

**Universidad Santiago de Cali**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Programa de Tecnología en Sistemas**

---

**Comparativo entre la tecnología de redes 4G y 5G y los beneficios de su implementación en Colombia**

**Fabián Andrés Guevara Córdoba**

**Santiago de Cali, 2018**

**Universidad Santiago de Cali**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Programa de Tecnología en Sistemas**

---

**Comparativo entre la tecnología de redes 4G Y 5G Y los beneficios de su implementación en  
Colombia**

**Monografía de grado**

**Presentado por:**

**Fabián Andrés Guevara Córdoba**

**Presentado a:**

**Ciro A. Dussán C.**

**Inge Santiago de Cali, 2018**

## Tabla de Contenido

Pág.

Introducción .....	7
Resumen .....	10
Capítulo I.....	12
1. Objetivos .....	12
1.1. Objetivo general.....	12
1.2. Objetivos específicos.....	12
Capítulo II.....	13
2. Justificación.....	13
Capítulo III.....	15
3. Antecedentes .....	15
3.1. Marco Teórico .....	22
3.1.1 características de la Tecnología 4G.....	22
3.1.2. Características de la Tecnología 5G .....	27
3.1.3 Tipos de aplicaciones (APP) en cada tecnología .....	31
3.1.4 Beneficios de la tecnología 5G.....	32
3.2. Metodología de Investigación.....	37
Capítulo IV.....	38
4. Comparativo de la información del estado actual con respecto a la adopción de la tecnología, 4G y 5G y los beneficios que traerá su implementación en Colombia.....	38
Capítulo V.....	44
5. Características claves de la tecnología 4G y 5G .....	44
5.1. Claves de la tecnología 5G .....	46
Capítulo VI.....	49
6. Importancia de la implementación de la tecnología 4G y 5G en Colombia.....	49
6.1. Banda ancha mejorada. ....	49
6.2. El Internet de las cosas (IoT). ....	49
6.3. Redes de alta confiabilidad y baja latencia.....	49
Capítulo VII.....	53

7. Casos de adopción de la tecnología 4G y 5G .....	53
7.1. Del consumo de datos.....	56
7.2. Desde lo económico.....	57
7.3. Desde la industria .....	57
7.4. Desde la competitividad e Infraestructura .....	58
8. Conclusiones .....	59
8.1. Objetivo específico 1.- Establecer los antecedentes de la tecnología 4G y 5G. ....	59
9. Recomendaciones .....	66
10. Referencias Bibliográficas .....	68

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Modulación adaptativa .....	20
Figura 2. Disponibilidad de redes 4G en Colombia.....	23
Figura 3. Mapas de calidad del servicio en las principales ciudades del país .....	25
Figura 4. Red 4G en Colombia y Cobertura .....	26
Figura 5. Evolución característica de la telefonía móvil.....	27
Figura 6. Evolución física de la telefonía móvil .....	29
Figura 7. Calendario para trabajar 5G en España .....	56

## Lista de Tabla

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Estado de red 4G en Colombia, 2017 .....	23
Tabla 2. Comparativo entre la tecnología 4G y 5G .....	38
Tabla 3. Beneficios de tecnología 4G y 5G en cuanto a costos, cobertura y calidad de servicios	39
Tabla 4. Características claves de la tecnología 4G y 5G.....	44

## Introducción

La razón de esta investigación es explorar y conocer acerca de las diferentes tecnologías comunicativas existentes y que dependen del acceso a internet a través de equipos móviles. Para cumplir con el objetivo de este trabajo, es importante tener un conocimiento profundo de las tecnologías 4G y 5G, conocer sus inicios y todo el camino que estas tuvieron que recorrer para llegar a ser lo que son hoy en día, saber qué características posee cada una, la importancia y beneficios de la implementación de la tecnología 4G y 5G en Colombia.

La tecnología 4G, es la más veloz desarrollada hasta la fecha. Pero todavía no es una realidad global y no todos los terminales ni todas las tarjetas SIM son compatibles con ella, pero presentan beneficios frente a tecnologías anteriores, la oferta y demanda por parte de las operadoras los usuarios y las tasas de consumo que han impulsado el desarrollo de 4G.

Pero se debe tener en cuenta que no en todos los países esta tecnología está completa y perfectamente desarrollada, es por eso que esta investigación habla de los beneficios que tiene la quinta generación de las redes, las cuales traen gran beneficio para las redes inalámbricas y también para la telefonía móvil, pues es mucho más veloz y tiene mayor conectividad, esta tecnología podría ser implementada a partir del 2020. Según (López, 2016)

En los últimos años, los sistemas y servicios de telecomunicaciones han tenido gran evolución, además de primordial importancia para el desarrollo económico y social, Por lo cual es oportuno el estudio comparativo de la tecnología de redes, que proporcionan y cumplen cada vez mejores y más variados servicios que contribuyen al desarrollo de las telecomunicaciones de Colombia (Econectia, 2015)

Uno de los beneficios de estas tecnologías en Colombia son los sensores que permiten medir el estado del tráfico y del clima, proporcionando a quienes las habitan la posibilidad de controlar toda clase de máquinas en tiempo real. Los beneficios en términos de productividad y eficiencia son destacables, considerando que podrían descargarse 33 películas en alta definición en tan solo un segundo. Los dispositivos deberán identificar a dónde pertenecen y conectarse a la red, pero también serán importantes los mecanismos de autenticación de estos.

Según Martha Suárez, directora de la Agencia Nacional del Espectro (Ane), comenta que: “Colombia sí está preparada para recibir el 5G, desde el punto de vista del espectro, ya que se tendrían las bandas necesarias para que pueda funcionar dicha conectividad”. (El Tiempo, 2017).

Christian García, vicepresidente del negocio móvil de Tigo-Une, asegura que “Desde el punto de vista de la cobertura de los servicios de telecomunicaciones en el país, no se ve que el 5G mejore la situación, debido a que las bandas de frecuencias en las que opera son muy altas, lo que requiere una infraestructura con la que el país no cuenta, y eso limitaría bastante la cobertura con esta tecnología”. (El Tiempo, 2017).

Para los usuarios estas tecnologías 4G y 5G, proporcionan al usuario accesos mayores a 100 megabytes en movimiento, alcanzando 1 Giga en reposo. Los terminales móviles y tabletas que se conectan a esta tecnología permiten que se use la red más rápido y que la experiencia del usuario cuando navega a través de su dispositivo móvil sea más placentera y pueda hacer un uso más eficiente de la batería. Se debe tener en cuenta que, si se navega más rápido, se consumen más datos,

En el caso de la tecnología 4G ofrece un gran avance para los usuarios de Internet en dispositivos móviles. Ahora lleva menos tiempo el actualizar los perfiles de las redes sociales, subir y descargar un vídeo o una imagen a la red, y también se puede ver vídeos (por ejemplo, partidos de fútbol) con mejor calidad de imagen y sin saltos ni esperas para que carguen. Todo un avance de la tecnología.

La investigación se basa en el análisis de estándares tecnológicos y de implementación de la tecnológica 4G y 5G, análisis a las tendencias globales, como también casos de estudio y operadores que estén en proceso de implementación del servicio evaluando las estrategias aplicadas y principales dificultades en su despliegue que ofrecen un aval en la implementación de esta tecnología de cuarta generación.

Dentro de los objetivos de la investigación se establece un comparativo entre la tecnología de redes 4G y 5G en Colombia, se busca fijar los antecedentes de estas tecnologías e identificar sus características para determinar su implementación en Colombia.



La investigación concluye que el despliegue de la tecnología 4G y 5G en Colombia, ofrece un punto de gran relevancia al contar con la asignación de bandas de frecuencia que permitan soportar el tráfico de datos que demandarán las conexiones de los dispositivos móviles y el desarrollo de aplicaciones, así como resoluciones en 4K, descargas de videos de HD en segundos, trasmisiones en vivo sin interrupciones y baja latencia.

## **Resumen.**

El presente trabajo de investigación consiste en la descripción y análisis de las distintas tecnologías de la comunicación, dando un enfoque directo y total del trabajo al desarrollo de las tecnologías de internet móvil, partiendo por la 1G y siguiendo un camino de investigación hasta llegar a lo que se conoce como 4G y 5g, las cuales hoy en día se hacen un lugar como las redes móviles más rápidas con acceso a internet.

El problema de investigación fue analizar los distintos aspectos que contemplan estas tecnologías y los beneficios que traería consigo la implementación de la tecnología 5G en el sector colombiano. Dicha investigación, ayudara a la comprensión total de estas herramientas de comunicación y a su vez brindara un espectro amplio de todos los factores que entran en juego dentro del desarrollo de las tecnologías de la comunicación móvil en un país como Colombia.

La investigación fue realizada en base a la metodología de investigación, pues se recabo y recolecto información de diversas fuentes teóricas, como documentos, informes, monografías, entrevistas de radio, etc. Una vez tomados todos estos datos, se analizaron, expusieron y explicaron de forma tal que logre brindar al lector una herramienta con la cual pueda ampliar su conocimiento respecto al tema de estudio. También se hablará de la problemática que impide que la implementación de las tecnologías 5G sea una realidad en el país colombiano, pues como se podrá encontrar en el texto, el principal impedimento para que el camino hacia el 5G está despejado son las políticas colombianas.

### **Palabras clave**

Tecnología, aspectos, 5G y 4G, redes móviles, comunicación.

### **Summary.**

This research work consists in the description and analysis of the different technologies of communication, giving a direct and total approach to the development of mobile internet technologies, starting with the 1G and following a research path until reaching what is known as 4G and 5G, which nowadays make a place as the fastest mobile networks with internet access.

The research problem was to analyze the different aspects contemplated by these technologies and the benefits that the implementation of 5G technology in the Colombian sector would bring. This research will help to fully understand these communication tools and in turn will provide a broad spectrum of all the factors that come into play in the development of mobile communication technologies in a country like Colombia.

The research was carried out based on the research methodology, since I collect and collect information from various theoretical sources, such as documents, reports, monographs, radio interviews, etc. Once all these data were taken, they were analyzed, explained and explained in such a way that it provides the reader with a tool with which he can expand his knowledge about the subject of study. It will also talk about the problems that prevent the implementation of 5G technologies are a reality in our country, because as you can find in the text, the main impediment to the road to 5G is cleared are Colombian policies.

### **Keywords.**

Technology, aspects, 5G and 4G, mobile networks, communication.

## **Capítulo I**

### **1. Objetivos**

#### **1.1. Objetivo general**

Establecer un comparativo entre la tecnología de redes 4G y 5G en Colombia

#### **1.2. Objetivos específicos**

- Establecer los antecedentes de la tecnología 4G y 5G,
- Identificar las características claves de la tecnología 4G y 5G
- Determinar la importancia de la implementación de la tecnología 4G y 5G en Colombia.
- Establecer los beneficios técnicos y económicos de la implementación de la tecnología 5G en Colombia.

## Capítulo II

### 2. Justificación

Con la llegada de la tecnología 4G, se establecen los requerimientos mínimos para los servicios de la cuarta generación y para mejorar la cobertura y la capacidad de las redes. De la tecnología 5G, se espera que las redes liberen un ecosistema masivo de IoT (Internet of things) en el que puedan cubrir las necesidades de comunicación de miles de millones de dispositivos conectados, con la combinación adecuada entre velocidad, latencia y costo, la cual beneficiaría a los usuarios, industrias, al país en general, en ambas tecnologías y en cuestión de seguridad (cámaras grabando en tiempo real), es muy beneficioso, ya que utilizan el internet.

Año a año el tamaño del mercado se vuelve más acelerado, se vive un aumento sostenido que arroja una demanda de recursos en lo que se refiere a sistemas de comunicación inalámbricos, razón por la que requiere la migración de estos sistemas a una tecnología de avanzada que cumpla con las necesidades y el cubrimiento de esta expansión donde las tecnologías de 4 generación podrían no ser suficientes lo que conlleva a evolucionar a las de 5 generación, que ofrece cobertura de excelente calidad para los usuarios prácticamente en cualquier lugar.

La tecnología 5G está proyectada a lanzarse comercialmente para el año 2020 y apunta a garantizar la continuidad de los servicios, una alta fiabilidad y baja latencia, factores claves para IoT, que se refiere a la comunicación entre las personas y los objetos, se espera que con el despliegue de la tecnología 5G se pueden conectar alrededor de 10 a 15 dispositivos por usuario, lo que permitirán una cobertura más global a lo largo del extenso territorio Colombiano, así como un uso unificado y dinámico de la integración de las redes, los sistemas y el almacenamiento. Gracias a esta tecnología se espera tener una estrecha interconexión no solo con Smartphone, tablets, televisores y dispositivos electrónicos, sino una fuerte comunicación entre las personas y los objetos (ropa, muebles, electrodomésticos, vehículos, plantas, etc.), así como también plantea nuevos paradigmas, para dar soporte a servicios de video de alta definición y aplicaciones en tiempo real de baja latencia entre otros.

Además, pretende una reducción del 90% de energía y costos a través de tareas de usuario, de acuerdo con investigaciones realizadas por 5G-PPP, siendo así más bondadosa con el medio ambiente, por su eficiencia y gran capacidad de adaptarse a diferentes usos. (5GPPP, 2015)

*Según Escalona en Colombia las redes 4G alcanzan aproximadamente 45% de la cobertura poblacional, mientras que, en algunos países desarrollados, las redes alcanzan una cobertura poblacional de alrededor del 95% al 98%. De acuerdo con Escalona, al 2020 se espera que por cada persona se tengan alrededor de 15 a 20 dispositivos conectados de todo tipo. Hoy en día, esa cifra es de 3 a 4 dispositivos.*  
(Dinero, 2016)

Una justificación clara del presente trabajo es que la telefonía celular, es sin duda una de las tecnologías de comunicación más importante por su gran penetración a nivel mundial desde su aparición de manera comercial hace 30 años. Según un comunicado de prensa de septiembre de 2008 de la **Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)**, mundialmente hay más de 4 mil millones de usuarios de teléfonos móviles, equivalente al 61% de la población del planeta. Y que, a finales del 2008, globalmente había tres veces más usuarios de teléfonos móviles que de teléfonos fijos.

En 2009, se cumplen 30 años de la entrada en operación del primer sistema de telefonía celular comercial en el mundo. Este primer sistema fue introducido en 1979 en la ciudad de Tokio, Japón por la compañía NET. Desde entonces la evolución de la telefonía móvil se ha seguido en base a las generaciones marcadas por 1G, 2G y 3G correspondientes a la primera, segunda y tercera generación cada una de ellas con características muy especiales que la diferencian notablemente una de la otra.

Es importante para la entrada en Colombia que se tenga en cuenta los procesos llevados a cabo en el país, las reglas y condiciones impuestas por los reguladores, el estado de competencia en el que se encuentran, y los futuros progresos.

## Capítulo III

### 3. Antecedentes

#### **Primera Generación (1G):**

Maduración de la Idea En el año 1981, Ericsson lanza el sistema NMT450, el cual trabajaba a una frecuencia de 450 MHz. Su método de transmisión de datos era a través de canales analógicos por modulación de frecuencia y, si bien los terminales eran mucho más aparatosos que los que se conocen hoy en día, lograban cumplir con los requisitos de ser funcionales.

En 1986 Ericsson lanza un segundo sistema, el NMT900, que al trabajar a una frecuencia de 900 MHz (muy superior al anterior) logró captar una mayor cantidad de receptores para así hacerse más global. Otros sistemas utilizados en la época eran el AMPS, en países como Estados Unidos, y TACS, en el Reino Unido.

#### **Segunda Generación (2G): Popularización.**

En 1990 nacen nuevos sistemas como GSM y D-AMPS, que trabajaban a frecuencias de entre 900 y 1800 MHz. Su gran mejora fue tomar los sistemas antiguos y digitalizar la transmisión de la señal por medio de mejoras como TDMA y CDMA para así alcanzar una mayor rapidez, fidelidad y seguridad en la señal. La multiplicación permitió transmitir varias conversaciones de manera simultánea en un mismo canal, por lo que se pudo aumentar el número de usuarios.

