



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TEMA:

**Análisis de riesgo y oportunidad de la implementación del sistema de
telefonía móvil 5G en el Ecuador**

AUTOR:

Cruz Mora, Hilary Johanna

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

Ing. Romero Paz, Manuel de Jesús

Guayaquil, Ecuador

7 de marzo del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Srta.
Cruz Mora, Hilary Johanna como requerimiento para la obtención del título
de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

Ing. Romero Paz, Manuel de Jesús

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 7 días del mes de marzo del año 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Cruz Mora, Hilary Johanna**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación “**Análisis de riesgo y oportunidad de la implementación del sistema de telefonía móvil 5G en el Ecuador.**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 7 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

CRUZ MORA, HILARY JOHANNA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Cruz Mora, Hilary Johanna**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Análisis de riesgo y oportunidad de la implementación del sistema de telefonía móvil 5G en el Ecuador.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 7 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

CRUZ MORA, HILARY JOHANNA

REPORTE DE URKUND

URKUND

Fernando Palacios Meléndez (edwin_palacios)

Documento [TT_2021B_HilaryJohannaCruzMora.docx](#) (D128172022)

Presentado 2022-02-17 12:02 (-05:00)

Presentado por fernandopm23@hotmail.com

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

Mensaje Revisión TT Hilary Cruz [Mostrar el mensaje completo](#)

1% de estas 43 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

Lista de fuentes

Categoría	Enlace/nombre de archivo
>	Mosquera_Chica_Tesis2019.pdf
	https://businessinsider.mx/tecnologia-5g-que-...
	Fuentes alternativas
	Fuentes no usadas

0 Advertencias. Reiniciar Compartir

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

TEMA:

Análisis de riesgo y oportunidad de la implementación del sistema de telefonía móvil 5G en el Ecuador

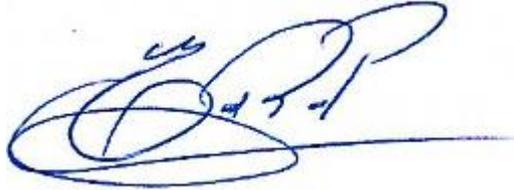
AUTOR: Cruz Mora, Hilary Johanna

Trabajo de Integración Curricular

previo a la obtención del título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: Ing. Romero Paz, Manuel de Jesús

Guayaquil, Ecuador



TUTOR

Ing. Romero Paz, Manuel de Jesús

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a quienes vida fueron personas que me llenaron de risas, consejos y más que nada, me enseñaron sencillez, estoy segura de que hubiesen estado tan orgullosos de ver a su nieta, cumplir sus metas y convertirse en todo una profesional. A mi abuela materna, Nelly Tomalá; a mi abuela paterno, Ruperto Cruz y a mi tía abuela, María Jaramillo.

Al Ing. Juan Cruz, mi padre y apoyo incondicional, que nunca me dio la espalda en ningún momento de mi vida y ha sudado la camiseta por darnos los mejor, tanto a mí, a mis hermanos y mi a mi querida madre, Patricia Mora que en definitiva no pudiese haber logrado cualquier objetivo planteado, sin su ayuda, paciencia y entendimiento.

EL AUTOR

CRUZ MORA, HILARY JOHANNA

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecerle a Dios por la fuerza y dedicación que me ha brindado, a pesar de todas las adversidades en el avance de mi carrera universitaria, para poder así concluirla y abrirme las puertas en nuevos proyectos de vida, profesional y personalmente.

A mis padres, Juan Cruz y Patricia Mora, que con mucho amor, paciencia y sacrificio me han impulsado a ser mejor en todos los aspectos de mi vida, a nunca rendirme, incluso con mil y un problemas por encima, por su enseñanza moral y calidez humana que me representa.

A los docentes de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, que me acogieron y confiaron en mis capacidades desde el primer día que entré a las instalaciones de la universidad, sin duda alguna han sido pilar fundamental para mi experiencia laboral y académica en las ramas de mi carrera. En especial al Ing. Manuel Romero, decano y tutor de trabajo de titulación quien con su dirección, calma y paciencia estuvo en el proceso de elaboración del mismo; y también al Ing. Bayardo Bohórquez, que, con sus consejos morales y profesionales, me han hecho enorgullecerme de mi carrera universitaria.

EL AUTOR

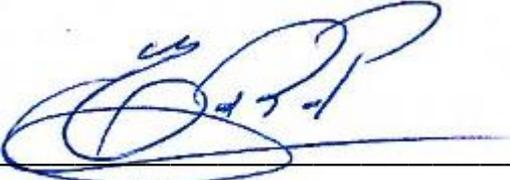
CRUZ MORA, HILARY JOHANNA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS
DECANO

f. 

M. Sc. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO
COORDINADOR DEL ÁREA

f. 

M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO
OPONENTE

Índice General

Índice de Figuras	XIII
Resumen	XIV
Capítulo 1: Descripción General del Trabajo de Titulación.....	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.	2
1.3. Definición del Problema.....	3
1.4. Justificación del Problema.....	3
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6. Hipótesis.	4
1.7. Metodología de Investigación.....	4
Capítulo 2: Fundamentación Teórica	5
2.1. Antecedentes de las comunicaciones móviles.....	5
2.1.1. Telefonía móvil temprana.	6
2.1.2. Primeras implementaciones del teléfono móvil.	6
2.1.3. Teléfonos de bolsillo y la era de la comunicación personal.	7
2.1.4. Estándares de telefonía celular en E.E.U.U. y Europa.	8
2.1.5. El costo del espectro.	10
2.2. Tecnologías de las comunicaciones móviles.....	10
2.2.1. Tecnologías de acceso múltiple para sistemas celulares.....	11
2.2.2. Manipulación de modulación digital.	13
2.2.2.1 Manipulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK).	14
2.2.2.2 Manipulación por desplazamiento de fase direccional (DPSK).	14

2.2.3.	Transmisión de datos mediante conmutación de paquetes...	14
2.2.3.1	Servicios de mensajes cortos.....	14
2.2.3.2	Servicio general de radio por paquetes (GPRS).....	15
2.2.3.3	Velocidades de datos mejoradas para la evolución GSM (EDGE).....	15
2.2.3.4	Espectro ensanchado.....	15
2.2.3.5	Sistema de comunicación personal.....	17
2.2.3.6	Telecomunicaciones inalámbricas digitales mejoradas (DECT).....	18
2.2.4.	Nuevos desarrollos previos a las tecnologías 1G a 4G.....	18
2.2.4.1	Sistema de posicionamiento global (GPS).....	18
2.2.4.2	Bluetooth.....	19
2.3.	Evolución de las comunicaciones móviles 1G a 4G.....	20
2.3.1.	Comunicación móvil 1G.....	20
2.3.2.	Comunicación móvil 2G.....	22
2.3.3.	Comunicación móvil 3G.....	24
2.3.4.	Comunicación móvil 4G.....	25
2.4.	Comunicación móvil 5G: La nueva era de las telecomunicaciones....	27
2.4.1.	Tecnologías adyacentes que componen la 5G.....	28
2.4.2.	Diferencia entre las generaciones anteriores de redes móviles y 5G.....	28
2.4.3.	Capacidades del 5G.....	30
2.4.4.	Arquitectura de la red 5G.....	31
2.4.5.	Consideraciones sobre la 5G.....	32
2.4.6.	5G frente a 4G.....	33
2.4.7.	Funcionamiento de la 5G.....	33
2.4.8.	Beneficios de la 5G.....	34
2.4.9.	Principales objetivos de la 5G.....	35

2.4.10. Casos de uso de la 5G.	37
2.4.10. Disponibilidad de la 5G.....	38
2.4.11. Productos y soluciones 5G.	39
2.4.12. Visión futura de la 5G.	39
Capítulo 3: Análisis de implementación 5G.....	41
3.1. Presencia de la red 5G en distintos aspectos de la sociedad.....	41
3.1.1. 5G y la economía global.	41
3.1.1.1. Crecimiento económico, resiliencia y sostenibilidad.	41
3.1.1.2. Habilitación económica global 5G a largo plazo.	42
3.1.1.3. Crecimiento y transformación 5G a corto plazo.	42
3.1.2. 5G y el entretenimiento.	43
3.1.2.1. Evolución de la socialización y las compras.	43
3.1.2.2. Evolución de la colaboración y observación.	45
3.2. Uso de la red 5G y sus beneficios.....	47
3.2.1. Uso de los consumidores.	47
3.2.2. Uso de las empresas.....	48
3.2.3. Uso de las ciudades.	48
3.3. Implementación de la red 5G en el Ecuador.	48
3.3.1. Análisis de obstáculos del 5G.....	48
3.3.2. Análisis de espectro radioeléctrico del Ecuador.....	50
3.3.3. Análisis de adaptación de las tecnologías 4G y 5G.	51
3.3.4. Riesgos en implementación de infraestructura y el espectro radioeléctrico de la 5G.....	52
3.3.5. Frecuencias destinadas a 5G.	53
3.3.6. Frecuencias que funcionan en Ecuador.....	54
3.3.7. Plan Ecuador Digital.	56
3.3.8. Proyectos 5G en ciudades más destacadas del Ecuador.	57

3.3.9. Ecuador y la red 5G futura.....	59
Conclusiones.	64
Recomendaciones.	66
Bibliografía.....	67

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1: Filings Coherer de Guglielmo Marconi.	6
Figura 2. 2: Motorola DynaTAC, el primer teléfono móvil de 1973	8
Figura 2. 3: Técnicas de acceso múltiple FDMA, TDMA, CDMA.....	12
Figura 2. 4: Comparativa entre los sistemas FDMA, TDMA, CDMA.....	16
Figura 2. 5: GPS y sus tres segmentos.....	19
Figura 2. 6: Especificaciones de las versiones de Bluetooth.	20
Figura 2. 7: Bandas de frecuencia en el núcleo de las redes 5G	32
Figura 2. 8: Migración de la estructura de red a lo largo del tiempo.	33
Figura 2. 9: Diferencia entre la arquitectura de red 4G y 5G.	34
Figura 2. 10: Corte de red 5G.	34
Figura 2. 11: Mejoras de la red 5G en comparación a sus antecesores.....	36
Figura 2. 12: Beneficios de la 5G.....	36

Capítulo 3

Figura 3. 1: Simulación de realidad aumentada para localización de restaurantes.....	44
Figura 3. 2: Simulación de realidad aumentada para diseño de interiores. ..	45
Figura 3. 3: Esquema básico del espectro radioeléctrico del país.....	54
Figura 3. 4: Objetivos desarrollados para las telecomunicaciones en el Ecuador.	56
Figura 3. 5: Mapa de cobertura de Movistar de redes 3G/ 4G/ 5G.....	61
Figura 3. 6: Mapa de cobertura de Claro de redes 3G/ 4G/ 5G.....	62
Figura 3. 7: Mapa de cobertura de CNT de redes 3G/ 4G/ 5G.....	63

Resumen

El presente trabajo de investigación nace de la duda por la existencia de la tecnología del futuro 5G que, si bien es cierto, ya se está llevando a cabo en otros países, en el Ecuador aún no ha sido muy promocionado y es de carácter novedoso. Por lo que se propone un análisis de las oportunidades y beneficios que trae consigo la 5G, pero a su vez, los riesgos u obstáculos que se presentan para su dicha implementación. Es notorio que siempre la introducción de nuevas tecnologías mejoran paulatinamente el comercio, la industria e incluso la economía de un país, por lo que son más los beneficios que desventajas de la misma, pero todo va de la mano según los riesgos que los proveedores quieran tomar para lanzar al mercado sus servicios con esta tecnología, al igual que de los usuarios estén dispuestos a acceder a nuevas puertas que les brinda la 5G y sobre todo, de la regularización y promoción del espectro radioeléctrico del país, que es la base fundamental para la adquisición de la tecnología del futuro.

Palabras claves: Regularización, ARCOTEL, Ancho de banda, Espectro Radioeléctrico, Proveedores de servicio, Realidad aumentada, IoT

Capítulo 1: Descripción General del Trabajo de Titulación

1.1. Introducción.

Actualmente, la sociedad está muy enfocada en mantenerse actualizada en todos los aspectos y más aún cuando de tecnología se trata, no solamente como entretenimiento, sino también para innovación en obras, comercio, medicina e incluso en la agricultura. Es por esto, que la tecnología 5G es una autentica puerta a la modernidad que traerá consigo mil y una oportunidades, pero a su vez, la implementación de la infraestructura para la misma en Ecuador puede tener aun sus inconvenientes.

La tecnología 5G propone una serie de aportaciones positivas y de alto beneficio debido a su alta velocidad, que según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) podría alcanzar hasta los 10 Gbps, pero de limitado alcance. Uno de los aspectos más importantes será la inteligencia artificial, puesto que esta ayudará a la automatización y autogestión de dispositivos; por ejemplo, la IoT o internet de las cosas, requiere de una buena conexión y cero latencias para que pueda responder de manera eficiente para la satisfacción del usuario al encomendar una tarea. También la medicina es una rama de la ciencia que se beneficiara gracias a las intervenciones en cirugías tele asistidas o en el ámbito agrícola, como un sistema de riego y cultivo inteligente lo cual ayudaría al aumento de productividad.

Así mismo, la introducción de esta tecnología en el país abarcaría un enorme costo por parte del estado, por la infraestructura nueva tanto de antenas o celdas más pequeñas aun a cortas distancias para la transmisión de la 5G, y un incremento de costos de inversión del estado, incluye que el usuario deba pagar más por estos servicios, por lo que por el momento es algo que no se va a dar en la situación actual económica del Ecuador.

1.2. Antecedentes.

El gran avance en la tecnología y la exigencia de consumo de datos implica un aumento de servicio en las redes para brindar mejoras en la calidad

de conexión y velocidad que se necesita para las diferentes tareas ya sea de automatización, navegación de red o comunicación que es indispensable para la comunidad hoy en día. Por lo que la tecnología 5G ayudaría de manera exponencial a la economía del país.

1.3. Definición del Problema.

Es un hecho, que las telecomunicaciones han ganado un auge enorme en la vida cotidiana de las personas, y mucho más tras la gran demanda de la misma y de dispositivos móviles tras la pandemia mundial debido al COVID – 19. Por lo que, se plantea una serie de incógnitas con respecto a la implementación de la tecnología 5G en el Ecuador como:

- ¿Está listo Ecuador económicamente para la implementación de las estructuras de redes para la 5G?
- ¿Las normativas para la utilización de la 5G serán adoptadas correctamente en el país?
- ¿Existirán inconformidades por parte de los usuarios al adaptarse a una nueva tecnología incluyendo un incremento en los gastos de la misma?
- ¿Afectará en la salud de manera progresiva el incremento de ancho de banda y ondas electromagnéticas que las antenas de gran potencia emitirían?
- ¿Ayudará la 5G en un futuro a la economía y progreso en el país?

1.4. Justificación del Problema.

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad, analizar y plantear cuáles serían las oportunidades y a la vez, los riesgos o desventajas de la integración de la nueva tecnología 5G en el Ecuador, debido a que existe una alta demanda de consumo de datos, más usuarios que hacen uso de la tecnología para sus negocios, emprendimientos, etc., e incluso, para la innovación de automatización a nivel industrial, por lo que surge la necesidad de dar un paso más allá, e incorporarse a la nueva era tecnológica, como lo es la tecnología de quinta generación.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Analizar las oportunidades y riesgos de la implementación de la tecnología 5G en el Ecuador

1.5.2. Objetivos Específicos.

1. Realizar un análisis de los beneficios y oportunidades que prestan los servicios de la 5G.
2. Realizar un análisis de los riesgos en la infraestructura que requiere la tecnología 5G para la implementación en el país.
3. Comparar el uso de la tecnología 4G vs la 5G en el país
4. Proponer iniciativas de proyectos que el Ecuador podría incluir gracias a esta tecnología.

1.6. Hipótesis.

Se realizará un estudio sobre la introducción de la tecnología 5G en el Ecuador, la cual ayudará a incrementar tanto su economía, producción a nivel industrial, mejores sistemas de logística e intervenciones médicas siempre y cuando el estado esté dispuesto a mejorar la prestación de servicio a nivel nacional, con la implementación de recursos e infraestructura necesaria para la misma.

1.7. Metodología de Investigación.

El presente trabajo de titulación tiene un modelo de investigación de carácter analítico y cualitativo, ya que se desea analizar las ventajas y desventajas de la implementación de esta nueva tecnología a nivel nacional, esto se hará con la sustentación de artículos científicos publicados por organizaciones de telecomunicaciones, estudios de proyectos de telecomunicaciones en otros países, normas y reglamentos de la ARCOTEL y proyectos de titulación de distintas instituciones.

Capítulo 2: Fundamentación Teórica

2.1. Antecedentes de las comunicaciones móviles.

A mediados de la década de 1860, el matemático escocés James Clerk Maxwell produjo un par de ecuaciones cuya solución predijo ondas electromagnéticas propagándose a la velocidad de la luz. Se necesitaron 20 años para verificar esta predicción en el laboratorio, y otros 20 años para que tenga lugar la primera aplicación “móvil” (Greenstein, 1999). En septiembre de 1899, Guglielmo Marconi marcó el comienzo de la era de la radiocomunicación móvil práctica con sus históricas transmisiones radiotelegráficas desde un barco en el puerto de Nueva York hasta el Twin Lights en Tierras Altas de Nueva Jersey. Su primera transmisión cubrió la llegada del Almirante Dewey desde Manila, y pronto a partir de entonces, también se brindó cobertura de las carreras de la Copa América (Mandayam, 2018). Esto se logró con altos niveles de energía, pulsos de banda ancha de ruido de radio, creados usando un generador de chispas acoplado a una antena. La señal fue recibida con una antena similar conectada a un dispositivo fascinante conocido como “coherer”, un tubo en el que la presencia de la señal de radio hizo que las partículas metálicas se unieran entre sí. La resistencia reducida del “coherer” en este estado permitió detectar la señal de radio, después de lo cual un “tapper” mecánico devolvió las partículas a su estado original. Cada símbolo telegráfico estaba representado por una rápida serie de estas señales generadas por chispas, que se detectó como un tono audible (Buss, 1999).

