



Plan 5G

Colombia



El futuro digital
es de todos

MinTIC

Diciembre de 2019



El futuro digital
es de todos

Gobierno
de Colombia
MinTIC

Plan 5G Colombia El Futuro Digital es de Todos

Sylvia Constaín

Ministra de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Iván Antonio Mantilla Gaviria

Viceministro de Conectividad y Digitalización

Germán Camilo Rueda Jiménez

Viceministro de Economía Digital

Luisa Fernanda Trujillo

Secretaria General

Jorge Guillermo Barrera Medina

Director de Industria de Comunicaciones

Paola Elvira Thiriat Tovar

Ana Giselle Ustate Bermúdez

Hugo Mario Triviño Arbelaez

Oscar Iván Agudelo Mora

Asesores

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Edificio Murillo Toro Cra. 8 entre calles 12 y 13 Bogotá, Colombia

Código Postal 111711



Tabla de Contenido

Listado Siglas y Acrónimos	7
Introducción.....	8
1. Contexto	9
1.1. Ventajas	9
1.2. Importancia.....	10
1.3. Oferta.....	11
1.3.1. Ecosistema Digital.....	11
1.3.2. Hogares con acceso a Internet y velocidades	13
1.3.3. Ecosistema de terminales móviles.....	15
1.3.4. Oferta – Servicios en Pruebas.....	22
2. Antecedentes.....	23
2.1. Análisis Nacional marco normativo.....	23
2.1.1. Sector TIC.....	23
2.1.2. Protección de los usuarios	25
2.1.3. Despliegue de Infraestructura	25
2.2. Tendencias Internacionales Planes 5G	26
2.2.1. Unión Internacional de Telecomunicaciones – UIT	26
2.2.2. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos – OCDE.....	27
2.2.3. Unión Europea	28
2.2.4. Reino Unido.....	30
2.2.5. España	31
2.2.6. Alemania	33
2.2.7. Estados unidos	34
2.2.8. Brasil.....	35
2.2.9. Chile.....	36
2.2.10. México	37
2.3. Espectro 5G.....	38



2.3.1.	Bandas inferiores a 1 GHz	39
2.3.2.	Bandas entre 1 GHz y 6 GHz	39
2.3.3.	Bandas por encima de 6 GHz	39
2.3.4.	Subastas realizadas de espectro para servicios 5G.....	40
2.4.	Consideraciones de espectro para 5G en Colombia	41
2.4.1.	Bandas Bajas (frecuencias inferiores a 1 GHz).....	42
2.4.2.	Bandas Medias (frecuencias en el rango de 1 a 6 GHz)	43
2.4.3.	Bandas Altas (frecuencias mayores a 6 GHz)	46
2.5.	Pilotos 5G	56
2.6.	Seguridad y privacidad	57
2.6.1.	Colombia.....	57
2.6.2.	Riesgos y amenazas desde el punto de vista del servicio.....	58
3.	¿Transición 4G-5G?.....	58
4.	Tecnologías emergentes	62
4.1.1.	Big Data e IoT	62
4.1.2.	Inteligencia artificial (Machine learning) y ciudades inteligentes (Ciudades inteligentes)	64
5.	Identificación de retos	66
6.	Definición del Plan 5G.....	68
6.1.	Objetivo General.....	69
6.2.	Objetivos Específicos.....	69
6.3.	Plan de Acción	69
6.3.1.	Identificar los retos en materia de política pública, regulatorios, o normativos para habilitar el despliegue y masificación de la tecnología 5G	69
6.3.2.	Promover la actualización de las políticas públicas, y del marco normativo y regulatorio para el adecuado despliegue y masificación de la tecnología 5G.....	71
6.3.3.	Estimular la demanda y oferta de aplicaciones y servicios que requieran de las características ofrecidas por la tecnología 5G	73
6.3.4.	Identificar los lineamientos de seguridad digital para los nuevos modelos de negocio digital sobre la tecnología 5G	74
6.4.	Cronograma – Grandes Hitos.....	76
	Bibliografía.....	77
	Anexo 1. Pilotos 5G	80



Índice de Gráficas

Gráfica 1 Evolución tecnológica servicios móviles	9
Gráfica 2 Principales características de las redes 5G	10
Gráfica 3 Ecosistema Digital.....	12
Gráfica 4 Porcentaje de Hogares - Tenencia de Internet, Teléfono Celular.....	13
Gráfica 5 Evolución de tráfico, conexiones y dispositivos	14
Gráfica 6 Suscriptores Telefonía Móvil y Conexiones SIM.....	15
Gráfica 7 Evolución Equipos terminales.....	15
Gráfica 8 Suscriptores 5G en el Mundo	17
Gráfica 9 Suscriptores 5G en Latinoamérica.....	17
Gráfica 10 Accesos Internet móvil 3G y 4G	18
Gráfica 11 Conexiones por Tecnología.....	18
Gráfica 12 Conexiones de Internet de banda ancha y participación por tipo de acceso...	19
Gráfica 13 Total Equipos Terminales Móviles Homologados por bandas certificadas.....	20
Gráfica 14 Ranking Global de venta de Smartphones.....	21
Gráfica 15 Porcentaje Mercado Global 2017-2018	21
Gráfica 16 Principales fabricantes 5G	22
Gráfica 17 Relación cobertura - Capacidad - Bandas de frecuencias 5G.....	38
Gráfica 18 Densificación de celdas 5G.	61
Gráfica 19 Conexiones en Latinoamérica por tecnología.	62
Gráfica 20 Requerimientos de ancho de banda y latencia para múltiples aplicaciones	65
Gráfica 21 Retos para desplegar y masificar la tecnología 5G.....	67
Gráfica 22 Cronograma Plan 5G.....	76
Gráfica 23 Pilotos 5G - América Latina	80
Gráfica 24 Pilotos 5G Europa	81
Gráfica 25 Pilotos por fabricante.....	82
Gráfica 26 Pilotos por servicio	82

Índice de Figuras

Figura 1 Atribución banda 600 MHz en Colombia	42
Figura 2 Atribución banda 700 MHz en Colombia.	43
Figura 3 Atribución banda 3300 MHz en Colombia	44
Figura 4 Atribución banda 3500 MHz en Colombia	45
Figura 5 Atribución banda 3600 MHz en Colombia	45
Figura 6 Atribución banda 26 GHz en Colombia	47
Figura 7 Canalización para enlaces del Servicio Fijo en la banda de 26 GHz.	47
Figura 8 Atribución banda 28 GHz en Colombia	48
Figura 9 Atribución banda 32 GHz en Colombia	49
Figura 10 Atribución banda 39 GHz en Colombia	49
Figura 11 Atribución banda 41 GHz en Colombia	50
Figura 12 Atribución banda 43 GHz en Colombia	51



<i>Figura 13 Atribución banda 46 GHz en Colombia</i>	51
<i>Figura 14 Atribución banda 47 GHz en Colombia</i>	52
<i>Figura 15 Atribución Banda 48 GHz En Colombia</i>	53
<i>Figura 16 Atribución banda 51 GHz en Colombia</i>	53
<i>Figura 17 Atribución banda 70 GHz en Colombia</i>	54
<i>Figura 18 Atribución banda 72 GHz en Colombia</i>	55
<i>Figura 19 Atribución banda 80 GHz en Colombia</i>	56

Índice de Tablas

<i>Tabla 1 Velocidades de referencia requeridas para uso de servicios tecnológicos</i>	14
<i>Tabla 2 Resumen de tendencias internacionales planes 5G.....</i>	38
<i>Tabla 3 Subastas de espectro 5G.....</i>	41
<i>Tabla 4 Ocupación canales digitales en la banda de 600 MHz</i>	42
<i>Tabla 5 Sistemas de acceso Inalámbrico.....</i>	54
<i>Tabla 6 Ejemplos pruebas 5G.....</i>	80
<i>Tabla 7 Pilotos 5G - Europa.....</i>	82



Listado Siglas y Acrónimos

BI	Business Intelligence
BSS	Business Support Systems
CMR -19	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2019
CNABF	Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias
GAN	Global Area Network
GSM	Global System for Mobile communications
GSMA	GSM Association
HSDP	High Speed Downlink Packet Access
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc
IoT	Internet of Things
M2M	Máquina a Máquina
MEC	Mobile Edge Computation
NFV	Network Function Virtualization
NPO	Network Planning & Optimization
OSS	Operation Support Systems
PAN	Personal Area Network
PRSTM	Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones
RRSS	Redes Sociales
SDN	Software Defined Networks
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UHDTV	Ultra High Definition Television
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
V2V	Vehículo a vehículo
WAN	Wide Area Network
WAS	Wireless access systems



Introducción

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha destacado las redes 5G y la inteligencia artificial (IA) como campos de innovación imprescindibles para la creación de sociedades más inteligentes. 5G integra la próxima generación de normas móviles y trae consigo la promesa de mejorar la experiencia de los usuarios finales, ofreciéndoles nuevas aplicaciones y servicios capaces de alcanzar velocidades de varios gigabits, así como de incrementar significativamente la calidad de funcionamiento y la fiabilidad. Cabe prever una mejora de las redes 5G a través de la IA, que dará sentido a los datos, gestionará y orquestará los recursos de red y dotará de inteligencia a los sistemas conectados y autónomos.

A tal efecto, la UIT está desarrollando las "IMT para 2020 y años posteriores", sentando así las bases para una serie de trabajos de investigación en 5G emprendidos a escala mundial. La UIT también ha creado el Grupo Temático sobre aprendizaje automático para redes futuras, incluyendo 5G (FG ML5G)¹, cuyo mandato consiste en estudiar casos de uso, servicios, requisitos, interfaces, protocolos, algoritmos, arquitecturas de red conscientes del aprendizaje automático y formatos de datos. (UIT, 2018)

El presente documento se estructura como sigue:

- En la sección 1 se examina el contexto existente detrás de 5G, las ventajas, la importancia de su despliegue, así como la demanda y oferta tanto de servicios como del ecosistema de terminales.
- En la sección 2 se hace una revisión de los antecedentes, teniendo en cuenta el marco normativo actual, tanto del sector TIC como de protección de usuarios, así como del despliegue de infraestructura. Así mismo, se hace una revisión de las tendencias internacionales en la expedición de planes 5G en las diferentes regiones, al igual que en seguridad y privacidad digital. En esta misma sección se hace un recuento del espectro nuevo y armonizado para servicios móviles, el cual es esencial para asegurar que los servicios 5G puedan cumplir con las expectativas y materializar el potencial completo de esta tecnología a futuro.
- En la sección 3 se analizan las estrategias de una posible transición de las redes de 4G a 5G.
- En la sección 4 se realiza una descripción de las tecnologías emergentes y casos de uso, que gracias a las características que trae consigo 5G, pueden ser explotadas en su máximo potencial.
- En la sección 5, se describen los principales retos identificados al despliegue de redes 5G en Colombia, en términos de Regulación, Política y de Gestión de Espectro.
- En la sección 6 se establece el objetivo general así como los objetivos específicos, los cuales fueron identificados al utilizar el método del árbol del problema. Adicionalmente, se establecen las estrategias y las líneas de acción necesarias para la implementación

¹ Véase: <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ml5g/Pages/default.aspx>.

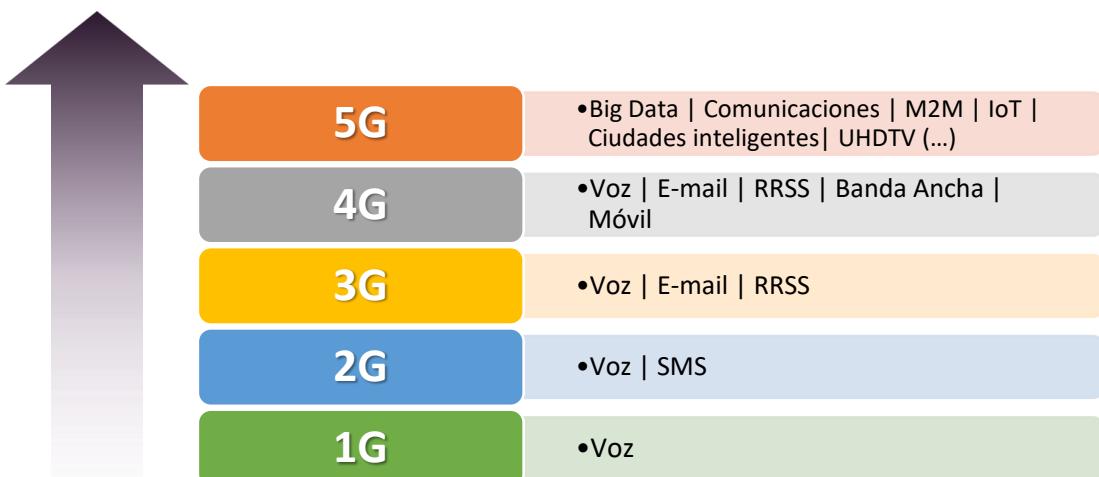


de 5G en Colombia, haciendo énfasis especial en la descripción general del piloto relacionado en la línea acción 1.2., se cierra el capítulo con una descripción gráfica del cronograma propuesto para la implementación y ejecución del presente plan.

1. Contexto

Para empezar a hablar de 5G, primero hay que resaltar que éste es un proceso evolutivo de generaciones de redes móviles 1G, 2G, 3G y 4G, que busca como en las anteriores generaciones una oportunidad de ampliar las capacidades de las redes, maximizar la conectividad, hacer realidad la automatización inteligente, entre otras funcionalidades. Lo anterior, enfocado en los usuarios, proporcionando altas velocidades y mejor calidad de servicio. En la Gráfica 1 se observa un ejemplo de la evolución de la tecnología móvil.

Gráfica 1 Evolución tecnológica servicios móviles



Fuente: Elaboración propia.

Alineado con lo anterior se resalta que los organismos internacionales referentes en esta materia, continúan adelantando los estudios para definir los estándares que soportarán 5G. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) considera que los estándares definitivos solo se acordarán hasta finales de 2019 y se espera que el despliegue comercial de redes comience en el 2020.

Para este capítulo se desarrollan las ventajas y la importancia que desde la literatura se espera que el despliegue de 5G brinde a las administraciones que le apuesten a proveer e impulsar esta tecnología entre sus ciudadanos.

1.1. Ventajas

Frente al estándar 5G, se pueden plantear beneficios en términos de velocidades de conexión a Internet con máximos teóricos de hasta 20 Gbps en bajada y 10 Gbps en subida,



reduciendo los tiempos de descarga hasta en un 80 % en comparación con redes 4G LTE, y una expansión del número de conexiones, soportadas a una mayor densidad de dispositivos conectados por kilómetro cuadrado. (UIT, 2018)

Gráfica 2 Principales características de las redes 5G



Fuente: Elaboración propia.

Una de las características más esperadas de las redes 5G, es la *baja latencia* (tiempos de reacción más rápidos), *alta disponibilidad* (capacidad del sistema para ofrecer un servicio activo durante un alto porcentaje de un tiempo definido) y *fiabilidad* en las comunicaciones (la probabilidad que un equipo o sistema opere sin fallos durante un tiempo determinado). Con 5G se facilitará la implementación y el aprovechamiento de tecnologías emergentes como el Internet de las cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial (IA), y se facilitará el desarrollo de proyectos de ciudades inteligentes, vehículos autónomos, entre otros.

De los estudios realizados en esta materia se ha evidenciado que 5G, más que ventajas para el sector de las telecomunicaciones, traerá beneficios a todos los sectores que involucran las actividades cotidianas del ser humano, permitiendo que nuevos productos se democratizan y surja una nueva gama de servicios y aplicaciones en sectores relacionados con la energía, el Transporte, la seguridad y defensa, etc.

De igual forma, 5G permitirá la innovación y el despliegue con sensores de precisión que beneficiaran la agricultura, la salud y sanidad (con lo cual se podrá llevar a cabo cirugías remotas), los servicios financieros, las aplicaciones para el entretenimiento y el sector turístico.

1.2. Importancia

5G será el componente tecnológico vital en la transformación digital de la sociedad y de la economía de los países durante los próximos años. El potencial de 5G es tan disruptivo, al punto que algunas personas lo han llamado la cuarta revolución industrial. Por ello, para el



éxito en la introducción de esta nueva tecnología, no solo es necesario la propia evolución de las infraestructuras y las redes de telecomunicaciones, sino que debe desarrollarse todo un ecosistema de plataformas, servicios y contenidos 5G a través de la innovación y el emprendimiento.

Por esta razón, es tan importante que Colombia tenga un sector TIC fortalecido y dinámico que llegue a todos sus habitantes. Así se avanza en el cumplimiento de cada uno de los 3 ejes de la política de Gobierno en términos de Legalidad, Equidad y Emprendimiento.

El Departamento Nacional de Planeación realizó un análisis del impacto que podrían tener incrementos en la penetración de Internet con una adecuada calidad del servicio (es decir, con velocidades mínimas de descarga de 10 Mbps) sobre la desigualdad de ingresos en Colombia, medido con el índice GINI. (DNP, 2018)

Una de las más importantes conclusiones del estudio del DNP, es que el incremento de 50 puntos porcentuales en la penetración de Internet para los quintiles de ingresos 1 y 2, puede generar reducciones en el índice GINI entre 0,30% y 1,26%. Estos valores son bajos, pero significativos pues se traduce en una disminución de la desigualdad de ingresos y lo cual contribuye a cerrar las brechas sociales.

Es pertinente resaltar que la calidad del servicio a la que pueden tener acceso los hogares de menores ingresos usualmente es de menor velocidad que aquellos de estratos altos. ¿Qué ocurre entonces? La penetración a Internet tiene altos efectos para disminuir la desigualdad de ingresos, en especial si son saltos grandes de cobertura, pero estos efectos pueden ser borrados si la velocidad y los servicios a los que esta permite acceder siguen siendo desiguales por nivel socioeconómico. Esto implica un doble reto: masificar acceso y la calidad.

Con una Colombia conectada a 5G, se podrá mejorar la competitividad y la productividad de las regiones, y generar más empleo. Esto tendrá impactos importantes en la reactivación de la economía y dejará al país con unas bases sólidas para el adecuado desarrollo de la Cuarta Revolución Industrial.

1.3. Oferta

1.3.1. Ecosistema Digital

Haciendo una analogía de la cadena de valor de la tecnología 5G en el ecosistema digital (Gráfica 3), se puede encontrar dentro de cada componente a modo de ejemplo lo siguiente:

- **Insumos:** Dentro de los insumos más importantes para prestar servicios de 5G está el espectro radioeléctrico, tema que se detalla en la sección 3.3 de este documento
- **Infraestructura:** Componentes físicos de las redes a través de los cuales se soportan los servicios que permiten 5G, esto incluye, torres, fibra óptica, tecnologías terrestres y satelitales entre otros.



- **Servicios TIC:** Servicios prestados a través de infraestructura de 5G, donde por una parte estará la convergencia de servicios, y por otra permitirá la incursión de servicios como Big Data, comunicaciones M2M, IoT, que requieran alta disponibilidad y baja latencia como vehículos autónomos, entre otros.
- **Interfaz:** Aparatos y dispositivos mediante los cuales los usuarios acceden a los diferentes servicios que sobre las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones se pueden ofrecer.

Gráfica 3 Ecosistema Digital



Fuente: DNP (2018)

A continuación, en la cadena de valor se encuentran los usuarios que pueden ser personas o entidades que acceden a los servicios que permitirá desplegar la tecnología 5G. En donde encontramos ciudadanos, empresas y sectores productivos.

Por usos de valor agregado se entienden aquellos usos de los servicios 5G que generan un valor económico adicional al esperado. Estos usos son formas novedosas de utilizar los servicios 5G para mejorar procesos y facilitar actividades que, de no hacerse con el componente digital, serían menos eficientes, tales como el transporte, distribución de energía, ciudades inteligentes entre otros.

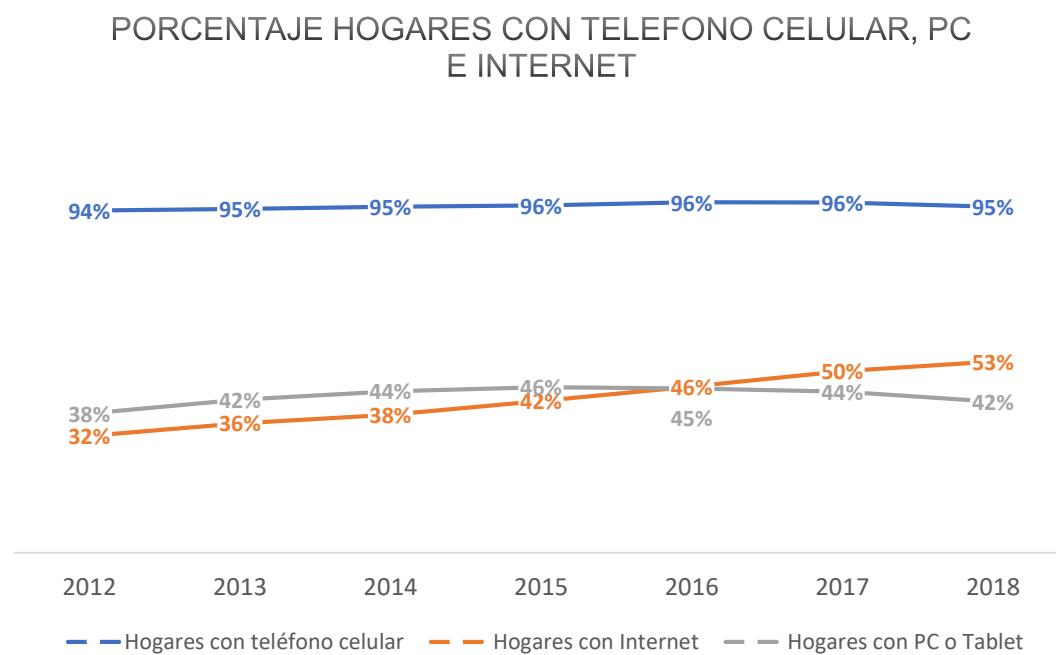
Como último eslabón de la cadena se encuentran los beneficios socioeconómicos derivados de la activación de toda la cadena de valor del ecosistema digital. Si bien los beneficios económicos reales de 5G para cada país variarán según sus necesidades, estructura del mercado, avance de la infraestructura digital existente y la disponibilidad económica para infraestructura (UIT, 2018), la Comisión Europea (CE) estima beneficios de 113,1 mil millones de euros anuales derivados de la introducción de capacidades 5G, y la creación de 2,3 millones de empleos. De igual forma, espera que la mayoría de los beneficios se generen en áreas urbanas, ya que solo el 8 % de los beneficios (EUR 10 mil millones por año) se realizarán en áreas rurales. (European Commission, 2016)



1.3.2. Hogares con acceso a Internet y velocidades

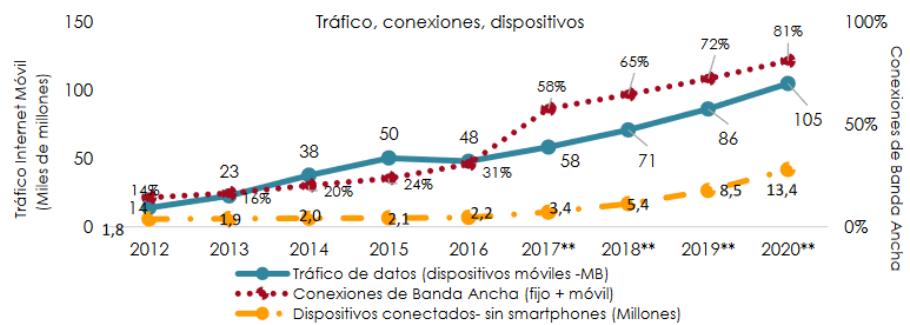
El 53 % de los hogares colombianos cuentan con acceso a Internet (fijo o móvil), con una tasa de crecimiento del 94 % entre los años 2012 y 2018. La tenencia de dispositivos móviles ha incrementado un 16% en los últimos cinco años. En cuanto a los computadores y tabletas la tenencia ha incrementado un 14 %. En donde a 2018, el 95 % de los hogares colombianos tiene teléfono móvil y 42 % contaba con un computador o tableta. (Gráfica 4).

Gráfica 4 Porcentaje de Hogares - Tenencia de Internet, Teléfono Celular



Fuente: Elaboración propia con datos del DANE

Por otro lado, las perspectivas de crecimiento de tráfico, conexiones y dispositivos conectados en Colombia (Gráfica 5) están aumentando, con un gran potencial de crecimiento, y llegarán a valores significativos en 2020.

**Gráfica 5 Evolución de tráfico, conexiones y dispositivos**

Fuente : MinTIC, DNP, OCDE

No obstante, es importante señalar que 5G cambiará la forma en que se usa Internet, al brindar conexión de múltiples dispositivos, esto requiere de mayores velocidades (Tabla 1) e implica un desafío importante en cuanto a la implementación de 5G en el país.

Tabla 1 Velocidades de referencia requeridas para uso de servicios tecnológicos

Usos	Ancho de banda requerido (Mbps)
Manufactura avanzada	Entre 38 y 74
Preparación para emergencias y seguridad	Entre 6 y 18
Educación y capacitación	Entre 38 y 74
Tecnologías de la salud	Entre 38 y 74
Redes limpias de energía y Transporte	Entre 2 y 3
Monitoreo de clima y aviones	Entre 38 y 74
Uso de video interactivo en 3D	Entre 77 y 148

Fuente: Elaboración propia con datos de (CEPAL, 2016)

El despliegue de 5G potenciará nuevos campos de aplicación y requisitos, además de las aplicaciones de la banda ancha móvil existentes, para mejorar la calidad de funcionamiento y permitir que el usuario tenga una experiencia homogénea. (UIT, 2015)



1.3.3. Ecosistema de terminales móviles

En el mundo las conexiones de equipos terminales móviles superaron los 5.000 millones en 2018, representando el 67 % de la población global. Además, el número de SIM activadas superó los 7.900 millones, excluyendo IoT, según el último reporte de economía móvil de la GSMA (Gráfica 6) (GSMA, 2019).

