



ESCUELA DE TECNOLOGIA EN REDES Y TELECOMUNICACIONES

ESTUDIO Y COMPARATIVA DE LA RED 4G CON SUS MEJORAS
FRENTE A LA RED 3G EN LA CIUDAD DE QUITO EN EL BARRIO
CARCELEN

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Tecnología en redes y
Telecomunicaciones

Profesor Guía
Ing. Wladimiro Basantes

Autor
Luis Omar Puma Quispe

Año

2017

DECLARACION DEL PROFESOR GUIA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Ing. Wladimiro Basantes
170976766-7

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Ing. Patricio Arellano
170699644-2

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi (nuestra) autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Luis Omar Puma Quispe
171945436-3

AGRADECIMIENTOS

A la universidad de las Américas.

A mis padres por estar presentes con el apoyo moral que siempre me motivaron a cumplir mis metas profesionales propuestas.

Al Ingeniero Wladimiro Basantes tutor de tesis, por el apoyo, tiempo y conocimientos que compartió para el desarrollo de este estudio.

DEDICATORIA

Dedico el logro de este proyecto a mi familia por creer en mí y darme su apoyo incondicional para lograr un triunfo más en mi vida profesional.

Índice

Capítulo I. Situación Inicial.	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.1.2 Análisis Económico del Ecuador.....	1
1.1.2 Historia de la Tecnología Móvil en el Ecuador	3
1.1.3 Usos de la tecnología como herramientas de apoyo.....	4
1.2 Formulación del problema	5
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación del problema	5
1.4.1 Justificación teórica.....	5
1.4.2 Evolución de las comunicaciones.....	6
1.5 Justificación práctica.....	7
1.6 Justificación metodológica.....	8
1.7 Alcance.....	9
CAPITULO II: MARCO TEORICO	10
2.1 Organismos de Regulación	10
2.1.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)	10
2.1.1.1 Normalización	10
2.1.1.2 Desarrollo	11
2.1.1.3 Radiocomunicaciones	11
2.1.2 Organismos de regulación de las Telecomunicaciones en el Ecuador.....	11

2.1.3 Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL)	12
2.1.4 ARCOTEL.....	14
2.1.5 Misión	14
2.1.6 Visión.....	14
2.2 Historia del GSM	15
2.2.1 Breve descripción de las características en la Tecnología 3G.....	16
2.2.2 Breve descripción de las características en la Tecnología 4G.....	17
2.3 Análisis e implementación del IMT-2000	17
2.4 Sistemas móviles de tercera generación	18
2.4.1 Funcionamiento de la tecnología 3G.....	19
2.4.1.1 Componentes de una red UMTS.....	20
2.4.1.1.1 Núcleo de red (core network).....	20
2.4.1.1.2 Red de acceso radio (UTRAN).....	21
2.4.1.1.3 UE (User Equipment)	21
2.4.2 Seguridad en la Tecnología 3G.....	22
2.4.3 Ventajas	23
2.4.4 Desventajas.....	23
2.5 Análisis de sistemas móviles de cuarta generación	24
2.5.1 Funcionamiento de la tecnología 4G.....	24
2.5.2 Seguridad en la Tecnología 4G.....	25
2.5.2.1 Funcionamiento del Evolution Packet Core	26
2.5.2.1.1 Componentes de EPC	26
2.5.3 Arquitectura de Seguridad en la Red 4G.....	27
2.5.4 Mecanismos de seguridad en 4G	27
2.5.5 Ventajas	28

2.5.6 Desventajas.....	28
2.5.7 Futuro de la tecnología.....	29
2.5.8 Avances tecnológicos.....	30
2.5.9 Dispositivos móviles actuales.....	30
CAPITULO III: Levantamiento de información de la tecnología móvil existente en la zona estudiada	31
3.1 Identificación de zonas afectadas.....	31
3.1.1 Mapas y puntos de medición.....	31
3.1.2 Descripción de la herramienta Network Signal Info.....	33
3.1.3 Descripción de pruebas a realizarse.....	35
3.1.4 Datos del Dispositivo.....	36
3.1.5 Datos de las mediciones realizadas.....	36
3.2 Entrega de Estudios Realizados.....	37
3.3 Identificación de fallas en la cobertura.....	41
Capítulo IV: Propuesta de mejoras en la red celular.....	44
4.1 Análisis y propuesta de mejora en la cobertura celular.....	44
4.1.1 Análisis estadístico operadora 1.....	44
4.1.2 Análisis estadístico operadora 2.....	45
4.2 Propuesta de mejora en la cobertura celular.....	46
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.....	53
5.1 Conclusiones.....	53
5.2 Recomendaciones.....	55
Referencias.....	59

Índice de Tablas

Tabla 1. Indicadores Banco Central del Ecuador	1
Tabla 2. Datos - operadora 1	36
Tabla 3. Datos - operadora 2	36
Tabla 4. Muestra toma de datos operadora	37
Tabla 5. Muestra toma de datos operadora	37
Tabla 6. Toma datos operadora 1	38
Tabla 7. Toma datos operadora 2.....	38
Tabla 8. Toma datos operadora 1	39
Tabla 9. Toma datos operadora 2.....	39
Tabla 10. Toma datos operadora 1	40
Tabla 11. Toma datos operadora 2.....	40
Tabla 12. Resumen resultados operadora 1	44
Tabla 13. Resumen resultados operadora	45
Tabla 14. Parámetros Instalación Antena	48
Tabla 15. Especificaciones Eléctricas de la antena sugerida instalarse.	51
Tabla 16. Especificaciones Eléctricas de la antena sugerida instalarse.	51
Tabla 17. Especificaciones Generales.....	52
Tabla 18. Especificaciones Mecánicas.	52
Tabla 19. Dimensiones Referencia	52
Tabla 20. Información Eléctrica Referencia	52
Tabla 21. Cumplimiento Normativo / Regulaciones Referencia	52

Índice de Figuras

Figura 1. Indicadores Banco Central del Ecuador	2
Figura 2. Usuarios Internet Fijo y Móvil	7
Figura 3. Zona limitada del estudio que se desarrollará en este trabajo.	8
Figura 4. Evolución de la Tecnología Móvil.....	16
Figura 5. Evolución de los Estándares Inalámbricos 3G	22
Figura 6. Estructura de un cifrado por bloques.	23
Figura 7. Mediciones de señal celular, día 1.	31
Figura 8. Mediciones de señal celular, día 2.	32
Figura 9. Mediciones de señal celular, día 3.	32
Figura 10: Captura de pantallas de la aplicación Network Signal Info, señal móvil.....	33
Figura 11. Captura de pantallas de la aplicación que se utilizara, señal Wifi.	34
Figura 12. Captura de pantallas de la aplicación que se utilizara, ubicación antenas.	35
Figura 13. Captura de pantalla del punto con mayor intermitencia en el sector.	38
Figura 14. Cobertura 4G según el sitio opensignal.com.....	43
Figura 15. Señal medida en porcentajes.....	45
Figura 16. Señal medida en porcentajes.....	46
Figura 17. Ubicación de la antena propuesta.....	47
Figura 18. Antena a instalarse.	49
Figura 19. Fotografía para conexiones.....	49
Figura 20. Conexión de puertos al sistema radiante.	50
Figura 21. Gráfico de señal total medida en porcentajes.	53
Figura 22. Gráfico de señal total medida en porcentajes.	54

RESUMEN

El desarrollo del presente estudio tiene como objetivo, identificar la cobertura de la red 4g realizando a su vez una comparativa frente a la red 3G, pues como es sabido la tecnología cada vez es renovada y se necesitan hacer mejoras en la infraestructura para que todos los usuarios puedan acceder con facilidad a los últimos recursos tecnológicos puesto que es un derecho.

El estudio se llevó a cabo en el norte de Quito, en el barrio Carcelén, puesto que es una zona con relieves geográficos altos y bajos, por lo que las señales presentan interferencias en la transmisión de sus datos y es recomendable identificar estas zonas para realizar mejoras en la infraestructura de la operadora que más falencias técnicas presente.

Las pruebas se realizaron en diferentes días, sectores y horarios para determinar la saturación de la red y en que horarios se ve afectada la misma, para lo cual se utilizó la aplicación Network Signal Info, que es un aplicativo para dispositivos Android y que determina la calidad de señal, la potencia de la misma a su vez brinda información de las RBS y repetidoras a las que se conecta la red móvil.

ABSTRACT

The development of the present study aims to identify the coverage of the 4g network in turn making a comparison with the 3G network, as it is known that technology is being renewed every time and infrastructure improvements are needed so that all Users can easily access the latest technological resources since it is a right

The study was carried out in northern Quito, in the Carcelén neighborhood, since it is an area with high and low geographic relief, so that the signals present interference in the transmission of their data and it is advisable to identify these zones to perform Improvements in the infrastructure of the operator that more technical shortcomings present.

The tests were performed on different days, sectors and times to determine the saturation of the network and at what times it is affected, using the application Network Signal Info, which is an application for Android devices and determines the Signal quality, the power of the same in turn provides information of the RBS and repeaters to which the mobile network is connected.

Capítulo I. Situación Inicial.

1.1 Antecedentes

Según el último censo de vivienda (INEC, 2010) el Ecuador cuenta con 14'483.499 habitantes, concentra su mayor población en tres ciudades principales Quito, Guayaquil y Cuenca, siendo sus principales fuentes de ingresos las exportaciones de productos como el cacao, banano, camarón, café y flores luego la explotación de recursos no renovables como el petróleo, y finalmente el turismo hacen de este país, para mejor comprensión se muestra la Figura 1. (Banco Central del Ecuador, 2016)

1.1.2 Análisis Económico del Ecuador

La economía del Ecuador se caracteriza por ser una economía dinámica de crecimiento, con políticas públicas que permiten el desarrollo paulatino de sus números.

La afectación de uno de los principales ingresos económicos en el país tuvo sus repercusiones, el desplome del precio del petróleo a nivel nacional provocó una desaceleración del crecimiento y un aumento en la tasa de desempleo.

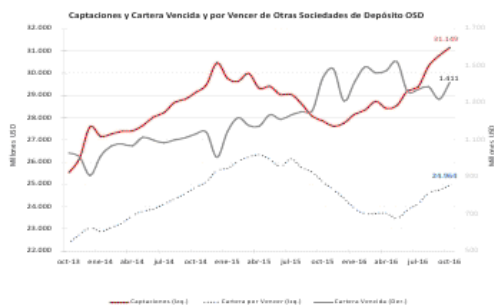
A continuación, se muestran los indicadores financieros actuales sobre la situación del país:

Tabla 1. Indicadores Banco Central del Ecuador

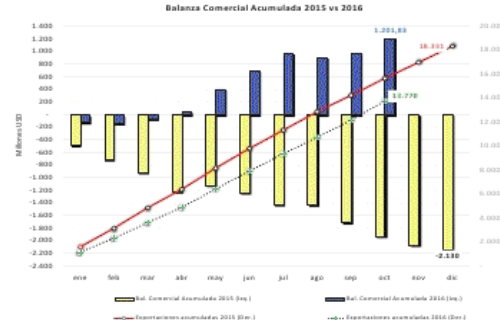
Deuda Externa Pública como % del PIB (Diciembre 2015)	20.40%
Inflación Anual (Noviembre-2016/Noviembre-2015):	1.05%
Inflación Mensual (Noviembre-2016):	-0.15%
Tasa de Desempleo Urbano a Septiembre-30-2016	6.68%
Tasa de interés activa (Enero - 2017)	8.02%
Tasa de interés pasiva (Enero - 2017)	5.08%
Barril Petróleo (WTI 04-Ene-17)	53.26 USD
Indice Dow Jones (04-Ene-2017)	19942.16
Riesgo País (04-Ene-2017)	614.00

Tomado de: (Banco Central del Ecuador, 2016)

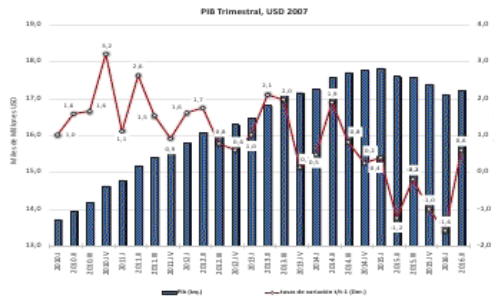
Sector Monetario y Financiero
CAPTACIONES Y CARTERA VENCIDA



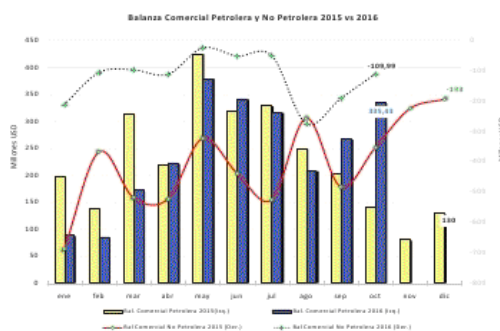
Sector Externo
BALANZA COMERCIAL



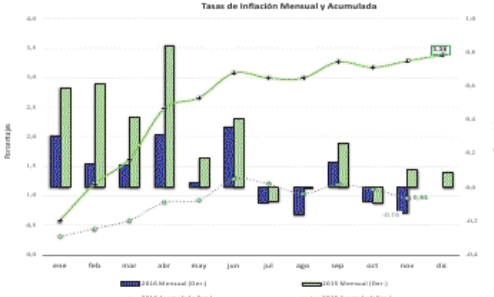
Sector Real
PIB Trimestral, USD 2007



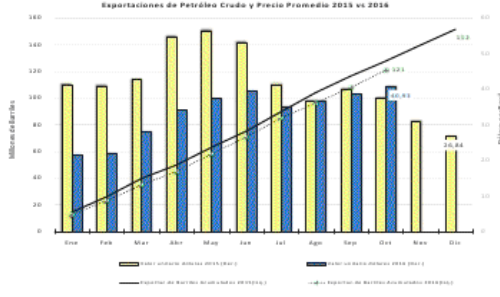
BALANZA COMERCIAL PETROLERA Y NO PETROLERA



INFLACIÓN



PETRÓLEO



EMPLEO



EXPORTACIONES NO PETROLERAS

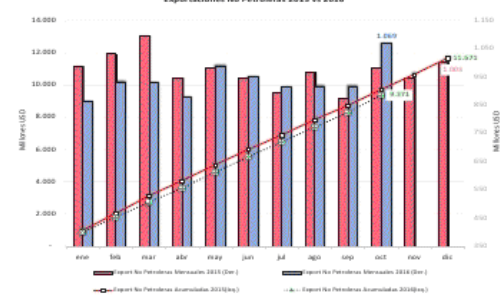


Figura 1. Indicadores Banco Central del Ecuador
Tomado de: (Banco Central del Ecuador, 2016)

1.1.2 Historia de la Tecnología Móvil en el Ecuador

La historia de la telefonía móvil en el Ecuador se remonta a 1992. Ese año el Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (Itecel), que en ese entonces se encargaba de controlar la telefonía en el país, aprobó el reglamento para la concesión del servicio de telefonía celular.

El 11 de mayo del 1994 se inauguró el servicio de telefonía móvil en el país. En esa época, dos compañías privadas, Conecel, bajo la marca Porta, y Otecel, con Cellular Power, iniciaban la competencia por ganar clientes en Ecuador. 22 años después el mercado de telefonía móvil desbordó las expectativas de todos sus actores. Con una penetración del 108% se convirtió en uno de los sectores con mayores ganancias en el país. (Banco Central del Ecuador, 2016)

Se puede mencionar algunas fechas importantes en la historia de la tecnología del Ecuador:

1994 Inicia la carrera. Empieza la operación de las compañías. Dos firmas telefónicas inauguran el mercado nacional: Conecel con la marca Porta y Otecel bajo la marca Cellular Power.