En un año, Marconi había agregado filtros para crear canales separables y, por lo tanto, permitir múltiples transmisiones simultáneas en la misma zona. En tres años, pudo cruzar el Atlántico con transmisión de radio y la radiotelegrafía pronto se utilizó en muchos barcos de alta mar (sobre todo, fue usado para informar sobre el hundimiento del Titanic en 1912). La transmisión analógica (voz) se utilizó ya en 1905, pero los primeros trabajos fueron impulsados principalmente por aplicaciones militares, y no fue hasta 1919 que un experimento inició el servicio de radioteléfono de barco a tierra. La radiotelefonía comercial para pasajeros de buques en el Atlántico se inició en

1929. En ese momento, las radios eran lo suficientemente pequeñas y resistentes para ser instaladas en automóviles, y la policía de Detroit puso en funcionamiento el primer sistema de radio "móvil terrestre" en 1928.

Para 1934, había 194 sistemas de policía municipal y 58 estaciones de radio de la policía estatal sirviendo a más de 5000 coches de policía equipados con radio (Calhoun, 1988). La era de la radio móvil había comenzado.

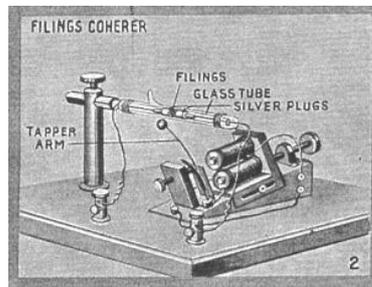


Figura 2. 1: Filings Coherer de Guglielmo Marconi.
Fuente: (Secor, 2018)

2.1.1. Telefonía móvil temprana.

Los primeros sistemas de telefonía móvil eran "manuales", en el sentido de que las llamadas en ambas direcciones se realizaban a través de un operador móvil (un proceso aún común en los sistemas de radio marinos). En la década de 1960, los sistemas automáticos fueron lanzados, con avances significativos. Se puso un "tono inactivo" en un canal inactivo, de modo que un escaneo de receptor podría identificar y llegar a ese canal. El teléfono móvil podía decodificar su propio número marcado en el canal inactivo y enviar los dígitos marcados para las llamadas salientes. En combinación, estas capacidades brindaron un servicio de telefonía móvil que se aproximó al servicio de telefonía convencional de ese período (excepto que, debido al hacinamiento, rara vez se disponía de un canal inactivo). Durante las varias décadas de su existencia, estos sistemas manuales y automáticos crearon una imagen de la telefonía móvil como un servicio de "élite", y que generalmente no estaba disponible para el público (Mandayam, 2018).

2.1.2. Primeras implementaciones del teléfono móvil.

El primer sistema celular en los EE. UU. fue puesto en funcionamiento por Bell System en Chicago en 1983, como parte de un plan de despliegue

rápido. También se estaban instalando sistemas en Japón y Europa, el comienzo de un despliegue mundial que ahora ha tocado prácticamente todos los rincones de la tierra (de hecho, el primer sistema japonés se instaló en Tokio en 1979, mientras que los E.E.U.U. todavía estaban sumidos en retrasos normativos y políticos). Irónicamente, en su momento de triunfo después de casi 40 años de expedientes, litigios y desarrollo, El sistema Bell se dividió en 1984, y los "sistemas de compañías telefónicas" fueron implementados y operados por compañías telefónicas regionales. Y en una ironía adicional, cuando AT&T (matriz de Bell System) decidió entrar al mercado celular una década más tarde, se vio obligado a hacerlo comprando algunos de los sistemas RCC que habían sido creados por Craig McCaw y otros. Fusiones y ventas repetidas han prestado al original distinciones creadas por la FCC sin sentido.

La intención de la FCC de asegurar un servicio nacional continuo recibió un duro golpe por parte de la propia competencia. Si bien las capacidades necesarias para un servicio de "roaming" eficiente se proporcionaron con los estándares que se adoptaron, muchos operadores de sistemas tardaron en buscar acuerdos de facturación entre operadores, y el fraude relacionado con teléfonos celulares "clonados" en realidad hizo que muchos operadores negaran el servicio a los clientes de otros sistemas. Solo a fines de la década de 1990, con el advenimiento de estándares adicionales, se mejoró la prevención del fraude y acuerdos de facturación entre operadores (Mandayam, 2018).

2.1.3. Teléfonos de bolsillo y la era de la comunicación personal.

El celular comenzó como un sistema de "automóvil", con radios montados en el maletero relativamente grandes que estaban conectados por cables a las "unidades de control" montadas en el tablero. Incluso cuando comenzó el servicio, sin embargo, unidades de "mochila" fueron ofrecidos como una opción "portátil". Más importante aún, Motorola lanzó el "DynaTAC", una unidad de mano de 2 libras que tenía aproximadamente el tamaño de un ladrillo y podía transportarse en un maletín. La evolución hacia el teléfono de bolsillo había empezado.



Figura 2. 2: Motorola DynaTAC, el primer teléfono móvil de 1973
Fuente: (News18, 2013)

La evolución hacia los diminutos teléfonos de bolsillo de hoy en día ha tenido una enorme importancia. Un teléfono conectado a un automóvil puede proporcionar una gran utilidad (y de hecho era un servicio muy popular), pero seguía siendo un teléfono basado en la ubicación en lugar de un dispositivo "personal". En la década de 1980, cuando se llamaba al teléfono de un automóvil, era porque se esperaba que alguien estuviera en un vehículo en particular. Hoy, cuando se marca un teléfono celular, se llama a una persona en particular, independientemente si esa persona está en casa o al otro lado del país. Esta es la esencia de las comunicaciones personales (Mandayam, 2018).

2.1.4. Estándares de telefonía celular en E.E.U.U. y Europa.

La evolución de los estándares celulares en los EE. UU. y Europa ofrece un contraste interesante. En los primeros estándares para celulares, la FCC estaba decidida a crear una especificación única para la compatibilidad entre estaciones base y unidades móviles, de modo que sea posible la itinerancia de área amplia. En ese momento, los estándares europeos de acceso e incluso las bandas de frecuencia variaban de un país a otro, por lo que la itinerancia de área amplia (es decir, paneuropea) no era posible.

Al acercarse a los sistemas celulares digitales de "segunda generación" (2G), las motivaciones en los E.E.U.U. y Europa fueron una vez más diferentes, pero de nuevas maneras. En los Estados Unidos, estos sistemas debían ocupar las mismas bandas de frecuencia como los sistemas existentes, y la principal motivación era aumentar la capacidad y reducir los costos. Las propuestas de TDMA y CDMA tenían este objetivo, pero los ingenieros

parecían incapaces de ponerse de acuerdo sobre qué estándar sería mejor lograr este objetivo. La FCC finalmente requirió un enfoque de "modo dual". Todos los sistemas nuevos estaban obligados a proporcionar servicio utilizando el estándar anterior y podían combinar TDMA o CDMA con ese estándar. Aunque lógico, este enfoque resultó en mayor complejidad, confusión en el mercado y retrasos (Mandayam, 2018).

En Europa, el enfoque principal de la planificación de segunda generación fue proporcionar un conjunto con más características (como mensajería digital y seguridad mejorada) y establecer un estándar único que permitiría un servicio de roaming continuo. Se apartaron nuevas bandas, por lo que la cuestión del aumento de la capacidad fue menos central que en los Estados Unidos. Para sorpresa de muchos en los Estados Unidos, los europeos acordaron un estándar común, y nació GSM (una forma de TDMA). GSM usó más bits por segundo para la señal de voz que en la forma de TDMA de Estados Unidos, y los bits de codificación adicionales duplicaron esa tasa, por lo que proporcionó aproximadamente la misma cantidad de voz canales por Mega Hertz de espectro asignado como los sistemas más antiguos. La codificación adicional proporciona una mayor señal robusta en presencia de interferencia, sin embargo, que teóricamente se puede utilizar para reducir la "reutilización de distancia" entre las celdas que tienen los mismos canales, y así aumentar la "eficiencia del espectro" del sistema (Mandayam, 2018).

Aunque los planes iniciales para la telefonía celular digital en los Estados Unidos asumieron el mismo espectro UHF que para el analógico, el FCC cedió a principios de la década de 1990 y asignó 120 MHz de espectro adicional cerca de 1,9 GHz por lo que pasó a denominarse PCS (Personal Communications Services). Se hicieron planes para despejar este espectro de servicios de microondas punto a punto y subastarlo a un máximo de seis operadores en cada área. Por lo tanto, el servicio celular en los Estados Unidos, actualmente opera en dos bandas (800 MHz y 1.9 GHz), dos modos (analógico y digital) y, en el modo digital, dos tecnologías de radio (TDMA y CDMA). GSM también ha migrado a 2 GHz, conservando los parámetros y protocolos de radio de los sistemas GSM anteriores.

2.1.5. El costo del espectro.

Si bien el espectro a 800 y 900 MHz ha demostrado ser muy deseable para fines celulares, y el espectro a 2-3 GHz también se ha utilizado hoy en día, las frecuencias más altas plantean problemas significativos en términos de propagación. A frecuencias más altas, las antenas son más pequeñas y capturan menos señal recibida, y la capacidad de la señal para doblarse (difractarse) en las esquinas y sobre las colinas se reduce. Incluso a 2-3 GHz, los sistemas deben comenzar con celdas más pequeñas, elevando significativamente sus costos iniciales.

Dado que el espectro adecuado para los sistemas celulares es limitado, inevitablemente tendrá un gran valor. Inicialmente, los gobiernos vieron dicho espectro como un recurso nacional, para ser asignado a los servicios socialmente más valiosos basados en deliberaciones cuidadosas (y que requieren mucho tiempo). Más recientemente, los gobiernos han descubierto que pueden vender espectro por grandes cantidades de dinero, llenando así sus arcas y evitando la agravación de los procedimientos de adjudicación prolongada. Así nació la subasta de espectro, y ha llevado a unos precios notables para este recurso efímero (Mandayam, 2018).

Hoy, el costo del espectro para un nuevo sistema puede ser igual al costo del sistema mismo. Esto refuerza el valor de lograr una alta eficiencia del espectro, pero dificulta que los operadores del sistema logren rentabilidad, particularmente en los primeros años de operación del sistema. Como resultado, se ha vuelto cada vez más importante construir una gran base de clientes en presencia de múltiples competidores nuevos, y el cliente tiene beneficios en términos de estructuras tarifarias muy atractivas. Está menos claro que los inversores se beneficiarán, pero un optimismo eufórico sobre el futuro de la telefonía móvil ha mantenido los precios del espectro en niveles muy altos.

2.2. Tecnologías de las comunicaciones móviles.

Cualquier radioteléfono capaz de operar mientras se mueve a cualquier velocidad, alimentado por batería y lo suficientemente pequeño como para ser

transportado por una persona, entra dentro de los sistemas de comunicación móvil. Estos sistemas de comunicación pueden tener diferentes facilidades. Los diferentes tipos de sistemas de comunicación móvil son una radio móvil de dos vías, una radio terrestre pública, un teléfono móvil y una radio amateur.

Las radios móviles de dos vías son sistemas de comunicación de uno a muchos que funcionan en modo semidúplex, es decir, pulsar para hablar. La más común de este tipo es la radio de banda ciudadana (CB), que utiliza modulación de amplitud (AM). Opera en el rango de frecuencia de 26-27,1 MHz con 40 canales de 10 kHz. Es un servicio no comercial que utiliza un interruptor de pulsar para hablar. Puede ser modulado en amplitud con portadora suprimida de banda lateral doble o portadora suprimida de banda lateral única (Rathore, 2019).

La radio móvil terrestre pública es un sistema de radio FM de dos vías, utilizado en la policía, los bomberos y las agencias municipales. Se limita a pequeñas áreas geográficas. Los teléfonos móviles ofrecen transmisión full-dúplex. Son sistemas uno a uno que permiten dos transmisiones simultáneas. Por privacidad, cada unidad móvil lleva un número de teléfono único.

Las radios amateurs (HAM), cuben una amplia banda de frecuencias desde 1,8 MHz hasta más de 30 MHz. Estos incluyen onda continua (CW), AM, FM, radioteleimpresora, TV de imágenes fijas de exploración lenta de HF, TV de exploración lenta o de exploración rápida de VHF o UHF, facsímil, modulación por desplazamiento de frecuencia y modulación por desplazamiento de amplitud.

2.2.1. Tecnologías de acceso múltiple para sistemas celulares.

Generalmente, se asigna una cantidad fija de espectro de frecuencia a un sistema celular. Se implementan técnicas de acceso múltiple para que los usuarios puedan compartir el espectro disponible de manera eficiente. Para la comunicación inalámbrica, la multiplexación se puede realizar en tres dimensiones: tiempo (TDMA), frecuencia (FDMA y su variación OFDMA) y código (CDMA).

En TDMA, el espectro disponible se divide en bandas de frecuencia estrechas o canales de frecuencia que, a su vez, se dividen en varios intervalos de tiempo. En el caso del estándar celular digital norteamericano IS-136, cada canal de frecuencia (30 kHz) se divide en tres intervalos de tiempo, mientras que en el sistema celular digital europeo GSM, cada canal de frecuencia (200 kHz) se divide en ocho intervalos de tiempo. Se necesitan bandas de guarda tanto entre los canales de frecuencia como entre los intervalos de tiempo (Rathore, 2019).

En FDMA, los usuarios comparten el espectro disponible en una banda de frecuencia llamada canal de tráfico. A los diferentes usuarios se les asignan diferentes canales según la demanda. La potencia de la señal del usuario se concentra en una banda de frecuencia relativamente estrecha. Todos los sistemas celulares analógicos utilizan el sistema FDMA (Rathore, 2019).

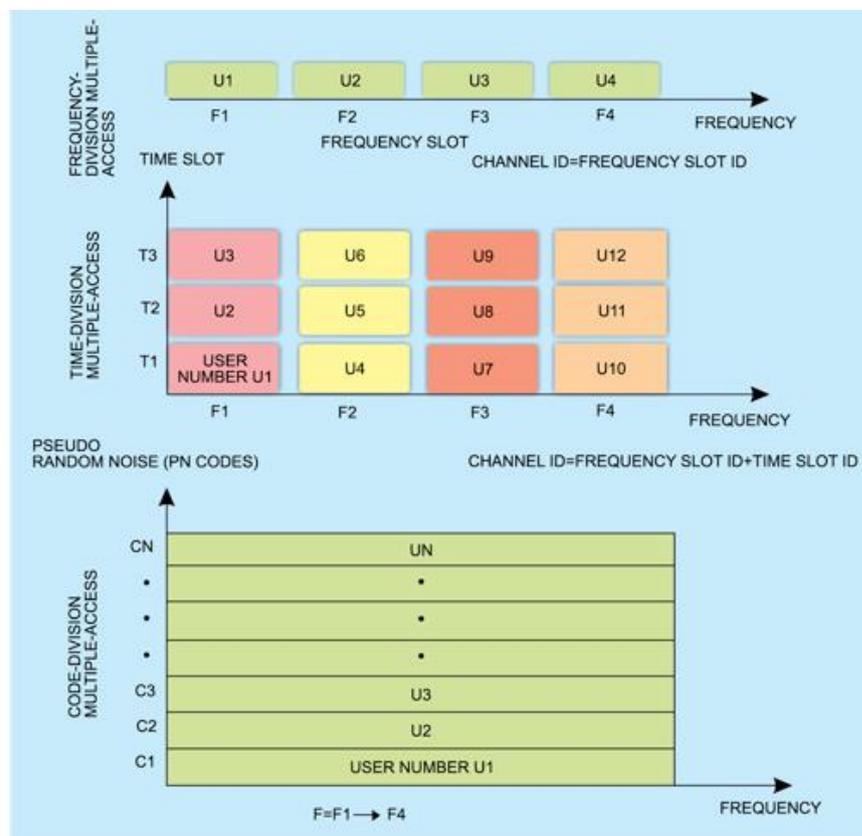


Figura 2. 3: Técnicas de acceso múltiple FDMA, TDMA, CDMA
Fuente: (Rathore, 2019)

OFDM es una técnica de transmisión multicelular en la que un flujo de datos se transporta con muchos tonos de subportadora de velocidad más

baja. Se ha adoptado en las comunicaciones móviles para combatir el desvanecimiento selectivo de frecuencia hostil y se ha incorporado a los estándares de redes inalámbricas. OFDM es una técnica de transmisión multicelular en la que un flujo de datos se transporta con muchos tonos de subportadora de velocidad más baja (Rathore, 2019). Se ha adoptado en las comunicaciones móviles para combatir el desvanecimiento selectivo de frecuencia hostil y se ha incorporado a los estándares de redes inalámbricas.

OFDM combina las ventajas de la detección coherente y la modulación OFDM y tiene muchos méritos que son críticos para los futuros sistemas de transmisión de alta velocidad. Mediante el uso de la conversión ascendente/descendente, el requisito de ancho de banda eléctrico puede reducirse en gran medida para el transceptor OFDM, que es extremadamente atractivo para el diseño de circuitos de alta velocidad donde el ancho de banda de la señal eléctrica dicta el costo. Por último, el procesamiento de señales en el transceptor OFDM puede aprovechar un algoritmo eficiente de transformada rápida de Fourier (FFT) /FFT inversa, lo que sugiere que OFDM tiene una escalabilidad superior a la dispersión del canal y la velocidad de datos.

2.2.2. Esquemas de modulación digital.

Los sistemas de comunicación a menudo implican la modulación de una portadora, lo que da como resultado una forma de onda de paso de banda. Una señal digital se puede utilizar para modular la amplitud, la frecuencia o la fase de una portadora sinusoidal produciendo tres formas diferentes de modulación digital: modulación por desplazamiento de amplitud (ASK), modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) y modulación por desplazamiento de fase (PSK). Además de estas técnicas básicas, existen algunos esquemas de modulación que emplean una combinación de modulación de amplitud y fase. Cabe señalar que, a diferencia de la señal ASK, la transmisión PSK es polar. Al mismo tiempo, ASK es un esquema de modulación lineal, mientras que PSK es un esquema de modulación no lineal. PSK tiene un rendimiento superior a ASK.

2.2.2.1 Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK).