Gráfica 6 Suscriptores Telefonía Móvil y Conexiones SIM



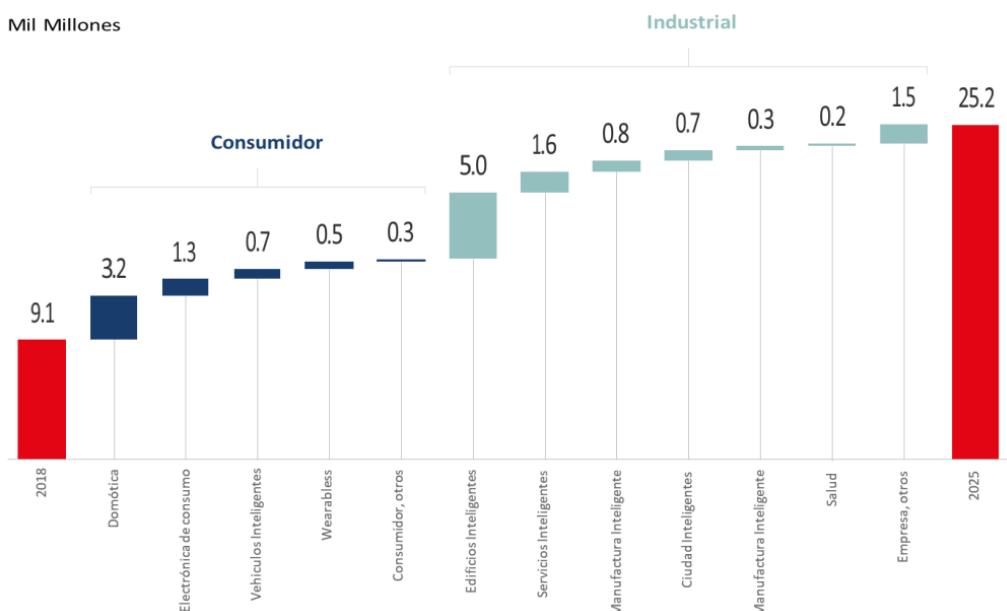
Fuente: The Mobile Economy 2019 - GSMA

Entre las proyecciones de la GSMA, se estima que para 2025 el número de suscriptores a nivel mundial alcance los 5800 millones y el número de SIM conectadas llegue a superar los 9.200 millones, una penetración del 112 %. El alto número de SIM usadas se estima debido a que varios equipos terminales móviles podrán incluir 2 o más SIM para conectarse a la red móvil. (GSMA, 2019)

Respecto a los equipos terminales para IoT, el reporte señala que existen 9.100 millones de conexiones en 2018 con una proyección de 25.200 millones para 2025. Entre los cuales se percibirá un crecimiento aproximado de 10.000 millones en sectores industriales y un aproximado de 6.000 millones conexiones para sectores de consumidores finales (Gráfica 7) (GSMA, 2019).



Gráfica 7 Evolución Equipos terminales

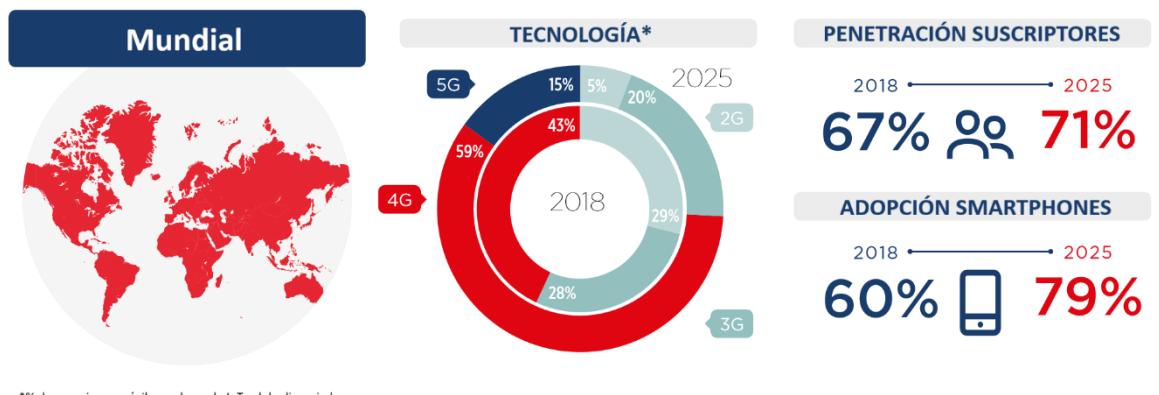


Fuente: The Mobile Economy 2019 - GSMA

El crecimiento de smartphones con tecnología 4G en el mundo ha permitido que la conexión de servicios en 4G represente el 43 % de las conexiones totales a nivel global. Consolidándose como la tecnología dominante, superando a las conexiones de servicios 2G y 3G, que a 2018 representan un 29 % y 28 % respectivamente de las conexiones totales. Para tecnología 5G solo hasta abril de 2019 se hicieron los primeros lanzamientos en el mundo, que fueron en Corea del Sur y EEUU, por lo que conexiones de este tipo de servicios aún no se ven reflejados, pero se estima que su crecimiento sea exponencial porque se prevé que abarque en gran número conexiones para IoT. (GSMA, 2019)

Las proyecciones de GSMA para 2025 de tecnologías (excluyendo celular IoT), incluyen una moderada disminución de conexiones 3G de 28 % a 20 % y una marcada caída de conexiones 2G, respecto a las conexiones de 4G, se estima que este por encima del 59 % y que 5G alcance el 15 % de conexiones global. (GSMA, 2019)

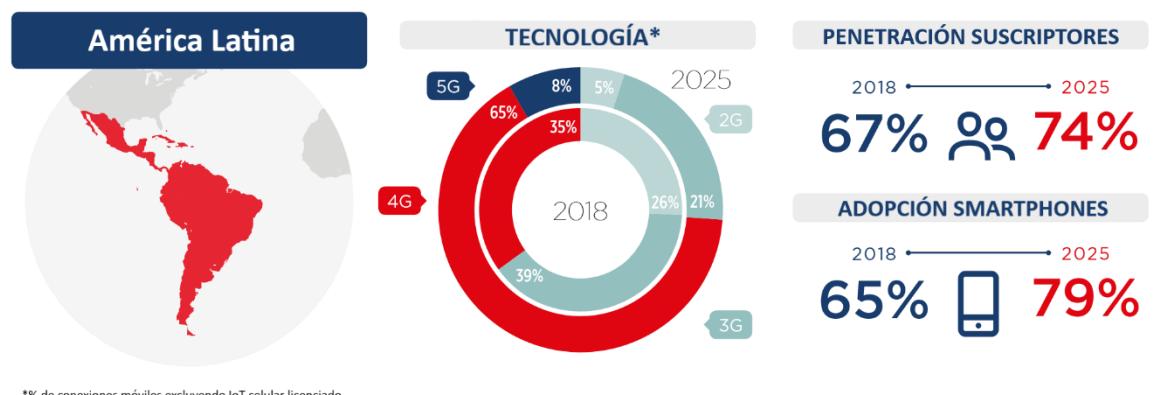
Gráfica 8 Suscriptores 5G en el Mundo



Fuente: The Mobile Economy 2019 – GSMA

En Latinoamérica y el Caribe, el dominante, a diferencia del reporte global, son las conexiones 3G con un 39 %, pero 4G está muy cerca con 35 % de las conexiones, así como 2G con 26 %. Se espera que las conexiones 4G alcancen un nivel dominante para 2025, casi que duplicando el porcentaje de 2018. En la misma línea, se estima que la penetración de conexiones de 5G sea baja, alrededor del 8 %, y exista una disminución significativa de las conexiones 2G, como es la tendencia global. Por lo que se espera que la migración sea de 2G y 3G a conexiones 4G.

Gráfica 9 Suscriptores 5G en Latinoamérica



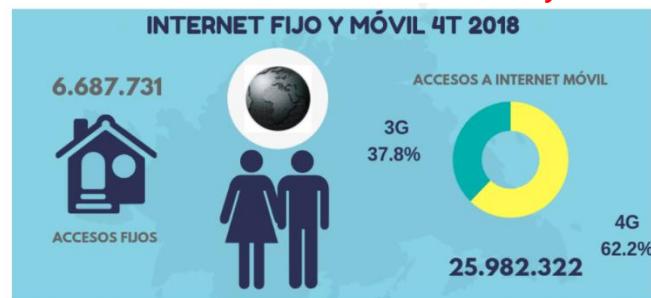
Fuente: The Mobile Economy 2019 – GSMA

En Colombia, según el reporte del cuarto trimestre de 2018 del Boletín del sector TIC publicado por MinTIC, existen alrededor de 26 millones de abonados de Internet móvil 3G y 4G por suscripción y demanda, con un 62,2 % de conexiones 4G y 37,8 % de conexiones 3G. Adicional a lo anterior, Colombia cuenta con 64 millones de líneas de telefonía móvil



activas a finales 2018, lo que deriva en un índice de penetración de telefonía móvil de 129,5 %. (MinTIC, 2018)

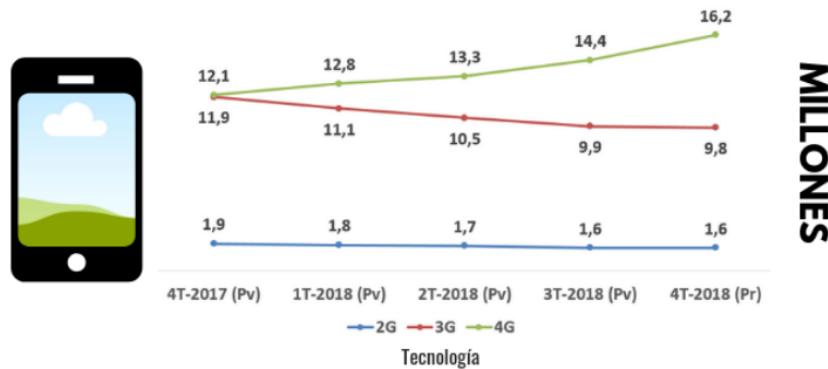
Gráfica 10 Accesos Internet móvil 3G y 4G



Fuente: Boletín trimestral del sector TIC - MinTIC

En la Gráfica 11 se observa en mayor detalle el número de accesos por tecnología (alrededor de los 28 millones contando los accesos 2G) para los trimestres de 2017 y 2018, se evidencia que el comportamiento en Colombia sigue la tendencia mundial en cuanto a la disminución de conexiones 3G y un aumento de 4G, pero respecto a conexiones 2G estas se mantienen estables a diferencia de la tendencia a la baja del promedio mundial. En este sentido, 4G cuenta con el 59 % de conexiones a comparación del 6 % y 36 % de conexiones en 2G y 3G respectivamente.

Gráfica 11 Conexiones por Tecnología

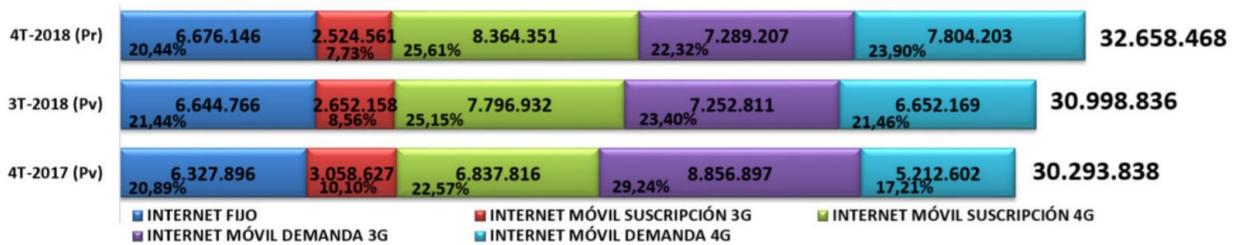


Fuente: Boletín trimestral del sector TIC - MinTIC

En la Gráfica 12. Se presenta el número de conexiones de Internet de banda ancha y participación por tipo de acceso, en donde acceso por suscripción, corresponde al acceso a Internet móvil a través de la contratación de un plan con cargo fijo que se paga de forma periódica, y acceso por demanda, corresponde al acceso a Internet móvil sin que medie la contratación de un plan para tal fin. (CRC, 2016)



Gráfica 12 Conexiones de Internet de banda ancha y participación por tipo de acceso



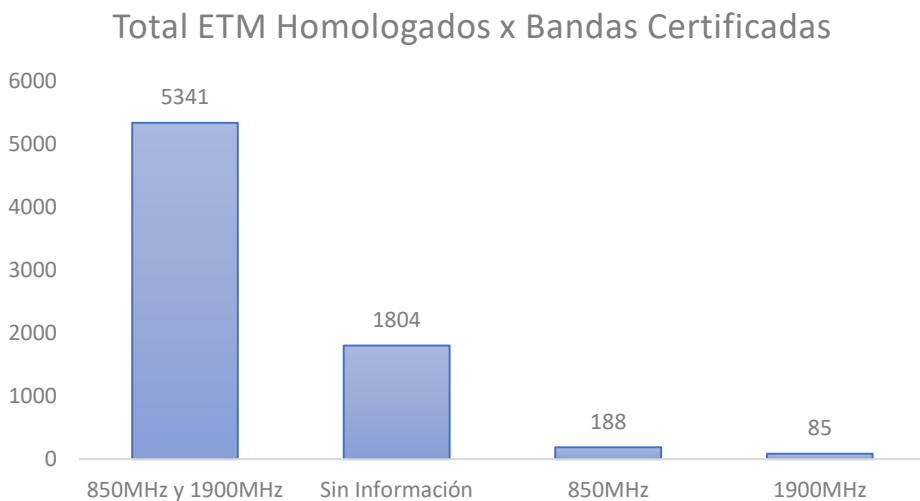
Fuente: Boletín trimestral del sector TIC – MinTIC

1.3.3.1. Homologación de equipos Terminales Móviles

Actualmente, en Colombia, la Comisión de Regulación de Comunicaciones - CRC, regula el trámite de homologación de Equipos Terminales Móviles (ETM) para permitir su acceso a la red móvil para el uso de voz, por el cual se certifica en estándar FCC partes 22H y 25E, para las frecuencias 850 MHz y 1900 MHz. Es de aclarar que por el momento no se certifican ni se revisan las bandas LTE (Bandas 4 y 7), tampoco se revisa el uso de datos, solamente de voz.

A partir de los datos publicados en el listado de equipos homologados por la CRC, se puede estimar una cantidad aproximada de los modelos de equipos terminales que funcionan en estas frecuencias actualmente en Colombia, aunque se debe resaltar que dentro de ese número que están certificados para las dos bandas, existen equipos con tecnología 4G. En la Gráfica 13 se observa el número aproximado de modelos de equipos terminales según verificación respecto al funcionamiento en las bandas de frecuencia:

Gráfica 13 Total Equipos Terminales Móviles Homologados por bandas certificadas



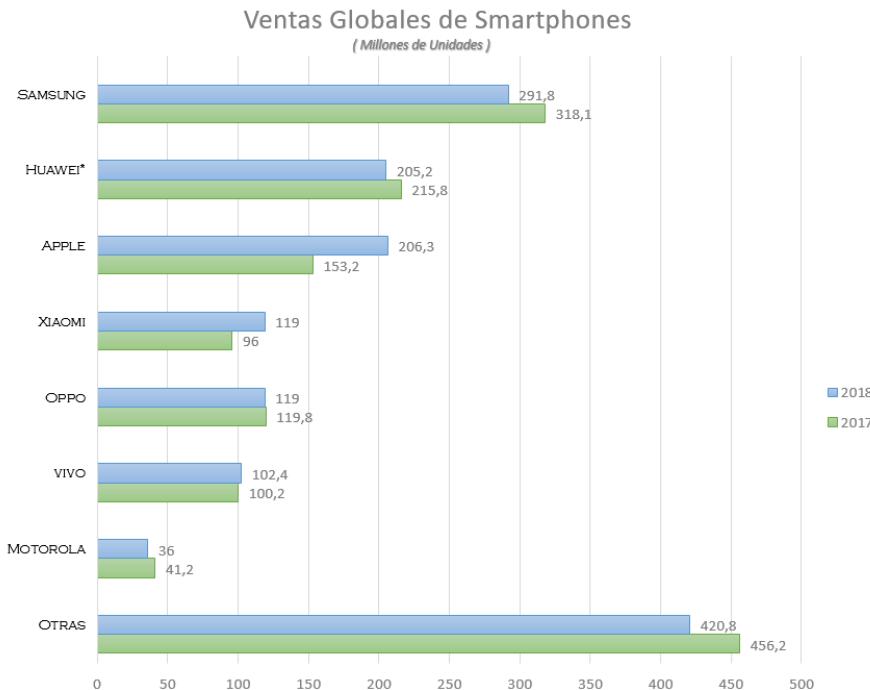
Fuente: Elaboración propia basado en información listado de equipos homologados CRC.

Como se evidencia en la Gráfica 13, 176 modelos (de un modelo se pueden fabricar miles o millones de equipos terminales) solo tendrían la capacidad de conectarse redes (GSM/UMTS/HSDP) en la banda de 850 MHz, de igual manera en la banda 1900 MHz existe un total de 81 modelos que usarían estas redes (GSM/UMTS/HSDPA). Para los modelos de equipos terminales a los cuales se les certificó el funcionamiento para las 2 Bandas, a través del trámite de homologación, existe un total de 5510 modelos (MinTIC, 2019). En aproximación, si se relacionara en porcentaje de acceso móvil de 4G en Colombia, el número de modelos estaría alrededor de 59 % que soporten acceso a 4G de los 7571 modelos certificados.

En el mercado global, según un estudio de Counterpoint Research (Counter Point Research, 2019), se vendieron en 2018 un número aproximado de 1.500 millones de smartphone en el mundo (en equivalencia un 19 % de la población mundial), en el que 5 marcas (Samsung, Apple, Huawei, Xiaomi, Oppo) abarcan el 63% del mercado, como se puede evidenciar en el gráfico a continuación (Gráfica 14):



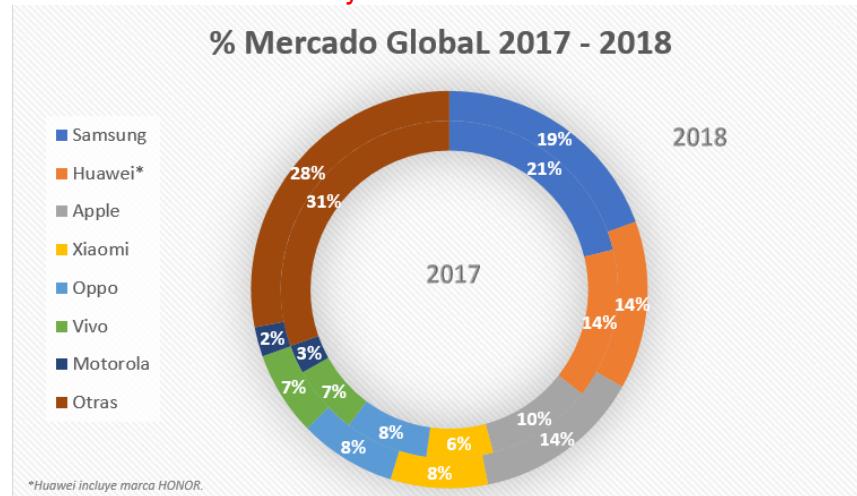
Gráfica 14 Ranking Global de venta de Smartphones



*Huawei incluye marca HONOR.

Fuente: Elaboración Propia / Datos Counterpoint Research

Gráfica 15 Porcentaje Mercado Global 2017-2018



Fuente: Elaboración Propria / Datos Counterpoint Research

Samsung con el 19 % del mercado y total de 291,8 millones de ventas de smartphone predomina el mercado, seguido por Apple y Huawei con el 14 % respectivamente y ventas alrededor de los 200 millones de equipos. (Gráfica 15) (Portafolio, 2018). Un gran porcentaje de nuevos lanzamientos son smartphone con tecnologías 4G, pero ya se han

hecho anuncios respecto a lanzamientos de smartphone capaces de soportar tecnologías 5G.

Respecto al mercado de celulares en Colombia, a octubre de 2018, la marca Samsung representaba el 29 % del mercado, seguido por Huawei (17,3 %), Alcatel (11,6 %) LG (4,3%), Nokia (3 %), ZTE (2,2 %), Apple (2 %), y Lenovo (1,6 %). (Portafolio, 2018)

A continuación, se relaciona las principales marcas de fabricantes de smartphone respecto a equipos con tecnología 5G (Gráfica 16):

Gráfica 16 Principales fabricantes 5G

Fabricante	Equipos 5G
SAMSUNG	Samsung Galaxy S10 5G
	No ha anunciado
	Huawei Mate X
	Xiaomi Mi Mix 3 5G
	Reno 5G Reno 10X
Fabricante	Equipos 5G
	No ha anunciado
	LG V50 ThinQ 5G
	Moto Z3 con accesorio Moto Mod
	No ha anunciado
	ZTE Axon 10 5G

Fuente: Elaboración Propia

El comportamiento del tráfico mundial evidencia un crecimiento de conexiones 4G, el cual se proyecta que a 2025 sea la tecnología dominante en conexiones móviles, como también se refleja la disminución significativa de conexiones 2G en gran parte por la migración de tecnología y apagones en varios países. Así mismo, se proyecta que las conexiones de 5G crezcan en una medida moderada con un 15 % del total mundial, esto en consecuencia del crecimiento de equipos y conexiones IoT, y por el cual es necesario la expansión 5G para su desarrollo. Contrario al promedio mundial, se estima que para la región de Latino América el avance de 5G sea más lento.

1.3.4. Oferta – Servicios en Pruebas

En las pruebas piloto de 5G realizadas en Europa, fueron enfocados en servicios como Industria 4.0, eHealt, ciudades inteligentes, realidad virtual, vehículos autónomos y Transporte por carretera, seguridad pública, y medios de comunicación y entretenimiento principalmente en funciones de difusión y streaming. De las pruebas realizadas, las bandas entre 3,5GHz y 3,8GHz fueron las más utilizadas para los pilotos 5G en Europa.² En el

² <https://on5g.es/>



anexo 1 de este documento se detallan los servicios que han sido objeto de pruebas usando la tecnología 5G en la región y en Europa.

Durante la edición 2019 del Mobile World Congress (MWC) de Barcelona, se presentaron casos reales de aplicaciones para 5G, como proyectos piloto de drones contra incendios, cirujano remoto, realidad inmersiva en deportes (360° video), robots colaborativos y autónomos (Industria 4.0), turismo inteligente y de Internet táctil en la demostración de conducción remota a través de 5G para controlar un vehículo situado a más de 70 kilómetros de distancia, permitiendo órdenes a objetos a una velocidad que permita seguridad y fiabilidad, algo que con 4G no es posible.

En Corea del Sur, ya más de 2 millones de personas están conectados a la red 5G, los principales servicios son de entretenimiento como espectáculos deportivos³, con Video 360° y Video Realidad Virtual /Video Realidad Aumentada, centrándose en servicios hacia la experiencia del consumidor.

2. Antecedentes

En esta sección se identifica el marco normativo, las tendencias internacionales en planes y políticas, así como la gestión del espectro para la implementación y despliegue de 5G.

2.1. Análisis Nacional marco normativo

2.1.1. Sector TIC

En la Ley 1955 de 2019 “Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, las TIC se incluyen de manera transversal, dentro del Pacto por la transformación digital de Colombia: Gobierno, empresas y hogares conectados con la era del conocimiento.

En el artículo 310 de la Ley 1955 de 2019, el cual modificó el artículo 194 de la Ley 1753 de 2015, se señala, entre otros, que el MinTIC, priorizará las iniciativas de acceso público a Internet, en beneficio de la población pobre y vulnerable, o en zonas apartadas; Así mismo, podrá adelantar iniciativas de masificación del acceso a Internet con participación del sector privado.

De igual forma, promoverá, que las entidades públicas e instituciones educativas del orden nacional y territorial financien sus necesidades de conectividad a Internet, e implementará iniciativas de estímulo a la oferta y a la demanda de servicios de telecomunicaciones en beneficio de la población pobre y vulnerable, incluyendo el fomento al despliegue de redes

³https://video-espanol.eurosport.com/futbol/el-5g-ya-funciona-en-los-estadios-de-corea-del-sur_vid1234563/video.shtml



de acceso y expansión de cobertura, así como subsidios o subvenciones para la prestación de los servicios o el suministro de terminales, entre otros.

Adicionalmente, podrá establecer obligaciones de hacer como forma de pago de la contraprestación económica por el otorgamiento o renovación de los permisos de uso del espectro radioeléctrico, para ampliar la calidad, capacidad y cobertura del servicio, que beneficie a la población pobre y vulnerable, o en zonas apartadas, en escuelas públicas ubicadas en zonas rurales y otras instituciones oficiales como centros de salud, bibliotecas públicas e instituciones educativas, así como prestar redes de emergencias.

En cuanto a la transformación digital pública, toma partida para las entidades del orden nacional en el PND 2018-2022 donde dichas entidades deberán incorporar los componentes asociados a tecnologías emergentes, como de desintermediación, DLT (Distributed Ledger Technology), análisis masivo de datos (Big data), inteligencia artificial (AI), Internet de las Cosas (IoT), Robótica y similares, definidos como aquellos de la Cuarta Revolución Industrial, que faciliten la prestación de servicios del Estado a través de nuevos modelos. En cuanto las entidades territoriales, podrán definir estrategias de ciudades y territorios inteligentes.

De igual forma, el Gobierno nacional a través del MinTIC lidera la política de Gobierno Digital, como política de gestión y desempeño institucional, la cual contemplará como acciones prioritarias el cumplimiento de los lineamientos y estándares para la integración de trámites al Portal Único del Estado Colombiano, la publicación y el aprovechamiento de datos públicos, la adopción del modelo de territorios y ciudades inteligentes, la optimización de compras públicas de tecnologías de la información, la oferta y uso de software público, el aprovechamiento de tecnologías emergentes en el sector público, incremento de la confianza y la seguridad digital y el fomento a la participación y la democracia por medios digitales.

Por otro lado, la Ley 1341 de 2009 en materia del sector de TIC, en su artículo 2, inciso 2º determinó que *“Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones deben servir al interés general y es deber del Estado promover su acceso eficiente y en igualdad de oportunidades, a todos los habitantes del territorio nacional”* Igualmente, en sus numerales 2 y 8 del artículo 4 de la citada Ley se determinó que en desarrollo de los principios de intervención contenidos en la Constitución Política, el Estado intervendrá en el sector las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para lograr entre otros los siguientes fines: 1). Promover el acceso a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, teniendo como fin último el servicio universal. 2). Promover la ampliación de la cobertura del servicio.

El numeral 6 del artículo 2 de la Ley 1341 de 2009, adoptó el principio de "neutralidad tecnológica", en el cual el Estado garantizará, teniendo en cuenta recomendaciones, conceptos y normativas de los organismos internacionales competentes e idóneos en la materia, la libre adopción de tecnologías que permitan fomentar la libre y leal competencia, y la eficiente prestación de servicios, contenidos y aplicaciones que usen TIC, de manera armónica con el desarrollo ambiental sostenible.



Así mismo, el artículo 56 de la Ley 1450 de 2011 adoptó el principio de “neutralidad en Internet”, de acuerdo con el cual, entre otras medidas, no se podrá bloquear, interferir, discriminar, ni restringir el derecho de cualquier usuario de Internet, para utilizar, enviar, recibir u ofrecer cualquier contenido, aplicación o servicio lícito a través de Internet, debiendo ofrecer a cada usuario un servicio de acceso a Internet o de conectividad que no distinga arbitrariamente contenidos, aplicaciones o servicios, basados en la fuente de origen o propiedad de estos.

2.1.2. Protección de los usuarios

Mediante la Resolución CRC 5161 de 2017 “*mediante la cual se establece la definición y condiciones regulatorias de banda ancha en el país, y se dictan otras disposiciones*” la cual, entró en vigor el primero de enero de 2019 y se encuentra compilada en la Resolución CRC 5050 de 2016, Colombia tiene una nueva definición de Banda Ancha, con velocidades mínimas de 25 Mbps de bajada y 5 Mbps de subida. Del mismo modo, definió las conexiones identificadas como “Ultra Banda Ancha” con velocidades mínimas de 50 Mbps bajada y de 20 Mbps subida.

Con la tecnología 5G, se vienen grandes retos en la revisión y actualización de las medidas para la protección de los derechos de los usuarios y el régimen de calidad, los cuales se encuentran establecidos en:

La Resolución CRC 5050 de 2016 “Por la cual se compilan las Resoluciones de Carácter General vigentes expedidas por la Comisión de Regulación Comunicaciones”.