1997 Conecel gana terreno. Porta ganó más clientes por primera vez en el mercado nacional. En ese año Porta llegó a los 75 000 usuarios, mientras que BellSouth tenía 43 000. La mayor cobertura y la adopción de nueva tecnología le dieron más clientes.

2000 Conecel se vende. En ese año Conecel pasó a ser empresa subsidiaria de la mexicana América Móvil. Tres años después la operadora estatal Alegro ingresa al mercado ecuatoriano, pero no tiene éxito debido a su poca cobertura y al uso de tecnología CDMA.

2008 Renegociación de los contratos con Otecel y Conecel.

2011 Porta cambia de marca para operar como Claro.

2014 Negociación 4G. El Estado llama a licitación de más espectro para desplegar Red 4G con telefónicas privadas. También se crea un reglamento para el ingreso de nuevas empresas bajo la modalidad Operador Móvil Virtual.

Según Pablo Palacios, oficial de programas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ecuador está un poco bajo en el promedio de la región, a nivel mundial, el índice de desarrollo en torno a las nuevas tecnologías de la información es de 4,35 puntos y Ecuador que estaba en 3,73, subió a 4,08. A nivel mundial pasó del puesto 83 al puesto 81.

Como se menciona en la publicación de la revista Líderes (Lideres, 2015) “A pesar de que la CNT es la única que ofrece servicio 4G, el Internet con mayor velocidad disponible en el mercado tampoco ha logrado atraer nuevos usuarios. Solo para desplegar esta tecnología la empresa pública ha invertido USD 36 millones desde el 2012” por lo tanto se puede añadir que se realizan enormes inversiones privadas como estatales, destacando la inversión del Estado Central que fomenta el desarrollo de la tecnología 4G que ahora es otorgada por la empresa CNT EP siendo la pionera en la implementación de dicha tecnología y por ende la que mayor cobertura puede brindar al cliente final, sin embargo, las otras operadoras no se quedan atrás y avanzan a pasos agigantados para mejorar su servicio.

1.1.3 Usos de la tecnología como herramientas de apoyo

Se puede identificar un sin fin de usos que ayudan a simplificar las actividades diarias de los ecuatorianos de las cuales se menciona las más relevantes:

- Aplicaciones bancarias para evitar los trámites directos en agencias.
- Citas médicas por internet o teléfono.
- Monitoreo de volcanes, predicción del tiempo para evitar catástrofes naturales.
- Sistemas de vigilancias para garantizar la seguridad de la ciudadanía.
- Sistemas para garantizar la transparencia en compras públicas y adquisiciones del Estado.
- Trámites en línea con entidades Judiciales tales como: denuncias, record policial, seguimiento de causas, entre otras.
- Comunicación en general ya sea por redes sociales o por cualquier otra ofertada en la web.
- Adquisición de productos o servicios del extranjero.

1.2 Formulación del problema

La tecnología LTE que se está implementando en el Ecuador, no presenta información necesaria para comparar sus ventajas con 3G, la tecnología predominante en la actualidad. Al carecer de ello, la implementación puede sufrir problemas de cobertura.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar un estudio comparativo entre la tecnología 4G y la 3G y de esta manera establecer los parámetros técnicos en los que se diferencian para proponer mejoras con respecto a la demanda de usuarios.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la tecnología LTE que actualmente cubre el sector de Carcelén en la ciudad de Quito
- Realizar un estudio cuantitativo de la población que usa la tecnología LTE
- Establecer las diferencias técnicas entre las dos tecnologías anteriormente mencionadas

1.4 Justificación del problema

1.4.1 Justificación teórica

La IMT-2000 (Telecomunicaciones Móviles Internacionales) es una norma elaborada o un conjunto de recomendaciones para los sistemas móviles de Tercera Generación (3G), elaboradas por la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones). La IMT-2000 sirve de marco regulatorio para el acceso inalámbrico mundial, vinculando los sistemas diversos de redes terrenales o de satélite que están definidos por la ITU.

En una publicación de la ITU, el Director de esta entidad indica "En mi calidad de nuevo director del equipo de gestión de la ITU, haré todo lo que esté a mi alcance para fomentar la labor relacionada con las IMT-2000 y convertir este sueño en realidad, añadió. Nosotros, los interesados del sector y los organismos reguladores, compartimos una importante responsabilidad" (ITU,

2002) de ahí la necesidad de realizar un análisis con esta normativa que permita establecer las diferencias técnicas de las diferentes tecnologías.

La tecnología 4G en sus inicios en el Ecuador, presentó problemas con algunas compañías operadoras de celulares que utilizaron la terminología de “tecnología 4G” como estrategia de marketing en la comercialización al usuario final, minimizando las normas de la industria de las telecomunicaciones pues no se puede hablar de tecnologías de 3.5 o 3.8 como tecnologías 4G, por esta razón la UIT definió las generaciones celulares con números enteros y puso en claro que mientras no cumplan los requerimientos establecidos no pueden llamarse verdaderamente 4G, y son este conjunto de normas las que se van a incluir en el análisis y comparativa de las redes celulares 3G y 4G específicamente en la ciudad de Quito.

1.4.2 Evolución de las comunicaciones

Los fenómenos que más éxito están teniendo dentro del campo de las telecomunicaciones avanzadas, son aquellos involucrados con la telefonía móvil e Internet. El número de usuarios de Internet, crece a un ritmo superior al que la telefonía móvil. Por otro lado, diversos estudios contrastan el crecimiento exponencial del tráfico de datos a nivel mundial, con el crecimiento lineal del tráfico de voz.

El hombre del futuro podrá trabajar y planificar su tiempo libre en cualquier momento y desde cualquier lugar de ahí la importancia de tener a su disposición la tecnología adecuada con las características necesarias para satisfacer su necesidad de comunicación.

En nuestro país el número de usuarios del servicio de internet a nivel nacional ha alcanzado los 19.456.066 con una densidad del 118,16% según las estadísticas presentadas por ARCOTEL a noviembre del 2016 como se puede apreciar en el siguiente gráfico:

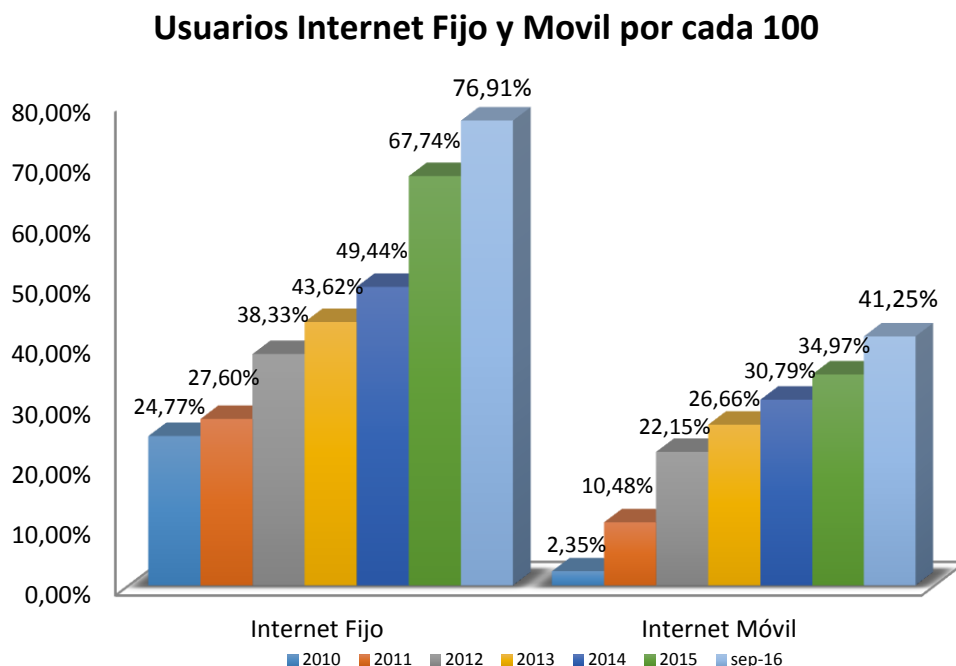


Figura 2. Usuarios Internet Fijo y Móvil
Tomado de: (ARCOTEL, 2016)

Como se puede observar el uso de internet tanto fijo como móvil se encuentra en pleno crecimiento, y es el 2016 el año con los porcentajes más altos en el uso de internet registrados en los últimos 5 años. De aquí la necesidad de brindar una información clara y precisa a los consumidores de dichas tecnologías a fin de satisfacer sus necesidades y responder correctamente a todos sus cuestionamientos.

1.5 Justificación práctica

En los próximos 10 años se espera que el tráfico de Banda Ancha Móvil (BAM) aumente 500 veces, lo que exige una solución rentable que pueda soportar el auge de HSPA, HSPA+ y LTE aprovechando las oportunidades que se presenten.

Con el surgimiento de 3G y 4G y la explosión de la banda ancha móvil, existen requerimientos de velocidad y cobertura muy distintas por parte de los usuarios comenzando por las aplicaciones muy pequeñas como micro- navegación en 8 Kbps, hasta observar las bondades del Blu-ray que requiere 10Mbps; esto representa que el usuario necesita redes que soporten aplicaciones con

velocidades pequeñas hasta velocidades muy altas, de ahí que con los estudios comparativos que se realizan se puede determinar cuál es la tecnología que más se apega a sus necesidades, para hacer que su experiencia móvil sea personalizada y por tanto ajustada a sus necesidades y expectativas.

1.6 Justificación metodológica

El presente proyecto plantea una metodología investigativa descriptiva, de manera que permita dar el enfoque y diferenciación de las tecnologías que operan actualmente en la ciudad de Quito específicamente en el barrio de Carcelén, que permitirá optimizar los recursos económicos y tecnológicos de los diferentes usuarios o empresas que deban tomar decisiones con respecto al uso de estas tecnologías.

Para lograr cumplir los objetivos de este estudio se procede en primer lugar con una investigación sobre la cobertura celular del sector, la cantidad de usuarios que pertenecen a cada una de las operadoras y en segundo punto, se realizará una investigación descriptiva a base de encuestas a los habitantes del sector, de tal forma, que se pueda realizar un análisis general sobre la realidad del uso de las tecnologías en dicho lugar.

Para mayor entendimiento se muestra el plano del sector a ser investigado:

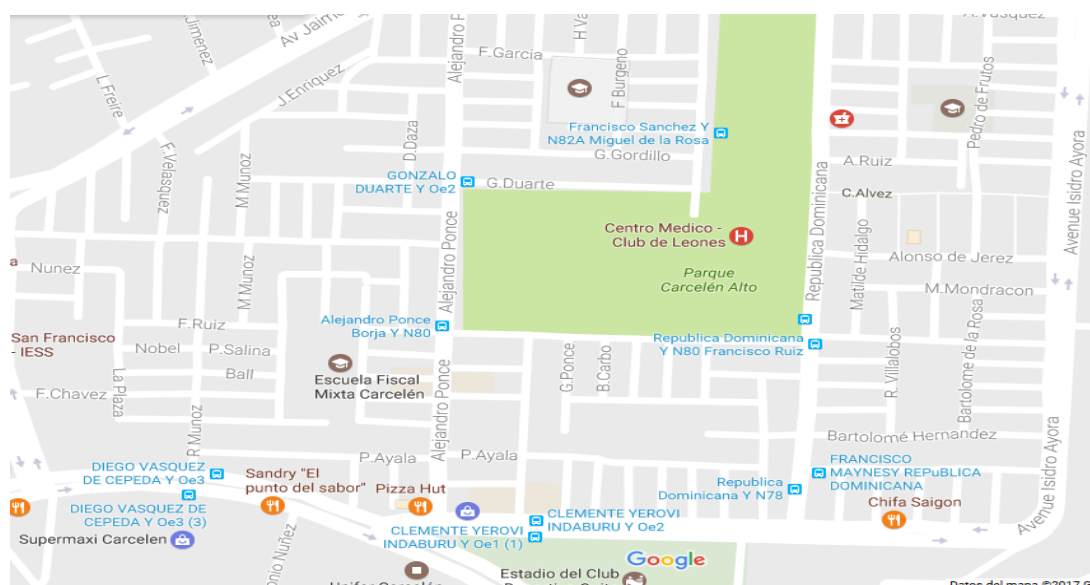


Figura 3. Zona limitada del estudio que se desarrollará en este trabajo
Tomado de: (Maps, 2017)

1.7 Alcance

Con este estudio, se planea validar los parámetros técnicos que hacen diferente a la tecnología 3G de la 4G en Quito, así como la velocidad de transmisión y su mejora de cobertura en las zonas que se consideren necesarias. Como se tiene conocimiento, no existe una cobertura completa dentro del Distrito Metropolitano de Quito y sus parroquias aledañas. Para presentar este estudio de manera más clara y precisa, el proyecto está basado en los siguientes aspectos:

- Cobertura
- Velocidad de transmisión
- Evolución de abonados en cada tecnología

Al realizar el estudio técnico en los puntos anteriormente mencionados, se pretende brindar posibles soluciones o recomendaciones, para la mejora de cobertura en la zona de Carcelén de la ciudad de Quito.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 Organismos de Regulación

2.1.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

La Unión Internacional de Telecomunicaciones con su sede en Ginebra (Suiza), con 193 países miembros y más de 700 entidades del sector privado e instituciones académicas, es un organismo que forma parte de las Naciones Unidas el mismo que se encarga de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), bajo estos términos se encarga de designar el espectro radioeléctrico y las órbitas de satélite a escala mundial, y también elabora normas técnicas que garantizan la interconexión continua de las redes y las tecnologías en todo el mundo.

La ITU está organizada en sectores que desarrollan su labor a través de conferencias y reuniones, a continuación, se detalla los tres ámbitos que la componen.

2.1.1.1 Normalización

Las normas o también llamadas recomendaciones de la UIT son fundamentales para el funcionamiento de las actuales redes de TIC, estas normas son indispensables para que se puedan efectuar llamadas telefónicas y la navegación por internet,

El acceso a Internet, los protocolos de transporte, la compresión de voz, vídeo, las redes domésticas y muchos otros aspectos de las TIC dependen de centenares de normas de la UIT para poder funcionar a escala local y mundial; cada año, la UIT analiza e implementa hasta 150 normas que tratan de todo tipo de temas, desde la funcionalidad central de red a los servicios de la próxima generación como la IPTV. Cualquier producto o servicio necesite o solicite algún tipo de aprobación internacional, debe participar en los debates del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT. (ITU, 2002)

Como ejemplo, la norma UIT T H.264, que obtuvo un premio Emmy, es una de las normas de compresión de vídeo más populares.

2.1.1.2 Desarrollo

El Desarrollo de las telecomunicaciones de la ITU tiene un programa para incrementar la presencia de empresas de este sector en mercados emergentes, demostrar un liderazgo mundial en el campo de las TIC, aprender a aplicar políticas acertadas o responder a las obligaciones de responsabilidad social.

Cada vez el mundo se encuentra más interconectado, aumentar el acceso a las TIC en todo el mundo nos interesa a todos. La ITU, en respuesta a su mandato internacionalmente acordado, que le asigna como finalidad "reducir la brecha digital", impulsa varias iniciativas importantes como los eventos *ITU Connect o Conectar una escuela, conectar una comunidad*.