También se integra como nuevo servicio el Short Messaging Service o SMS. Cabe destacar que GSM será un gran referente a lo largo de la evolución de la telefonía móvil llegando a ser usado como base fundamental para las futuras generaciones.

**Generación de Transición (2.5G):** Por no tener los medios ni la tecnología para “lanzarse” de lleno a la siguiente etapa es que surge este periodo en el que se incorporan nuevos sistemas como el EMS y el MMS (como mejoras del SMS) y WAP. La velocidad necesaria para brindar estos servicios la proporcionaron las nuevas tecnologías GPRS (hasta 114 Kbps) y EDGE (hasta 384 Kbps).

### **Tercera Generación (3G):**

En esta etapa se incorpora el sistema UMTS debido a la necesidad de aumentar la capacidad de transmisión de datos para incorporar servicios como Internet, teleconferencias, entre otros. Se aumenta nuevamente la frecuencia de la señal a 2600 MHz (Chile) para captar más usuarios y se llega a velocidades de descarga de hasta 7.2 Mbps. Se aumenta la seguridad de transmisión y nace 3GPP, organización elaboradora de estándares 3G más importante a nivel mundial.

### **Generación 4G**

Ya en febrero del 2007 surge la cuarta generación de redes móviles denominada 4G. La principal diferencia con su antecesor son las grandes tasas de subida y bajada que se planean conseguir (Teóricamente llegar a 100 Mbps de bajada en movimiento y 1 Gbps estático). Dentro de las tecnologías consideradas 4g se encuentra la tecnología Wimax y LTE/advanced; Esta última es la preferida últimamente por las compañías para implementar sus servicios 4g ya que ha demostrado tener más eficiencia en las pruebas de laboratorio. (Diego martinez silva, 23 de agosto del 2013)

Existen diversos estudios que se destacan nacional e internacionalmente sobre la implementación y comparación de tecnologías de redes 4G y 5G, entre las investigaciones más destacadas se encuentran:

#### **Título: Estudio De Prospectiva En El Uso De La Tecnología 5g En Colombia Al 2025**

**Autor: Lorena Lucía Puerto Suárez**

**Universidad: Universidad Santo Tomas**

El objetivo principal de esta investigación consistía en estudiar y aplicar el método de prospectiva e innovación tecnológica en el uso de la tecnología 5G, este con el fin de tener una visión del futuro sobre el comportamiento y aceptación que puede tener esta tecnología de quinta generación.

Esta investigación estudiaba los claros beneficios que tiene la tecnología 5G en comparación con las anteriores tecnologías conformadas por la 2G, 3G, 4G, en cuanto a velocidad que sería 30 veces más rápida a la que se tiene actualmente. Según este estudiante de ingeniería de sistemas esta tecnología podría ser implementada en el año 2025.



El tipo de investigación que se utilizó fue de prospectiva tecnológica y fue desarrollado en cuatro partes principales que fueron: el marco principal del proyecto que abarco un *preview* es decir, da la orientación sobre la generalidad del objeto a estudiar, la segunda parte fue la definición del alcance del proyecto, tres la investigación del estado del arte de la tecnología 5G que obviamente abarca la parte documental, y por último la ejecución del proyecto que corresponde al desarrollo de la metodología de prospectiva tecnológica aplicada a la tecnología 5G.

Con el análisis realizado en el presente documento, las variables de espectro, capacidad de operación, infraestructura, arquitectura, inversión en las TIC y energía, son las principales variables de conflicto, ya que son protagonistas de la tecnología 5G y su desenlace traerá éxito o fracaso.

A partir del juego de actores, se permite visualizar que es indispensable, fundamental y favorable que se realicen algunas alianzas estratégicas entre los proveedores de comunicaciones para lograr metas conjuntas en cuanto al despliegue de nueva infraestructura para un uso compartido y el ahorro de capital de inversión. Para lograr un incremento en el consumo de tráfico de datos 5000 mil veces mayor que el actual y permitir el acceso desde cualquier lugar a cualquier persona o cosa, los proveedores de comunicaciones deberán ofrecer planes más flexibles y tentadores para los usuarios y se deberá trabajar en retos como ciudades y casas inteligentes, mejorando drásticamente la eficiencia energética con conexiones para todas las cosas que un usuario desee y al mismo tiempo contar con equipos que soporten tecnología, también que se establezca una regulación más flexible que no impida el despliegue y adecuación de antenas. Es relevante contar con asignación de bandas de frecuencia en el espectro, que permitan soportar el tráfico de datos que demandarán las conexiones de los dispositivos móviles y el desarrollo de aplicaciones.

**Título: Convergencia de tecnologías de acceso a redes móviles de banda ancha**

**Autores: Juan Pablo Puchaicela Huaca**

**Universidad: Instituto Tecnológico de Buenos Aires**

Fue una investigación realizada en el área de electrónica y telecomunicaciones donde principalmente se evalúa el estado actual de las redes móviles, banda ancha y la aproximación tecnológica de las redes móviles, los diferentes modelos para países de Sudamérica.

Los aportes principales que dio esta investigación fue que primeramente definió las condiciones y los escenarios actuales de oferta y demanda de los servicios móviles, los requisitos que debe cumplir la red de acceso móvil de cuarta generación, es decir, tecnologías 4G.

El autor plantea diferentes objetivos a lograr entre los cuales estaban:

Analizar los requerimientos y funcionalidades de la arquitectura de LTE y sus procedimientos de migración, algunos de estos objetivos fue:

Analizar el impacto de la adopción de LTE en las actuales redes 3G.

Analizar el impacto de la implementación en el servicio de voz y datos.

El estudio que se utilizó para determinar la viabilidad de esta investigación fue una investigación a emplearse de la tecnología LTE, desde un modelo tecnológico, estratégico, y de adaptación. Por otra parte, un estudio relacionado con las redes 4G y 5G fue realizado en México, donde no precisamente comparan estas dos tecnologías en cuanto a redes sino más bien en un modelado de voz.

Esta investigación aportó información considerable para identificar la problemática que existe cuando hay un sobredimensionamiento de la capacidad de transmisión de la red que no son viables económicamente, por una parte, el espectro es limitado y el costo de infraestructura de red son bastante elevados, por lo tanto, las prestaciones de calidad deben realizarse en base a las prestaciones mínimas exigibles. Bajo esta perspectiva, para un mismo servicio, el operador de la red LTE puede ofrecer un comportamiento del sistema diferente, por ejemplo, usuarios de negocios frente a usuarios convencionales, usuarios de contrato frente a usuarios pre-pago, usuarios privilegiados en situaciones de emergencia (llamadas de emergencia a policía, bomberos, otros).

**Título: Modelado de voz en redes celulares 4G y 5G: LTE**

**Autores: Luis Enrique Colin García**

**Universidad: Universidad Nacional Autónoma De México**

El trabajo de investigación fue en el 2016 y su objetivo principal fue Habilitar con los resultados obtenidos del modelo de simulación, la comparación de red LTE con redes 3G y 2G en lo que refiere a

calidad del servicio, latencias, número de usuarios por célula soportados por la red sin causar interferencias utilizando diferentes codificadores de audio, esquemas de codificación y modulación. Con este objetivo las metas a cumplir iban a Obtener un modelo de simulación que permita la variación de parámetros en una red LTE y que haga uso de técnicas y tecnología actualizada para un entendimiento de los parámetros aproximados necesarios para el correcto desarrollo de un sistema de comunicación en redes de telefonía celular de última generación.

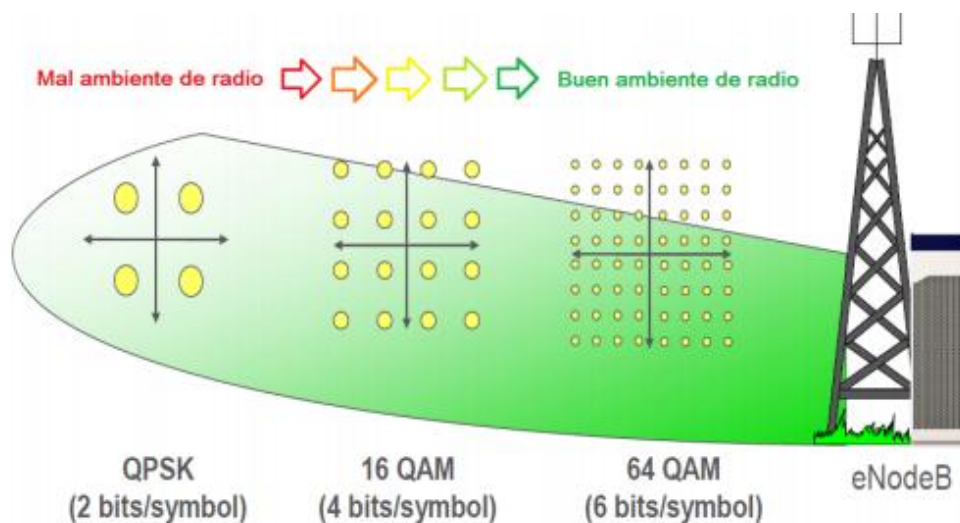
La metodología que se utilizó para esta investigación fue que se modelará el sistema de simulación en la herramienta de software matemático MATLAB, donde se implementarán características gráficas y algoritmos de selección de parámetros que coincidieran en una interfaz amigable al usuario.

Sirve de apoyo a esta investigación lo que concierne a modulación de voz en LTE, y darse cuenta de que depende del ambiente de radio. El UE estima la calidad del enlace de bajada y lo señala de regreso al eNB (Uplink) en el Channel Quality Indicator (CQI). Las señales de referencia en el enlace de subida son usadas por el eNodeB para estimar la calidad en el enlace de subida. Es entonces que el eNB, con esta información, decide la técnica de modulación que debe ser usada habiendo identificado la calidad en la interfaz de aire.

Según Rangel & otros (2014), LTE soporta las siguientes técnicas de modulación (para UL y DL):

- 64 Quadrature Amplitude Modulation (64 QAM): Usa 64 diferentes combinaciones de cuadratura y amplitud para llevar 6 bits por símbolo.
- 16 Quadrature Amplitude Modulation (16 QAM): Usa 16 diferentes combinaciones de cuadratura y amplitud para llevar 4 bits por símbolo.
- Quadrature Phase Shift Keying (QPSK): Usa 4 diferentes cuadraturas para mandar 2 bits por símbolo.

Para entender un poco más, ver Figura 1



**Figura 1.** Modulación adaptativa

Fuente: GSMA, VoLTE (2014). Service Description and implementation Guidelines

El estándar LTE maneja algunos símbolos para mecanismos de control en el PDCCH (Physical Downlink Control Channel), dependiendo si se hace uso de un prefijo cíclico normal o extendido, dicha cantidad de símbolos varía entre 1 y 4 y tiene un impacto directo en la codificación utilizada por el UE. La tasa de codificación o Code Rate se ve representada como el número de bits de información entre el número de bits transmitidos.

Todas estas investigaciones fueron realizadas con el fin de ver la evolución de cada una de las generaciones de estas redes así mismo mostrar los beneficios que tiene la tecnología 4G que es en la que se enfoca esta investigación.

**Título: Análisis de cambios en características fundamentales de la Telefonía Celular desde 1G hasta 5G**

**Autores: Ever Barrera Vargas y Rafael Dionisio Ortega Almeida**

**Universidad: Universidad Santo Tomas, Bucaramanga**

En el caso de esta investigación se enfocó principalmente en las redes móviles desde la primera generación hasta la quinta. La importancia de tener a la mano un documento con la comparación de todas

las tecnologías de la telefonía celular está en que no sólo recoge lo hecho, sino que una vez realizado y archivado, con el paso del tiempo se convierte en una parte de la historia, que puede ser actualizada con la aparición de nuevas tecnologías. Las metas de esta investigación era realizar un análisis de los cambios que han tenido estas redes en cuanto a la tecnología móvil, con el fin de dejar un estudio de ella y su evolución.

Su metodología de investigación se basa en la indagación de la información existente al respecto para desarrollar el objetivo principal y analizar la evolución de la tecnología a través de cuadros comparativos.

Esto aporta a la investigación, el conocimiento del potencial de la tecnología 5G, las compañías de servicios de telecomunicación necesitan desplegar de manera rápida y fácil nuevos servicios para los extremos de la red, disminuyendo la cantidad de tráfico que regresa a los dispositivos móviles y al centro de datos, y reduciendo al mismo tiempo la latencia de la red. El interfaz por radio mejorará su rendimiento, las redes de acceso y las áreas al límite de la red van a incrementar su inteligencia para cambiar la forma de suministro de servicios a los abonados móviles. También se tiene el conocimiento, en que la tecnología 5G, incrementará la seguridad de redes y datos, para proteger los dispositivos frente a los cada vez mayores riesgos de los ciberataques, al mismo tiempo marcará un punto de inflexión en el sector y para su implementación generalizada es necesario todo un ecosistema para satisfacer los diversos requisitos en velocidad, latencia, energía y alcance necesarios para conectar miles de millones de dispositivos inteligentes que se van a utilizar en todo: desde vehículos de conducción autónoma a dispositivos diversos o ciudades.

**Título: Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica**

**Autor: Guevara Toledo, A.P. & Vásquez Alarcón, V.G.**

**Universidad: Universidad de Cuenca – Ecuador**

Se obtuvo conocimiento que 4G incluye servicios simétricos y asimétricos, QoS o calidad de servicio (quality of service, en inglés) para servicios en tiempo real, soporte de streaming de audio y video, además soporta un transporte eficiente de servicios orientados a paquetes, así como soporte a los servicios de difusión y distribución. Soportará antenas inteligentes y adaptativas y utilizará un esquema de modulación y codificación adaptativo.

Se entiende la preocupación en 4G que por la alta frecuencia se experimentarán interferencias multitrayecto de señales secundarias que se reflejan en los objetos, pero una de las propuestas para la solución a este problema es VSF-OFCDM (Este documento compara la capacidad del enlace de radio del enlace directo entre el factor de expansión variable-frecuencia ortogonal y multiplexación por división de código).

4G como una red basada en IP, extenderá el uso de IPv6 que es cada vez más acogido en la infraestructura de las telecomunicaciones. Por ejemplo, cuando un dispositivo en internet como un computador quiera comunicarse con un dispositivo en una red inalámbrica como un teléfono móvil. La computadora enviará el paquete a la dirección IP-4G del teléfono móvil, marcándola como su dirección home. Un servidor de directorios en la red home del teléfono móvil entregará el paquete a la dirección care-of del teléfono móvil a través de un túnel y también informará a la computadora de la dirección care-of del teléfono móvil (verdadera localización), por lo que puede enviar paquetes posteriores directamente al teléfono móvil.

### **3.1. Marco Teórico**

#### **3.1.1 características de la Tecnología 4G**

La tecnología 4G o de cuarta generación de las telefonías móviles, basadas en tecnología IP que se obtiene gracias a la convergencia entre las redes por cable e inalámbricas. Donde las tasas de transferencia de voz y de datos son mucho mayores que las de tercera generación 3G, por lo cual se dice que una tecnología es considerada 4G cuando su velocidad máxima es de 100 Mbit/s en movimiento y de 1 Gbit/s en reposo. También deben de cumplir una serie de requisitos, que son los siguientes:

- Acceso a la banda ancha móvil y eficiencia de ese ancho de banda, ya que el objetivo principal de esta tecnología es el tráfico de datos. Entre otras compatibilidades con servicios IMT (comúnmente conocidas como 3G), redes fijas y compatibilidad con el protocolo IPv6.
- Alta capacidad de red, manteniendo al mismo tiempo la flexibilidad de admitir una amplia gama de servicios, aplicaciones rentables y equipos de fácil utilización.
- Conectividad mediante redes heterogéneas de distintos tamaños y funciones.
- Alta calidad de servicio, con adecuado soporte para aplicaciones multimedia
- Capacidad de inter-funcionamiento con otros sistemas de acceso radioeléctrico y de itinerancia mundial.
- Equipo de usuario de utilización en todo el mundo

La siguiente tabla presenta el estado de Colombia red 4G

**Tabla 1.** Estado de red 4G en Colombia, 2017

COLOMBIA		
OPERADOR	VELOCIDAD	COBERTURA
Avantel:	25 Mbps	58%
Movistar:	16 Mbps	60%
Claro:	14 Mbps	54%
Tigo:	13 Mbps	64%
ETB:	9 Mbps	70%

Fuente: Autores

Específicamente para el caso de Colombia, se visualiza que Avantel se mantiene a la cabeza de velocidad con 25 Mbps de descarga, le sigue Movistar con 16 Mbps, Claro con 14 Mbps, Tigo con 13 Mbps y ETB con 9 Mbps. Todas las operadoras tuvieron una cobertura de más del 50%. Según el estudio, ETB está a la cabeza con un 70% de cobertura.