Resolución CRC 5111 de 2017 “Por la cual se establece el Régimen de Protección de los Derechos de los Usuarios de Servicios de Comunicaciones, se modifica el capítulo 1 del Título II de la Resolución CRC 5050 de 2016 y se dictan otras disposiciones.”

Así como, en el reporte de información, reglamentado en la Resolución CRC 5079 de 2017 “Por la cual se modifica la SECCIÓN 2 del CAPÍTULO 2 del TÍTULO REPORTES DE INFORMACIÓN de la Resolución CRC 5050 de 2016”

2.1.3. Despliegue de Infraestructura

Frente al despliegue de infraestructura, el Estado colombiano mediante la Ley 388 de 1997 establece entre sus objetivos⁴, “promover la armoniosa concurrencia de la Nación, las entidades territoriales, las autoridades ambientales y las instancias y autoridades administrativas y de planificación, en el cumplimiento de las obligaciones constitucionales y legales que prescriben al Estado el ordenamiento del territorio, para lograr el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes”.

Por su parte el Decreto 2201 del 5 de agosto de 2003, por el cual se reglamentó el artículo 10 de la Ley 388 de 1997, en el artículo 2 establece que “los planes, planes básicos o esquemas de ordenamiento territorial de los municipios y distritos en ningún caso serán

⁴ Ley 388 de 1997 artículo 1, numeral 4



oponibles a la ejecución de proyectos, obras o actividades declarados de utilidad pública e interés social”.

No obstante, y con el fin de impulsar el despliegue de infraestructura, el parágrafo 3 del artículo 193 de la Ley 1753 de 2015, señala que los elementos de transmisión y recepción que hacen parte de la infraestructura de los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones, tales como picoceldas o microceldas, que por sus características en dimensión y peso puedan ser instaladas sin la necesidad de obra civil para su soporte estarán autorizadas para ser instaladas sin mediar licencia de autorización de uso de suelo, siempre y cuando cumplan con las condiciones reglamentadas en el Código de Buenas Prácticas para el despliegue de infraestructura adoptado mediante Circular 121 de 2016, el cual fue expedido por la Comisión de Regulación de Comunicaciones - CRC y la Agencia Nacional del espectro - ANE.

Así mismo, la Agencia Nacional del Espectro en línea con las funciones otorgadas por la Ley 1753 de 2015, reglamentó las condiciones que deben cumplir las estaciones radioeléctricas, con el objeto de controlar los niveles de exposición de las personas a los campos electromagnéticos y dictó disposiciones relacionadas con el despliegue de antenas de radiocomunicaciones, bajo la Resolución 774 de 2018.

Por otro lado, el artículo 309 del PND 2018-2022, modificó el parágrafo primero del artículo 193 de la Ley 1753 de 2015, indicando que “los alcaldes podrán promover las acciones necesarias para implementar la modificación de los planes de ordenamiento territorial y demás normas distritales o municipales que contengan barreras al despliegue de infraestructura para la prestación de servicios de telecomunicaciones.

Para lo cual el MINTIC priorizará a aquellas entidades territoriales que hayan levantado tales barreras, incluyéndolas en el listado de potenciales candidatos a ser beneficiados con las obligaciones de hacer que el Ministerio puede imponer a los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones móviles, como mecanismo de ampliación de cobertura de servicios de telecomunicaciones.

Para constatar la inexistencia y remoción de las barreras en mención, el alcalde deberá solicitar a la Comisión de Regulación de Comunicaciones constate si las barreras ya fueron levantadas. Una vez la Comisión de Regulación de Comunicaciones acredite que la respectiva entidad territorial no presenta barreras al despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, el MINTIC incluirá al municipio en el listado antes mencionado.”

2.2. Tendencias Internacionales Planes 5G

2.2.1. Unión Internacional de Telecomunicaciones – UIT.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado en telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas, fundada en 1865 para facilitar la conectividad internacional de las redes de comunicaciones, atribuye en el plano



mundial el espectro de frecuencias radioeléctricas y las órbitas de satélite, elabora las normas técnicas (Resoluciones y recomendaciones) que garantizan la interconexión armoniosa de redes y tecnologías, con el fin de mejorar el acceso a las TIC para las comunidades insuficientemente atendidas del mundo entero.

La UIT cuenta con tres ámbitos de actividad principales, organizados en "Sectores" que desarrollan su labor a través de conferencias y reuniones con la activa participación de los países miembros. Cada uno de estos sectores lleva a cabo gran parte de sus trabajos en Comisiones de Estudio, integradas por distintos tipos de expertos. Cada Comisión de Estudio trata un grupo de temas específicos, y sus participantes colaboran para definir los marcos que garantizarán un funcionamiento óptimo de todos los servicios, existentes y futuros. El principal resultado de las Comisiones de Estudio es el establecimiento de normas técnicas o directrices (Recomendaciones).

Es por ello que, en mayo de 2015, fue creado el Grupo Temático sobre aspectos de red de las IMT 2020 para analizar cómo interactuarán las tecnologías 5G emergentes en las redes futuras, como estudio preliminar sobre las innovaciones de red necesarias para soportar el desarrollo de sistemas 5G.

De esta manera en septiembre de 2016 fue publicada la Recomendación UIT-R M.2083-0 (UIT, 2015) "Concepción de las IMT – Marco y objetivos generales del futuro desarrollo de las IMT para 2020 y en adelante", el objetivo de esta Recomendación es conceptualizar las IMT para 2020 y en adelante, mediante la descripción de las posibles tendencias en el usuario y las aplicaciones, del crecimiento del tráfico, de las tendencias tecnológicas y de la incidencia en el espectro.

Por su parte, en el 2018 fue publicado el Reporte "Sentando las bases para la 5G: Oportunidades y desafíos" (UIT, 2018), el cual describe las oportunidades y los retos que la tecnología 5G trae consigo para los operadores de redes, así como para los reguladores.

Dentro de los retos que enfrentan los reguladores para permitir un fácil despliegue de esta tecnología se encuentran:

- Despliegue de redes más ágil (infraestructura)
- Gestión y planificación del espectro radioeléctrico (Bandas bajas, medias y altas)
- Una regulación orientada a la seguridad y privacidad de servicios y aplicaciones.
- Calidad de servicio y derechos de usuario.
- Redes de fibra óptica.
- Desarrollo de marco jurídico para incentivar y facilitar inversiones

2.2.2. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos – OCDE.

Fundada en 1961, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) agrupa a 36 países miembros y su misión es promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo.



La OCDE ofrece un foro donde los gobiernos puedan trabajar conjuntamente para compartir experiencias y buscar soluciones a los problemas comunes. Trabaja para entender que es lo que conduce al cambio económico, social y ambiental. Mide la productividad y los flujos globales del comercio e inversión. Analizan y comparan datos para realizar pronósticos de tendencias. Fijan estándares internacionales dentro de un amplio rango de temas de políticas públicas. (OECD, 2019)

Bajo esta premisa, en octubre de 2018 fue publicado el documento “The Road to 5G Networks Experience to Date and Future Developments” (OECD, 2018), el cual ofrece una descripción general de los desarrollos 5G, una discusión inicial de las implicaciones para la infraestructura, además de considerar los problemas regulatorios que pueden surgir en el futuro. Se enfoca principalmente en las experiencias en países con respecto a las “Estrategias Nacionales 5G”, así como en las pruebas tecnológicas actuales.

En este informe se establecieron los siguientes problemas regulatorios que pueden surgir en el desarrollo de esta tecnología:

- Despliegue de redes más ágil (infraestructura)
- Gestión y planificación del espectro radioeléctrico (Bandas bajas, medias y altas)
- Una regulación orientada a la seguridad y privacidad de servicios y aplicaciones.
- Calidad de servicio y derechos de usuario.

2.2.3. Unión Europea

La UE se esfuerza por lograr un mercado único de bienes y servicios en todo su territorio. El mercado único digital pretende hacer lo mismo en el ámbito digital, mediante la eliminación de las barreras reglamentarias. Más allá de los actuales 28 mercados nacionales de la UE, se trata de un espacio europeo armonizado e integrado, sin barreras que obstaculicen el uso de servicios y tecnologías digitales y en línea. El mercado único digital, un sector que abarca el marketing digital, el comercio electrónico y las telecomunicaciones, es un área sin fronteras donde las personas y las empresas pueden llevar a cabo actividades comerciales, innovar e interactuar de forma legal, segura y a un coste asequible, haciendo sus vidas más fáciles. Significa que las empresas pueden hacer pleno uso de las nuevas tecnologías; y las pequeñas empresas, en particular, pueden atravesar la UE con «un solo clic». Los estudios demuestran que esta libertad podría aportar 415.000 millones de euros al año a la economía europea y crear cientos de miles de nuevos puestos de trabajo.

De esta forma, existe la necesidad de garantizar que los datos no personales pueden circular libremente para ayudar a los automóviles conectados y los servicios de salud electrónica. Ofrecer informática de alto rendimiento junto con mano de obra digitalmente cualificada ayudará a la UE a sacar el máximo partido de la economía de datos. Todos estos ámbitos son esenciales de cara al futuro digital de Europa.

Dentro de la hoja de ruta para el mercado único digital, se encuentra que para el 2020, los estados miembros de la UE coordinarán por primera vez el uso de la banda de 700 MHz de alta calidad, esto permitirá las redes 5G y la introducción de nuevos servicios como los coches conectados, la atención sanitaria a distancia, las ciudades inteligentes o la transmisión de video en movimiento y a través de las fronteras.

Así mismo, la estrategia de la Comisión para el Mercado Único Digital (estrategia DSM) y la Conectividad de Comunicación para un Mercado Único Digital Competitivo: Hacia una Sociedad Europea de Gigabits, subrayan la importancia de las redes de muy alta capacidad como 5G como un activo clave para que Europa compita en el mercado global. Los ingresos mundiales de 5G deberían alcanzar el equivalente a 225.000 millones de euros en 2025. Otra fuente indica que los beneficios de la introducción de 5G en cuatro sectores industriales clave pueden alcanzar los 114.000 millones de euros / año.

Dada la importancia que trae para la economía mundial el despliegue de redes 5G, la Comisión Europea, presentó al Parlamento en el año 2016 el documento “5G para Europa: Un plan de Acción” (European Commission, 2016), en el cual se desarrolla una línea de tiempo ambiciosa para la introducción de 5G, la cual es fundamental para que Europa tenga una posición de liderazgo y aproveche las nuevas oportunidades de mercado que ofrece 5G, no solo en el sector de las telecomunicaciones, sino en toda la economía y la sociedad.

La Comisión ha identificado los siguientes elementos clave para el plan:

1. Alinear las hojas de ruta y las prioridades para un despliegue coordinado de 5G en todos los Estados miembros de la UE, apuntando a la introducción temprana de la red para 2018, e ir avanzando hacia la introducción comercial a gran escala para finales de 2020.
2. Tener bandas de espectro provisionales disponibles para 5G antes de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019 (CMR-19), las cuales se complementarán con bandas adicionales lo más rápido posible, y trabajar hacia un enfoque recomendado para la autorización de las bandas de espectro específicas de 5G superiores a 6 GHz.
3. Promover el despliegue temprano en las principales áreas urbanas y en las rutas de Transporte principales.
4. Promover pruebas (pilotos) paneuropeos de múltiples partes interesadas como catalizadores para convertir la innovación tecnológica en soluciones empresariales completas.
5. Facilitar la implementación de un fondo de riesgo liderado por la industria en apoyo de la innovación basada en 5G.
6. Unir a los principales actores en el trabajo hacia la promoción de estándares globales.



7. Establecer objetivos de despliegue y calidad para el monitoreo del progreso de los escenarios clave de despliegue de fibra óptica y celdas.

2.2.4. Reino Unido

El Reino Unido tiene la clara ambición de ser un líder mundial en la próxima generación de tecnología móvil 5G, para aprovechar su potencial impulsando la productividad y creando una economía digital líder en el mundo que funcione para todos, y mejore la vida cotidiana de las personas, conectándolos con amigos, familiares y colegas.

De igual manera, tiene un gran compromiso de tener en cuenta a todas las partes interesadas en el desarrollo de 5G, como entidades públicas, la industria y la academia, es por ello que a finales de 2016 y a principios de 2017, recibió dos informes importantes, uno de la Comisión Nacional de Infraestructura (NIC), el cual indicó sus recomendaciones sobre los pasos que el Reino Unido debe tomar para convertirse en un líder mundial en el despliegue de redes de telecomunicaciones 5G; y el otro del Future Communications Challenge Group (FCCG), el cual indica como el Reino Unido podría convertirse en un líder mundial en el desarrollo de redes de telecomunicaciones 5G.

Con el fin de estar a la vanguardia de los esfuerzos globales para desarrollar 5G, el Reino Unido publicó en marzo de 2017 el documento “Next Generation Mobile Technologies: A 5G Strategy for the UK” (Department for Culture, Media & Sport, 2017), con el cual busca la oportunidad de configurar su desarrollo de una manera que maximice los beneficios potenciales para su economía y ciudadanos.

Con esta estrategia planteada por el Reino Unido, busca crear las mejores condiciones para que el mercado desarrolle y despliegue 5G tan rápido y eficiente como sea posible, apoyándose en un enfoque coordinado, en el cual el gobierno debe desempeñar un papel activo y facilitador.

La estrategia describe los siguientes temas clave que determinarán el progreso del Reino Unido hacia 5G:

1. Construcción de casos de negocio:

El Reino Unido a través del programa de pruebas y bancos de pruebas 5G, podrá evaluar los casos de uso en áreas rurales y urbanas; lo que ayudará a mejorar la comprensión de los aspectos económicos de la implementación de la infraestructura en diferentes escenarios y ubicaciones, y cómo se puede implementar la infraestructura de una manera rentable.

2. Ajuste de las regulaciones:

Por medio del programa de pruebas y bancos de pruebas 5G, se busca mejorar la comprensión de los diferentes regímenes regulatorios en los que funcionarán las



aplicaciones y servicios 5G, y se establecerá si se necesitan más cambios en el sistema de planificación y regulación para enfrentar los desafíos únicos de la implementación de infraestructura 5G.

3. Áreas locales - gobierno y capacidad:

El Gobierno creó un grupo de trabajo de áreas locales, departamentos gubernamentales, terratenientes e industrias con el objetivo de proporcionar una imagen precisa de los requisitos del área local para el despliegue de redes 5G.

4. Cobertura y capacidad - convergencia y el camino a 5G:

Se debe analizar cómo se puede asegurar que las redes 4G se desplieguen a una escala y calidad que satisfagan los requerimientos de cobertura, al mismo tiempo que respalden las inversiones que permitan las futuras redes 5G. Esto significará que las redes móviles deberán ir más allá de los requisitos de las obligaciones enmarcadas en las licencias, tanto en términos de cobertura como de calidad.

5. Garantizar un despliegue seguro de 5G:

Para el Reino Unido es una prioridad un despliegue seguro de 5G, para lo cual el programa de pruebas y bancos de pruebas 5G trabaja con organizaciones como el Centro Nacional de Seguridad Cibernética, para apoyar el desarrollo de nuevas arquitecturas de seguridad que satisfagan las expectativas de los clientes y las necesidades de los servicios y aplicaciones 5G.

6. Espectro:

El Gobierno garantiza que el espectro 5G esté disponible de la manera más adecuada y oportuna.

7. Tecnología y estándares:

El Gobierno colaborará con las Organizaciones de Desarrollo de Estándares (SDO), por sus siglas en inglés) apropiadas para respaldar la adopción de las ideas y necesidades del Reino Unido en los estándares de 5G emergentes, y supervisará los desarrollos en seguridad y a los proveedores.

2.2.5. España

La Unión Europea adoptó en abril de 2016 el Plan de Acción de 5G para Europa. El objetivo es favorecer la coordinación entre los Estados Miembros para mejorar la competitividad europea en el desarrollo de esta tecnología emergente. En el mismo se plantean objetivos a corto plazo que deberían realizarse antes de 2020, y un enfoque más amplio con vistas a 2025. En concreto, anima a los Estados miembros a desarrollar, a finales de 2017, planes de trabajo nacionales para el despliegue de 5G como parte de los planes nacionales de banda ancha. En dichos planes, señala que han de ser de especial relevancia los pilotos de red y de aplicaciones.



Por tal razón, fue presentado en el año 2017, el documento “Plan Nacional 5G 2018-2020” (MINETAD, 2017), el cual contribuye, consecuentemente, al cumplimiento de los objetivos comunitarios. De un lado, se desarrolla el Plan de manera compatible con los plazos previstos en la estrategia de la Unión. De otro lado, se prevé en el Plan ejecutar proyectos piloto que permitan el desarrollo de ecosistemas donde operadores, suministradores de equipos y servicios, desarrolladores de aplicaciones, empresas de los distintos sectores verticales, Administraciones Públicas y usuarios en general obtengan la experiencia necesaria para beneficiarse de las nuevas redes y servicios.

Para la elaboración del Plan Nacional 5G de España, se tuvo en cuenta los comentarios y conclusiones de la consulta pública al respecto realizada en junio de 2017 (MINETAD, 2017), además se tuvo en consideración los objetivos comunes de los Estados miembros de la Unión Europea, las medidas a desarrollar dentro del Plan Nacional se han estructurado en los siguientes ejes de actuación:

1. Gestión y planificación del espectro radioeléctrico.

Acciones dedicadas a garantizar la disponibilidad en los plazos adecuados de las diferentes bandas de frecuencias necesarias para la prestación de los servicios de comunicaciones sobre redes 5G.

2. Impulso a la tecnología 5G, Pilotos de red y servicios y Actividades I+D+i.

Experiencias piloto y casos de uso impulsados por la Administración destinados a facilitar a operadores, suministradores, fabricantes de equipos e industria en general experimentar con la nueva tecnología que permita desarrollar ecosistemas 5G y asegure una prestación futura adecuada de los servicios 5G e identificar nuevos modelos de negocio. También se incluyen acciones de promoción del emprendimiento, la investigación y el desarrollo de servicios innovadores que faciliten la creación de un ecosistema de provisión de servicios, contenidos aplicaciones y plataformas 5G.

3. Aspectos Regulatorios.

Identificación y desarrollo de instrumentos legales, adicionales a los relacionados con la gestión del espectro radioeléctrico, que sean necesarios para proporcionar un marco jurídico adecuado y flexible que proporcione la seguridad jurídica imprescindible para incentivar y facilitar las inversiones necesarias para el despliegue de la infraestructura y tecnología 5G. Tales como seguridad y privacidad de servicios y aplicaciones 5G, derechos de usuarios y calidad del servicio, despliegue de infraestructura.

4. Coordinación del Plan y cooperación internacional.

Desarrollo de infraestructuras de gobernanza y coordinación de las medidas incluidas en el plan y acciones de cooperación internacional, apoyo y seguimiento de los trabajos de estandarización de la 5G.



2.2.6. Alemania

El Gobierno Federal de Alemania, en cabeza del Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital ('Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur', BMVI), lanzó en otoño de 2016 su iniciativa 5G para Alemania "5G Strategy for Alemania" (BMVI, 2017), lo cual representó un marco de referencia para apoyar el despliegue de redes 5G y el desarrollo de aplicaciones en una etapa temprana. Esta estrategia describe el contexto y los campos de acción con respecto al despliegue de las redes 5G en Alemania para el 2025, con el objetivo de hacer de Alemania un mercado líder para las aplicaciones 5G.

Así mismo, esta estrategia cuenta con una combinación de medidas, las cuales se mencionan a continuación:

1. Acelerar el despliegue de red.

Con esta estrategia se busca, crear un marco de referencia que atraiga inversiones para el despliegue operativo de redes. Esto incluye, en particular, la expansión de las redes de fibra óptica para conectar estaciones base y la disponibilidad de sitios de antena para la necesaria densificación de las redes.

2. Tener disponibilidad de frecuencias necesarias en función de la demanda.

El espectro de frecuencias que se utilizará internacionalmente para las comunicaciones móviles 5G se analizará en el marco de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de la UIT en 2019. Como resultado de los esfuerzos en los principales organismos europeos, se acordaron tres bandas pioneras en Europa: la banda de 700 MHz, la banda de 3.4-3.8 GHz (banda de 3.5 GHz) y la banda de 24.25-27.5 GHz (banda de 26 GHz). La CEPT está desarrollando actualmente las condiciones técnicas y reglamentarias para una armonización técnica de la banda de 3.5 GHz y la banda de 26 GHz en la Unión Europea, y Alemania está contribuyendo intensamente a estos esfuerzos. Se promoverá el uso de las frecuencias de 700 MHz que ya se han puesto a disposición en Alemania para las comunicaciones móviles en toda Europa.

3. Promover la cooperación entre los usuarios y la industria de telecomunicaciones.

En varias industrias usuarias, ya se han establecido consorcios internacionales para integrar los intereses de las industrias en el proceso de estandarización y desarrollo de 5G.

En Alemania, la introducción de la tecnología 5G está respaldada en todas las industrias por el "Focus Group 5G" de la Cumbre digital nacional (anteriormente: Cumbre de TI). La Cumbre digital nacional y su proceso durante todo el año forman la plataforma importante para la cooperación entre el gobierno, la industria, el mundo académico y la sociedad para dar forma al cambio digital.



4. Investigación dirigida y coordinada.

A nivel europeo, la investigación 5G se lleva a cabo principalmente en el marco del Programa de Asociación Público-Privada 5G (5G PPP). El 5G PPP se basa en una iniciativa de la Comisión Europea, la industria manufacturera, los operadores de telecomunicaciones, los proveedores de servicios, las pequeñas y medianas empresas y los institutos de investigación. Entre otras cosas, el objetivo es coordinar las actividades de investigación y desarrollo en toda Europa. En la primera fase, que se lanzó en julio de 2015, se seleccionaron y financiaron 19 proyectos diferentes cuyos resultados de investigación se incluirán en el proceso de estandarización de 5G. La fase 2 comenzó en junio de 2017 con un total de 21 proyectos nuevos.

A nivel nacional, la investigación financiada con fondos públicos sobre 5G se lleva a cabo tanto en los fundamentos como en las aplicaciones de las tecnologías 5G. El objetivo es fortalecer las actividades locales de investigación 5G e intensificar su coordinación.

5. Iniciar un despliegue temprano en pueblos y ciudades.

5G proporciona a los municipios una variedad de soluciones para los desafíos de la sociedad, como el desarrollo de la gestión energética sostenible, la configuración de la movilidad sostenible para aliviar la carga de la infraestructura de Transporte, la mitigación de los impactos del cambio demográfico o el mantenimiento de condiciones de vida similares en áreas rurales. En términos concretos, esto significa: con la ayuda de 5G, las ciudades y los municipios podrán implementar servicios de suministro y servicios administrativos de manera más eficaz y eficiente. 5G puede proporcionar una solución a muchos de los desafíos actuales, ya sea para la administración de espacios de estacionamiento, Transporte público, administración de tráfico, atención médica, administración de electricidad descentralizada o eliminación de residuos municipales. Lo importante es que las oportunidades y desafíos del uso de esta tecnología deben evaluarse en función de los objetivos de desarrollo urbano integrado y sostenible.

2.2.7. Estados Unidos

La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC por sus siglas en inglés) sigue una estrategia integral para facilitar la superioridad de los Estados Unidos en tecnología 5G, esta estrategia fue denominada “Plan 5G FAST” (FCC, 2018). Esta estrategia incluye tres componentes clave:

1. Introducir más espectro en el mercado.

La FCC está tomando medidas para hacer que el espectro adicional esté disponible para los servicios 5G. Tales como bandas bajas 600 MHz, 800 MHz, y 900 MHz, bandas medias 2,5 GHz, 3,5 GHz, y 3,7 – 4,2 GHz, y bandas altas 24 GHz, 26 GHz, 28 GHz, 37 GHz, 39 GHz, 42 GHz y 47 GHz



Alineado con lo anterior, la FCC está encaminando sus esfuerzos para realizar los procesos de asignación de las bandas antes descritas, para lo cual en 2018 subastó 850 MHz en la banda de 28 GHz y 2019 subastó 700 MHz en la banda 24 GHz.

2. Actualización de la política de infraestructura.

La FCC está actualizando la política de infraestructura y alentando al sector privado a invertir en redes 5G, esta actualización consta de la revisión federal de instalación de celdas pequeñas, para así eliminar impedimentos regulatorios para desplegar dicha infraestructura necesaria para 5G. Lo anterior con el fin de expandir el alcance de 5G para un servicio inalámbrico más rápido y confiable.

3. Modernizar las regulaciones obsoletas.

La FCC está modernizando las reglamentaciones obsoletas para promover el despliegue de backhaul para 5G, para que todos los ciudadanos puedan aprovechar la oportunidad digital que trae consigo esta tecnología.

2.2.8. Brasil

Frente a la tecnología de 5G el gobierno de Brasil tiene un mapa de ruta regulatorio enfocado en la revisión de los siguientes puntos (ANATEL, 2018):

- Espectro
- Nuevo marco regulatorio
- Compartición de infraestructura, Plan General de Objetivos de Competencia (PGMC), Reglamento de calidad de los servicios de telecomunicaciones (RQUAL), Plan estructural de redes de telecomunicaciones (PERT)
- 3.5 GHz: primeras subastas nuevas de frecuencia 5G armonizada: 2019/2020
- Ondas milimétricas (26 GHz) - CMR-19
- Concesión al Modelo de Autorización

Así mismo, tiene un acuerdo de cooperación para el desarrollo tecnológico de 5G, con la Unión Europea, Estados Unidos, Corea del Sur, Japón y China, desde el 2017, con el fin de ser partícipe desde la investigación, hasta la estandarización e implementación de esta tecnología en el país.

Del mismo modo, estableció el proyecto 5G Brasil para fomentar el desarrollo del ecosistema 5G en el país, con la participación de 22 asociados, incluidos operadores, fabricantes, institutos de investigación, universidades y asociaciones de empresas. Las actividades de este proyecto están a cargo de un comité directivo y de cinco comisiones temáticas: i) investigación y casos de uso, ii) normas previas, iii) infraestructura de backhaul, iv) bandas de frecuencias futuras, v) acciones regulatorias verticales y vi) acciones de mercado.



En cuanto consultas públicas de temas concernientes a 5G, en el 2018, este Gobierno por medio de la Agencia Nacional de Telecomunicaciones - Anatel, realizó consultas relacionadas con:

- El Reglamento sobre condiciones de uso de la banda de 3.5 GHz.
- Aspectos técnicos y económicos sobre 2,3 GHz y 3,5 GHz.
- La Reducción de las barreras reglamentarias para la expansión de Internet de las cosas (IoT) y las comunicaciones de máquina a máquina (M2M).

De igual forma, presentó un estudio que demuestra la posibilidad técnica para hacer uso de la banda de 26 GHz (que cuenta con la extensión 24,25 GHz a 27,5 GHz) para 5G, incluso antes de la decisión de la UIT en la conferencia mundial 2019 (WRC-19) sobre el espectro utilizado para 5G, ya que desea llevar a consulta las bandas de 26 GHz y 40 GHz, modificando su canalización.

Finalmente, espera para el primer trimestre de 2020 realizar la subasta de frecuencias para la tecnología de 5G en el país.