2.1.1.3 Radiocomunicaciones

El Sector de Radiocomunicaciones de la ITU coordina todo el creciente conjunto de servicios de radiocomunicaciones, y es encargado de la gestión internacional del espectro de frecuencias radioeléctricas y las órbitas de los satélites que permiten realizar llamadas telefónicas, transmitir programas de televisión y utilizar servicios de navegación por satélite y de cartografía en línea.

El excesivo crecimiento de las comunicaciones inalámbricas, que son creados especialmente para ofrecer servicios de banda ancha, manifiesta que se necesitan soluciones a nivel mundial para estudiar lo que se necesita en la materia de atribución de espectro radioeléctrico y de normas armonizadas para mejorar la compatibilidad. (ITU, 2002)

2.1.2 Organismos de regulación de las Telecomunicaciones en el Ecuador

La Constitución de la República en el artículo 16 establece que todas las personas en forma individual o colectiva, tienen derecho al acceso universal a las tecnologías de información y comunicación.

La Ley Orgánica de Telecomunicaciones – LOT, publicada en el Registro Oficial No. 439 de 18 de febrero de 2015, establece en el “Artículo 9.- **Redes de telecomunicaciones**. Se entiende por redes de telecomunicaciones a los

sistemas y demás recursos que permiten la transmisión, emisión y recepción de voz, vídeo, datos o cualquier tipo de señales, mediante medios físicos o inalámbricos, con independencia del contenido o información cursada.-El establecimiento o despliegue de una red comprende la construcción, instalación e integración de los elementos activos y pasivos y todas las actividades hasta que la misma se vuelva operativa.- En el despliegue de redes e infraestructura de telecomunicaciones, incluyendo audio y vídeo por suscripción y similares, los prestadores de servicios de telecomunicaciones darán estricto cumplimiento a las normas técnicas y políticas nacionales, que se emitan para el efecto.- En el caso de redes físicas el despliegue y tendido se hará a través de ductos subterráneos y cámaras de acuerdo con la política de ordenamiento y soterramiento de redes que emita el Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información”.

2.1.3 Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL)

El 13 de agosto de 2009, el Presidente de la República, Economista Rafael Correa Delgado, mediante Decreto Ejecutivo N° 8, creó el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información; se lo creó para coordinar acciones de apoyo y asesoría para garantizar el acceso igualitario a los servicios que tienen que ver con el área de telecomunicación, para de esta forma asegurar el avance hacia la Sociedad de la Información y así el buen vivir de la población ecuatoriana. (Informacion, 2016)

Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información tiene como misión “Ser el órgano rector del desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación en el Ecuador, que emite políticas, planes generales y realiza el seguimiento y evaluación de su implementación, coordinando acciones de asesoría y apoyo para garantizar el acceso igualitario a los servicios y promover su uso efectivo, eficiente y eficaz, que asegure el desarrollo armónico de la sociedad de la información para el buen vivir de toda la población”.

Entre sus objetivos están:

- Establecer la política del sector de las telecomunicaciones, orientada a satisfacer las necesidades de toda la población.
- Desarrollar los planes de manera concertada con la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y con la ciudadanía.
- Garantizar el conocimiento de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la población del Ecuador, incrementando y mejorando la Infraestructura de Telecomunicaciones.
- Apoyar y facilitar la gestión de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones para el cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo.
- Funcionar como enlace entre la gestión del sector y las decisiones presidenciales.
- Diseñar y ejecutar programas y proyectos específicos de corto y mediano plazo, que respondan a las políticas de desarrollo del sector.
- Liderar los procesos de diseño, creación, implantación, desarrollo y actualización de un Sistema de Información de las Telecomunicaciones.
- Realizar investigaciones aplicadas, informes y estudios específicos del sector de las telecomunicaciones y de las condiciones socio-económicas que determinan su desarrollo, que permitan el diseño, la formulación, implementación y evaluación de las políticas sectoriales y el desarrollo institucional.
- Identificar, coordinar y obtener recursos de cooperación, nacionales o internacionales, alineándolos con las políticas de desarrollo de las telecomunicaciones.
- Realizar el monitoreo, seguimiento y evaluación a las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las telecomunicaciones.

En el registro oficial N.º 010 del lunes 24 de agosto de 2009, se publica el decreto de la creación del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, además se decreta la fusión del Consejo Nacional de Radio y Televisión -CONARTEL- al Consejo Nacional de Telecomunicaciones-CONATEL.

Las competencias, atribuciones, funciones, representaciones y delegaciones constantes en leyes, reglamentos y demás instrumentos normativos y atribuidas al CONARTEL serán desarrolladas, cumplidas y ejercidas por el CONATEL, en los mismos términos constantes en la Ley de Radiodifusión y Televisión y demás normas secundarias. (Informacion, 2016)

2.1.4 ARCOTEL

En el artículo 142 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones LOT, crea la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), como entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes. En el artículo 144, señala dentro de sus competencias , para la provisión de los servicios de telecomunicaciones cumplan con lo dispuesto en la Constitución de la República y los objetivos y principios dispuestos en esta Ley y de conformidad con las políticas que dicte el Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información” (ARCOTEL, 2016)

2.1.5 Misión

Regular el uso del espectro radioeléctrico y los servicios de telecomunicaciones con la finalidad de garantizar el derecho de acceso a servicios de calidad, convergentes, con precios y tarifas equitativas; gestionar los recursos inherentes a las telecomunicaciones mediante su asignación transparente, equitativa, eficiente y ambientalmente sostenible; controlar el uso del espectro radioeléctrico, y la prestación de servicios de telecomunicaciones con calidad, universalidad, accesibilidad, continuidad, seguridad en las comunicaciones y protección de datos personales.

2.1.6 Visión

Ser la Institución que garantice la gestión y desarrollo soberano y efectivo del régimen general de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico, a través de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones como sector estratégico, que contribuya al buen vivir.

Dicha Institución otorga los siguientes servicios:

- Solicitud de otorgamiento o administración de títulos habilitantes
- Atención a prestadores de servicios de telecomunicaciones
- Atención de reclamos, denuncias y pedidos de información
- Información estadística y técnica del sector de las telecomunicaciones
- Atención a solicitudes de control de cumplimiento de normas sobre emisión de radiaciones no ionizantes
- Bloqueo de equipos terminales del servicio móvil avanzado – sma
- Notificación por uso indebido en llamadas a números de emergencia
- Registro de equipos inhibidores de señal.
- Homologación de equipos de telecomunicaciones.

2.2 Historia del GSM

En el año 1982, la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT) estableció un grupo de trabajo para desarrollar un sistema paneuropeo al que se denominó GSM (Groupe Speciale Mobile) el mismo que propuso desarrollar un nuevo sistema inalámbrico móvil con estas características: itinerancia (roaming) internacional, soporte para la introducción de nuevos servicios, eficiencia espectral y compatibilidad con la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI). En 1988, la responsabilidad por el desarrollo de GSM fue transferida al ETSI (European Telecommunications Standards Institute) que denominó al proyecto como Global System for Mobile Communications.

La tecnología GSM ha evolucionado mediante las siguientes fases:

- Fase 1: En la que se produjeron sus especificaciones.
- Fase 2: En esta fase se propuso la integración de servicios como fax y datos
- Fase 2+: Aquí se mejoró la codificación de voz y se implementó servicios de transmisión avanzados, entre estos GPRS (General Packet Radio Service) y EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) esta última tecnología se puede decir que es la evolución de GPRS y también trabaja como conector entre la tecnología 2G y 3G.

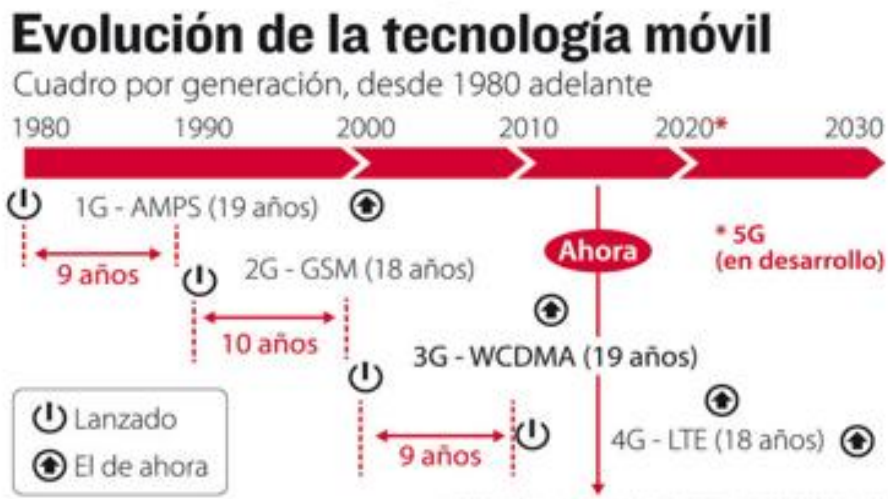


Figura 4. Evolución de la Tecnología Móvil
Tomado de: (La-Razon, 2015)

Cada evolución que se basa en GSM aprovecha la infraestructura de red desplegada para los pasos anteriores y es compatible en sentido regresivo. Como se puede apreciar en el gráfico las tecnologías siguen avanzando con sus características especiales y significativas.

2.2.1 Breve descripción de las características en la Tecnología 3G

La tecnología de tercera generación o más conocida como 3G es un servicio de telecomunicaciones inalámbricas que permite estar conectado de forma permanente a internet mediante un teléfono móvil, esta tecnología propone una mejor calidad y fiabilidad con una mayor velocidad de datos y ancho de banda superior a la de la tecnología 2G

La International Telecommunication Union (ITU) definió las demandas de redes 3G con nivel de estándar IMT2000. Este estándar se desarrolló mediante un sistema móvil llamado UMTS (Universal Mobile Telephone System), este a su vez está desarrollado a partir de WCDMA, que es una tecnología móvil inalámbrica que aumenta las tasas de transmisión de datos de los sistemas GSM utilizando la interfaz aérea CDMA (Code Division Multiple Access) en lugar de TDMA (Time Division Multiple Access), es por ello que 3G ofrece velocidades mucho más altas de datos en dispositivos inalámbricos portátiles. (Diego Rojas Zagals, 2009)

2.2.2 Breve descripción de las características en la Tecnología 4G

La tecnología 4G tiene sus siglas en referencia a la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil, la misma que aparece después de las tecnologías 2G y 3G esta tecnología está basada completamente en el protocolo IP, denominándose a sí un sistema de sistemas y una red de redes, esto gracias a la convergencia que tiene entre redes inalámbricas y cableadas, pudiendo así ser utilizada por módems inalámbricos, celulares inteligentes y demás dispositivos móviles. (La-Razon, 2015)

La principal diferencia con las generaciones predecesoras es la capacidad que tiene en sus velocidades de acceso las cuales son mayores de 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo, manteniendo una calidad de servicio (QoS) de punta a punta de alta seguridad que permite además de mayor velocidad a servicios de banda ancha móvil, más acceso a videos bajo demanda, servicios de videoconferencia, telepresencia, juegos online en dispositivos móviles, aplicaciones de Cloud Computing, compras en línea, en cualquier momento, en cualquier lugar, reduciendo así los costos.

A medida que este tipo de tecnologías crecen, es importante evaluar los cambios que estas representan en los dispositivos que actualmente existen. Con un análisis de los parámetros técnicos, como la velocidad de transmisión, cobertura y la necesidad que tienen los usuarios de poseer cada una de estas tecnologías, se podrá determinar como la tecnología 4G es superior en cada una de las características mencionadas y sus posibles mejoras evaluándola con la tecnología 3G.

2.3 Análisis e implementación del IMT-2000

Las IMT-2000 son sistemas móviles de la tercera generación cuya entrada en servicio estaba prevista hacia el año 2000, a reserva de las consideraciones relativas al mercado. Las IMT-2000 proporcionan acceso, por medio de uno o más radioenlaces, a una amplia gama de servicios de telecomunicación sustentados por redes de telecomunicaciones fijas, tales como las redes telefónicas públicas conmutadas (RTPC) y las redes digitales de servicios integrados (RDSI), así como a otros servicios específicos de los usuarios

móviles. Se dispone de varios tipos de terminales móviles, que enlazan con redes terrenales o de satélite, y estos terminales pueden ser diseñados para uso móvil o fijo (ITU, 2002). Las características fundamentales de las IMT-2000 son:

- Un alto grado de uniformidad de diseño a escala mundial.
- La compatibilidad de servicios dentro de las IMT-2000 y con las redes fijas.
- Alta calidad.
- Pequeños terminales para uso mundial.
- Capacidad de itinerancia mundial.
- Capacidad para aplicaciones multimedia.
- Amplia gama de servicios y terminales.

IMT-2000 hace la convergencia de los diversos e incompatibles ambientes móviles y fijos, privados y públicos que actualmente existen, en una infraestructura de red y radio terrestre/satelital pudiendo así ofrecer un amplio rango de servicios a escala global. Este estándar proporciona el acceso a la infraestructura global de las telecomunicaciones a través de sistemas terrestres y satelitales, sirviendo a usuarios móviles y fijos en redes públicas y privadas.

En este estándar se agrupa en un conjunto de sistemas que cumplen con las recomendaciones de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y cuya entrada en servicio fue en los años 2002 y 2004, sujeta a condiciones de mercado; hay que reconocer que un estándar internacional es muy necesario no solamente para la movilidad global automática y la entrega de servicios a través de una serie de sistemas conformados por la IMT-2000, sino que también se debe reconocer la importancia de integrar las redes de cobre e inalámbricas que proporcionan servicios de telecomunicaciones y de información en forma transparente para el usuario. (ITU, 2002)

2.4 Sistemas móviles de tercera generación

La tecnología 3G surgió debido a la demanda de los usuarios que exigía mayor velocidad de transmisión para sus actividades cotidianas laborales. Esta generación surge por la convergencia entre voz y datos siendo así muy distinta con su predecesora, la tecnología 2G.

Actualmente, la tecnología 3G es la de mayor penetración en el mercado, debido principalmente a las excelentes características y velocidad de subida y descarga que brinda. Implementada a gran escala en el año 2001 mediante la tecnología UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), que fue desarrollado en base a las especificaciones establecidas por el 3GPP (3rd Generation Partnership Project) siendo así la primera tecnología de Banda Ancha Móvil. (InformaticaHoy, 2016)

La UMTS se conforma por dos grandes subredes; la primera es la encargada de proporcionar la transmisión de información entre los extremos de una conexión mientras que la segunda tiene como función, proveer de medios para generar informes para la facturación y tarificación de los abonados, el registro y definición de los perfiles de servicio, la gestión y seguridad en el manejo de sus datos, así como la operación de los elementos de la red.

No obstante, la implementación de 3G fue moderada, debido principalmente a que las operadoras telefónicas no realizaban los esfuerzos económicos necesarios para que su infraestructura se adapte a este nuevo a este nuevo protocolo, por lo cual todavía muchos países no cuentan con una cobertura total 3G de su territorio, disminuyendo así la extensión de esta tecnología, pero además provocando en el usuario una serie de problemáticas como un mayor gasto de batería de su dispositivo al estar continuamente en la búsqueda de señal. (Academia, 2015)

2.4.1 Funcionamiento de la tecnología 3G

La tecnología 3G diferencia de los servicios de internet fijo que poseen conexión permanente a la central, los servicios de internet móviles son a demanda, y están supeditados al número de canales disponibles en cada una de las celdas de una Radio – Base. Aun con estas “dificultades” esta tecnología permite al usuario navegar en altas velocidades sin realizar conexiones directas de cables si no mediante módems o teléfonos celulares.