**Figura 2.** Disponibilidad de redes 4G en Colombia

Fuente: Cuartas, E. (2017). ESTE es el estado de las redes 4g en Colombia en 2017. *Enter.co*, 19de julio de 2017. Recuperado de: <http://www.enter.co/cultura-digital/colombia-digital/redes-4g-en-colombia-2017/>

Los usuarios de Movistar y Tigo son los que más disponibilidad de 4G tienen en el país. De acuerdo con OpenSignal, el país todavía se encuentra en una posición muy baja si se le compara con el promedio mundial en cuanto al estado de las redes móviles. Sin embargo, se espera que con programas como Vive Digital estos números mejoren en los próximos años.

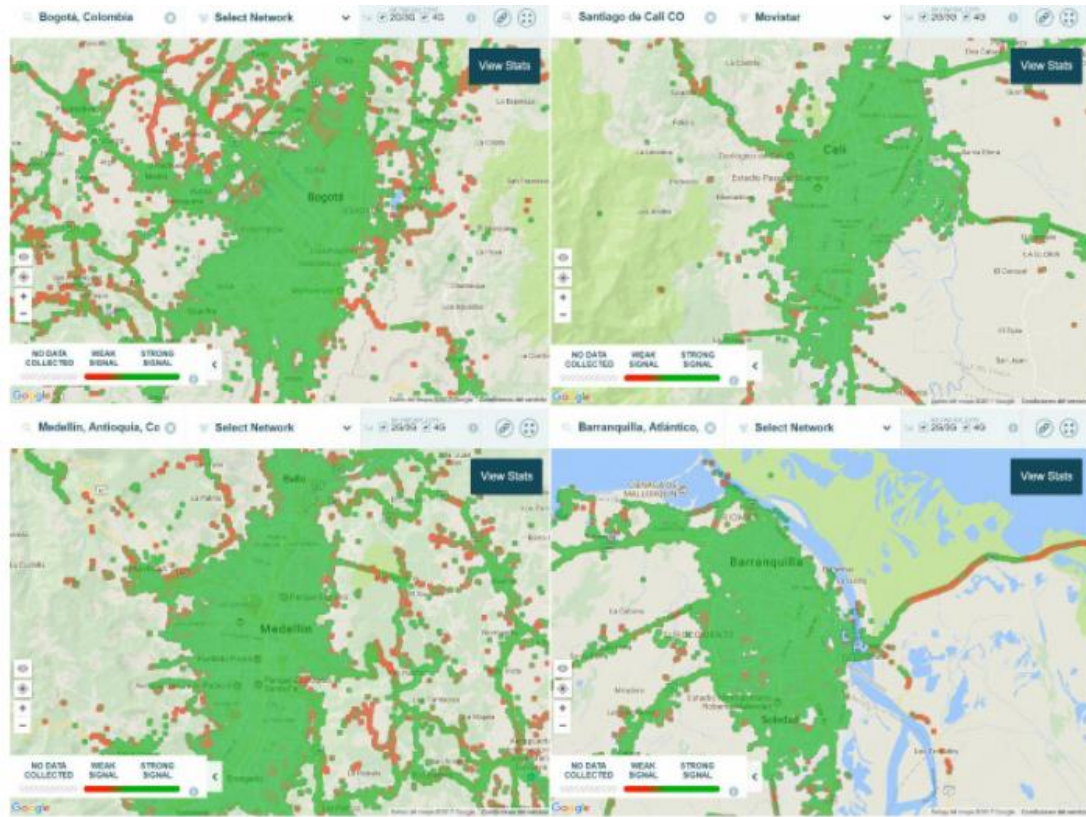
Además, de acuerdo con la GSMA, los operadores han invertido 9.000 millones de dólares para mejorar sus redes desde 2010. Además, se espera que se hagan inversiones de capital por 5.000 millones de dólares en los próximos tres años para mejorar la cobertura y la capacidad de las redes. Por ejemplo, en un caso puntual, Claro espera tener el 100% de cobertura LTE en el país en 2018. (Cuartas, 2017)

Colombia se ubica en la octava posición entre 19 países incluidos en el estudio, elaborado con información suministrada por consultoras internacionales y datos de población de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal).

El listado de países en los que la tecnología 4G LTE ha logrado una mayor penetración es liderado por **Uruguay, que ya alcanza una adopción de 62%**. Chile (26%) y Argentina (21%) configuran el podio de la región. El informe destaca que países como Paraguay y Panamá mejoraron considerablemente frente al índice presentado en el primer trimestre del año.

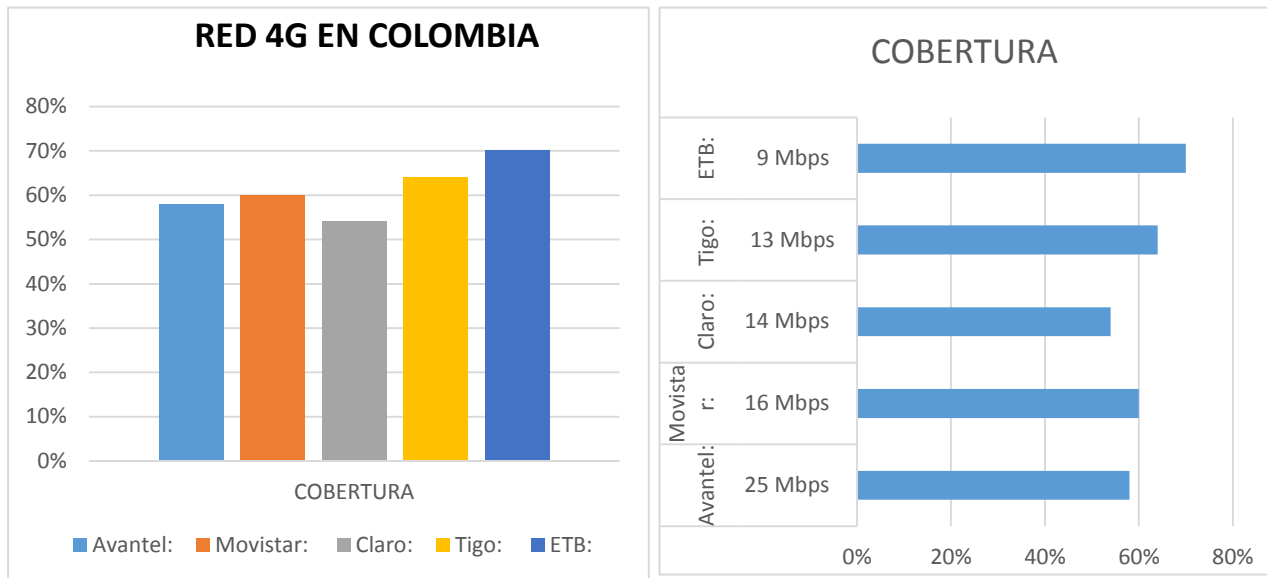
En el 2016 se comentó de ‘Calidad Celular 2.0’ la aplicación del gobierno que permite a los colombianos medir la calidad del servicio de sus operadores, y reportar fallas a las autoridades para gestionar acciones correctivas. En ese sentido OpenSignal también ha creado una serie de **mapas de calidad del servicio en las principales ciudades del país**, los cuales se pueden consultar ya sea instalando la aplicación en los terminales electrónicos, o en la página web de la aplicación, y darse una idea clara de la disponibilidad de una señal fuerte para el operador en algún punto específico de la ciudad.





**Figura 3.** Mapas de calidad del servicio en las principales ciudades del país

Fuente: Xataka Colombia (2017). Reporte: así están las redes móviles 3G y 4G en Colombia. Xataka.com, 20 de julio de 2017. Recuperado de: <https://www.xataka.com.co/empresas-y-economia/reporte-asi-estanas-redes-moviles-3g-y-4g-en-colombia>



**Figura 4.** Red 4G en Colombia y Cobertura

**Fuente:** autores

Los planes de cobertura mediante la operación en distintas bandas de frecuencia, los aspectos que deben ser considerados al momento de elegir las bandas de operación, y el estado actual de las redes LTE en Colombia y que a nivel mundial ha presentado el mayor crecimiento, que son atractivos para los operadores por sus grandes beneficios como lo es el aumento de la banda ancha, mayor capacidad en la red, un mejor uso del espectro, la reducción de precios, menor latencia, dispositivos más atractivos para los usuarios y demás prestaciones.

Según Guevara & Vásquez (2013), al momento de la implementación, LTE:

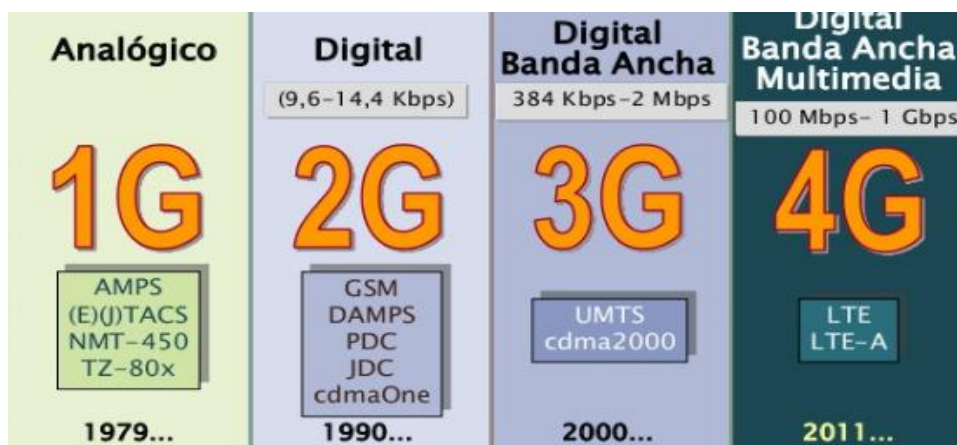
*“Es una tecnología que presenta varios retos para los operadores, como: obtener acceso al espectro correcto y suficiente, los equipos no responden a las necesidades de los operadores, el control del creciente tráfico de datos, fuentes de financiamiento, estructura, entre otros. La tecnología LTE ya se ha implementado en varios países y se está expandiendo a nivel mundial. No obstante, para la mayor parte de Latinoamérica, LTE es un concepto relativamente nuevo ya que no se tiene una cultura muy amplia sobre el tema”.* (Guevara & Vásquez, 2013)

“Según la Unión Internacional de Comunicaciones (UIT), para que una tecnología pueda etiquetarse como "4G" las velocidades máximas de transmisión de datos deben situarse en 100 megabits en movimiento y 1 gigabit en reposo”. (Blasco, 2016). La conexión 4G está basada en "la convergencia de redes y cables inalámbricos", explica la compañía telefónica Movistar.

Según el operador de telefonía móvil, las conexiones 4G "mantienen una calidad de servicio de alta seguridad que permite ofrecer servicios de cualquier clase en cualquier momento, en cualquier lugar, con el mínimo coste posible". (Blasco, 2016)

Este tipo de conexión equivale a la del ADSL de una línea fija en un hogar. Es entre cinco y 10 veces más rápida que la 3G, logrando que no se caiga la conexión a internet.

### 3.1.2. Características de la Tecnología 5G



**Figura 5.** Evolución característica de la telefonía móvil

Fuente: Ubiera Díaz, D.C. (2016). Historia de la tecnología celular: Evolución de la tecnología móvil 1G, 2G, 3G, 4G. [En línea]. En: Tecnonewsus.com, enero de 2016. Recuperado de: <http://www.tecnonewsus.com/2016/01/evolucion-de-la-tecnologia-movil.html>

La tecnología 5G está pasando de ser una visión de la industria a una tecnología tangible de última generación.

*La primera fase de 5G debería lanzarse al mercado para fines de 2017 mediante 3GPP, y 5G debería estar totalmente definido para fines de 2019. Las primeras implementaciones de 5G utilizarán el canal y núcleo de control LTE, y se centrarán en mejorar la banca ancha móvil. Se cree que los Juegos Olímpicos del invierno de 2018 en Corea del Sur ofrecerán la primera prueba a gran escala de 5G, con implementaciones comerciales 5G posteriormente para 2020. Las normas seguirán evolucionando incluso después de lanzar la tecnología al mercado. (Ubiera, 2016)*

*Martha Suárez, directora de la Agencia Nacional del Espectro (Ane), indicó: “La tecnología 5G se basará en tres ejes: vamos a percibir objetos conectados entre sí y cosas que se comunican con las personas; existirán redes que serán capaces de soportar aplicaciones y juegos de realidad virtual; y seremos testigos de comunicaciones ‘ultraconfiables’, en donde el mensaje no se podrá perder”.* (Peña, 2017)

En un principio, en la década de 1980, los primeros teléfonos móviles, eran los celulares análogos de la primera generación **1G**, los cuales sólo servían para hacer llamadas y enviar mensajes de texto.

Después aproximadamente de diez años (1992), llegaría la telefonía **2G**, que tuvo despliegue de la **tecnología GMS (Sistema Global para Comunicaciones Móviles)**, que tuvo el avance del internet, o también llamada telefonía digital, que surge ante la necesidad de transmitir datos y voz pero los servicios que ofrece la red son limitados

Mientras la demanda por los celulares aumentaba, los proveedores de 2G continuaban mejorando la calidad de transmisión y la cobertura. Estos también comenzaron a ofrecer servicios adicionales, como fax, mensajes de textos y buzón de voz.

Según Ubiera (2016):

*Una fase intermedia conocida como 2.5G fue introducida a finales de los 90’. Esta fase utilizaba el estándar GPRS, el cual permitía a los usuarios enviar datos con imágenes y/o gráficos. La importancia de este servicio creció conjuntamente con el desarrollo del Internet y los Protocolos de Internet (IP). La red EDGE es un*

*ejemplo de tecnología 2.5G, sí, sin esta red los Smartphone no existirían, incluyendo los BlackBerry. (Ubiera, 2016)*



**Figura 6.** Evolución física de la telefonía móvil

Fuente: Grupo Agentis (2016). Evolución de las tecnologías móviles: del 1G al 5G. En: Grupoagentis.es, 14 de marzo de 2016. Recuperado de: <http://www.agentis.es/evolucion-de-las-tecnologias-moviles-del-1g-al-5g/>

Cada evolución en la tecnología de red trae nuevas oportunidades y nuevas experiencias para los usuarios. 5G está pasando de ser una visión de la industria a una tecnología tangible de última generación. (Commscope, 2018)

Pero día a día se demandaba mayor velocidad donde se obtuvo la telefonía 3G, en un inicio, se implementó la tecnología 3G en Chile, año 2001, se pensaba que solo servía para hablar, hoy puede ayudar a disminuir la brecha de información y tenía como objetivo facilitar la transferencia de archivos multimedia, y el poder de visualizar videos online, la conectividad permanente inalámbrica y una velocidad hasta siete veces más rápida que la conexión telefónica estándar, con velocidades de hasta 2 Mbps (Megabits por segundo).

