5G para todos y todas: Recomendaciones para promover la adopción y masificación de 5G en América Latina[1]

Germán López Ardila
Legal and Regulatory Affairs Director – Colombian Chamber of IT and Telecoms (CCIT)
Academic Coordinator - Research Initiative on Digital Competition and E-Commerce (INCODI) - Pontificia Universidad Javeriana
Lecturer - Master on Legal Innovation and Legal Tech - Universidad Sergio Arboleda
Lecturer - Masters on ICT and Digital Ecosystem Regulation and Management – Universidad Externado
lopeza-german@javeriana.edu.co
german.lopez@ccit.org.co

Abstract

El objetivo de este escrito es identificar los desafíos que existen en los distintos países de América Latina y Caribe para materializar la adopción y masificación de tecnología 5G en la región. Una vez identificados y analizando mejores prácticas internacionales, se proponen soluciones, que pueden ser aplicadas por los gobiernos y autoridades de la región. Inspirado en el modelo de difusión de la curva de adopción de tecnología[2], se traza un paralelo con distintos momentos de adopción de tecnología 5G (teniendo en cuenta el nivel de adopción por parte de consumidores masivos y usuarios industriales). De esta manera, se establecen recomendaciones de políticas públicas que consideramos cruciales para poder avanzar de un escenario a otro de la adopción de la tecnología por parte de los usuarios de la región. Las recomendaciones de política pública identificada servirán para promover mejores prácticas para la masificación de 5G en la región.

Keywords

5G. Curva de adopción de tecnología. Políticas públicas

TABLA DE CONTENIDOS

1. Introducción: Importancia de la masificación 5G en América Latina

2. Propuesta metodológica: La curva de adopción de la innovación

2.1. Concepto

2.2. Relación entre los instrumentos de política pública y los desafíos identificados

2.3. Etapas de la curva de adopción y sus respectivos hitos regulatorios

3. Desafíos y recomendaciones de política pública y regulatorias para la masificación de 5G en América Latina

3.1. Acceso a Espectro Radioeléctrico (ERE)

3.1.1. Recomendaciones de políticas base respecto a espectro radioeléctrico

3.1.2. Recomendaciones de políticas tangenciales y primeras aplicaciones de 5G respecto a espectro radioeléctrico

3.2. Eliminación de barreras y promoción del despliegue de infraestructura de telecomunicaciones

3.2.1. Políticas base para la eliminación de barreras y promoción del despliegue de infraestructura de telecomunicaciones para 5G

3.2.2. Políticas tangenciales y primeras aplicaciones para la eliminación de barreras y promoción del despliegue de infraestructura para 5G

[1] Este trabajo se desarrolló como parte del Programa Junior Fellowship 2023 auspiciado por el Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina (cet.la) y el Centro Latam Digital (CLD)

[2] Rogers, E. (2003). Diffusion of Innovations. New York: Free Press.

3.3. Acceso y asequibilidad de equipos 5G

3.3.1. Política base para la promoción del acceso y asequibilidad a equipos 5G

3.3.2. Políticas tangenciales y primeras aplicaciones para la promoción del acceso y asequibilidad a equipos 5G

3.3.3. Políticas para la aceleración del acceso y asequibilidad a equipos 5G

3.3.4. Políticas para la masificación del acceso y asequibilidad a equipos 5G

3.4. Casos de negocio, rentabilidad y sostenibilidad financiera con 5G

3.4.1. Políticas base para la generación de casos de negocio, rentabilidad y sostenibilidad financiera con 5G

3.4.2. Políticas para la masificación de casos de negocio, rentabilidad y sostenibilidad financiera con 5G

3.5. Penetración ubicua de 5G y apagón de redes de 4G

4. Conclusiones

5. Referencias

1. INTRODUCCIÓN: IMPORTANCIA DE LA MASIFICACIÓN 5G EN AMÉRICA LATINA

La tecnología 5G promete revolucionar la forma en que interactuamos digitalmente, desde la forma en que utilizamos nuestros teléfonos inteligentes hasta cómo se conectan dispositivos de Internet de las Cosas (IoT), e incluso cómo se desarrollan las ciudades inteligentes. En América Latina, la masificación del 5G es un tema relevante que abarca tanto oportunidades como desafíos significativos.

Precisamente, el objetivo de este escrito será identificar los desafíos que existen en los distintos países de la región para materializar la adopción y masificación de esta tecnología en la región. Valga la pena mencionar que al momento, aparte de unas excepciones particulares (concretamente Chile y Brasil), los países de América Latina aún se encuentran en una etapa muy temprana, o solo están desarrollando su proceso de asignación de espectro de 3.5 GHz para 5G.

Con esto en mente, realizamos un barrido de distintas políticas y regulaciones que han venido adoptándose en países que están liderando el despliegue de 5G en el mundo, con el fin de establecer hitos regulatorios que permitan acelerar estos mismos procesos en los usuarios masivos e industriales de América Latina, así como la consolidación de ecosistemas de IoT.

En ese sentido, nos hemos inspirado en el modelo de difusión de la curva de adopción (Rogers, 2003), para trazar un paralelo con distintos momentos de adopción de tecnología 5G y establecer las recomendaciones de políticas públicas que consideramos cruciales para poder avanzar de un escenario a otro de la adopción de la tecnología por parte de los usuarios de la región.

A diferencia de las generaciones anteriores, el 5G no solo mejora la velocidad de descarga de datos, sino que ofrece una serie de ventajas, que serán claves para los procesos de transformación digital de los países de la región, así como en el cierre de la brecha que existe entre América Latina y otras regiones del mundo. Al respecto es importante mencionar las siguientes características que son claves para entender la capacidad revolucionaria de 5G (Comisión Económica para América Latina - CEPAL, 2023):

- Velocidad y Ancho de Banda. El 5G es significativamente más rápido que su predecesor, con velocidades de descarga teóricas que pueden superar los 10 Gbps. Esto permitirá la descarga de archivos grandes en segundos y una experiencia de transmisión de video sin interrupciones. Esto abrirá el campo a innovaciones en como los usuarios, tanto masivos como industriales, ofrecen servicios y experimentan Internet.

- Latencia Baja. La latencia es el tiempo que lleva transmitir datos desde un dispositivo a otro. El 5G reduce drásticamente esta latencia, lo que es esencial para aplicaciones en tiempo real como juegos en línea, cirugía remota y vehículos autónomos. Esto generará importantes avances en actividades de misión crítica que podrán ser habilitadas gracias a esta, habilitados también gracias al Edge computing[3].

- Conectividad Masiva. El 5G conectará un gran número de dispositivos simultáneamente. Esto promoverá el crecimiento de ecosistemas de IoT, donde miles de dispositivos, desde sensores en la agricultura hasta electrodomésticos, necesitan conectividad constante. También jugará un rol crucial en la materialización de ciudades y territorios inteligentes.

Habiendo explicado brevemente las características clave del 5G, procedemos a mencionar los efectos positivos que esta traerá a la región. Al respecto, esta tecnología promoverá la transformación digital de América Latina, y permitirá enfrentar muchos desafíos que presenta la región en términos económicos y sociales. Así las cosas, la masificación de 5G en la región jugará un rol fundamental en los siguientes frentes (Comisión Económica para América Latina - CEPAL, 2023):

- Transformación Digital. El 5G impulsará la transformación digital en sectores clave, como salud, educación, manufactura y transporte. Esto permitirá mejoras significativas en la eficiencia, la calidad y la accesibilidad de servicios y productos en toda la región. Asimismo, continuará apoyando las distintas iniciativas que se han venido adelantando para promover la adopción de tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial (4RI) en América Latina, para promover la innovación y la competitividad.

- Innovación y Competitividad. La disponibilidad del 5G fomentará la innovación en startups y empresas de tecnología. Esto abrirá la oportunidad para que América Latina pueda competir a nivel global en el desarrollo de aplicaciones y servicios de vanguardia que aprovechen la velocidad y la baja latencia del 5G. Esto será especialmente importante, teniendo en cuenta tendencias que vienen surgiendo a nivel internacional como el nearshoring, que presente una posibilidad importante de desarrollo económico y tecnológico para los países de la región.

- Desarrollo de Ciudades y Territorios Inteligentes. El 5G es fundamental para el desarrollo de ciudades inteligentes en América Latina. Permitirá la implementación de sistemas de transporte más eficientes, la monitorización en tiempo real de la infraestructura urbana y la mejora en la calidad de vida de los ciudadanos.

