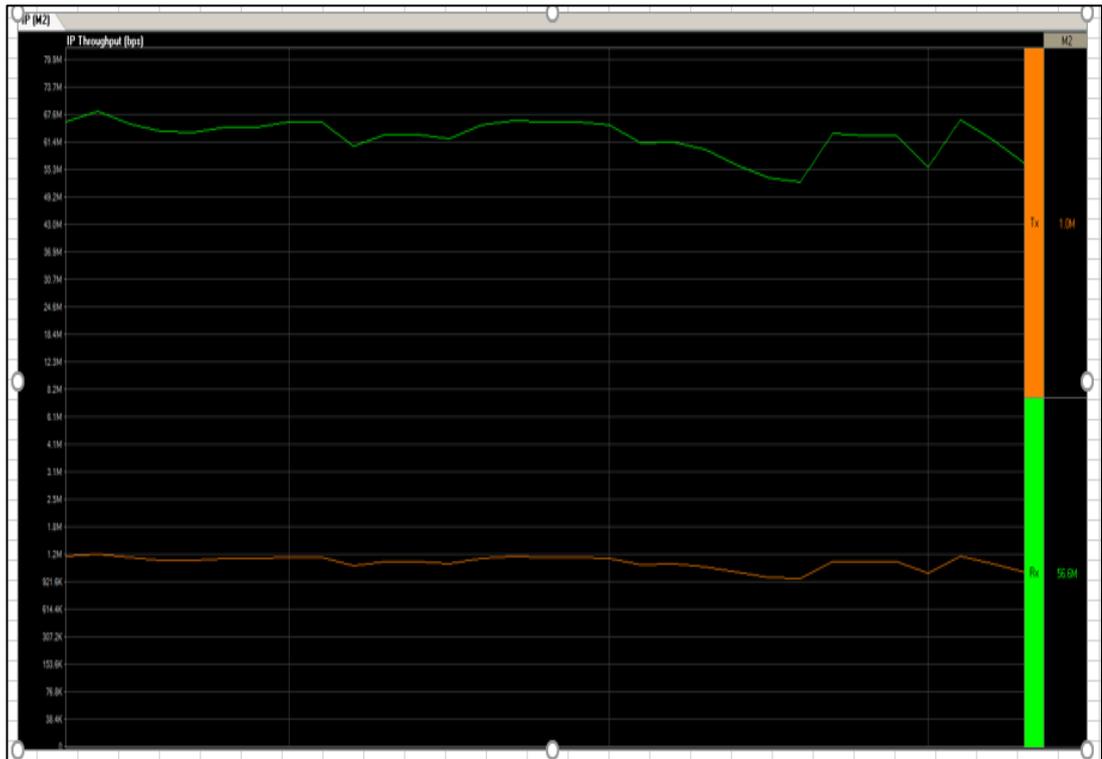


Figura 3. 19: Simulacion – DL LTE  
Elaborado por: Autor

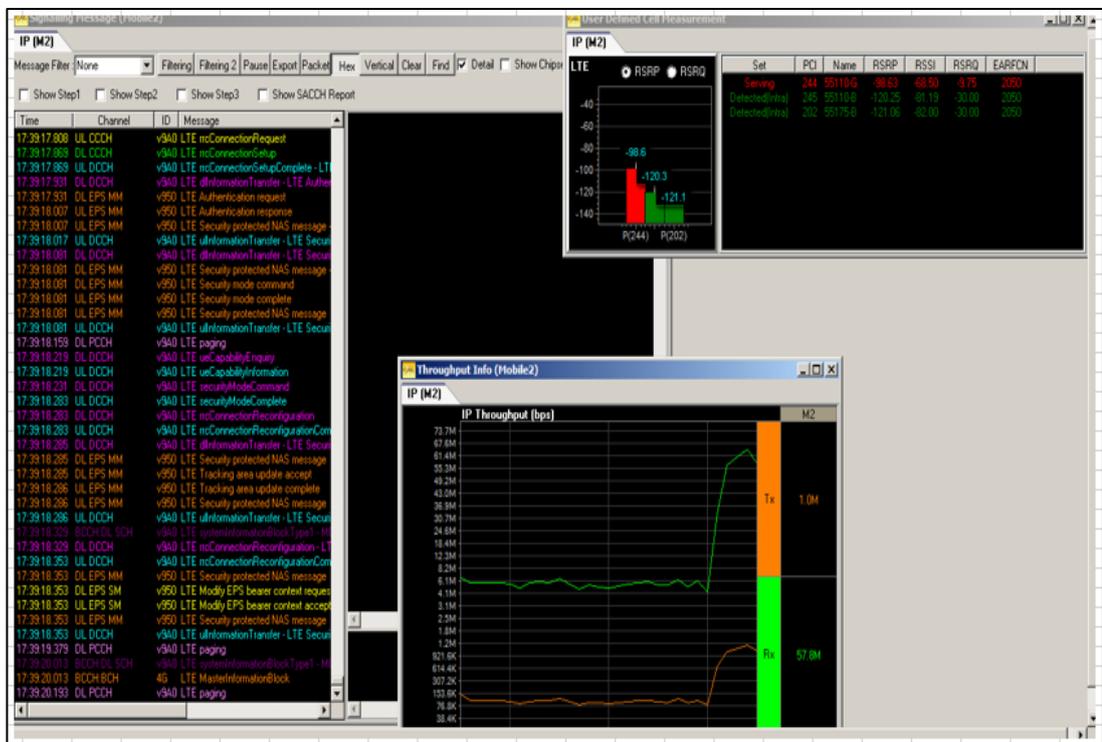


Figura 3. 20: Simulacion – FAST RETURN + DL  
Elaborado por: Autor

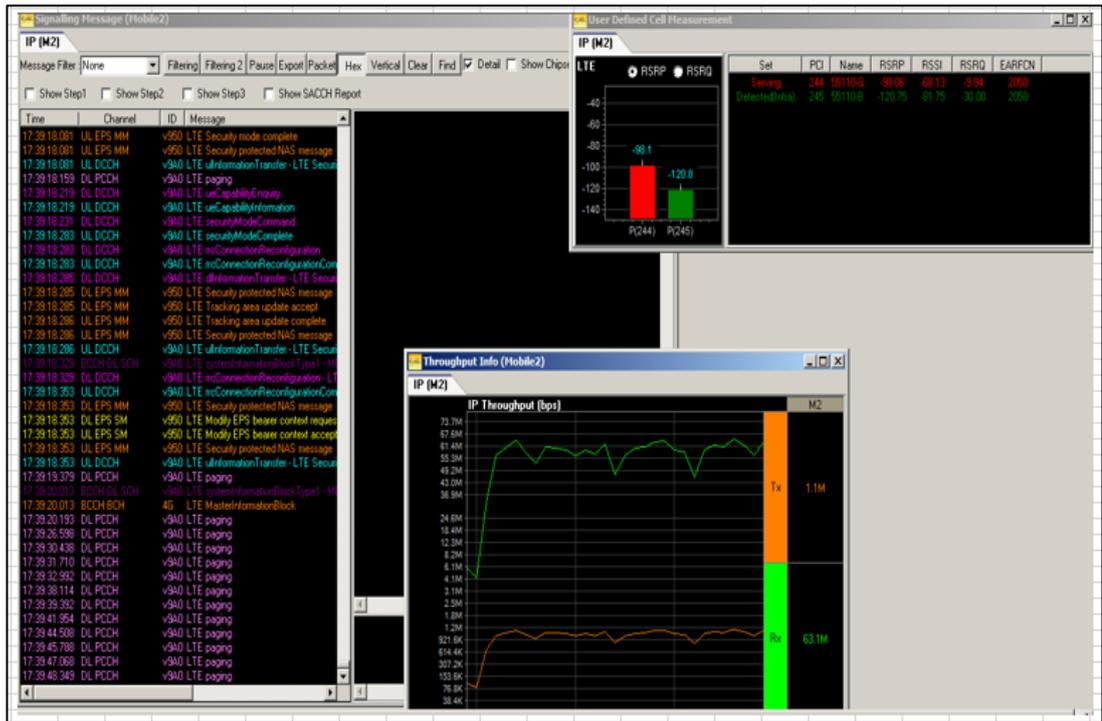


Figura 3. 21: Simulación – FAST RETURN + DL\_2

Elaborado por: Autor

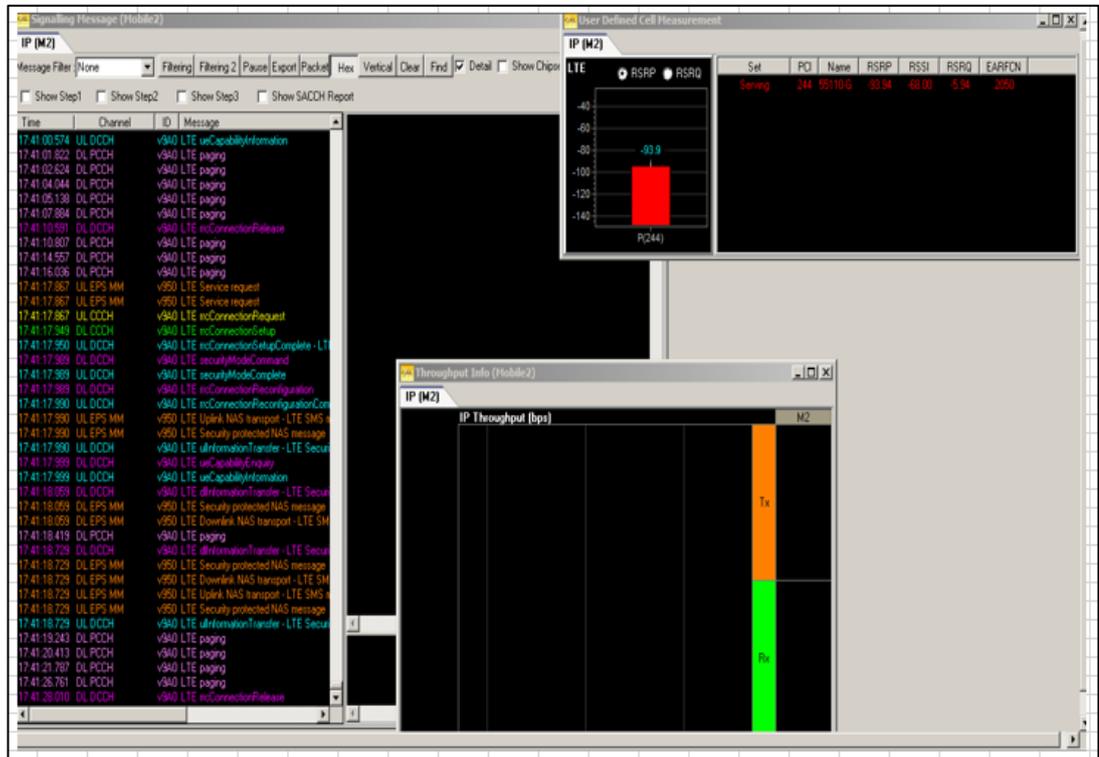


Figura 3. 22: Simulación – SMS LTE

Elaborado por: Autor

### 3.3.3. Simulación - Tecnología 3G: Pruebas celulares con el software Accuver XCAL-M/ versión D3.3.1.143

Utilizando solo la tecnología 3G en el móvil emisor se ejecutarán las siguientes simulaciones:

1. CSFB (Ver Figura 3.23).
2. CSFB + DL (Ver Figura 3.24).
3. 3G (Ver Figura 3.25).
4. 3G – Llamada de voz (Ver Figura 3.26).
5. 3G – DL (Ver Figura 3.27).
6. 3G – DL + voz (Ver Figura 3.28).
7. 3G – DL +SMS (Ver Figura 3.29).