*La tecnología de telefonía móvil 3G permitió a los usuarios el uso de aplicaciones de audio, imágenes y vídeo, donde es posible ver vídeo en streaming (en tiempo real, sin que el vídeo se detenga) y hacer uso de las vídeo-llamadas, aunque realmente ya en la práctica este tipo de actividades se ven restringidas por los cuellos de botella en la red y el alto uso (exagerado) de esta red por parte de los usuarios. (Cornejo, 2014)*

Uno de los principales objetivos del 3G era estandarizar las redes en un único protocolo de red global, en vez de utilizar los diferentes estándares que fueron adoptados anteriormente en otras regiones. El 3G ofrece velocidades hasta 2Mbps, pero sólo bajo las mejores condiciones y en modo estacionario (usándolo con un router al interior de los hogares). Si el 3G se utiliza a grandes velocidades, por ejemplo, en un auto que se encuentra en movimiento, el ancho de banda puede ser reducido a 145Kbps. (Jilapa, 2014)

Los servicios celulares 3G, también denominados como UMTS, mantienen mayores velocidades de datos y abren el camino a aplicaciones al estilo del Internet. El 3G soporta voz y data al mismo tiempo, a excepción de cuando se utiliza en redes CDMA (pero ya esto ha ido cambiando poco a poco), también se puede utilizar con un grupo de estándares alrededor del mundo, siendo compatible con una amplia variedad de dispositivos móviles. Y gracias a la tecnología UMTS ya existe la posibilidad de roaming global, con acceso potencial al Internet desde cualquier parte del mundo. (Cornejo, 2014)

Según ha pasado el tiempo al 3G le ha hecho una que otra modificación, una de las más importantes fue la actualización de la tecnología UMTS, haciéndola llegar a velocidades de hasta 14Mbps, en sus mejores condiciones. A esta actualización se le denominó HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access), la cual también se conoce como 3.5G, o 3G+ (Como se conoce a través del servicio que ofrece Orange). (Sciarretta & Venturino, 2015)

Pero a medida que pasaron los años, se daría un nuevo avance, que permitiría una velocidad de navegación mayor y ultrarrápida con la tecnología **3G ultrarrápida**, donde sale H y H+, que da a entender que está conectado la red HDPA (High Speed Downlink Packet Access → Acceso Ascendente de Paquetes de Alta Velocidad en español, que se conoce también como 3G+, 5G, o Turbo 3G, alcanzando velocidades de 14 mbps. (Blasco, 2016)

### **La tecnología 5G está caracterizada por 8 especificaciones:**

- 1) Una tasa de datos de hasta 10Gbps - > de 10 a 100 veces mejor que las redes 4G y 4.5G
- 2) Latencia de 1 milisegundo
- 3) Una banda ancha 1000 veces más rápida por unidad de área
- 4) Hasta 100 dispositivos más conectados por unidad de área (en comparación con las redes 4G LTE)
- 5) Disponibilidad del 99.999%
- 6) Cobertura del 100%

- 7) Reducción del 90% en el consumo de energía de la red
- 8) Hasta 10 diez años de duración de la batería en los dispositivos IoT (Internet de las Cosas) de baja potencia



La siguiente generación de redes de telecomunicaciones (5G) saldrá al mercado en 2020. Más allá de mejorar la velocidad, se espera que las redes 5G liberen un ecosistema masivo de IoT en el que las redes puedan cubrir las necesidades de comunicación de miles de millones de dispositivos conectados, con la combinación adecuada entre velocidad, latencia y costo. El siguiente documento de preguntas y respuestas le proporcionará una interesante introducción a la tecnología 5G: cómo difiere de la tecnología 4G LTE actual, cuáles son los nuevos casos de uso para IoT y de qué manera los operadores de redes móviles se pueden beneficiar. (Gemalto, 2017)

### 3.1.3 Tipos de aplicaciones (APP) en cada tecnología

El desarrollo de aplicaciones móviles crece cada día, por lo que se **orientará para** escoger de manera adecuada. Hay tres aplicaciones:

- Aplicaciones híbridas
- Aplicaciones móviles nativas

- Aplicaciones web optimizadas para móviles

### 3.1.3.1 Aplicaciones móviles híbridas.

Es un enfoque de programación para dispositivos móviles que realiza la combinación de los puntos fuertes de la programación nativa y el desarrollo de apps móviles HTML5. Para construir una aplicación móvil híbrida, [los desarrolladores escriben el núcleo de la aplicación](#) (Parizo C, 2014) como una aplicación móvil HTML5 y luego colocan un empaquetador (wrapper) de dispositivo nativo alrededor, que actúa como intermediario y traduce las instrucciones a una forma que el dispositivo móvil entiende. El núcleo HTML5 de la aplicación móvil híbrida funciona dentro del contenedor nativo y utiliza el motor del navegador del dispositivo móvil (no el propio navegador) para cargar el HTML5 y procesar el código JavaScript a nivel local, este puede ser reutilizado para otras plataformas móviles. Solo el empaquetador nativo debe ser escrito para cada dispositivo móvil y sistema operativo. [Los desarrolladores pueden reducir el tiempo de desarrollo](#) generando empaquetadores con software de proveedores como PhoneGap y Appcelerator. (Rouse M, 2016)

### 3.1.4 Beneficios de la tecnología 5G.

**Antenas MIMO (Multiple Input - Multiple Output):** logran un notable aumento de la velocidad de conexión y transmisión de datos a través del servicio, optimizando el espectro electromagnético, permitiendo a los dispositivos trabajar en múltiples frecuencias simultáneamente para múltiples entradas y múltiples salidas, optimizado de esta manera la optimización de las comunicaciones y velocidades de transmisión y recepción de información. Se usan dos antenas, con diferente codificación la cual se basa en el procedimiento de Alamouti, el cual mejora la distancia entre la señal y el ruido, además de la capacidad en los límites de las celdas. La velocidad de transmisión aumenta sólo de forma indirecta como resultado de la mejora de la calidad de la señal. (Jaramillo y otros, 2017)

**Radio Cognitiva** Son las comunicaciones inalámbricas, que tienen como propósito la inteligencia artificial a los dispositivos de telecomunicaciones para lograr la capacidad de escanear el espectro completo y de esta manera realizar tareas como la identificación de las secciones de espectro libre y la asignación de tráfico a dichos espacios del espectro, lo cual logra garantizar la comunicación de alta velocidad, y la interconexión de muchos más dispositivos. (Jaramillo y otros, 2017)



**Administración avanzada de interferencia:** Esta es la interferencia co-canal que se presenta en la tecnología actualmente en servicio 4G LTE, con base en estas limitaciones se proponen soluciones futuras como:

- Receptor avanzado y programa conjunto que desde la transmisión y desde el dispositivo final se implementen técnicas para reducir la afectación de las interferencias.
- Interferencias co-canal causadas por un canal contiguo, en este caso, la interferencia que causa una BS sobre un equipo en el área de otra BS.
- Receptor avanzado es capaz de decodificar tanto la información deseada como la interferencia para de esta manera retirarla.

**Internet Móvil personal y más allá,** describe tres requisitos fundamentales: a) la capacidad de ampliar la red con el fin de tener la capacidad de albergar el creciente número de dispositivos que acceden a la red con el fin de intercambiar información, haciendo especial hincapié en las comunicaciones M2M (machine to machine), dado el crecimiento casi exponencial de los diferentes dispositivos portátiles, sensores y actuadores que se dispone en la actualidad; b) los usuarios no deben acceder a la red para alcanzar la información de internet, sino que el internet vendrá a ellos, c) tener una red lo suficientemente rápida para garantizar períodos de latencia muy bajos, con el fin de garantizar la posibilidad del internet táctil en un futuro próximo. (Jaramillo y otros, 2017)

**Formación de Haz de onda milimétrica para habilitación de tecnología y comunicaciones celulares 5G.** La explosión de tráfico en las comunicaciones móviles ha generado recientemente un aumento de espectro subutilizado en las bandas de frecuencia de onda milimétrica, como una solución potencialmente viable. La mejora es ofrecer mayores velocidades de datos a los usuarios finales mejorando eficiencia espectral, desplegando más estaciones base, y agregando más espectros. (Jaramillo y otros, 2017)

**Densificación de las redes inalámbricas** son un reto ya que deben converger aspectos tan importantes como el cambio total de infraestructura y la evolución de los actuales dispositivos de recepción, por lo que debe existir una re-organización de las redes y un manejo más eficaz de las interferencias entre celdas, todo esto soportado por una densificación de Backhaul red de retorno (porción de red dentro una estación base que se encuentra entre el núcleo (Core) y las subredes presentes), receptores capaces de realizar procesos de cancelación de interferencia. (Jaramillo y otros, 2017)

**Tecnologías Cloud para acceso a redes de radio flexibles 5G**, se incorporará a sus servicios móviles nuevos y más complejos dispositivos operados por humanos y también dispositivos que se comunicarán con otros dispositivos estos totalmente automatizados (máquina a máquina, M2M).

Dejando claro la gran importancia de la nube y el papel esencial que cumple, integrándolo a objetos de uso cotidiano, como automóviles, electrodomésticos, textiles y aplicaciones críticas para la salud. (IEEE, 2014)

**Proyecto METIS** se encarga de contemplar la metodología que se basa en un enfoque ascendente donde se desarrollan nuevos conceptos de radio y en un enfoque descendente en donde se evalúan los servicios y aplicaciones para validar los requisitos que 5G debe cumplir.

Al igual que los requerimientos y escenarios para la estandarización futura de la tecnología 5G.

Este Proyecto METIS, según Jaramillo y otros (2017):

*Contempla la densidad de volumen de tráfico, rendimiento experimentado por parte del usuario final, latencia, confiabilidad, disponibilidad y rentabilidad. Los escenarios contemplados son sorprendentemente rápidos, servicio a gran multitud de dispositivos, seguido de la mejor experiencia, conexiones en tiempo real y con ello, el internet de las cosas. (Jaramillo y otros, 2017)*

**Células pequeñas, multipunto coordinado y Masivo MIMO en 5G**, se obtiene una mayor eficiencia espectral, una combinación inteligente de células pequeñas, transmisión conjunta coordinada multipunto (JT CoMP).

**Conexión Dispositivo a dispositivo (D2D)**, propone una conexión directa entre dispositivos cercanos de manera que se libera el uso de las estaciones bases de forma considerable en escenarios concurridos de usuarios, donde los dispositivos finales, estarían en la capacidad de conectarse sin la intervención de la estación base, e incluso funcionar como un nodo de distribución de servicio al que se conectan varios dispositivos finales cercanos que estén fuera de la cobertura de la estación base o con la intención de liberar la misma.

En la implementación se generan retos de garantizar la seguridad de la comunicación entre dispositivos remotos; si para completar dicha comunicación debe pasar por los dispositivos de otros usuarios, otro reto termina siendo como controlar la cantidad y calidad de usuario conectados, así como la

restitución por la disposición de recursos como procesamiento del dispositivo o el consumo energético elevado por la utilización del mismo como prestador de servicio.

**Aplicaciones de Cancelación de auto interferencia en 5G**, simplificará la administración del espectro, habilitará una comunicación full dúplex, lo que permitirá que una radio pueda transmitir y recibir datos en una misma frecuencia y al mismo tiempo, duplicando la eficiencia espectral, ayudará a la evolución de la tecnología 5G hacia redes más densas y que puedan utilizarse en un sistema de comunicación inalámbrico con mayor capacidad de enlace y virtualización del espectro. (Jaramillo y otros, 2017)

**Forma de onda asíncrona no ortogonal para futuras aplicaciones**, busca cambiar el sincronismo y la ortogonalidad de las ondas basadas en la tecnología 4G LTE-A por medio de una estructura de cuadros unificada, tomando una forma de onda multicarrier con funcionalidad de filtrado, generando así una interfaz de área más eficiente y escalable en aplicaciones de IoT, conectividad inalámbrica Gigabit e internet táctil. (Jaramillo y otros, 2017)

**Tecnologías disruptivas para 5G**, Según IMDEA (2017).

*Las 5 tecnologías que implementaría en 5G serían un punto de inflexión para la arquitectura y modelado de los dispositivos que hay actualmente, estas tecnologías son: arquitectura centrada en el dispositivo, MIMO masivo, onda milimétrica, dispositivos inteligentes y soporte de comunicación máquina a máquina, con dichas innovaciones el cambio del modelo trabajado hasta el día de hoy tendrá que pasar a uno nuevo; cambiando totalmente los paradigmas de una red celular. (IMDEA, 2017)*

Otro aspecto de importancia en 5G es la arquitectura enfocada en los dispositivos, con lo cual las redes buscarían generar un conjunto de subredes aumentando su cobertura y maximizando su velocidad de conexión entre dispositivos y entre celdas de conexión.

### **Las ventajas de la tecnología 5G**

“Probar las bondades de una nueva generación en las redes móviles como lo es 5G, que le permitirá en el futuro a nuestros clientes experimentar descargas de datos, aplicaciones en tiempo real, juegos de realidad virtual, interacción en tiempo real de servicios que utilizan la nube y mayor desarrollo en IoT

masivo, en ultra altas velocidades, que hasta hace poco creíamos imposibles”, declaró Fabián Hernández, presidente de Telefónica en Colombia.

Además, esta tecnología disminuye la contaminación electromagnética de las ciudades. Tanto para Andrés Quintero, Gerente General de Ericsson Colombia y para el CEO de Telefónica en Colombia, con la tecnología 5G, la economía digital del país y de la región tendrá un empujón importante; especialmente, si se tiene en cuenta que el número de usuarios para esta tecnología aumentará a casi el doble de conexiones a las que actualmente existen en el mundo, 8.900 millones.

Así mismo, habrá protocolos mucho más seguros que impulsarán el e-commerce y el Internet de las cosas (IoT). Se espera que la nueva generación esté desplegada y disponible en hogares y empresas a más tardar en el año 2020.

### **Qué pasará con 4G**

Por ahora, y de aquí hasta que se instale toda la infraestructura necesaria para que la tecnología 5G pueda usarse con eficiencia, los dispositivos seguirán funcionando con tecnología 4G, pero tendrán los requerimientos para la nueva generación. Es importante recalcar que, de acuerdo con los expertos presentes en la prueba, la conexión LTE no desaparecerá en un futuro cercano. Por lo que se puede esperar que los dispositivos se conecten a las dos: LTE y NR (New Radio).

Ahora que ya se definió el estándar para 5G, Fabián Hernández resalta que el país tiene dos grandes retos para implementar la tecnología de nueva generación con éxito: implementar las infraestructuras necesarias y crear un medio de transporte sólido (carreteras y otros vías) para poder movilizar los materiales para la infraestructura y las tecnologías que llegarán con la nueva generación. (ARIAS, 18-07--18)

### **3.2. Metodología de Investigación**

El enfoque de este trabajo es de tipo investigativo, pues busca seleccionar información fehaciente con relación directa a las tecnologías de la comunicación móvil, celulares, tabletas y demás dispositivos. Partiendo por un análisis detallado de todas las tecnologías existentes, desde la 1G, su evolución a lo largo de los años y el camino que esta recorrió para avanzar en su calidad tecnología y de este modo poder llegar a lo que se conoce comúnmente como la tecnología 4G y que apunta a la implementación de la 5G.

El método de investigación y síntesis es abordado en correspondencia a los objetivos específicos y su resolución, denotando cada proceso evaluativo e investigativo en un espectro general del problema de investigación y que a su vez espera responder al objetivo general del proyecto.

Por lo anterior expuesto, se llevó a cabo el uso de metodologías que permitieran describir todos los factores importantes y los aspectos fundamentales de estas tecnologías, el impacto social y económico que tuvieron en el momento dado de su desarrollo e implementación. Esto permitirá contar con tres etapas investigativas: exploratoria, descriptiva y en correspondencia a los objetivos que fueron planteados al inicio de este proyecto, profundizando en las características y razones del planteamiento del problema y así consolidar la visión general del porqué de este proyecto.

#### **Fuentes primarias.**

Artículos, entrevistas radiales, monografías, informes, que conciernen a las necesidades de este proyecto de investigación, fueron usados pues se consideró pertinente hacer partícipe toda esta información para el buen desarrollo de este proyecto.

#### **Fuentes secundarias.**

Selección de ejemplos y casos que puedan ser objeto de estudio para ser usados como referentes ante la idea y la necesidad de la implementación de la tecnología móvil 5G en el territorio colombiano.