[3] El Edge computing es un nuevo paradigma en la organización de las redes que busca distribuir la carga de cómputo a nodos que estén más cercanos a los equipos terminales, de manera que las tareas de cómputo estén más cerca a los usuarios y se mejore la calidad de los servicios. (Berrocal, Díaz, Gónzalez-Prieto, López-Viana, & Pérez, 2022)

- Inclusión Digital. La masificación del 5G también abre una nueva oportunidad para cerrar la brecha digital en América Latina. Aunque es probable que en los primeros momentos de adopción se concentre en zonas urbanas y densamente pobladas, en un momento mayor de maduración, también cubrirá zonas rurales y remotas podrán acceder a servicios de alta velocidad. Esto se convertirá en un elemento clave para impulsa la inclusión digital y el desarrollo económico, en estas regiones.

Por último, la masificación del 5G en América Latina será un paso central en la evolución tecnológica de la región. Esta tecnología ofrece la oportunidad de transformar industrias, impulsar la innovación y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos latinoamericanos. Sin embargo, también plantea desafíos que estudiaremos en este escrito, a la vez que planteamos medidas regulatorias y de política pública que puedan ayudar a superar estos cuellos de botella.

2. PROPUESTA METODOLÓGICA: LA CURVA DE ADOPCIÓN DE LA INNOVACIÓN

2.1. Concepto

La curva de adopción de la innovación (Rogers, 2003) es un modelo sociológico que busca explicar la manera y velocidad con la cual se difunden nuevas ideas y tecnologías, estableciendo 5 estadios de adopción de estas, dependiendo del número de usuarios que tienen. Al respecto, esta teoría identifica 5 elementos que influencian la difusión de estas (Rogers, 2003):

- La innovación, que consiste en una idea, tecnología o práctica que es percibida por los individuos como novedosa.

- Los adoptantes, que son los individuos y organizaciones que se usan como base del análisis. Particularmente, se analizan los distintos estadios en los cuales estos adoptan una innovación.

- Los canales de comunicación, que son los medios a través de los cuales se transfiere la información entre los individuos y organizaciones adoptantes.

- El tiempo, que se refiere a la velocidad con la cual una innovación es aceptada y adoptada por parte de una sociedad.

- El sistema social, que es entendido como el conjunto de individuos y organizaciones relacionadas entre sí. En ese sentido existen influencias externas e internas que hacer que una sociedad se más o menos propensa a adoptar una innovación.

Con base en estos 5 elementos, se pueden dividir los distintos momentos de la curva de adopción de innovación, a través de la identificación del porcentaje de consumidores en el mercado que la van adoptando de la siguiente manera:

a. Los innovadores, que son aquellos consumidores que están dispuestos a tomar una innovación desde sus momentos iniciales por su mayor tolerancia al riesgo.

b. Los primeros seguidores, que tienen una menor tolerancia al riesgo que los innovadores, pero suelen ser líderes de opinión y jugar un rol clave en la comunicación de las innovaciones.

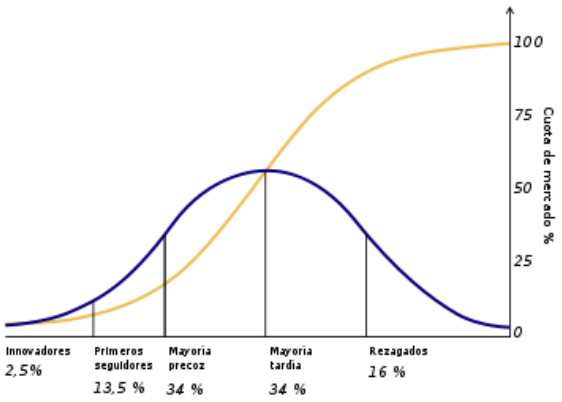
c. La mayoría precoz, que son aquellos individuos y organizaciones que adoptan la tecnología habiendo pasado un tiempo significativo desde que lo hicieron los innovadores y los primeros seguidores.

d. La mayoría tardía, que son aquellos consumidores que adoptan la innovación luego que el promedio de los individuos y organizaciones, y suelen tener un nivel importante de escepticismo respecto a aquella.

e. Los rezagados, son los últimos en adoptar una innovación y suelen tener una alta aversión al cambio.

En la gráfica 1, podemos observar una línea azul que representa la distribución de los distintos grupos de consumidores que van adoptando una innovación. Por otro lado, encontramos una línea amarilla que representa la cuota de mercado que representan dichos consumidores, hasta alcanzar la totalidad del mercado.

Gráfica 1. Curva de adopción de la innovación (Tungsten, 2011)



2.2. Relación entre los instrumentos de política pública y los desafíos identificados

Hemos identificado desafíos en los frentes de: 1) Acceso al Espectro Radioeléctrico (ERE), 2) Barreras al despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, 3) Acceso y asequibilidad de equipos 5G, y 4) Casos de negocio, rentabilidad y sostenibilidad financiera. Cada uno de estos implica obstáculos que deben ser superados en los distintos momentos de adopción del a tecnología 5G.

Asimismo, estos distintos hitos regulatorios se enfocarán en distintos momentos de la curva de adopción y como promueven las condiciones para que la tecnología se asequible a más usuarios masivos e industriales. Particularmente, la mayoría de las medidas tendrán lugar en los primeros momentos de la curva, precisamente al necesitarse actualizaciones normativas importantes en la región, con el fin de materializar 5G. y funcionar como un detonante de la apropiación de esta tecnología por parte de los consumidores.

Así las cosas y sin perjuicio de otro tipo de medidas que puedan utilizarse para acelerar la masificación de 5G, proponemos, utilizando las mejores prácticas internacionales, una serie de propuestas regulatorias que han servido en otros países para avanzar rápidamente en la penetración de esta tecnología.

2.3. Etapas de la curva de adopción y sus respectivos hitos regulatorios

Aunque la curva de adopción de la innovación es valiosa a la hora de analizar cómo ocurre la adopción y masificación de tecnologías nuevas, para efectos de este escrito, nos concentraremos principalmente en hitos regulatorios que serían habilitantes para avanzar en los distintos estadios de la curva. Lo anterior, particularmente en función de los usuarios masivos e industriales

de esta tecnología. Por esta razón, proponemos una modificación a los 5 momentos establecidos en la propuesta de Rogers (Rogers, 2003) sobre la curva.

Con el fin de resaltar los distintos momentos de adopción de la tecnología móvil 5G, lo analizaremos desde la perspectiva de hitos de adopción, más que de porcentajes de penetración de la tecnología. En ese sentido, buscamos identificar medidas que promuevan el acceso a la tecnología por parte de usuarios de todo tipo, así como la consolidación de ecosistemas de IoT basados en 5G. Así las cosas, proponemos realizar un cambio conceptual en los estadios de la curva de la siguiente manera:

Tabla 1. Etapa de adopción vs. Hitos de adopción de tecnología 5G

Etapa de adopción (Rogers)	**Hitos de adopción de tecnología 5G**
Innovadores	Políticas de base
Primero seguidores	Políticas tangenciales y primeras aplicaciones
Mayoría precoz	Aceleración de la penetración de 5G
Mayoría tardía	Masificación de 5G
Rezagados	Penetración ubicua de 5G, y apagón de redes 4G

La idea de los hitos regulatorios es señalar el momento que consideramos pertinente para llevar a cabo la implementación de las medidas recomendadas. Por supuesto, reconocemos que el proceso de cada uno de los países de la región será diferente, sin embargo, proponemos un orden con el fin de establecer una línea lógica de acción que pueda ser útil para las autoridades involucradas en el diseño e implementación de la política general de 5G de cada país.

3. DESAFÍOS Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA Y REGULATORIAS PARA LA MASIFICACIÓN DE 5G EN AMÉRICA LATINA

Teniendo en cuenta la relevancia del 5G para el desarrollo de los ecosistemas digitales de la región. Se vuelve especialmente importante analizar los desafíos a los cuales los distintos países de América Latina deberán enfrentarse, para lograr materializar el despliegue de esta nueva tecnología móvil. En ese sentido, presentaremos un panorama general de algunas de las dificultades centrales que presentará el 5G, para después analizar las medidas de política pública que podrían ayudar a mitigar o superar dichos obstáculos.

Una vez identificadas las barreras pertinentes, utilizaremos el modelo de curva de adopción de la innovación, para proveer un análisis de distintas medidas regulatorias y de políticas públicas que son hitos necesarios para avanzar en los distintos niveles de adopción por parte de los usuarios. Al respecto, buscamos identificar medidas relevantes para avanzar de un estadio a otro, más que identificar el nivel de adopción por parte de usuarios y consumidores.