2.2.9. Chile

El programa de gobierno 2018-2022 del Presidente Sr. Sebastián Piñera tiene como uno de sus objetivos centrales “el sentar las bases para transformar a Chile en una sociedad de innovadores y emprendedores basados en el uso de nuevas tecnologías, creando las condiciones para que Chile pueda insertarse exitosamente en la cuarta revolución industrial, a partir del desarrollo de nuevos modelos de producción basados en la economía del conocimiento, dar un fuerte salto en materia de ciencia y digitalizar la economía como fuente de mayor productividad y de mejor calidad de vida para los ciudadanos”.

Con base en lo anterior, la Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL), bajo el alero del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones consideró prioritario impulsar el despliegue de redes y servicios 5G en Chile, ya que a nivel mundial existe amplio consenso que su materialización generará beneficios sociales y económicos significativos. Es por ello que se estimó necesaria la realización de una consulta, cuyo objetivo es recopilar propuestas e información relevante de los aspectos claves del desarrollo 5G (SUBTEL, 2018). Su participación considera las contribuciones de ciudadanos, empresas, academia, organizaciones de consumidores, ONG, sector público y la sociedad en general.

El contenido de la consulta se estructura en los siguientes capítulos:

1. Ejes y objetivos prioritarios del Plan 5G de Chile.
2. Potenciales servicios y aplicaciones 5G.
3. Gestión eficiente del espectro radioeléctrico.
4. Principios regulatorios.
5. Derechos de los usuarios (Normativa General, Calidad de Servicio y Neutralidad de Red).
6. Seguridad de la Red (Ciberseguridad).



2.2.10. México

Al momento de realización de este documento, no se encontró ningún plan establecido para el desarrollo y despliegue de 5G en México, no obstante, se pudo evidenciar el trabajo que ha venido realizando el Instituto Federal de Telecomunicaciones – IFT, relacionado con el estudio de las bandas de frecuencias para el despliegue de las redes 5G. (IFT, 2019)

Dicho estudio muestra el panorama de las bandas de frecuencias que considera factibles para el despliegue de sistemas móviles 5G en México, con el objeto de proveer información anticipada a la industria, inversionistas, academia y público en general, acerca de la perspectiva de las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico que se pudieran utilizar para el desarrollo de 5G en nuestro país en una primera etapa, con base en las recomendaciones y tendencias de organizaciones internacionales especializadas en la materia; las mejores prácticas internacionales; la planeación del espectro radioeléctrico que se sigue en México, así como la relevancia del espectro radioeléctrico para el despliegue de nuevos servicios y el desarrollo de nuevas tecnologías.

Es así como, el Instituto Federal de Telecomunicaciones - IFT realiza una serie de acciones de forma permanente, tendientes a incrementar la cantidad actual de espectro asignado para las IMT, con el fin de contar con espectro radioeléctrico suficiente para satisfacer la creciente demanda de este recurso a corto, mediano y largo plazo, para el despliegue de redes de última generación.

De esta manera, algunas aplicaciones 5G requerirán un desempeño altamente robusto a lo largo de una amplia zona de cobertura, otras aplicaciones necesitarían una velocidad de transmisión muy alta y latencias muy bajas en áreas geográficas específicas, y algunas otras necesitarán la combinación de ambas propiedades. En este sentido, el espectro idóneo para sistemas 5G se puede dividir en tres grandes rangos de frecuencias de manera general:

1. **Frecuencias bajas (inferiores a 1 GHz)** brindan mayor cobertura y capacidad limitada. Las bandas de frecuencias que tiene identificadas México son 600 MHz y 700 MHz.
2. **Frecuencias medias (entre 1 y 6 GHz)** la cobertura se reduce y la capacidad aumenta, en comparación con las frecuencias bajas. Las bandas de frecuencias que tiene identificadas México son 2.5 GHz, 3,3 GHz, 3,4 GHz.
3. **Frecuencias altas (superiores a 6 GHz)** brindan corto alcance con muy alta capacidad y muy baja latencia. Las bandas de frecuencias que tiene identificadas México son 26 GHz, 38 GHz, 40/50 GHz.



Tabla 2 Resumen de tendencias internacionales planes 5G

Actividades realizadas	UE	Reino Unido	España	Alemania	USA	Brasil	Chile	México*	Recomendaciones	UIT**	OCDE***
Consulta Pública Plan 5G				●		●	●	●			
Despliegue de redes mas ágil (Infraestructura)					●	●	●	●	●	●	●
Piloto 5G	●	●	●	●			●	●			
Potenciar la economía 5G (Estimular emprendimiento, Formación especializada 5G, acompañamiento al ecosistema 5G, potenciar demanda de servicios 5G)	●	●	●	●	●	●	●	●			
Gestión y planificación del espectro radioeléctrico (bandas bajas, medias y altas)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Regulación orientada a Seguridad y privacidad de servicios y aplicaciones		●	●		●	●	●	●	●	●	●
Calidad de servicio y derechos de usuario			●		●		●	●	●	●	●
Desarrollo de marco jurídico para incentivar y facilitar inversiones	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Ampliación cobertura redes de fibra óptica	●	●		●	●		●	●	●		
Despliegue comercial esperado 5G		2020	2020			2019/20	2020	2021/22			2020

* México no tiene un plan establecido, no obstante se encuentra estudiando las bandas de frecuencias para el despliegue de redes 5G.

** Tomado de Reporte "ITU_5G_REPORT-2018".

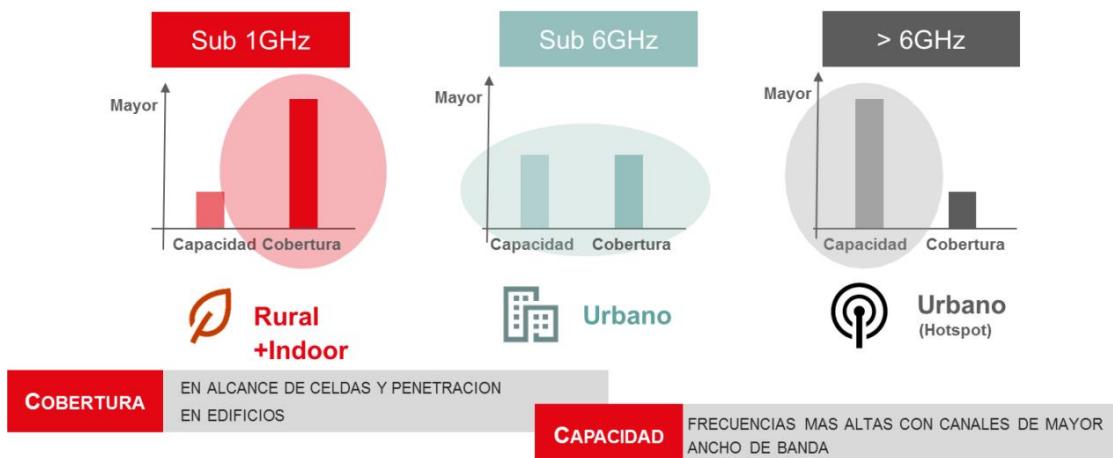
*** Tomado de reporte OCDE "The Road to 5G Networks", 2018.

2.3. Espectro 5G

De acuerdo con el informe “Espectro 5G: Posición de la GSMA sobre políticas públicas” (GSMA, 2016), se necesita una gran cantidad de espectro nuevo y armonizado para servicios móviles, el cual es esencial para asegurar que los servicios 5G puedan cumplir con las expectativas y materializar el potencial completo de esta tecnología a futuro.

La tecnología 5G necesita espectro en tres bandas de frecuencia para brindar mayor cobertura e incluir todos los casos de uso. Las tres bandas son: inferiores a 1 GHz, de 1-6 GHz y por encima de 6 GHz.

Gráfica 17 Relación cobertura - Capacidad - Bandas de frecuencias 5G



Fuente: GSMA,2018.



2.3.1. Bandas inferiores a 1 GHz

El espectro inferior a 1 GHz será utilizado para extender la cobertura de la banda ancha móvil 5G de alta velocidad a zonas urbanas, suburbanas y rurales para así contribuir al sustento de los servicios de Internet de las Cosas: la expansión de los servicios 5G, más allá de los centros urbanos y dentro de los edificios, no será fácil sin este tipo de espectro radioeléctrico.

En la actualidad, hay espectro móvil en este rango que podría ser utilizado para algunos casos en el futuro. Por ejemplo, la Comisión Europea ya ha expresado su deseo de utilizar la banda de 700 MHz para los servicios 5G en Europa. Del mismo modo, la FCC ha indicado que podría utilizar la banda de 600 MHz para impulsar los servicios 5G en Estados Unidos, así como otros países, los cuales durante la CMR-15 también estuvieron de acuerdo en utilizar estas frecuencias para banda ancha móvil.

2.3.2. Bandas entre 1 GHz y 6 GHz

El espectro de 1 a 6 GHz ofrece una combinación razonable de cobertura y capacidad para servicios 5G: existe hoy una cantidad razonable de espectro de banda ancha móvil, ya identificado dentro de esta gama, que podría ser utilizado para impulsar la primera ola de implementaciones 5G. Es así que hay un creciente interés en el mundo entero de utilizar el espectro que se encuentra en el rango de 3,3-3,8 GHz como base para los primeros servicios comerciales de 5G. El rango de 3,4-3,6 GHz está casi totalmente armonizado a nivel global y podría llegar a ser el impulsor de las economías de escala necesarias para los dispositivos de bajo costo.

Ahora bien, son varios los países que están explorando la posibilidad de utilizar una parte de bandas tales como la de 3,8-4,2 GHz y el espectro en el rango de 4-5 GHz, específicamente entre 4,8 -4,99 GHz. Así mismo, existen otras bandas móviles en el rango de 1 a 6 GHz, utilizadas en la actualidad para los servicios 3G y 4G, que podrían ser redistribuidas gradualmente para ser utilizadas para 5G.

2.3.3. Bandas por encima de 6 GHz

El espectro que está por encima de los 6 GHz es necesario para sustentar la velocidad ultra rápida de banda ancha móvil contemplada para la tecnología 5G: se ha reconocido a nivel mundial que estas altas frecuencias son el elemento clave para alcanzar la mayor rapidez en los servicios 5G. Sin ellas, la tecnología 5G no será capaz de ofrecer velocidades de datos significativamente más rápidas o sustentar el extenso crecimiento de tráfico móvil que se ha proyectado. Se espera que el espectro por encima de los 6 GHz incluya una combinación de bandas móviles con y sin licencia.



Las bandas de frecuencia para servicios móviles 5G deben ser acordadas en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2019 (CMR-19), bajo el punto 1.13 del orden del día, en la cual se encuentran bajo consideración las siguientes bandas para 5G: 24,25 - 27,5 GHz, 31,8 - 33,4 GHz, 37 - 43,5 GHz, 45,5 - 50,2 GHz, 50,4 - 52,6 GHz, 66 - 76 GHz y 81 - 86 GHz.

No obstante, algunos países están analizando otras bandas de servicios móviles adicionales, por encima de los 6 GHz, que no han sido incluidas en los puntos de agenda de la CMR-19. Un ejemplo de esto es la banda de 28 GHz que es de particular interés ya que su uso para 5G ha sido permitido en los Estados Unidos y está siendo examinada en detalle por Japón y Corea.

La banda de 28 GHz complementaría la banda de 26 GHz, la cual se estudió en la CMR-19, ya que un mismo dispositivo podría fácilmente operar en ambas bandas, ayudando así a reducir el costo de los mismos.

2.3.4. Subastas realizadas de espectro para servicios 5G

La razón principal por la cual se cobra un precio por el espectro radioeléctrico (como cargo inicial, canon anual o ambos) es para promover el uso eficiente del mismo. El precio es una forma objetiva de diferenciar las diversas solicitudes de licencias de espectro. De esta manera, una subasta bien diseñada adjudicará el espectro a aquellos que más lo valoren y que, en consecuencia, le darán el uso más eficiente. Cobrar por el espectro también proporciona dinero para el Estado y, cuando la demanda es alta, los montos pueden ser significativos. (GSMA, 2017).

Con base en lo anterior, se realizó un análisis de las subastas realizadas en el mundo, declaradas para ser utilizadas en servicios 5G, encontrando como se observa en la Tabla 3 que la banda de 3.6GHz es de las bandas más subastada



Tabla 3 Subastas de espectro 5G

País	Bandas Subastadas	Bloques de Frecuencias	Valor Espectro
US	24GHz 28 GHz	24,25-24,45 GHz 24,75-25,25 GHz 27.500-27.925 GHz 27.925-28.350 GHz	US\$2.000 M US\$702.57 M
ES	3.6 - 3.8 GHz	40 bloques de 5 MHz	€ \$437,6 M*
DE	2 GHz 3.6 GHz	41 bloques	€ \$5.074 M
IT	700 MHz 3.7 GHz 26 GHz	3 bloques de 20 MHz 200 MHz 5 bloques de 200 MHz	€ \$2.040 M € \$4.347 M € \$163.7 M
FI	3.4-3.8 GHz	3 bloques de 130 MHz	€ \$77.6 M
SW	700 MHz 1500 MHz 2.6 GHz 3.5-3.8 GHz	-6 bloques de 10 MHz y 3 bloques de 5 MHz -18 bloques de 5 MHz -1 bloque de 10 MHz -15 bloques de 20 MHz	€ \$334 M
JP	3.6-4.1 GHz 4.5-4.6 GHz 27-28.2 GHz 29.1 - 29.5 GHz		€ \$ 0 M**
CS	3.42-3.7 GHz y 26.5-28.9 GHz.	28 bloques de 10 MHz 24 bloques de 100 MHz	US \$ 2.698M US \$558 M

Fuente: Elaboración propia con datos de Cullen International, noticias Gubernamentales.

*A los ingresos por la adquisición de las licencias indicadas en la tabla, habrá que sumar 104,6 millones de intereses y otros 868,5 millones de euros por la tasa por reserva de espectro radioeléctrico, lo que hace un total de \$1.410,7 millones de euros.

**Japón entregó las licencias de forma gratuita a NTT DoCoMo, KDDI, SoftBank y Rakuten, gran empresa de retail de ese mercado y MVNO en la red de NTT DoCoMo. Estas cuatro empresas se han comprometido a invertir unos \$13,300 millones de euros en la construcción de sus redes 5G en los próximos cinco años.

2.4. Consideraciones de espectro para 5G en Colombia

En este capítulo se presenta el estado actual de las bandas de frecuencias candidatas para ser usadas para el despliegue de 5G en Colombia desarrollado por la Agencia Nacional del Espectro.

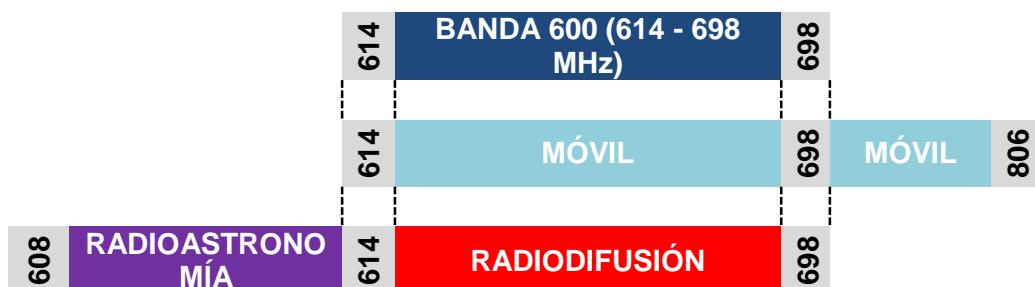


2.4.1. Bandas Bajas (frecuencias inferiores a 1 GHz)

2.4.1.1. Banda de 600 MHz (614 - 698 MHz)

En la Figura 1 se presenta la atribución actual para la banda 600 MHz, la cual se encuentra para los servicios de Radiodifusión, específicamente la radiodifusión de televisión, y para el Servicio Móvil. Cabe resaltar que la atribución al Servicio Móvil fue incluida mediante Resolución ANE 450 de 2017 compilada en la Resolución ANE 181 de 2019, donde entre otras cosas se adoptaron los cambios de atribución aprobados en la CMR-15, dentro de los que se encuentra la atribución al Servicio Móvil de la banda de 600 MHz.

Figura 1 Atribución banda 600 MHz en Colombia



Es así, como la ocupación actual de la banda corresponde únicamente al Servicio de Radiodifusión, tanto de canales análogos como de canales digitales. Ahora bien, en la Tabla 4 se observa la ocupación actual de los canales digitales en todo el país.

Tabla 4 Ocupación canales digitales en la banda de 600 MHz.

	Canales Digitales													
	35	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	
Antioquia	1	1	1		1	1	1	1	1					1
Atlántico												1		
Bolívar					1				1			1	1	
Boyacá	1	1	1			1	1	1	1					1
Caldas	1	1			1	1		1						
Cauca	1													
Cesar		1			1	1		1	1			1	1	
Córdoba						1	1	1	1					1
Cundinamarca	1	1	1		1	1	1	1		1				1
La Guajira												1		
Magdalena									1			1	1	
Nariño	1													
Norte de Santander		1	1	1	1	1			1		1		1	



	Canales Digitales													
	35	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	
Quindío		1						1						
Risaralda		1			1	1		1						
Santander	1		1		1	1	1	1	1	1			1	
Sucre							1	1	1				1	
Tolima	1				1			1		1			1	
Valle del Cauca	1	1					1							

Es de resaltar que a nivel nacional todos los canales están siendo usados, siendo los canales 44 y 49 los más usados y por el contrario los canales 40 y 47 los menos usados. Así mismo, los departamentos con Mayor utilización de canales son los de Antioquía, Boyacá, Cundinamarca y Santander.

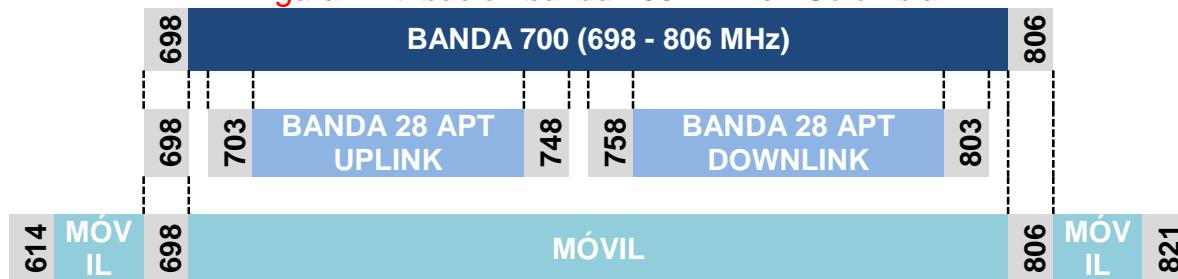
2.4.1.2. Banda de 700 MHz (698 – 806 MHz)

La banda de 700 MHz ya ha sido liberada y se encuentra disponible para ser asignada, razón por la cual, ya se está adelantando dentro del Ministerio de TIC el proceso de asignación.

Por otro lado, para la banda ya se definió la canalización que se va a utilizar como se muestra en la Figura 2, escogiendo la canalización de la Banda 28, en configuración FDD con 2x45 MHz, propuesta por la Asia-Pacific Telecommunity (APT), donde el rango de 703-748 MHz (45 MHz) va a ser utilizado como enlace ascendente y el rango de 758-803 MHz va a ser utilizado como enlace descendente.

Así mismo, se obtienen 5 MHz de banda de guarda inferior o con la banda de 600 MHz y 3 MHz de banda de guarda superior o con la banda de 850 MHz Extendida.

Figura 2 Atribución banda 700 MHz en Colombia.



2.4.2. Bandas Medias (frecuencias en el rango de 1 a 6 GHz)

El rango de frecuencias de 3300 – 3800 MHz ha sido considerado como uno de los rangos prioritarios para el despliegue inicial de la tecnología 5G. Es de resaltar que, de los 500 MHz, solo 300 MHz (3400 – 3700 MHz) se encuentran armonizados para el Servicio Móvil



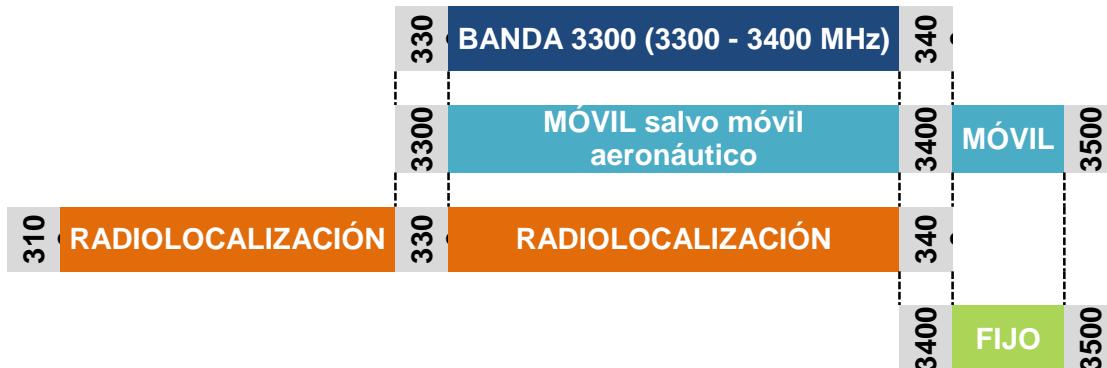
en la Mayor parte del mundo. Los restantes 200 MHz se encuentran divididos en dos bloques, el rango de 3700 – 3800 MHz que se tiene planeado en Europa y el rango de 3300 – 3400 MHz planeado en Asia, especialmente en China.

En Colombia actualmente, el rango completo se encuentra atribuido para el Servicio Móvil, sin embargo, de 3700 a 4200 MHz hay atribución co-primaria con el Servicio Fijo por Satélite, por lo que este rango no se ha considerado para IMT. De esta manera, el segmento que se ha incluido en el plan de disponibilidad de espectro para IMT en el país es de 400 MHz en el rango de 3300 – 3700 MHz.

2.4.2.1. Banda de 3.4 GHz (3.3 – 3.4 GHz)

Actualmente, en la banda no se encuentra ningún permiso vigente dentro del Sistema de Gestión de Espectro (SGE), facilitando la adopción de nuevas tecnologías sobre la misma.

Figura 3 Atribución banda 3300 MHz en Colombia



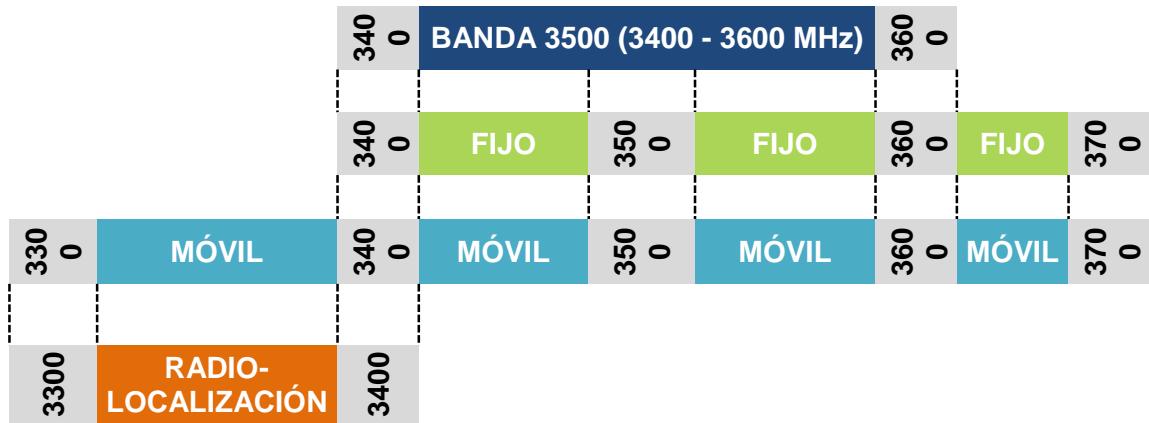
Por otro lado, es necesario evaluar la convivencia con el servicio de Radiolocalización que se encuentra tanto co-canal como adyacente a esta banda, debido a las altas potencias que se manejan dentro de este servicio y por ser altamente utilizado por las Fuerzas Militares.

2.4.2.2. Banda de 3.5 GHz (3.4 – 3.6 GHz)

En esta banda se encuentra la canalización para enlaces punto-punto del Servicio Fijo (3400 – 4200 MHz), basada en el numeral 1 del anexo 1 de la recomendación REC. UIT-R F. 635-7 de la UIT. Ahora bien, los enlaces que se encontraban operando en esta banda tenían permiso hasta el año 2017 y la Mayoría no fueron renovados dejando la banda libre de enlaces microondas.



Figura 4 Atribución banda 3500 MHz en Colombia

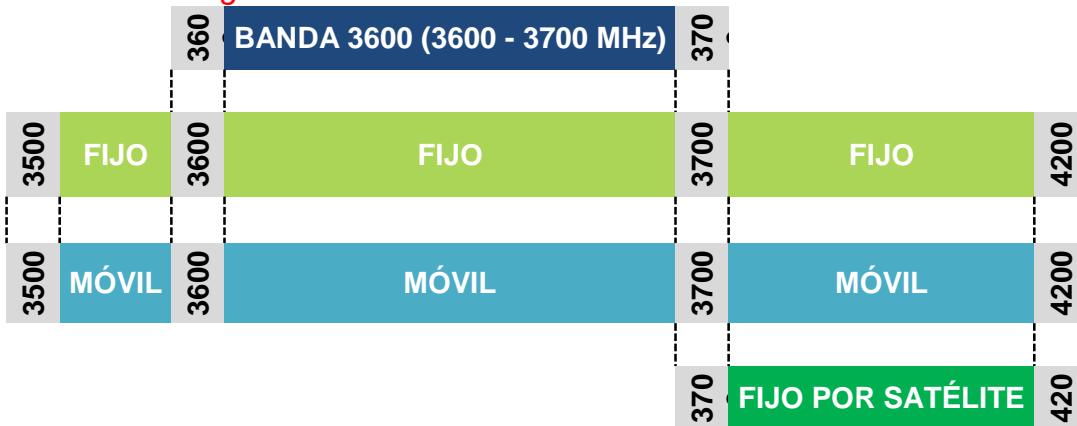


Por otro lado, se encuentran operando los enlaces de bajada (Banda C extendida) de algunos satélites, con permisos que se extienden hasta el año 2027. Así las cosas, la banda tiene un grado de ocupación por estos satélites que debe ser evaluado al momento de una posible implementación de 5G sobre la misma.

2.4.2.3. Banda de 3.6 GHz (3.6 – 3.7 GHz)

Sobre esta banda se presenta la misma situación de la banda de 3500 MHz, donde operaban algunos enlaces del Servicio Fijo y la operación de los enlaces de bajada (Banda C extendida) de algunos satélites.

Figura 5 Atribución banda 3600 MHz en Colombia



A la fecha se han hecho diversas propuestas de canalización de esta banda y hay diversos países en el mundo que ya la han asignado a través de diferentes mecanismos y con bloques de diversos anchos de banda. Teniendo en cuenta la disponibilidad de espectro en



el corto plazo, esta banda ofrece una valiosa oportunidad para que Colombia sea pionero en la adopción de 5G en la región y para realizar pilotos estratégicos.

2.4.3. Bandas Altas (frecuencias mayores a 6 GHz)

Los sistemas IMT-2020 terrestres incorporarán el uso de nuevas tecnologías que se benefician de las características físicas de las frecuencias en el rango de frecuencia de 24.25 a 86 GHz y los grandes anchos de banda potencialmente disponibles, que proporcionarán tasas de datos más altas y latencias más bajas.