#### **Investigación descriptiva.**

Posterior a la recopilación de toda la información procedente de distintas fuentes teóricas y referentes bibliográficos, se toma como siguiente medida la clasificación de toda esta información, el estudio de los datos más importantes que se pueden encontrar a lo largo de este proyecto, luego de esto, con su respectivo análisis, se proyecta una clasificación de la información para encontrar las similitudes entre las tecnologías, exponiendo los aspectos más relevantes de cada una para que así mismo de puedan identificar los beneficios que generó cada una de ellas.

## Capítulo IV

### 4. Comparativo de la información del estado actual con respecto a la adopción de la tecnología, 4G y 5G y los beneficios que traerá su implementación en Colombia

En la actualidad, las principales diferencias entre las distintas generaciones del estándar de conexión se aprecian en el caudal de descarga. Según los datos disponibles, en condiciones normales el 5G será de la orden de 200 veces más rápido que las conexiones 4G. Se habla de cifras que se mueven en una orquídea que va de 1 a 10 Gbps, pero no es el máximo teórico puesto que se trata de velocidades de acceso a Internet en movimiento. Si se considera el punto de acceso y receptor parados, la conexión de banda ancha se multiplica hasta lograr conexiones de hasta 50 Gbps.

**Tabla 2. Comparativo entre la tecnología 4G y 5G**

DIFERENCIAS	4G	5G
Tráfico de área	-X	100X
Eficiencia energética de la red	-X	100X
Ancho de banda	-X	7X
Densidad de la Ubicación	-X	5X
Eficiencia de espectro	-X	3X

Fuente: Elaboración propia con ayuda de diferentes autores

En la tabla anterior las variables que están contenidas muestran una comparativa en cuanto a beneficios de las tecnologías 4G y 5G.

Entre los beneficios que obtendría el 5G y su implementación en Colombia en comparación con las redes 4G están:

- Eficiencia energética: 100X
- Velocidades de datos: 10-100X
- Reducción de latencia 5-10X
- Dispositivos conectados 10-100X
- Capacidad de tráfico de área: 100X

**Tabla 3.** Beneficios de tecnología 4G y 5G en cuanto a costos, cobertura y calidad de servicios

Beneficios	4G	5G
<b>Costos</b>	El gasto en batería no será poco.	Reducirá el consumo de batería. En un 90%, o la intención de que las maquinas que usen la conexión de manera puntual puedan tener una batería de hasta 10 años de vida.
<b>Cobertura</b>	Inició en 2010	Llegará en el 2020
	Vodafone ha mejorado sus cifras quedándose como la mejor opción del mercado 4G, con 86,48 % en 2018	
	Velocidades máximas de transmisión de datos deben situarse en 100 megabits en movimiento y 1gigabit en reposo. World Wide Web (WWW)	Velocidad de bits de 1 a 10 Gbps, se supera con Protocolo de Transporte Abierta (OTP). El OTP es soportado por Transporte y capa de sesión, que es para la calidad de la gestión de servicio a través de varios tipos de redes. 5G adelanta un verdadero mundo inalámbrico Wireless-World Wide Web (WWW).
	Telefonía IP	Se basa en direcciones IP que serían diferentes en cada red IP en todo el mundo.
Nuevas frecuencias, ancho de banda de canal de frecuencia	Frecuencia – 3 a 300 GHz	

	más amplia.	
	Tecnologías de multiplexación / acceso – OFDM, MC-CDMA, CDMA y LAS-Red-LMDS	Tecnologías de multiplicación / Access – CDMA y BDMA
	Ancho de Banda – 5-20 MHz, opcionalmente hasta 40 MHz	Ancho de Banda – 1.000x ancho de banda por unidad de superficie.
	Después de <b>medir la cobertura y velocidad de dicha tecnología en más de 330.000 usuarios de 68 países</b> llegó a la conclusión de que mientras en unos países está perfectamente establecida, en otros "no pasa de un estado de adolescencia. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Corea del Sur: 97% del territorio.</li> <li>▪ Japón: disponible en 90% del país.</li> <li>▪ Hong Kong: alcanza un 86%.</li> <li>▪ Kuwait: servicio en un 86%.</li> <li>▪ Uruguay: empatado con Singapur, con una cobertura en el 84% del país.</li> </ul>	Europa, Alemania: ya han sacado a subasta el espectro de 700 MHz y esperan que esté libre para 2017. Tampoco habrá frecuencias libres en Francia hasta ese mismo año. Reino Unido tiene como límite el año 2022 Italia se hace pruebas en su territorio. España, ha destinado 570.00 euros para la liberación de la banda de 700 Mhz El despliegue del 5G comenzará cuando termine el del 4G. Asia, puede empezar incluso antes del 2018.

Tabla 3 (Continuación)



Beneficios	4G	5G
<b>Calidad de servicios</b>	<p>Acceso móvil web, telefonía IP, servicios de juegos, TV móvil de alta definición, videoconferencia, televisión 3D, computación en la nube, gestión de flujos múltiples de difusión y movimientos rápidos de teléfonos móviles, Digital Video Broadcasting (DVB), acceso a información dinámica, dispositivos portátiles.</p>	<p>Personas y dispositivos conectados en cualquier lugar en cualquier momento. Su aplicación hará que el mundo real sea una zona Wi Fi. Dirección IP para móviles asignada de acuerdo con la red conectada y la posición geográfica. Señal de radio también a mayor altitud. Múltiples servicios paralelos, con los que se puede saber el tiempo meteorológico y en tu posición geográfica mientras hablas. La educación será más fácil. Un estudiante que se sienta en cualquier parte del mundo puede asistir a la clase. El diagnóstico remoto es una gran característica de 5G. Un Médico puede tratar al paciente situado en la parte remota del mundo. El seguimiento será más fácil, una organización gubernamental y otros investigadores pueden monitorear cualquier parte del mundo. Se hace posible reducir la tasa de criminalidad. La visualización del universo, galaxias y planetas serán</p>

		posibles. Posible también detectar más rápidamente desastres naturales incluyendo tsunamis, terremotos, etc.
	Una película de 800 MB, tardaría 28,5 segundos	Una película de 800 MB, tardaría un segundo.
		Se espera que alcance velocidades de hasta 1 gigabit por segundo. Y eso la haría nada menos que 100 veces más rápida que la 4G.

Fuente: Elaboración propia

Otra diferencia significativa es que las conexiones 5G bajo tecnología LTE-A pueden alcanzar hasta 300 Mbps, “50 gigas”, permitirán descargar archivos multimedia de 800 MB en apenas un segundo; mientras que con el 4G se habla de una media de 30 segundos.

Se espera que las conexiones 5G sean para la telefonía móvil, lo que la ficha óptica es a la banda ancha fija; haciendo que las compañías inmersas en el desarrollo y evolución de las redes 5G, trabajen sobre perfiles de usuario con consumos del orden de 36 TB.

Si actualmente el 4G ofrece unos valores de retardo reducidos, con el 5G esos datos se verán prácticamente eliminados.

Con respecto a la eficiencia energética, se espera que los módems compatibles sean un 10% más respetuoso con la batería de los futuros Smartphone. El mayor ancho de banda del 5G requerirá unas especificaciones técnicas muy elevadas para estos dispositivos, especialmente en lo que concierne a la potencia del procesador y la cantidad y frecuencia del bus de la memoria RAM. (Rodríguez, 2015).

*La primera gran diferencia entre el actual 4G y la idea de 5G que hay actualmente es la frecuencia que se usa. Mientras en 4G lo más habitual es usar frecuencias*

*bajas, entre los 800 MHz y 2.6 GHz, en el caso de las pruebas de 5G que se han llevado a cabo hasta ahora se han utilizado bandas situadas entre los 26 y 38 GHz. Pero además de la velocidad, la latencia es uno de los puntos importantes en las futuras redes 5G. Estaríamos hablando de que esta nueva tecnología sería capaz de reducirla hasta valores cercanos al milisegundo. (Xataka, 2016).*

## Capítulo V

### 5. Características claves de la tecnología 4G y 5G

**Tabla 4. Características claves de la tecnología 4G y 5G**

Una comparativa entre dos tecnologías

<b>Características</b>	<b>Tecnología 4g</b>	<b>Tecnología 5g</b>
<b>Velocidad.</b>	La velocidad promedio de esta tecnología se establecía en 100 Mbps	La velocidad que maneja la tecnología 5g se estima en 10 Gbps
<b>Latencia.</b>	La latencia o pin, que maneja la tecnología de 4g ronda los 40ms	Se espera que la esta tecnología tenga una latencia mínima que se establezca en 1ms
<b>Dispositivos conectados</b>	La cantidad de dispositivos que se encontraban con esta tecnología solo era de unos pocos millones.	Para cuando la tecnología 5g tenga lugar, se esperan más de 100 billones de conexiones.
<b>Ahorro de energía</b>	El ahorro de energía resultaba un problema, puesto que esta tecnología demandaba mucho el uso de esta.	Este tipo de red, se caracteriza por su eficiente uso de la energía, permitiendo un ahorro de la misma hasta en un 90%
<b>Implementación</b>	La implementación de esta generación de red resultaba bastante difícil y compleja.	Por el contrario, la tecnología 5G será de implementación mucho más sencilla.
<b>Tiempo de respuesta</b>	El tiempo de respuesta para esta generación, se podría	Siendo comparada con la antecesora, esta tecnología

	considerar rápido, pero en relación con la generación siguiente sería obsoleta y lenta.	tiene como punto fuerte su velocidad, ya que se espera sea 5 veces más rápida que la anterior.
<b>Uso de batería</b>	Consumo elevado	Genera un ahorro de hasta el 10% en el uso de la batería.
<b>Tecnología</b>	IP junto a LAN, WAN WLAN y PAN	4G + WWW
<b>Multiplicación</b>	CDMA	CDMA
<b>Núcleo de red</b>	INTERNET	INTERNET
<b>Espectro</b>	800MHz 1800MHz 2600MHz	Debajo de los 6 Hz

Colombia ocupa el puesto 79 entre 148 países, y el 7° a nivel latinoamericano, según un estudio del Foro Económico Mundial, en donde se muestran los países con el minuto de celular más caro. Aunque los puntos callejeros que ofrecen minuto de llamada a celular a 100 pesos. Lo que significa que un usuario en Colombia paga en promedio 0,27 dólares, cuando un dólar oscila a los \$2.824 pesos (tasa representativa del mercado vigente) \$2824, que al cambio serían a \$1101 el minuto.

El Foro Económico Mundial, en su Informe mundial de tecnologías de información se evalúa el acceso y desarrollo de infraestructura de tecnologías y comunicaciones, entre este internet y telefonía fija.

Según la compañía telefónica Movistar, el operador de telefonía móvil, las conexiones 4G *"mantienen una calidad de servicio de alta seguridad que permite ofrecer servicios de cualquier clase en cualquier momento, en cualquier lugar, con el mínimo coste posible"*. (Dinero, 2016)

Más allá de mejorar la velocidad, se espera que las redes 5G liberen un ecosistema masivo de I o T en el que las redes puedan cubrir las necesidades de comunicación de miles de millones de dispositivos conectados, con la combinación adecuada entre velocidad, latencia y costo.

Las redes de quinta generación (5G) están actualmente en desarrollo y saldrán al mercado a comienzos del 2020. En comparación con la tecnología 4G LTE actual, la 5G tiene como objetivo llegar a alta velocidad (1 Gbps), baja potencia y baja latencia (1ms o menos), para el I o T masivo, el Internet táctil y la robótica.

La red inalámbrica de la próxima 5G, más allá del Internet móvil va a alcanzar el IoT (Internet de las Cosas) masivo para comienzos de 2020. La principal evolución en comparación con 4G y 4.5G (LTE avanzado) de hoy en día es que más allá de las mejoras en la velocidad de los datos, los nuevos casos de uso del IoT y de comunicación crítica van a requerir nuevos tipos de rendimiento mejorado.

### **5.1. Claves de la tecnología 5G**

Dentro de las claves de la tecnología 5G, se encuentra la llamada “baja latencia”, la cual provee interactividad en tiempo real para los servicios que utilizan la nube, utilizada con éxito en los vehículos autónomos, que traen bajo consumo de energía; factor que permitirá que los objetos conectados funcionen por meses o años, sin la necesidad de ayuda humana.

A diferencia de los servicios del IoT actuales que comprometen el rendimiento para obtener lo mejor de las tecnologías inalámbricas de hoy en día (3G, 4G, WiFi, Bluetooth, Zigbee, etc.), las redes 5G se van a diseñar para brindar el nivel de rendimiento necesario para el IoT masivo.

La tecnología 5G es impulsada por una velocidad de datos hasta 10 Gbps. Mejora de 10–100x sobre las redes 4G y 4.5G; latencia de 1 milisegundo, ancho de banda de 1000 x por unidad de área, gasta 100 x el número de dispositivos conectados por unidad de área (en comparación con 4G LTE), 99.999% de disponibilidad, 100% de cobertura, 90% de reducción del uso de energía de la red, Hasta 10 años de vida útil de la batería para un dispositivo del IoT de baja potencia

Según Commscope (2018):

*Una RAN centralizada, donde el fronthaul de fibra permite múltiples emplazamientos celulares para compartir recursos de unidad de banda base remota (BBU), con el tiempo evolucionará a RAN en la nube (C-RAN). En la arquitectura C-RAN, las BBU serán virtualizadas en software de Data Centers ubicados en los bordes de las redes. La arquitectura 5G para CRAN divide BBU en*

*dos entidades: la unidad distribuida, DU, y la unidad centralizada, CU. La DU virtualizada estaría ubicada cerca del borde y admitiría la funcionalidad en tiempo real del radio, mientras que la CU se encontraría más profundo en la red y admitiría funcionalidad no en tiempo real en muchas DU (Commscope, 2018).*

Además, para soportar tecnologías Gigabit LTE y 5G; deben hacer que las redes sean mucho más densas para ofrecer servicios de alto rendimiento y baja latencia, lo cual implica el despliegue de small cells separadas por poca distancia entre sí a través de la red de acceso de radio (RAN), un panorama donde C-RAN establece la base para la tecnología 5G, es hoy una tendencia de gran importancia para la industria inalámbrica. (Diario TI, 2017)

En espacios complejos de lugares de alto tráfico, en edificios difíciles de cubrir y en megaestructuras, la tecnología 5G, tendrá como parte fundamental los interiores, donde el tráfico móvil es del 80%. Además, las aplicaciones IoT dependientes de 5G, tales como el comercio minorista de productos inteligentes y la salud conectada, se concentran en edificios comerciales, por lo que la tecnología 5G necesitará funcionar tanto en interiores como en exteriores.

En cuanto a interiores donde las altas frecuencias son limitadas debido a que no se pueden propagar bien a través de las paredes y en exteriores 5G se espera usar grandes grupos de antenas de alta potencia las cuales no serán prácticas para implementaciones en interiores, por lo tanto, estos son desafíos que se pueden solucionar coordinando señales en grupos de radios de baja potencia conectados.

Según Commscope (2018):

*Al evolucionar a tecnología 5G, todos los dispositivos periféricos necesitan energía local, lo cual tradicionalmente ha implicado conexiones de redes de CC realizadas por contratistas eléctricos. Entre la disponibilidad de mano de obra y las trabas para obtener permisos, este puede ser un proceso lento y costoso, y el suministro de energía convencional puede agregar hasta \$15.000 al coste de la conexión de un solo dispositivo. (Commscope, 2018)*

Una propuesta es un cable híbrido que es el resultado de fibra óptica y energía eléctrica en que no requiere electricistas con licencia ni permisos. Esto permite la centralización de la gestión de energía y la

organización de baterías de respaldo centrales para un grupo de dispositivos periféricos fundamentales, tales como células pequeñas 5G y radio inalámbricos fijos.