Con esto en mente, presentaremos los distintos hitos regulatorios que consideramos necesarios para construir un marco normativo conveniente para permitir la adopción, implementación y masificación de tecnología móvil 5G:

3.1. Acceso a Espectro Radioeléctrico (ERE)

Es importante señalar que existen importantes diferencias en las condiciones de acceso al ERE en la región. Sin embargo, en varios países de la región observamos importantes obstáculos tanto en la planeación y los procesos de asignación y adjudicación del espectro, así como en elevados costos de los permisos para su uso. Así las cosas, identificamos las siguientes principales

dificultades (Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina - cet.la & Banco Interamericano de Desarrollo - BID, 2023):

- Altos precios de los permisos de ERE. Varios países de la región tienen algunos de los precios más altos por uso del ERE, bien por encima de benchmark internacionales y de valores de mercado (Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina - cet.la & Banco Interamericano de Desarrollo - BID, 2023). Al respecto, el costo promedio del espectro en América Latina es 1.7 veces superior al de Europa, lo que limitará la inversión de los operadores en la región (Telecom Advisory Services, 2022). A pesar de que varias legislaciones regionales han adaptado principios de maximización del bienestar social al adjudicar ERE, sobre una lógica de recaudo, esto no necesariamente se ha traducido en reducciones sustanciales en el precio del ERE.

- Retrasos en la planeación, asignación y adjudicación de ERE (GSMA, 2023)**.** La región arranca su proceso de asignación y despliegue de 5G, varios años después de otros países líderes (como EUA, China y Corea del Sur). Asimismo, varios países de la región ya han asignado ERE para 5G (Brasil, Chile) o están planeando hacerlo (Colombia, Argentina) en los próximos meses, muchos de estos se han concentrado casi exclusivamente en la banda de 3.5 GHz, sin establecer planes a medio plazo para la asignación de ERE para mmWave (de 24 a 28 GHz, y 39 GHz) (5G Americas, 2020). Esto podría atrasar el despliegue de 5G en la región, especialmente a la luz de todas las características de 5G, que se potenciarían con el uso de ondas milimétricas (5G Americas, 2020).

- Obligaciones de cobertura. Los altos costos por permisos para el uso del ERE, y los pagos de estos en dinero limitan la capacidad de invertir de los operadores y demás actores del mercado. Al respecto, las obligaciones de cobertura son una herramienta fundamental para aumentar el acceso de la población a los servicios de comunicaciones móviles, a la vez que incentivan el despliegue de redes, por sobre el desembolso de sumas de dinero. Sin embargo, varios países de la región no han seguido mejores prácticas internacionales (a diferencia del caso de éxito de Brasil) (Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL, 2022) y han establecido porcentajes no suficientemente altos, que puedan pagarse con obligaciones de cobertura.

3.1.1. Recomendaciones de políticas base respecto a espectro radioeléctrico

Es relevante iniciar con el establecimiento de políticas de planeación y gestión del ERE para 5G. Habiendo cumplido esta primera etapa, es fundamental continuar con la estructuración de las condiciones técnicas, jurídicas y financieras para las subastas de bandas de frecuencia de ERE para 5G, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Políticas de planeación ERE para 5G. Es imposible hablar de tecnología 5G sin comenzar por una política de planeación de ERE, que permita garantizar a los actores interesados contar con condiciones óptimas para poder acceder a él en un posterior proceso licitatorio para obtener los permisos para su uso. Con esto en mente, es relevante que en dicha planeación se tengan en cuenta los siguientes elementos:

> **a. Duración de los permisos para uso de ERE**. Las autoridades nacionales deben garantizar que estos permisos sean otorgados con una vigencia de por lo menos 20 años y que puedan ser renovadas por este mismo plazo. Lo anterior, con el fin de generar seguridad jurídica para las inversiones que se realicen, así como un tiempo razonable para obtener retornos por estas (GSMA, 2022).
>
> Un ejemplo internacional, es el Reino Unido, que asigna licencias por un término indefinido, con un periodo inicial, que se establece de acuerdo con el tiempo necesario para obtener un retorno razonable sobre la inversión (Banco Mundial; Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT, 2022). Asimismo, en América Latina, Colombia extendió los plazos de sus permisos para el uso de ERE de 10 a 20 años[4], y Brasil, permite que estos permisos sean renovados por hasta 20 años y de manera indefinida[5].

[4] República de Colombia. Ley 1978 de 2019. "Por la cual se moderniza el Sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC, se distribuyen competencias, se crea un Regulador Único" Artículo 12

[5] República Federal de Brasil. Ley 13.879 del 2 de octubre de 2019. Altera a Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997, para permitir a adaptação da modalidade de outorga de serviço de telecomunicações de concessão para autorização. Artículo 167.

b. Harmonización de bandas de frecuencia de acuerdo con las recomendaciones internacionales. Para materializar el despliegue efectivo de tecnología 5G en la región, es necesario contar con ERE en bandas altas, medias y bajas, que permita su uso a los operadores no solo en el corto, sino también a largo plazo. Esto se traduce en que las autoridades nacionales propendan asignar bloques contiguos de 100 MHz en bandas medias por operador al momento de lanzamiento, aumentar la capacidad espectral al asignar las bandas bajas disponibles, y considerar asignaciones de 800 MHz por operador en bandas milimétricas, así como establecer un plan para hacer disponible la banda de 5GHz (GSMA, 2022).

Al respecto, EUA fue muy rápido en subastar ERE en bandas milimétricas en 2019, para poder avanzar decididamente en el despliegue de 5G en estas (Federal Communications Commission, s.f.). Por su lado, la UE en ese mismo año harmonizó las 3 bandas base para 5G (700 MHz, 3.6 GHz y 26 GHz), aunque solo hasta 2020 la mayoría de los países de la UE las colocaron a disposición de los interesados (5G Observatory, 2021). Esto implicó un retraso en el comienzo del despliegue de 5G en la UE respecto a EUA.

c. Maximización del bienestar social como principio en la asignación de ERE. Las políticas de ERE para 5G deben tener un enfoque de maximización del bienestar social, en contraposición a un criterio recaudatorio, que permita invertir más recursos en el aumento de la cobertura y la calidad de las redes móviles (GSMA, 2022). Esto es especialmente importante en el escenario actual, pues los operadores no solo deberán pagar por permisos nuevos de ERE para 5G, sino también renovar los que ya tienen.

En países más desarrollados, como Canadá, se ha visto cómo la falta de una política que promueva la maximización del bienestar social y precios razonables por el ERE puede llegar a generar efectos negativos sobre los consumidores y ralentizar la adopción de 5G (Telus, 2022).

La del ERE en los procesos de subasta es fundamental, pues puede afectar directamente la velocidad del despliegue de las redes, así como los recursos disponibles de los operadores para realizarlo. El caso de India es un ejemplo de cómo un cambio de tendencia en la valoración del ERE puede dinamizar el mercado. Históricamente, India ha tenido precios de ERE excesivamente altos, lo que ha hecho que partes importantes de este no sean adjudicadas. Al reducir los precios en un 40% en la subasta de ERE de 2022, India consiguió adjudicar más del 70% de este, especialmente en bandas altas para despliegue de 5G (GSMA, 2023).

d. Garantizar condiciones de acceso a ERE para el backhaul de las redes 5G. El despliegue de redes de 5G también requerirá que haya ERE disponible para microondas que soporten el backhaul de estas y complementen los despliegues de fibra y satelitales. En ese sentido, también es clave hacer disponible este ERE y valorarlo a precios razonables y de mercado, de manera que se pueda atender flexible y rápidamente a las necesidades de los actores de los mercados de servicios móviles. Un ejemplo de esto, especialmente para la banda E (60-90 GHz), ha sido el de Arabia Saudita que, a través de una actualización de las fórmulas de contraprestación de esta banda, ha promovido la modernización del backhaul necesario para redes móviles de 5G (European Telecommunications Standards Institute - ETSI, 2023).

- Establecimiento de condiciones técnicas, económicas y jurídicas para las subastas de ERE para 5G. En relación con el acto administrativo que da inició a la subasta de espectro propiamente dicha, consideramos que debería tener en cuenta al menos los siguientes puntos:

a. Promoción de la neutralidad tecnológica. Con el fin de garantizar que los operadores y actores del ecosistema cuenten con la flexibilidad necesaria para desplegar sus redes de acuerdo con sus necesidades técnicas y de negocio, es fundamental que las normas y actos administrativos que establezcan las condiciones para las subastas de ERE para 5G tengan en cuenta el principio de neutralidad tecnológica. Incluso, en la UE, se han señalado los efectos positivos de la neutralidad tecnológica y neutralidad de la red, como elementos que promueven la competencia y evitan tratos discriminatorios (Parcu & Rossi, 2021).

b. Proporción de pago en efectivo y obligaciones de cobertura. Es necesario que se establezca un porcentaje relevante del valor a pagar por el ERE como obligaciones de cobertura. Esto genera incentivos para promover la

inversión de los operadores en zonas priorizadas por los gobiernos nacionales (Banco Interamericano de Desarrollo - BID, 2017) y, además, permite acelerar el despliegue en zonas menos atractivas comercialmente. En ese sentido, las obligaciones de cobertura juegan un rol en el cierre de la brecha digital y son factores claves para la penetración temprana de la tecnología.