Para las necesidades de espectro de IMT-2020 en el rango de 24.25 y 86GHz, se deben tener en cuenta las diferentes características de propagación del canal y el ancho de banda disponible del canal. Con miras a adaptarse a la amplia gama de escenarios de uso y despliegue para IMT-2020, es importante considerar varias bandas de frecuencia dentro de los rangos identificados en la Resolución 238 (CMR-15) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

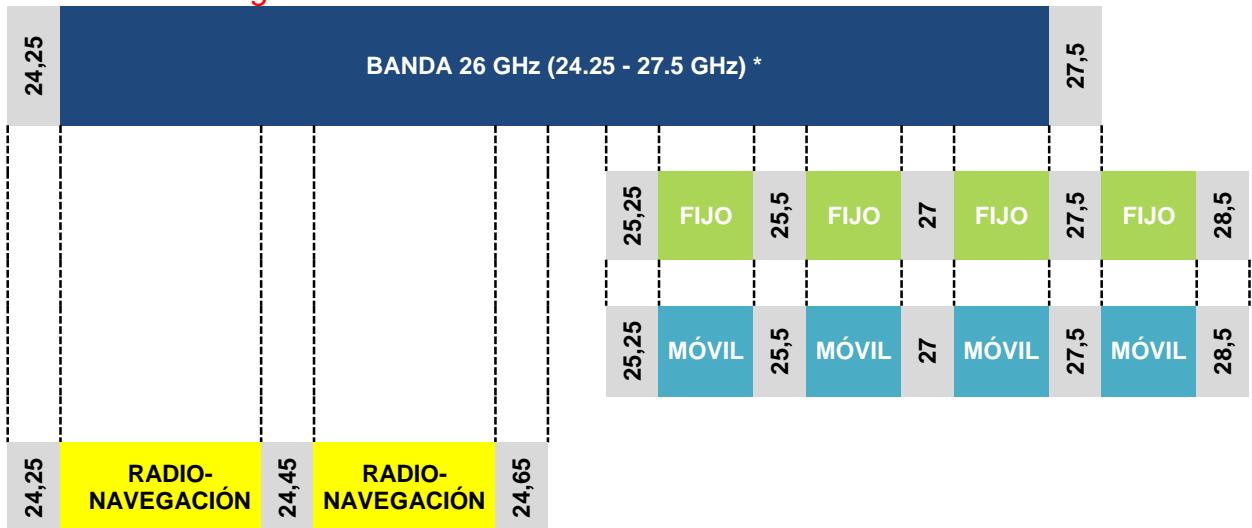
Dicha resolución organizó para su estudio dentro del punto 1.13 del orden del día de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones las bandas de frecuencias de la siguiente manera:

- Ítem A (24.25-27.5 GHz)
- Ítem B (31.8-33.4 GHz)
- Ítem C (37-40.5 GHz)
- Ítem D (40.5-42.5 GHz)
- Ítem E (42.5-43.5 GHz)
- Ítem F (45.5-47 GHz)
- Ítem G (47-47.2 GHz)
- Ítem H (47.2-50.2 GHz)
- Ítem I (50.4-52.6 GHz)
- Ítem J (66-71 GHz)
- Ítem K (71-76 GHz)
- Ítem L (81-86 GHz)

2.4.3.1. Ítem A (24.25-27.5 GHz)

Dentro de esta banda el servicio más utilizado es el Fijo, donde se despliegan enlaces punto a punto, sobre todo en zonas urbanas. La canalización usada para el despliegue de estos enlaces se basa en el anexo 1 de la Recomendación UIT REC. UIT-R F.784-4, ocupando la parte media de la banda desde 25.25 a 26.5 GHz, Figura 7. Es importante aclarar que, en Colombia, no se adoptó en su totalidad todos los canales dispuestos para esta canalización, debido a que la parte baja de la banda (24.25 – 25.25 GHz) esta atribuida para el Servicio Fijo.

Figura 6 Atribución banda 26 GHz en Colombia



*Es importante aclarar que en esta banda existen más atribuciones a título primario que deben ser consideradas en los estudios.

Figura 7 Canalización para enlaces del Servicio Fijo en la banda de 26 GHz.



La ocupación actual de la banda, respecto a enlaces del Servicio Fijo, es baja y la Mayoría se encuentra en ciudades principales. Por otro lado, el vencimiento de los permisos varía entre el año 2023 y el 2027. Aunque la cantidad de permisos actual es baja, las solicitudes para el uso de la banda han ido aumentado durante los últimos Procesos de Selección Objetiva.

2.4.3.2. Banda de 28 GHz (26.5 – 29.5 GHz)

Esta banda no hace parte de los segmentos estudiados en la CMR-19; sin embargo, múltiples países han expresado que la utilizarán para 5G y diversos fabricantes están desarrollando equipos y dispositivos para apoyar el desarrollo de esta. Como se puede ver en la Figura 8, la banda ya se encuentra atribuida para el servicio móvil, pero es necesario tener en cuenta que existen otras atribuciones a título primario que deben ser consideradas dentro de los estudios sobre la banda. Así mismo, se debe considerar una modificación del



Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia (CNABF)⁵ que permite alinear la frecuencia inicial de la banda (26.5 GHz) con las atribuciones existentes.

Figura 8 Atribución banda 28 GHz en Colombia

BANDA 28 GHz (26.5 - 29.5 GHz) *											
26,5	25,5	FIJO	27	FIJO	27,5	FIJO	28,5	FIJO	29,1	FIJO	29,5
25,5	MÓVIL	27	MÓVIL	27,5	MÓVIL	28,5	MÓVIL	29,1	MÓVIL	29,5	
25,5	ENTRE SATÉLITES	27	ENTRE SATÉLITES	27,5							
		27	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-Espacio)	27,5	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-Espacio)	28,5	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-Espacio)	29,1	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-Espacio)	29,5	

*Es importante precisar que en esta banda existen más atribuciones a título primario que deben ser consideradas en los estudios. Adicionalmente, la frecuencia inicial de la banda (26.5 GHz) no coincide con los rangos de inicio de la atribución en Colombia (25.5 o 27 GHz).

Por otro lado, en la banda se encuentran habilitadas dos canalizaciones:

1. Canalización para implementación de Sistemas Radioeléctricos de Distribución Punto-Multipunto de banda ancha (LMDS/LMCS), de acuerdo con lo establecido en el Decreto 868 de 1999 y el Decreto 099 del 2000.
2. Canalización para enlaces punto-punto del Servicio Fijo, basada en el anexo 2 de la recomendación REC. UIT-R F. 748-4 de la UIT.

No obstante lo anterior, es necesario aclarar que esta banda no ha sido identificada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones para su uso para las IMT, debido a la posible implementación de aplicaciones de alta densidad del Servicio Fijo por Satélite.

2.4.3.3. Ítem B (31.8 - 33.4 GHz)

Actualmente, en la banda no se encuentra ningún permiso vigente dentro del Sistema de Gestión de Espectro (SGE), facilitando la adopción de nuevas tecnologías sobre la misma.

⁵ <http://cnabf.ane.gov.co/cnabf/>



Figura 9 Atribución banda 32 GHz en Colombia

BANDA 32 GHz (31.8 - 33.4 GHz)												
31.8	FIJO		32	FIJO		32.3	FIJO		33	FIJO		33.4
31.8	RADIO-NAVEGACIÓN		32	RADIO-NAVEGACIÓN		32.3	RADIO-NAVEGACIÓN		33	RADIO-NAVEGACIÓN		33.4
31.8	INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Espacio lejano Espacio-Tierra)	32	INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Espacio lejano Espacio-Tierra)	32.3	ENTRE SATÉLITES	33						

Está banda no se encuentra atribuida para el servicio Móvil, así las cosas, lo primero que se debe evaluar para su uso es la viabilidad de incluir dicha atribución y verificar la convivencia de esta con los servicios actualmente atribuidos.

No obstante lo anterior, en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-19), esta banda de frecuencia no fue identificada para su uso para las IMT, debido a que los resultados de los estudios de compartición y compatibilidad entre los sistemas IMT y los sistemas de radionavegación muestran su incompatibilidad.

2.4.3.4. Ítem C (37-40.5 GHz)

Actualmente existe un permiso vigente dentro del Sistema de Gestión de Espectro (SGE). Dicho permiso se encuentra asignado hasta agosto de 2028.

Figura 10 Atribución banda 39 GHz en Colombia

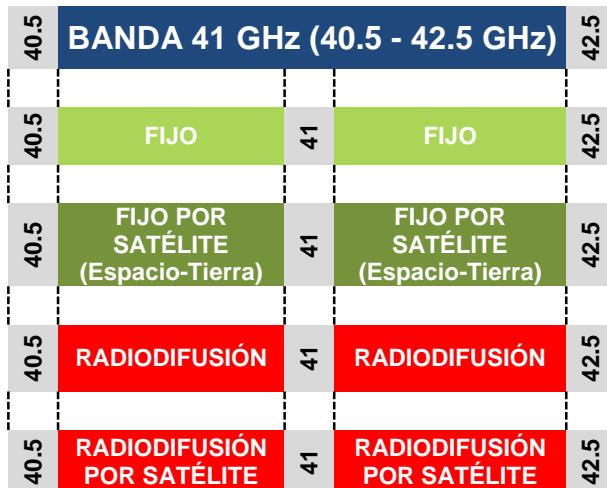
BANDA 39 GHz (37 - 40.5 GHz) *													
37	38	FIJO		38	FIJO		38	FIJO	40	FIJO	40	FIJO	41
37	MÓVIL	38	MÓVIL		38	MÓVIL	40	MÓVIL	40	MÓVIL		41	
37,5	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-Espacio)		38				40	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-Espacio)		40,5			

*Es importante aclarar que en esta banda existen más atribuciones a título primario que deben ser consideradas en los estudios.

2.4.3.5. Ítem D (40.5-42.5 GHz)

Actualmente, en la banda no se encuentra ningún permiso vigente dentro del Sistema de Gestión de Espectro (SGE), facilitando la adopción de nuevas tecnologías sobre la misma.

Figura 11 Atribución banda 41 GHz en Colombia

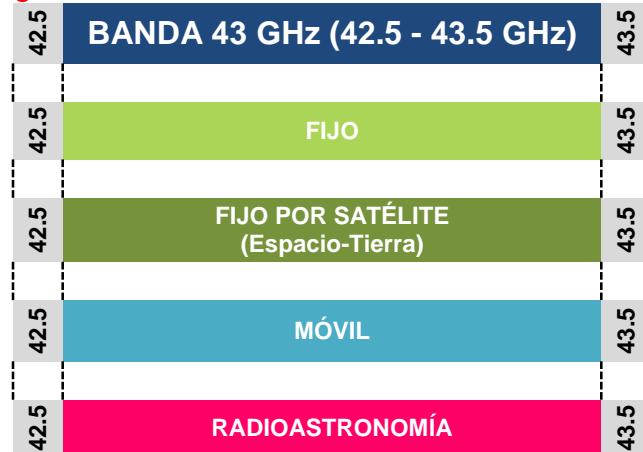


Está banda no se encuentra atribuida para el servicio Móvil, así las cosas, lo primero que se debe evaluar para su uso es la viabilidad de incluir dicha atribución y verificar la convivencia de esta con los servicios actualmente atribuidos.

2.4.3.6. Ítem E (42.5-43.5 GHz)

Actualmente, en la banda no se encuentra ningún permiso vigente dentro del Sistema de Gestión de Espectro (SGE), facilitando la adopción de nuevas tecnologías sobre la misma.

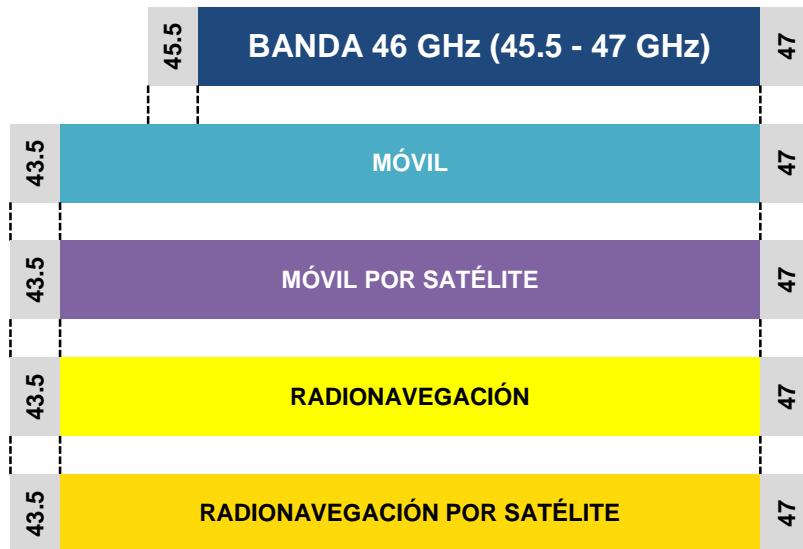
Figura 12 Atribución banda 43 GHz en Colombia



2.4.3.7. Ítem F (45.5-47 GHz)

Actualmente, en la banda no se encuentra ningún permiso vigente dentro del Sistema de Gestión de Espectro (SGE), facilitando la adopción de nuevas tecnologías sobre la misma.

Figura 13 Atribución banda 46 GHz en Colombia



Cabe resaltar que la frecuencia inicial de la banda (45.5 GHz) no coincide con los rangos de inicio de la atribución en Colombia (43.5 GHz), esta situación implica que se debe modificar la atribución para que ambos rangos coincidan.

2.4.3.8. Ítem G (47-47.2 GHz)

Actualmente, en la banda no se encuentra ningún permiso vigente dentro del Sistema de Gestión de Espectro (SGE), facilitando la adopción de nuevas tecnologías sobre la misma. Ahora bien, la banda se encuentra atribuida para servicio de aficionados y los mismos no deben registrar el uso de frecuencias.

Figura 14 Atribución banda 47 GHz en Colombia



Está banda no se encuentra atribuida para el servicio Móvil, así las cosas, lo primero que se debe evaluar para su uso es la viabilidad de incluir dicha atribución y verificar la convivencia de esta con los servicios actualmente atribuidos.

No obstante lo anterior, en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-19), esta banda de frecuencia no fue identificada para su uso para las IMT, debido a que no se puede garantizar la compatibilidad de las IMT con los servicios existentes, por lo que no se han llevado a cabo estudios de compatibilidad de las IMT con el Servicio de aficionados y aficionados por satélite.

2.4.3.9. Ítem H (47.2-50.2 GHz)

Actualmente, en la banda no se encuentra ningún permiso vigente dentro del Sistema de Gestión de Espectro (SGE), facilitando la adopción de nuevas tecnologías sobre la misma.



Figura 15 Atribución Banda 48 GHz En Colombia

BANDA 48 GHz (47.2 - 50.2 GHz)										
47.2	47.2	FIJO	47.5	FIJO	47.9	FIJO	48.2	FIJO	50.2	50.2
47.2	47.2	MÓVIL	47.5	MÓVIL	47.9	MÓVIL	48.2	MÓVIL	50.2	50.2
47.2	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-Espacio)	37.5	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-Espacio)	47.9	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-Espacio)	48.2	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-Espacio)	50.2		

En la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-19), esta banda de frecuencia no fue identificada completamente para su uso para las IMT, solo se identificó el rango de frecuencia 47.2 – 48.2 GHz, lo anterior debido a las posibles restricciones a las IMT en la banda de frecuencias, a causa de la posible implementación de aplicaciones de alta densidad del SFS en la banda 48,2-50,2 GHz, de conformidad con el número 5.516B del Reglamento de Radiocomunicaciones.

2.4.3.10. Ítem I (50.4-52.6 GHz)

Actualmente, en la banda no se encuentra ningún permiso vigente dentro del Sistema de Gestión de Espectro (SGE), facilitando la adopción de nuevas tecnologías sobre la misma.

Figura 16 Atribución banda 51 GHz en Colombia

BANDA 51 GHz (50.4 - 52.6 GHz)							
50.4	50.4	FIJO	51.4	FIJO	52.6	52.6	
50.4	50.4	MÓVIL	51.4	MÓVIL	52.6	52.6	
50.4	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-Espacio)	51.4	51.4				

No obstante lo anterior, en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-19), esta banda de frecuencia no fue identificada para su uso para las IMT, debido a que no se puede

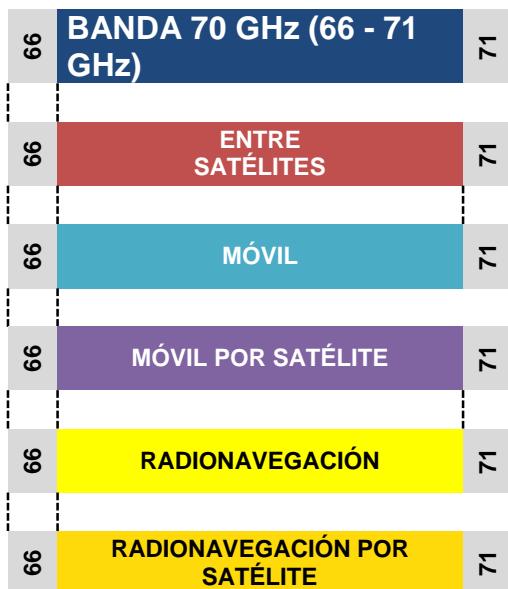


garantizar la compatibilidad de las IMT con los servicios adyacentes existentes, como lo son Servicio de Exploración de la Tierra por Satélite (Pasivo) y el Servicio de Investigación Espacial (Pasivo).

2.4.3.11. Ítem J (66-71 GHz)

Actualmente, en la banda no se encuentra ningún permiso vigente dentro del Sistema de Gestión de Espectro (SGE), facilitando la adopción de nuevas tecnologías sobre la misma.

Figura 17 Atribución banda 70 GHz en Colombia



En la actualización de la resolución de uso libre en Colombia se incluyeron algunas modificaciones en el rango de 57 – 71 GHz. Primero, se extendió el rango de la banda para el uso de sistemas de acceso inalámbrico (WAS, por sus siglas en inglés) de 57 – 64 GHz a 57 – 71 GHz, segundo, se levantó la restricción de uso únicamente en interiores, permitiendo desplegar WAS tanto en interiores como en exteriores. Por lo anterior, se debe tener en cuenta que esta banda va a requerir estudios de convivencia adicionales con las aplicaciones de uso libre.

Tabla 5 Sistemas de acceso Inalámbrico

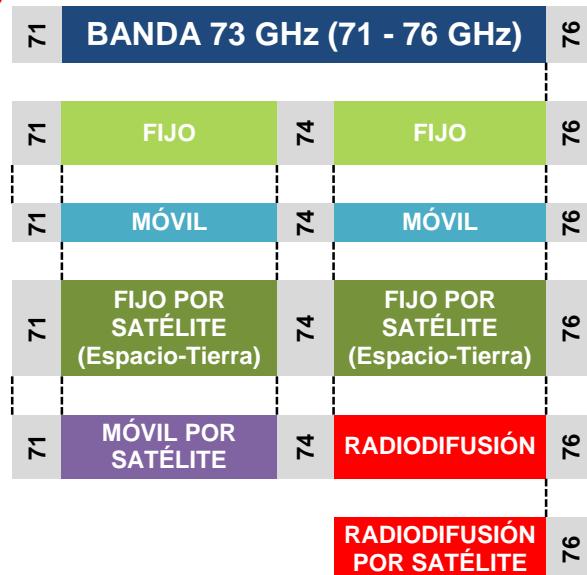
WAS	
57 - 71 GHz	P.I.R.E. máxima de 43 dBm P.I.R.E. promedio de 40 dBm



2.4.3.12. Ítem K (71-76 GHz)

En la Banda E (71 -76GHz, 81-86GHz) se implementó un mecanismo de asignación ágil de espectro para el acceso al servicio fijo y el desarrollo de radioenlaces punto a punto. Actualmente se han adelantado en Colombia procesos de selección objetiva para asignación de espectro en esta banda.

Figura 18 Atribución banda 72 GHz en Colombia



La banda E es propicia para implementación del mecanismo de asignación ágil debido a la muy baja probabilidad de interferencia entre enlaces y ventajas que además la ubican como una solución atractiva, que proporciona altas capacidades de transmisión de datos para el despliegue del backhaul de redes móviles y de radioenlaces de última milla. Del mismo modo, con la implementación de este mecanismo en la Banda E se reduce hasta en un 70% el tiempo de asignación de espectro en determinadas bandas de frecuencia, lo que permite facilitar el despliegue de redes de telecomunicaciones y responder a un rápido y constante crecimiento en la demanda.

Así mismo, el desarrollo de la banda E se puede tener para el servicio de soporte para el despliegue de pico celdas en ciudades lo que permite mejorar la calidad de servicio y ofrecer un ancho de banda más amplio a los usuarios.

En la actualidad, en el CNABF se tiene la Tabla 127 que cuenta con 19 canales de ida y vuelta de 250 MHz cada uno, para la implementación de los enlaces punto a punto mediante el mecanismo de asignación ágil.

Finalmente, con el fin de brindar nuevas posibilidades para la prestación de servicios de telecomunicaciones, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) expidió la Resolución 1824 del 4 de julio de 2018. Esta medida tiene como objetivo fijar la fórmula para el cálculo de las contraprestaciones aplicables al espectro localizado en la denominada Banda E.



No obstante lo anterior, en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-19), esta banda de frecuencia no fue identificada para su uso para las IMT, debido a que no se puede garantizar la compatibilidad de las IMT con los servicios adyacentes existentes, como lo son Servicio de Exploración de la Tierra por Satélite (Pasivo) y el Servicio de Investigación Espacial (Pasivo).

2.4.3.13. Ítem L (81-86 GHz)

Igual que en el caso anterior, esta banda hace parte de la Banda E donde se implementó el mecanismo de asignación ágil para enlaces punto a punto.

Figura 19 Atribución banda 80 GHz en Colombia

BANDA 80 GHz (81 - 86 GHz)				
81	81	84	86	
81	FIJO	84	FIJO	86
81	MÓVIL	84	MÓVIL	86
81	MÓVIL POR SATÉLITE	84	FIJO POR SATÉLITE (Espacio-Tierra)	86
81	FIJO POR SATÉLITE (Espacio-Tierra)	84	RADIOASTRONOMÍA	86
81	RADIOASTRONOMÍA	84		

No obstante lo anterior, en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-19), esta banda de frecuencia no fue identificada para su uso para las IMT, debido a que no se puede garantizar la compatibilidad de las IMT con los servicios adyacentes existentes, como lo son Servicio de Exploración de la Tierra por Satélite (Pasivo) y el Servicio de Investigación Espacial (Pasivo).

2.5. Pilotos 5G

Si bien en la región países como Argentina, Chile, Brasil, México, Uruguay, Canadá y Estados Unidos y diferentes países en Europa han realizado pruebas y pilotos de 5G (ver anexo 1) con el fin de probar las características técnicas y bondades de la tecnología 5G, los países más avanzados en pruebas y pilotos de 5G en el mundo son Estados Unidos, China, Japón y Sur Corea.

Las medidas contenidas en el Plan 5G permitirán que Colombia se prepare para recibir los beneficios que trae esta tecnología, dichas medidas serán evaluadas periódicamente



durante el desarrollo del Plan. Los hitos principales se muestran en el siguiente cronograma con las acciones clave a desarrollar.

2.6. Seguridad y privacidad

Sin duda uno de los temores más crecientes con el advenimiento de nuevas tecnologías y nueva infraestructura que se instalan para proveer los nuevos servicios, es el aumento de vulnerabilidad de la información que afecta la privacidad de las comunicaciones como principio universal de los derechos humanos y como riesgo estratégico de las naciones.

Esto se acentúa aún más con el inminente ingreso de una tecnología como la de 5G que va a inundar las ciudades de pequeñas radio bases y va a permitir el tránsito de enormes cantidades de datos, provenientes de un gran conjunto de terminales concentrados con una inmensa velocidad de carga y descarga con poco retraso. Por esta razón algunos gobiernos donde empieza a emplazarse esta tecnología están tomando medidas para enfrentar tales amenazas y mitigar los riesgos inherentes.

2.6.1. Colombia

En Colombia desde hace algunos años se ha tornado importante el asunto de la ciberseguridad enfocado en las tecnologías y en los sistemas de información más que en la infraestructura de redes de los proveedores de servicios. Y es allí donde se encuentra una oportunidad semejante a la que están aplicando en Europa y Estados Unidos con el advenimiento de 5G.

Inicialmente en julio de 2011 se emitió el Documento CONPES 3701 *Lineamientos de Política para Ciberseguridad y Ciberdefensa* (CONPES, 2011), cuyo objeto fue generar lineamientos de política en ciberseguridad y ciberdefensa orientados a desarrollar una estrategia nacional que contrarreste el incremento de las amenazas informáticas que afectan significativamente al país.

Así mismo, en abril de 2016 fue aprobado el Documento CONPES 3854 *Política Nacional de Seguridad Digital* el cual busca fortalecer las capacidades de las múltiples partes interesadas para identificar, gestionar, tratar y mitigar los riesgos de seguridad digital en sus actividades socioeconómicas en el entorno digital, en un marco de cooperación, colaboración y asistencia. Lo anterior, con el fin de contribuir al crecimiento de la economía digital nacional, lo que a su vez impulsará una mayor prosperidad económica y social en el país. (CONPES, 2016)

Bajo estos lineamientos el Ministerio de TIC, como ente rector de las industrias TIC en el país, promulgó el Modelo de Seguridad y Privacidad de la Información, que contempla un ciclo de operación de cuatro (4) fases (Planificación, Implementación, Evaluación de Desempeño y Mejoramiento Continuo), las cuales permiten que las entidades puedan gestionar y mantener adecuadamente la seguridad y privacidad de sus activos de información, permitiéndoles determinar las medidas y controles que se deben aplicar para realizar un aseguramiento apropiado de las plataformas así como de los diferentes medios



donde se gestione la información, basado en un enfoque de gestión del riesgo. El Modelo de Seguridad y Privacidad de la Información junto a las 21 guías de apoyo se encuentra disponible en el siguiente link: <https://www.mintic.gov.co/gestioni/615/w3-propertyvalue-7275.html>

2.6.2. Riesgos y amenazas desde el punto de vista del servicio

Con la llegada de la tecnología 5G y de los nuevos servicios que surgirán, los proveedores necesitarán enfrentar y combatir la evolución del malware que podría venir junto con la nueva infraestructura 5G, e implementar la prevención de amenazas y soluciones que entreguen seguridad incluyendo tecnologías emergentes como el aprendizaje automatizado, para lidiar el significativo incremento de la capacidad de la red 5G.