Las técnicas de modulación digital mencionadas anteriormente son espectralmente ineficaces en el sentido de que el ancho de banda del canal disponible no se utiliza por completo. La eficiencia espectral se puede mejorar usando QPSK. Es un sistema para dos fuentes de mensajes. En este sistema, las portadoras de modulación en cuadratura de fase se combinan para formar la forma de onda de salida. En QPSK, la amplitud de la forma de onda del modulador y las ganancias del modulador se igualan lo más posible.

2.2.2.2 Modulación por desplazamiento de fase direccional (DPSK).

DPSK es una modificación de PSK que evita la necesidad de proporcionar la portadora síncrona requerida para la detección de señales PSK. Es una técnica ingeniosa mediante la cual la referencia de la portadora se deriva de la forma de onda recibida en el intervalo de bits anterior mediante el uso de un retraso de 1 bit. En esencia, la forma de onda recibida con un retraso de 1 bit sirve como su propia referencia.

2.2.3. Transmisión de datos mediante conmutación de paquetes.

Esto se hace suministrando varios paquetes direccionados, que están interconectados para tener la conversación. Se crean nuevas rutas dedicadas para enviar los datos. Desde las múltiples rutas hasta el destino, se puede usar cualquier ruta para enviar datos. Los datos de paquetes digitales celulares se diseñaron para un funcionamiento óptimo con un sistema celular analógico, especialmente AMPS.

2.2.3.1 Servicios de mensajes cortos.

El servicio de mensajes cortos es el servicio de paquetes más común que se admite en redes celulares digitales como GSM, IS-136, EDGE y PDC (servicio de paquetes de datos). Es un servicio en modo paquete/almacenamiento y reenvío que proporciona Inter funcionamiento con las diversas aplicaciones y servicios dentro de una red fija. Para la transferencia de mensajes entre entidades de red relevantes, los canales de control y señalización (en lugar de los canales de tráfico normales) se utilizan generalmente para la transmisión de datos.

2.2.3.2 Servicio general de radio por paquetes (GPRS).

GPRS representa esencialmente capacidades complementarias a la red celular básica optimizada para voz que, sin embargo, mantienen las características esenciales de la tecnología de acceso por radio. Puede utilizarlos mediante módulos GPRS o GSM.

2.2.3.3 Velocidades de datos mejoradas para la evolución GSM (EDGE).

Para mejorar las capacidades de manejo de datos del servicio 2G, se tuvo que modificar la porción de acceso por radio. Esta modificación se desarrolló en Europa en forma de EDGE. EDGE también es compatible con un mecanismo de adaptación de enlace que selecciona la mejor combinación de esquemas de modulación y codificación en función de la calidad del enlace variable en el tiempo.

El concepto EDGE se aplica tanto a datos en modo circuito como en modo paquete y es suficientemente genérico para su aplicación a otros sistemas celulares digitales. Funciona en el ancho de banda de 200 kHz con uno o más esquemas de modulación de alto nivel y una variedad de métodos de codificación eficientes.

2.2.3.4 Espectro ensanchado.

Es una técnica de comunicación especial que utiliza deliberadamente mucho más ancho de banda de RF del necesario para transmitir una señal. Esto ayuda a mejorar la relación señal-ruido (S/N). Las principales ventajas de esta técnica son la comunicación segura y la resistencia a interferencias intencionales. Hay 75 canales en la banda 2400-2483.3MHz.

Hay dos métodos para realizar el espectro ensanchado:

- Salto de frecuencia

Esta técnica propaga la señal de banda estrecha en función del tiempo. La frecuencia transmitida se cambia a un canal preasignado diferente varias veces por segundo (con saltos). El orden en que se seleccionan los canales preasignados es 'pseudoaleatorio'. En otras palabras, el orden de los canales es aparentemente aleatorio, pero en realidad se repite en un intervalo definido.

El orden específico en el que se ocupan las frecuencias es una función de la secuencia del código y la tasa de salto de una frecuencia a otra es una función de la tasa de información.

- Secuencia directa

Esta técnica difunde una señal expandiéndola sobre una porción de banda ancha de la banda de radio. Utiliza un código de pseudo ruido (PN) generado localmente para codificar los datos digitales que se van a transmitir. La versión de todos los dígitos más práctica es la secuencia directa. La modulación por desplazamiento de fase binaria es la técnica de modulación más simple y utilizada.

2.2.3.4.1 CDMA

CDMA es una forma de tecnología de espectro ensanchado de secuencia directa que permite que muchos usuarios ocupen las mismas asignaciones de tiempo y frecuencia en una banda/espacio determinado. CDMA asigna a cada usuario un código de difusión único para difundir los datos de banda base antes de la transmisión, a fin de ayudar a diferenciar las señales de varios usuarios en el mismo espectro. Es la plataforma sobre la que se construyen los servicios 2G y 3G avanzados (Patil, 2003).

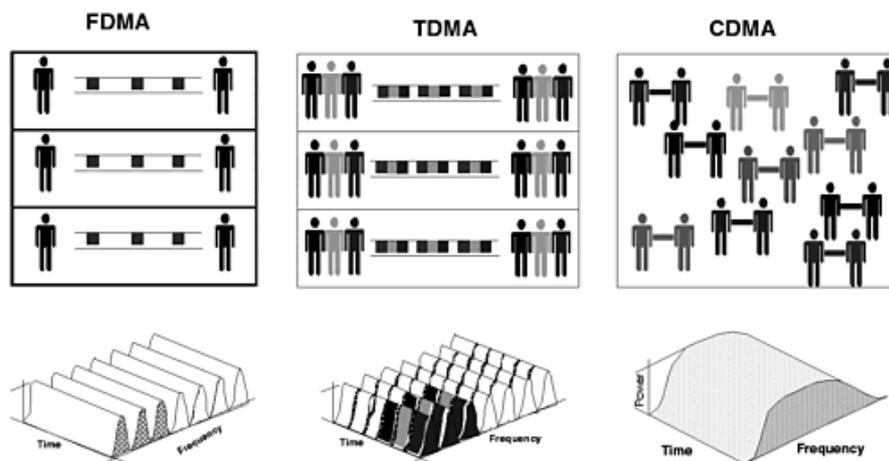


Figura 2. 4: Comparativa entre los sistemas FDMA, TDMA, CDMA
Fuente: (Patil, 2003)

Después del habla, el códec convierte la voz en señal digital. CDMA distribuye el flujo de voz en todo el ancho de banda de 1,25 MHz del canal CDMA, codificando cada flujo por separado. El receptor utiliza un

correlacionador para reducir la dispersión de la señal deseada, que pasa a través de un filtro de paso de banda. Las señales no deseadas no se disipan ni pasan a través del filtro.

La tasa de la señal de dispersión se conoce como "tasa de chip", ya que cada bit de la señal de dispersión se conoce como "chip". Todas las redes 2G solo admiten velocidades de datos de un solo usuario del orden de 10 kbps, que es demasiado lento para el correo electrónico rápido y la navegación por Internet.

CDMA proporciona más de diez veces la capacidad de los AMPS analógicos y cinco veces la capacidad de llamadas de los sistemas GSM y TDMA. Requiere menos sitios celulares que GSM y TDMA (Patil, 2003).

2.2.3.5 Sistema de comunicación personal.

El sistema de comunicación personal (PCS) es una nueva clase de sistema de telefonía celular como AMPS. Los sistemas PCS son una combinación de red de telefonía celular y red inteligente, que es la entidad del protocolo entre oficinas de transferencia súper simple (SST) que distingue los componentes físicos de la red de conmutación, como el punto de servicio de señal, el punto de control de señal y el punto de transferencia de señal. de los servicios prestados por la red SST.

En esencia, PCS es la implementación norteamericana del estándar GSM europeo. GSM utilizó sus propios métodos de acceso TDMA y brindó capacidad ampliada y servicios exclusivos como identificador de llamadas, desvío de llamadas y mensajes cortos. Una característica fundamental era la itinerancia continua, que permitía a los suscriptores traspasar los límites de los proveedores. El esfuerzo se dirigió hacia los sistemas celulares de segunda generación.

En 1990, se especificó una segunda banda de frecuencias. Esta banda incluía dos dominios: 1710-1785 MHz y 1805-1880 MHz, es decir, el doble de 75 MHz; tres veces más que la banda primaria de 900 MHz (Rathore, 2019).

2.2.3.6 Telecomunicaciones inalámbricas digitales mejoradas (DECT).

DECT es un tipo de sistema PCS. El estándar DECT fue desarrollado por el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI) para aplicaciones LAN de datos PABX inalámbricas que representan entornos cerrados que requieren un acceso inalámbrico abierto mínimo, ya que era esencial que los productos de diferentes proveedores no solo coexistieran, sino que funcionarán entre sí.

El sistema DECT tiene una estructura de trama TDMA/TDD con 24 ranuras que se asignan por igual para la operación de enlace descendente y ascendente. DECT especifica el funcionamiento tanto simplex (medias ranuras) como dúplex (ranura completa). Se logran velocidades de datos más altas utilizando modulación multinivel. El esquema de modulación básico es una modulación por cambio de frecuencia (GFSK) rellena de Gaussian de dos niveles, que se complementa con un esquema de modulación de 8 niveles que conduce a un máximo de 2,88 Mbps por portadora (Patil, 2003).

2.2.4. Nuevos desarrollos previos a las tecnologías 1G a 4G.

2.2.4.1 Sistema de posicionamiento global (GPS).

El GPS es una ayuda de navegación confiable disponible en cualquier lugar del mundo, que opera en todas las condiciones climáticas las 24 horas del día. Puede ser utilizado por usuarios marinos, aéreos y terrestres (NAP, 1997). La tecnología GPS se desarrolló en 1983. El GPS consta de tres segmentos:

- Segmento Espacial

El GPS consta de 24 satélites NAVSTAR junto con tres satélites de repuesto que orbitan a 20.200 km sobre la superficie terrestre en seis planos orbitales circulares con un período orbital de 12 horas cada uno. Estos satélites operan en la banda L1 (1,575 GHz) transmitiendo continuamente señales de navegación denominadas código de adquisición grueso. Cualquiera puede recibir estos códigos para decodificar y encontrar parámetros de navegación como longitud, latitud, velocidad y tiempo.

- Segmento de control

Consiste en una estación maestra de control (MCS) y varias estaciones terrenas más pequeñas llamadas estaciones de monitoreo ubicadas en diferentes lugares del mundo. Las estaciones de monitoreo rastrean satélites y transmiten los datos medidos al MCS. El MCS calcula los parámetros del satélite (llamados efemérides) y los envía de vuelta al satélite, que, a su vez, transmite a todos los receptores GPS.

- Segmento de usuarios

El segmento de usuarios consiste en todos los objetos móviles y estacionarios con receptores GPS. Un receptor GPS es un receptor de satélite multicanal que calcula cada segundo su propia ubicación y velocidad.

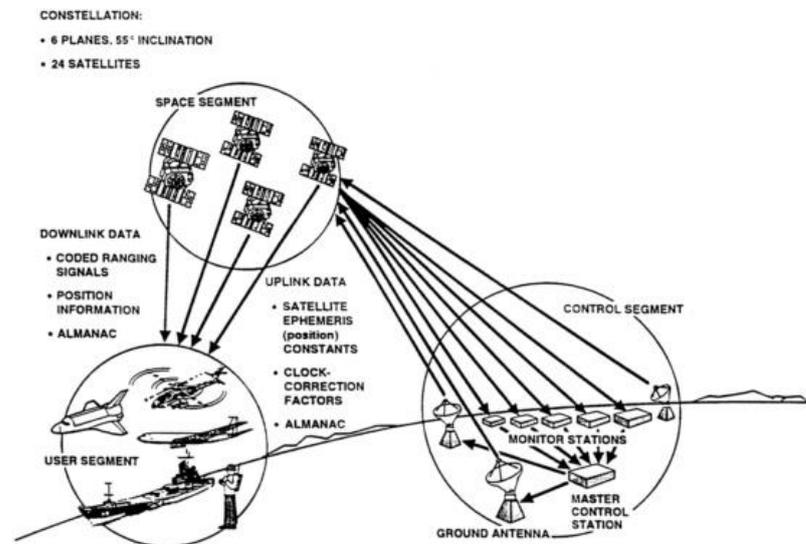


Figura 2. 5: GPS y sus tres segmentos
Fuente: (The National Academies Press, 1997)

2.2.4.2 Bluetooth.

Frente a las tecnologías WLAN, la tecnología Bluetooth apunta a las denominadas piconets ad-hoc, que son redes de área local con una cobertura muy limitada y sin necesidad de infraestructura. El término “piconet” es una colección de dispositivos Bluetooth que están sincronizados con la misma secuencia de salto. Un dispositivo en la piconet puede actuar como maestro y todos los demás dispositivos conectados al maestro actúan como esclavos. El maestro determina el patrón de salto y los esclavos deben sincronizarse con este patrón. El patrón de salto está determinado por el ID del dispositivo, un identificador único mundial de 48 bits. La fase en el patrón de salto está

determinada por el reloj maestro. A todos los dispositivos activos se les asigna una dirección de miembro activo de 3 bits.

Todos los dispositivos estacionados usan una dirección de miembro estacionado de 8 bits. Los dispositivos en modo de espera no necesitan una dirección. El objetivo del desarrollo de Bluetooth era utilizar una tecnología de red inalámbrica basada en radio, de bajo costo y de un solo chip para computadoras portátiles, notebooks, auriculares, etc.

Bluetooth opera en la banda ISM de 2,4 GHz. Sin embargo, MAC, la capa física y los servicios ofrecidos son completamente diferentes. Los transceptores Bluetooth utilizan Gaussian FSK para la modulación y están disponibles en tres clases de potencia: Clase 1 (potencia máxima de 100 mW), clase 2 (potencia máxima de 2,5 mW) y clase 3 (potencia máxima de 1 mW) (Rathore, 2019).

Especificaciones	2.1 + EDR	3.0 + HS	4.0 + LE	4.1	4.2	5
Lanzamiento	2007	2009	2010	2013	2014	2017
Velocidad de transmisión (Mbit/s)	3	24	32	32	32	≈50
Alcance PAN estándar (m)	≈10	≈10	≈10	≈10	≈10	≈40
Mejoras respecto versión anterior	- Seguridad	-Velocidad -Incremento de perfiles	- Velocidad	-Actualización de software para mejorar usabilidad	-Data Length Extension -Seguridad	-Velocidad -Alcance -Capaz de habilitar el IoT.
	- EIR	-MAC/PHY alternativo	- Consumo			
	- Consumo		-Coste menor			

Figura 2. 6: Especificaciones de las versiones de Bluetooth.
Fuente: (ARAS, 2020)

2.3. Evolución de las comunicaciones móviles 1G a 4G.

2.3.1. Comunicación móvil 1G.

Lanzado por Nippon Telegraph and Telephone en 1979, 1G se presentó por primera vez a los ciudadanos de Tokio. Para 1984, la primera red generacional cubría todo Japón, convirtiéndose en el primer país en tener servicio 1G a nivel nacional. No fue hasta el 6 de marzo de 1983 que Ameritech introdujo 1G en los Estados Unidos. Poco después, Canadá obtuvo cobertura a mediados de la década de 1980.

Aunque el prototipo de teléfono celular se fabricó en 1973 (10 años antes del lanzamiento norteamericano de 1G), Motorola presentó al público el primer teléfono celular comercialmente disponible en 1983: el DynaTAC. Apodado “El Ladrillo”, el Motorola DynaTAC fue valorado en USD 3995 (10300 dólares en la actualidad). A pesar de ser un teléfono torpe, voluminoso e incómodo de usar, las ventas de DynaTAC fueron más de lo esperado. Solo en el primer año, Ameritech vendió aproximadamente 1200 teléfonos Motorola DynaTAC. Para 1998, los teléfonos celulares y servicios similares representaban hasta dos tercios de los ingresos de Motorola.

A pesar de ser una tecnología revolucionaria en ese momento, 1G sufrió importantes inconvenientes con los estándares actuales. Escuchar a alguien a través de una red 1G fue difícil debido a la baja calidad del sonido. La cobertura también fue de mala calidad, con grandes cantidades de ruido estático y crujidos de fondo. Tampoco se proporcionó soporte de roaming. La seguridad no existía en un canal 1G porque no había encriptación, lo que significaba que cualquier persona con un escáner de radio podía entrar en una llamada. La velocidad de descarga por encima de 1G también fue increíblemente lenta y solo alcanzó alrededor de 2,4 kbps. Aunque progresista para su época, 1G todavía tenía mucho espacio para crecer (Galazzo, 2020).

Los sistemas 1G más popular durante el año de la década de 1980 fueron:

- Sistema de telefonía móvil avanzado (AMPS).
- Sistema de telefonía móvil nórdico (NMTS).
- Sistema de comunicación de acceso total (TACS).
- Sistema europeo de comunicación de acceso total (ETACS).

Y, algunas de las características claves de esta tecnología de primera generación son (QUALCOMM, 2014):

- Se utiliza tecnología de conmutación analógica.
- Se utiliza modulación de frecuencia llamada FM.
- Se utiliza la red central PSTN.

- Frecuencia alrededor de 800 MHz a 900 MHz.
- Ancho de banda alrededor de 10 MHz.
- Se deben utilizar técnicas FDMA para el acceso.
- Solo brinda servicio de voz.
- Solo es capaz de hacer llamadas telefónicas simples.

2.3.2. Comunicación móvil 2G.

Tras el éxito de 1G, 2G se lanzó en el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM) en Finlandia durante 1991. 2G proporcionó algunos avances significativos en las conversaciones móviles, introduciendo llamadas encriptadas (ya nadie podría ingresar a su llamada no deseada). 2G también mejoró la calidad del sonido, reduciendo los ruidos estáticos mientras se hablaba. Las velocidades de descarga de 2G también fueron significativamente más rápidas (pero aun increíblemente lentas según los estándares actuales) que las de 1G, con un promedio de aproximadamente de 0,2 Mbps durante su vida útil.

La red 2G también permitió transferir bits de datos de un teléfono a otro, lo que permitió el acceso a contenido multimedia en los teléfonos móviles, como tonos de llamada. Debido a que ahora se puede transferir datos, 2G también brindó algunas funciones básicas de teléfonos inteligentes. Sin embargo, ese no fue el beneficio más avanzado que proporcionó esta función de transferencia de datos. De hecho, con la transferencia de datos de 2G, cambió por completo la forma de comunicación al introducir mensajes de texto (SMS) y mensajes multimedia (MMS) como nuevas formas de comunicación.