La 3G se diseña para que en condiciones normales el 98% de los intentos de conexión tengan éxito, esto permite ver video en tiempo real (streaming) así como video llamadas, tomando en cuenta que este tipo de actividades

demanda un alto consumo de datos y con la gran cantidad de abonados que cada día crece más, se puede decir que se crea un cuello de botella por la saturación en la red que estos últimos generan. (Orange, 2010)

Como en cualquier red de acceso inalámbrico 3G, la velocidad de la conexión puede variar, por eso, siempre se habla de una velocidad de “hasta cierto número de Mbps” nunca de Mbps fijos de velocidad; en lo que a “accesibilidad” o cantidad de intentos de conexión exitosos logrados en el tiempo exigido se refiere, los valores que se manejan para los accesos móviles de éxito están por encima del 95% de intentos exitosos exigidos por los entes reguladores. Una vez conectado y autenticado el usuario, la velocidad puede variar dependiendo de factores como:

- Ubicación del abonado
- Distancia a la celda,
- Nivel de señal,
- Cantidad de usuarios conectados a la celda
- Horario de conexión, tipo de modem utilizado,
- Hardware y software de la celda, tipo de sitio web al que se accede, tipo de documento o material descargado, etc.

2.4.1.1 Componentes de una red UMTS

UMTS usa una comunicación terrestre basada en una interfaz de radio W-CDMA, conocida como UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA). Soporta división de tiempo dúplex (TDD) y división de frecuencia dúplex (FDD). Ambos modelos ofrecen ratios de información de hasta 2 Mbps, esta red se compone de los siguientes componentes:

2.4.1.1.1 Núcleo de red (core network)

Funciones de transporte e inteligencia lleva consigo este componente, el primero como su nombre se indica transporta la información de tráfico y señalización que incluye también la conmutación.

El encaminamiento es parte de las funciones de la inteligencia, en la misma comprenden prestaciones como la lógica y el control de ciertos servicios ofrecidos a través de una serie de interfaces bien definidas; también incluyen la gestión de la movilidad. A través del núcleo de red, el UMTS se conecta con

otras redes de telecomunicaciones, de forma que resulte posible la comunicación no sólo entre usuarios móviles UMTS, sino también con los que se encuentran conectados a otras redes. (UNAD, 2015)

2.4.1.1.2 Red de acceso radio (UTRAN)

Desarrollada para obtener altas velocidades de transmisión, la red de acceso radio proporciona la conexión entre los terminales móviles y el Core Network. En UMTS recibe el nombre de UTRAN (Acceso Universal Radioeléctrico Terrestre) la misma que se compone de una serie de subsistemas de redes de radio (RNS) que son el modo de comunicación de la red UMTS.

Un RNS es responsable de los recursos y de la transmisión / recepción en un conjunto de celdas y está compuesto de un RNC y uno o varios nodos B, que son los elementos de la red que se corresponden con las estaciones base; el controlador de la red de radio (RNC) es responsable de todo el control de los recursos lógicos de una BTS (Estación Base Transmisora). (UNAD, 2015)

2.4.1.1.3 UE (User Equipment)

Este último componente es el móvil y su módulo de identidad de servicios de usuario/suscriptor (USIM) que no es más que la tarjeta SIM del teléfono móvil. Parte también de esta estructura serían las redes de transmisión empleadas para enlazar los diferentes elementos que la integran.

El 3G puede transmitir datos hasta a una velocidad de 2Mbps en las mejores condiciones, es decir que se encuentre en un lugar fijo como por ejemplo un router. Con cualquier dispositivo en movimiento como por ejemplo en la calle o en una carretera puede llegar a una velocidad de 144 kbit/s en alta movilidad, 384 kbit/s en espacios abiertos y 2 Mbit/s en baja movilidad.

Como anteriormente se explicó la tecnología 3G es la evolución de la tecnología 2G, por esta razón también poseen un mayor grado de seguridad permitiendo autenticar la red a la que se está conectando así los usuarios tienen la seguridad de estar conectándose a la red original mas no a una imitación este tipo de seguridad se determina que usan un cifrado llamado

KASUMI en lugar del cifrado que utilizaba la tecnología predecesora, que tenía un cifrador de flujo A5/1. (UNAD, 2015)

A continuación, se presenta una ilustración de la evolución de las tecnologías con sus principales características hasta llegar a la 3G:



Figura 5. Evolución de los Estándares Inalámbricos 3G
 Tomado de: (tecnologiafeliciano.blogspot, 2009)

2.4.2 Seguridad en la Tecnología 3G

La seguridad en la tecnología 3G como anteriormente se explica, evolucionó del cifrado que tenía la tecnología 2G un algoritmo de cifrado A5 a un cifrado tipo KASUMI (en japonés significa NEBLINA) que su funcionamiento consiste básicamente en un cifrado por bloques, que quiere decir que cada algoritmo de cifrado o descifrado procesa un bloque de un cierto tamaño a la vez, que da como resultado un bloque de tamaño n de salida, por cada bloque de entrada.

Una unidad de cifrado por bloques trabaja tomando un bloque de texto plano como entrada y crea un bloque de igual tamaño de texto cifrado, el descifrado es similar, se ingresan bloques de texto cifrado y regresa en bloque de texto plano.

A continuación, para mejor comprensión de un cifrado por bloques se presenta el siguiente gráfico:

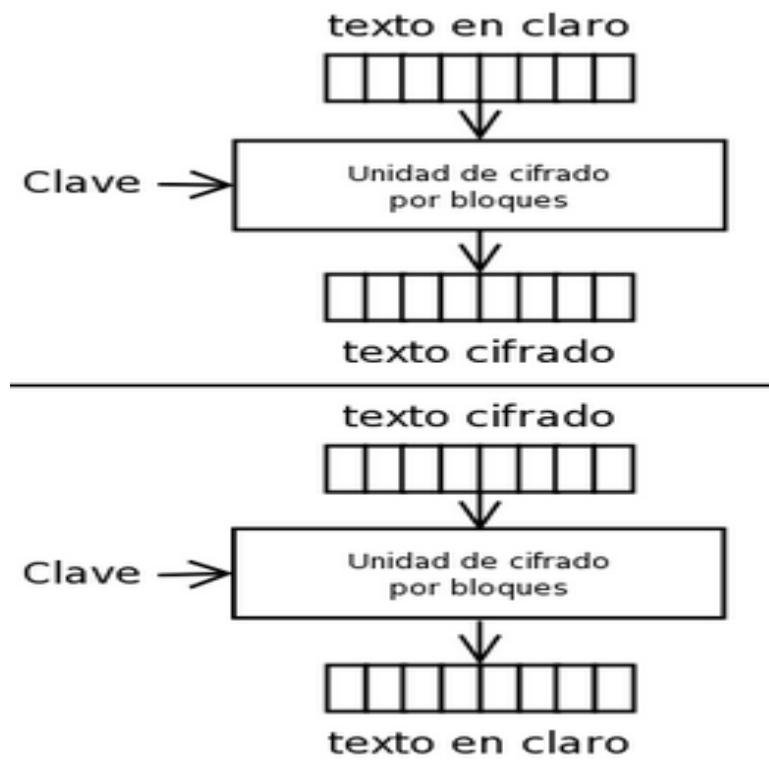


Figura 6. Estructura de un cifrado por bloques
 Tomado de: (Github, 2016)

2.4.3 Ventajas

Entre varios de los aspectos que esta tecnología mejora en su funcionamiento, se mencionará los más significativos:

- Estandarización única de protocolo a nivel mundial.
- Mejora en la velocidad de hasta 2 Mbps en las mejores condiciones.
- Crear, enviar o recibir archivos multimedia.
- Navegación en internet desde cualquier lugar que tenga cobertura móvil.
- Soporta voz y datos al mismo tiempo.

2.4.4 Desventajas

Toda tecnología tiene factores negativos que quizá para los usuarios no son notables, pero es importante recalcarlos para estar prevenidos ante cualquier problema que se pueda presentar, estas desventajas son:

- Elevado costo de la infraestructura móvil 3G, así como los teléfonos celulares que utilizan esta tecnología, por ejemplo, equipos con sistema operativo BlackBerry, Android, iOS, que al principio de sus lanzamientos tienen precios bastante altos y con el pasar del tiempo y el cambio de tecnología va disminuyendo, un gran ejemplo es los

teléfonos BlackBerry que en sus inicios manejaban costos muy elevados y con el transcurrir del tiempo perdieron su valor.

- Por el crecimiento o avance de las tecnologías, el 3G puede ser sustituido rápidamente, sobre todo por las nuevas tecnologías por ejemplo 4G y en un futuro cercano 5G.
- La velocidad en la transferencia de datos disminuirá si el usuario se encuentra en constante movimiento, por ejemplo, si el usuario se encuentra en un automóvil en movimiento

2.5 Análisis de sistemas móviles de cuarta generación

Uno de los principales requisitos para que una tecnología sea considerada de cuarta generación o 4G es que las velocidades máximas de transmisión de datos deben estar entre 100 Mbit/s (12,5 MB/s) para una movilidad alta y 1 Gbit/s (125 MB/s) para movilidad baja, requisito definido por el comité IMT-Advanced (International Mobile Telecommunications – Advanced) creado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (ITU, 2002)

Los principales beneficios atribuidos a esta tecnología son: una conexión más rápida a internet desde dispositivos móviles como celulares o laptops en tiempos mínimos y mucho más rápidos que la tecnología 4G, otro beneficio es que realiza un uso más eficiente del espectro disponible, resumiendo en que una misma antena puede dar servicio a varios usuarios a la vez, descomprimiendo la red 3G.

Si bien el término 4G se mantiene sin definición, ha sido utilizado como bandera por los desarrolladores de las diferentes tecnologías que intentan alcanzar los parámetros del estándar IMT – Advanced. Estas tecnologías desarrolladas son LTE, HSPA+ y WiMax, que proporcionan un nivel sustancial de mejora en el rendimiento y capacidades con respecto a los sistemas de tercera generación iniciales ahora desplegados. (FierceWireless, 2012)

2.5.1 Funcionamiento de la tecnología 4G

La 4G es el estándar de comunicaciones móviles más moderno que existe, tanto que todavía no ha sido implementado en muchos países (InformaticaHoy, 2016). Sin duda alguna, la característica más importante de esta nueva

tecnología es la alta tasa de transmisión que puede llegar a alcanzar, en teoría unos 300 Mb/s. creando una experiencia satisfactoria de navegación para el usuario.

Esta tecnología, al igual que sus predecesoras, es un tipo de conexión a internet siendo esta la cuarta generación y que actualmente está presente en la mayoría de teléfonos celulares y como principal mejora puede alcanzar velocidades de hasta 10 veces más que su predecesora la tecnología 3G. (UNAD, 2015)

La UIT es quien normaliza los requisitos que deben cumplir cada una de las tecnologías para que cada una de estas pueda llamarse como tal. Un punto importante que sobresale en esta tecnología para la telefonía móvil, es que está basada completamente en protocolo IP esto da lugar a una transmisión de datos con una velocidad de 50 megas para la subida de archivos y una velocidad de descarga del casi el doble de esta.

Cumpliendo con las normas de la ITU, (ITU, 2002) la 4G debe cumplir con las características que tienen la denominación IMT-Advanced (International Mobile Telecommunication - Advanced). Este sistema debe cumplir con los siguientes requisitos o prestaciones:

- Equipo de usuario de utilización en todo el mundo.
- Capacidad de itinerancia mundial.
- Alto grado de uniformidad de funciones en todo el mundo, manteniendo al mismo tiempo la flexibilidad de admitir una amplia gama de servicios y aplicaciones rentables.
- Aplicaciones, servicios y equipos de fácil utilización.
- Servicios móviles de elevada calidad.
- Compatibilidad con el protocolo IPv6.
- Velocidades máximas de transmisión de datos mejoradas para admitir aplicaciones y servicios avanzados (como objetivo a los efectos de la investigación, se han establecido velocidades de 100 Mbit/s para una movilidad alta y de 1 Gbit/s para una movilidad baja.

2.5.2 Seguridad en la Tecnología 4G

La tecnología 4G está basada en una arquitectura EPC (Evolution Packet Core) la cual hereda rasgos de seguridad que se derivan de sus tecnologías

predecesoras como Wimax, la cual en su funcionamiento exhibe como amenazas los ataques contra los recursos de radio acceso; es vulnerable a los sofisticados ataques Man in the Middle; y se ha demostrado que es posible acceder a datos e identidades de usuarios a través del Eavesdropping. (InformaticaHoy, 2016)

Por estas debilidades de seguridad LTE ha implementado su seguridad en 5 niveles las cuales se detallan en el literal 2.4.3 en el que se detalla la arquitectura de esta tecnología.

2.5.2.1 Funcionamiento del Evolution Packet Core

EL EPC (Evolved Packet Core) es una tecnología que proporciona voz y datos convergentes en una red 4G puesto que en las arquitecturas de redes 2G y 3G procesan y conmutan voz y datos a través de dos sub-dominios separados: conmutado por circuitos (CS) para voz y conmutación de paquetes (PS) para datos.

Evolved Packet Core unifica la voz y los datos en una arquitectura de servicios de Protocolo de Internet (IP) y la voz es tratada como otra aplicación IP. Esto permite a los operadores desplegar y operar una red de paquetes para 2G, 3G, WLAN, WiMAX, LTE y acceso fijo (Ethernet, DSL, cable y fibra).

2.5.2.1.1 Componentes de EPC

Los componentes clave para el funcionamiento de Evolved Packet Core son:

- Mobility Management Entity (MME): administra estados de sesión y autentica y rastrea un usuario a través de la red.
- Serving Gateway (S-gateway): enruta los paquetes de datos a través de la red de acceso.
- Packet Data Node Gateway (PGW) - actúa como interfaz entre la red LTE y otras redes de datos por paquetes; Gestiona la calidad de servicio (QoS) y proporciona una profunda inspección de paquetes (DPI).
- Función de Políticas y Reglas de Carga (PCRF): soporta la detección de flujo de datos de servicio, la aplicación de políticas y la carga basada en flujo.

Los estándares para la operación de EPC fueron especificados por un grupo comercial de la industria llamado el Proyecto de la Asociación de la Tercera Generación (3GPP) a principios de 2009. EPC es el componente principal de la evolución de la arquitectura de servicio (SAE), la arquitectura plana de 3GPP. (3gpp.org, 2015)

2.5.3 Arquitectura de Seguridad en la Red 4G

Esta arquitectura presenta 5 niveles que son los siguientes:

- Nivel de Acceso a la Red: Comprende el conjunto de características de seguridad que brinda a los usuarios un acceso seguro a la EPC y protege contra varios ataques al enlace de acceso.
- Seguridad del Dominio de la Red: Es el conjunto de características de seguridad que protege contra los ataques en las redes no Wireless (Wire Line Networks) y permite a los nodos intercambiar datos de señalización y de usuario de una manera segura.
- Seguridad en el Dominio del Usuario: El conjunto de características de seguridad que proporciona una autenticación mutua entre la tarjeta USIM y el equipo móvil.
- Seguridad en los Dominios de Aplicaciones: El conjunto de características de seguridad que permite a las aplicaciones en el equipo del usuario y en el dominio del proveedor de servicios el intercambio seguro de mensajes.
- Dominio de Seguridad Non 3GPP: El conjunto de características que permite a los equipos de usuario acceder de forma segura al EPC a través de redes de acceso no 3GPP y proporciona protección de seguridad en el enlace de acceso.