En Alemania, la subasta de ERE para 5G de 2019 estableció que los adjudicatarios deberían garantizar conexiones de al menos 100Mbps al 98% de los hogares, así como las autopistas federales y vías principales para finales de 2022. Asimismo, se debían instalar 1000 estaciones base de 5G en zonas rurales desconectadas (European 5G Observatory, 2019), lo cual fue conseguido en el plazo establecido. Esto implico un avance bastante rápido en el despliegue de infraestructura para 5G en Alemania,

En América Latina, Brasil estableció el pago por los permisos de uso del ERE como 10% en una contraprestación pecuniaria y 90% en obligaciones de cobertura. Esto termino haciendo que este país tenga uno de los precios más bajos por espectro en la banda de 3500 MHz (Instituto Federal de Telecomunicaciones - IFT, 2022).

3.1.2. Recomendaciones de políticas tangenciales y primeras aplicaciones de 5G respecto a espectro radioeléctrico

- Políticas de espectro radioeléctrico para la promoción de redes privadas. Es importante comenzar señalando que pocos países de las Américas han alocado espectro para redes privadas (4 de 11) y las que lo han hecho, han elegido otorgar bandas medias (Contreras Florez, 2022). Con esto en mente, es necesario atender la necesidad privada de espectro para que distintas industrias puedan llevar a cabo proyectos innovadores en campos como IoT, automatización y robótica. Estas necesidades son especialmente patentes en sectores como logística, minería, transporte, petróleo, entre otras. Así las cosas, estas políticas permitirán que se comiencen a desarrollas casos de uso de 5G para verticales industriales, que pueden ayudar a promover la adopción en distintos sectores industriales de América Latina.

Con esto en mente y para garantizar que existan condiciones de base el desarrollo de un ecosistema de redes privadas sobre 5G, es necesarios que los reguladores y las autoridades creen condiciones para que las empresas puedan implementar estas redes privadas, paralelamente a las redes móviles públicas. Vale la pena mencionar que Chile, Brasil, EUA y Canadá son los países de las Américas que han tomado medidas para asignar bandas de espectro específicas para usos industriales (Contreras Florez, 2022).

- Medidas para consolidar el servicio en zonas urbanas y de alta densidad. Para conseguir una adopción inicial rápida y eficiente es necesario garantizar que los centros urbanos más poblados cuenten con infraestructura 5G desplegada, de manera que se pueda atender adecuadamente al primer grupo de usuarios de la tecnología (los primeros seguidores), que jugarán un rol clave en cómo se difundirá esta innovación en sus primeras etapas. Sin embargo, muchos países de América Latina aún no han asignado ni han planteado fechas concretas para adjudicar bandas altas para ondas milimétricas. Esto hará que, para los primeros momentos de la tecnología, los consumidores masivos no perciban una diferencia sustancial con su servicio actual de 4G/LTE, hasta que haya un despliegue razonable de estaciones para 5G con coberturas más densas (Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT, 2018).

Así pues, es necesario avanzar en medidas que permitan desarrollar cobertura rápidamente en zonas densamente pobladas con el fin de atraer a los primeros seguidores entre los usuarios masivos (Information Technology Industry Council - ITI, 2020) y así, asegurar retornos de inversión razonablemente buenos, que den impulso a este primer momento de despliegue.

Es de destacar el caso de Corea del Sur (Jahng & Park, 2020), en la simulación de la adopción de 5G, se tienen en cuenta la creación de hot-spots con servicio eMBB (banda ancha móvil mejorada) en zonas urbanas densas. Para esta estrategia se tiene encuentra para los primeros seguidores precisamente teniendo en cuenta la alta concentración de la población en zonas urbanas (que también es una situación similar a la de los países de América Latina).

3.2. Eliminación de barreras y promoción del despliegue de infraestructura de telecomunicaciones

Es necesario aumentar sustancialmente la velocidad del despliegue y la cantidad de sitios de telecomunicaciones que existen actualmente. Para conseguir esto, es fundamental que los gobiernos nacionales y locales de los países de América Latina establezcan condiciones que faciliten el despliegue y eliminen definitivamente cualquier barrera que lo restrinja.

Dado que 5G funcionará con bandas de frecuencia más altas que tecnologías anteriores, estas permitirán mayores velocidades de transmisión de información, sin embargo, tendrán menores áreas de cobertura. Esto se traduce en que los operadores requerirán redes más densas y con mayor infraestructura desplegada (Grijpink, Ménard, Sigurdsson, & Vucevic, 2018). Al respecto, también se requerirá un aumento en el despliegue de fibra óptica, que soporte las redes móviles de 5G. Así las cosas, procedemos a identificar la tipología de principales barreras asociadas al despliegue que hemos identificado (Tanque de Análisis y Creatividad de las TIC - TicTac, 2022):

- Barreras administrativas. Son aquellos trámites, requisitos o demoras injustificadas durante la radicación, procesamiento u aprobación de los permisos y licencias para el despliegue de infraestructura ante las autoridades correspondientes. Estos ocurren cuando se establecen leyes o normas locales que establecen requisitos sin fundamentos técnicos, o que por su ambigüedad no son claras respecto a las autoridades responsables del trámite o al procedimiento.

Además, varios países de la región no cuentan con normas únicas y procedimientos homogéneos a nivel nacional que regulen los trámites de solicitud de permisos para el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones. En últimas, esto se traduce en que cada autoridad local tiene normas particulares, generando una gran heterogeneidad en los requisitos solicitados y procedimientos. Todo lo anterior, se traduce en que los interesados en desplegar infraestructura deben asumir altos costos operativos, derivados de la alta complejidad que implica atender cientos (incluso miles) de requerimientos y procedimientos distintos.

- Barreras relacionados con energía eléctrica. Entre estas se encuentran la ausencia de infraestructura de redes eléctricas o indisponibilidad de estas, lo que hace que sea imposible operar para las redes de telecomunicaciones. También se refiere a exigencias o límites injustificados que puedan colocar las electrificadoras, que encarecen o dificultan el acceso a energía por parte los operadores o los proveedores de infraestructura pasiva.

- Barreras sociales y comunitarias. La exigencia injustificada del aval de las comunidades para avanzar con la emisión de permisos ambientales o sociales, en el marco de los procesos de construcción y despliegue de infraestructura se convierte en una barrera. En ese sentido, la falta de sensibilización de las comunidades sobre la importancia de las comunicaciones y la necesidad de la infraestructura para que estas funciones, se termina convirtiendo en oposición por parte de aquellas y lleva a retrasos o detenidas abruptas en el despliegue de estas. Asimismo, cuando la desinformación permea la opinión de las comunidades que se oponen a esta, en base a datos equivocados o simplemente falsos.

- Barreras relacionadas a impuestos locales. Los cobros injustificados de impuestos locales pueden encarecer innecesariamente el despliegue de infraestructura, e incluso hacerlo inviable financieramente. Esto ralentiza el despliegue de 5G, al establecer tributos sin una justificación técnica y una alineación con los objetivos de cierre de brecha digital y acceso universal de los gobiernos nacionales.

- Barreras relacionadas a ordenamiento territorial. Son aquellos obstáculos que surgen del establecimiento de limitantes para desplegar infraestructura en algunas zonas de los territorios, sin sustento técnico o urbanístico. Asimismo, cuando existen limitaciones para para instalar infraestructura en edificios y terrenos públicos, o cobros por aprovechamiento del espacio público injustificadamente elevados. Estos pueden generar que estas zonas queden sin cobertura de los servicios, limitando el acceso de los ciudadanos a los servicios de telecomunicaciones. Al respecto, es fundamental balancear al acceso a estos servicios públicos con la política de ordenamiento local y el respeto por el patrimonio arquitectónico y cultural de las ciudades.

3.2.1. Políticas base para la eliminación de barreras y promoción del despliegue de infraestructura de telecomunicaciones para 5G

Es necesario establecer medidas que promuevan y facilitan el despliegue de todo tipo de infraestructura necesaria para el establecimiento de redes 5G. Por lo tanto, es relevante que las autoridades nacionales y locales tomen medidas para identificar las barreras existentes, así como para desarrollar estrategias para mitigar o eliminar su impacto. De lo contrario, podría no contarse con un marco normativo suficientemente claro y favorable, que afectaría la seguridad jurídica necesaria para que inviertan tanto operadores, como proveedores de infraestructura pasiva.