A continuación, se mostrará los resultados de las simulaciones realizadas

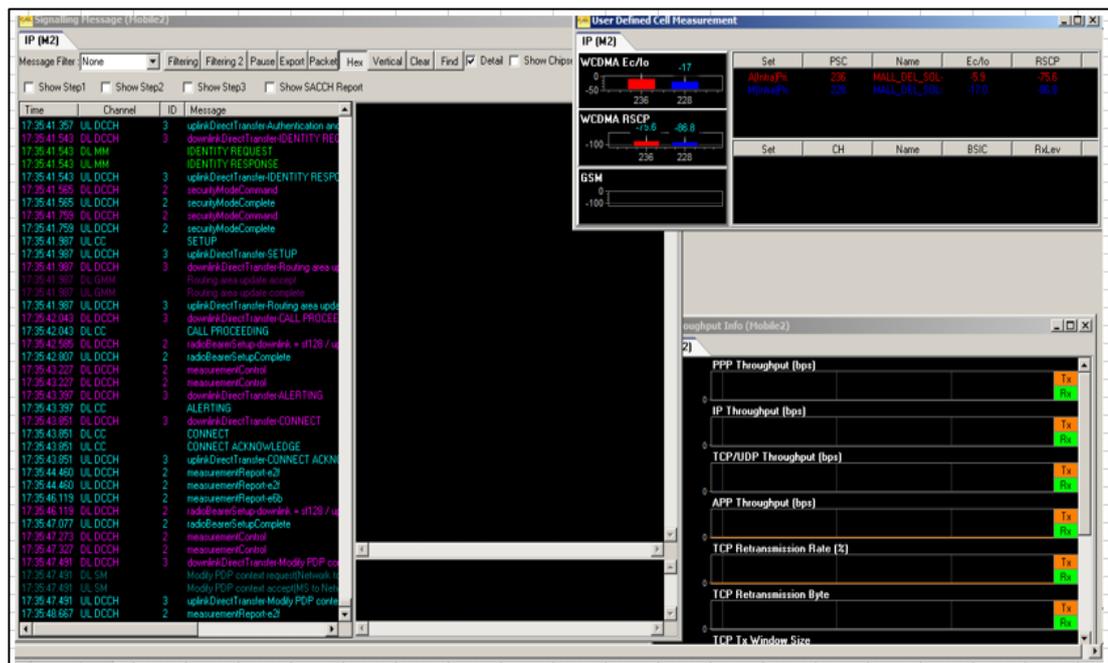


Figura 3. 23: Simulación – CSFB

Elaborado por: Autor

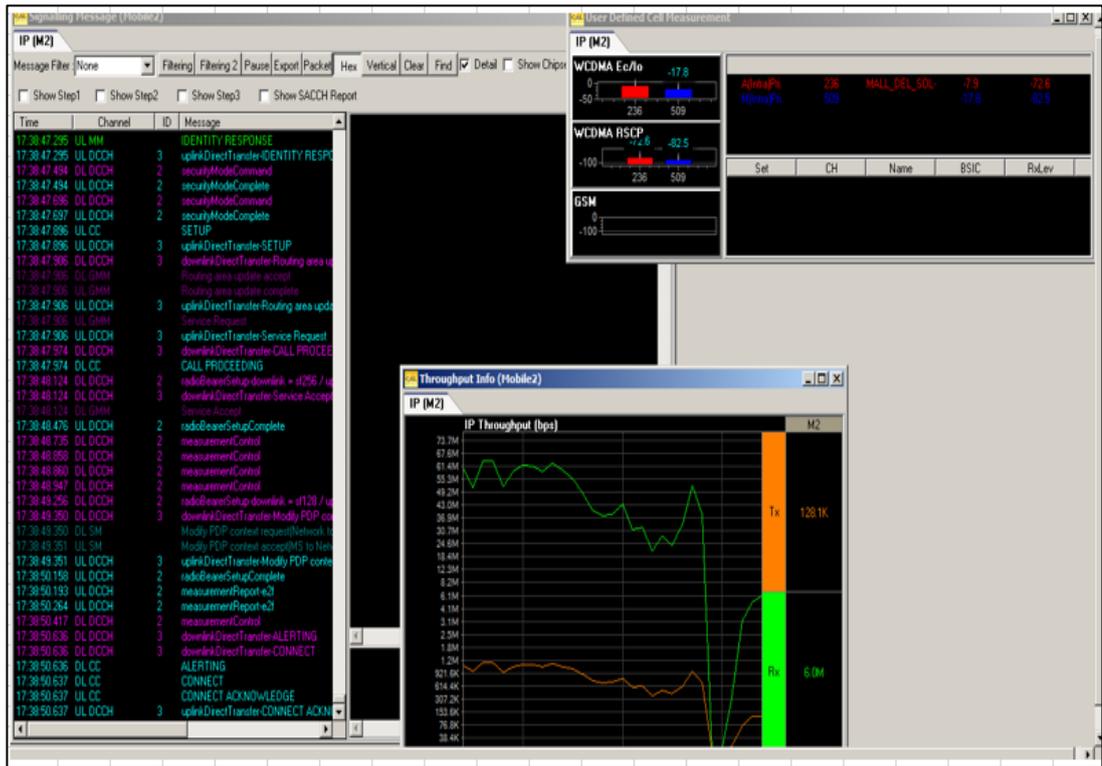


Figura 3. 24: Simulacion – CSFB + DL

Elaborado por: Autor

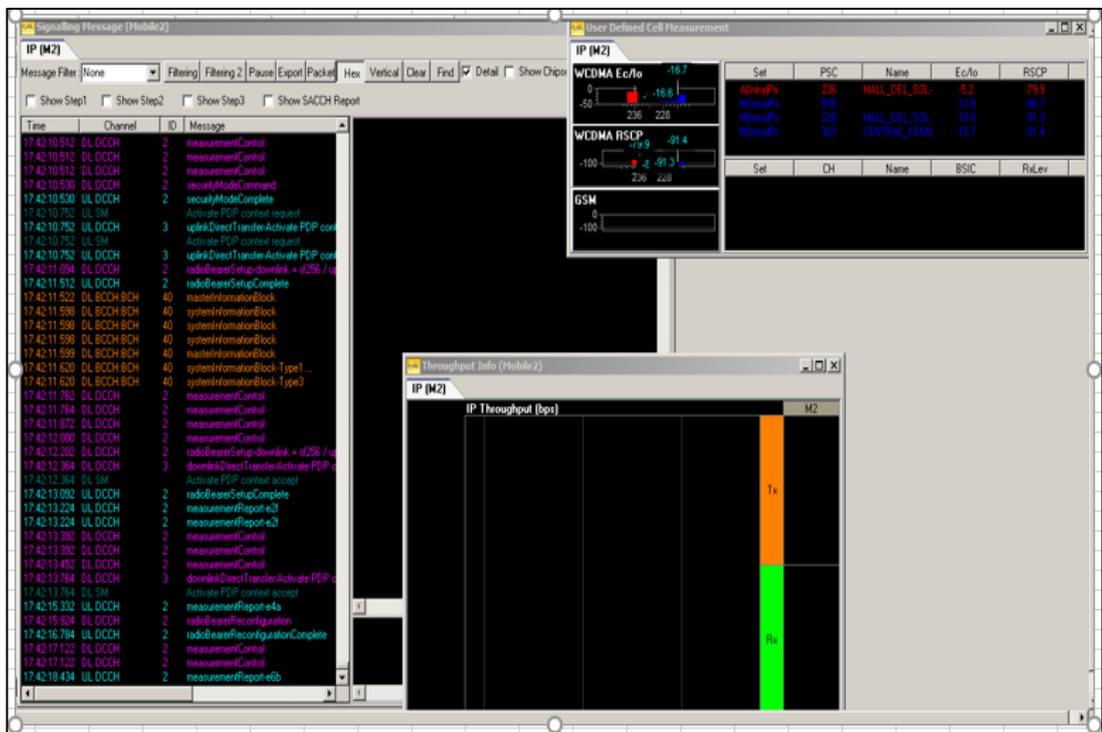


Figura 3. 25: Simulacion – 3G

Elaborado por: Autor

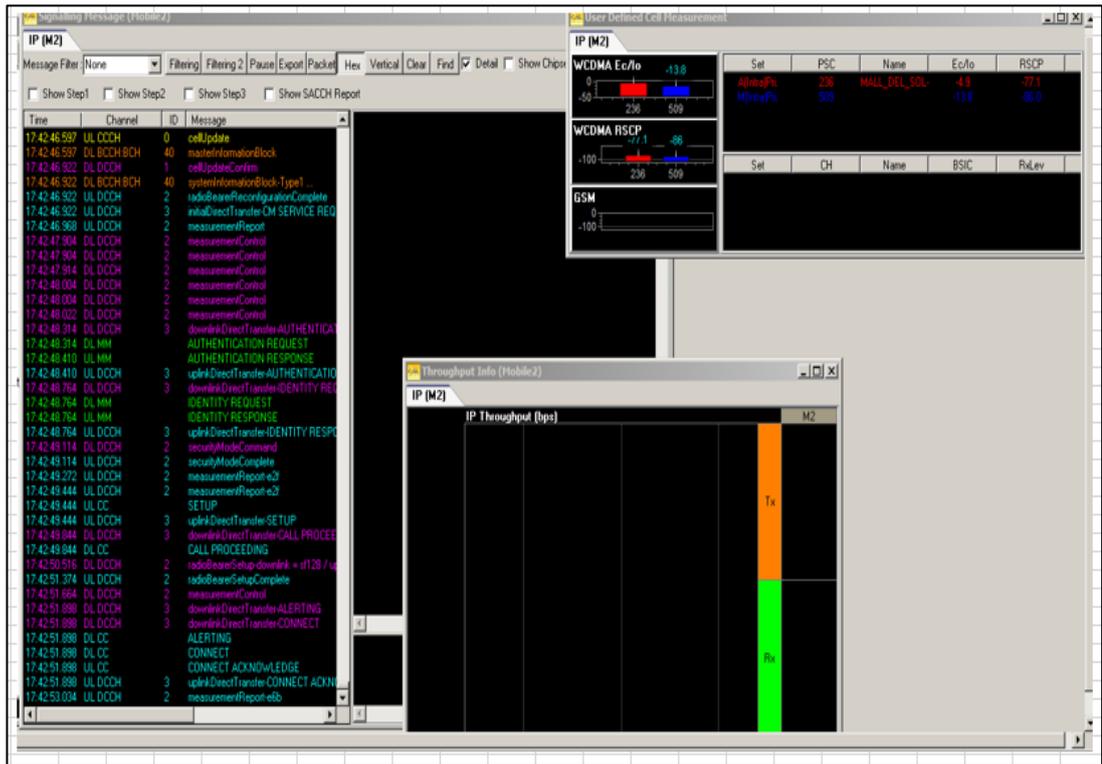


Figura 3. 26: Simulación – Llamada de voz 3G  
Elaborado por: Autor