En este último, se habilita a los equipos de usuario (UE's) (User Equipment) a tener acceso al Evolution Packet Core (EPC), usando estrategias de proveedores privados, pero que aseguren las comunicaciones por el canal en la interfaz aire.

2.5.4 Mecanismos de seguridad en 4G

En cuanto a mecanismos de seguridad solamente en el primer nivel maneja los siguientes parámetros:

- Celular Security; el Handover Security
- IMS (Internet Multimedia Subsystem) Security;

- HeNB Security (Para arquitecturas Femtoceldas LTE)
- M2M (Machine 2 Machine) Security.

Este último mecanismo ejecuta las revisiones de seguridad cuando las transmisiones de datos se producen entre máquinas, es decir, no hay interacción con humanos.

Según un destacado investigador perteneciente a la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Instituto Tecnológico de Nanyang en Singapur el Dr. Maode Ma, deduce que la seguridad a nivel del sistema celular que implica el proceso de autenticación mutua entre la unidad móvil y el EPC (Evolved Packet Core), al igual que en Wimax, representa uno de los esquemas de seguridad más importantes para 4G. No obstante, en esta sesión el procedimiento se lleva a cabo usando AKA (Authentication and Key Agreement) en lugar de RSA (Rivest, Shamir y Adleman) que es un sistema criptográfico de llave pública. AKA consiste en un protocolo de seguridad diseñado para redes 3G, se usa para la autenticación y está basado en criptografía simétrica. (La-Razon, 2015)

2.5.5 Ventajas

- Permite una velocidad que puede llegar a ser entre cinco y diez veces la velocidad de la tecnología 3G.
- Gran velocidad la velocidad de descarga es de 150 Mbps mientras que la de subida es de 50Mbps.
- Permite poder visionar vídeos sin sufrir la imagen ningún tipo de corte ni de interrupción.
- El tiempo de la reacción de la red es menor, así como el tiempo de respuesta del servidor que se reduce de forma considerable frente a otras tecnologías.

2.5.6 Desventajas

- Hoy en día todavía la cobertura de 4G es limitada, por lo que no puede ser utilizada en cualquier lugar.
- Terminales limitados: se trata de una tecnología que sólo puede ser utilizada por algunos terminales de última generación.
- Precio: el coste de los servicios con soporte de esta tecnología es más caro que en otro tipo de tecnologías.

2.5.7 Futuro de la tecnología

Expertos de las empresas tecnológicas como Alcatel, Huawei Nokia, Ericsson dieron una explicación de las capacidades de la red 5G, la misma que permitirá un servicio más rápido de navegación y con menos latencia, además de facilitar la conexión simultánea de más dispositivos desde distintos lugares del planeta, impulsando así el denominado “Internet de las Cosas”. (Euroresidentes, 2016)

La tecnología 5G tiene como característica principal que su velocidad es (100 veces más rápida que 4G) aspira que todo esté conectado desde los electrodomésticos, maquinas industriales hasta cepillos de dientes, esto con el fin de recopilar información que pueda ser analizada y procesada para resolver problemas más grandes como el tráfico, salud, entre otros. Para que esto pueda darse hay que hacer que el espectro radioeléctrico y las redes estén en condiciones de soportar tanta información.

Alistair Urie, líder de estrategia 5G de Alcatel-Lucent, menciona que la idea es trabajar sobre lo construido. “Las inversiones en 4G no se perderán en 5G”, afirma. A diferencia de lo que ha sucedido con la evolución de una generación a otra, en la que la capacidad de una no le es útil a la siguiente. (EL-Espectador, 2015)

Referente al espectro radioeléctrico que necesita la 5G para su funcionamiento es necesario descongestionar otras redes, al tiempo que se mejoran los servicios, por esta razón en el Congreso Mundial de Móviles, que se llevó a cabo en marzo del 2015 en Barcelona, empresas como Alcatel-Lucent y Ericsson presentaron sus más recientes avances en tecnologías como las llamadas small cells, pequeñas antenas que se pueden instalar en distintos puntos, por ejemplo, centros comerciales, estadios, postes de luz o vallas publicitarias, para proveer mejor cobertura y calidad.

Lo cierto es que la 5G aún está en desarrollo y para que esta sea utilizada faltan unos años; como se mencionó anteriormente el espectro radioeléctrico aun no es apto para implementar esta tecnología, las empresas tienen que acordar estándares y el diálogo con los estados es indispensable para efectos regulatorios. (EL-Espectador, 2015)

2.5.8 Avances tecnológicos

Empresas como Nokia, Alcatel Ericsson y Samsung entre otras se encuentran en el desarrollo de estándares 5G y se espera que antes de 2018 puedan concluir con sus investigaciones y lanzar esta tecnología el mismo año, siendo así la primera red 5G piloto; por su parte la empresa Huawei planea mejorar la cadena de suministro de esta industria, para completar en 2019 sus pruebas y realizar el despliegue comercial del 5G en 2020.

Esa innovación se explica con la necesidad de los usuarios que ha evolucionado de la transmisión de voz a los mensajes de texto, y más allá, al uso de cámaras de video y fotografía, y las aplicaciones como el Facebook, el Twitter y otras redes sociales a través del uso de Smartphones en el mundo.

2.5.9 Dispositivos móviles actuales

El avance basado en la experiencia del usuario final que proporcionan los nuevos dispositivos móviles (Smartphones, Tablets) sin dudar es uno de los principales puntos de éxito que ha ganado la tercera generación móvil;

Todo esto ha tenido lugar en gran parte gracias a la entrada de nuevos agentes que han optado con éxito por apostar por la nueva experiencia de usuario como principal ventaja competitiva.



Figura 8. Mediciones de señal celular, día 2
Tomado de: (GoogleEarth, 2017)

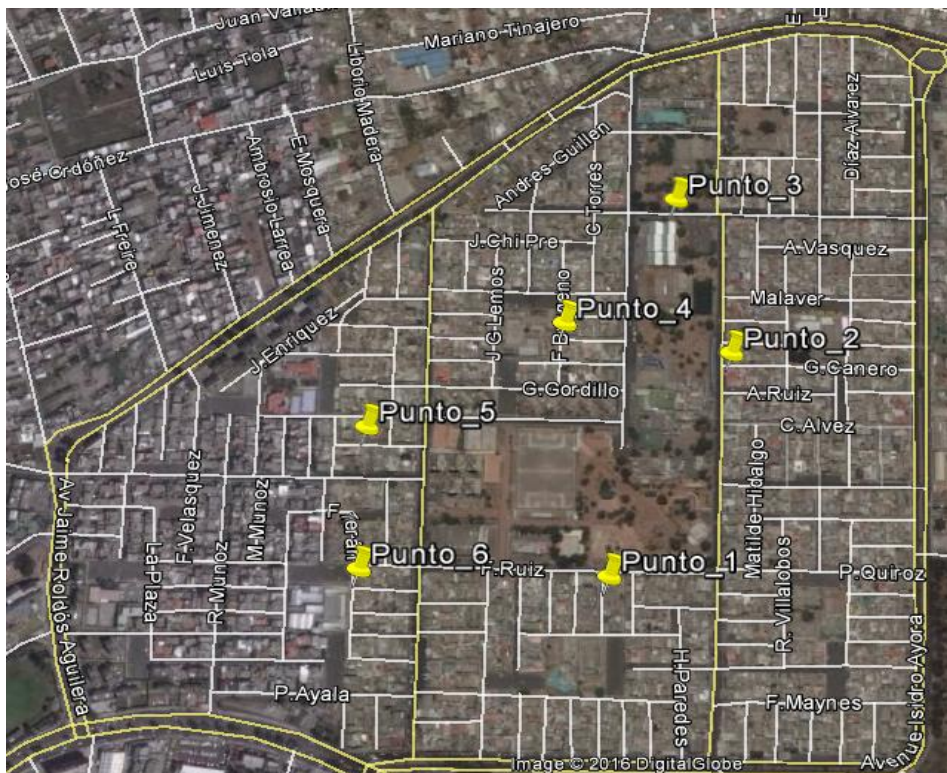


Figura 9. Mediciones de señal celular, día 3
Tomado de: (GoogleEarth, 2017)

3.1.2 Descripción de la herramienta *Network Signal Info*

Hasta ahora, la única manera de saber si se tiene buena cobertura o mala es fijarse en el icono medidor de señal del teléfono celular esto es una medida que aporta escasa información, para el caso de estudio que se está realizando, con las redes Wi-Fi pasaba algo parecido hasta la creación de aplicaciones como Network Stumbler o InSSIDer y Wi-Fi Analytics Tool siendo estas dos últimas las más actuales.

Para el caso de estudio de las redes 3G y 4G que se está realizando necesitamos una aplicación que nos proporcione información más clara, precisa y real de la cobertura móvil que se va a estudiar, por esta razón se utilizara la aplicación Networks Signal Info.

Lo primero que se podrá ver al iniciar la aplicación es un resumen de la red móvil. En la parte superior aparecerá un medidor de intensidad que indica la cobertura que se está recibiendo, así como una gráfica en la que mostrará la medida de la cobertura que hemos registrado en lo que la aplicación estaba ejecutándose. De igual forma veremos el porcentaje de intensidad, la media de dicho porcentaje, los dBm de la señal y los datos de dispositivo con el que se está realizando la medición.



Figura 10: Pantallas de aplicación Network Signal Info, señal móvil

En la parte inferior se puede obtener más datos referentes a la señal como:

- Operador de red
- Operador de SIM
- Tipo de conexión y velocidad
- Intensidad
- Información sobre la antena a la que estamos conectados.
- País
- IMEI
- Direcciones IP

Como se puede observar, en la opción siguiente de la aplicación es la medición de señal en las redes Wi-fi, se obtiene una gráfica con un resumen de señal y diferentes datos informativos sobre todos los aspectos de la red Wifi a la que está conectado el dispositivo.



Figura 11. Pantallas de la aplicación que se utilizara, señal Wifi

Una de las funciones principales que se ocupara para este proyecto es la “ubicación celular” que posee esta aplicación, la misma que dispone de un mapa en el que muestra la ubicación de la antena a la que se conecta la red celular, así como información sobre el tipo de conexión que en el momento de la medición está obteniendo el dispositivo móvil.

En las pantallas siguientes se puede observar también la cantidad de antenas que existentes en el sector estos datos los guardara la aplicación en un archivo de extensión klm (*google earth*), que indica las conexiones antes mencionadas en la que se encuentra la distancia que tiene con respecto a la antena.

En esto hay que recalcar que con las pruebas que se presentaran posteriormente, se validó que los datos que arroja esta aplicación no son exactos pues tiene un margen de error que va desde los 20 hasta los 60 metros cuando indica la conexión con la antena.

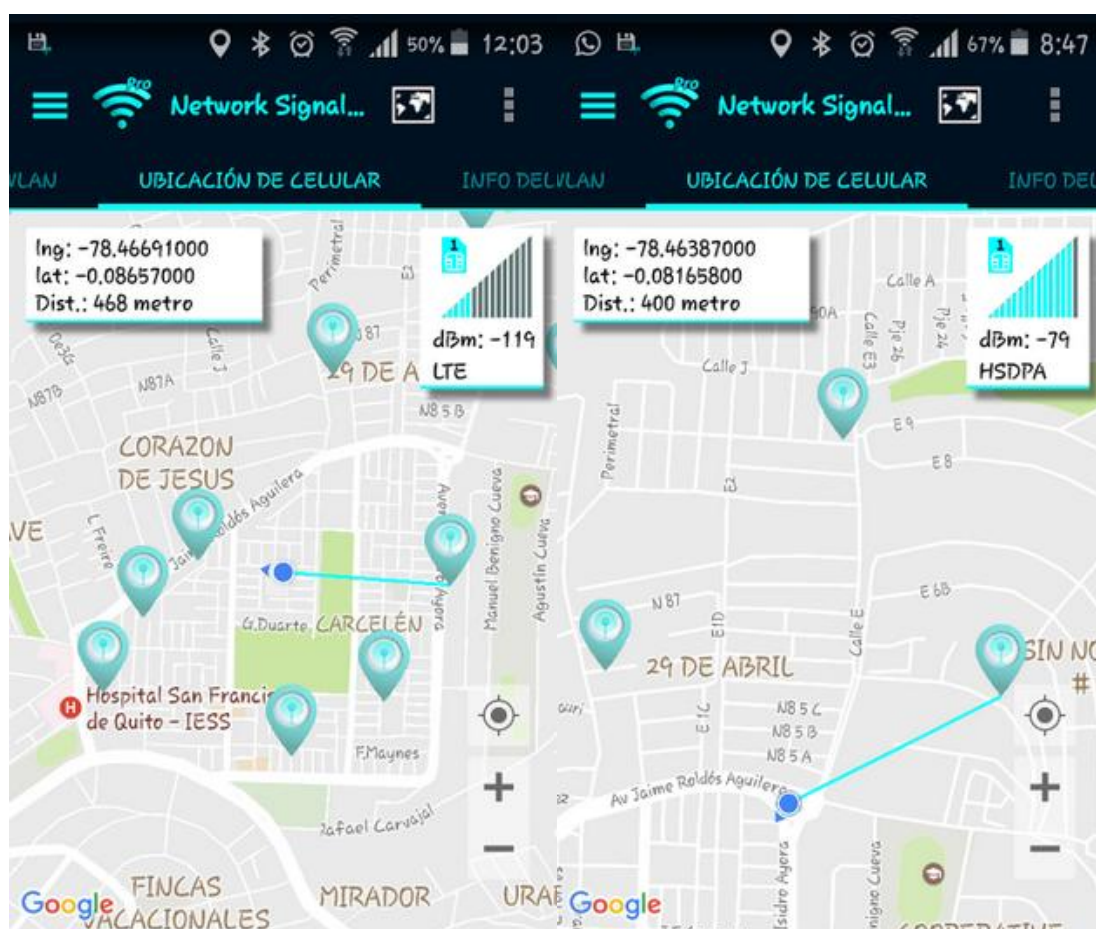


Figura 12. Pantallas de la aplicación que se utilizara, ubicación antenas

3.1.3 Descripción de pruebas a realizarse

Mediante la aplicación que se detalló en el literal 3.1.2, las pruebas se realizaron en días distintos a diferentes horas y en varios lugares con el objetivo de realizar mediciones que cubran todo el sector de estudio.

3.1.4 Datos del Dispositivo

En la siguiente tabla se detalla los datos que el dispositivo muestra al realizar las mediciones en el sector estudiado, como se puede observar esta tabla contiene los datos como son la fecha, hora exacta, versión del sistema operativo del dispositivo empleado, operadora y los intervalos de tiempo que la señal será captada.

Tabla 2. Datos - operadora 1

Fecha de Registro:	27/01/2017
Inicio de Registro:	7:58:39
Intervalo de Registro:	10 segundos
Latitud:	0° 5'29.26"S
Longitud:	78°28'16.34"O
Dispositivo/Modelo:	SM-J110M
Android:	Versión 5.1.1
Operadora de Red:	Operadora 1
Tipo de Red:	LTE
Código País:	EC
ID Dispositivo:	357764070764832

Tabla 3. Datos - operadora 2

Fecha de Registro:	27/01/2017
Inicio de Registro:	7:58:53
Intervalo de Registro:	10 segundos
Latitud:	0° 5'29.26"S
Longitud:	78°28'16.34"O
Dispositivo/Modelo:	HUAWEI Y360-U23
Android:	KitKat - Versión 4.4.2
Operadora de Red:	Operadora 2
Tipo de Red:	UMTS * 384 kbps
Código País:	GSM
ID Dispositivo:	869155022380622

3.1.5 Datos de las mediciones realizadas

Los datos presentados en las siguientes tablas son una breve descripción de la estructura que tendrán las pruebas reales, pues estas son realizadas con las operadoras claro y movistar donde se encuentran los datos de las mediciones que se realizaron, la potencia de la señal, así como la pérdida de la misma.