- Medidas para la eliminación definitiva de barreras al despliegue de infraestructura de telecomunicaciones. Como mencionamos en el aparte sobre desafíos a la adopción y masificación de redes de 5G, hay toda una tipología de barreras al despliegue de infraestructura, relacionadas con distintos elementos de este proceso. Al respecto, iremos analizando uno por uno

estos tipos, con las respectivas medidas que podrían tomarse para su eliminación o mitigación (Tanque de Análisis y Creatividad de las TIC - TicTac, 2022).

a. Barreras administrativas. Al respecto, una herramienta valiosa para superar estas barreras es el establecimiento de procedimientos únicos y homogéneos a nivel nacional que incluyan únicamente lo requisitos necesarios para el otorgamiento de las licencias. Así mismo, la creación de ventanillas única donde se radiquen y resuelvan la totalidad de las solicitudes de permisos y licencias de despliegue crea eficiencias administrativas que facilitarían los trámites. Al respecto, es de notar el camino que comienza a tomar Colombia (como ya han hecho otros países, por ejemplo, Brasil[6] y Costa Rica[7]) para establecer un procedimiento único de orden nacional para estos trámites[8]. Conseguir esto, permitirá atender las necesidades de despliegue de 5G, especialmente por su uso en bandas altas, que requiere una importante densidad en el despliegue de estaciones base.

b. Barreras relacionadas con energía eléctrica. Es relevante establecer medidas para fortalecer las redes eléctricas del país, y promover la adopción de nuevas fuentes energéticas (como solar o eólica) en zonas apartadas que no cuentan con una conexión estable. Asimismo, se debe profundizar la compartición de infraestructura de transmisión eléctrica para acelerar el despliegue de redes móviles de 5G, apalancado sobre esta.

c. Barreras sociales y comunitarias. Es fundamente, desde las autoridades del Gobierno nacional, generar campañas de sensibilización e información. De igual manera, es pertinente establecer procedimientos claros de consulta comunitaria y cumplimiento de normas ambientales. Asimismo, es fundamental combatir mitos y desinformación sobre supuestos efectos negativos de la tecnología móvil. De igual manera deben promoverse medidas para informar sobre los efectos positivos que generará la conectividad 5G en dichas comunidades.

d. Barreras relacionadas con impuestos locales. Es relevante que exista coordinación entre las medidas tributarias que se tomen a nivel nacional y las de nivel local. Igualmente, recomendamos la reducción y eliminación de costos artificiales (impuestos, aranceles, cargas operativas o de entrada excesivas) que desincentiven la inversión tanto de los operadores, como de los proveedores de infraestructura pasiva. Si bien se debe respetar la autonomía tributaria de las autoridades locales, es fundamental evitar impuestos dispersos, arbitrarios y ambiguos que generen inseguridad jurídica.

e. Barreras relativas el ordenamiento territorial. La prohibición de instalación de infraestructura en zonas, terrenos o edificios específicos de los municipios sin justificación técnica puede frenar en seco el despliegue y afectar la calidad y cobertura de las redes 5G. En ese sentido, y en el marco de la autonomía territorial, debe promoverse la adopción de normas de ordenamiento territorial que sean amigables con el despliegue y que no limiten sin contar con un suficiente soporte técnico y urbanístico.

- Políticas para la promoción de despliegue de fibra óptica y backhaul inalámbrico y satelital. Si bien los distintos países del mundo llevan décadas despegando fibra óptica para redes fijas, las características de alta capacidad, altas velocidades y bajas latencias de 5G requerirán nuevos y sustanciales despliegues de fibra óptica, por tratarse del tipo de backhaul más adecuado para los operadores móviles, al tener en cuenta su capacidad de soportar tráfico pesado, su confiabilidad y su durabilidad (Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT, 2018).

Al respecto, la UIT reconoce que en las primeras etapas de despliegue de 5G, uno de los grandes desafíos será contar con suficiente fibra para small cells, debido a la baja disponibilidad de aquella en muchas ciudades (incluso en países desarrollados como Reino Unido) (Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT, 2018). Para zonas donde no sea viable técnica o

[6] Congresso Nacional do Brasil. Lei 14.424 de 2022. Altera a Lei nº 13.116, de 20 de abril de 2015, para autorizar a instalação de infraestrutura de telecomunicações, nos termos do requerimento de instalação, em caso de não manifestação do órgão competente no prazo legalmente estabelecido.

[7] Asamblea Legislativa de Costa Rica. Ley 10216 de 2022. Ley para incentivar y promover la construcción de infraestructura de telecomunicaciones en Costa Rica.

[8] Congreso de la República de Colombia. Ley 2294 de 2023 – Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022.

financieramente desplegar backhaul de fibra óptica, se pueden explorar otras opciones de tecnologías inalámbricas o satelitales (Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT, 2018), estas soluciones también serán fundamentales para consolidar 5G en los distintos países de la región.

3.2.2. Políticas tangenciales y primeras aplicaciones para la eliminación de barreras y promoción del despliegue de infraestructura para 5G

- Políticas para facilitar el despliegue de soluciones 5G en verticales industriales y soluciones B2B. Es necesario establecer condiciones que permitan avanzar hacia casos de uso y modelos de negocio sostenibles utilizando tecnología 5G. Precisamente, la transición hacia esta nueva tecnología implicará la creación de soluciones "extremo a extremo" que atiendan las necesidades particulares de los distintos sectores industriales, combinando la experticia tanto de fabricantes como operadores (Tanque de Análisis y Creatividad de las TIC - TicTac, 2022).

El despliegue de redes privadas sobre tecnología LTE ha tenido avances importantes en los últimos años, sin embargo, será necesario generar condiciones regulatorias necesarias para la consolidación de redes privadas de 5G en América Latina. Precisamente, 3GPP llama a las redes privadas NPN (non-public network) y menciona que en sus aplicaciones con 5G estas podrán atender nuevos casos de uso y modelos de negocio gracias a una cobertura optimizada por el administrador de la red, reducción de la latencia y aumento de la disponibilidad de la red (Kim, 2022).

De otro lado, 5G ha comenzado a desarrollar un concepto de arquitectura SBA (service-based architecture), que permiten mayor adaptabilidad e integración con las necesidades de comunicaciones de los clientes de las verticales industriales. De esta manera la operación de redes privadas de 5G se convierte en una parte integral de la arquitectura ESA (enterprise service architecture) de la vertical (5G PPP Technology Board, 2022). Entonces, desde la política pública debe buscarse la flexibilidad necesaria para que distintas SBA puedan ser adoptadas por las distintas verticales de la industria.

- Planes para integrar proyectos de 5G dentro de proyectos de infraestructura nacional. Para conseguir un rápido despliegue tanto de la red de acceso como del backhaul de 5G, es necesario que los países tomen medidas para incluir dentro de sus proyectos de infraestructura de todo tipo (especialmente servicios públicos e infraestructura de transporte), colaboración para desplegar simultáneamente infraestructura pasiva (e incluso activa), que pueda ser utilizada por los operadores de red.

Esto permitirá que el despliegue inicial de 5G también pueda apalancarse en otras inversiones que realicen los gobiernos nacionales y locales. Particularmente, esta estrategia se ha venido desplegando en la Unión Europea, donde se han promovido proyectos de cofinanciación de 5G en corredores de infraestructura de transporte, con el fin de acelerar el despliegue de redes 5G en toda la región (European Commission, 2022).

3.3. Acceso y asequibilidad de equipos 5G

Para materializar la masificación de 5G, será fundamental que los distintos actores del ecosistema puedan acceder a todo tipo de dispositivos (terminales, M2M, entre otros). En ese sentido, uno de los desafíos en los primeros momentos de adopción de la tecnología será garantizar el acceso de los consumidores masivos e industriales a los dispositivos (GSMA, 2023). Así pues, las autoridades deben tomar medidas para garantizar la asequibilidad de estos, antes de que se alcancen economías de escala que bajen los precios de estos en el mediano y largo plazo alrededor del mundo.

- Altos precios de los dispositivos en las primeras etapas de adopción de 5G. Como hemos vistos para tecnologías anteriores, los dispositivos comenzarán teniendo unos altos precios. Esta situación puede verse agudizada por la volatilidad de las tasas de cambio en varios países de la región, lo que llevaría a que estos no sean asequibles ni para los consumidores masivos, ni para los industriales. Asimismo, a medida que vaya avanzando la adopción de esta tecnología en el mundo y la región los precios de los mismo disminuirán gracias a la innovación y a mayores economías de escala. Sin embargo, garantizar una adecuada penetración de estos nuevos equipos de 5G es fundamental para la masificación de la tecnología en la región.

- Alta carga administrativa en la homologación de nuevos equipos 5G. Con el comienzo de la operación de las redes comerciales de 5G, un gran flujo de equipos nuevos comenzará a llegar a los mercados de América Latina. Esto implica que las autoridades encargadas de realizar la homologación de equipos recibirán un gran volumen de solicitudes que deberán responderse de manera eficiente y veloz, para garantizar un flujo continuo de equipos. Así las cosas, la falta de recurso humano y de capacidad operativa de estas autoridades puede convertirse en una barrera administrativa para la entrada de equipos a los mercados, perjudicando los primeros momentos de adopción de 5G.