Usando los mismos canales de control que las llamadas, SMS y MMS, los mensajes se envían en paquetes de datos desde su teléfono celular a una torre y luego al teléfono del otro usuario.

A medida que los mensajes de texto, las descargas y las conversaciones por teléfono se hicieron más populares, la red 2G condujo a la adopción masiva de teléfonos celulares tanto en el lado del consumidor como en el de

las empresas. Sin embargo, a medida que más y más personas comenzaron a usar teléfonos celulares, la demanda de datos se disparó (Galazzo, 2020).

Algunas de las características claves de la tecnología 2G son (QUALCOMM, 2014):

- Procesamiento de señal digital utilizado en lugar de la señal analógica utilizada en 1G.
- El procesamiento de señalización digital permitió que la red admitiera la transferencia de datos, así como el tráfico de voz que antes admitía la señalización analógica.
- 2G se hizo muy popular porque el usuario era capaz de conectar sus dispositivos móviles a Internet y trabajar en negocios.
- Admite llamadas telefónicas.
- Proporciona mejor calidad y capacidad.
- Es compatible con MMS.
- La tecnología 2G ha mejorado constantemente con un mayor ancho de banda, enrutamiento de paquetes y la introducción de multimedia.
- 2G proporcionó velocidades de 135 Kbps a los clientes en su punto máximo.
- Puede usar enviar/recibir un mensaje de correo electrónico.
- 2G es una versión digital de la tecnología 1G.
- La tecnología 2G se hizo muy popular porque los usuarios podían conectar su dispositivo móvil a Internet y redes comerciales.
- La tecnología 2G se utiliza en el procesamiento de señalización digital en lugar de la señalización analógica utilizada en 1G.
- La tecnología 2G admite voz y datos.
- TDMA, así como la tecnología CDMA, deben usarse para el acceso múltiple.
- La tecnología 2G debe usarse para el procesamiento de señales digitales, por lo que permitió que una red admitiera la transferencia de datos, así como el tráfico de voz que antes admitía la señalización analógica.
- Se tarda de 6 a 9 minutos en descargar canciones MP3 de 3 minutos.

2.3.3. Comunicación móvil 3G.

Implementado para el público en Japón por NTT DoCoMo en 2001, 3G se centró en estandarizar el protocolo de red de los proveedores. A su vez, los usuarios podían acceder a los datos desde cualquier lugar, lo que permitió que comenzaran los servicios de roaming internacional. En comparación con 2G, 3G tenía 4 veces más capacidades de transferencia de datos, alcanzando hasta 2 Mbps en promedio. Debido a este aumento, la transmisión de video, las videoconferencias y el chat de video en vivo (como Skype) se volvieron reales. Los correos electrónicos también se convirtieron en otra forma estándar de comunicación a través de dispositivos móviles.

Sin embargo, lo que hizo que 3G fuera revolucionario fue la capacidad de navegar por Internet (páginas HTML básicas en ese momento) y transmitir música en el móvil. Aunque 2G ofrecía las mismas funciones, no eran tan avanzadas como las de 3G en términos de velocidad de descarga. A medida que avanzaba la era 3G, se realizaron mejoras en la red, aumentando las velocidades y el soporte.

Aunque los teléfonos grandes y plegables eran opciones populares durante la era 3G, los teléfonos inteligentes eran nuevos. Esta nueva tecnología permitió a los usuarios escuchar música, llamar, enviar mensajes de texto y buscar a través de Internet en sus dispositivos móviles. En ese momento, había 2 principales competidores de teléfonos inteligentes: Blackberry y Apple.

BlackBerry lanzó su primer dispositivo móvil en 2002: el Blackberry 5810. No fue sino hasta 2007 que salió el iPhone original, que pronto dominaría el mercado de teléfonos inteligentes (y teléfonos celulares) en solo unos pocos años. Para 2017, la participación de mercado de BlackBerry era del 0%. A medida que los teléfonos inteligentes comenzaban a volverse populares, la demanda de datos más rápidos y mayores capacidades de red estaba a solo unos años de distancia (Galazzo, 2020).

La UIT, denominada Unión Internacional de Telecomunicaciones, propuso el estándar de telecomunicaciones 3G para proporcionar aplicaciones multimedia inalámbricas rentables de alta calidad y comunicaciones inalámbricas mejoradas. Las funciones básicas se dividen en dos categorías, una se llama tasas de datos y la otra se llama seguridad (QUALCOMM, 2014).

Las características claves de la tecnología 3G son:

- La tecnología 3G es la que soporta mayor capacidad de voz y datos y transmisión de datos a bajo costo.
- La tecnología 3G tiene una gran capacidad de banda ancha.
- Los móviles 3G pueden operar con tecnologías 2G y 3G.
- 3G ofrece mayores funciones de seguridad que 2G, como seguridad de dominio de red, seguridad de aplicaciones, etc.
- La red 3G tiene una capacidad de transmisión mucho mayor que la 2G.
- La tecnología 3G proporciona funciones importantes como videollamadas, videoconferencias, actualizaciones meteorológicas, acceso al tráfico, etc.
- 3G tiene un espectro común en todo el mundo. Esto da como resultado una conectividad global perfecta.
- 3G admite una variedad de terminales, desde PDA hasta computadoras de escritorio.

2.3.4. Comunicación móvil 4G.

Introducido para uso comercial en Noruega a finales de 2009, 4G ofrecía los servicios estándar actuales. A partir de un mínimo de 12,5 Mbps, 4G proporcionó transmisión de videochat de alta calidad, acceso rápido a la web móvil, videos HD y juegos en línea. En comparación con un simple cambio de tarjeta SIM de 2G a 3G, los dispositivos móviles debían diseñarse específicamente para admitir 4G.

Sin embargo, cuando recién comenzó 4G, el ITU-R estableció las velocidades mínimas requeridas para la misma (12,5 Mbps), lo cual no era posible en ese momento. En respuesta a la cantidad de dinero que los fabricantes de tecnología estaban invirtiendo para lograr este objetivo, el ITU-R decidió que LTE (evolución a largo plazo) podría etiquetarse como 4G. Pero solo si proporciona una mejora significativa con respecto a 3G. En resumen, cuando salió 4G por primera vez, lo que estaba prácticamente siendo lanzado al mercado era 3.9G o 3.95G en su lugar. Sin embargo, a mediados de 2011, Canadá lanzó su primera red inalámbrica LTE en Ottawa, Ontario, gracias a Rogers. El lanzamiento ofreció velocidades de poco menos de 12,5 Mbps y lo etiquetó como 4G LTE. En 2020, la velocidad de descarga 4G promedio fue de 55,5 Mbps.

Durante el apogeo de 4G, los teléfonos celulares más vendidos incluyeron el iPhone 6 con 22,4 millones de unidades y el Samsung Galaxy S4 con 80 millones de unidades en todo el mundo.

Desde su adopción en 2009, 4G casi ha alcanzado su capacidad en términos de velocidades de transferencia de datos. Con la introducción de nuevas tecnologías a un ritmo acelerado, el mundo necesita una red más rápida.

LTE significa evolución a largo plazo y es una interfaz aérea de alto rendimiento para sistemas de telefonía móvil. Es el paso final hacia la cuarta generación de tecnologías de radio, que pretenden aumentar la capacidad y velocidad de las redes de telefonía móvil. Mientras que la generación anterior de redes de telecomunicaciones móviles se conoce como 2G o 3G. LTE se comercializa como tecnología 4G (QUALCOMM, 2014).

Las diferencias entre 4G y LTE son:

- 4G es la cuarta generación de tecnología de red celular, mientras que LTE es una evolución a largo plazo, LTE es una actualización de la tecnología de red celular de tercera generación.

- 4G ofrece una velocidad de datos más rápida, en LTE la velocidad de datos es comparativamente baja.
- 4G ofrece una latencia muy reducida. Experimenta una respuesta más rápida a su comando, mientras que la latencia de LTE es superior a 4G.
- El 4G proporciona que tanto las llamadas de voz como las videollamadas sean de una calidad superior.
- 4G brinda una experiencia fluida en juegos en línea, mientras que LTE tiene un tiempo de retraso.

2.4. Comunicación móvil 5G: La nueva era de las telecomunicaciones.

5G es la quinta generación de redes móviles. Este es el nuevo estándar inalámbrico a nivel mundial después de las redes 1G/ 2G/ 3G y 4G. La red de quinta generación otorga un nuevo tipo de red diseñada para conectar a todos y a todo, incluidos artefactos, cosas y dispositivos.

La tecnología inalámbrica 5G está diseñada para ofrecer velocidades máximas de datos de múltiples Gbps, latencia ultra baja, más confiabilidad, capacidad de red masiva, mayor disponibilidad y una experiencia de usuario más uniforme para más usuarios. Si existe un gran rendimiento y una mayor eficiencia, esto brinda que el usuario posea nuevas experiencias e industrias se adapten a este mecanismo.

Qualcomm ha trabajado en un papel clave en la invención de muchas de las tecnologías fundamentales que impulsan la industria y conforman 5G, el futuro estándar inalámbrico. Está a cargo del Proyecto de Asociación de Tercera Generación o 3GPP, la organización de las industrias que determina las especificaciones mundiales para las tecnologías 3G UMTS (incluido HSPA), 4G LTE y 5G (QUALCOMM, 2017).

El proyecto 3GPP es el responsable del impulso de muchas invenciones fundamentales en varios aspectos del diseño de la 5G, desde la interfaz aérea hasta la capa de servicio. Por otro lado, otros miembros de 3GPP 5G van

desde proveedores de infraestructura y fabricantes de elementos o dispositivos, hasta operadores de redes móviles y proveedores de servicios.

2.4.1. Tecnologías adyacentes que componen la 5G.

5G se fundamenta en la multiplexación por división de frecuencia ortogonal o también llamada OFDM, un método de modulación de una señal digital a través de diferentes canales para minimizar la interferencia. 5G emplea la interfaz aérea 5G NR junto con los principios de la OFDM. 5G también maneja tecnologías de ancho de banda más amplio, como sub-6 GHz y mmWave.

Al igual que la tecnología 4G LTE, la 5G OFDM se ejecuta con los principios básicos de las redes móviles. En cambio, la nueva interfaz 5G NR aérea puede mejorar mucho más OFDM para brindar mucha más escalabilidad y flexibilidad. Esto podría facilitar el acceso 5G a más usuarios para una amplia variedad de casos según el uso que se le quiera dar.

5G depara amplios anchos de banda al difundir el uso de recursos de espectro de la frecuencia sub-3 GHz utilizada en 4G a 100 GHz y más. 5G puede trabajar tanto en bandas pequeñas como, por ejemplo, la sub-6 GHz, y mmWave, por ejemplo, 24 GHz y más, lo que ofrecerá una capacidad masiva, un rendimiento de varios Gbps y una baja latencia.

5G no se limita únicamente a brindar servicios móviles mejores de banda ancha y con mayor velocidad en contraste con la 4G LTE, sino que así mismo se puede propagar a nuevas zonas de servicio, como comunicaciones críticas y conexión de artefactos IoT de carácter masivo. Esto se presenta mediante la aportación de las nuevas metodologías de diseño de interfaz aérea 5G NR, al igual que un revolucionario diseño de subestructura TDD independiente (Trick, 2021).

2.4.2. Diferencia entre las generaciones anteriores de redes móviles y 5G.

- 1G o Primera Generación de redes móviles.

La primera generación revolucionó las comunicaciones en 1980 a ofrecer el servicio de voz analógica.

- 2G o Segunda Generación de redes móviles.

La 2G implemento la voz digital gracias a la tecnología de servicio de telefonía móvil de Acceso Múltiple por División de Código o CDMA a principios de la década de 1990.

- 3G o Tercera Generación de redes móviles.

La 3G incluye introduce en estas redes, los datos móviles que son un avance de la CDMA, en este caso la CDMA2000 a inicios de la década de los años 2000.

- 4G LTE o Cuarta Generación de redes móviles.

El lanzamiento de la 4G LTE o 4G evolución a largo plazo, sin duda alguna se diferenció ante las demás tecnologías gracias a su ancho de banda en la década del 2010.

Las tecnologías antecesoras desde la 1G hasta la 4G llevaron al lanzamiento 5G puesto a la exigencia y necesidad de la nueva tecnología, con el objetivo de brindar una mejor calidad en la conectividad de la red que nunca. 5G es una interfaz aérea consolidada y más abierta a nuevas alternativas. Su diseño se basa en albergar mayor cantidad de usuarios de próxima generación y generarle nuevas experiencias con las herramientas que aporta la 5G, impulsar sus nuevos modelos de implementación de red y ofrecer otro tipo de servicio en comparación a lo habitual (Remmert, 2021).

Poseyendo velocidades altas para navegación, excelente confiabilidad y una mínima latencia, la 5G se difunde en el ecosistema móvil hacia nuevos rumbos donde antes era inimaginable. 5G marcará un impacto en todo tipo de industrias, haciendo realidad una era de medios de transporte seguros, una atención médica sin precedentes, mejora en los métodos de agricultura con mayor rapidez e incrementación de producción, logística digitalizada, y

muchos aspectos más que garantizan una mejor calidad de vida (Remmert, 2021).

2.4.3. Capacidades del 5G.

5G hará mucho más que mejorar significativamente la conexión de red. Brinda nuevas oportunidades, lo que permite ofrecer soluciones innovadoras que llegan a toda la sociedad.

Con esta nueva tecnología, miles de millones de dispositivos conectados recopilan y comparten información en tiempo real para reducir los accidentes de tránsito; o aplicaciones de salvamento que pueden tomar vuelo gracias a conexiones garantizadas sin demoras; o líneas de producción tan predictivas que pueden prevenir interrupciones mucho antes de que ocurran.

- Sociedades en avance.
 - 5G abre formas innovadoras de mejorar la seguridad y la sostenibilidad.
 - Redes eléctricas más inteligentes para reducir considerablemente las emisiones de carbono.
 - Más vehículos conectados que comparten datos para evitar colisiones en la carretera.
 - Despliegue más rápido de los servicios de emergencia ante accidentes.
 - Sensores conectados que pueden detectar y advertir sobre desastres naturales de manera temprana.
 - Los drones se convierten en una herramienta clave para acelerar y apoyar la respuesta a situaciones de emergencia.
 - Experiencia remota con especialistas que consultan/diagnostican sin problemas a pacientes en otros lugares.

- Industrias transformadoras.
 - 5G es la base para negocios flexibles, eficientes y responsables.
 - Líneas de producción que reaccionan de forma autónoma a la oferta y la demanda.

- Réplicas digitales que pueden advertir sobre fallas reales de maquinaria con anticipación.
 - Redes logísticas que enrutan mercancías de forma autónoma en función de las condiciones del mundo real.
 - Trazabilidad completa hasta el artículo individual en almacenes y puertos.
 - Acceso remoto a potentes robots y vehículos para mejorar la seguridad en entornos de riesgo.
 - Mayor uso de IoT en la agricultura para cultivar de manera eficiente.
- Experiencias elevadas.

5G prepara el escenario para un entretenimiento más inmersivo y una educación más atractiva.

- Mayor realismo en VR, AR y realidad extendida (XR) con dispositivos más livianos.
- Ofrecer experiencias sensoriales, como el tacto, a través de dispositivos.
- Métodos de enseñanza más atractivos a través de contenido inmersivo.
- Reuniones virtuales inmersivas para impulsar la productividad del equipo remoto.
- Conectividad estable y confiable en espacios concurridos.
- Nuevos ángulos e interacciones para espectadores de eventos en vivo y remotos.

2.4.4. Arquitectura de la red 5G.

La arquitectura 5G se concentra principalmente en tres aspectos a saber, flexibilidad, escalabilidad y orientación al servicio administración. Estos tres aspectos están interrelacionados entre sí para impulsar la tecnología 5G para cumplir con los diversos requisitos en la flexibilidad de la red. Aspecto central para permitir la red de configuración para la realización eficiente de los servicios. La arquitectura será lo suficientemente flexible para manejar los requisitos del servicio de casos de uso. La escalabilidad ayudará flexibilidad para cumplir con los requisitos de los servicios.

La nueva generación de redes RAN necesita ser manejó eficientemente múltiples capas y una variedad de aire interfaces en los dominios de acceso y backhaul. Ellos tienen que controlar el tráfico dinámico, el comportamiento del usuario y los nodos activos involucrados. Esto se necesita poder diferenciar entre una variedad más grande de las características de QoS. Este control de red será transparente para el usuario. SDN, función de red de virtualización (NFV) y red autoorganizada (SON), jugarán un papel importante en la implementación y control de los nodos de la red para mejorar escalabilidad y confiabilidad.

2.4.5. Consideraciones sobre la 5G.

Tres cosas que debe saber sobre 5G:

- 5G se encuentra actualmente en la fase más temprana de implementación, con los operadores implementando una disponibilidad limitada de 5G hasta 2020 y una disponibilidad más amplia para fines de 2021.
- La mayor capacidad de la red móvil y la baja latencia de 5G harán posibles nuevas aplicaciones, desde fábricas y ciudades inteligentes habilitadas para 5G hasta dispositivos médicos constantemente conectados.
- 5G representa la primera vez que se crea una red inalámbrica con algo más que teléfonos en mente: la informática de punta y el Internet de las cosas (IoT) se vuelven vitales para 5G desde el principio.



Figura 2. 7: Bandas de frecuencia en el núcleo de las redes 5G

Fuente: (Remmert, 2021)

2.4.6. 5G frente a 4G.

Una nueva generación de tecnología de redes móviles está lista para ir más allá de lo que sus predecesores podrían haber soñado. ¿Qué significa 5G? En pocas palabras, 5G es la abreviatura de "quinta generación". También puede ver el estándar llamado 5G-NR (NR significa "nueva radio"). Si la primera red móvil (llamadas de voz analógicas, sin SMS, sin datos móviles ni navegación) fue la primera generación, 5G es su tataranieta.

Cuando las redes móviles 4G de evolución a largo plazo (LTE) de hoy comenzaron a implementarse hace casi una década, los consumidores dieron la bienvenida a una nueva era de navegación móvil de medios enriquecidos. Representando tanto una evolución del estándar 4G como una revolución en la tecnología de radio, la tecnología 5G promete transformar la década de 2020 en una época de conectividad y avances tecnológicos sin precedentes. Con mayor capacidad y velocidad, además de una latencia ultra baja, 5G impulsará una innovación que hubiera sido imposible con el estándar 4G LTE.