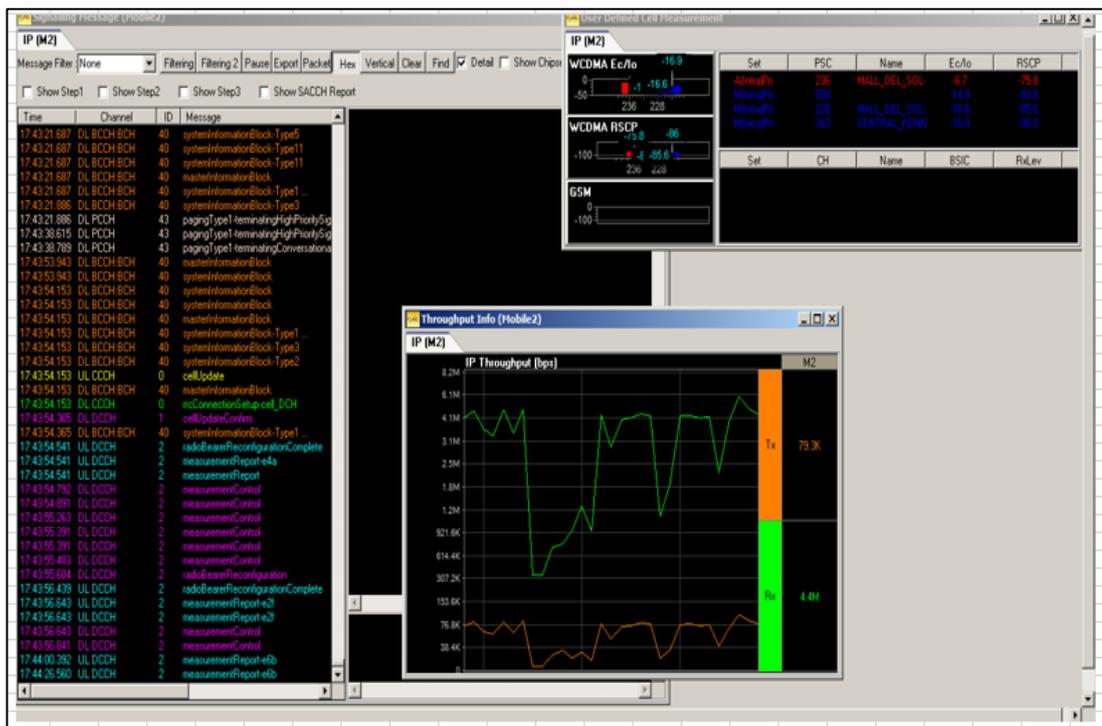


Figura 3. 27: Simulación – DL 3G  
Elaborado por: Autor

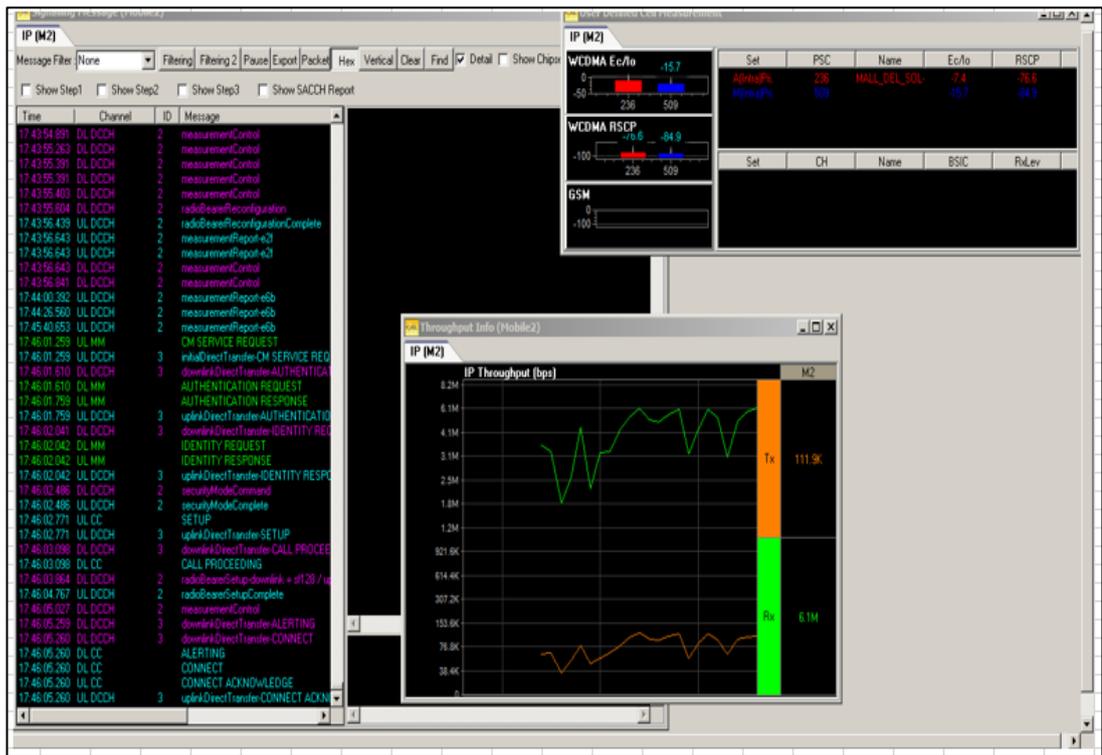


Figura 3. 28: Simulacion – DL + voz 3G  
Elaborado por: Autor

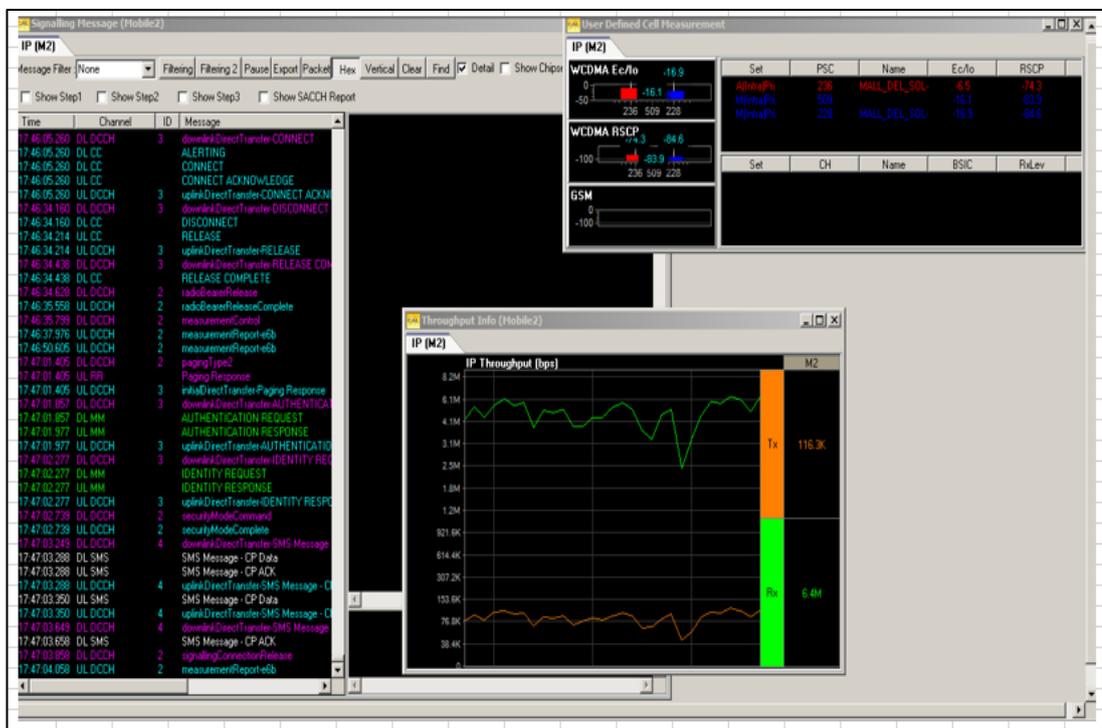


Figura 3. 29: Simulacion – DL + SMS 3G  
Elaborado por: Autor

### 3.3.4. CELL INFORMATION: LTE y UMTS

Por último, se mostrará la información de la celda utilizada por nuestro móvil en la ejecución de todas las pruebas (Ver figura 3.30; 3.31).