- Necesidad de consolidar ecosistemas de IoT seguros. Uno de los principales desafíos de los ecosistemas IoT es el de ciberseguridad (Blake, 2022). Con la proliferación de dispositivos IoT interconectados, la vulnerabilidad a ataques cibernéticos se amplifica, lo que puede poner en riesgo datos sensibles y sistemas críticos de infraestructura de redes. En ese sentido, es relevante establecer estrategias por parte de los distintos actores del ecosistema para robustecer sus esquemas de ciberseguridad.

- **Necesidad de promover estandarización en el ecosistema IoT.** La interoperabilidad de los dispositivos de diferentes fabricantes y la gestión de las enormes cantidades de datos generados por IoT son otros desafíos técnicos que deben abordarse para garantizar un despliegue efectivo y seguro de esta tecnología. Así las cosas, es importante tener en cuenta las discusiones sobre estandarización que están ocurriendo sobre esta tecnología (World Wide Web Consortium - W3C, 2020). Estas dificultades deberán ser atendidas por las autoridades nacionales de la región, cooperativamente con los fabricantes, en aras de promover la consolidación de ecosistemas de IoT, tanto para consumo masivo como industrial. En esa nota, será relevante la promoción de políticas y estrategias que atiendan las necesitades técnicas y operativas particulares de esta tecnología.

3.3.1. Política base para la promoción del acceso y asequibilidad a equipos 5G

En un mercado de fabricantes cada vez más dinámico, existe un creciente número de tipos de dispositivos 5G, más de 1700 (Statista, 2023), en categorías que van desde smartphones, equipos de Fixed Wireless Access (FWA), módulos M2M y equipos para verticales industriales, muchos de estos cuestan varios cientos de dólares americanos y no son asequibles para los usuarios de la región. Sin embargo, al ser una tecnología reciente, los dispositivos 5G son especialmente costosos para el grueso de la población y empresas latinoamericanas.

Al respecto, en 2021, el precio promedio de un smartphone 5G EUA fue de 815 dólares americanos (Statista, 2023), lo que supera el ingreso mensual promedio de la mayoría de los países de la región. Esto dificulta el acceso a dispositivos, por lo que la demanda de servicios 5G será limitada en las primeras etapas, lo que podría conllevar a unos retornos de inversión menores para los operadores y a un despliegue más lento.

- Medidas para garantizar la homologación de los dispositivos 5G. El proceso de homologación implica que las autoridades nacionales de la región hagan una verificación, que puede ser formal o técnica, en la cual verifican que los equipos que ingresan a cada país cuenten con las condiciones técnicas necesarias para operar en las redes de dicho país. En ese sentido, aquellas deben contar tanto con normatividad adecuada, como con recurso humano suficiente para poder llevar a cabo este proceso.

Al respecto, un ejemplo positivo en la región fue la actualización del régimen de homologación técnico realizado por la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) de Colombia en 2019 (Comisión de Regulación de Comunicaciones - CRC, 2020). Precisamente, al entender la diversidad y magnitud del ecosistema de terminales que traerá 5G la CRC decidió simplificar el régimen para reducir la carga operativa y hace más expedito el proceso[9].

- Medidas para garantizar la adecuada provisión de equipos 5G. En lo relativo a disponibilidad de dispositivos para las etapas iniciales de adopción de 5G, es necesario establecer cadenas logísticas de suministro e importación que cuenten con un flujo constante de equipos para sostener la demanda inicial. Interrupciones en este podrían generar retrasos importantes en la velocidad en la cual los operadores, las empresas y los consumidores pueden tener acceso a dispositivos y ralentizar las primeras etapas de adopción. Esta es una preocupación razonable, particularmente teniendo en cuenta las dificultades en las cadenas de suministro que se presentaron en 2020 y 2021 debido a la pandemia de COVID-19 y a disrupciones en las cadenas logísticas globales (Moonsup Shin & Cheng, 2020).

Precisamente, Corea del Sur estableció abril de 2019 como fecha de lanzamiento de la nueva tecnología con el fin de contar con un suministro adecuado de equipos de red y smartphones (Jahng & Park, 2020). En la región, Argentina, que ha tenido históricamente problemas con este tema, también ha tomado la decisión de simplificar este proceso para garantizar un mejor flujo de celulares (República Argentina, 2022).

- Políticas de ciberseguridad y confianza digital. Por su tendencia hacia la digitalización, las redes de 5G tendrán nuevas vulnerabilidades que implicarán nuevos desafíos (Sipmson & Wheeler, 2019), que deben ser afrontados por todos los actores de gobernanza de ciberseguridad. Al respecto, se identifican 5 posibles riesgos de las redes 5G sobre sus tecnologías predecesoras (Sipmson & Wheeler, 2019):

[9] Comisión de Regulación de Comunicaciones. Resolución 5050 de 2016.

a. Las redes son cada vez más descentralizadas y se soportan más sobre enrutamiento digital que basado en hardware.

b. 5G virtualiza muchas de las funciones de alto nivel de las redes, que antes eran realizadas por elementos físicos de la red.

c. Como el software es comparativamente reciente, este puede ser más vulnerable a ataques.

d. Por la naturaleza dinámica de las redes de 5G y su uso de "slicing"[10], se requieren medidas de ciberseguridad que también sean dinámicas y garanticen la seguridad de cada uno de los "slices".

e. Por último, las redes complejas con miles de millones de dispositivos conectados generando ecosistemas de IoT, también podrían ser vectores que podrían ser aprovechado por atacantes.

En este contexto, hay que avanzar en esquemas de gobernanza de ciberseguridad que permitan garantizar la seguridad de la información de todos los actores involucrados. Así pues, será relevante también hacer importantes inversiones en esquemas de ciberseguridad que garanticen tanto la protección de los datos, como la integridad y continuidad de los servicios de comunicaciones móviles.

Al respecto, es importante también tener en cuenta la posición que algunos países y regiones (EUA y la UE, entre otros) están teniendo respecto al uso de tecnología china para despliegue de infraestructura de 5G, por considerarlos un posible riesgo a la seguridad nacional (Federal Communications Commission - FCC, 2018). Al margen de esa discusión, es clave mencionar que para garantizar que los actores involucrados en el despliegue de las redes y los usuarios estén protegidos, es necesario avanzar en estándares globales que permitan generar tanto economías de escala, como ambientes de gobernanza en la gestión de los riesgos de ciberseguridad.

3.3.2. Políticas tangenciales y primeras aplicaciones para la promoción del acceso y asequibilidad a equipos 5G

- Promoción de redes autónomas (transición de NSA a SA). La arquitectura 5G NSA (Non-Standalone Architecture) combina capacidades de tecnología 4G y 5G, y se ha venido utilizando en primeras etapas de despliegue de 5G, pues al apalancarse en la tecnología anterior permite que aquella se desarrolle de manera más rápido y con mayores eficiencias de costos. De otro lado la arquitectura SA (Stand Alone) implica el uso de tecnología exclusivamente para 5G, sin ampararse en alguna anterior, esto permite potencializar las capacidades de esta (como ultra baja latencia o funciones avanzadas de network-slicing) (Tombaz, 2023).

Así las cosas, en el corto plazo, algunos operadores y países han tomado la decisión de comenzar a desplegar 5G NSA, amparándose en la tecnología 4G ya desplegada. Sin embargo, para garantizar toda la potencialidad de 5G es necesario avanzar hacia la arquitectura SA en el mediano y largo plazo. Así las cosas, con el fin de realizar esta transición armónicamente es necesario contar con planes y políticas públicas que incentiven la adopción de SA.

Al respecto, Brasil ha hecho importantes avances en el despliegue de 5G SA, pues precisamente desde la subasta de espectro que realizó en diciembre de 2021, los actores del ecosistema han promovido este tipo de arquitectura. Esto ha permitido que Brasil, de acuerdo con su Agencia Nacional de Telecomunicaciones – ANATEL, tenga la red 5G SA más extensa del mundo (Teletime, 2023).

3.3.3. Políticas para la aceleración del acceso y asequibilidad a equipos 5G

Habiendo superado la primera instancia de contar con un marco de políticas públicas base para llevar a cabo el despliegue de redes 5G, así como consolidado dichas medidas para avanzar en las primeras aplicaciones y en conseguir a los primeros seguidores de la tecnología, continuamos con las medidas que consideramos necesarias para acelerar el proceso de adopción de 5G, así como elevar su penetración en los países de la región.