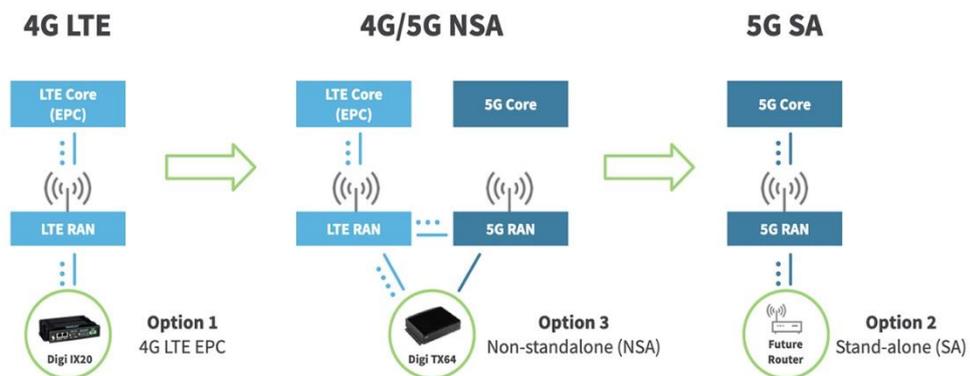


Figura 2. 8: Migración de la estructura de red a lo largo del tiempo.
Fuente: (Remmert, 2021)

2.4.7. Funcionamiento de la 5G.

Las cuatro generaciones anteriores de redes móviles usaban macrotorres celulares, de cientos de pies de altura, que requerían grandes gastos de energía para transmitir a largas distancias. 5G funciona un poco diferente. Esta red móvil mejorada utiliza una combinación de frecuencias de múltiples bandas para maximizar el rendimiento. Además de las torres de macro células tradicionales, 5G también utilizará una gran cantidad de micro

células mucho más pequeñas para nuevas bandas de espectro de ondas milimétricas para crear una capa de cobertura de red de ultra alta velocidad.

2.4.8. Beneficios de la 5G.

Para muchos usuarios finales, la actualización 5G tiene que ver con la velocidad. Con una velocidad 5G prevista de hasta 10 Gbps, las nuevas redes serán hasta 100 veces más rápidas que sus predecesoras. Para casos de uso industrial, agrícola y comercial, los mayores beneficios de 5G son su alta capacidad y retraso mínimo. Con hasta cinco veces el ancho de banda disponible con 4G, 5G dará lugar a nuevos métodos de producción y distribución. Las primeras pruebas también muestran que 5G puede reducir la latencia de la red a la mitad.

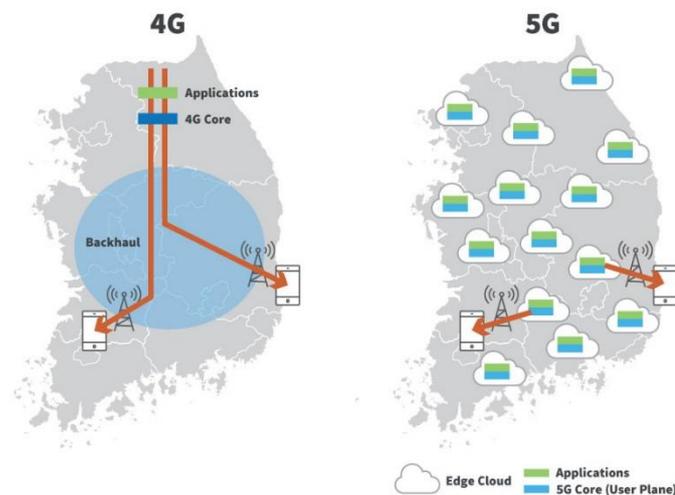


Figura 2. 9: Diferencia entre la arquitectura de red 4G y 5G.
Fuente: (Remmert, 2021)

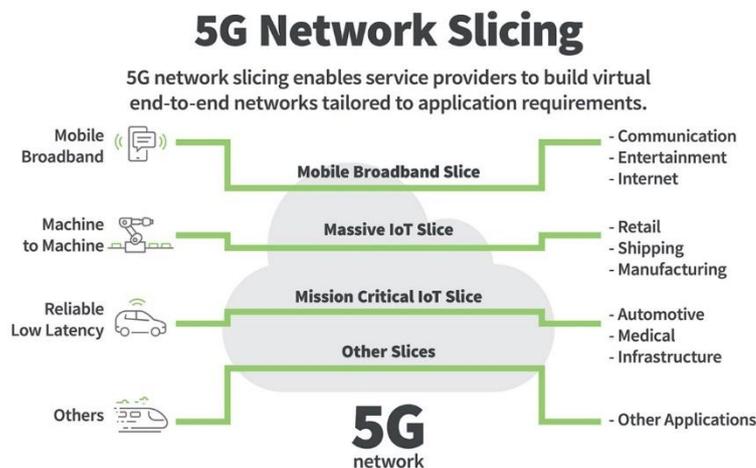


Figura 2. 10: Corte de red 5G.
Fuente: (Remmert, 2021)

La fragmentación de tecnología 5G brinda beneficios a los proveedores de servicios para la elaboración de redes virtuales de punto a punto según los requisitos que demanden las aplicaciones.

2.4.9. Principales objetivos de la 5G.

Los principales objetivos del 5G que debe satisfacer como tecnología se pueden enumerar en tres grupos:

- **Velocidad de datos aumentada:**
Simplemente significa que las velocidades de carga y descarga de datos serán más altas, actualmente, en promedio, este valor es de hasta 50 Mbps para la descarga, mientras que para la red 4G fue de 15 Mbps en promedio. La velocidad de descarga de datos de orientación de la red móvil 5G es de varios Gbps.
- **Latencia reducida:**
Es una latencia total de ida y vuelta de los paquetes, que en su mayoría influye en las aplicaciones sensibles oportunas, como las comunicaciones vehiculares; la latencia media actual es de 10ms para las redes 5G, mientras que en 4G es cinco veces mayor (50ms). El objetivo definitivo de 5G es alcanzar una latencia de 1 ms.
- **Mayor número de dispositivos conectados:**
Esto es muy importante ya que la densificación de dispositivos conectados a la red móvil está aumentando drásticamente, principalmente debido a los mayores intereses por el uso de Internet de las cosas, que se introducen a través de conceptos como Smart Cities. Se prevé que la cantidad de dispositivos IoT, conectados a través de redes móviles a Internet, aumente hasta 10 veces más en los próximos 10 años y las redes móviles 5G deben satisfacer dicha solicitud.

Para hacer frente a todas estas solicitudes, la tecnología 5G está introduciendo una serie de cambios en la red móvil desde la radio hasta su parte central. La primera diferencia principal es que la nueva interfaz de radio se introduce en el 5G, que está utilizando un espectro de frecuencia más alto, conocido como ondas centimétradas y milimétricas. Con esta introducción, se pueden lograr tasas de datos mucho más altas y muchas aplicaciones nuevas

pueden ser compatibles con redes móviles como la realidad virtual/aumentada.

Por otro lado, está previsto que el despliegue de estaciones base sea mucho más denso, lo que permitirá a los usuarios mayores tasas de datos, menores latencias y mayor confiabilidad del servicio. Aparte de estos cambios que de alguna manera están cerca de los usuarios, hay cambios en el fondo de una red 5G, que están relacionados con la red central de un operador de red.

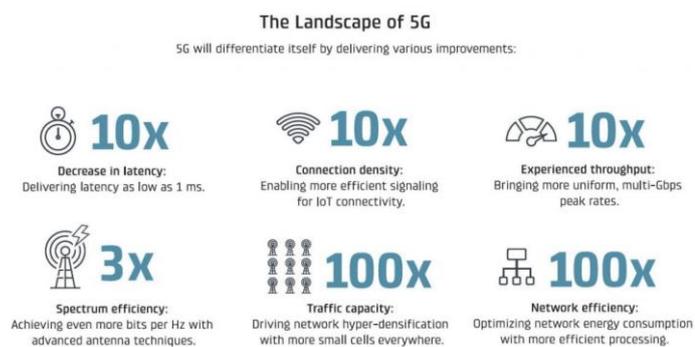


Figura 2. 11: Mejoras de la red 5G en comparación a sus antecesores.
Fuente: (Remmert, 2021)

Además, es importante decir que el despliegue de la red 5G debe ir seguido del desarrollo de los dispositivos 5G, que podrán utilizar dicha red y ya hay varios teléfonos inteligentes 5G en el mercado que podrán para utilizar las primeras versiones de las redes 5G.

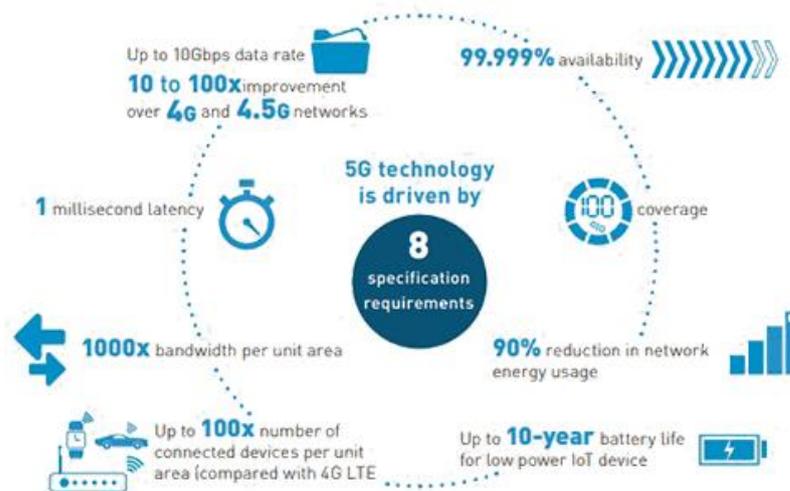


Figura 2. 12: Beneficios de la 5G.
Fuente: (Remmert, 2021)

2.4.10. Casos de uso de la 5G.

El poder transformador de 5G afectará a casi todas las industrias. Ya se han identificado casos de uso convincentes de 5G en las industrias de salud, agricultura, comercio minorista, transporte, logística y manufactura, entre otras.

Medios y Entretenimiento

La disponibilidad de banda ancha hizo posible mover películas, TV y juegos a la nube. Ahora, 5G promete brindar experiencias multimedia aún más ricas a cualquier pantalla, en cualquier lugar. Los usuarios finales podrán disfrutar de una transmisión de video fluida en 4K, experiencias inmersivas de realidad virtual (VR) y juegos altamente receptivos en dispositivos conectados a una red 5G, lo que generará mayores oportunidades de ingresos para creadores de contenido, proveedores de servicios en la nube y proveedores de servicios de comunicaciones.

Fabricación

La convergencia de 5G con IA y el borde inteligente revolucionará la planta de una manera que no se había visto desde que Henry Ford presentó la primera línea de ensamblaje. Los procesos de cadena de suministro, gestión de inventario y garantía de calidad, aumentados por IoT y edge computing, aumentarán los niveles de automatización y reducirán los costos unitarios.

Venta minorista

Las tiendas físicas modernas se enfrentan a una ardua batalla para mantener a los clientes debido a la avalancha del comercio minorista en línea. Con 5G, los minoristas del futuro impulsarán nuevas experiencias omnicanal para los clientes. ¿De una sola mano? Sacar la caja registradora de las transacciones minoristas. Mediante el uso de cámaras habilitadas para IA con baja latencia, los minoristas podrán crear una experiencia de pago automático que es tan simple como salir de la tienda con su carrito lleno.

Cuidado de la salud

Para médicos y pacientes, 5G representa una nueva frontera de atención. Imagine una bomba de insulina portátil que use IA para dar sugerencias individualizadas sobre el control de la diabetes al endocrinólogo del paciente o un desfibrilador implantado inteligente que reinicie de forma automática y segura un corazón detenido y notifique instantáneamente al cardiólogo del paciente con información sobre el incidente.

2.4.11. Disponibilidad de la 5G.

En las primeras etapas actuales del despliegue de 5G, las implementaciones tienen un alcance limitado y sus ubicaciones están determinadas por los operadores individuales. En los Estados Unidos, los cuatro principales proveedores de servicios de comunicaciones inalámbricas tienen implementaciones tempranas de 5G en varias ciudades. Si bien la mayoría de los lanzamientos han involucrado dispositivos móviles, algunos han sido solo inalámbricos fijos, es decir, 5G que funciona para un punto fijo, como el acceso a Internet en el hogar. Fuera de EE. UU., los proveedores han comenzado a implementar 5G en países como China, Corea del Sur, Alemania y Suiza.

Si bien las ubicaciones seleccionadas tienen algo de cobertura 5G, las implementaciones de hoy son solo el prelude de las implementaciones en toda la ciudad. Los analistas de la industria indican que es probable que el despliegue masivo de 5G, en una escala que lo lleve a una amplia base de usuarios tanto de consumidores como de empresas, comience alrededor de 2021.

El futuro de 5G dependerá no solo de los despliegues de los operadores, sino también de la disponibilidad de los dispositivos. Desde teléfonos celulares hasta sensores de ciudades inteligentes, se espera que se lance una mayor disponibilidad de dispositivos desarrollados con 5G en 2020 o 2021, con una avalancha de experiencias habilitadas para 5G a partir de 2022 a medida que se crean nuevos productos para satisfacer las demandas que surgen de 5G tecnología.

2.4.12. Productos y soluciones 5G.

Las experiencias 5G son tan capaces como la red que las respalda. Como líder informático en soluciones de red, Intel es una parte fundamental del despliegue global de 5G, de la misma manera que nuestras tecnologías son la columna vertebral de la computación en la nube. La transformación de la red depende de un amplio ecosistema de tecnologías, con tecnologías informáticas de Intel integradas en la estructura de las redes 5G en todos los niveles.

Intel participa en más de 300 grupos de estándares en todo el mundo y ha proporcionado investigación y orientación para el estándar 5G desde su creación. Debido a que 5G depende del uso del espectro en múltiples bandas, Intel también ha sido un defensor activo de la disponibilidad de espectro para los servicios 5G con grupos y gobiernos de todo el mundo.

Las soluciones 5G del mañana dependen de la escalabilidad de las tecnologías informáticas para adaptarse a un rendimiento ampliamente ampliado. Con un rendimiento optimizado para la carga de trabajo, los procesadores escalables Intel®, Xeon® ofrecen avances revolucionarios capaces de satisfacer las necesidades de uso intensivo de datos de las redes 5G.

2.4.13. Visión futura de la 5G.

Los primeros lanzamientos de 5G de hoy representan el comienzo de un cambio masivo en la forma en que los consumidores y las empresas usan las redes inalámbricas. Al conectar los dispositivos a la nube más rápido, con menos retraso que nunca, 5G ampliará drásticamente el alcance de IoT. 5G e IoT trabajarán juntos para habilitar más dispositivos conectados que automaticen más procesos comerciales.

Se espera que surjan potentes aplicaciones a medida que convergen la computación perimetral, el IoT y la 5G. Los nuevos y revolucionarios casos de uso incluirán compras personalizadas en tiempo real, medios inmersivos realistas, realidad aumentada y robótica automatizada.

En la era de 5G, las tecnologías convergerán para habilitar el borde inteligente, IoT e IA, trabajando juntos para deleitar a los consumidores, agilizar las operaciones comerciales y utilizar los datos a escala de manera más efectiva.

Capítulo 3: Análisis de implementación 5G

3.1. Presencia de la red 5G en distintos aspectos de la sociedad.

3.1.1. 5G y la economía global.

La tecnología 5G está impulsando el crecimiento global. Por ejemplo, mundialmente lo que corresponde en producción económica ha incrementado a 13.1 billones de dólares; en la creación de nuevas vacantes de trabajo, alrededor de los 22,8 millones de dólares y en CAPEX global de 5G e I+D durante los próximos 15 años, anualmente 265 mil millones de dólares.

El innovador estudio económico de 5G de QUALCOMM muestra que el impacto económico total de 5G podría lograrse en todo el mundo para 2035, respaldando múltiples industrias y potencialmente entregando bienes y servicios valiosos por hasta 13,1 billones de dólares. El impacto es mucho mayor que en generaciones anteriores de redes. Las necesidades cambiantes de las nuevas redes 5G también se están expandiendo de los desarrolladores móviles tradicionales a industrias como la industria automotriz.

El estudio también menciona que la cadena de valor de la tecnología 5G (incluidos OEM, operadores, creadores de contenido, desarrolladores de aplicaciones y consumidores) podría generar hasta 22,8 millones de vacantes de trabajo, o bien, más de una oportunidad laboral para cada individuo de la población de Beijing, China. También hay muchas aplicaciones nuevas que aparecen y necesitan ser identificadas en el futuro. Solo el tiempo dirá el impacto económico completo del "efecto 5G" (QUALCOMM, 2017).

3.1.1.1. Crecimiento económico, resiliencia y sostenibilidad.

La perseverancia en la innovación tecnológica está contribuyendo a una recuperación económica oportuna y seguirá impulsando la prosperidad en una era posterior a la pandemia. 5G es vital para esta evolución. 5G avanza móvil de conectar personas a personas y personas a la información, a un tejido de conectividad unificado que conecta a las personas con todo.

3.1.1.2. Habilitación económica global 5G a largo plazo.

El análisis de IHS muestra el papel integral que asumirá 5G en la economía global en términos de habilitación de ventas en todas las industrias, y producción y empleos relacionados con la cadena de valor de 5G para 2035 (IHS Markit, 2020).

- **Habilitación de un amplio conjunto de industrias.**
La trayectoria de crecimiento de las ventas habilitadas por 5G permanece prácticamente sin cambios, alcanzando \$ 13.1 billones en 2035, a pesar de la reducción en la trayectoria de crecimiento a largo plazo de la producción económica mundial general causada por la pandemia.
- **Empleos que respaldan una cadena de valor próspera.**
Se pronostica que el crecimiento del empleo habilitado por 5G será mayor de lo esperado anteriormente, de 22,3 millones a 22,8 millones para 2035.
- **Impulsar el crecimiento del PIB mundial.**
El CAPEX y la I+D global de 5G aumentaron un 10,8 % con respecto a la previsión del año pasado a 265.000 millones de dólares anuales durante los próximos 15 años.