IP (M2)	
Mobile	M9
Compte Date	Sep 3 2013
Compte Time	09:56:51
Release Date	Dec 04 2012
Release Time	18:00:00
Version Dr	ACEFVMAZ
3GPP Revision	103
3GPP Release	6
Class Mark	255
Mobile Model	4070(MDM9615)
MSM Ver. Mj	7
MSM Ver. Min	65
IMEI	355344050251308
IMS1	740020150854720
Software Revision	M9615A-CEFWMAZM-3.0.10663

Figura 3. 30: CELL INFORMATION – LTE  
Elaborado por: Autor

Cell Information		
UL Freq(MHz)	1902.5MHz(262)	
DL Freq(MHz)	1982.5MHz(662)	
UTRAN Cell Identifier (UC-ID)	3393439	
RNC-ID	51	
Cell Identifier(C-ID)	51103	
URA Identity(SIB2)		
Cell Access	Cell not Barred	
	Cell not Reserved	
	Cell not Reserved for SoLSA	
	UE camped on a cell	
Cell Access	All Calls	
UL Interference	-101 dBm	
New SIBs Received		
MIB	SIB11	SIB15_3
SIB1	SIB12	SIB16
SIB2	SIB13	SIB17
SIB3	SIB13_1	SIB15_4
SIB4	SIB13_2	SIB18
SIB5	SIB13_3	SB1
SIB6	SIB13_4	SB2
SIB7	SIB14	SIB15_5
SIB8	SIB15	SIB5bis
SIB9	SIB15_1	SIB11bis
SIB10	SIB15_2	