Al respecto, es previsible que a medida que avanza el despliegue de tecnología 5G en el mundo, esto se traducirá en mayores economías de escala y en menores costos asociados tanto a equipos de redes, como terminales. Esto a su vez, permitirá mayor asequibilidad de dispositivos para los habitantes de América Latina. Así las cosas, esto deberá generar un giro paulatino desde

[10] Network slicing se refiere la posibilidad de virtualizar la red y dividirla en distintos "slices" que se encargan de manera dedicada a diferentes casos de uso, que requieren un uso intensivo de las redes (como drones o vehículos inteligentes. (Alsadoon, y otros, 2021)

políticas que promuevan meramente el despliegue de infraestructura y el acceso a dispositivos, hacia unas que también promuevan la adopción y apropiación de 5G, tanto para consumidores masivos como para sectores industriales.

- Políticas para la promoción de soluciones FWA con 5G. FWA permitirá el acceso a Internet de banda ancha a millones de personas en el mundo utilizando la red de acceso móvil de 5G y evitando los costos asociados a la última milla de las redes fijas. Esto será revolucionario en zonas donde no hay conectividad fija o el servicio fijo es inadecuado, por lo que esta tecnología jugará un rol clave en el cierre de la brecha digital[11]. Con esto en mente, es fundamental comenzar a pensar en la planificación y asignación de bandas para mmWave, una vez asignada la banda de 3.5 GHz, ya que en la región pocos países han avanzado en la planificación de las bandas de 26 a 28 GHz.

Al respecto, la mayoría de los países de América Latina no tienen cronogramas de cuando asignarán mmWave. Sin embargo, es de destacar que algunos países ya asignaron o autorizaron el uso de este espectro (como Brasil, Chile, Puerto Rico, Islas Vírgenes Estadounidenses y Uruguay) (5G Americas, 2023). Así las cosas, es un reto para la región planificar y llevar a cabo la asignación de estas bandas en el mediano y largo plazo, para habilitar esta tecnología.

- Elaboración de un plan de migración de tecnologías inferiores hacia 5G. En la medida que vayan avanzando los despliegues de redes 5G, también habrá un aumento en la cobertura de las redes y en el número de usuarios a los que potencialmente pueden servir. Asimismo, se vuelve clave generar medidas para promover la migración de tecnologías inferiores a 5G, así como establecer planes para el apagado de redes de tecnologías inferiores. (como 2G y 3G), en los países de América Latina en los cuales no ha ocurrido este proceso.

Así las cosas, es necesario no solamente avanzar en una transición de arquitectura NSA hacia SA para 5G, sino también tomar medidas concretas para generar una migración completa de las redes hacia tecnología 5G. Esto requerirá no solamente de un cambio técnico en la arquitectura de las redes, sino también de la forma en cómo se proveen los servicios y en los usos y dispositivos que emplean los usuarios de estas (tanto masivos como industriales) (Agarwal, Jangam, Shetty, & Suthar, 2020).

En ese sentido, es importante notar los esfuerzos que han hecho países como China, la Unión Europea, Japón, Corea del Sur y EUA, para avanzar decididamente en la adopción de 5G y en una migración acelerada de tecnologías inferiores hacia esta (GSMA, 2018).

3.3.4. Políticas para la masificación del acceso y asequibilidad a equipos 5G

Habiendo pasado por los hitos anteriores, en esta sección mencionaremos políticas públicas y regulaciones adicionales, que consideramos esenciales para la masificación de la tecnología móvil 5G. En primer lugar, estas políticas deben ayudar a consolidar la inversión en infraestructura 5G, fomentando la expansión de la cobertura y la accesibilidad a esta tecnología, así como una aceleración en los retornos a dichas inversiones. Esto es crucial para garantizar que tanto las áreas urbanas como rurales tengan acceso a las ventajas que ofrece 5G.

Además, regulaciones adecuadas pueden abordar preocupaciones de seguridad y privacidad, promoviendo la confianza de los usuarios en la tecnología 5G, particularmente desde la construcción de ecosistemas de IoT, que tienen importantes desafíos de ciberseguridad. Al establecer estándares de seguridad cibernética y garantizar el cumplimiento de normativas de privacidad de datos, las políticas públicas pueden ayudar a mitigar riesgos y asegurar que la implementación del 5G se realice de manera segura y responsable.

- Medidas para masificar el acceso a 5G en zonas rurales y apartades. En la medida que se logre consolidar el uso de tecnología 5G en centros urbanos y zonas densamente pobladas, es necesario también avanzar decididamente en medidas para conseguir que esta tecnología también llegue a zonas rurales y apartadas de los distintos países de la región. Esto permitirá cerrar la brecha digital que se haya generado en los primeros hitos de adopción de tecnologías, y también permitirá la materialización de ecosistemas complejos que atiendan a la mayoría de la población de los países de la región.

[11] El Fixed Wireless Access (FWA) es un caso novedoso de uso, que utiliza las frecuencias de espectro de 4G y 5G para proveer servicios de conectividad de banda ancha de manera inalámbrica, lo que permite conexiones de alta calidad sin necesidad de una conexión alámbrica. (Nokia, 2023)

Varios países desde el inicio del despliegue de 5G han establecido políticas para materializar el acceso a esta tecnología en zonas rurales. Por ejemplo, EUA estableció en 2020 el "5G Fund for Rural America" (Congressional Research Service, 2021), que incluirá varios billones de dólares en el Fondo de Servicio Universal de ese país, para apoyar el despliegue de infraestructura 5G en las zonas rurales de EUA.

En América Latina, es fundamental que en la medida que una vez se consolide el despliegue en las zonas urbanas, se establezcan incentivos, subsidios y estrategias de cofinanciación público-privadas para lograr conectar completamente los países de la región.

3.4. Casos de negocio, rentabilidad y sostenibilidad financiera con 5G

Como hemos venido mencionando, la adopción y masificación de 5G, tanto para consumo masivo, como para usos industriales (Tanque de Análisis y Creatividad de las TIC - TicTac, 2022), implicará una verdadera revolución en los casos de uso y en aplicaciones innovadoras. En ese sentido, los distintos actores de los ecosistemas digitales de América Latina deberán enfrentarse a nuevas necesidades técnicas y regulatorias, que deben ser atendidas por las autoridades nacionales. Con esto en mente debe buscarse garantizar la flexibilidad necesaria para la innovación, a la vez que se obtiene un retorno de inversión razonable y suficiente por parte de las empresas, que permita la sostenibilidad financiera de estas redes en el mediano y largo plazo.

- Desafíos en la implementación de aplicaciones industriales con 5G. Con el fin de avanzar en la implementación de aplicaciones industriales con 5G, será relevante enfrentarse a desafíos asociados al acceso a espectro para redes privadas (Moore, Newe, & O'Conell, 2020), así como a obligaciones regulatorias que pueden limitar este tipo de soluciones. Al respecto, no todas las soluciones de redes privadas pueden funcionar sobre las redes públicas de los operadores. En ese sentido, las autoridades deberán encontrar acuerdos entre las necesidades de espectro de los operadores y las industrias.

Particularmente, es necesario que desde la regulación se actualicen los marcos normativos con el fin de permitir estas formas innovadoras de modelos de negocios y para redes privadas. Por ejemplo, esto se puede lograr mediante consensos entre el regulador los operadores móviles y las verticales, como en el caso de Finlandia (Tarnutzer, 2020). Así pues, deberá estimularse la creación y adopción de aplicaciones y servicios basados sobre tecnología 5G, de manera que tanto operadores como industrias puedan generar nuevos negocios con valor agregado para la Industria 4.0 (GSMA, 2023). Esto permitirá a los operadores tener nuevas fuentes de ingresos a través de los servicios que presten en este segmento, así como casos de uso de ciudades inteligentes (Abbas Bangash, y otros, 2022).

- Lentitud en la adopción masiva de 5G. La unión de los distintos desafíos que hemos planteado a lo largo de esta sección podría traducirse en una lenta adopción de 5G por parte de consumidores masivos y verticales industriales. Al respecto, hay unos importantes niveles de cooperación y colaboración que serán necesarios para materializar nuevos casos de uso de 5G (Flannery, Kehoe, & Hanberry, 2022). En ese sentido, es necesario encontrar modelos de negocio que garanticen un flujo adecuado de recursos que pueda ser utilizado en profundizar la penetración de 5G en sectores industriales,

Esto a su vez podría llevar a una adopción lenta de 5G, aparejada a un menor retorno de la inversión para las empresas que inviertan en esta. Así las cosas, debe evitarse a toda costa un círculo vicioso en el cual este menor retorno de inversión, también se traduce en menor inversión por parte de los operadores para el despliegue y cobertura de esta tecnología.