Tabla 4. Muestra toma de datos operadora

Operadora	Tecnología	Perdida DBM
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-77
Operadora 1	LTE	-113
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-89
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-59
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-59
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-59
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-71
Operadora 1	LTE	-111
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-75

Tabla 5. Muestra toma de datos operadora

Operadora	Tecnología	Perdida DBM
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85

3.2 Entrega de Estudios Realizados

En el literal presente, se detallará las pruebas que se realizaron en el sector de estudio, los datos que se detallaran son de los puntos que se identificó tenían notables intermitencias de la red móvil tanto de Claro como de Movistar.



Figura 13. Captura pantalla del punto con mayor intermitencia en el sector

Al momento de realizar las mediciones cada envío de señal es identificada con un CID (código de identificación) que en este punto ubicado entre las calles José Guerrero y Republica Dominicana fue el 34397, aquí se realizaron mediciones con las dos operadoras claro, movistar y se presentan a continuación las tablas con los valores en dBm de la señal que tienen estas operadoras en el punto mencionado.

Tabla 6. Toma datos operadora 1

Operadora	Tecnología	Señal dBm
Operadora 1	LTE	-115
Operadora 1	LTE	-113
Operadora 1	LTE	-113
Operadora 1	LTE	-115
Operadora 1	LTE	-115
Operadora 1	LTE	-113

Tabla 7. Toma datos operadora 2

Operadora	Tecnología	Señal dBm
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-97
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91

Tabla 8. Toma datos operadora 1

Operadora 1	LTE	-115
Operadora 1	LTE	-117
Operadora 1	LTE	-121
Operadora 1	(DC)HSPA + 42.2 Mbps	-81
Operadora 1	LTE	-115
Operadora 1	LTE	-117
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-85
Operadora 1	(DC)HSPA + 42.2 Mbps	-79
Operadora 1	(DC)HSPA + 42.2 Mbps	-77
Operadora 1	LTE	-107
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-77
Operadora 1	LTE	-115
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-81
Operadora 1	LTE	-117
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-83
Operadora 1	LTE	-111
Operadora 1	LTE	-113
Operadora 1	LTE	-111
Operadora 1	LTE	-113
Operadora 1	LTE	-107
Operadora 1	LTE	-107
Operadora 1	LTE	-101
Operadora 1	LTE	-101

Tabla 9. Toma datos operadora 2

Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	EDGE * 220 kbps	-91
Operadora 2	EDGE * 220 kbps	-91
Operadora 2	EDGE * 220 kbps	-91

Tabla 10. Toma datos operadora 1

Operadora 1	LTE	-103
Operadora 1	LTE	-103
Operadora 1	LTE	-105
Operadora 1	LTE	-109
Operadora 1	LTE	-113
Operadora 1	LTE	-117
Operadora 1	LTE	-117
Operadora 1	LTE	-119
Operadora 1	LTE	-119
Operadora 1	LTE	-119
Operadora 1	LTE	-117
Operadora 1	LTE	-117
Operadora 1	LTE	-119
Operadora 1	LTE	-119
Operadora 1	UMTS * 384 kbps	-93
Operadora 1	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-93
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-95
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-93
Operadora 1	HSDPA * 7.2 Mbps	-87

Tabla 11. Toma datos operadora 2

Operadora 2	EDGE * 220 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	EDGE * 220 kbps	-91
Operadora 2	EDGE * 220 kbps	-91
Operadora 2	EDGE * 220 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	EDGE * 220 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	EDGE * 220 kbps	-87
Operadora 2	EDGE * 220 kbps	-85
Operadora 2	EDGE * 220 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-97
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-97
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-85
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	UMTS * 384 kbps	-91
Operadora 2	EDGE * 220 kbps	-81

En las tablas se indica el tipo de señal que cada operadora tiene, así como la potencia que cada una de estas emite. Se tomó como referencia principal esta ubicación pues es la que más interferencias tiene en las dos operadoras y por ello servirá de referencia para este estudio.

3.3 Identificación de fallas en la cobertura

Para entender de mejor manera las pruebas realizadas, se recuerda que la IMT-Advanced es un comité designado que define las especificaciones técnicas de las tecnologías, siendo este designado por la ITU, define los requisitos técnicos para que una tecnología se denomine 4G, entre los cuales hay uno muy claro que indica: que las velocidades máximas de transmisión de datos deben estar entre 100 Mbit/s (12,5 MB/s) para una movilidad alta y 1 Gbit/s (125 MB/s) para movilidad baja.

Es importante para medir la señal que se obtuvo en el estudio definir cuatro categorías de acuerdo a la intensidad -dBm (REDESZONE, 2016), de la siguiente manera:

De -51 dBm a -75 dBm: Señal muy alta. Implica máxima velocidad de navegación y cobertura al máximo en el dispositivo.

De -76 dBm a -90 dBm: Señal medio-alta. Permite utilizar los datos y la voz sin problemas, la velocidad de internet puede verse ligeramente resentida.

De -91 dBm a -105 dBm: Señal medio-baja. Permite utilizar voz y datos, la velocidad de transmisión de datos se ve afectada.

>105 dBm: Señal baja. Se empiezan a tener dificultades en la voz y la transmisión de datos es lenta y con cortes.

En la tabla 4 se detalla la información de las pruebas realizadas, y como se menciona en el literal 3.2 las pruebas se llevaron a cabo en el sector donde se detectó mayor cantidad de intermitencias, se observa en la operadora 1 tecnología LTE de manera intermitente variando hacia UMTS y HSDPA.

Como se explica en la figura 12 del literal 3.1.2 el método con el que se pudo realizar las pruebas en el sector, determina de que antena está recibiendo la señal es así como se presenta el siguiente gráfico:

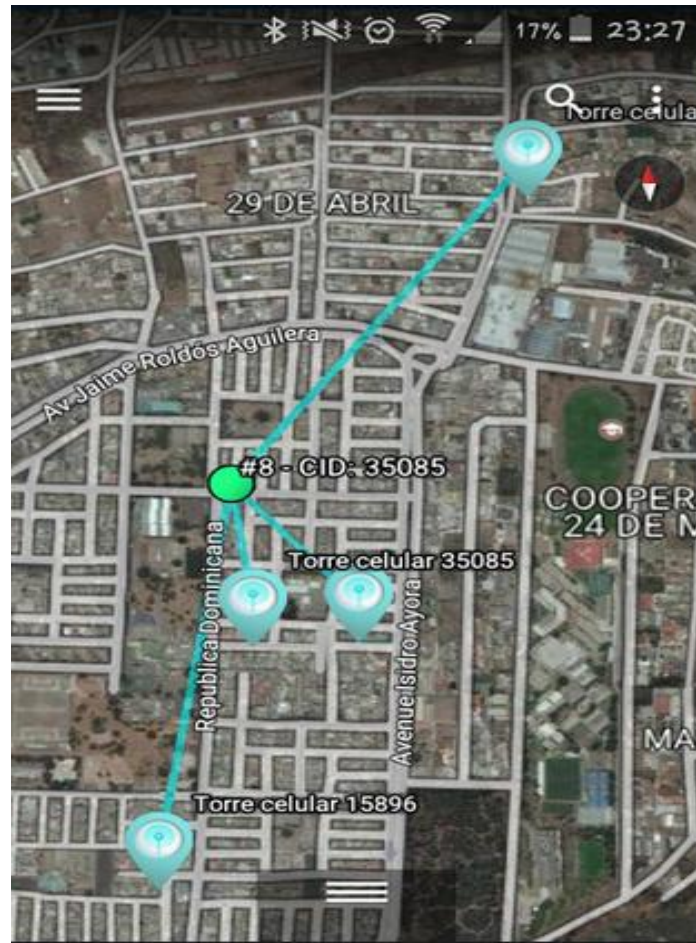


Figura 14: Ubicación de antenas, punto 7 operadora 1

En el gráfico se puede observar las torres de las que toma la señal la operadora 1, que en este caso son 4 torres de las que toma la mejor señal y a esta toma de señal se la denomina Handover, que es la función de transferir el servicio de una estación base hacia otra cuando la calidad del enlace es insuficiente.

En la operadora 2 la señal captada en todos los puntos del sector estudiado solamente registra UMTS (3G) como la mejor señal, pero en el mismo punto en el que se tomaron los datos de la operadora 1 también existen intermitencias por la falta de cobertura del sector en el que se hicieron las pruebas la calidad de señal llega a ser hasta EDGE que pertenece a la tecnología 2G.

La aplicación que se usó para estas pruebas da la ubicación de las antenas, sin embargo estas ubicaciones no son del todo exactas, pues tienen un margen de error de casi 50 metros, esto se validó en el sitio, pues se quiso llegar al punto

donde marcaba la ubicación de la antena pero en realidad físicamente la antena se ubicaba a veces desde 30 a 50 metros lejos de la ubicación proporcionada por la aplicación, y según los términos de uso de esta aplicación este margen de error es por la confidencialidad que se tiene hacia las operadoras.

Por algún problema técnico en la aplicación utilizada no ha captado ninguna señal 4G en el sector, pero realizando las investigaciones necesarias en la página opensignal.com que es un sitio que tiene las mediciones de señal de todas las operadoras indica que si hay cobertura en el sector estudiado como se muestra en el siguiente gráfico.

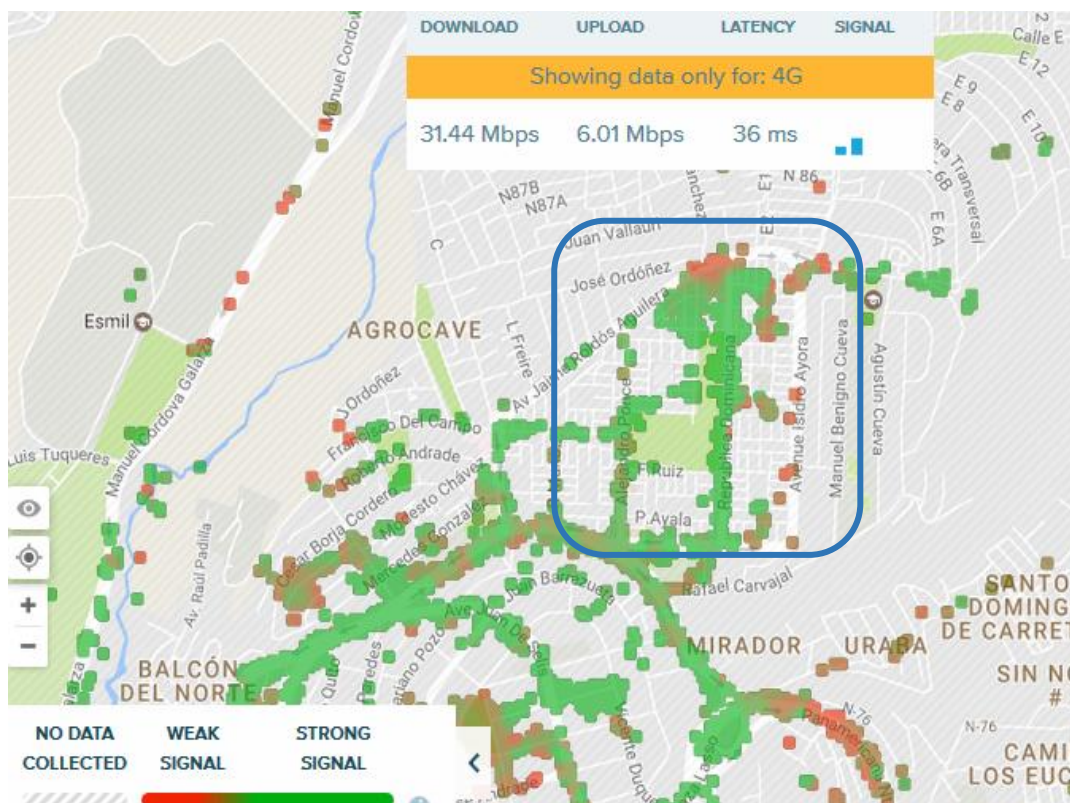


Figura 14. Cobertura 4G según el sitio opensignal.com
Tomado de: (OpenSignal, 2017)

La zona marcada con el cuadro color azul es la que se está estudiando. y según este portal indica que, si hay cobertura 4G, esto se debería validar con los equipos correctos especializados en este tipo de medición para obtener un dato exacto sobre el tipo de cobertura en ese sector con respecto a la operadora 2.

Capítulo IV: Propuesta de mejoras en la red celular.

4.1 Análisis y propuesta de mejora en la cobertura celular

Para realizar un correcto análisis de la cobertura celular se presentan tablas y gráficos porcentuales de los resultados obtenidos en la medición de señal en el sector de Carcelén, de acuerdo a los parámetros ya mencionados en el capítulo anterior.

4.1.1 Análisis estadístico operadora 1

A continuación, se presenta los datos agrupados de la señal captada.

Tabla 12. Resumen resultados operadora 1

Etiquetas de señal	Potencia señal dBm:
(DC)HSPA + 42.2 Mbps	3
-81	1
-79	1
-77	1
HSDPA * 7.2 Mbps	20
-95	1
-93	2
-87	1
-85	1
-83	3
-81	10
-79	1
-77	1
LTE	36
-121	1
-119	5
-117	7
-115	6
-113	6
-111	2
-109	1
-107	3
-105	1
-103	2
-101	2
UMTS * 384 kbps	2
-93	1
-91	1
Total general	61

En esta tabla se presenta un detalle de la latencia de la señal que se capturo en las pruebas realizadas, con el fin de tener una apreciación más clara de la

señal que llega con mayor frecuencia en el sitio, el mismo que fue identificado con mayores intermitencias en el sector.

En el siguiente grafico se muestra los porcentajes la señal captada.

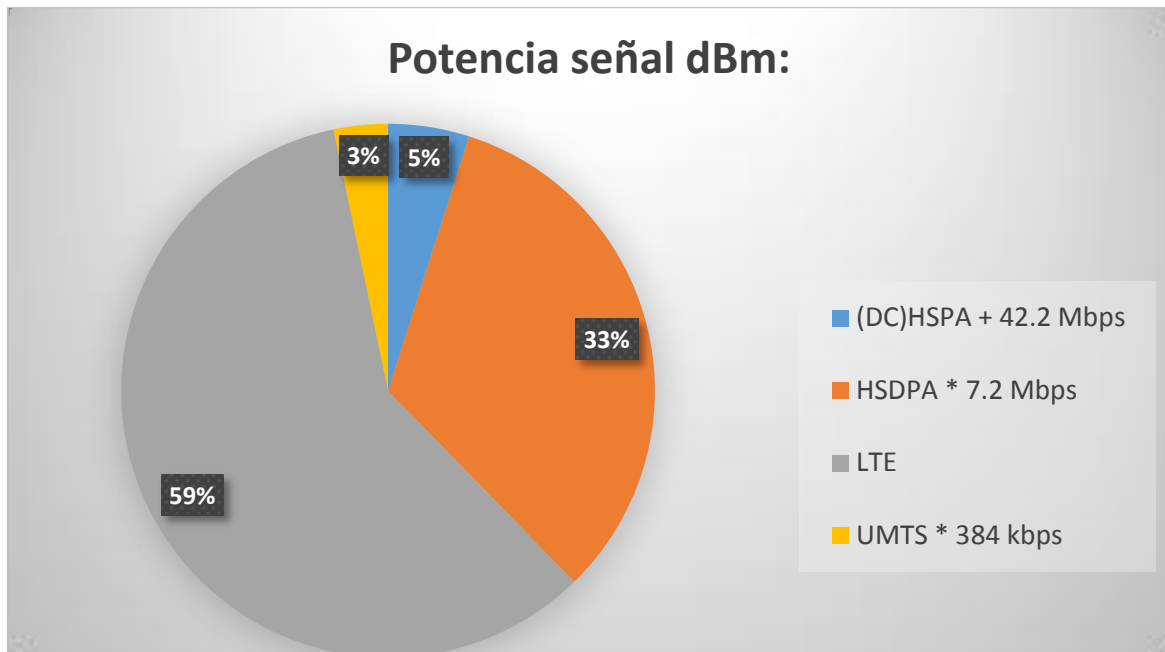


Figura 15. Señal medida en porcentajes.