Como lo expone Tony Ascombe del sitio web welivesecurity: *“La inteligencia de las amenazas y las medidas de seguridad proactivas son componentes esenciales para cualquier dispositivo o servicio desarrollado para utilizar 5G y diseñado para ser seguro. Es importante recordar que comprender la psicología y mentalidad de los cibercriminales es muy importante, y para lograrlo es clave la realización de investigaciones profundas a manos de expertos en el campo de la seguridad, ya que ayudarán a la industria a predecir dónde podrían ver los delincuentes una nueva oportunidad. Por lo tanto, mientras que la tecnología 5G se moverá hacia nosotros rápidamente, el beneficio de una mayor velocidad tendrá un costo que significará la necesidad crucial de mantener la tecnología segura.”* (Welivesecurity, 2018)

De esta manera es evidente que en las redes de 5G los riesgos y amenazas a la seguridad y privacidad serán un punto de crucial importancia a considerar tanto en la planificación, el alistamiento, al aprovisionamiento como en el aseguramiento de los servicios, tanto más por cuanto sus especiales características permitirán un inmenso flujo de intercambio de datos, no solo entre usuarios sino entre cosas (IoT), entre los cuales podrían estar inmersos aquellos de tipo malicioso o los de acceso malintencionado o los utilizados para extracción fraudulenta de datos. Por ello van a tomar especial importancia aquellas técnicas de protección y seguridad de análisis profundo de datos o las denominadas de inspección profunda de paquetes (DPI = Deep Packet Inspection) que han tenido un vasto auge y rápida evolución luego de los atentados a las Torres Gemelas en Estados Unidos.

3. ¿Transición 4G-5G?

Si bien resulta clave precisar que 5G aún se encuentra en su etapa temprana de despliegue y adopción, motivo por el cual no hay suficiente evidencia alrededor de una transición completa, hay algunos fenómenos claves que se relacionan directamente con la transición y que sirven de insumo para prever y entender cómo se ha dado la evolución que conduce a dicha dinámica tecnológica.

La evolución en los sistemas de comunicaciones móviles ha presentado características de transición particulares según la evolución de cada tecnología de red. Es así como en el momento en que se dio la transición de las primeras redes móviles (1G) no había como tal



un modelo de comunicación digital inalámbrico, por eso cuando llegó la segunda generación (2G), el sector sufrió una primera transformación radical no sólo en cuanto a su estructura tecnológica sino en la generación de valor asociada al servicio de comunicación digital o de datos.

Como consecuencia, la transición entre las siguientes dos generaciones, tercera y cuarta generación-3G & 4G respectivamente-, se dio ya no debido a una única necesidad de prestación del servicio de llamadas de voz sino también debido a la creciente influencia de los servicios basados en el uso de datos, un hecho contrastante frente a la concepción inicial de las primeras generaciones de redes móviles. Dicho contraste se vio reflejado principalmente en las tendencias de uso masivo de datos basadas en el crecimiento exponencial de productos y servicios digitales.

Como es de esperarse, la transición entre las redes 4G y 5G implica una dinámica muy distinta a la evidenciada en las tecnologías antecesoras, toda vez que tanto la red de soporte como los terminales y el uso de la interfaz de aire ha cambiado drásticamente bajo la influencia del mercado y el avance de la tecnología.

En este sentido, las condiciones de mercado y tecnología dentro de las cuales se llevará a cabo la transición de redes 4G a 5G se enfrenta a un paradigma que ha sufrido serias transformaciones.

Por una parte, las primeras generaciones de comunicaciones móviles estuvieron diseñadas en la comunicación humano-a-humano (HTC, o Human Type Communication por sus siglas en inglés). En este tipo de comunicación ambos extremos de la comunicación involucraban la acción humana, desde la iniciación o terminación de la llamada hasta la interpretación del mensaje transmitido.

Contrario a esto, las nuevas redes de comunicaciones están siendo diseñadas para permitir no sólo la comunicación humano-a-humano sino también entre objetos, lo que de manera simplificada ha sido denominado como Internet de las Cosas (IoT). Dicha dinámica ha transformado por completo el antiguo paradigma de comunicación inclinando el sector hacia un horizonte nuevo donde la comunicación a través de las redes móviles no sólo sea iniciada, terminada o interpretada por humanos sino por objetos o cosas, los cuales pueden estar embebidos en verticales específicos de la sociedad tales como la industria o las ciudades inteligentes.

Es debido a fenómenos como este que la transición de redes 4G y 5G se lleva a cabo de una manera distinta a como se han dado otras transiciones tecnológicas. Elementos puntuales como el medio de acceso a las redes, el manejo que se da al recurso espectral, o las consideraciones para el despliegue de infraestructura, entre otros, siguen los patrones básicos usados en tecnologías antecesoras, pero también sufren de complejidades añadidas.

En cuanto al uso de espectro se espera que debido a la actual coexistencia entre 4G y 5G, se empleen técnicas de compartición de espectro dinámicas en la cuales la eficiencia espectral no se vea afectada y, por el contrario, favorezcan el incremento progresivo en usuarios 5G a través de un manejo de turnos de acceso donde los usuarios 4G vayan



cediendo antes los de 5G. En Estados Unidos ya se está empezando a implementar lo denominado como DSS, o Dynamic Spectrum Sharing por sus siglas en inglés, a través de los operadores AT&T y Verizon (*Red Chalk Group Analysis, 2018*).

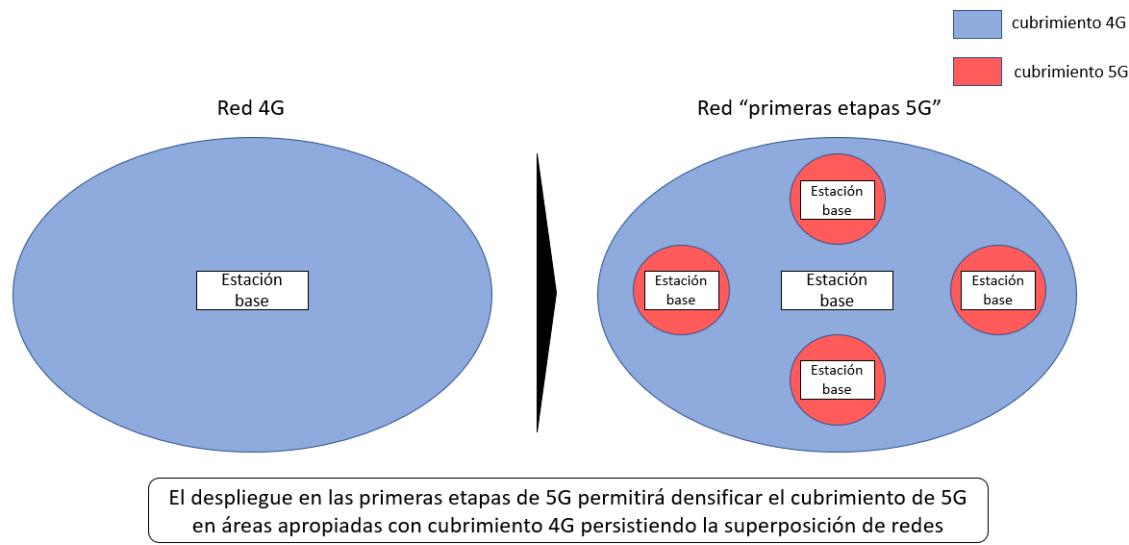
En este sentido, el manejo del espectro es casi transparente de cara al usuario, operando en función de divisiones de tiempo las cuales permiten un manejo dinámico de las solicitudes de acceso, pasando de los turnos de 10ms en 4G a turnos de 1 ms en 5G, de ahí parte de la eficiencia espectral estimada. Dicho manejo contrasta con lo sucedido en las transiciones de 2G y 3G en las cuales se perdían segmentos de espectro debido a la diferencia de capacidad tecnológica, así como a los diferentes mecanismos de acceso, los cuales no siempre fueron diseñados en función del tiempo.

En lo relacionado con la arquitectura de red, se espera que durante el tiempo de coexistencia entre 4G y 5G las relaciones de interoperabilidad estén fundamentadas en un entorno todo-IP (IPv6) en donde características tales como la Definición de Redes por Software (SDN, Software Defined Networks, por sus siglas en inglés) o la Virtualización de Funciones de Red (NFV, Network Function Virtualization, por sus siglas en inglés) puedan manejar sin inconvenientes fuertes incrementos en tráfico o una cantidad masiva de abonados derivada de comunicaciones IoT, sumado con una descentralización de las operaciones lo cual redundaría en un fortalecimiento de la red núcleo.

De igual modo, frente a los usuarios uno de los cambios más inmediatos será el de los terminales de acceso, los cuales potencialmente tendrán compatibilidad regresiva, es decir, podrán operar con redes 4G y seguramente 3G, con una clara tendencia a favorecer las conexiones 5G.

Frente a esto, las condiciones de despliegue de infraestructura 4G podrían beneficiar el despliegue de 5G toda vez que tanto el patrón de uso del servicio móvil como algunos elementos de red podrían coincidir, al menos inicialmente, mientras la tecnología se masifica debido a economías de escala, teniendo una compartición de cobertura en la etapa temprana de operación de 5G.

Gráfica 18 Densificación de celdas 5G.



Fuente: Red Chalk Group Analysis, Qualcomm BetaKit, 3GPP.

A nivel de comportamiento de usuarios 4G favorece la transición a 5G en cuanto a que la demanda de tráfico y la prestación de servicios móviles no cambiaría de la manera drástica que ya se dio en las generaciones anteriores y, por el contrario, impulsaría el incremento en el tráfico y la posible generación de valor derivado de nuevos tipos de comunicación IoT, como lo ha mencionado GSMA en su Mobile Economy Report para el año 2017.

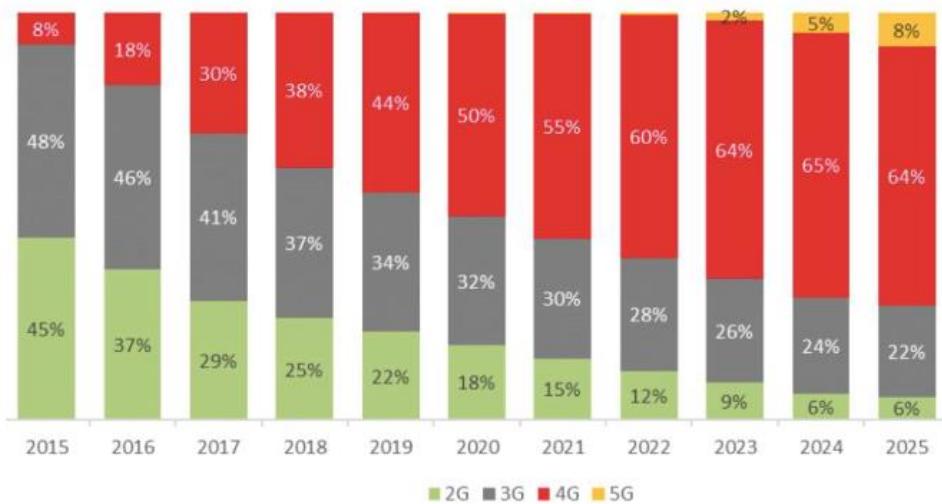
Similarmente, 4G presenta la oportunidad de usar los mismos mecanismos de *billing management* para el usuario primerizo de 5G, con la salvedad de que la discriminación del tráfico cambiaría drásticamente frente al modelo actual, en función de nuevos servicios y nuevos tipos de usuarios.

Otro aspecto por considerar es el relacionado con el uso del espectro radioeléctrico. A diferencia de 4G, la tecnología 5G pretende dedicar frecuencias en bandas distantes entre sí, buscando una mejor complementariedad entre las velocidades de transmisión y la cobertura. En este sentido, las frecuencias de 4G típicamente se ubican en unos rangos de frecuencias no muy distantes entre sí y por debajo de los 8 GHz, mientras que 5G considera el uso de frecuencias por encima de los 10 GHz, tal y como lo ha plasmado la Comisión Europea en su política de conectividad Gigabit Society 2025. Esto influye drásticamente en el diseño de las redes móviles toda vez que los parámetros de densidad y capacidad se pueden suplir bajo el uso de distintos mecanismos, incluyendo la innovación incremental en las tecnologías de antenas.

Muchas de las verdaderas implicaciones de la transición 4G a 5G en el mundo están aún por verse y las redes que emplean la tecnología 4G todavía tienen un significativo tiempo de vida por delante.



Gráfica 19 Conexiones en Latinoamérica por tecnología.



Fuente: GSMA Intelligence, 2017

Finalmente, como se puede concluir de la gráfica anterior, las conexiones 4G van a continuar creciendo y no serán reemplazadas en el corto tiempo por las conexiones 5G, por lo que 5G tendrá un rol complementario a los servicios ofrecidos por las redes 4G.

4. Tecnologías emergentes

El uso y apropiación de las TIC está permeando todas las actividades económicas y está cambiando la forma en la que se producen y consumen los bienes y servicios. Así mismo, han surgido nuevas tecnologías como Big Data, IoT, inteligencia artificial, entre otras, las cuales constituyen herramientas y métodos disruptivos que tendrían un gran potencial de crecimiento a través de la tecnología 5G. Por tanto, en este capítulo se realiza un análisis del potencial del 5G para apalancar el uso de algunas tecnologías emergentes.

4.1.1. Big Data e IoT

Como es conocido en el mundo conectado de hoy se estima que el conocimiento se duplica cada vez en un periodo más corto de tiempo. Según Buckminster Fuller hasta el año 1900 el conocimiento humano se duplicaba cada siglo; tras la Segunda Guerra Mundial, cada 25 años; en tanto, en la actualidad, el promedio es de 13 meses. Con el Internet de las cosas (IoT) significaría en algunas áreas la duplicación de ese conocimiento en 12 horas, todo gracias a la inmensa cantidad de datos e información que se transporta por las redes de telecomunicaciones. (La Nación, 2016).



Cuando analizamos lo que va a suceder con las redes 5G en un mundo mucho más conectado, constituyéndose la *conectividad inteligente* como llama GSMA⁶ a la hiperconectividad que se va a lograr con 5G, vemos como las técnicas de *Big Data* van a constituirse en tecnologías cruciales para que la inmensa cantidad de datos que van a transitar por la red tengan valor y utilidad no solo a los extremos de la comunicación sino a quienes van a asegurar y utilizar tales datos para fines lícitos enfrentando las amenazas y los riesgos de seguridad ya mencionados.

Con 5G no podremos ya hablar de conexión entre personas (telefonía – 2G – 3G) ni de conexión de datos (Internet – 4G) sino de conexión de todo con todo, habilitando la inteligencia de red. De esa manera la conectividad de las personas ya no será totalmente consciente, sino que podrá contar con varios dispositivos que le acompañen y estén conectados a multitud de plataformas para habilitarle infinidad de servicios, facilidades y protecciones. Ya cada individuo contará con una red de área personal (PAN = Personal Area Network) conectada a una red de área amplia o global (WAN = Wide Area Network oGAN = Global Area Network) todo facilitado por la infinidad de direcciones IP que promete IPv6. Esto facilitará que cada individuo sea una fuente inagotable de datos (Big Data) que le den más libertad o le ocasionen más dependencia.

Por su parte, el análisis de datos (Data Analytics y Data Mining) encuentra su sabor al aprovechar al máximo las características de la red 5G, como el alto ancho de banda, la baja latencia y la computación perimetral móvil (MEC = Mobile Edge Computation) con sus riesgos. La capacidad de 5G para soportar la conectividad masiva a través de diversos dispositivos (sensores/gateways/controladores), respaldados por las arquitecturas de computación distribuidas, crea la capacidad de traducir el Big Data en reposo y los datos en movimiento, en información de tiempo real con inteligencia procesable para muchos fines tanto lícitos como ilícitos.

De esta manera los desafíos técnicos frente al Big Data e IoT en 5G que será preciso tener en cuenta, los podemos resumir así: (IEEE, 2018)

- Datos en movimiento de alta velocidad: IoT industrial a gran escala, ciudades inteligentes y automóviles autónomos podrían generar zettabytes de datos en tan solo unos minutos. La conectividad 5G y la transmisión de baja latencia se suman a este rendimiento de datos. Por tanto, se necesitará soporte avanzado de infraestructura para admitir la lectura/escritura ultrarrápida con arquitecturas robustas de almacenamiento y procesamiento de baja latencia en la nube.
- Soporte para inteligencia de aplicaciones y de red: La red 5G va a ser mucho más que una tubería para Big Data ya que las arquitecturas 5G deberán definirse y construirse de tal manera que Big Data esté inmerso en el soporte para el análisis y operatividad de los casos de uso que existirán provenientes de la inteligencia de aplicaciones y de las redes distribuidas.
- Seguridad de extremo a extremo: Big Data plantea numerosas preguntas de seguridad como con cualquier aplicación actual. Por lo tanto, se torna en un elemento crucial para salvaguardar la privacidad del usuario o los datos de la

⁶ <https://www.gsma.com/IC/report/>



empresa sin ningún tipo de afectación. La construcción de una sólida infraestructura segura desde los sistemas hasta las aplicaciones va a ser fundamental en el diseño y la arquitectura 5G.

- Información procesable en tiempo real: Si bien la muy baja latencia es una característica clave de las redes 5G, se convierte en un requisito fundamental para que 5G admita transferencias de datos rápidas en la nube, análisis de borde y en tiempo real, y Transporte los datos con ultra bajas latencias para tomar acciones en tiempo real particularmente en aplicaciones de misión crítica, en la visualización, en seguridad pública, atención de emergencia y vigilancia, entre otros.

De esta manera 5G parece que será tan potente que hará crucial la analítica de Big Data en el cumplimiento de las funcionalidades y recursos que tendrá. Gartner predice que, en el año 2020, el 3 % de los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones móviles (PRSTM) lanzarán redes 5G comercialmente, que de los años 2018 a 2022 las organizaciones utilizarán en su mayor parte las redes y servicios de 5G para soportar las masivas comunicaciones de IoT y que la tecnología 5G será una facilitadora clave que permitirá la inteligencia artificial en todas partes. (FORBES, 2017)

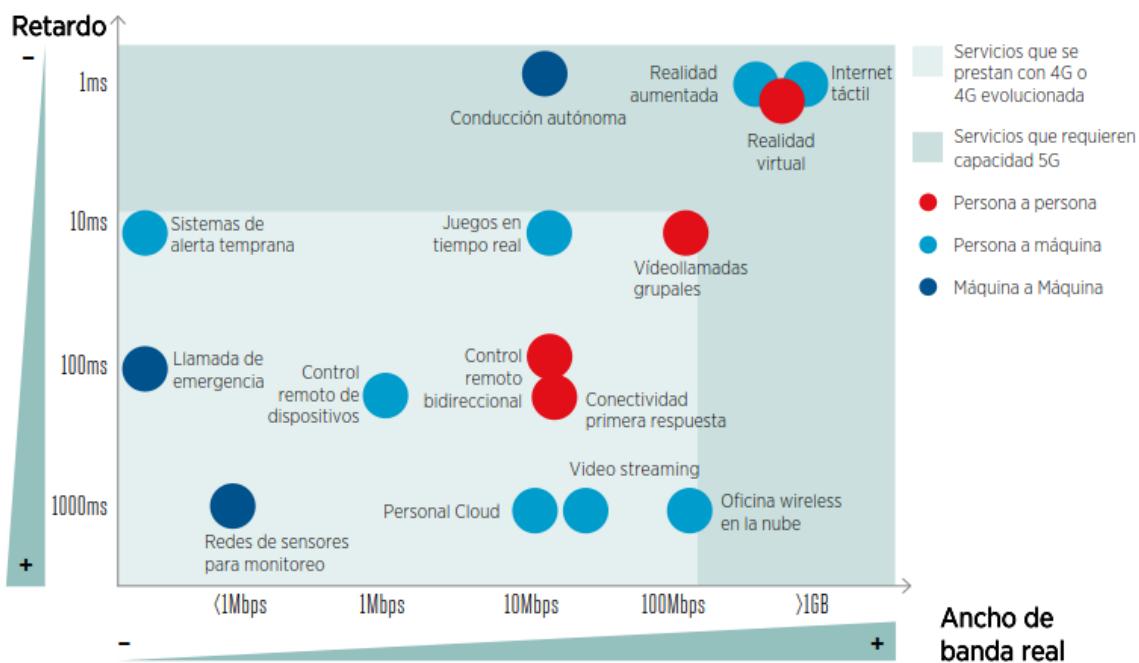
4.1.2. Inteligencia artificial (Machine learning) y ciudades inteligentes (Ciudades inteligentes)

El espectro de aplicaciones 5G es muy amplio, incluyendo soluciones de inteligencia artificial para hogares y ciudades inteligentes, automóviles autónomos, gestión inteligente de la movilidad en las congestionadas ciudades, mayor automatización de la industria, atención oportuna de emergencias de salud y de tránsito y ágil reconocimiento facial para combatir la delincuencia.

Se prevé que IoT con la cuarta revolución industrial van a ser los motivadores más importantes para aplicaciones 5G. Por lo tanto, los artefactos con conciencia de contexto (inteligencia artificial) serán parte integral de la infraestructura de 5G para hacer que las redes sean conscientes del contexto subyacente y lo suficientemente inteligentes como para proporcionar experiencias para un suscriptor individual en la red proporcionándole mejor flujo de datos e información clave para toma de decisiones. En la Gráfica 20 se puede apreciar la gran variedad de servicios y aplicaciones que se podrán lograr con la irrupción de las redes 5G con sus características excepcionales de muy alto ancho de banda y muy baja latencia.



Gráfica 20 Requerimientos de ancho de banda y latencia para múltiples aplicaciones



Fuente: (GSMA, 2014)

Por su parte los sistemas de soporte de operación y negocio (OSS/BSS = Operation Support Systems / Business Support Systems) de los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones móviles - PRSTM tendrán análisis integrados y nativos en su conjunto de herramientas a diferencia de los sistemas tradicionales donde la analítica ha sido una idea tardía hasta el día de hoy. Las redes 5G serán tan complejas que contendrán múltiples capas de funciones virtuales, activos fijos virtuales y físicos, uso óptimo del espectro, nodos informáticos distribuidos y basados en conceptos SDN/NFV.

La planificación y optimización de redes (NPO = Network Planning & Optimization) para decidir dónde escalar funciones de red específicas y servicios de aplicaciones se basará en sistemas de aprendizaje automático que analizarán el uso de la red y los patrones de tráfico de datos más estrechamente. De esta manera, los sistemas de soporte de operaciones y negocio (OSS/BSS) tendrán análisis integrados e incrustados en su conjunto de herramientas a diferencia de los sistemas tradicionales donde la analítica ha sido una idea no muy aprovechada hasta el día de hoy.

Por lo general los Proveedores de Redes y servicios de Telecomunicaciones Móviles actuales han estado utilizando los datos de sus sistemas de gestión para mejorar la calidad del servicio y la experiencia del cliente. Sin embargo, con las muchas posibilidades de los servicios 5G combinados con IoT & AI, explorarán nuevos modelos de negocio de



monetización, como los servicios de aplicaciones empresariales inteligentes. Para los PRSTM las oportunidades de negocio no solo se encuentran en monetizar datos, sino en el valor entregado a las empresas a través de capas de inteligencia de red y aplicaciones.

El mantenimiento predictivo es una de las aplicaciones destacadas de la industria 4.0. Según un informe de investigación de mercados (IoT Analytics, 2017) el mantenimiento predictivo será una enorme oportunidad de mercado en los próximos años. El mantenimiento predictivo ayuda a predecir los errores antes de que ocurran aprovechando la inteligencia artificial – IA que se verá altamente fortalecida con la entrada en servicio de las redes 5G ya que permitirá que ésta desempeñe un papel cada vez más importante y se integre rápidamente en muchos aspectos de las telecomunicaciones, las aplicaciones, el contenido y el comercio.

El análisis cognitivo en 5G se transformará a machine learning / deep learning en lugar de los análisis descriptivos tradicionales con informes básicos de inteligencia de negocios (BI = Business Intelligence). Los análisis en 5G evolucionarán hasta un punto que aprende desde el contexto, predice lo que sucederá a continuación, prescribe el siguiente mejor paso, aprende de los patrones de comportamiento pasados para tomar la decisión óptima, y para aplicaciones completamente autónomas con las cuales se logra automatizar la siguiente acción o mejor, se llega a un nivel de decisión hecha por las máquinas. La información generada por los análisis puede impulsar cada vez más la toma de decisiones y, con la velocidad de la 5G, se recopilarán y procesarán datos más rápido que nunca para tener aplicaciones de inteligencia cognitiva.

5. Identificación de retos

En este capítulo se exploran los retos que desde la política pública, la gestión del espectro y la regulación enfrenta la administración para el despliegue y masificación de la tecnología 5G en el país (Gráfica 21). Lo anterior, teniendo en cuenta los análisis internacionales que desde la experiencia de las administraciones constituyen las mejores prácticas que pueden servir de referencia para la construcción del presente plan.

Gráfica 21 Retos para desplegar y masificar la tecnología 5G



Fuente: Elaboración propia

A partir de las recomendaciones de políticas de la UIT, algunos países están acogiendo prácticas similares para el despliegue de las redes y servicios 5G, considerando que ésta tiene un alto costo de infraestructura y altas posibilidades de generar un aumento en la brecha digital al concentrar su despliegue en zonas densamente pobladas. Aunque es posible ver elementos comunes, como el seguimiento de un plan de acción, la adaptación de las subastas de espectro, el fomento al despliegue de infraestructura, y los aportes para una mayor cobertura, cada país o bloque analizado tiene distintas estrategias: la Unión Europea desarrolla un plan pensado en el aprovechamiento ciudadano de las nuevas tecnologías; el gobierno de Estados Unidos de Norteamérica impulsa la desregulación de las telecomunicaciones con reservas de seguridad respecto a tecnología de origen chino; en Corea del Sur trabajan en conjunto el gobierno y las empresas para sacar adelante iniciativas gana-gana.

Es importante destacar que la Comisión Europea, dentro de su “Plan de Acción a la Transición Digital” (European Commission, 2018), está trabajando desde 2017 en el desarrollo de 15 acciones, una de las cuales es mejorar la regulación para permitir el desarrollo de micro operadores de redes en ciudades pequeñas y áreas geográficas apartadas con baja densidad de población, lo que permitiría aumentar la conectividad y la cantidad de servicios basados en 5G.

En esencia todos los países que visualizan una gran acogida de las redes y servicios 5G deberán propender en sus políticas, normatividad y regulación por aprovechar las virtudes de esta tecnología mitigando los riesgos de reducción de la brecha digital con la toma en consideración de los siguientes aspectos (UIT, 2018):

- Procurar proteger los derechos de usuarios
- Velar porque se incremente la ciberseguridad
- Generar condiciones competitivas para que haya más oferta y mejores tarifas
- Estimular el incremento de la calidad del servicio
- Planificar otorgamiento de permisos para uso eficiente del espectro



- Respaldar la provisión de una cobertura inalámbrica asequible (por ejemplo, a través de bandas inferiores a 1 GHz) para reducir la brecha digital como soluciones de última milla en zonas de concentración en lugares poco poblados y de difícil acceso
- Ofrecer incentivos comerciales y tributarios para estimular la inversión en redes 5G
- Evaluación y apoyo para reducir los altos costos en tiempo, dinero y esfuerzo (permisos) para despliegue y puesta en servicio de nueva infraestructura, tanto de antenas como de fibra óptica
- Continuar potenciando los servicios y cobertura de 4G dada su madurez y costos razonables dadas las economías de escala logradas con esta tecnología
- Armonizar el espectro disponible para 5G con la posible consideración de la compartición de espectro entre operadores
- Estimular y facilitar la realización de pruebas piloto que promuevan el desarrollo de hojas de ruta que ayuden en el despliegue de la 5G.