3.1.1.3. Crecimiento y transformación 5G a corto plazo.

El análisis de Accenture adopta una perspectiva inmediata a medida que la conectividad 5G se acelera en los Estados Unidos y Europa entre 2021 y 2025. Cada industria se transformará de manera única. 5G tendrá un impacto en las industrias que crean nuevos productos y fuentes de ingresos (IHS Markit, 2020).

- **Fabricación.**
 - 20% - 30% de ganancias potenciales de productividad general.
 - 50% de mejora en la eficiencia del ensamblaje.
 - 20% de aumento de la vida útil de los activos.
 - 90% de detección de defectos.
- **Automotor.**
 - 80% de reducción de accidentes de vehículos.

- \$ 3.6 mil millones de ahorro en costos de reparación.
- 25% de reducción en el tráfico.
- Cuidado de la salud.
 - Ahorro de costos del 30 % en la transición a modelos basados en el hogar remoto.
- Agricultura.
 - La conectividad y la digitalización mejoradas pueden generar hasta un 25 % más de productividad.
 - 30% menos insumos, 20% menos costos.
 - 15% de aumento en el rendimiento de los cultivos.

3.1.2. 5G y el entretenimiento.

La tecnología 5G está diseñada para hacer todas las cosas que cambian la vida cotidiana, incluso ofrecernos velocidades de descarga más rápidas, menor latencia, mayor capacidad y rápida conectividad para millones de dispositivos a la vez, especialmente en ámbitos de realidad virtual (VR), IoT e inteligencia artificial (IA).

Con 5G, por ejemplo, se pueden obtener nuevas experiencias y mejoradas que incluyen acceso de manera inmediata a servicios y juegos multijugador en la nube, compras con la novedosa realidad aumentada, traducciones, colaboraciones de video o edición en tiempo real, etc.

3.1.2.1. Evolución de la socialización y las compras.

5G está preparado para estimular la innovación y mejorar la forma en que se lleva a cabo la vida cotidiana. En pocas palabras: las experiencias con la tecnología inalámbrica serán más sociales, más móviles, más inmersivas, sin mencionar que serán mucho más rápidas. Con las velocidades ultrarrápidas de 5G, la capacidad de la red es prácticamente ilimitada y la latencia es tan baja que parece inexistente. Así como capacidades como la transmisión en vivo transformaron las experiencias móviles en 4G, ahora se busca la forma en que tecnologías como la inteligencia artificial (AI) y la realidad aumentada (AR) puedan combinarse con 5G y hacerlo realidad.

Hoy en día, cuando se busca reseñas de restaurantes en su vecindario, activa la configuración de ubicación y una búsqueda puede revelar lugares cercanos, enumerados por calificación o distancia desde donde se encuentra. Y después de elegir un restaurante, puede abrir una aplicación de mapa separada que le brinde indicaciones para llegar al restaurante. Con 5G, esta experiencia se simplifica mucho. El móvil con tecnología 5G escanear su entorno, a medida que los restaurantes cercanos aparecen en la pantalla de su teléfono, la información de la cocina, las calificaciones, las reseñas de los clientes y las direcciones de los restaurantes aparecen en tiempo real en la pantalla, lo que le facilita satisfacer su último antojo.

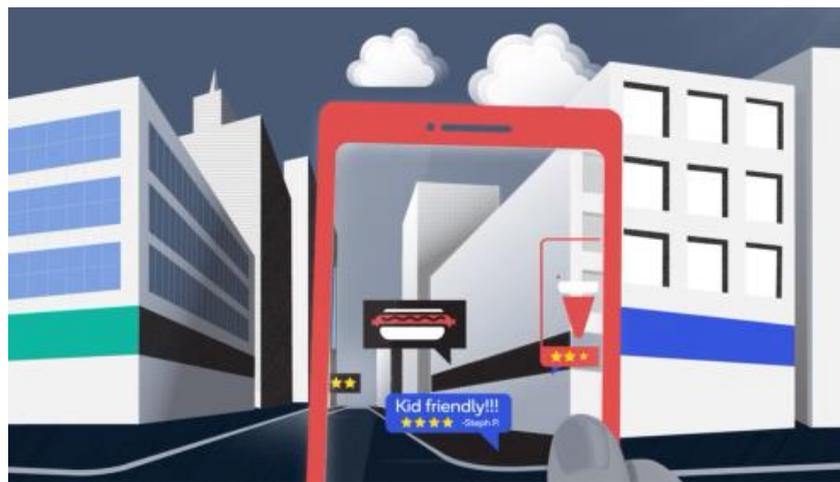


Figura 3. 1: Simulación de realidad aumentada para localización de restaurantes.
Fuente: (AlKhairy, 2018)

¿Cómo está pasando esto? Según (AlKhairy, 2018), esencialmente, el teléfono captura video de resolución completa de su entorno y envía esa información a la nube. Cuanto mayor sea la resolución de video, mayor será la precisión, y más ancho de banda. Esto no es un problema para 5G, ya que puede admitir el ancho de banda necesario para que esto sea posible.

El otro componente necesario para que esta sea una experiencia perfecta es la baja latencia. A medida que las redes se implementan con el tiempo, la latencia extremadamente baja de 5G significa que su teléfono puede mostrar esas ventanas emergentes casi de inmediato. Cuando los datos capturados llegan a la nube, se utiliza la visión por computadora con tecnología 5G para diferenciar los restaurantes recomendados de otros edificios. Una vez que se procesan los datos, se envían de regreso a su

dispositivo, donde las capacidades AR integradas superponen las llamadas digitales en su entorno (AlKhairy, 2018).

Por otra parte, en cuanto a realizar compras en línea, por ejemplo, cuando se está en busca de un nuevo sofá, comprar uno puede ser un suplicio. Antes de comprarlo, en línea o en persona, se debe decidir la ubicación, medir el espacio que necesitaría que va a ocupar e imaginar cómo se vería con sus otros muebles y decoración. La conectividad 5G puede agilizar el proceso. Con un teléfono inteligente 5G, no se necesitaría sacar una cinta métrica o adivinar si el sofá de la tienda coincide con su mesa café o el color de su alfombra. Simplemente se descargan las especificaciones detalladas de un minorista y con el teléfono ver un modelo 3D donde uno se lo imagina.

¿Cómo? La cámara del teléfono inteligente con tecnología 5G funcionaría con su IA en el dispositivo para medir las dimensiones de su habitación y asegurarse de que el sofá quepa. Rajan Patel, director sénior de ingeniería de Google Augmented Reality, usó Google Lens para demostrar este escenario en la conferencia Snapdragon Tech Summit de 2018. Mostró cuán vitales son las velocidades de 5G para descargar los "activos" de los muebles rápidamente. Luego, la tecnología AR brinda la visión necesaria de cómo se verá el sofá, superponiendo el objeto virtual, completo con las especificaciones relevantes, en su entorno (Chung & Patel, 2018).



Figura 3. 2: Simulación de realidad aumentada para diseño de interiores.

Fuente: (AlKhairy, 2018)

3.1.2.2. Evolución de la colaboración y observación.

Según (AlKhairy, 2019), con respecto a trabajos colaborativos, ya sea que esté editando un video o trabajando con compañeros de trabajo en un

documento, colaborar en línea hoy presenta algunos desafíos. Varias personas pueden trabajar en un documento simultáneamente, pero están a merced de la latencia. Si solo una persona tiene una conexión lenta, las actualizaciones no se sincronizarán en tiempo real, las personas pueden editar accidentalmente unas sobre otras y puede surgir confusión.

Cargar y descargar archivos, especialmente los más grandes, como videos 4K de alta resolución, puede llevar más tiempo de lo ideal en su ajetreada vida. Y debido a que necesita una conexión confiable, no siempre puede trabajar cuando y donde quiera.

5G puede ayudar a resolver estos puntos débiles. Por ejemplo, un miembro del equipo de filmación de un estudiante podría capturar video de alta resolución con un teléfono inteligente y cargarlo automáticamente en la nube mientras sigue filmando. Mientras tanto, otros estudiantes podrían recibir de forma inalámbrica las últimas capturas y editar las imágenes en tiempo real. Múltiples estudiantes de montaje podrían trabajar en los toques finales del mismo o de diferentes fotogramas simultáneamente, todo ello mientras se sigue filmando. Las ediciones realizadas por una persona pueden ser visibles para todos los demás para una productividad mejorada y prácticamente perfecta. Además, esto podría suceder al aire libre a través de redes celulares. Con las velocidades de datos más rápidas y baja latencia habilitada por 5G, es posible (AlKhairy, 2019).

Las mejoras de velocidad y latencia que ofrece 5G, combinadas con IA, abrirán la puerta a nuevas posibilidades que pueden hacer que la experiencia de visualización sea más inteligente y personalizada.

Por ejemplo, al ver el fútbol en una pantalla multimedia compartida, la IA podría cambiar automáticamente entre sus ángulos de cámara favoritos, tomas con zoom y repeticiones para mostrarle cada centímetro del juego. Gracias a la baja latencia y el alto ancho de banda de 5G, la inteligencia no solo se asocia con una nube central, sino que se distribuye a los dispositivos que forman Wireless Edge. Con todos los escenarios mencionados y muchos

otros que pronto pueden ser parte de la vida cotidiana, es la combinación de estos avances tecnológicos lo que puede marcar el comienzo de la promesa de 5G (AlKhairy, 2019).

3.2. Uso de la red 5G y sus beneficios.

En general, 5G se utiliza para tres principales tipos de servicios de conectividad, donde se incluyen; el ancho de banda móvil mejorado, las comunicaciones de misión crítica y el IoT masivo. Lo más destacado de 5G es que está diseñado teniendo en cuenta la compatibilidad futura, con la flexibilidad para admitir servicios futuros que actualmente se desconocen.

- Ancho de banda móvil mejorado
Además de innovar los teléfonos inteligentes, la tecnología móvil 5G puede brindar experiencias refrescantes como VR y AR con tasas de datos más rápidas y consistentes, menor latencia y menor costo por bit.
- Las comunicaciones de misión crítica
La 5G puede conceder nuevos servicios al transformar industrias con conexiones disponibles extremadamente confiables y de baja latencia, como el control remoto de infraestructura crítica, vehículos y protocolos médicos.
- Uso del internet de las cosas masivo o IoT
La tecnología 5G está diseñada para proporcionar soluciones de conectividad asequibles y extremadamente eficientes, reduciendo las tasas de datos, la energía y la movilidad para conectar sin problemas una amplia gama de sensores integrados en casi todo.

3.2.1. Uso de los consumidores.

Según en el artículo de QUALCOMM, dice que *“se espera que el consumidor promedio use cerca de 11 GB de datos por mes en su teléfono inteligente en 2022. Esto se debe al crecimiento explosivo en el tráfico de video a medida que los dispositivos móviles se están convirtiendo cada vez más en la fuente de medios y entretenimiento, así como el crecimiento masivo en experiencias y computación en la nube siempre conectados”* (QUALCOMM, 2017).

4G ha revolucionado la forma en que usamos la información. Durante la última década, la industria de las aplicaciones móviles ha alcanzado grandes avances en la transmisión de videos, el uso colectivo de vehículos, la venta de alimentos y más. 5G expande el ecosistema móvil con nuevas industrias. Esto le facilitará aprovechar las experiencias de vanguardia como la realidad extrema ilimitada (XR), las capacidades de IoT perfectas, las nuevas aplicaciones comerciales, el contenido interactivo localmente, el acceso instantáneo a la nube y más.

3.2.2. Uso de las empresas.

Gracias a las altas velocidades de datos y la excelente confiabilidad de la red 5G, tendrá un gran impacto los negocios. Los beneficios de 5G aumentarán la eficiencia comercial al brindar a los usuarios un acceso más rápido a mayor capacidad de información. Dependiendo de la industria, algunas empresas pueden aprovechar al máximo 5G, especialmente aquellas que requieren las altas velocidades, la baja latencia y el ancho de banda de red que 5G está diseñado para ofrecer. Por ejemplo, las fábricas inteligentes pueden usar 5G para admitir Ethernet industrial para ayudarlos a mejorar la precisión y la eficiencia operativa.

3.2.3. Uso de las ciudades.

Las ciudades inteligentes pueden usar 5G para cambiar la vida de quienes viven en ellas de muchas maneras, sobre todo al proporcionar una mayor eficiencia en áreas como una mayor conectividad entre las personas y las cosas, velocidades de datos más altas y una latencia más baja, como infraestructura, seguridad automotriz, realidad virtual y entretenimiento.

3.3. Implementación de la red 5G en el Ecuador.

3.3.1. Análisis de obstáculos del 5G.

El vicepresidente y gerente general de Vertiv para Latinoamérica, Fernando García, dijo que los costos muy altos de operación e instalación de la tecnología 5G, son las principales causas para que se demore de 5 a 6 años

en operar en las principales ciudades de América Latina durante el XXXIV Congreso Internacional Andicom el 5 de septiembre del 2019, desarrollado en Cartagena de Indias, también mencionó, aunque no con cifras exactas que la inversión ascenderá a unos 50 o 60 billones de dólares, siendo esta de un 30% a un 50% superior a la que se utilizó con la tecnología 4G (El Comercio, 2019d).

Puesto que la tecnología 5G demanda mayor cantidad de células, a comparación de la cobertura de la 4G, este va a necesitar alrededor de dos o tres veces mayor consumo de energía por lo que aumenta el costo de operación y el público se opone a pagar más aunque el beneficio sea una mayor velocidad (El Comercio, 2019d).

Por lo que las operadoras tienen que tomar la decisión del como monetizar el servicio 5G, talvez sea brindando servicios adicionales a más de telefonía móvil y datos. Así, el 5G tendría mayor apogeo en sus servicios en el ámbito empresarial más no tanto a usuarios finales, para tener una buena rentabilidad (El Comercio, 2019d).

Por otra parte, (dir&ge, 2019) establece que la tecnología 5G trae otros problemas tales como, los efectos negativos no comprobados para la salud, la no regulación de aplicativos que se le dará a la tecnología 5G, la poca importancia del gobierno para licenciar el suficiente espectro radioeléctrico indispensable para el correcto funcionamiento del 5G como también la dificultad de la instalación y ubicación de las estaciones base adicionales a las existentes (Buenaño & Terán, 2020).

Según (Flores, 2020), al parecer el 5G traerá consigo más beneficios que problemas, tomando siempre en cuenta que los consumidores no solo navegarían con un internet más rápido, sino que, tendrán mayor oportunidad de conectar a internet muchos más objetos que en la actualidad (Buenaño & Terán, 2020).

3.3.2. Análisis de espectro radioeléctrico del Ecuador.

Los servicios tales como la radionavegación, investigación espacial, radioastronomía, fijo y móvil por satélite, radiolocalización y meteorología son atribuidos gracias a las frecuencias que se encuentran en el rango de 24.25 GHz a 86 GHz en el Ecuador (Gallagher & DeVine, 2019).

Por lo que si se desea implementar una nueva tecnología en el país, se necesita del requerimiento de un espectro adicional para la misma, en este caso la 5G, que debe aplicar principios y reglamentos tanto nacionales como internacionales para que las tecnologías de comunicación estén debidamente normalizadas a nivel mundial y así garantizar su utilización, evitando problemas de conectividad e interferencia (eSMARTcity, 2017).

Hugo Carrión, especialista en telecomunicaciones, explicó en el informe de (ARCOTEL, 2017) que, “el espectro es la vía de transmisión de frecuencias electromagnéticas, que permiten los servicios de telecomunicaciones. A mayor uso del espectro, las operadoras tienen a su disposición un mayor ancho de banda, esto se traduce a una mayor oferta de datos a un mejor precio” (Buenaño & Terán, 2020).

Andrés Michelena, Ministro de Telecomunicaciones, manifestó que, el espectro radioeléctrico en el Ecuador, es un recurso natural administrado y regulado por Estado de la República, el cual en la actualidad apenas se utiliza en un 26.9% y afirmó que en el Ecuador por el uso del espectro, tiene un costo moderadamente alto con un 12% en relación con los ingresos, por lo que resulta de poco agrado para las operadoras al momento de querer invertir por el alto costo que demanda (ARCOTEL, 2017).

El Gobierno Nacional del Ecuador junto al Banco Internacional de Desarrollo (BID), son los que encargados de implementar las nuevas políticas de los concursos para la concesión de los contratos para la asignación del espectro radioeléctrico (ARCOTEL, 2017). También, Hugo Carrión dijo que se requiere que la Ley de Telecomunicaciones realice una reforma para así atraer la inversión, donde el fisco no reciba dinero por el uso del espectro

radioeléctrico con la condición de que las operadoras reinviertan en la nueva tecnología, similar al modelo que aplica Chile (ARCOTEL, 2017).

Como meta tenían que 10000 puntos de red inalámbrica sean gratuitas para el 2021 con una inversión alrededor de los 6.7 millones de dólares por parte de la Corporación Nacional de la Telecomunicaciones (CNT) (Buenaño & Terán, 2020). Hoy en día en el Ecuador existen un total de 5900 puntos de wifi gratuitos según la Cartera de Telecomunicaciones y 100 puntos privados como centros comerciales, aeropuertos, plazas y otros.

3.3.3. Análisis de adaptación de las tecnologías 4G y 5G.

El mayor obstáculo que se presenta al querer implementar una nueva tecnología, en este caso la 5G, es que la instalación de infraestructura, es decir, nuevas estaciones, antenas adicionales y todo lo que abarca esta tecnología cuando ya están todos estos mismos, pero para la 4G, significa que se debe ocupar más terreno en ciudades donde el espacio prácticamente está muy reducido y existiría mayor contaminación visual. Por lo que no se puede eliminar de manera drástica una tecnología por la otra, ambas deben coexistir, además porque el lanzamiento de toda esta inversión demandaría altos costos que, hoy en día, Ecuador está incapaz de cubrir e incluso, serían gastos innecesarios puesto que la capacidad eléctrica con la que cuenta el país está por debajo de los estándares requeridos para la 5G. Según el diario (El Comercio, 2019), documenta que en el acuerdo de la firma OpenSignal a nivel mundial, el país ocupa el puesto número 28 de 78 países que cuenta con un promedio de descarga de 25 Mbps, por lo que la eficiencia eléctrica que demanda la tecnología 5G está por debajo de lo que se requiere y pues, el público ya está tan familiarizado y adaptado con la tecnología 4G, por lo que es muy difícil cambiar la mentalidad de que la 5G trae mejores beneficios y sería de mayor provecho en el avance de la era tecnológica.