Figura 3. 31: CELL INFORMATION – 3G  
Elaborado por: Autor

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **4.1. Conclusiones.**

- Al realizar el análisis de las diferentes tecnológicas activas se pudo verificar que la tecnología 4G (LTE) tiene una velocidad de transmisión de 100 MB/s y una banda ancha de 200 Mbps, en comparación a 3G (UMTS) que tiene una velocidad de transmisión de 2 MB/s y una banda ancha de 2 Mbps; es decir, que la tecnología 4G es muy superior a su antecesora, esto debido a las mejoras en sus sistemas.
- Al ejecutar la prueba drive test con la aplicación G-NetTrack Lite y la simulación con el software Accuver XCAL-M se pudo apreciar que el comportamiento y el desempeño de la tecnología 4G es totalmente superior a las anteriores, ya que cuenta con un sistema de mayor capacidad en la red celular, sin embargo, no es el único factor que incide puesto que, en las tecnologías antecesoras al hacer uso del servicio de SMS, datos móviles y voz, el ancho de banda se satura con frecuencia.
- Al obtener los resultados de la prueba y simulación se pudo concluir que en el Ecuador hasta el momento solo se utiliza LTE en servicio de datos. En voz y SMS se aplica UMTS, esto sucede porque en la actualidad no se cuenta con el equipamiento e infraestructura necesaria para obtener el funcionamiento total de la tecnología en los servicios faltantes.

## **4.2. Recomendaciones.**

Luego del análisis realizado se detalla las recomendaciones a considerar:

- Administrar el uso del ancho de banda en las empresas que brindan servicio de telecomunicaciones en el Ecuador, así mismo contar con los equipamientos necesarios para la mejora del servicio utilizando tecnología LTE.
- Realizar constantes mantenimientos en la red celular, para evitar las frecuentes perturbaciones.
- Desarrollar una nueva convergencia de la tecnología 4G a 5G, para proveer de un servicio de datos de mejor calidad.
- Usar equipos celulares de gama alta con G-NetTrack Lite, al igual que el software Accuver XCAL-M con versión D3 3.1.143 obtendremos un mejor nivel de desempeño y respuesta.
- Trabajar con una laptop que tenga un procesador de 2.60 GHz, un sistema operativo de 64 Bits y Windows 8.1.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Omicrono. (2015, julio 24). La evolución de los móviles. Recuperado a partir de

<http://www.omicrono.com/2015/07/evolucion-de-los-moviles.html>

Montserrat, A., & Sigrid, B. (2015, septiembre 16). Telefonía Móvil: Definición.

Recuperado el 12 de diciembre de 2016, a partir de

<http://telefoniamoviltics.blogspot.com/p/definicion.html>

EcuRed. (2016, diciembre 12). Teléfono celular - EcuRed. Recuperado el 12 de

diciembre de 2016, a partir de

[https://www.ecured.cu/Tel%C3%A9fono\\_celular.html](https://www.ecured.cu/Tel%C3%A9fono_celular.html)

Tecnologia Area. (2016, octubre 10). Telefonía Móvil. Aprende Como funciona.

Recuperado el 13 de diciembre de 2016, a partir de

<http://www.areatecnologia.com/telefonía-movil.html>

Tecnologia Area. (2016, diciembre 21). Sistemas Operativos Móviles. Recuperado el

23 de diciembre de 2016, a partir de

<http://www.areatecnologia.com/informatica/sistemas-operativos-moviles.html>

Tecnologia Area. (2009, marzo). LOS SISTEMAS DE COMUNICACION.

Tecnología. Recuperado a partir de <http://es.slideshare.net/areatecnologia/los-sistemas-de-comunicacion.html>

Prezi: Aulas Virtuales. (2015, mayo 13). 2.1 Modelo de un sistema de comunicación.

Recuperado el 29 de diciembre de 2016, a partir de

<https://prezi.com/37xxwml2m7ya/21-modelo-de-un-sistema-de-comunicacion.html>

Eveliux. (2013, junio 20). Modelo de un sistema de comunicaciones. Recuperado el

29 de diciembre de 2016, a partir de <http://www.eveliux.com/mx/Modelo-de-un-sistema-de-comunicaciones.html>

WordPress. (2013, marzo 23). Sistemas de comunicación. Recuperado a partir de

<https://sistemascomunic.wordpress.com/sistemas-de-comunicacion.html>

Muñoz Barajas, J. (2004, febrero 1). MODOS DE TRANSMISIÓN. Recuperado el 3

de enero de 2017, a partir de <http://joan004.tripod.com/modtra.html>

Nabdiel Rondón, & López, J. A. (2011, octubre 5). Transmisión de datos y sus

aplicaciones - Clase 3 Tipos de transmisión. Recuperado el 3 de enero de 2017, a partir de [https://transmision-de-](https://transmision-de-datos.wikispaces.com/Clase+3+Tipos+de+Transmisi%C3%B3n.html)

[datos.wikispaces.com/Clase+3+Tipos+de+Transmisi%C3%B3n.html](https://transmision-de-datos.wikispaces.com/Clase+3+Tipos+de+Transmisi%C3%B3n.html)

Restrepo, D. (2015, septiembre 22). CONTAMINACION DE LA SEÑAL.

Recuperado el 9 de enero de 2017, a partir de

[https://prezi.com/\\_serctlujabq/contaminacion-de-la-senal.html](https://prezi.com/_serctlujabq/contaminacion-de-la-senal.html)

Tomasi, W. (2003). Sistemas de comunicaciones electrónicas (Cuarta Edición).

México: Pearson Educación.

Droides, D. (2013, marzo 5). Espectro electromagnético. Recuperado el 12 de enero de 2017, a partir de

<http://astrojem.com/teorias/espectroelectromagnetico.html>

mc\_krack. (2011, junio). Clasificación de ondas. Educación. Recuperado a partir de

[http://es.slideshare.net/mc\\_krack/clasificacion-de-ondas.html](http://es.slideshare.net/mc_krack/clasificacion-de-ondas.html)

Mendioroz, F. (2015, enero). Telefonía Móvil Celular (0 a 4G LTE-Advanced).