Otro de los desafíos no menos importante, se centra en las dificultades para la obtención de los permisos para el despliegue de infraestructura especialmente en las ciudades. Es un problema que viene con la expansión de infraestructuras tanto de 3G como de 4G por los temores de los gobiernos locales de contaminación visual y radioeléctrica. En el caso de infraestructura 5G este problema se va a incrementar por la necesidad de instalar mayor cantidad de radiobases más cercanas entre sí (en el caso de utilizar las bandas de frecuencia muy altas atribuidas a 5G), pero afortunadamente y por lo general, de menor tamaño.

Pero si se combinan las necesidades de los gobiernos locales de mejorar la seguridad ciudadana, reducir la congestión vehicular y el control medioambiental, con la de los operadores para desplegar infraestructura que les permita ofrecer los servicios 5G, encontramos una valiosa oportunidad de otorgar tales permisos en conjunto con las licencias de espectro en la que el operador opere y provea el servicio de conectividad a las cámaras, alarmas y sensores que se necesitarán. Es decir, que haya armonización entre las necesidades de seguridad pública, medición de condiciones ambientales, sensores de congestión vehicular y emisión de alarmas, con la provisión de servicios de telecomunicaciones fiables de banda ancha y cobertura, donde todos los actores ganan incluida la ciudadanía.

Es así como para el plan planteado se tendrán en cuenta las mejores prácticas internacionales que desde el marco normativo actual permite que los beneficios que conlleva la implementación de 5G, sean una realidad que maximice el bienestar de los ciudadanos así como la disminución de las cargas administrativas que los retos antes identificados puedan tener.

6. Definición del Plan 5G

Con el fin de plantear los lineamientos para la implementación y despliegue de 5G en el país, se define este Plan estableciendo los objetivos y estrategias de política a desarrollarse en el cuatrienio. Partiendo de los insumos generados del análisis realizado en los capítulos

anteriores, a continuación se presentan el objetivo general, los objetivos específicos y las principales acciones que permitirán el despliegue de 5G en el país.

6.1. Objetivo General

Establecer los lineamientos de política pública y las estrategias para el despliegue de la tecnología 5G en el país.

6.2. Objetivos Específicos

1. Identificar los retos en materia de política pública, regulatorios, o normativos para habilitar el despliegue y masificación de la tecnología 5G.
2. Promover la actualización de las políticas públicas, y del marco normativo y regulatorio para el adecuado despliegue y masificación de la tecnología 5G.
3. Estimular la demanda de aplicaciones y servicios que requieran las características ofrecidas por la tecnología 5G.
4. Identificar los lineamientos de seguridad digital para los nuevos modelos de negocio sobre la tecnología 5G.

6.3. Plan de Acción

6.3.1. Identificar los retos en materia de política pública, regulatorios, o normativos para habilitar el despliegue y masificación de la tecnología 5G

A continuación, se presentan las estrategias para identificar los retos que deben superarse para habilitar e incentivar el despliegue de la tecnología 5G en el país. Para esto, se realizará un diagnóstico de las necesidades de intervención en materia de política pública, regulatoria, y normativa, asociados al despliegue de la tecnología 5G. Se realizará también la identificación de las bandas de espectro radioeléctrico necesarias para el eficiente despliegue de estas redes. Así mismo, se desarrollarán pilotos de despliegue de esta tecnología, para obtener información y datos sobre el funcionamiento de la misma en el país. El uso de esta información mejorará el conocimiento para el diseño de las posteriores estrategias.

Línea de acción 1.1. Identificar las necesidades de espectro radioeléctrico

El Ministerio de TIC, con apoyo de la Agencia Nacional del Espectro (ANE), identificará la demanda de espectro necesaria en las bandas de frecuencia descritas en la sección “2.3.



Espectro 5G”, inferiores a 1 GHz, de 1-6 GHz y por encima de 6 GHz, teniendo en cuenta todas las necesidades de los diversos casos de uso que pueden presentarse. Así mismo, realizará también la planeación detallada de estas bandas, para satisfacer las necesidades de espectro identificadas en las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones, con el fin de asegurar la disponibilidad de las mismas para el eficiente despliegue de la tecnología 5G. Esta acción deberá ser finalizada en el segundo trimestre de 2020.

El Ministerio de TIC, con el apoyo técnico de la ANE, continuará identificando bandas de frecuencia para las redes de transporte que soportan las redes 5G, tal como la Banda E, que surgió como una solución que optimiza el despliegue de la infraestructura de transporte, y que ofrece ventajas como mayores velocidades de transmisión de datos y menor riesgo de interferencias.

La ANE diseñará y presentará al Ministerio de TIC un plan de liberación de las bandas de frecuencias identificadas en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019. Con este plan, se determinarán las condiciones técnicas de utilización de las mismas en los futuros procesos de asignación. Lo anterior deberá estar terminado antes del segundo trimestre de 2020.

Línea de acción 1.2. Realizar pilotos de la tecnología 5G

Con el fin de plantear un camino claro para el despliegue adecuado y oportuno de la tecnología 5G, así como para validar los beneficios de ésta en sectores verticales, incluidos el sector público, las empresas y los consumidores en el país, el Ministerio de TIC, en conjunto con la industria, desarrollará pruebas pilotos que permitan, en un ambiente controlado, obtener la información necesaria que facilite el diseño de estrategias y normas que garanticen la seguridad jurídica y de las inversiones.

Para desplegar estos pilotos de manera ordenada, temporal, libre de interferencias y viable jurídicamente, se ejecutarán las siguientes actividades:

- I. Establecer soporte jurídico para realizar piloto 5G
- II. Convocar a interesados a través de manifestaciones de interés
- III. Definir necesidades y objetivos del piloto (espectro, infraestructura, tecnologías emergentes, etc.)
- IV. Establecer listado de criterios mínimos a medir en el piloto de 5G
- V. Definir posibles lugares para piloto de 5G
- VI. Establecer condiciones de participación en piloto de 5G
- VII. Publicar convocatoria para interesados
- VIII. Resultados convocatoria
- IX. Expedición de actos administrativos para pruebas
- X. Ejecución de los pilotos
- XI. Entregar resultados de los pilotos
- XII. Elaborar conclusiones y propuesta de pasos a seguir

Lo anterior, permitirá dar certeza sobre la funcionalidad, gestión y rendimiento de la tecnología 5G en el país. También facilitará una implementación pre-comercial con usuarios

reales y con dispositivos comerciales, contando con un sistema completo, y donde se podrá valorar la percepción y evaluación de los usuarios.

La Resolución para manifestaciones de interés a estos pilotos se expedirá en el segundo semestre de 2019. Así mismo, en febrero de 2020 se dará apertura a la convocatoria para participar en estos pilotos, cuya ejecución se realizará durante el 2020. Los resultados y conclusiones finales, así como propuestas de pasos a seguir se obtendrán para el último trimestre de 2020.

Línea de acción 1.3: Identificar barreras para el despliegue y operación de las redes 5G

El Ministerio de TIC, en conjunto con la ANE, identificará las barreras y desafíos que puedan desincentivar el despliegue y masificación de la tecnología 5G, tanto en el ámbito nacional como territorial.

Así mismo, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) identificará posibles barreras regulatorias para el despliegue, operación y comercialización de las redes 5G, a más tardar en el cuarto trimestre del 2020.

6.3.2. Promover la actualización de las políticas públicas, y del marco normativo y regulatorio para el adecuado despliegue y masificación de la tecnología 5G

A continuación, se presentan las acciones encamindadas a la actualización de las políticas públicas, y del marco normativo y regulatorio asociado al despliegue y operación de las redes 5G. Estas acciones generarán un entorno de desarrollo de industria que habilite y facilite la masificación de esta tecnología en todo el país. De igual forma, se definirán las características técnicas y de calidad que deben ser ofrecidos por los servicios 5G.

Línea de acción 2.1. Definir un nuevo modelo de administración de espectro para facilitar y agilizar el despliegue de la tecnología 5G

El Ministerio de TIC, con la asesoría técnica de la ANE, definirá y evaluará nuevos modelos de administración de espectro, para la asignación de este recurso, teniendo en cuenta que esta tecnología será demandada por diferentes actores (PRST, academia, empresas de diferentes sectores de la economía, etc.). Lo anterior, con el fin de responder, a los avances técnicos y tecnológicos, y a la alta demanda que trae consigo las redes 5G. Esta acción deberá ser finalizada el segundo trimestre de 2021.



Línea de acción 2.2. Establecer las características técnicas y de calidad que deben ofrecer los servicios de telecomunicaciones móviles

Teniendo en cuenta los resultados que arroje el diagnóstico de las redes móviles actuales, elaborado por la Comisión de Regulación de Comunicaciones, esta entidad elaborará un estudio que genere las bases e insumos para la futura actualización de los regímenes de calidad del servicio de telefonía móvil, de protección de usuarios, y demás que considere pertinentes. Esta actualización deberá tener en cuenta que sobre un ecosistema de redes 5G, los usuarios van más allá de las personas, siendo también cualquier dispositivo de IoT, como vehículos, drones, maquinas en general, entre otros. Este estudio deberá estar terminado antes del cuarto trimestre de 2020.

Línea de acción 2.3. Actualizar los topes de espectro para habilitar el despliegue de redes 5G en todo el país

El Ministerio de TIC, con el apoyo técnico de la ANE, evaluará los topes de espectro radioeléctrico vigentes y elaborará una propuesta para su actualización, con el fin de habilitar el despliegue de la tecnología 5G en todo el país. Para ello, tendrá en cuenta las condiciones actuales del mercado, las proyecciones de crecimiento de la demanda de servicios y las bandas de espectro disponibles, entre otros. Con esta propuesta se expedirá el Decreto para fijar los nuevos topes de espectro para servicios móviles terrestres. Esta acción deberá estar terminada para el tercer trimestre de 2020.

Línea de acción 2.4. Actualizar y divulgar las estrategias para remover las barreras al despliegue de la infraestructura para la tecnología 5G

La CRC revisará y actualizará el código de buenas prácticas para el despliegue de redes de comunicaciones. Este código será una herramienta de apoyo y consulta para las administraciones locales, para incentivar y facilitar el adecuado despliegue de infraestructura para 5G en Colombia. Esta acción deberá estar terminada al finalizar el segundo trimestre de 2020.

El Ministerio de TIC, en conjunto con la ANE y la CRC, adelantará actividades de divulgación y capacitación a los entes territoriales, especialmente en temas relacionados con el funcionamiento de las tecnologías móviles y límites de exposición de personas a campos electromagnéticos, a partir de 2020. Así mismo, vinculará a otras entidades del Estado colombiano como el Ministerio de Cultura, de Salud y Protección Social, de Comercio, Industria y Turismo, de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, y el de Transporte, para lograr una mayor armonización a nivel nacional en la masificación del ecosistema digital 5G.



Línea de acción 2.5. Actualización y revisión periódica de la normatividad y la regulación

El Ministerio de TIC realizará la revisión periódica de la normatividad asociada a la gestión del espectro radioeléctrico para la tecnología 5G, y el efecto de ésta en la masificación de las redes 5G. Así mismo, el Ministerio TIC, o la entidad correspondiente, actualizará la normatividad que pueda estar obstaculizando o retrasando el despliegue y masificación de la tecnología 5G.

El Ministerio de TIC, con el apoyo técnico de la ANE, en el primer trimestre del 2020, definirá el procedimiento para realizar pruebas técnicas en ensayos, pilotos, experimentos, demostraciones o validaciones funcionales sobre dispositivos de radio, y redes de telecomunicaciones. Esta acción permitirá validar la funcionalidad y futura oferta comercial de las redes 5G.

Así mismo, para el febrero de 2020, se realizará el análisis y actualización del régimen de contraprestaciones para el uso del espectro en este tipo de pruebas, facilitando el acceso a este recurso por parte de todos los interesados.

Por otra parte, el Ministerio de TIC revisará y actualizará la normatividad relacionada con el registro único de TIC, eliminando las barreras que ésta pueda presentar para las pruebas que la industria requiera realizar y generando seguridad jurídica en el ambiente de pilotos de la tecnología 5G. Esta acción se realizará a más tardar en el mes de febrero de 2020.

La CRC incluirá dentro todo el ciclo de mejora regulatoria, y de los análisis expost realizados a la regulación expedida, criterios de evaluación asociados a la remoción de barreras y fomento de las redes 5G. Especialmente, tendrá en cuenta todo lo relacionado con el seguimiento a los niveles de calidad, protección de los usuarios, homologación de equipos y despliegue de infraestructura. Estos resultados serán tenidos en cuenta para actualizar, siempre que sea necesario, la regulación correspondiente.

La ANE revisará y actualizará las normatividad sobre la exposición de las personas a los campos electromagnéticos, teniendo en cuenta las características de las nuevas estaciones radioeléctricas utilizadas para las redes 5G. Deberá tener en cuenta también, la definición de los procedimientos y parámetros para la supervisión y evaluación del cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos.

6.3.3. Estimular la demanda y oferta de aplicaciones y servicios que requieran de las características ofrecidas por la tecnología 5G

A continuación, se presentan las estrategias encaminadas a estimular la demanda de aplicaciones y servicios que requieran de las características técnicas ofrecidas por la tecnología 5G.



Línea de acción 3.1. Impulsar el desarrollo de aplicaciones o casos de uso en 5G

El Ministerio de TIC, a través del programa Apps.co, impulsará el desarrollo de aplicaciones o casos de uso basados en 5G, así como descubrimientos de nuevos modelos de negocio que requieran de las características técnicas ofrecidas por esta tecnología. Para ello, realizará convocatorias en emprendimientos sobre Apps que permitan la validación de las nuevas capacidades, y que incluyan velocidades de descarga mayores a 100 Mbps y hasta 20 Gbps, baja latencia, y alta confiabilidad, priorizando sectores como salud, educación y defensa. Estas convocatorias se desarrollarán a partir del tercer trimestre del 2020.

Línea de acción 3.2. Identificar incentivos a la demanda de modelos de negocios que requieran las redes 5G

El Ministerio de TIC realizará un análisis de los esquemas de incentivos que promuevan el uso y apropiación de la tecnología 5G, teniendo en cuenta los casos de uso de cada sector de la industria. Tomará, también, como uno de los insumos, los resultados de la Línea de Acción 1.2. Esta acción deberá estar finalizada en el primer trimestre del 2021.

Con base en lo anterior, el Ministerio de TIC diseñará una estrategia de apropiación de la tecnología 5G en los sectores productivos del país, tanto a nivel nacional como regional, con el fin de estimular la demanda de aplicaciones y servicios que requieran de las características ofrecidas por la tecnología 5G. Esta acción deberá ser finalizada segundo trimestre de 2021.

Así mismo, el Ministerio de TIC creará un programa de acompañamiento a las empresas, alcaldías y gobernaciones que quieran beneficiarse de los servicios y aplicaciones de la tecnología 5G. Lo anterior, con base en los resultados de los pilotos realizados según la línea de acción 1.2. Ese acompañamiento estará enfocado en divulgar las buenas prácticas para la adopción de las redes 5G. Este programa estará listo en el primer trimestre de 2021.

6.3.4. Identificar los lineamientos de seguridad digital para los nuevos modelos de negocio digital sobre la tecnología 5G

De acuerdo con las medidas internacionales en seguridad digital, se hace necesario realizar un diagnóstico en esta materia, vinculado al despliegue de los servicios que permitirá la tecnología 5G. Para ello, se llevará a cabo un análisis de vulnerabilidades, que garantice integridad en el tráfico de los datos, el terminal, el almacenamiento y procesamiento de la información.



Línea de acción 4.1. Definir los lineamientos de gestión y análisis de riesgos asociados a la tecnología 5G

Se definirá, en el Plan Sectorial de Protección y Defensa para la Infraestructura Crítica Cibernética de Colombia – Sector TIC, una línea estratégica enfocada hacia infraestructuras 5G, que permita contar con un plan que defina los lineamientos para la gestión y análisis de riesgos (amenazas físicas y lógicas), modelo de gestión y el criterio que se va a utilizar para la aplicación de medidas de seguridad adecuadas. Se tendrá en cuenta que dicha tecnología acelerará la conectividad entre los recursos de infraestructura crítica. Esta línea de acción estará a cargo del Ministerio de TIC, con el apoyo del Ministerio de Defensa, con fecha límite al primer trimestre de 2020.

Línea de acción 4.2 Promover modelos de supervisión de seguridad y gobernanza interna frente a las nuevas tecnologías

El Ministerio de TIC promoverá modelos de supervisión de seguridad y gobernanza interna en para el adecuado uso de las redes 5G. Así mismo, promoverá la aplicación de los marcos regulatorios vigentes y sistemas de evaluación asociados a la seguridad de los datos y la información. Para ello, tendrá en cuenta análisis que sean tecnológicamente neutrales, y basados en riesgos y evidencias.

Línea de acción 4.3 Capacitar ciudadanos en el uso adecuado de las nuevas tecnologías

El Ministerio de TIC realizará jornadas de divulgación y formación a la ciudadanía y entidades públicas sobre cómo hacer uso adecuado de las nuevas tecnologías, principalmente las redes de 5G, con el fin de preservar la confianza y la seguridad en el ecosistema digital. Esta acción comenzará a ejecutarse en el primer trimestre del 2021.

6.4. Cronograma – Grandes Hitos

Gráfica 22 Cronograma Plan 5G



CMR -19: Conferencia Mundial de Radio 2019



Bibliografía

- ANATEL. (2018). *Regulatory Roadmap for 5G in Brazil*. Brasilia.
- AP. (2019, Febrero 11). *AP Explica: La gran promesa de 5G... y los riesgos*. Retrieved from <https://www.apnews.com/>:
<https://www.apnews.com/e237945c4520455d89c03d688355f483>
- BMVI. (2017). *5G Strategy for Alemania: A scheme to promote the development of Alemania to become*. Berlin. Retrieved from https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/5g-strategy-for-Alemania.pdf?__blob=publicationFile
- CEPAL. (2016). *Estado de la Banda Ancha en América Latina y el Caribe 2016. NacionesUnidas con el apoyo de la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ)*.
- CONPES. (2011). *LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PARA CIBERSEGURIDAD Y CIBERDEFENSA*. Bogotá. Retrieved Marzo 21, 2019, from <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3701.pdf>
- CONPES. (2016). *POLÍTICA NACIONAL DE SEGURIDAD DIGITAL*. Bogotá. Retrieved Marzo 29, 2019, from <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3854.pdf>
- Counter Point Research. (2019). *CounterPoint*. Retrieved from CounterPoint: <https://www.counterpointresearch.com/global-smartphone-share>
- CRC. (2016). *Resolución 5076*.
- CULLEN. (2019). *Telecoms 5G cybersecurity*. Retrieved from <https://www.cullen-international.com/product/documents/TRECEU20190003>
- Department for Culture, Media & Sport. (2017). *Next Generation Mobile Technologies: A 5G strategy for the UK*. HM Treasury, London.
- DNP. (2018). *Colombia productiva y sostenible. Un propósito de todos*. Bogotá: DNP.
- El Periódico. (2019, Marzo 26). Bruselas lanza un plan para redoblar la seguridad del 5G. Bruselas. Retrieved from <https://www.elperiodico.com/es/economia/20190326/bruselas-lanza-un-plan-para-redoblar-la-seguridad-del-5g-7375299>
- European Commission. (2016). *5G for Europe: An Action Plan*. Brussels.
- European Commission. (2016). *Identification and quantification of key socio-economic data to support strategic planning for the introduction of 5G in Europe*. European Union.



- European Commission. (2018). Digital Transition. Retrieved from <https://ec.europa.eu/futurium/en/digital-transition/better-regulation-action-14-development-5g-regulation-enable-local-micro>
- FCC. (2018). *The FCC's 5G FAST Plan*. Washington.
- FORBES. (2017, Agosto 15). Gartner's Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017 Adds 5G And Deep Learning For First Time. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2017/08/15/gartners-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017-adds-5g-and-deep-learning-for-first-time/#24bb757a5043>
- GSMA. (2014). *Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile*. Londres: GSMA. Retrieved from <https://www.gsma.com/futurenetworks/volte/understanding-5g-perspectives-on-future-technological-advancements-in-mobile-gsmai-report-3/>
- GSMA. (2016). *Espectro 5G: Posición de la GSMA sobre políticas públicas*. London. Retrieved from <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2017/02/Espectro-5G-Posici%C3%B3n-de-la-GSMA-sobre-pol%C3%ADticas-p%C3%BAblicas.pdf>
- GSMA. (2017). *Espectro Radioeléctrico: Precios eficientes para una mejor calidad y mayor asequibilidad de los servicios móviles*. LONDRES: GSMA. Retrieved from <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2018/12/Effective-Spectrum-Pricing-Summary-Spanish-Web.pdf>
- GSMA. (2019). *The Mobile Economy*. London, UK.
- IEEE. (2018). *Big Data Analytics in 5G*. IEEE. Retrieved from <https://futurenetworks.ieee.org/images/files/pdf/applications/Data-Analytics-in-5G-Applications030518.pdf>
- IFT. (2019). *Panorama del espectro radioeléctrico en México para servicios móviles de quinta generación*. Retrieved from <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/panoramadelespectroradioelectricoenmexicopara5g.pdf>
- IoT Analytics. (2017, Marzo 21). New Report Indicates US\$11 Billion Predictive Maintenance Market By 2022, Driven By IoT Technology And New Services. Hamburgo, Alemania. Retrieved from <https://iot-analytics.com/report-us11-billion-predictive-maintenance-market-by-2022/>
- La Nación. (2016, Febrero 7). *Educación e innovación*. Retrieved Marzo 8, 2019, from <https://www.nacion.com/: https://www.nacion.com/opinion/columnistas/educacion-e-innovacion/HCJGTVMWSZCOHDS7E6IAAT7TXQ/story/>
- La República. (2019). *La República*. Retrieved from La República: <https://www.larepublica.co/Internet-economy/samsung-apple-y-huawei-las-marcas-de-celulares-mas-vendidas-2822540>



MINETAD. (2017). *Consulta pública sobre el Plan Nacional de 5G*. Madrid. Retrieved from <https://avancedigital.gob.es/es-ES/Participacion/Paginas/Cerradas/plan-nacional-5G.aspx>

MINETAD. (2017). *Plan Nacional 5G: 2018-2020*. MINISTERIO DE ENERGÍA, TURISMO Y AGENDA DIGITAL, Madrid. Retrieved from https://avancedigital.gob.es/5G/Documents/plan_nacional_5g.pdf

MinTIC. (2018, Mayoo). *Colombia TIC*. Retrieved from <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-100444.html>:
<https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-100444.html>

MinTIC. (2019, Junio). <http://www.siust.gov.co/>. Retrieved from <http://www.siust.gov.co/>:
<http://www.siust.gov.co/siic/publico/terminal-homologada>

OECD. (2018). *The Road to 5G Networks Experience to Date and Future Developments*. COMMITTEE ON DIGITAL ECONOMY POLICY .

OECD. (2019). <https://www.oecd.org>. Retrieved from <https://www.oecd.org>:
<https://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/>

Portafolio. (2018). *Portafolio*. Retrieved from Portafolio:
<https://www.portafolio.co/negocios/empresas/asi-se-reparte-la-torta-en-el-mercado-de-celulares-en-colombia-521967>

SUBTEL. (2018). *Consulta Publica Plan 5G*. Santiago. Retrieved from https://www.subtel.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/Consulta_Publica_Plan_5G.pdf

UIT. (2015). *Recomendación UIT-R M.2083-0. Concepción de las IMT – Marco y objetivos generales del futuro desarrollo de*. Ginebra.

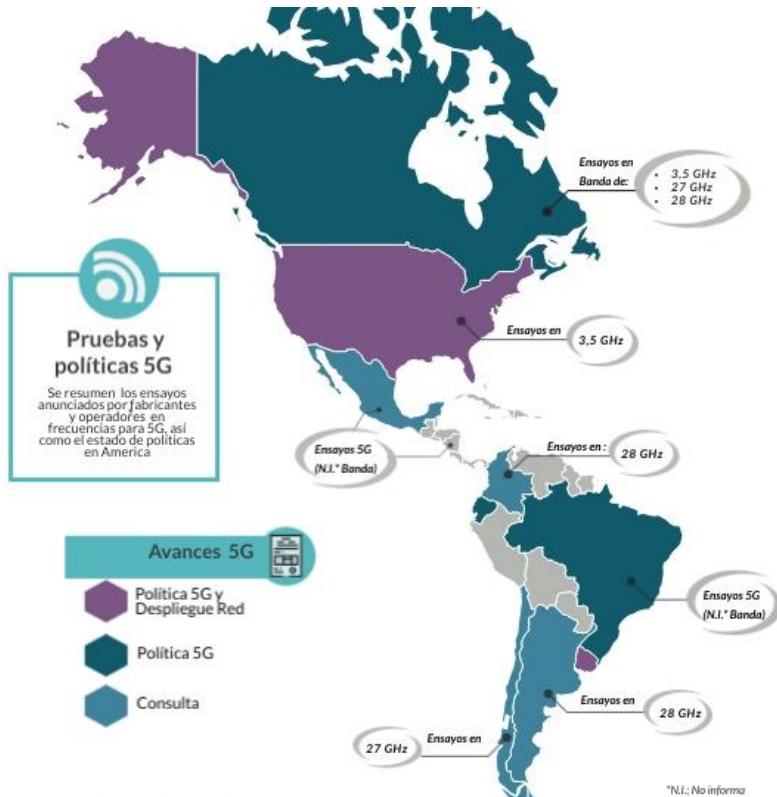
UIT. (2018). *Sentando las bases para la 5G: Oportunidades y desafíos*. Ginebra. Retrieved from https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.5G_01-2018-PDF-S.pdf

Welivesecurity. (2018, Marzo 6). *Tecnología 5G: la próxima generación en conectividad móvil*. Retrieved from <https://www.welivesecurity.com>:
<https://www.welivesecurity.com/la-es/2018/03/06/mobile-world-congress-introduciendo-el-5g/>



Anexo 1. Pilotos 5G

Gráfica 23 Pilotos 5G - América Latina



Fuente: Elaboración propia con datos de Cullen International

Tabla 6 Ejemplos pruebas 5G

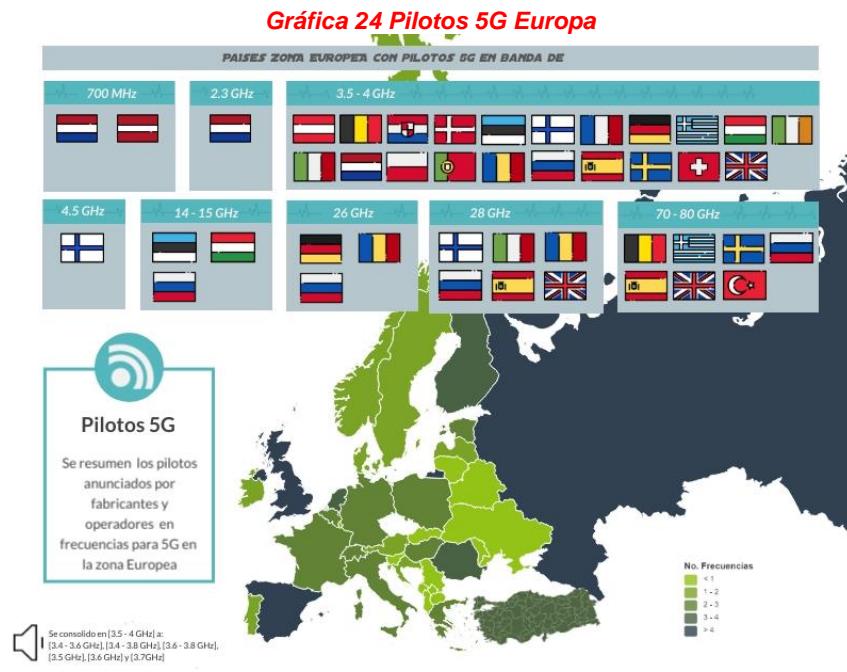
País	Ejemplos relevantes de Pruebas
Argentina	Pruebas 5G de Ericsson y Movistar: Lugar: Ciudad de Buenos Aires. Espectro usado: 28 GHz. Solución usada: Prueba de banda ancha en 28 GHz. Velocidad: 20 Gbps
Brasil	Vivo y Claro, en asociación con Ericsson
Canadá	Pruebas 5G en 2016: Bell y Nokia 5G Telus y Huawei Pruebas 5G en 2018: Bell y Huawei 5G Rogers y Ericsson Shaw y Nokia CableLabs y Rohde & Schwarz. El gobierno Nacional y el gobierno federal de Ontario y Quebec anunciaron una inversión de 0.20 billones de dólares canadienses (US\$0.15bn) para alianzas público privadas para proyectos de investigación 5G.