Estos inconvenientes o problemas solo sustentan que el Ecuador por el momento no cuenta con los parámetros y necesidades que requiere la 5G puesto que necesita más consumo de energía, más espacio, elevados costos

de infraestructura para que dicha tecnología se procese en las óptimas condiciones, como rinde la 4G en el país que sirve como pilar de la comunicación en la mayoría de las ciudades del Ecuador. Cabe recalcar la importancia de la conexión que se necesita para esta nueva tecnología, ya que lo ideal sería que cuando se pierda la comunicación con las antenas de esta, se pueda conectar de manera remota y rápida a la 4G para así evitar pérdidas de comunicación y sea constante. Esto se puede lograr siempre y cuando exista buena implementación de infraestructura, que como se mencionó anteriormente, Ecuador no está listo por el momento, pero no es imposible.

3.3.4. Riesgos en implementación de infraestructura y el espectro radioeléctrico de la 5G.

Puesto que la introducción de la 5G trae consigo problemas no tan solo económicos sino también geográficos, las empresas como Huawei y Telefónica, se han manifestado y proponen una solución posiblemente rentable, como lo es instaurar antenas de múltiple entrada y múltiple salida (MIMO - Multiple Input, Multiple Output) que se maneja a 3.5 GHz en una antena multibanda de 14 puertos para que la evolución de la 5G sea rápida y fácil.

Una extensión masiva de Small Cells, con radios alrededor de 200 metros o menos, en conjunto con macro BS y MIMO, ofrecería una cobertura uniforme óptima para las aplicaciones de la red 5G (eSMARTcity, 2017).

Un riesgo como tal sería, que la implementación de nuevas antenas no será posible en todos los lugares del Ecuador, por lo que no se podría proporcionar el servicio 5G de manera conjunta. La tecnología 5G, comparada con la 3G y 4G, demanda mayor eficiencia espectral y, por lo tanto, más espectro radioeléctrico, por lo que se manejaran desde las frecuencias de 24 GHz., tomando en cuenta los problemas en la propagación de las ondas radioeléctricas, que también son ocupadas por satélites para su comunicación (Buenaño & Terán, 2020). También considerar las variaciones climáticas y elementos terrestres meteorológicos que puedan presentarse, para procurar

no tener interferencia en el servicio 5G y sus correspondientes servicios para garantizar un ecosistema eficaz para esta dicha red en el futuro.

3.3.5. Frecuencias destinadas a 5G.

En la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-19) en su sexta parte, habla sobre la resolución 238 (CMR-15) que habla sobre la asignación de los rangos de frecuencias de 24.25 a 86 GHz. Las atribuidas a título primario son: (24,25 – 27,5) GHz, (4,37 - 40,5) GHz, (42,5 - 43,5) GHz, (45,5 – 47) GHz, (47,2 - 50,2) GHz, (50,4 - 52,6) GHz, (66 – 76) GHz y (81 – 86) GHz, y también las frecuencias que podrían requerir atribución adicional a título primario son: 31,8 GHz-33,4 GHz, 40,5 GHz-42,5 GHz y 47 GHz a 47,2 GHz (ITU, 2019).

El espectro de baja y alta frecuencia, sub-1 GHz y 20 GHz respectivamente, son requeridos para la 5G, y dan una ventaja significativa como una transmisión de mayor velocidad, pero, en cambio reduce la capacidad de penetración y limita su cobertura en un menor radio. Mientras que, por otra parte, si se trabaja con una frecuencia mayor a los 60 GHz, este trabaja de manera eficiente en un campo abierto sin interrupción. Por lo que no se debe de dejar de lado las frecuencias como 3,6 GHz, 3,8 GHz o 4,2 GHz (ITU, 2019).

Los proveedores de servicio tienen como objetivo, ubicar pequeñas celdas donde existan obstáculos a su alrededor para así abarcar largas distancias y en su propio eje (Jácome & Quimis, 2017). También, en rangos entre 10 metros a 2 kilómetros, se colocarán nodos de baja frecuencia de acceso, a comparación de las torres actuales que nada más cubren 32 kilómetros.

La banda principalmente considerada para la 5G en Europa es la de 3,4 GHz - 3.8 GHz según la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, 2019). El 5G se extenderá en bandas que ya se encuentran en funcionamiento como sub-1 GHz, incluida la de 700 MHz. Mientras que para América Latina según, José Otero,

vicepresidente de 5G Américas para Latinoamérica y el Caribe, menciona que es de carácter importante la introducción de más antenas, estaciones bases o torres, celdas de menor tamaño y varias frecuencias libres, tales para interferencias como para otro tipo de servicios (Lucas-Bartolo, 2019).

Asimismo, se requiere de la mano un esfuerzo más para el despliegue de la 5G tanto en sectores públicos como privados. Ya que precisa una extensión de fibra óptica cuyas están enlazadas a redes troncales, por lo tanto, genera costos masivamente elevados para los proveedores de servicios de red (Lucas-Bartolo, 2019).

3.3.6. Frecuencias que funcionan en Ecuador.

Los rangos de frecuencia que se encuentran entre los 800 MHz - 1900 MHz, son usadas actualmente en el Ecuador para las tecnologías 1G, 2G, 3G y 4G, mientras que las bandas entre 3 GHz - 6 GHz y la de 700 MHz que era utilizada para 5G están en proceso de regularización (ARCOTEL, 2017).

El ministro de telecomunicaciones, Andrés Michelena, anunció que para el 2020 se ofertará la banda 3,5 GHz para que pueda desarrollarse la tecnología 5G en el país (MINTEL, 2019). También resaltó, que había 4100 trámites catastrados hasta agosto del año 2019, en línea se encontraba el 20% y a finales del 2019 se esperaba llegar a un 30%. El objetivo era conseguir el 80% de todos estos trámites para el 2021 (MINTEL, 2019).



Figura 3. 3: Esquema básico del espectro radioeléctrico del país.

Fuente: (Univero, 2019)

El gobierno del Ecuador se planteó como meta conseguir el 82% de ancho de banda a lanzar a concurso las bandas de frecuencia de 700 MHz y 2,5 GHz, y a su vez, potenciar el espacio de la banda de 3,5 GHz hasta el 2021. Hoy en día, Ecuador posee solo el 27%, pero se tiene que considerar que el espectro ha crecido en un 10%, la incrementación del PIB en un 0,5 % y el crecimiento del país como tal en un 55% (MINTEL, 2019).

El debate por frecuencias se da al igual que para las bandas altas, como las bajas puesto que, a lo que corresponde las bandas altas que son MHz y GHz son útiles para incrementar el ancho de banda y así existirán más dispositivos conectados a la misma antena; mientras que, las bandas bajas que corresponden las unidades KHz y ciertos MHz, son usados para cubrir mayores longitudes por antena (El Comercio, 2019c).

El gobierno anunció que a finales de 2019 se han asignado dos nuevas bandas, 700 MHz y 2,5 GHz, que aumentarán el uso del espectro radioeléctrico hasta en un 82% y para 2020 se nominará la banda de 3,5 GHz, esto expandirá el uso de internet móvil, que se encuentra actualmente en un 43,8% (MINTEL, 2019a).

En el Teatro México de Quito, se realizó una prueba de red 5G en tiempo real, donde los participantes pudieron disfrutar de juegos de realidad virtual y descargar películas con altas tasas de respuesta utilizando dispositivos de realidad virtual, estaciones base Huawei y CNT y equipos, hasta 930 Mbps de velocidades de descarga con un retraso de 1 milisegundo, un resultado satisfactorio para la próxima generación en Ecuador. El gobierno dice que Ecuador comenzará las pruebas de 5G en 2020 con el objetivo de lograr el 98% de cobertura y reinvertir el 90% de la tecnología en concesiones (MINTEL, 2019a).

Según en las publicaciones de la red social de Comunicación Ecuador, gracias a la asignación de nuevas bandas de frecuencia, el 80% de los ecuatorianos tendrá acceso a una red 4G y para el 2020 el país utilizará una red 5G (MINTEL, 2019a).

En agosto del 2019, en la operadora Telefónica Movistar se realizó el evento ‘Todos reconectados con el 5G’, participaron los proveedores de Nokia y ZTE. También los asistentes pudieron disfrutar de la realidad virtual mejorada por la velocidad que ofrece esta red (MINTEL, 2019c).

Según el director de Nokia, Enrique Ramírez, gracias a la tecnología 5G, los usuarios no solo serán personas, sino también industrias y empresas debido a la eficiencia proporcionada de la red. El director de Ventas de ZTE, José Luis Calvo, explicó que la tecnología 5G ya está disponible en Ecuador, pero el crecimiento y la aceptación del mercado dependerán de la demanda (MINTEL, 2019c). En el Ecuador, se desarrolló 4 objetivos sobresalientes en el contexto de las telecomunicaciones, que son:



Figura 3. 4: Objetivos desarrollados para las telecomunicaciones en el Ecuador.
Fuente: Autor

3.3.7. Plan Ecuador Digital.

El 17 de mayo de 2019, el ministro de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información explicó que los proyectos se ejecutarán de acuerdo con la Estrategia Ecuador Digital, que contempla tres programas: Ecuador, innovador y competitivo; Ecuador, eficiente y seguro en el ciberespacio, y Ecuador Conectado (MINTEL, 2019).

“Actualmente, Ecuador tiene una tasa de penetración de Internet móvil del 43%, pero el aumento no es significativo, llegando solo al 2%.

Básicamente debería ser una tasa de uso de Internet del 84%, como lo tiene Chile.” Agrego el ministro de Telecomunicaciones, Andrés Michelena (MINTEL, 2019).

La meta de estas decisiones es fortalecer la red 4G y trazar el camino hacia el 5G, siendo el primer paso enterrar 500 kilómetros de cableado de postes (MINTEL, 2019).

El ministro de telecomunicaciones dijo que la política de espectro, firmada en la Estrategia Ecuador Digital, guiará la transformación de las telecomunicaciones del país y fortalecerá las bases para el advenimiento de las redes 5G (MINTEL, 2019b). El ministro de Telecomunicaciones enfatizó que con el apoyo de las tecnologías del futuro, pronto se tendrá una ciudad inteligente, prometiendo que la ciudad de Quito será la primera ciudad inteligente del Ecuador en términos de innovación y competitividad, eficiencia y ciberseguridad (MINTEL, 2019b).

El gobierno ecuatoriano anuncia el 18 de julio de 2019, que las primeras pruebas de 5G se realizarán a partir de 2020, para llegar al Ecuador digital en 2021 (MINTEL, 2019a).

También agrego que la llamada "política de espectro" es una nueva forma de asignar espectro radioeléctrico y si ese es el caso, con más inversión de los operadores móviles, se abrirá el 100% del espectro y se lo hará controlando competencia, calidad y precio para reducir los costos de internet. (MINTEL, 2019a).

3.3.8. Proyectos 5G en ciudades más destacadas del Ecuador.

Según Andrés Michelena, ministro de Telecomunicaciones, en diciembre de 2019, la tasa de uso de Internet móvil en el país alcanzó el 54%, es decir, un aumento del 8,25% del 45,75% por ciento en mayo de 2017. En diciembre de 2019, la cobertura de Internet de línea fija fue de 46,06%, lo que representa un aumento de 8,21% desde el 37,85% de marzo de 2017. El

servicio de Internet fijo se ha vuelto esencial debido a la amenaza sanitaria actual (Quillupangui, 2019).

En marzo de 2020, el número de líneas activas en el país (SMA) era de 15'779.221. En 2017 fueron 15'061.858; 717.363 más que en 2017, gracias a los tres grandes operadores que sumaron cobertura de señal móvil en 107 parroquias en el país. La meta al 2020 es alcanzar el 98% de cobertura de red (2G y 3G) a nivel nacional (Quillupangui, 2019). En colaboración con empresas públicas y privadas, se espera aumentar la cobertura 4G del 50% al 80% y el uso del espectro del 26% al 65% (Quillupangui, 2019).

El ministro de Telecomunicaciones y Cynthia Viteri, alcaldesa de Guayaquil, firmaron un acuerdo para transformar a la Perla del Pacífico en una ciudad inteligente en el evento de la red de políticas Ecuador Digital, el 12 de septiembre de 2019, que también anunció sobre el arribo de SigFox, una empresa de dispositivos especialmente desarrollada para aplicaciones IoT. (MINTEL, 2019c).

El acuerdo se basa en el desarrollo de planes y proyectos de innovación tecnológica, digital y social, y desplegará infraestructura y redes de telecomunicaciones para alcanzar los objetivos y soluciones de servicios digitales en la ciudad de Guayaquil (MINTEL, 2019c)

Durante el evento, uno de los operadores móviles nacionales estableció un área donde los participantes pudieron experimentar los beneficios de la tecnología 5G como parte de la política "Ecuador Digital".(MINTEL, 2019c).

Según un análisis realizado en Quito y Guayaquil por HughesNet, empresa que brinda internet satelital a nivel mundial, dice que la encuesta que se llevó a cabo en agosto de 2019; el 97% de los usuarios navega por internet con sus teléfonos inteligentes (99%), laptops (70%), televisores smart (62%), computadoras de escritorio (47%), iPads y tabletas (34%) y finalmente consolas de videojuegos (25%). La encuesta también refleja el uso de Internet de línea fija en un 87% (Anchundia Morales et al., 2020).

Los servicios que más consume el usuario en internet son; redes sociales (82.5%), trabajo (79.5%), noticias y documentos informativos (74.2%), películas y multimedia (65.5%), pagos y tramites (64%), educación y tareas (62%), juegos online y streaming (21.8%) y otros (1.3%) (Anchundia Morales et al., 2020). Según el (INEC, 2017), solo el 16.6% de zonas rurales poseen acceso a internet fijo.

La ciudad de Guayaquil cuenta con cerca de 6.000 puntos de internet de fibra óptica gratuitos, sin restricciones de usuarios y en un radio de 80 metros, siendo Metrovía, Malecón 2000 y Parque Central, los de mayor demanda de esta instalación. Según QuitoTeConecta, existen más de 500 puntos de wifi gratis en la ciudad de Quito, pero cada uno puede tener hasta 20 usuarios conectados por hora (Anchundia Morales et al., 2020).

Los lugares de Quito son calificados como de alta demanda de datos y conectividad, ya que alberga una gran base de usuarios, por ejemplo; la Plaza Grande donde está ubicado el Palacio de Gobierno, posee varios operadores turísticos y más, además de una gran cantidad de turistas nacionales y extranjeros. Otro gran lugar para implementar 5G sería en las instalaciones de la Asamblea Nacional, estos lugares requieren una transmisión de datos de alta velocidad y una cobertura óptima para los usuarios.

En la ciudad de Guayaquil, el Malecón 2000 sería el sitio principal para el despliegue de la red 5G, dadas las necesidades de los turistas y también la demanda del puerto marítimo de Guayaquil por la información que se procesa en el mismo diariamente.

3.3.9. Ecuador y la red 5G futura.

El ingeniero en telecomunicaciones Andrés Reyes Castro confirmó que el país necesita desplegar nuevas estaciones base que sean compatibles con 5G y que la tecnología es bastante costosa al principio, pero con el tiempo y a medida que aumente la demanda, los costos bajarán como, por ejemplo, en Corea, un plan de 150GB con 5G cuesta alrededor de 66 dólares americanos (El Comercio, 2019b).

Según el reporte de Ericsson Mobility, se espera que alrededor de 54 millones de personas en todo el mundo utilicen redes 5G en 2020, principalmente en Asia y América del Norte. Se espera que la red 5G llegue a América Latina en 2020 - 2021 (GSMA, 2019).

Según el ministro de Telecomunicaciones, Ecuador tiene que superar algunos desafíos previos para poner en marcha la red 5G, como asignar más espacio de espectro. Actualmente, la cobertura de la red 4G en el país es del 46,34%, y la red 5G se implementará dentro de dos o tres años junto con la red 4G.(El Comercio, 2019b).

La red 5G va utilizar espectro que hasta ahora no explotado como la banda de los 26 GHz, que tiene un alcance demasiado limitado, pero una capacidad garrafal para muchos usuarios. Esto sería útil en estadios, festivales artísticos o lugares con alta demanda de personas conectadas conjuntamente (GSMA, 2019).

La red 5G requiere de tres rangos de frecuencias para una cobertura y funcionamiento efectivo:

- Menor a 1GHz
- Entre 1 – 6 GHz
- Mayor a 6 GHz

Para cobertura urbana y rural, utiliza el primer rango. El segundo rango, ofrece una combinación de alcance y capacidad y, está destinado a ser la columna vertebral de las primeras redes 5G. El tercer rango es necesario para alcanzar velocidades muy altas. Las bandas de frecuencia más reconocibles en todo el mundo para 5G son 26 GHz y 28 GHz (GSMA, 2019).

Como referencia, podemos añadir los mapas de cobertura que presenta Ecuador en la actualidad según el tipo de tecnología y sus respectivas operadoras.