Ingeniería. Recuperado a partir de

<http://es.slideshare.net/fernandomendioroz/telefonamovilcelular0a4glteadvanced>

leopedrin. (2011, marzo 8). ¿Qué es Drive Test (Testing) de RF? - telecomHall ES.

Recuperado el 18 de enero de 2017, a partir de

<http://www.telecomhall.com/es/que-es-drive-test-testing-de-rf.aspx>

Barreto, L. (2012, junio). Telefonía móvil 2G final. Recuperado a partir de

[http://es.slideshare.net/leobarflo/telefonamovil2gfinal?qid=e5ab3819-884f-46b2-a73e-09496078184f&v=&b=&from\\_search=1](http://es.slideshare.net/leobarflo/telefonamovil2gfinal?qid=e5ab3819-884f-46b2-a73e-09496078184f&v=&b=&from_search=1)

GyokovSolutions. (2016). G-NetTrack Lite (Versión 2.4) [Android 2.2 y versiones superiores]. GyokovSolutions. Recuperado a partir de

[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gyokovsolutions.gnettracklite&hl=es\\_419](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gyokovsolutions.gnettracklite&hl=es_419)

Accuver. (2014, mayo 23). Accuver. Recuperado el 9 de febrero de 2017, a partir de <http://www.accuver.com/home/sub.php?localNum=1&pageNum=0&subNum=0&subNum2=0>

Accuver. (2012). Your partner in network performance. Recuperado el 9 de febrero de 2017, a partir de [http://www.accuver.com/storage/downloads/AccuverResource\\_accuverproductbrochure\\_1329817173.pdf](http://www.accuver.com/storage/downloads/AccuverResource_accuverproductbrochure_1329817173.pdf)

Oviedo, M. (2013, marzo). Tecnología UMTS. Recuperado a partir de <http://es.slideshare.net/M2oviedo/presentacion-3-g-17508831>

CDG. (2014). Tecnología: CDMA2000. Recuperado el 12 de febrero de 2017, a partir de <http://www.cdg.org/technology/cdma2000.asp>

Alejandro C. (2011, marzo). Ofdm. Educación. Recuperado a partir de [http://es.slideshare.net/alejandrocataldi/ofdm-7221695?qid=c63801b5-3143-4732-a669-3b76e23069c8&v=&b=&from\\_search=12](http://es.slideshare.net/alejandrocataldi/ofdm-7221695?qid=c63801b5-3143-4732-a669-3b76e23069c8&v=&b=&from_search=12)

Luciano Natale. (2011, julio). Tp 9 - Sistemas de comunicación. Educación. Recuperado a partir de [http://es.slideshare.net/luchonat/tp-9-sistemas-de-comunicacin?qid=a4cdde9b-16c2-4991-97e0-582c54b64126&v=&b=&from\\_search=1](http://es.slideshare.net/luchonat/tp-9-sistemas-de-comunicacin?qid=a4cdde9b-16c2-4991-97e0-582c54b64126&v=&b=&from_search=1)

Zavia, M. S. (2012, febrero 22). ¿Qué es LTE? Recuperado el 10 de marzo de 2017, a partir de <https://www.xataka.com/moviles/que-es-lte>



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Almeida Delgado, Kevin Walter** con C.C: # 0921921292 autor del Trabajo de Titulación: **ESTUDIO Y ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS Y TENDENCIAS DE CONECTIVIDAD MÓVIL EN EL ECUADOR** previo a la obtención del título de **INGENIERO 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, 14 de marzo de 2017

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

Nombre: ALMEIDA DELGADO, KEVIN WALTER

C.C: 0921921292

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	ESTUDIO Y ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS Y TENDENCIAS DE CONECTIVIDAD MÓVIL EN EL ECUADOR.		
<b>AUTOR(ES)</b>	KEVIN WALTER ALMEIDA DELGADO		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	M. Sc. BAYARDO BOHORQUEZ ESCOBAR.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Telecomunicaciones		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	14 de marzo del 2017	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	95
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Análisis de la evolución de la telefonía celular y tecnologías.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Tecnología, Telefonía, convergencia, sistemas, conectividad, redes y evolución.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>	<p>En el presente trabajo de investigación se explicará las distintas evoluciones del teléfono móvil y los diferentes cambios en sus sistemas con el pasar de los años. También se mostrará progresivamente las necesidades que se fueron generando con el desarrollo tecnológico tanto en las empresas y consumidores. Se realizó una visita a la empresa ALCATEL LUCENT – ECUADOR quienes se especializan en el servicio de telecomunicaciones; entre sus principales funciones se encuentra el RF (radiofrecuencia) e implementación de los equipos en radio bases a todas las operadoras del país (MOVISTAR-CLARO -CNT). Para el desarrollo del tema se ejecutó una prueba drive test con la ayuda de la aplicación G-NetTrack Lite, en la cual el principal objetivo fue obtener estadísticamente las diferencias que existen entre las tecnologías principalmente en los parámetros del tiempo y velocidad. Adicional a esto se realizó otra prueba con el software Accuver XCAL-M con versión D3 3.1.143 donde se pudo visualizar los niveles de señal al momento de ejecutar los servicios de datos, voz o SMS en tiempo real.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-4-6013817 +593-9-99782551	E-mail: <a href="mailto:kevin_almeover3000@hotmail.com">kevin_almeover3000@hotmail.com</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> Palacios Meléndez Edwin Fernando		
<b>COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Teléfono:</b> +593-9-68366762		
	E-mail: <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			