Chile	De acuerdo con los informes, en diciembre de 2017, Claro Chile y Nokia realizaron la primera demostración de 5G en América Latina utilizando la banda de 27 GHz (obteniendo un downlink de 9 Gbps). Entel y Telefónica Chile se asociaron con Ericsson para preparar sus redes para los servicios 5G
Colombia	Prueba de Huawei y Tigo-UNE 5G (comunicado de prensa): Solución utilizada: MIMO masivo Velocidad de banda ancha: 640 Mbps (interior) Prueba de Nokia y Claro 5G (comunicado de prensa): Velocidad de banda ancha: 10 Gbps. Prueba Movistar Colombia y Ericsson 5G. Velocidades de banda ancha: entre 27 y 31 Gbps (comunicado de prensa). Telefónica anunció el lanzamiento de una red 4.5G en 129 ciudades.
Costa Rica	Algunos operadores, como Claro, anunciaron pilotos desde 2019.
México	Según los informes, América Móvil ha estado realizando pruebas de 5G en México desde 2016. No hay más detalles disponibles.
United States	Desde 2017, los operadores más grandes han estado realizando pruebas para grandes anchos de banda con espectro para 5G. Se han realizado varias pruebas también en la banda de 3.5 GHz por T-Mobile, US Cellular (pendiente de aprobación de la FCC), Google y otros. Algunos operadores también adquirieron espectro de ondas milimétricas a través de adquisiciones de empresas y / o la subasta de espectro de 28 GHz (Flash). Los primeros despliegues comerciales están en curso.

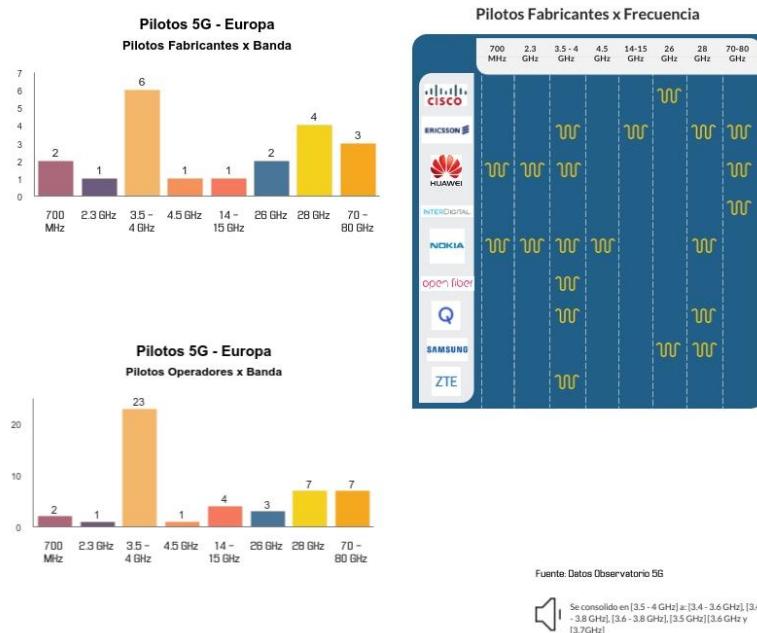
Fuente: Cullen International

Pilotos 5G Europa



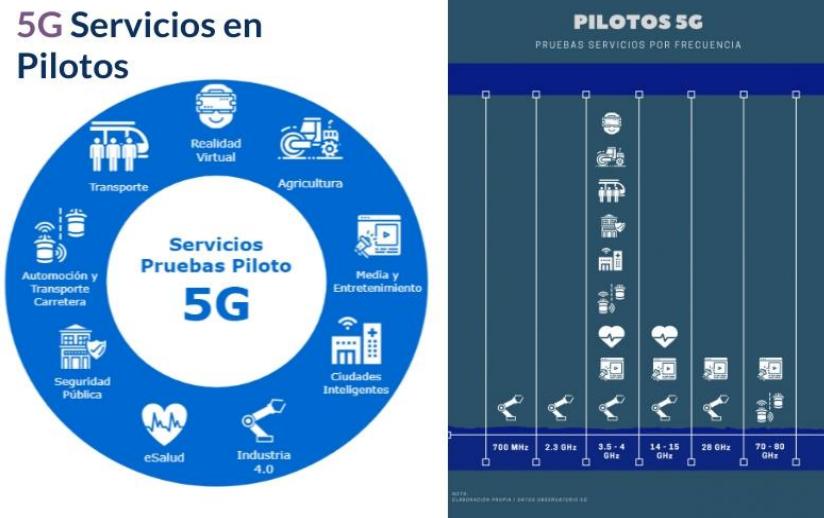


Gráfica 25 Pilotos por fabricante



Fuente: Elaboración propia con Datos de Observatorio 5G

Gráfica 26 Pilotos por servicio



Fuente: Elaboración propia con Datos de Observatorio 5G

Tabla 7 Pilotos 5G - Europa

País	Fecha de Anuncio	Operadores	Fabricante	Frecuencias	Vertical	Stakeholder adicionales	Funcionalidades Pruebas 5G
Alemania	Mayo-18	Deutsche Telekom	Huawei	3.6 - 3.8 GHz			
Alemania	Febrero 2018	Deutsche Telekom	University of Dresden		Energía		



País	Fecha de Anuncio	Operadores	Fabricante	Frecuencias	Vertical	Stakeholder adicionales	Funcionalidades Pruebas 5G
Alemania	Enero 2018	Deutsche Telekom	Huawei			Intel	
Alemania	Octubre 2017	Deutsche Telekom	Huawei	3.4 - 3.8 GHz	Medios y entretenimiento		Funciones de radiodifusión y Streaming
Alemania	Febrero 2017	Telefónica	Huawei	3.4 - 3.8 GHz		Deutsche Telekom	Funciones de radiodifusión y Streaming
Alemania	Febrero 2017		Huawei		Automóviles y Transporte por Carreteras		
Alemania	Febrero 2017	Deutsche Telekom	Ericsson			SK Telecom	Redes virtuales dirigidas
Alemania	Diciembre 2016		Ericsson		Medios y entretenimiento Transporte	Airbus, KTH, Create-Net	Redes virtuales dirigidas, funciones de computación en la nube y Edge, Funciones habilitadoras de IOT, Funciones de radiodifusión y Streaming
Alemania	Diciembre 2016	Deutsche Telekom	Huawei		Industria 4.0		Redes virtuales dirigidas, funciones de computación en la nube y Edge, Funciones habilitadoras de IOT, Funciones de radiodifusión y Streaming
Alemania	Octubre 2016	Vodafone	Huawei	3.4 - 3.8 GHz	Medios y entretenimiento		
Alemania	Julio 2016	Deutsche Telekom	Nokia		Medios y entretenimiento	Departamento de Senado para Economía, Tecnología e Investigación, Alemania	
Alemania	Abrial 2016	Telefónica	Ceragon Ericsson Huawei NEC SIAE Tech Mahindra Wipro			Deutsche Telekom, AT&T	Programabilidad de redes de transporte inalámbricas a través de modelos de información estándar (1er PoC)
Alemania	Febrero 2015		Huawei		eHealth		
Alemania	Septiembre 2018	Telefónica	Samsung	26 GHz			
Alemania	Octubre 2018	Telefónica	Samsung	26 GHz			



País	Fecha de Anuncio	Operadores	Fabricante	Frecuencias	Vertical	Stakeholder adicionales	Funcionalidades Pruebas 5G
Alemania	Noviembre 2018	Vodafone	Ericsson Intel				
Austria	Febrero 2018	T-Mobile	Huawei	3.4 - 3.8 GHz			
Austria	Diciembre 2016	3	ZTE				
Austria	Julio 2018	3	ZTE				
Belgica	Abril 2018	Proximus	Huawei	3.5 GHz			
Belgica	Junio 2017	Telenet	ZTE				
Belgica	Noviembre 2016	Proximus	Huawei	70 - 80 GHz	Automóviles y Transporte por Carreteras Medios y entretenimiento		Funciones de radiodifusión y Streaming
Belgica	Septiembre 2018	Orange	Nokia	3.5 GHz			
Bulgaria	Febrero 2018	Mtel			Medios y entretenimiento Realidad virtual		
Croacia	Noviembre 2017	VIPnet		3.4 - 3.8 GHz		Ciudad de Jastrebarsko	
Croacia	Julio 2018	VIPnet		3.4 - 3.8 GHz		HAKOM	
Dinamarca	Mayo 18	TDC	Huawei	3.4 - 3.8 GHz			
Dinamarca	Agosto 2018	Telia					
Dinamarca	Diciembre 2018	Telia	Ericsson				
España	Julio 2018	Telefónica	Ericsson Nokia	28 GHz			
España	Abril 2018	Telefónica	Ericsson	3.4 - 3.8 GHz	Automóviles y Transporte por Carreteras		
España	Febrero 2018	Vodafone	Huawei	3.7 GHz			
España	Febrero 2018	Orange		3.5 GHz			
España	Febrero 2018	Telefónica	Huawei		Medios y entretenimiento		
España	Febrero 2018	Telefónica	Huawei		Automóviles y Transporte por Carreteras		
España	Enero 2018	Telefónica	Nokia			Ericsson	
España	Diciembre 2017	Telefónica	Ericsson		Medios y entretenimiento	FITUR, IFEMA	Funciones de computación en la nube y Edge
España	Noviembre 2017	Telefónica			Automóviles y Transporte por Carreteras Industria 4.0	ASTI, 5TONIC	Aplicación de funciones específicas
España	Octubre 2017	Telefónica	ZTE				



País	Fecha de Anuncio	Operadores	Fabricante	Frecuencias	Vertical	Stakeholder adicionales	Funcionalidades Pruebas 5G
España	Septiembre 2017	Orange	Ericsson	28 GHz			Funciones de radiodifusión y Streaming, Funciones habilitadoras de IOT
España	Septiembre 2017	Telefónica	InterDigital	70 - 80 GHz			
España	Enero 2017		Cisco Ericsson HPE Huawei Lenovo			Canonical, Rift.io, RedHat, ADVA, Mahindra Comviva, Fortinet, F5, A10 Networks, etc.	Redes virtuales dirigidas, funciones de computación en la nube y Edge, Funciones habilitadoras de IOT, Funciones de radiodifusión y Streaming
España	Febrero 2016	Telefónica	Nokia				Acceso heterogéneo a redes
España	Diciembre 2016	Telefónica	ZTE				Acceso heterogéneo a redes
España	Noviembre 2016	Telefónica	Huawei				Funciones de radiodifusión y Streaming
España	Noviembre 2015		Ceragon Coriant Ericsson Huawei NEC SIAE				Programabilidad de redes de transporte inalámbricas a través de modelos de información estándar (1er PoC)
España	Julio 2018	Vodafone	Huawei	3.4 - 3.8 GHz			
España	Septiembre 2018	Vodafone	Huawei	3.7 GHz			
España	Octubre 2018	Orange			Automóviles y Transporte por Carreteras Industria 4.0 Transporte Realidad virtual		
España	Noviembre 2018	Telefónica	Nokia Teldat		Medios y entretenimiento Transporte	Avanza, la Ciudad de Segovia	
España	Febrero 2019	Vodafone	Huawei	3.4 - 3.8 GHz			
España	Abri 2019	Orange	ZTE				
España	Mayo-19	Vodafone	Ericsson Huawei		Agricultura eHealth Ciudades		Agricultura, salud, Ciudades inteligentes, seguridad y



País	Fecha de Anuncio	Operadores	Fabricante	Frecuencias	Vertical	Stakeholder adicionales	Funcionalidades Pruebas 5G
					inteligentes Turismo		defensa, economía y cultura digital, transformación digital, y Turismo
España	Mayo-19	Telefónica	Ericsson Nokia Telnet		Automóviles y Transporte por Carreteras Drones eHealth Acceso fijo inalámbrico		Drones, vehículos conectados, Acceso fijo inalámbrico (FWA) and salud
Estonia	Septiembre 2017	Telia	Ericsson Intel		Ciudades inteligentes Transporte		Puerto de la ciudad de Tallinn
Estonia	Octubre 2016	Telia	Ericsson	15 GHz	eHealth Industria 4.0		Funciones de radiodifusión y Streaming
Estonia	Agosto 2016	Tele2	Nokia				
Estonia	Marzo 2018	Elisa	Huawei	3.4 - 3.8 GHz			
Estonia	Septiembre 2018	Telia	Ericsson			Universidad de Taltech	
Finlandia	Abril 2018	Telia	Nokia	28 GHz	Industria 4.0	Intel	
Finlandia	Febrero 2018	Elisa	Huawei	3.5 GHz	Medios y entretenimiento		
Finlandia	Septiembre 2017	DNA	Omnitele				
Finlandia	Abril 2017	Elisa	Nokia	3.4 - 3.8 GHz	Medios y entretenimiento		
Finlandia	Marzo 2017		Nokia			Sprint	Redes virtuales dirigidas, funciones de computación en la nube y Edge
Finlandia	Septiembre 2016	Sonera	Nokia	4.5 GHz			Funciones de radiodifusión y Streaming
Finlandia	Agosto 2016	Elisa	Nokia		Automóviles y Transporte por Carreteras eHealth Industria 4.0 Medios y entretenimiento		
Finlandia	Septiembre 2018	Telia	Nokia	3.5 GHz			
Finlandia	Julio 2018	Elisa		28 GHz 3.4 - 3.8 GHz			



País	Fecha de Anuncio	Operadores	Fabricante	Frecuencias	Vertical	Stakeholder adicionales	Funcionalidades Pruebas 5G
Finlandia	Septiembre 2018	Telia	Nokia				
Francia	Julio 2018	Bouygues Telecom		3.4 - 3.8 GHz			
Francia	Mayo 18	SFR	Nokia	3.4 - 3.8 GHz			
Francia	Febrero 2018	Bouygues Telecom	Huawei	3.5 GHz			
Francia	Febrero 2018	Orange	Ericsson				
Francia	Octubre 2017			3.4 - 3.8 GHz			
Francia	Marzo 2017	Bouygues Telecom	Ericsson				
Francia	Febrero 2017	Orange	Huawei				Redes virtuales dirigidas, funciones de computación en la nube y Edge
Francia	Enero 2017	Orange	Ericsson Qualcomm		Automóviles y Transporte por Carreteras	PSA	Redes virtuales dirigidas
Francia	Enero 2017	Orange	Nokia		Automóviles y Transporte por Carreteras eHealth Industria 4.0 Ciudades inteligentes		Redes virtuales dirigidas, funciones de computación en la nube y Edge, Funciones habilitadoras de IOT, Funciones de radiodifusión y Streaming
Francia	Octubre 2016	Orange	Ericsson				
Francia	Julio 2018	Orange	Nokia	3.4 - 3.8 GHz			
Francia	Julio 2018	SFR		3.4 - 3.8 GHz			
Francia	Septiembre 2018		Nokia		Medios y entretenimiento	Francia TV	
Francia	Octubre 2018	Orange	Ericsson	3.4 - 3.8 GHz			
Francia	Noviembre 2018	Bouygues Telecom Orange		3.5 GHz			
Francia	Octubre 2018	SFR		3.5 GHz			
Francia	Diciembre 2018	Orange	Nokia				
Francia	Enero 2019	Bouygues Telecom	Ericsson Qualcomm	3.4 - 3.8 GHz			
Francia	Febrero 2019	Orange	Samsung				



País	Fecha de Anuncio	Operadores	Fabricante	Frecuencias	Vertical	Stakeholder adicionales	Funcionalidades Pruebas 5G
Grecia	Junio 2018	Cosmote	Nokia	3.4 - 3.8 GHz		EETT	
Grecia	Octubre 2017	Cosmote	Nokia	3.4 - 3.8 GHz	Medios y entretenimiento		
Grecia	Enero 2019	Deutsche Telekom	Ericsson	70 - 80 GHz			
Holanda	Agosto 2018	VodafoneZiggo					
Holanda	Agosto 2018	VodafoneZiggo	Nokia				
Holanda	Noviembre 2018	KPN	Huawei	2.3 GHz 3.5 GHz 700 MHz	Industria 4.0	Shell, ExRobotics, ABB, Accenture	
Holanda	Abril 2018	KPN	Huawei Nokia ZTE	3.5 GHz	Agricultura Automóviles y Transporte por Carreteras		
Holanda	Enero 2017	KPN Vodafone	Ericsson Huawei		Agricultura eHealth Energía Edificios Inteligentes Transporte	TNO, SURF	
Holanda	Diciembre 2018	KPN	Nokia	3.5 GHz	Medios y entretenimiento Ciudades inteligentes		
Holanda	Abril 2019	VodafoneZiggo	Ericsson	3.5 GHz			
Hungría	Octubre 2017	Magyar Telekom	Ericsson	15 GHz			
Hungría	Junio 2017	Magyar Telekom			Automóviles y Transporte por Carreteras		
Hungría	Septiembre 2018	Vodafone		3.5 GHz			
Irlanda	Febrero 2018	Vodafone	Ericsson	3.4 - 3.8 GHz 3.6 - 3.8 GHz			
Irlanda	Noviembre 2018	Vodafone	Ericsson				
Italia	Marzo 2018	TIM	Ericsson				
Italia	Mayo-18	TIM	Huawei	3.6 - 3.8 GHz	Automóviles y Transporte por Carreteras eHealth Industria 4.0 Medios y entretenimiento Seguridad Pública Ciudades inteligentes	Fastweb	



País	Fecha de Anuncio	Operadores	Fabricante	Frecuencias	Vertical	Stakeholder adicionales	Funcionalidades Pruebas 5G
					Transporte Realidad virtual		
Italia	Junio 2018	TIM	Nokia	28 GHz 3.4 - 3.8 GHz			
Italia	Marzo 2018	TIM	Huawei	3.4 - 3.8 GHz		Fastweb	
Italia	Febrero 2018	Fastweb	Ericsson	3.6 - 3.8 GHz	Transporte	Concejo de la ciudad de Roma	
Italia	Febrero 2018	TIM	Ericsson				
Italia	Diciembre 2017	TIM	Ericsson	28 GHz	Medios y entretenimiento		Funciones de radiodifusión y Streaming
Italia	Noviembre 2017	Vodafone	Huawei	3.4 - 3.8 GHz			
Italia	Octubre 2017	Wind Tre	Open Fiber	3.4 - 3.8 GHz	Ciudades inteligentes	Enel, ZTE, Estra, local universities and research centres	
Italia	Septiembre 2017	TIM	Huawei			Fastweb	
Italia	Enero 2016	TIM			Ciudades inteligentes		Municipio de Turin
Italia	Diciembre 2016	TIM	Altostar				Redes virtuales dirigidas, funciones de computación en la nube y Edge
Italia	Junio 2016	TIM	Ericsson				
Italia	Mayo 18	TIM	Nokia Qualcomm				
Italia	Noviembre 2018	Wind Tre	ZTE				
Italia	Enero 2019	Fastweb	Huawei		eHealth Industria 4.0 Seguridad Pública Utilities Inteligentes Transporte		



País	Fecha de Anuncio	Operadores	Fabricante	Frecuencias	Vertical	Stakeholder adicionales	Funcionalidades Pruebas 5G
Italia	Diciembre 2018	TIM	Qualcomm		Automóviles y Transporte por Carreteras Industria 4.0 Medios y entretenimiento Transporte Realidad virtual		
Letonia	Diciembre 2017	Tele2	Nokia	700 MHz			
Letonia	Octubre 2017	Tele2	Nokia				
Letonia	Marzo 2017	Latvijas Mobilais Telefons	Nokia			Universidades Locales	
Lituania	Agosto 2016	Tele2	Nokia		Automóviles y Transporte por Carreteras eHealth Energía Industria 4.0 Medios y entretenimiento Ciudades inteligentes		Funciones de radiodifusión y Streaming
Noruega	Noviembre 2017	Telenor			Transporte	Kongsberg local government, Applied Autonomy (automated Transporte company) and Kongsberg Innovation	Aplicación de funciones específicas
Noruega	Septiembre 2017	Ice	Nokia				
Noruega	Marzo 2017	Telenor	Huawei	70 - 80 GHz	Medios y entretenimiento		Funciones de radiodifusión y Streaming
Noruega	Marzo 2017	Telenor	Huawei				
Noruega	Noviembre 2018	Telenor					
Polonia	Marzo 2018	Orange		3.5 GHz			
Polonia	Septiembre 2018	Orange	Huawei	3.4 - 3.6 GHz			
Portugal	Octubre 2017	Vodafone	Ericsson				
Portugal	Diciembre 2018		Huawei			Altice	
Portugal	Junio 2018	MEO	Huawei	3.6 GHz			
Portugal	Julio 2018	MEO	Huawei	3.6 GHz			



País	Fecha de Anuncio	Operadores	Fabricante	Frecuencias	Vertical	Stakeholder adicionales	Funcionalidades Pruebas 5G
Portugal	Noviembre 2018	MEO	Ericsson				
Reino Unido	Junio 2018	Vodafone					
Reino Unido	Junio 2018	EE		3.5 GHz			
Reino Unido	Diciembre 2017	Vodafone	Ericsson	3.4 - 3.8 GHz		King's College London	
Reino Unido	Noviembre 2017	EE	Huawei	3.4 - 3.8 GHz			
Reino Unido	Julio 2017	Arqiva	Samsung	28 GHz			Redes virtuales dirigidas
Reino Unido	Febrero 2017	Vodafone	Ericsson Qualcomm		Medios y entretenimiento	Qualcomm	Funciones de radiodifusión y Streaming
Reino Unido	Febrero 2016	EE	Huawei				Funciones habilitadoras de IOT, Técnicas mejoradas de seguridad y privacidad, Redes virtuales dirigidas, Funciones de radiodifusión y Streaming
Reino Unido	Octubre 2016	Vodafone			Automóviles y Transporte por Carreteras		Técnicas de Localización, Funciones habilitadoras de IOT
Reino Unido	Agosto 2016	EE	Nokia		Automóviles y Transporte por Carreteras eHealth Medios y entretenimiento		Funciones de radiodifusión y Streaming
Reino Unido	Julio 2016	Vodafone	Huawei	70 - 80 GHz	Automóviles y Transporte por Carreteras Medios y entretenimiento		
Reino Unido	Septiembre 2018	Vodafone			Medios y entretenimiento		
Reino Unido	Noviembre 2018	EE					



País	Fecha de Anuncio	Operadores	Fabricante	Frecuencias	Vertical	Stakeholder adicionales	Funcionalidades Pruebas 5G
Reino Unido	Diciembre 2018	Telefónica	Huawei				
Reino Unido	Abrial 2019	Vodafone					
Rumanía	Junio 2018	Orange	Cisco Samsung	26 GHz			
Rumanía	Mayo-18	RCS&RDS (Digi)	Ericsson		Medios y entretenimiento		
Rumanía	Febrero 2018	Orange	Samsung	28 GHz		Cisco	
Rumanía	Diciembre 2017	Orange	Huawei	3.4 - 3.8 GHz			
Rumanía	Junio 2017	Telekom Rumanía	Ericsson		Ciudades inteligentes		Redes virtuales dirigidas, funciones de computación en la nube y Edge
Rusia	Marzo 2018	MegaFon	Qualcomm	28 GHz			
Rusia	Febrero 2018	Rostelecom	Tattelecom			Megafon	
Rusia	Noviembre 2017	Rostelecom	Ericsson	3.4 - 3.8 GHz			
Rusia	Noviembre 2017	Rostelecom		3.4 - 3.8 GHz		Megafon	
Rusia	Octubre 2017	Rostelecom	Nokia				
Rusia	Junio 2017	MegaFon	Huawei	70 - 80 GHz			Funciones de radiodifusión y Streaming
Rusia	Abrial 2017	MTS	Ericsson	15 GHz	Medios y entretenimiento		Funciones de radiodifusión y Streaming, Funciones habilitadoras de IOT
Rusia	Enero 2017	VimpelCom	Huawei				
Rusia	Septiembre 2016	Tele2	Nokia		Automóviles y Transporte por Carreteras eHealth Ciudades inteligentes		Funciones de radiodifusión y Streaming
Rusia	Septiembre 2016	MTS	Nokia		Medios y entretenimiento		Funciones de radiodifusión y Streaming
Rusia	Septiembre 2016	MTS	Samsung				Funciones de radiodifusión y Streaming
Rusia	Septiembre 2018	MegaFon Rostelecom		26 GHz			



País	Fecha de Anuncio	Operadores	Fabricante	Frecuencias	Vertical	Stakeholder adicionales	Funcionalidades Pruebas 5G
San Marino	Julio 2017	TIM					
Suecia	Marzo 2018	Telia	Intel		Medios y entretenimiento	Ericsson	
Suecia	Octubre 2018		Ericsson Qualcomm	3.5 GHz			
Suiza	Marzo 2018	Swisscom	Ypsomed		Industria 4.0		
Suiza	Enero 2018	Salt	Nokia	3.4 - 3.8 GHz	Medios y entretenimiento		Funciones de radiodifusión y Streaming
Suiza	Diciembre 2017		Huawei	3.4 - 3.8 GHz	Medios y entretenimiento		Funciones de radiodifusión y Streaming
Suiza	Julio 2017	Swisscom	Ericsson				
Suiza	Septiembre 2018	Swisscom	Ericsson	3.4 - 3.8 GHz	Medios y entretenimiento		
Suiza	Noviembre 2018	Swisscom	Ericsson Qualcomm	3.5 GHz			
Turquía	Febrero 2018	Turkcell	Samsung				
Turquía	Junio 2017	Turkcell	Huawei	70 - 80 GHz			
Turquía	Marzo 2017	Turkcell	ZTE				
Turquía	Marzo 2017	Turk Telekom	Nokia		Energía Medios y entretenimiento Edificios Inteligentes Ciudades inteligentes		Funciones de radiodifusión y Streaming
Turquía	Marzo 2017	Turk Telekom	Huawei				
Turquía	Enero 2017	Turkcell	Ericsson	15 GHz			
Turquía	Octubre 2016	Vodafone		70 - 80 GHz			
Turquía	Agosto 2015		Huawei				
Turquía	Noviembre 2018	Turk Telekom Turkcell Vodafone				BTK	

Fuente: Observatorio 5G