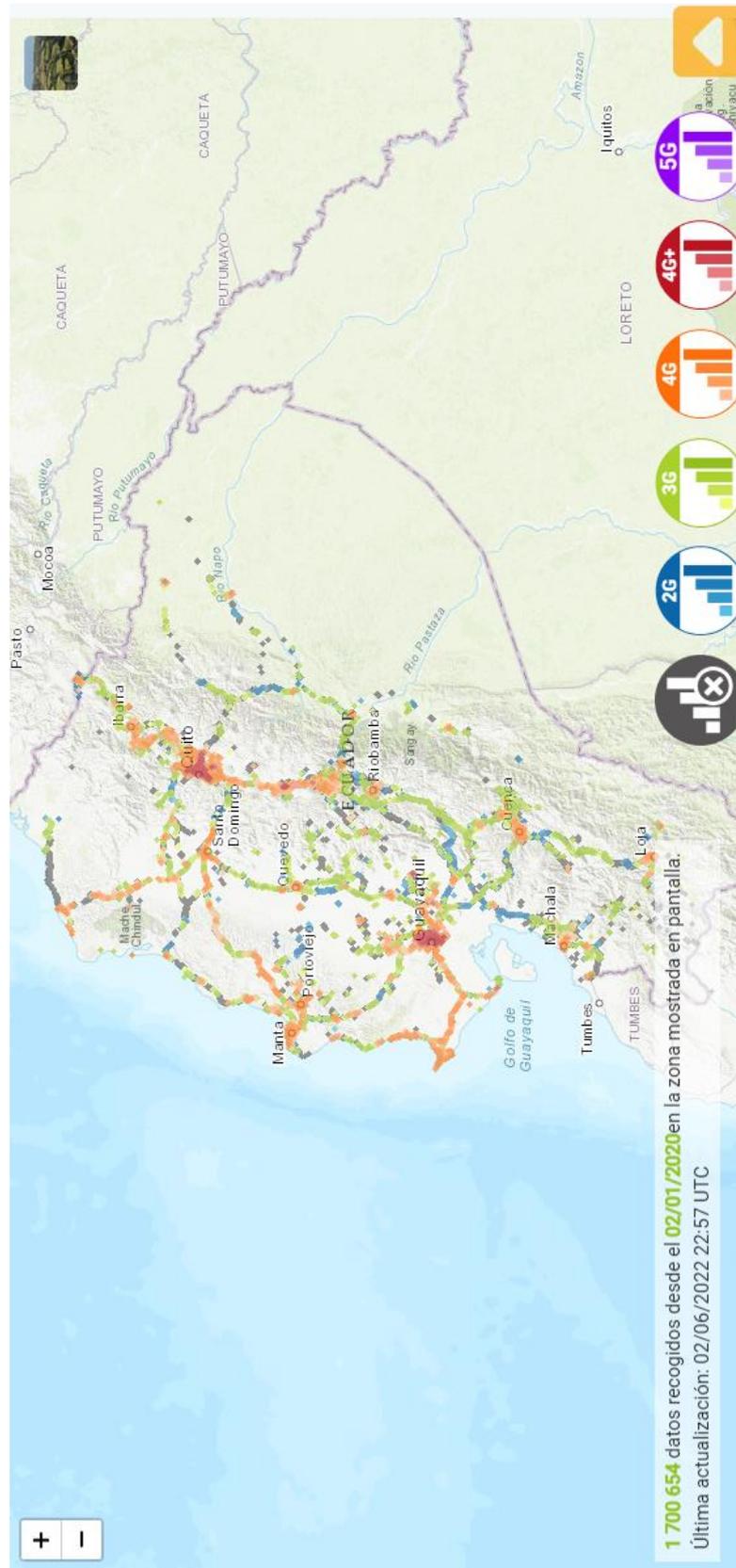


Figura 3. 5: Mapa de cobertura de Movistar de redes 3G/ 4G/ 5G.
 Fuente: (nPerf, 2022)

Conclusiones.

La implementación de las tecnologías 5G es un hecho que, si bien es cierto, todavía no está del todo planteada en el Ecuador, pero ésta trae consigo un sin número de beneficios puesto que no solo mejora la experiencia tecnológica, sino que influye tanto en lo económico, industrial, en las áreas de entretenimiento, y mejoras en la calidad de vida de todos los usuarios, haciéndola así una herramienta clave para el progreso de la sociedad. Hoy en día, como resultado de la crisis de la pandemia a base del COVID-19, el ámbito de las telecomunicaciones ha sido lo que ha permitido que el mundo se mantenga conectado y que sea posible incluso laborar desde la comodidad del hogar, por lo que la demanda del acceso a la comunicación ya sea por línea fija, móvil o navegación a internet exige que se brinde una mejora en la calidad del servicio para satisfacer las necesidades de todos los consumidores, y eso se puede lograr gracias a la tecnología 5G que es capaz de mantener conectados a altas velocidades a miles de personas sin interferencias.

A su vez, el hecho de querer plasmar una tecnología revolucionaria en el país, trae consigo muchas dificultades, debido al espectro radioeléctrico que proporciona el estado y a la alza de costos para la adquisición del servicio de los mismo, puesto que, en cuestión de infraestructura, se debe prácticamente introducir nuevas estaciones con antenas de alto alcance, mayor capacidad y gran potencia, lo cual incluye también una contaminación visual y geográfica al invadir nuevos terrenos en estos momentos donde el cuidado ambiental es clave. Por otra parte, la mejora en la calidad del servicio con 5G sería proporcional al aumento del costo de los servicios, por lo que el consumidor no está dispuesto a pagar por varias razones, ya sea por cuestión de ahorro, problemas económicos o conformismo y esto implicaría pérdidas para los proveedores pues, tienen como fin albergar también sus necesidades a la par que ofrecer lo mejor a sus clientes.

Con respecto a la tecnología 4G y 5G en el país, cabe recalcar que la tecnología 5G debe coexistir con la 4G pues la implementación de la misma,

como se menciono anteriormente, demandaría altos costos. Otra razón, por la cual deben trabajar conjuntamente es por la comunicación a largas y cortas distancias, si bien es cierto, la 5G tiene una cobertura reducida, pero trabaja a velocidades muy altas, alrededor de los 10 Gbps desde una base de 200 metros aproximadamente, lo cual asegura una calidad de comunicación optima a cortas distancias, mientras que, en carretera o espacios amplios, posee una mejor cobertura la 4G. Por lo que esto sustenta la relación efectiva de la coexistencia de ambas redes a la vez para un uso de la red continuo.

Las ciudades más propensas a convertirse en ciudades inteligentes en el Ecuador gracias a la tecnología 5G son Guayaquil y Quito, ya que son las ciudades donde se maneja más el comercio, industria, turismo y emprendimiento, por lo que la ciudadanos exigen más y más un internet rápido, sin latencia y en cualquier zona donde se trasladen, al igual que el uso de la realidad virtual y automatización de las cosas son aspectos que van de la mano a ciudades futuristas, pues ofrece ahorro de tiempo, comodidad e innovación en la vida diaria.

Recomendaciones.

Para fortalecer el cuerpo del trabajo de titulación, se recomienda la elaboración de encuestas a usuarios sobre los nuevos proyectos o experiencias que hayan tenido con respecto a la 5G en comparación a los servicios que provee el país hoy en día, para así tener una base de datos sobre las opiniones y aceptación de la introducción de esta nueva tecnología en el país.

En aspectos generales, se recomienda a las operadoras que realicen eventos o jornadas en donde el público pueda interactuar con todos los nuevos servicios que trae consigo la 5G, como la realidad aumentada, el internet de las cosas, la automatización por programa o voz, la rapidez de transmisión de datos y comunicación, para así despertar el interés del usuario y expandir su mente a nuevas tecnologías y salir del conformismo.

Bibliografía

- AlKhairy, M. (2018, diciembre 17). *5G Use Cases: How 5G changes the way we shop and socialize*. Qualcomm. <https://www.qualcomm.com/news/onq/2018/12/19/5g-use-cases-and-you-socializing-and-shopping-video>
- AlKhairy, M. (2019, enero 24). *How 5G changes the way you watch and collaborate*. <https://www.qualcomm.com/news/onq/2019/01/24/how-5g-changes-way-you-watch-and-collaborate>
- Anchundia Morales, J. W., Anchundia Morales, J. C., & Chere Quiñónez, B. F. (2020). La tecnología 5G en el Ecuador. Un análisis desde los requerimientos 5G. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 5(2), 805–822.
- ARAS. (27 de enero de 2020). *Bluetooth 5G*. Obtenido de ARAS TECHNOLOGIES: <https://www.arastechnologies.com/2020/01/at-bluetooth-5g.html>
- ARCOTEL. (2017). *Espectro Radioeléctrico – Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. <https://www.arcotel.gob.ec/espectro-radioelectrico-2/>
- Buenaño, D., & Terán, D. (2020). *ESTUDIO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA 5G EN LAS CIUDADES DE QUITO Y GUAYAQUIL*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19251/4/UPS%20-%20TTS154.pdf>
- Buss, B. (1999). Marconi, A Man of Vision. *CQ Amateur Radio Magazine*, 16–23.
- Calhoun, G. (1988). Digital Cellular Radio. *Artech House Inc.*, 25–26.
- Chung, E., & Patel, R. (2018, diciembre 18). *Conferencia Snapdragon Tech Summit 2018*. <https://www.qualcomm.com/news/onq/2018/12/19/5g-use-cases-and-you-socializing-and-shopping-video>
- dir&ge. (2019, diciembre 3). *Los obstáculos de la implementación de la tecnología 5G*. <https://directivosygerentes.es/management/esic-technology/t-actualidad/obstaculos-tecnologia-5g>

- El Comercio. (2019a, mayo 29). *Gobierno dará más espectro a cambio de más inversión—El Comercio*.
<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/gobierno-espectro-inversion-conectividad-operadoras.html>
- El Comercio. (2019b, julio 18). *Ecuador tendrá tecnología móvil 5G en el 2020, dice Gobierno; este 18 de julio se realizó una prueba con Huawei y CNT - El Comercio*. El Comercio.
<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/tecnologia-movil-5g-ecuador-2020.html>
- El Comercio. (2019c, agosto 13). *Las futuras aplicaciones de la red 5G se presentaron este martes 13 de agosto*.
<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/futuras-aplicaciones-red-5g-tecnologia.html>
- El Comercio. (2019d, septiembre 5). *Costos del 5G, el mayor obstáculo para su implementación en Latinoamérica*.
- eSMARTcity. (2017, octubre 24). *Desarrollan una solución 5G de despliegue de antena que resuelve problemas de espacio*. ESMARTCITY.
<https://www.esmartcity.es/2017/10/24/desarrollan-solucion-5g-despliegue-antena-resuelve-problemas-espacio>
- Flores, J. (2020, mayo 14). *¿Qué es el 5G y cómo nos cambiará la vida?*
https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-es-5g-y-como-nos-cambiaravida_14449.
- Galazzo, R. (2020, septiembre 21). *Timeline from 1G to 5G: A Brief History on Cell Phones*. CENGN. <https://www.cengn.ca/information-centre/innovation/timeline-from-1g-to-5g-a-brief-history-on-cell-phones/>
- Gallagher, J., & DeVine, M. (2019). *Fifth-Generation (5G) Telecommunications Technologies: Issues for Congress*.
<https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R45485>
- Greenstein, L. (1999). 100 Years of Radio. *Speech at WINLAB Marconi Day Commemoration, Red Bank*.
- GSMA. (2019). *Espectro 5G - Posición de política pública de la GSMA*.
<https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2019/10/5G-Spectrum-Positions-SPA.pdf>

- IHS Markit. (2020). *The 5G economy in a Post Covid 19 Era: The role of 5G in a post-pandemic world economy*.
<https://www.qualcomm.com/media/documents/files/the-5g-economy-in-a-post-covid-19-era-report.pdf>
- ITU. (2019). *Parte 6 – Bandas de frecuencias 71-76 GHz y 81-86 GHz*.
<https://www.citel.oas.org/en/SiteAssets/PCCII/WRC/WRC-19/1.13/R16-WRC19-C-6167!A13-A6!MSW-S.pdf>
- Jácome, D., & Quimis, L. (2017). *DISEÑO DE UN PLAN DE ACCIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA FUTURA TECNOLOGÍA 5G EN EL ECUADOR*. ESPOL.
<https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/99349/D-106166.pdf>
- Lucas-Bartolo, N. (2019, octubre 30). *Otras industrias se volverán actores relevantes en telecomunicaciones con las redes 5G: José F. Otero*. El Economista. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Otras-industrias-se-volveran-actores-relevantes-en-telecomunicaciones-con-las-redes-5G-Jose-F.-Otero-20191030-0048.html>
- Mandayam, N. B. (2018). *A Brief History of Mobile Communications*. WINLAB.
http://www.winlab.rutgers.edu/~narayan/Course/Wireless_Revolution/vts%20article.pdf
- MINTEL. (2019a, mayo 17). *Las Telecomunicaciones aportan a mejorar la calidad de vida de los ecuatorianos – Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información*.
<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/las-telecomunicaciones-aportan-a-mejorar-la-calidad-de-vida-de-los-ecuatorianos/>
- MINTEL. (2019b, julio 18). *MINTEL presentó la nueva política de espectro, en el marco de un Ecuador Digital – Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información*.
<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/mintel-presento-la-nueva-politica-de-espectro-en-el-marco-de-un-ecuador-digital/>
- MINTEL. (2019c, agosto 27). *500 millones de inversión en el sector de Telecomunicaciones, gracias a la política Ecuador Digital – Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información*.
<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/500-millones-de-inversion-en-el-sector-de-telecomunicaciones-gracias-a-la-politica-ecuador-digital/>

- MINTEL. (2019d, septiembre 12). *MINTEL y Municipio de Guayaquil trabajarán para transformar al Puerto Principal en una Ciudad Inteligente – Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.* <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/mintel-y-municipio-de-guayaquil-trabajaran-para-transformar-al-puerto-principal-en-una-ciudad-inteligente/>
- NAP, T. N. A. P. (1997). “*The Global Positioning System for the Geosciences: Summary and Proceedings of a Workshop on Improving the GPS Reference Station Infrastructure for Earth, Oceanic, and Atmospheric Science Applications*” at NAP.edu. <https://doi.org/10.17226/9254>
- News18. (03 de Abril de 2013). *News 18.* Obtenido de <https://www.news18.com/news/india/fact-sheet-motorola-dynatac-the-first-mobile-phone-from-1973-600623.html>
- nPerf. (06 de Febrero de 2022). Obtenido de Mapa de cobertura de red 3G/ 4G/ 5G en Ecuador de Claro: <https://www.nperf.com/es/map/EC/-/8263.Claro-Movil/signal/>
- nPerf. (06 de Febrero de 2022). Obtenido de Mapa de cobertura de red 3G/ 4G/ 5G en Ecuador de CNT: <https://www.nperf.com/es/map/EC/-/163678.CNT-Movil/signal/>
- nPerf. (06 de Febrero de 2022). *nPerf.* Obtenido de Mapa de cobertura de red 3G/ 4G/ 5G en Ecuador de Movistar: <https://www.nperf.com/es/map/EC/-/11134.Movistar-Movil/signal/?ll=-0.4009977028958279&lg=-77.46459960937501&zoom=7>
- Patil, B. (2003). *Cellular Fundamentals | IP in Wireless Networks.* <https://flylib.com/books/en/4.215.1.33/1/>
- Patil, B. (2003). Ip in Wireless Networks. En 3.2 *Cellular Fundamentals.*
- Rathore, A. (01 de Febrero de 2019). *Mobile Communication: From 1G to 4G.* Obtenido de Electronics for you: <https://www.electronicsforu.com/technology-trends/mobile-communication-1g-4g>
- Remmert, H. (19 de Marzo de 2021). *What is 5G network architecture? Planning your journey to 5G.* Obtenido de DIGI: <https://www.digi.com/blog/post/5g-network-architecture>

- QUALCOMM. (2014). *The evolution of Mobile Technologies*.
<https://www.qualcomm.com/media/documents/files/download-the-evolution-of-mobile-technologies-1g-to-2g-to-3g-to-4g-lte-qualcomm.pdf>
- QUALCOMM. (2017, julio 25). *What is 5G | Everything You Need to Know About 5G | 5G FAQ*. Qualcomm.
<https://www.qualcomm.com/invention/5g/what-is-5g>
- Quillupangui, S. (2019, julio 19). *El país debe avanzar en cinco pasos para implementar el 5G*. El Comercio.
<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/tecnologia-5g-ecuador-velocidad-telefonicas.html>
- Rathore, A. (2019, febrero 1). *Mobile Communication: From 1G to 4G. Electronics For You*. <https://www.electronicsforu.com/technology-trends/mobile-communication-1g-4g>
- The National Academies Press, N. (1997). *The Global Positioning System for the Geosciences*.
- Secor, H. W. (2018). *Early Radio History*. Obtenido de <https://earlyradiohistory.us/1917de.htm>
- Remmert, H. (2021, marzo 19). *What Is 5G Network Architecture?*
<https://www.digi.com/blog/post/5g-network-architecture>
- Trick, U. (2021). *5G: An Introduction to the 5th Generation Mobile Networks*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Universo, E. (08 de Septiembre de 2019). *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/09/08/nota/7507786/primero-s-pasos-largo-camino-hacia-5g/>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Cruz Mora Hilary Johanna** con C.C: # 093055831-7 autor del trabajo de titulación: **Análisis de riesgo y oportunidad de la implementación del sistema de telefonía móvil 5G en el Ecuador** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, 07 de marzo de 2022

f. _____

Nombre: Cruz Mora Hilary Johanna

C.C: 093055831-7



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Análisis de riesgo y oportunidad de la implementación del sistema de telefonía móvil 5G en el Ecuador		
AUTOR(ES)	Cruz Mora Hilary Johanna		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MSc. Romero Paz, Manuel de Jesús		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	07 de marzo del 2022	No. DE PÁGINAS:	70
ÁREAS TEMÁTICAS:	Telefonía móvil, Estándares de telefonía celular, Telecomunicaciones inalámbricas digitales mejoradas		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Regularización, ARCOTEL, Ancho de banda, Espectro Radioeléctrico, Proveedores de servicio, Realidad aumentada, IoT.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>El presente trabajo de investigación, nace de la duda por la existencia de la tecnología del futuro 5G que, si bien es cierto, ya se está llevando a cabo en otros países, en el Ecuador aún no ha sido muy promocionado y es de carácter novedoso. Por lo que se propone un análisis de las oportunidades y beneficios que trae consigo la 5G, pero a su vez, los riesgos u obstáculos que se presentan para su dicha implementación. Es notorio que siempre la introducción de nuevas tecnologías mejoran paulatinamente el comercio, la industria e incluso la economía de un país, por lo que son más los beneficios que desventajas de la misma, pero todo va de la mano según los riesgos que los proveedores quieran tomar para lanzar al mercado sus servicios con esta tecnología, al igual que de los usuarios estén dispuestos a acceder a nuevas puertas que les brinda la 5G y sobre todo, de la regularización y promoción del espectro radioeléctrico del país, que es la base fundamental para la adquisición de la tecnología del futuro.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-989768290	E-mail: hilary_cruz@hotm.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-67608298		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			