En la tecnología 5G, se tiene como objetivo que sea 10 o 20 veces mayor, para alcanzar una velocidad de rendimiento de 20 Gbps, para lo cual se necesitan anchos de banda de canales más grandes, y hay que usar un espectro de ondas milimétricas (mmWave) en el rango de frecuencia extremadamente alto sobre los 6 GHz, las cuales tienen implicaciones profundas en los sistemas de radios y los diseños de antenas.

Pero si se compara con las frecuencias celulares en uso en la actualidad, la pérdida de propagación de mmWave es mayor, la dispersión de rayos es menor y la penetración en los edificios es más superficial.

En el caso de un sistema móvil, un usuario en movimiento será rastreado y cubierto por un haz de una estación base en particular hasta que ese haz sea bloqueado y el servicio sea interrumpido. La comunicación será restablecida por un haz transmitido desde otra antena que tenga una vía no obstruida. Estas entregas de haces serán más infrecuentes que el escaneo de haces rápido implementado en un sistema inalámbrico fijo. (Linehan, 2017)



## Capítulo VI

### 6. Importancia de la implementación de la tecnología 4G y 5G en Colombia

La importancia de la implementación de la tecnología 4G y 5G en Colombia, se dará porque tendrá banda ancha móvil mejorada de hasta 10 GBPS por suscriptor, más de 20 mil millones de cosas en I o T para 2020, poca latencia: admisión de tiempos de respuesta para aplicaciones ultrarrápidas, con una latencia menor a 5 milisegundos.

Esta tecnología 5G está haciendo lentamente la transición para pasar de una idea general a una implementación de red, programando ensayos y pruebas de 5G para resolver cómo se pondrá en práctica la visión de 5G, la cual promete soporte a nuevos servicios, más videos y conectividad en la nube.

Hay tres casos principales que dirigen la revolución 5G:

#### 6.1. Banda ancha mejorada.

Con la promesa de conectividad de 10 Gbps y latencia de menos de cinco milisegundos, hacen que el incremento actual de la demanda de conectividad móvil se acelere exponencialmente. Se cree un incremento de 10 a 100 más de la cantidad de dispositivos conectados a 5G en una cantidad de 4G dispositivos.

#### 6.2. El Internet de las cosas (IoT).

Para un futuro se calculan unos 20 mil millones de conexiones IoT por 2020 conexiones que dirigirán edificios y ciudades inteligentes. para hacer lugar para todas las "cosas" de la red.

#### 6.3. Redes de alta confiabilidad y baja latencia.

Además de hacer lo que hace 4G mejor y más rápido, las velocidades 5G podrán permitir que los vehículos sin conductor se coordinen en la red lo cual hará que haya menos accidentes de tránsito, habilitar la realidad aumentada o también conocida como realidad virtual, ampliar los horizontes de la cirugía remota y otras aplicaciones que solo pueden llevarse a cabo con una red 5G.

Con estos usos en mente como la plantilla de implementación 5G en el mundo real, tiene sentido considerar también lo que puede hacerse para que estas aplicaciones se hagan realidad.

Para que este plan se haga realidad se puede tener estrategias como: la densificación, la práctica de incrementar la capacidad en un área determinada a través de más antenas, sitios de célula pequeñas, actualizar a MIMO y tecnologías sectorizadas, la virtualización, cambiar el trabajo de los equipos físicos a los entornos virtuales que funcionan en la data centers centralizados, la cual puede reducir los costos considerablemente. Al igual que la optimización de los recursos y procesos existentes como la reutilización del espectro TV e inalámbrico de la generación anterior y avanzar al máximo los recursos de computación. A través de la convergencia de red, la eficiencia será un requisito crítico de diseño para todos los aspectos de 5G. (Accis, s.f)

*El rendimiento de las conexiones de datos 5G estará condicionado por el espectro radioeléctrico, sin embargo, las redes 5G contarán con otra característica como respaldo frente al 4G. La cual es que las redes inalámbricas IMT Advanced (International Mobile Telecommunications)) tendrán un mejor tiempo de respuesta al handover o lo que es lo mismo, el cambio de cobertura ofrecido por una antena de telefonía a otra. En lo que respecta a la eficiencia energética, se espera que los módems compatibles sea un 10% más respetuoso con la batería de los futuros smartphones. En cambio, habrá que esperar futuros acontecimientos a este respecto ya que el mayor ancho de banda del 5G requerirá unas especificaciones técnicas mucho más elevadas para estos dispositivos, especialmente en lo que concierne a la potencia del procesador y la cantidad y frecuencia del bus de la memoria RAM. (Rodríguez, 2015)*

La importancia de prepararse para la tecnología 5G es saber cómo se usará.

Para Santiago Escalona, director de mercadeo estratégico de Nokia para Latinoamérica, la cobertura poblacional del 4G todavía es muy poca y es necesaria para poder proveer servicios de excelente calidad.

Se espera que para 2020 las conexiones con tecnología LTE alcancen en Colombia los 32 millones, lo que representaría más de la mitad de las líneas totales.

*Desde hace aproximadamente cuatro años hasta hoy, la cobertura e implementación de las 4G ha sido un proceso en constante evolución.*

*No obstante, a nivel nacional aún falta muchísimo si se compara con otros países del mundo. Según Escalona, en Colombia las redes 4G alcanzan aproximadamente 45% de la cobertura poblacional.*

*En contraste, en algunos países desarrollados, las redes alcanzan una cobertura poblacional de alrededor del 95% al 98%. (Dinero, 2016)*

Con las redes 5G, será capaz de conectarse por medio de un dispositivo a cualquier tipo de tecnología 2G, 3G, 4G, WIFI, etc; bandas de frecuencia que hoy en día no se están utilizando; es decir, las bandas que van por encima de los 6GHz hasta los 99GHz.

No obstante, como son bandas de muy alta frecuencia, se va a tener una buena capacidad, pero no una buena cobertura, lo que se convierte en un reto para los operadores que es tener una mayor cobertura indoor, lo que hace que este tipo de planificación varíe acorde a las tecnologías, siendo un desafío permanente para mantener las redes actualizadas y optimizadas con tecnologías de vanguardia.

Actualmente, las 5G no están 100% estandarizadas, a pesar de existir pruebas en países desarrollados, pero no a nivel comercial, lo que aclara que no hay una red 5G que ya esté funcionando en el mundo hoy en día.

A pesar de que la fecha exacta aún no se conoce, se estima que en el mundo se va a tener acceso a esta tecnología aproximadamente en el año 2019 o 2020. Los operadores junto con los proveedores tecnológicos serán los encargados de realizar las pruebas y la inversión para la implementación de la tecnología 5G, mientras que el consumidor final evaluará y dará el visto bueno y la aceptación necesaria.

Los retos de implantar una nueva tecnología van más allá de la velocidad y la latencia, para lo cual es muy importante que todos los países se pongan de acuerdo en cuáles serán

concretamente las bandas que se destinarán al 5G, a fin de que dicho espacio del espectro se deje disponible y además quitará la preocupación cuando se viaja, de las bandas que usen en otros países. Además, el uso de frecuencias tan altas, pueden suponer un problema a la hora de que la señal penetre en edificios, problema que se tendrá que enfrentar. En cuanto al coste de los despliegues, Corea del Sur y Europa ya han anunciado que el objetivo pasa por el comienzo de los despliegues en 2020, aunque los

operadores también tendrán que estar por la labor de invertir. Éstos obviamente tendrán que buscar la manera de rentabilizar dichas inversiones.

Las redes móviles, pensadas en su día para comunicar personas, darán un gran paso con esta nueva evolución 5G, revolucionando la comunicación entre maquinas.

Hay dos puntos importantes en el 5G que harán que esta generación sea la de las maquinas.

Según Mármol (2016):

*Por un lado, las velocidades de las que se ha hablado antes no son velocidades que se repartirán entre los dispositivos conectados a una misma antena, sino que las estaciones bases serán capaces de dar dichas velocidades a cada terminal conectado, reduciendo los habituales problemas que se dan en grandes aglomeraciones. (Mármol, 2016)*

## Capítulo VII

### 7. Casos de adopción de la tecnología 4G y 5G

Las experiencias basadas en pruebas técnicas realizadas por fabricantes como Ericsson, Huawei, Alcatel y Nokia, se prevé a una capacidad entre 1000 a 5000 veces en aumento de tráfico en la próxima década; para hacer frente a este incremento, un aspecto clave a tener en cuenta en la tecnología 5G será aumentar la capacidad de manejo de tráfico, que se define como el tráfico total que la red puede soportar. (Ericsson, 2015)

Según Gemalto (2018):

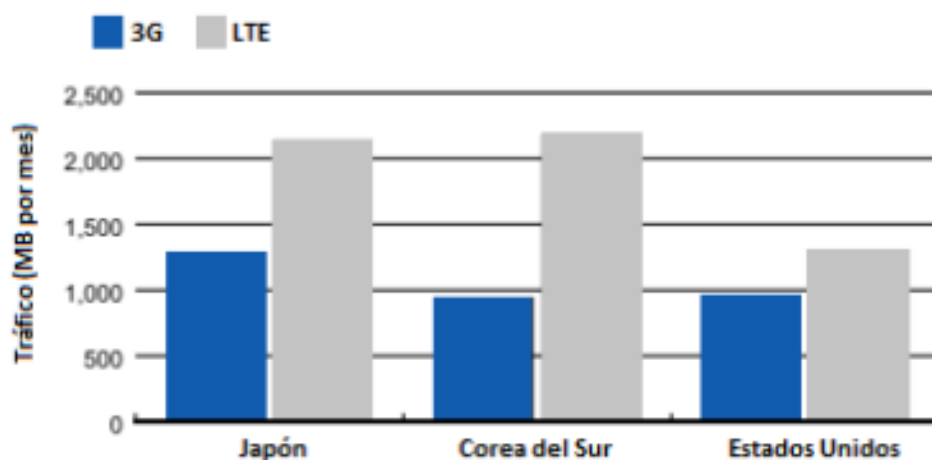
*Dadas las nuevas perspectivas de uso para la conectividad de banda ancha, algunos proveedores de equipos como Ericsson predicen que va a haber más de 150 millones de dispositivos conectados a la red 5G en menos de 12 meses después de su lanzamiento. Para el uso tradicional del Internet móvil, que combina toda la cobertura de las redes LTE, la GSMA pronostica la siguiente tasa de penetración para 2020. (Gemalto, 2018)*

A medida que el mundo iba evolucionando, se llegó a alcanzar la mayor velocidad hasta el momento, como la tecnología o telefonía móvil 4G, con cobertura en América Latina, sin incluir a Brasil, Cuba, Haití y Nicaragua

En América Latina, se cuenta con países muy avanzados en cuanto a tecnología móvil 4G, entre los cuales en orden de cobertura y disponibilidad están Uruguay, Bolivia, Perú, México, Ecuador. Y otros países como Singapur igualan a Uruguay en cobertura. (Blasco, 2016)

- Otros lugares donde se está probando y aplicando la tecnología 5G, es Japón y Corea en 2013; NTT Do como realizó las primeras pruebas experimentales en 2014, Samsung, Huawei y Ericsson comenzaron a desarrollar un prototipo en 2013; SK Telecom de Corea del Sur planea realizar una demostración en los Juegos Olímpicos de Invierno de Pyeongchang 2018; Ericsson y Telia Sonera planifican la disponibilidad del servicio comercial en Estocolmo y Tallin para fines de 2018; Fujitsu demostró recientemente tasas de velocidad de 56 Gbps.

Japón tiene como objetivo lanzar la tecnología 5G en los Juegos Olímpicos de verano de Tokio 2020 AT&T va a probar el servicio inalámbrico 5G en Austin, Texas en 2016; en México solo el 60% del territorio nacional cubre la red SIM (López doriga, 2016)



**Gráfica 1. Promedio mensual de tráfico de datos originado por teléfonos.**

Fuente: Mobidia

En cuanto a Corea del Sur consume un promedio de 2,2 GB de datos mensual en 2016 en las redes móviles 4G, el tráfico originado en redes Wi-Fi, comparado con el tráfico de las redes celulares, ha decaído en un 71% del promedio total de tráfico de datos 3G y en un 52% de datos 4G. En estados Unidos la caída es más modesta, de 62% a 59%, y en Japón va de 60% a 51%. (Guevara& Vásquez, 2013).

Por otra parte, en Estados Unidos el consumo de datos LTE es de un promedio de 1.3 GB en comparación con los 956 MB correspondientes a 3G. Esto quiere decir que el consumo ha aumentado en un 36% en este país.

Los principales motivos para la adopción de la tecnología 5G: es la demanda de ancho de banda, transmisión de video, la realidad aumentada, los juegos entre pares y otros servicios. Los operadores de

redes móviles (MNO) buscan nuevas formas de rentabilidad de sus redes que abren la posibilidad de ofrecer nuevas

aplicaciones y servicios. Por lo que una nueva generación de aplicaciones está o estará en uso, desde Internet de las Cosas (IoT) hasta los automóviles sin conductor y la realidad virtual.

*La demanda de datos cada vez mayor continuará pujando los requisitos de 5G, como lo harán las demandas de mayor cobertura. La generación del milenio, que sobrepasará la cantidad de baby boomers en los lugares de trabajo de Estados Unidos para el año 2018, esperan poder usar sus dispositivos móviles en todos lados, en todo momento, con grandes anchos de banda y baja latencia. (Sorrells, 2017)*

Como todas las generaciones de red que la han precedido, el primer paso y el más importante para definir y eventualmente implementar la tecnología 5G será asegurar que puede adaptarse al crecimiento de la banda ancha móvil. Pero para que la tecnología 5G sea exitosa, también debe ser eficiente y permitir la interconexión móvil de máquinas a la nube. Además, la necesidad de permitir casos de uso en baja latencia ayudará a moldear la arquitectura para optimizar la capacidad, sin dejar de lado la necesidad de una mayor eficiencia, que es mejor cuando se centraliza la capacidad. Abarcar el equilibrio entre estas dos necesidades opuestas es clave para que los estándares de la tecnología 5G funcionen.

Probablemente hasta 2020 estará en marcha la tecnología 5G. Con el 4G todavía en despliegue, al menos en España, los fabricantes de dispositivos de redes ya han establecido un calendario para ponerse a trabajar en el 5G.



**Figura 7.** Calendario para trabajar 5G en España

Fuente: Xataka.com. (2016). 5G, así es el futuro de las redes móviles. En: Xataka, 12 de febrero de 2016. Recuperado de: <https://www.xataka.com/moviles/5g-asi-es-el-futuro-de-las-redes-moviles>

### 7.1. Del consumo de datos

Según cifras del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, de los 40 millones de líneas activadas en telefonía celular solo 3,2 millones funcionan con plan de datos.

Según cifras del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en Colombia de los 40 millones de líneas activadas en telefonía celular solo 3,2 millones funcionan con plan de datos. Esto quiere decir que por cada 14 celulares en Colombia solo uno tiene internet móvil. Este 8% representa un atraso si se compara con otros países de la región. En este aspecto las telecomunicaciones locales están por debajo de países como México, Costa Rica y Argentina, por lo que se espera que con la asignación 4G para operadores se abra el espectro tanto en materia de internet fijo y móvil. Todo porque hoy en día los planes de datos son muy costosos, lo que representa una meta para el gobierno que implica volver este servicio más asequible para todos, ya que el “inconveniente que hay es la capacidad de pago y que la gente no está demandando el plan de datos, como requisito necesario, no existe la necesidad según MinTIC. (El País, 2013)

Las perspectivas del presidente de UNE frente a lo que puede ocurrir con los planes de datos y los celulares acoplados para esta tecnología es que no se va a ver dentro de mucho tiempo, porque son muy



caros y la gente va a querer economía como el Wifi, por lo que los operadores tienen que poner de moda el plan de datos, convertirlo en una necesidad y también llegar a los municipios y llegar a las regiones que no están cubiertas, para eso se necesita que permitan la entrada de infraestructura, hay lugares donde no se permite la entrada de infraestructura para poder llevar internet a todas las zonas del país y que pueda ser accesible. (El País, 2013)

## **7.2. Desde lo económico**

Un informe de la Unesco y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), destaca que los servicios móviles generan beneficios económicos y sociales muy significativos para las economías de los países. Las ventajas se dan tanto en países desarrollados como en los que están en desarrollo. Sirven para iniciar nuevas actividades de negocio, mejorar la eficiencia y la productividad, contribuye a desarrollo económico al facilitar la alfabetización informática, y el acceso a la información: noticias, eventos y enlaces a los actuales mercados remotos.