4.1.2 Análisis estadístico operadora 2

Datos agrupados de la señal captada en la operadora 2.

Tabla 13. Resumen resultados operadora

Etiquetas de señal	Potencia de señal dBm
EDGE * 220 kbps	19
-91	8
-87	1
-85	4
-81	2
-77	1
-75	3
UMTS * 384 kbps	42
-97	3
-91	33
-85	6
Total general	61

Al igual que la operadora 1 la tabla presentada es un detalle de los datos captados en el mismo lugar con mayor afluencia de intermitencias que se explica en el literal 4.1.1, como se puede observar en la tabla los datos que genera la operadora 2 no tienen mayor variación, existiendo así solamente dos tipos de señal que son, EDGE y UMTS.

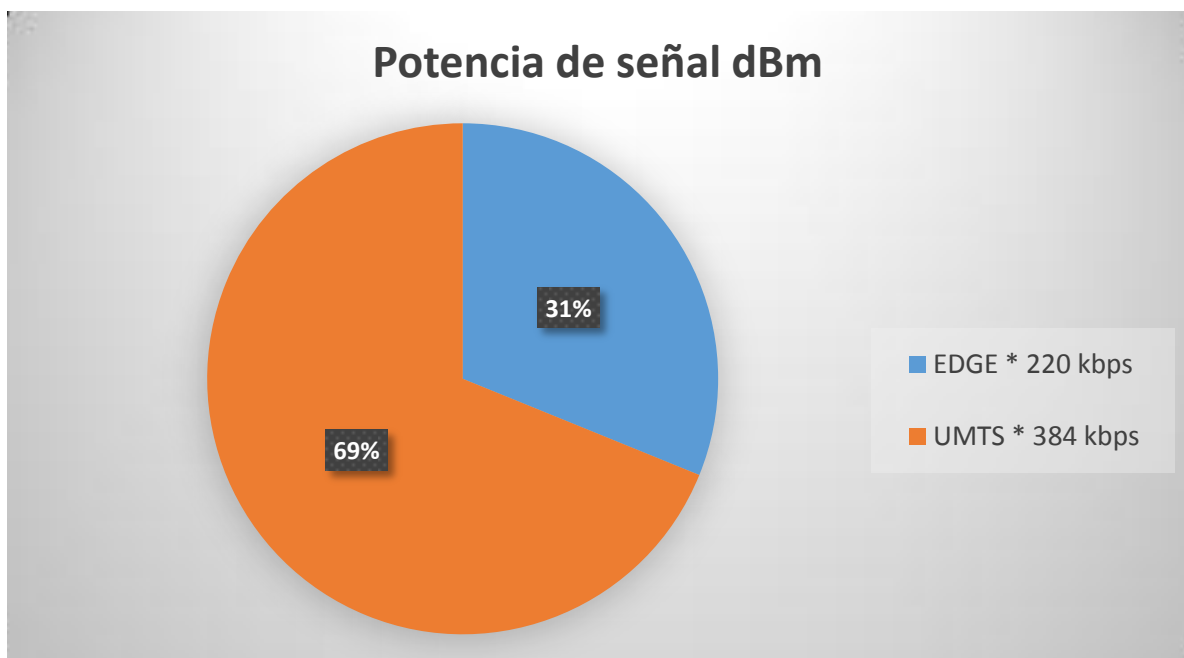


Figura 16. Señal medida en porcentajes.

4.2 Propuesta de mejora en la cobertura celular

Con la aplicación Network Signal Info, como se explicó en el literal 3.1.2 sobre el funcionamiento de esta herramienta, se logró determinar la ubicación exacta de las antenas ubicadas en el sector a pesar de que la aplicación tiene una imprecisión que va desde los 30 hasta los 50 metros, pues en el sitio se realizó el recorrido para determinar la ubicación exacta de las antenas y la propuesta sería la implementación de una antena en el sector donde se observa mayores pérdidas de señal.

La ubicación para la implementación de la antena que se propone sería entre las calles José Guerrero y Hernando de la Parra, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 17. Ubicación de la antena propuesta
Tomado de: (GoogleEarth, 2017)

De acuerdo al recorrido y a las mediciones realizadas con la aplicación (Network Signal Info), toda la zona tiene notables variaciones en la cobertura celular con las dos operadoras, y esto se debe a que en el sitio no existen antenas repetidoras de señal.

Para el diseño propuesto para esta antena, se debe considerar algunos aspectos técnicos que cada operadora interesada en ampliar la cobertura celular debe considerar. Como un ejemplo simple, para que LTE trabaje en una red WCDMA 900/2100 se deduce que: la capa WCDMA 900 se diseñó para proporcionar una cobertura frecuente a 2100 MHz que proporciona la capacidad. El ancho de banda de cada portadora es de 5 MHz, pero LTE está desplegado en 2600 MHz y debido a que la banda de frecuencia es más alta no puede proporcionar el mismo nivel de cobertura frecuente como la capa de WCDMA 900 MHz. En casos como estos, se debe con la interacción con WCDMA 900 para lograr la conectividad requerida y juegue un papel importante, y con esto poder garantizar una buena experiencia del usuario final.

Para la instalación de la repetidora que se plante instalar se recomienda una antena compartida (ERD´S, TORRETAS, y algunas fachadas), uno de los

modelos recomendados para este tipo de superficie es la **QBXLH-6565A-VTM** (Quad Band / configuración MIMO 2X2). Una configuración MIMO quiere decir básicamente, que aumenta la eficiencia espectral de un sistema de comunicación inalámbrica por medio de la utilización del dominio espacial.

La altura y orientación de la antena deberán coincidir con los parámetros de RF fijados para cada sitio proveniente del TSS.

La siguiente tabla muestra los parámetros de instalación a considerar:

Tabla 14. Parámetros Instalación Antena

Apertura Horizontal de Antena ($^{\circ}/\pm 3\text{dB}$)	Separación Mínima Horizontal entre antenas d UMTS850 y LTE
65\pm10	1,4 m

La separación horizontal entre las antenas de LTE para un mismo sector estará establecida en 1.4 metros, para antenas de diferentes sectores la separación horizontal será mínimo de 1.4 metro, la separación vertical entre estas deberá superar siempre los 0,5 metros. Las antenas deberán anclarse sólo con los clamp diseñados para este modelo de antena y deberán fijarse al soporte destinado para esta tecnología.

El RF module será soportado con los accesorios (pole) y este será aterrizado a la barra de tierras más cercana. Los Jumpers que se utilizarán para el acople con las Antenas serán de 5 y 10 m de longitud estos de fábrica (Jumper Premium F4A-DMDR-P), la longitud estos no será modificada en sitio ya que vienen con las medidas certificadas de fábrica.

A continuación, se presenta la antena que se propone instalar:



Figura 18. Antena a instalarse
Tomado de: (COMMSCOPE, 2017)



Figura 19. Fotografía para conexiones
Tomado de: (COMMSCOPE, 2017)

El tipo de configuración que se propone instalar, se lo haría en tipo G consta de la instalación de los Módulos RF de forma independiente para cada uno de los sectores requeridos en el sitio, conectando sus puertos de la siguiente forma en cada uno de los sectores para la solución MIMO 2X2:

- Sector 1: ATN1(TX/RX) RF1 y ATN3(TX/RX) RF1
- Sector 2: ATN1(TX/RX) RF2 y ATN3(TX/RX) RF2
- Sector 3: ATN1(TX/RX) RF3 y ATN3(TX/RX) RF3

Este tipo de configuración Distribuida (Feeder Less) es típica en Edificios, Túneles, Terrazas y soluciones Indoor.

La siguiente figura muestra la conexión de Puertos al sistema Radiante. (Jumpers y Antena).

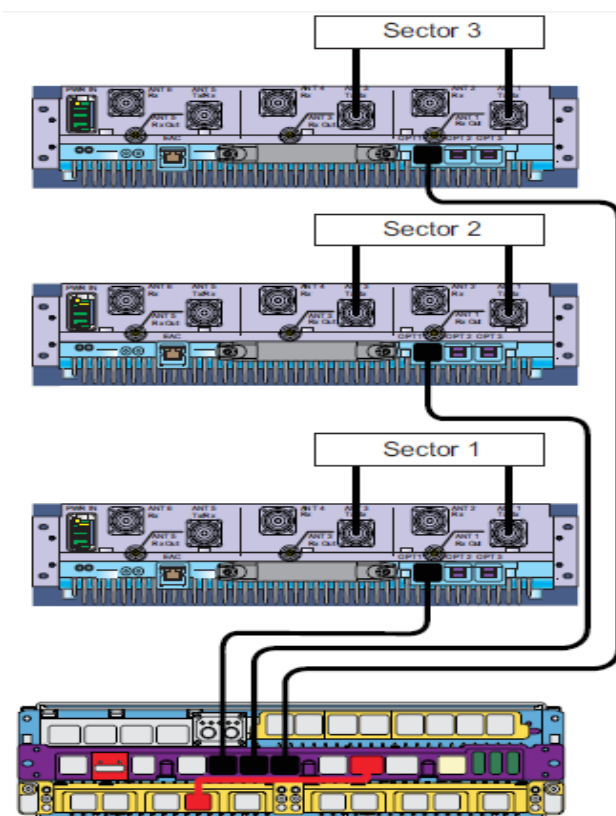


Figura 20. Conexión de puertos al sistema radiante

El tipo de antena y configuración de la misma anteriormente presentado se propone realizar para cualquiera de las dos operadoras que están involucradas en este estudio, las características técnicas de esta antena se las detalla de mejor manera en la siguiente tabla:

Tabla 15. Especificaciones Eléctricas de la antena sugerida instalarse.

Electrical Specifications					
Frequency Band, MHz	824–896	870–960	1710–1880	1850–1990	1920–2180
Gain, dBi	14	14,3	16,5	16,8	17
Beamwidth, Horizontal, degrees	70	67	67	63	60
Beamwidth, Vertical, degrees	15,2	14,5	7,2	6,8	6,5
Beam Tilt, degrees	0–15	0–15	0–8	0–8	0–8
USLS (First Lobe), dB	16	18	15	15	15
Front-to-Back Ratio at 180°, dB	25	25	28	28	27
Isolation, dB	25	30	30	30	30
Isolation, Intersystem, dB	33	33	33	33	33
VSWR Return Loss, dB	1.4 15.6	1.5 14.0	1.5 14.0	1.4 15.6	1.5 14.0
PIM, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc	-150	-150	-150	-150	-150
Input Power per Port, maximum, watts	350	350	350	350	350
Polarization	±45°	±45°	±45°	±45°	±45°
Impedance	50 ohm	50 ohm	50 ohm	50 ohm	50 ohm

Tomado de: (COMMSCOPE, 2017)

Tabla 16. Especificaciones Eléctricas de la antena sugerida instalarse.

Electrical Specifications, BASTA*					
Frequency Band, MHz	824–896	870–960	1710–1880	1850–1990	1920–2180
Gain by all Beam Tilts, average, dBi	14,1	14,4	16,5	16,6	16,7
Gain by all Beam Tilts Tolerance, dB	±0.6	±0.6	±0.2	±0.4	±0.4
	0 ° 14.4	0 ° 14.7	0 ° 16.5	0 ° 16.7	0 ° 16.9
Gain by Beam Tilt, average, dBi	8 ° 14.3	8 ° 14.5	4 ° 16.6	4 ° 16.7	4 ° 16.8
	15 ° 13.7	15 ° 13.9	8 ° 16.4	8 ° 16.4	8 ° 16.3
Beamwidth, Horizontal Tolerance, degrees	±3.1	±2.8	±4.4	±2.2	±4.2
Beamwidth, Vertical Tolerance, degrees	±0.8	±0.8	±0.3	±0.3	±0.4
USLS, beampeak to 20° above beampeak, dB	14	16	16	17	16
Front-to-Back Total Power at 180° ± 30°, dB	20	20	25	25	23
CPR at Boresight, dB	21	21	16	16	17
CPR at Sector, dB	10	8	7	7	7
Mechanical Specifications					
RF Connector Quantity, total	4				
RF Connector Quantity, low band	2				
RF Connector Quantity, high band	2				

Tomado de: (COMMSCOPE, 2017)

Tabla 17. Especificaciones Generales.

General Specifications	
Operating Frequency Type Band	1710 – 2180 MHz 824 – 960 MHz
Antenna Type	Sector
Band	Multiband
Performance Note	Outdoor usage

Tomado de: (COMMSCOPE, 2017)

Tabla 18. Especificaciones Mecánicas.

Mechanical Specifications	
RF Connector Quantity, total	4
RF Connector Quantity, low band	2
RF Connector Quantity, high band	2
RF Connector Interface	7-16 DIN Female
Color	Light gray
Grounding Type	RF connector inner conductor and body grounded to reflector and mounting bracket
Radiator Material	Aluminum
Radome Material	PVC, UV resistant
RF Connector Location	Bottom
Wind Loading, frontal	402.0 N @ 150 km/h 90.4 lbf @ 150 km/h
Wind Loading, lateral	90.0 N @ 150 km/h 20.2 lbf @ 150 km/h
Wind Loading, rear	438.0 N @ 150 km/h 98.5 lbf @ 150 km/h
Wind Speed, maximum	241 km/h 150 mph

Tomado de: (COMMSCOPE, 2017)

Tabla 19. Dimensiones Referencia

Dimensions	
Length	1297.0 mm 51.1 in
Width	269.0 mm 10.6 in
Depth	132.0 mm 5.2 in
Net Weight, without mounting kit	14.2 kg 31.3 lb

Tomado de: (COMMSCOPE, 2017)

Tabla 20. Información Eléctrica Referencia

Remote Electrical Tilt (RET) Information
Model with Factory Installed AISG 2.0 Actuator DBXLH-6565A-A2M

Tomado de: (COMMSCOPE, 2017)

Tabla 21. Cumplimiento Normativo / Regulaciones Referencia

Regulatory Compliance/Certifications	
Agency	Classification
RoHS 2011/65/EU	Compliant by Exemption
China RoHS SJ/T 11364-2006	Above Maximum Concentration Value (MCV)
ISO 9001:2008	Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system

Tomado de: (COMMSCOPE, 2017)

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.

5.1 Conclusiones.

El análisis técnico realizado de las redes 4G frente a las redes 3G en el sector estudiado, indica que se necesita una mejora en la infraestructura de las operadoras. Si bien es cierto la operadora 1 tiene mayor cobertura 4G en el sector, también tiene falencias las cuales hacen que la señal sea intermitente en ciertos puntos del sector, como se pudo revisar en el capítulo 4 literal 4.1.1 los datos de las mediciones indican un mayor porcentaje de navegación en la red 4G, como se puede observar en el siguiente gráfico:

Total mediciones Operadora 1

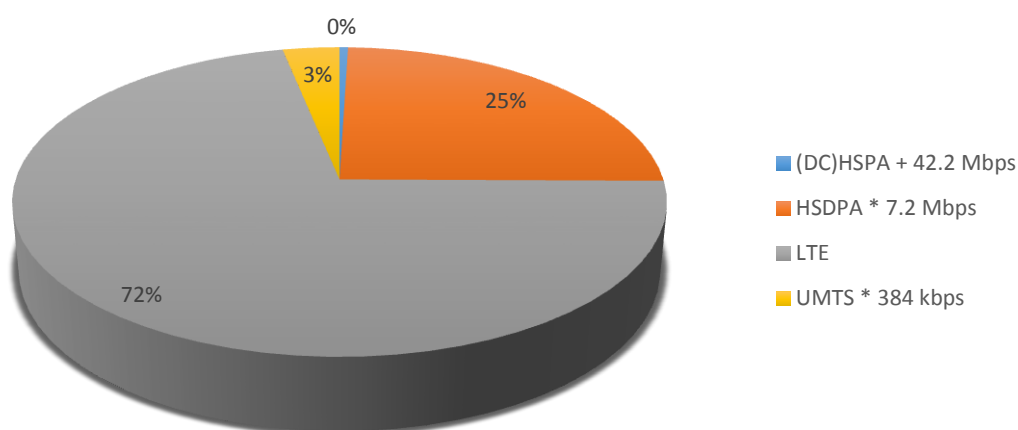


Figura 21. Gráfico de señal total medida en porcentajes.

Con un total de 1241 mediciones, donde 889 representan un 72% del total de la muestra, puede concluir que la operadora 1 tiene una mayor cobertura de la red LTE, sin embargo, queda un 25% de mediciones que navega en HSDPA y la diferencia en velocidades inferiores que son mínimas.

De igual manera de un total de 1281 mediciones, donde 1248 corresponden a un 97% de la muestra indica las mediciones en 3G, además en las pruebas que se realizaron a la cobertura de la operadora 2 se determina que la señal UMTS (3G) cubre casi todo el sector en estudiado sin embargo en el mismo punto que la operadora 1 tiene problemas de cobertura también se hacen presentes los

mismos problemas de intermitencias de señal llegando a tener hasta señal GPRS (2G).

Total Mediciones Operadora 2

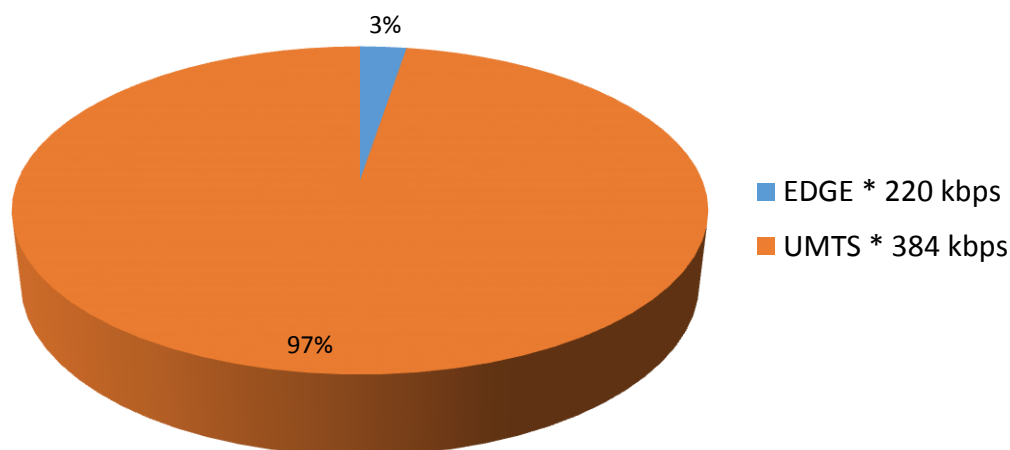


Figura 22. Gráfico de señal total medida en porcentajes.

Al igual que la operadora 1 se realizó una tabla con los porcentajes totales del tipo de señal que cubre el sector.

Con las dos operadoras se realizaron pruebas, como la descarga de archivos (fotos, documentos texto, video) y en el caso de la operadora 1 no es notable la intermitencia de señal, pues ni en la reproducción del video más pesado para la reproducción del mismo, y con respecto a la descarga de archivos tampoco es evidente el cambio de señal, ante la vista del usuario pues quizá haya un retardo de dos o tres segundos en lo que se realiza el Handover, pero es imperceptible para los usuarios.

En la operadora 2 con las mismas pruebas que se realizaron en la operadora 1 se determinó que en este caso si hay una pequeña demora en la reproducción de video de alta resolución, pues en un video de 4 a 7 minutos de duración hubo alrededor de 5 pausas, pero se asume que son por las mismas intermitencias de señal que se tienen en el punto afectado en mención. Y en lo

que ha llamadas se refiere la calidad de llamadas se refiere en ninguna de las dos hay notables diferencias.

Para la implementación propuesta en esta nueva repetidora de señal en el sector, se debe tener presente que el diseño sea funcional en esta repetidora y no solo en el punto que se identificó las fallas de cobertura, si no pueda ampliar el servicio a puntos muertos de señal que quizá en este estudio no se pudieron notar.

Hay que tomar en cuenta que la implementación de la tecnología 4G trae efectos socioeconómicos en sectores estratégicos como la educación, salud, transporte, por ello es importante abastecer no solo este, si no todos los sectores con tecnología avanzada (4G) logrando así aumentar el PIB en la región, pues Quito es una de las ciudades con mayor crecimiento económico y poblacional en el país.

Con respecto a los consumidores o usuarios de la telefonía móvil se concluye que estos están en un rango de 22 a 30 años que son personas que pueden solventar un plan celular y son estos usuarios quienes en realidad se ven afectados por la cobertura celular, pues se inclinan a contratar planes postpago con tecnología 4G y cuya exigencia es tener un servicio de calidad.

5.2 Recomendaciones

La principal recomendación a las operadoras celulares es que aseguren la experiencia y el bienestar de los usuarios finales, garantizando la navegación en la red 4G e invirtiendo en el desarrollo tecnológico de las redes que prevalecen en el país, en este caso la red 4G, pues de esta manera maximizan ganancias que obtienen por la asignación del espectro radioeléctrico por parte del estado; a su vez se debería establecer tiempos de despliegue evitando que el espectro sea utilizado a su máxima capacidad y ocasione congestión, o ampliar sus redes para evitar gastos de infraestructura.

Fomentar este tipo de estudios, tener datos estadísticos e históricos es importante, a fin de dar a conocer la realidad de la velocidad y cobertura de las operadoras, su calidad, falencias y oportunidades de mejora.

En el caso de las operadoras estudiadas, puede validar que en el caso de la operadora 2 se debe ampliar la infraestructura, como se indica en las conclusiones, no existen antenas que brinden la cobertura necesaria el sector, si bien es cierto la operadora 1 cuenta con una casi excelente cobertura no debe pasar por alto las intermitencias que existen en el sector, que se podría solventar con una repetidora de más capacidad o al igual que se recomienda con la operadora 1, implementar una nueva RBS .

Para ofrecer una red que cubra todo el sector estudiado y sus falencias, manteniendo un presupuesto para infraestructura acorde a los objetivos del diseño de red LTE se recomienda dar seguimiento a los siguientes puntos que se consideran importantes:

- Los usuarios puedan acceder, mantener y cumplir con los objetivos de calidad de servicio en la red (accesibilidad, capacidad de retención y la calidad) para datos y voz
- El diseño de radiofrecuencia (RF) propuesto, debe proporcionar una alta probabilidad de que los usuarios puedan cumplir o superar los objetivos de rendimiento en los que trabajan con la red 4G.
- Se debe proporcionar la necesaria referencia de señal recibida (RSR) así como la calidad de señal de referencia recibida (RSRQ) y la señal de interferencia, más el ruido (SINR), para un aumento en la probabilidad de modulación de orden superior para los esquemas de codificación, necesarios para un mayor rendimiento en la calidad de señal que se debe proporcionar al usuario.
- El diseño debe proporcionar una red con una probabilidad de tener una experiencia de usuario satisfactoria a través de la red LTE que se propone implementar en el sector.
- Utilizar la máxima capacidad del sistema, reduciendo el nivel y el número de interferencias a través de la optimización del diseño, que se plantee.
- Realizar un análisis de costo-beneficio en todas las operaciones de diseño y optimización de diseño con el fin de entregar una propuesta de red más eficiente.

- Determinar la configuración de red óptima con el número mínimo de recursos de la red para satisfacer la demanda de usuarios que se quiere abastecer
- Proporcionar un diseño que minimice el impacto en la red básica (transporte, carga del procesador, la señalización excesiva, etc.)
- Proporcionar una red 4G estable, que permita a los usuarios permanecer a esa red tanto como sea posible y no hacer la transición a UMTS/GSM.

Para lograr que los puntos propuestos se realicen de forma adecuada, el ingeniero de diseño debe tomar en cuenta las recomendaciones propuestas y evaluar adecuadamente las herramientas que se proporcionan para facilitar el diseño.

El uso de los resultados y las decisiones de diseño, directamente pueden afectar el rendimiento de la red y la inversión de capital invertido, sin la correcta evaluación por parte del equipo de diseño de 4G que pueda asegurar que los resultados sean precisos y mejoren para la red.

Es importante fomentar las investigaciones sobre nuevas tecnologías, tipos de antenas, equipos celulares y dispositivos en general a fin de reducir costos, y buscar mejores alternativas que satisfagan las necesidades cada vez más exigentes de los usuarios finales.

Adicional se hace imprescindible el control por parte de los entes regulatorios del Estado (Arcotel, Ministerio de Telecomunicaciones, Defensoría del Consumidor) a fin de verificar que se cumpla con los ofrecimientos de las operadoras en cuanto a cobertura y servicio, ya que los usuarios finales a veces no perciben el cambio de velocidad en la navegación, sin embargo, es obligación de las operadoras móviles cumplir con las promesas a sus clientes.

Se recomienda implementar campañas informativas a fin de dar a conocer a los usuarios de las diferentes operadoras los servicios contratados, beneficios y sobre todo que puedan tener un conocimiento más amplio en el caso que no reciban un servicio de calidad.

Se recomienda mejorar los tiempos de implementación de una nueva infraestructura, ya que los tiempos máximos establecidos para la implementación de nueva infraestructura en el Ecuador son considerados muy bajos para las necesidades que presentan las tecnologías 4G, lo que implica que las operadoras deban limitarse a bajas cantidades de espectro y por ello se ven obligados a presentar costos más altos por los servicios de infraestructura prestados a las demás operadoras, pues no siempre una operadora que cuente con espacio en su infraestructura brindara facilidad de acceso a la misma a su “competencia”.

Referencias

- 3gpp.org. (2015). *3gpp A Global Initiative*. Obtenido de 3gpp A Global Initiative . technologies: <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/100-the-evolved-packet-core>
- Academia. (2015). *Academia*. Obtenido de Academia . La evolución de la tecnología del móvil: http://www.academia.edu/14310352/La_evoluci%C3%B3n_de_la_tecnolog%C3%ADa_del_m%C3%B3vil#
- ARCOTEL. (1 de Noviembre de 2016). *Agencia de Regulacion y Control de las Telecomunicaciones*. Obtenido de Agencia de Regulacion y Control de las Telecomunicaciones . SAI: <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-acceso-internet/>
- Banco Central del Ecuador. (Noviembre de 2016). <https://www.bce.fin.ec/>. Obtenido de <https://www.bce.fin.ec/>
- COMMSCOPE. (2017). <http://www.commscope.com>. Obtenido de http://www.commscope.com/catalog/wireless/product_details.aspx?id=15596.
- Diego Rojas Zagals. (26 de 06 de 2009). *Telefonía móvil 3G*. Mexico: Universidad Técnica Federico Santa María.
- EL-Espectador. (8 de Marzo de 2015). *El Espectador*. Obtenido de El Espectador . Noticias . Economía: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/y-ahora-5g-articulo-548210>
- Euroresidentes. (Febrero de 2016). *Euroresidentes*. Obtenido de Euroresidentes . tecnologia: <https://www.euroresidentes.com/tecnologia/internet-de-las-cosas/la-red-5g-impulsara-el-futuro-interne>
- FierceWireless. (20 de Enero de 2012). *FierceWireless . ITU sets IMT-Advanced standards*. Obtenido de FierceWireless . ITU sets IMT-

Advanced standards: <http://www.fiercewireless.com/wireless/itu-sets-imt-advanced-standards-including-lte-advanced-and-wimax-2#>

Github. (25 de Febrero de 2016). *github*. Obtenido de github . superclave-CLI: <https://github.com/juanbrujo/superclave-CLI.wiki.git>

GoogleEarth. (27 de 01 de 2017). GoogleHeart. *GoogleHeart*. Quito, Pichincha, Ecuador.

INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censo*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censo. Estadísticas: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/resultados/>

Informacion, M. d. (11 de 2016). <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/>. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/>

InformaticaHoy. (2016). *INFORMATICAHOY*. Obtenido de INFORMATICAHOY . soluciones moviles: <http://www.informatica-hoy.com.ar/soluciones-moviles/1G-2G-GSM-3G-EDGE-HPSA-4G-LTE-evolucion-conexiones-moviles.php#>

ITU. (20 de Diciembre de 2002). *Union Internacional de Telecomunicaciones*. Obtenido de Union Internacional de Telecomunicaciones. NewsRoom: http://www.itu.int/newsroom/press_releases/1999/03-es.html

La-Razon. (11 de 2015). *Portal la Razon*. Obtenido de Portal la Razon - Suplementos: http://www.la-razon.com/index.php?_url=/suplementos/financiero/Sistema-Huawei-financiero_5_2359614024.html

Lideres, R. (26 de Enero de 2015). *Revista Lideres*. Obtenido de Revista Lideres: <http://www.revistalideres.ec/lideres/20-anos-telefonía-movil-supero.html>

Maps, G. (2017). *Google Maps*. Obtenido de Google . Maps: <https://www.google.es/maps/@-0.0888562,-78.4704859,18z>

- OpenSignal. (30 de 01 de 2017). *https://opensignal.com*. Obtenido de [https://opensignal.com . networks . ecuador . movistar-cobertura:](https://opensignal.com/networks/ecuador/movistar-cobertura)
<https://opensignal.com/networks/ecuador/movistar-cobertura>
- Orange, F. (2010). *fundacionorange*. Obtenido de *fundacionorange . docs:*
<http://www.proyectosfundacionorange.es/docs/10eE.pdf>
- REDESZONE. (07 de 03 de 2016). *www.redeszone.net*. Obtenido de <https://www.redeszone.net/2016/03/07/analisis-de-la-calidad-y-el-rendimiento-del-4g-lte-sobre-la-banda-de-800-mhz/>
- tecnologiafelicianablogspot*. (13 de 4 de 2009). *tecnologiafelicianablogspot*. Obtenido de <http://tecnologiafelicianablogspot.com/2009/04/origen-y-evolucion-de-la-tecnologia.html>
- UNAD. (2015). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Obtenido de *Universidad Nacional Abierta y a Distancia . Contenidos:*
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208003/MODULO_EN_LINEA/interfaz_radio_de_wcdma.html