La banda ancha, en Colombia, permitirá a partir del primero de enero del 2019, que solo puedan comercializarse las conexiones superiores a 25 megabits por segundo. Velocidades que permite el funcionamiento del 'streaming' de servicios, la prestación efectiva de la computación en la nube, la computación cognitiva, la analítica de datos y son las que se conectan con los grandes centros de computación para la inteligencia artificial. (Luna, 2017)

## **7.3. Desde la industria**

En cuanto al sector empresarial, la banda ancha móvil, abre mercados locales, nacionales e internacionales, contribuyendo a un crecimiento en sus ingresos, productividad y puestos de trabajo, bajando costos. Las pequeñas y medianas empresas que destinan una tercera parte de su presupuesto en tecnologías web, por lo que verán crecer sus ingresos.

Colombia ha entendido la gran importancia que tiene el uso de la tecnología para su desarrollo económico y su política TIC, con el fin de utilizarlo para reducir la pobreza y crear empleo.

El Ministerio del Tecnologías Información y Telecomunicaciones (TIC) se ha planteado el objetivo convertir a Colombia en líder en la producción de aplicaciones para superar la pobreza, dirigidas a los 4.000 millones de personas que están actualmente en la base de la pirámide.

#### 7.4. Desde la competitividad e Infraestructura

Por medio de las Tecnologías 4G, muchas compañías han recibido millones de dólares en equipos para uso de sus proyectos como en el sector de infraestructura, proyectos viales 4G se habla de más de 125 kms de túnel y una gran cantidad de cortes geográficos; en lo que respecta a negocios indirectos, por las inversiones proyectadas en el metro de Bogotá, puertos y aeropuertos a nivel nacional.

El nivel de automatización es una garantía de alto desempeño, ese significa perforación precisa, confiable y segura en menor tiempo. Las obras se agilizan con tecnología de alto desempeño amigable con el medioambiente y con los operarios, ofreciéndoles más seguridad. Un programa de entrenamiento para operarios locales que garantiza el uso correcto de los equipos y con el soporte posventa en sitio, se garantiza que las máquinas estén operativas 24/7, lo que es clave para la productividad de estos proyectos.

*La compañía Atlas Copco Colombia ofrece tecnología de clase mundial. Desde cargadores subterráneos eléctricos, perforadores con cabinas a control remoto, software que permiten realizar la perforación completamente automatizada, hasta auditorías diagnóstico que tan solo con una tablet, una cámara termográfica y un contador de partículas permiten planificar mantenimientos y reparaciones antes de que los equipos fallen. Tienen clientes a nivel mundial. No es un secreto que Colombia es sinónimo de estabilidad económica en la región y ahora con un plan claro para erradicar el conflicto armado, se convierte en un mercado aún más atractivo. (Portafolio, 2017).*

En infraestructura para el 2025, se esperan menos costos logísticos y tiempos de entrega más rápidos a todas las zonas del país, se incrementará la capacidad de Colombia de competir globalmente. Además, las mejoras en la infraestructura fomentarán la inversión extranjera en todos los sectores.

Otro aspecto es acelerar del crecimiento en las zonas rurales subdesarrolladas, que se beneficiarán de una mayor accesibilidad a las zonas urbanas.

## 8. Conclusiones

### 8.1. Objetivo específico 1.- Establecer los antecedentes de la tecnología 4G y 5G.

Para determinar este objetivo, es propicio decir que la evolución de la tecnología en redes móviles está presente desde la década de los años 70 y en su largo camino a la actualidad esta ha sufrido cambios significativos en su constitución, pues inicialmente fue la tecnología de tipo 1g, la cual acercaba a las personas que estuvieran en una zona determinada de cobertura, la velocidad de transmisión era extremadamente baja y la calidad de la voz era relativa, sin olvidar que las baterías de los dispositivos tenían una duración bastante reducida, pero con todos estos inconvenientes, esta tecnología tomo vuelo y logro conectar a más de 20 millones de usuarios en el mundo para el año 1990.

Seguido de esto **pasamos** a la generación 2G, comparada con la anterior tecnología, que casi parecía arrastrarse por el suelo, esta caminaba, pero no precisamente de una forma firme y excelsa, más bien lo hacía con tropiezos, pero no fue del todo mala, pues la calidad de la voz en las llamadas mejoro de manera dramática y la velocidad en la transmisión de datos se elevó considerablemente, gracias a esto, los servicios de telefonía móvil ganan popularidad en el mundo lo que les suma una cantidad importante de usuarios.

Ahora la tecnología 3G, que vino con un elemento importante y destacado, el internet móvil, el cual no era muy rápido por las condiciones en que se tenía que dar, más con esto, la implementación de esta herramienta permitió que el crecimiento de la tecnología móvil fuera apresurado y mantuviera un ritmo parejo durante su trayecto. Comparado con las tecnologías, está ya no solo caminaba, corría por un camino lleno de tropiezos pero que no se dejaba caer ante ellos.

Para este punto de la evolución de la tecnología móvil, prácticamente los usuarios van en un deportivo de lujo a toda velocidad; la mejora en las antenas, la ampliación del rango de cobertura, la velocidad de la conexión a internet, permitió a la industria brindar beneficios para todos los usuarios de estas redes, y continuar de este modo su crecimiento y mejora.

Para llegar a las nuevas tecnologías 4G y 5G, tuvo un principio (1970), cuando llegaron los nuevos celulares (1G), que permitió hacer llamadas sin tener cable y transferencia de datos entre torres. Al esto no ser suficiente se crea (1980), la tecnología GSM, que permite la transferencia de datos a una velocidad mayor, entrando igualmente el correo de voz y mensajes de texto. Fue entonces, cuando se aceleran los portales WAP, y EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) para darle la bienvenida al 2,5G, donde llegan las notificaciones vía internet, navegación en portales más completo.

Siempre queriendo más el hombre tuvo en mente las video conferencias, ver videos, se pensaba que era solo ciencia ficción, pero en el 2003, en el Reino Unido se lanza la conectividad EDGE “en esteroides”, con velocidad de 2 Mbps, mejor que GSM; que permitía acceder a versiones completas de los sitios web, llegando de forma masiva a los consumidores, convirtiéndose en accesorios increíblemente valiosos con un gran crecimiento en la industria móvil.

Luego, la conectividad Long-Term Evolution se comercializa al público como 4G LTE, el más reciente estándar de telecomunicaciones, con velocidades de 100 Mbps en redes normales y 1Gbps en redes fijas. Lo que en la actualidad se puede reproducir videos en resolución 4K directamente a los teléfonos sin problemas, dando prioridad a los servicios en nube y dispositivos apoyados en una fuerte infraestructura en línea en lugar de localizarse en una terminal.

Pronto y en espera a su completo uso al público en el 2020, la tecnología 5G, tendrá dispositivos y servicios como Periscope y Netflix muy utilizados en las plataformas. Por ejemplo, Huawei en sus pruebas han alcanzado 1000 veces más capacidad que 4G, soportando hasta 1000 millones de conexiones y latencia de un milisegundo y una velocidad de hasta 10 Gpbs; donde el entretenimiento y la comunicación cambiaran completamente.

## **Objetivo específico 2.-Identificar las características claves de la tecnología 4G y 5G**

### ***Características claves de la tecnología 4G***

Las conexiones que utilizan la tecnología 4G, ofrecen la máxima velocidad posible, en cuanto a datos, mientras que cuando se está en movimiento es de un mínimo de 100mbps y estando en un sitio fijo puede llegar hasta 1 Gbps.

Para usar 4G, la zona en la que se está, debe tener una cobertura 4G, y la posibilidad depende también del operador de telefonía.

La velocidad que alcanza este tipo de tecnología permitirá acceder a contenidos, juegos y descargas a una mayor velocidad, acceder en lugares muy remotos a conexiones de telefonía fija, televisión e Internet por este tipo de tecnología, aunque no exista cobertura cerca por la tecnología tradicional.

### ***Características claves de la tecnología 5G***

- Traerán nuevos requisitos en los dominios de almacenamiento, computación y red, y representarán nuevos riesgos a la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos tanto de la empresa como del usuario.
- Una tasa de datos de hasta 10Gbps → de 10 a 100 veces mejor que las redes 4G y 4.5G
- Latencia de 1 milisegundo
- Una banda ancha 1000 veces más rápida por unidad de área
- Hasta 100 dispositivos más conectados por unidad de área (en comparación con las redes 4G LTE)
- Disponibilidad del 99.999%
- Cobertura del 100%
- Reducción del 90% en el consumo de energía de la red
- Hasta 10 diez años de duración de la batería en los dispositivos IoT (Internet de las Cosas)de baja potencia

Como una conclusión que englobe este objetivo específico, es importante decir que la tecnología 5G destaca de una forma exponencial frente a su predecesora, pues la mejora no solo se ve a nivel de conectividad, va mucho más allá de esto, dado que pretende romper barreras sociales que permitan un

mayor acceso a personas que aún no se encuentran conectadas a la red. Otra de sus características destaca también en su aplicación y resultados, logrando demostrar su eficiencia en el uso de los recursos energéticos y su fácil implementación.

### **Objetivo específico 3.- Determinar la importancia de la implementación de la tecnología 4G y 5G en Colombia.**

En Colombia, la implementación de la tecnología móvil 5G no será tan sencilla como en países más desarrollados que este, puesto que uno de los principales desafíos a superar para hacer de este proyecto una realidad, radica en la legislación Colombiana, el dinero o la dificultad no plantean un obstáculo para esto, por otra parte, la negativa del gobierno nacional para dar vía libre al desarrollo de esta tecnología si es un impedimento que hace parecer que esta realidad este lejos de suceder, lo que en consecuencia hace que Colombia se encuentre en una brecha económica, social y tecnológica que crece con el paso del tiempo y que de seguir su camino sería bastante difícil de acortar.

Por otro lado, a continuación, se citarán los posibles resultados, el impacto social y económico que tendría la implementación de la tecnología 5G en Colombia y en el mundo en general.

-En 2035, cuando el beneficio económico total de 5G esté realizándose en todo el mundo, una amplia gama de industrias (desde el comercio minorista hasta la educación, el transporte y el entretenimiento) podría producir hasta 12,3 billones de dólares en bienes y servicios habilitados por 5G.

-La cadena de valor 5G se ve a sí misma generando hasta 3,5 billones de dólares en ingresos en 2035, y propiciando hasta 22 millones puestos de trabajo.

-Con el tiempo, 5G impulsará el crecimiento real del Producto Interno Bruto (PIB) global en 3 billones de dólares acumulativamente de 2020 a 2035. Esto es aproximadamente el equivalente a agregar una economía del tamaño de la India al mundo, en dólares.

-Los tomadores de decisiones empresariales y los líderes de opinión de todo el mundo esperan que 5G traiga amplios beneficios para la sociedad y la economía en general, permitiendo la aparición de nuevos productos y servicios (91%), aumentando la productividad (89%), generando que los negocios pequeños crezcan y se vuelvan más competitivos (83%) y propiciando la aparición de nuevas industrias (87%). En conclusión, más del 90 por ciento de los más de 3.500 encuestados coincidieron en que 5G permitirá nuevos productos, servicios y casos de uso que aún no se han inventado. (Luzardo, 23)

Para la tecnología 4G, es necesario establecer las funcionalidades y componentes de la arquitectura LTE en sus distintas variantes que soporten las diferentes plataformas tecnológicas como IP, IMS, SIP, entre otras, que permiten la convergencia de redes fijo móvil.

En cuanto a la tecnología 5G en Colombia, al 2020 se espera que por cada persona se tengan alrededor de 15 a 20 dispositivos conectados de todo tipo, donde se va a tener cobertura prácticamente en cualquier lugar y sobre todo con una buena calidad de servicio y experiencia para el usuario final.

Con las redes 5g se tendría un dispositivo que va a llegar a ser capaz de “conectarse a cualquier tipo de tecnología de acceso 2g, 3g, 4g, wifi, y va a tener ciertas funcionalidades para captar bandas de frecuencia que hoy en día no se utilizan, esto se refiere a las bandas que van por encima de los 6GHz hasta los 99GHz.

Colombia requiere que se realice la licitación del espectro para la implementación de 5G, porque se debe avanzar hacia una **agenda digital**, que la legislación este acorde con las nuevas tecnologías. La lentitud de la implementación de esta puede colocar al país en una competencia o incompetencia económica.

#### **Objetivo específico 4.- Establecer los beneficios de su implementación en Colombia.**

Es importante mencionar nuevamente que la tecnología 5G permitirá al consumidor experimentar velocidades de hasta 10 veces más altas que la tecnología anterior, mejorando de este modo la conectividad de los diversos dispositivos tecnológicos, lo que daría lugar al uso de las aplicaciones de realidad aumentada.

Uno de los principales beneficios que manifestaría la implementación de esta tecnología en Colombia, se basaría en brindar una conectividad de banda ancha en los dispositivos móviles, lo cual se traduce en un acceso mucho más fácil a la red y al amplio margen de información existente en la misma.

El bajo consumo energético y su fácil implementación, hacen que esta tecnología sea bastante beneficiosa porque permitiría que muchas más personas tuvieran acceso a esta tecnología. Esto no quiere decir que la tecnología 4G vaya a desaparecer, por el contrario, la quinta generación de conectividad móvil se apoyara en esta para así poder satisfacer todas las expectativas que se tienen de la 5G.

*¿Cuáles son las ventajas de la llegada de la tecnología 5G al país?*

La directora de la agencia nacional del espectro manifestó que hay que entender esta tecnología como un triángulo, en el cual la primera punta será la experiencia móvil banda ancha (mayores velocidades, videos,

juegos interactivos, etc.), la segunda punta sería todos los objetos conectados (ciudades inteligentes, maquinas hablando entre sí, etc.), y la tercer apunta del triángulo hipotético tendría que ver con comunicaciones ultra confiables (vehículos autónomos e inteligentes comunicándose con peatones, conductores y semáforos). (Las ventajas de la llegada de la tecnología 5G al país, 18 de enero de 2018)

Las redes 4G de hoy en día utilizan la aplicación USIM para llevar a cabo una autenticación robusta mutua entre el usuario y su dispositivo conectado y las redes.

Las soluciones de seguridad de hoy en día son una mezcla de seguridad en la periferia (dispositivo) y seguridad en el núcleo (red).

La red 4G es la más veloz desarrollada hasta el momento, sin embargo, no todos los terminales ni todas las tarjetas SIM son compatibles con ella.

Antes para la humanidad los sensores que permiten medir el estado del tráfico y del clima, o que dan a quienes las habitan la posibilidad de controlar toda clase de máquinas en tiempo real; antes era una escena de ciencia ficción, hoy es una realidad con la tecnología 4G y con la llegada de la conectividad 5G, que va a comenzar a desplegarse en el 2020.

La tecnología 5G, será resistente a las interferencias y se aprovechará mejor el ancho de banda.

Una latencia de ida y vuelta de 1 ms, mejoraría potencialmente la conexión inalámbrica de hoy; los sistemas de comunicación ya que el Internet táctil cambiaría dramáticamente, impactando áreas de aplicación tales como: salud, seguridad, tráfico, educación, deportes, juegos y energía.

La red 5G propone un mayor ancho de banda, más espaciamiento y velocidad, generando menos tiempos de respuesta, alrededor de 1 ms en la interconexión de las BS, donde no hay interferencia para una transmisión adecuada, las formas de onda y su enfoque aplicado a las técnicas UFMC, FBMC Y GFDM. (Que de por si presentan bastantes ventajas disruptivas sobre la técnica OFDM), con agilidad de la transmisión en tiempo real, generando mejoras sobre la transmisión ortogonal OFDM convencional.

La cancelación de auto interferencia actúa como un filtro por software lo que permite agregar un conjunto de canales aleatorios espaciales, lo que permite tener un ancho de banda más grande.

La combinación de JT CoMP con MIMO masiva es beneficiosa porque más antenas hacen que el enlace sea más robusto, la interferencia puede ser más localizada y la sobrecarga de la red de retorno puede reducirse.



El proyecto METIS busca integrar nuevos conceptos de radio MIMO masivo, redes ultradensas, redes en movimiento, comunicación directa de dispositivo a dispositivo, comunicación ultra confiable de máquina masiva y otros, y la explotación de nuevas bandas de espectro que permitirá el soporte del aumento en datos móviles mientras se amplía el rango de dominios de aplicaciones, que podrían soportar después del 2020.

La entidad que aloja la aplicación USIM puede ser una tarjeta SIM extraíble o un chip UICC integrado robusta mutua es crucial para habilitar servicios de confianza y seguridad, donde las redes 5G en un futuro, vuelvan a utilizar las soluciones existentes que hoy en día se utilizan para las redes 4G y para la nube. Los elementos seguros locales en los dispositivos no solo pueden asegurar el acceso a la red, sino también apoyar los servicios seguros, como la gestión de llamadas de emergencia y las redes virtuales para el IoT.

La tecnología 5G va a desatar un verdadero ecosistema del IoT, en la velocidad, el tiempo de respuesta instantáneo y el rendimiento como por ejemplo los vehículos autónomos serán posibles solo cuando las redes 5G estén disponibles, en las vídeo-conferencias, tener el menor retardo posible con una comunicación fluidas, se espera que cambie desde el transporte público hasta el funcionamiento de las fábricas, pues permitirá el uso de máquinas por control remoto a gran distancia, vídeo de alta definición sin interrupciones, Internet de alta velocidad en aviones y AVE, dispositivos para vestir, sensores para las ciudades inteligentes, control remoto de robots o coches, evitar accidentes de tráfico, expandir el uso de drones

## 9. Recomendaciones

Como punto de inicio para dar lugar a las recomendaciones, es importante conocer los requisitos y el impacto que generaría la implementación de la tecnología 5G

Es importante que los operadores y fabricantes inviertan en infraestructura para mejorar la conectividad en zonas apartadas y así poder extender la cobertura.

Los operadores deberán desarrollar modelos de negocio que equilibren las inversiones propias del despliegue de una nueva tecnología.

Desde el punto de vista de la cobertura de los servicios de telecomunicaciones en el país, no se ve que el 5G mejore la situación, debido a que las bandas de frecuencias en las que opera son muy altas, lo que requiere una infraestructura con la que el país no cuenta, y eso limitaría bastante la cobertura con esta tecnología.

Es importante que el Ministerio TIC y la ANE estén atentos a la definición del estándar y de las bandas de frecuencia en el que estos servicios se implementarán en el mundo, para capitalizar las economías de escala a nivel global.

Se necesita un regulador convergente que simplifique la regulación y promueva las importantes inversiones.

Los lugares grandes como los estadios y aeropuertos pueden llegar a ser algunos de los primeros lugares donde se implementen las redes 5G. Las compañías que construyen edificios nuevos deberían planificar no solamente el respaldo para la demanda de servicios móviles de la actualidad, sino implementar infraestructura de la red para que admita 5G en un par de años.

Si el 5G verdaderamente proporcionará velocidades 10 o veces más rápidas que el 4G, exigirá más estaciones base en determinadas áreas que incrementan la densidad de la red.

La realidad es que la tecnología móvil 5G, necesitará mayor densificación en emplazamientos macro, en interiores y dentro de células pequeñas. La densificación añade complejidad a la red porque incrementa la cantidad de bordes entre células, donde la interferencia es un problema y las transmisiones introducen la posibilidad de que se caigan las conexiones.

Con la tecnología 5G, las redes tendrán que depender de una asignación de espectro automática e inteligente para poder mantener la calidad y también la velocidad. La infraestructura de red fija también necesitará actualizaciones para proporcionar fronthaul, backhaul y potencias correspondientes

Diseñar e implementar el desempeño óptimo, lo que significa mayor eficiencia en toda la red convergente, desde su espectro hasta la implementación de balanceo de carga virtualizado, y desde células pequeñas que ahorren espacio hasta el backhaul que significa la porción de una red jerárquica que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo (o backbone), y las subredes en sus bordes que ahorre energía.

Será imprescindible saber de qué manera obtener esta energía en los emplazamientos de una manera práctica, económica y ecológica. La alimentación a través de Ethernet (PoE) es una tecnología prometedora para los dispositivos 5G en la IoT.

Hacer hincapié en garantizar la vía de RF sin interferencias mediante nuevas tecnologías que reduzcan la interferencia en los bordes de las células, los patrones de transmisión cuidadosamente estructurados y la optimización de la red.

## 11. Referencias Bibliográficas

- A. 5GPPP, (2015) *View on 5G Architecture*. Unión Europea: Architecture Working Group.
- Accis. (s.f.). Commscope es reconocido en el ranking global de patentes de la industria. Commscope, Redacción. Recuperado de: <http://acis.org.co/portal/content/commscope-es-reconocido-en-el-ranking-global-de-patentes-de-la-industria>
- Barrera Vargas, E. & Ortega Almeida, R.D. (2017). *Análisis de cambios en características fundamentales de la Telefonía Celular desde 1G hasta 5G*. Bucaramanga: Universidad Santo Tomas,
- Blasco, L. (2016). Cuáles son las diferencias entre E, GPRS, 3G, 4G, 5G y esas otras redes a las que se conecta tu celular (y cómo te afectan tu conexión a internet). En: BBC Mundo 5 de septiembre de 2016. Recuperado de: <http://www.bbc.com/mundo/noticias-37247130>
- Collin García, L.E. (2016). Modelado de voz en redes celulares 4G y 5G: LTE. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/12163>
- Commscope (2017). Cambio a 5G: el estilo de vida conectado. [En línea]. Recuperado de: [http://es.commscope.com/5g/?gclid=EA1aIQobChMI18yX\\_v\\_U1gIVRESGCh0dgQO5EAMYA SAAEgLy\\_\\_D\\_BwE](http://es.commscope.com/5g/?gclid=EA1aIQobChMI18yX_v_U1gIVRESGCh0dgQO5EAMYA SAAEgLy__D_BwE)
- Commscope (2018). El estudio de la generación Z sobre la intimidad del mundo tecnológico. Recuperado de: <https://es.commscope.com/Insights/>
- Cuartas, E. (2017). ESTE es el estado de las redes 4g en Colombia en 2017. *Enter.co*, 19 de julio de 2017. Recuperado de: <http://www.enter.co/cultura-digital/colombia-digital/redes-4g-en-colombia-2017/>
- Cubides, L. & Gómez, O. J. (2014). Prototipo de aplicación móvil para venta de licores a domicilio. Pereira: Universidad Católica de Pereira.
- Diario TI (2017). Construyendo los fundamentos para el 5G: C-RAN. *Diarioti.com*, 19 de julio de 2017. Recuperado de: <https://diarioti.com/construyendo-los-fundamentos-para-el-5g-c-ran/105014>

- Dinero (2014). ¿Qué beneficios trae para una economía tener redes 4G LTE? *Dinero.com*, Tendencias, Tecnología, 22 de agosto de 2014. Recuperado de: <http://www.dinero.com/pais/articulo/beneficios-economicos-redes-4g-lte/200120>
- Dinero (2016). ¿Cuáles son las diferencias entre redes 3G, 4G y 5G y cómo le afectan? En: Dinero, Tendencias, 9 de mayo de 2016. Recuperado de: <http://www.dinero.com/opinion/columnistas/articulo/ahora-la-disponibilidad-laboral-se-paga-carolina-porras/250658>.
- Dinero (2016). ¿Qué se espera de la implementación de las 5G en Colombia y el mundo? En: Dinero, Tecnología, 20 de noviembre de 2016. Recuperado de: <http://www.dinero.com/economia/articulo/la-implementacion-de-las-5g-en-colombia-y-el-mundo/239119>
- Econectia (2016). Que es el 4G. *Econectia*, Conectamos contigo, Actualidad, 16 de enero de 2015. Recuperado de: <https://www.econectia.com/blog/que-es-el-4g>
- El País. (2013). Ad portas de la tecnología 4G, el uso del Internet móvil en Colombia es bajo. *Elpaís.com*, Economía, 2 de julio de 2013. Recuperado de: <http://www.elpais.com.co/economia/ad-portas-de-la-tecnologia-4g-el-uso-del-internet-movil-en-colombia-es-bajo.html>
- Ericsson (2015). Mobility Report On the pulse of the networked society. Investigación, EEUU,
- El Tiempo (2017). ¿Colombia está preparada para la conectividad 5G? *El Tiempo.com*, Tecnología, 14 de febrero de 2017. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/conectividad-5g-en-colombia-59824>
- Epley, J. (2017). Internet de las cosas y convergencia de red: cómo impactará en las redes el uso por parte de los consumidores. En: Commscope, 11 de abril de 2017. Recuperado de: <http://es.commscope.com/Blog/The-Internet-of-Things-and-Network-Convergence-How-Consumer-Use-Will-Impact-Networks/>

- García, D. (2012). Aplicaciones móviles: ¿nativo, web, híbrido? *Pixmat Studios*, 18 de julio de 2012, Recuperado de: <http://www.pixmatstudios.com/blog/aplicaciones-moviles-nativo-web-hibrido/#.WqWlJjOWM8>
- Gemalto (2018). *Presentación de las redes 5G: Características y usos*. Recuperado de internet: <https://www.gemalto.com/brochures-site/download-site/Documents/tel-5G-networks-Qanda-es.pdf>
- GSMA, VoLTE (2014). *Service Description and implementation Guidelines*
- Grupo Agentis (2016). Evolución de las tecnologías móviles: del 1G al 5G. En: *Grupoagentis.es*, 14 de marzo de 2016. Recuperado de: <http://www.agentis.es/evolucion-de-las-tecnologias-moviles-del-1g-al-5g/>
- Guevara Toledo, A.P. & Vásquez Alarcón, V. G. (2013). Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica. Ecuador: Universidad de Cuenca
- IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE. 5G Wireless Communication. *Wireless Networks and Traffic Uncertainty*, 52(2): 2014
- IMDEA Networks Institute (2017). *Banda ancha móvil ultrarrápida 5G gracias a la tecnología de banda de ondas milimétricas*. Madrid: NETCOM research group. Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Telemática.
- Ipv6go (2014). Multiple Input Multiple Output – MIMO. Recuperado de: <http://www.ipv6go.net/lte/mimo.php>
- Jaramillo, N.; Ochoa, A.; Páez, W. & Peña, A. (2017). Artículo: Tecnología 5G. *Rev. Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 4(8): 41-45, julio-diciembre, 2017.
- Jilapa Chani, K. (2014). Evolución de la tecnología móvil: 1G, 2G, 3G, 4G. Recuperado de: <http://karinajilapa.blogspot.com.co/2014/09/evolucion-de-la-tecnologia-movil-1g-2g.html>
- Linehan, K. (2017). Onda milimétrica 5G = 1 Gigabit x 20. *Commscope*, 17 de mayo de 2017. Recuperado de: <https://es.commscope.com/Blog/5G-Millimeter-Wave-1-Gigabit-20/>

- López doriga (2016). ¿Qué significa 3G, 4G, 5G y LTE? En: *lopezdoriga digital.*, Entretenimiento, 7 de septiembre de 2016. Recuperado de: <https://lopezdoriga.com/ciencia-tecnologia/significa-3g-4g-5g-lte/>
- López Pávez, P. K. (2007). *Comparativa de tecnologías emergentes de acceso a Redes móviles y fijas.* Chile: Universidad De Chile
- Luna, D. (2017). Mínimo de banda ancha en Colombia será de 25 Mbps para el 2019. 20 de junio de 2017. Recuperado de: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-57179.html>
- Otero, A.D; Martínez, J. & Díaz, J.E. (s.f.). Metodología de desarrollo de aplicaciones para el aprendizaje móvil basadas en software libre. *Revista de transformación educativa*, Recuperado de: <https://rete.mx/index.php/8-numero-tematico-educacion-mediada-por-tecnologia/4-metodologia-de-desarrollo-de-aplicaciones-para-el-aprendizaje-movil-basadas-en-software-libre>
- Peña Castañeda, C. (2017). ¿Colombia está preparada para la conectividad 5G? Se requieren redes con disponibilidad y cobertura. Operadores, a invertir en infraestructura. En: *El Tiempo*, Tecnología, 14 de febrero 2017. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/conectividad-5g-en-colombia-59824>
- Portafolio (2017) Vías 4G son la autopista de la competitividad de Colombia. *Portafolio.co*, 21 de marzo de 2017. Recuperado de: <http://www.portafolio.co/economia/infraestructura/vias-4g-aumentaran-la-competitividad-del-pais-504318>
- Puchaicela Huaca, J.P. (2016). *Convergencia de tecnologías de acceso a redes móviles de banda ancha.* Argentina: Instituto Tecnológico de Buenos Aires
- Puerto Suárez, L. L. (2017). Estudio de prospectiva en el uso de la tecnología 5g en Colombia al 2025. Bogotá: Universidad Santo Tomas
- Rangel Licea, V.; Aquino Santos, R. & Edwards Block, A. (2014). *Broadband Wireless Access Networks for 4G: Theory, Application, and Experimentation.* IGI Global.

- Rodríguez, V. (2015). Todas las diferencias entre el 5G y el 4G. En: *Móvil Zona*, 25 de diciembre de 2015. Recuperado de: <https://www.movilzona.es/2015/12/25/prestaciones-de-las-futuras-conexiones-5g-y-diferencias-respecto-al-4g/>
- Parizo, C. (2014). Consejo para PyMEs: ¿Les conviene desarrollar una app móvil? [En línea]. *Teachtarget.com*, Recuperado de: [searchdatacenter.techartget.com/es/consejo/Consejo-para-PyMEs-Les-conviene-desarrollar-una-app-movil](http://searchdatacenter.techartget.com/es/consejo/Consejo-para-PyMEs-Les-conviene-desarrollar-una-app-movil)
- Rouse, M. (2016). Desarrollo de aplicaciones móviles híbridas. [En línea]. *Techartget.com*, Recuperado de: <https://searchdatacenter.techartget.com/es/definicion/Desarrollo-de-aplicaciones-moviles-hibridas>
- Sciarretta, M. & Venturino, P. (2015). Tecnologías móviles. Recuperado de: <http://tecnologia2015milagrosypilar.blogspot.com.co/2015/10/1g-es-la-abreviacion-para-la-telefonía.html>
- Sorrells, P. (2017). Documento: 5G - Mejorar el mundo de la conectividad. Recuperado de: <http://es.commscope.com/5g/wp-advancing-the-world-of-connectivity/>
- Ubiera Díaz, D.C. (2016). Historia de la tecnología celular: Evolución de la tecnología móvil 1G, 2G, 3G, 4G. [En línea]. En: *Tecnonewsus.com*, enero de 2016. Recuperado de: <http://www.tecnonewsus.com/2016/01/evolucion-de-la-tecnología-movil.html>
- Xataka.com. (2016). 5G, así es el futuro de las redes móviles. *Xataka.com*, 12 de febrero de 2016. Recuperado de: <https://www.xataka.com/moviles/5g-asi-es-el-futuro-de-las-redes-moviles>.
- Xataka Colombia (2017). Reporte: así están las redes móviles 3G y 4G en Colombia. *Xataka.com*, 20 de julio de 2017. Recuperado de: <https://www.xataka.com.co/empresas-y-economía/reporte-asi-están-las-redes-moviles-3g-y-4g-en-colombia>
- Ubiera Díaz, D.C. (2016). Historia de la tecnología digital. Evolución de la tecnología digital 1g, 2g, 3g, 4g. [En línea]. En: *tecnonewsus.com*, enero de 2016. Recuperado de: <http://tecnonewsus.com/2016/01/evolución-de-la-tecnología-móvil,html>