3.4.1. Políticas base para la generación de casos de negocio, rentabilidad y sostenibilidad financiera con 5G

- Políticas tributarias y de inversión para materializar el despliegue de 5G. Medidas tributarias que permitan reducir el costo después de impuesto de los equipos van a tener como efecto un despliegue más rápido y amplio. En ese sentido, propuestas que permitan deducir del impuesto de renta las inversiones de capital en equipos para 5G (Information Technology and Innovation Foundation, 2020) son valiosas. De la misma manera, es fundamental evitar la imposición de aranceles y cuotas que encarezcan o restrinjan la entrada tanto de equipos de red como de dispositivos móviles. De otro lado, es fundamental fortalecer los vínculos de cooperación público-privada, con el fin de promover políticas y planes de despliegue de infraestructura y acceso universal, que permitan ampliar la cobertura y la capacidad de las redes de 5G que se desplieguen.

- Rebalanceo de cargas tributarias y contraprestaciones específicas para el sector TIC. Es crucial contar medidas tributarias que impulsen la inversión de los actores del mercado en el despliegue de redes de 5G. Esto podría lograrse a través de deducciones tributarias por inversiones en activos fijos asociados al despliegue de las redes. Asimismo, por el lado de los

consumidores, evitar impuestos indirectos que encarezcan el precio de los servicios móviles (como el caso del impuesto al consumo en Colombia[12]) para aumentar la demanda y acelerar su adopción. Igualmente, se debe evaluar y balancear impuestos y contraprestaciones específicas del sector TIC, con el fin de promover la inversión en 5G (GSMA, 2023).

Es de notar que Japón introdujo un impuesto de promoción a la introducción de 5G en el país. Al respecto, esta medida establece incentivos tributarios, que permiten realizar depreciaciones especiales sobre el monto de las inversiones de capital, y deducciones de estas. Con esto, el gobierno japonés espera acelerar el despliegue de estaciones base, especialmente en zonas rurales (Japan External Trade Organization - JETRO, 2023).

- Establecimiento medidas de coinversión entre el sector público y privado. En los últimos 5 años, los operadores móviles han invertido más de 54 billones de dólares americanos en CAPEX, sobre todo de redes 4G (GSMA, 2023). Sin embargo, se han elevado voces de alerta sobre las dificultades que podrían tener mercados emergentes (como el de América Latina) para alcanzar la etapa de madurez de la tecnología 5G. Esto podría ampliar la brecha digital entre los países desarrollados, que han tomado políticas públicas de preparación para el 5G mucho más profundas (International Finance Corporation, 2021). Así las cosas, es relevante que América Latina tome roles más activos en la planeación y desarrollo de las inversiones necesarias para materializar 5G en las regiones. De lo contrario, esto podría llevar a un mayor rezago regional y una pérdida importante en los beneficios que esta tecnología podría traer para los distintos actores de América Latina.

3.4.2. Políticas para la masificación de casos de negocio, rentabilidad y sostenibilidad financiera con 5G

- Política de masificación de ecosistemas de Internet de las Cosas (IoT). La masificación de conectividad que generarán redes de 5G maduras, como las que habría en este estadio de masificación del servicio, permitirá profundizar y potencializar los ecosistemas de IoT, al permitir conexiones con alta confiabilidad, baja latencia y ultra velocidad. Todo esto permitirá nuevas aplicaciones y usos, tanto en ambientes industriales como para consumidores masivos (Del-Valle-Soto, Nolazco-Florez, Pons, Rodríguez, & Valenzuela, 2023).

Dicha política ha de incluir incentivos para la adopción de dispositivos IoT, así como la creación de estándares y regulaciones que promuevan la interoperabilidad y la seguridad en los ecosistemas digitales de América Latina. Al facilitar la adopción de dispositivos IoT en diferentes sectores, (como la salud, la agricultura, la industria y el transporte), se puede mejorar la eficiencia y la toma de decisiones, lo que conduce a un crecimiento económico sostenible y una mayor calidad de vida para la población. Esto estimula la creación de empleos en sectores tecnológicos y se fortalece la posición de un país en la economía global basada en la tecnología.

Con esto en mente, durante la etapa de masificación de 5G, se verá una adopción acelerada de tecnología y dispositivos IoT, que generará un efecto positivo también en la adopción de conectividad móvil para los distintos usuarios de los países de la región.

3.5. Penetración ubicua de 5G y apagón de redes de 4G

Habiendo superado los desafíos planteados, la penetración ubicua de la tecnología 5G, conllevará a un eventual apagón de las redes 4G y marcará el hito definitivo en la adopción de aquella. Con la expansión generalizada del 5G, las velocidades de conexión serán significativamente más rápidas y la latencia se reducirá drásticamente, lo que consolidará aplicaciones, servicios innovadores y casos de uso, que cambiaran el ecosistema digital de los países de la región.

Sin embargo, el apagón de las redes 4G no debe llevarse a cabo de manera precipitada. Como hemos mencionado a lo largo del documento, la transición hacia el 5G debe ser planificada cuidadosamente, garantizando que todas las regiones tengan acceso a esta nueva tecnología y que los dispositivos 4G se actualicen o reemplacen de manera adecuada.

Asimismo, la tecnología móvil 6G se vislumbra como el próximo paso en las comunicaciones móviles. Si bien el 5G está transformando nuestras vidas en la actualidad, el 6G promete llevar la conectividad a un nivel completamente nuevo. Se espera que ofrezca velocidades de datos aún más rápidas, virtualización avanzada, capacidad para soportar una amplia gama de dispositivos IoT, y una latencia cercana a cero.

[12] República de Colombia. Decreto 624 de 1989. Por el cual se expide el Estatuto Tributario de los Impuestos Administrados por la Dirección General de Impuestos Nacionales. Artículo 512-1 y 512-2

Sin embargo, seguramente veremos una convivencia entre esta tecnología y el 5G, por lo que la implementación exitosa del 6G, también requerirá una planificación cuidadosa y la colaboración entre gobiernos, empresas y la industria para garantizar una transición suave y equitativa, al igual que lo que estamos experimentando con la evolución del 4G al 5G. Al respecto, también se prevén nuevas necesidades de espectro para 6G (por ejemplo, bandas de 73 GHz-140 GHz o 1 THz-3THz), así como una necesidad aún mayor de densidad para la conectividad, para los cuales es importante que los países de la región comiencen a prepararse con suficiente antelación (Ahmed & Abdul Matin, 2020).

Tabla 2. Resumen de desafíos e hitos de adopción

	Desafíos	**Acceso a Espectro Radioeléctrico (ERE)**	**Eliminación de barreras y promoción del despliegue de infraestructura de telecomunicaciones**	**Acceso y asequibilidad de equipos 5G**	**Casos de negocio, rentabilidad y sostenibilidad**

<table>
<tr><td rowspan="5">Hitos de adopción de tecnología 5G</td><td>1. Políticas de base</td><td>Políticas de Planeación para 5G

Establecimiento de condiciones técnicas y jurídicas para las subastas de ERE para 5G</td><td>Medidas para la eliminación definitiva de barreras al despliegue de infraestructura de telecomunicaciones

Políticas para la promoción de despliegue de fibra óptica, y de backhaul inalámbrico y satelital</td><td>Medidas para garantizar la homologación de los dispositivos 5G

Medidas para garantizar la adecuada provisión de equipos 5G

Políticas de ciberseguridad y confianza digital</td><td>Políticas tributarias y de inversión para materializar el despliegue de 5G

Rebalanceo de cargas tributarias y contraprestaciones específicas para el sector TIC

Establecimiento de medidas de coinversión entre el sector público y privado</td></tr>
<tr><td>2. Políticas tangenciales y primeras aplicaciones</td><td>Políticas de ERE para la masificación de redes privadas

Medidas para consolidar el servicio en zonas urbanas y de alta densidad</td><td>Políticas para facilitar el despliegue de soluciones 5G en verticales industriales y soluciones B2B

Planes para integrar proyectos de 5G dentro de proyectos de infraestructura nacional</td><td>Promoción de redes autónomas (transición de NSA a SA)</td><td></td></tr>
<tr><td>3. Políticas para la aceleración de 5G</td><td colspan="2"></td><td>Políticas para la promoción de soluciones FWA con 5G

Elaboración de planes de migración de tecnologías inferiores hacia 5G</td><td></td></tr>
<tr><td>4. Políticas para la masificación de 5G</td><td colspan="2"></td><td>Medidas para masificar acceso a 5G en zonas rurales y apartadas</td><td>Política de masificación de ecosistema de Internet de las Cosas (IoT)</td></tr>
<tr><td colspan="4">5. Penetración ubicua de 5G y apagón 4G</td></tr>
</table>

4. CONCLUSIONES

Existen importantes desafíos para conseguir que la adopción y masificación de 5G en América Latina se convierta en una realidad. Sin embargo, también existen una variedad de herramientas regulatorias y de política pública que se han venido implementando alrededor del mundo y que han servido como habilitadores de este proceso. Precisamente, consideramos que el proceso de adopción de 5G en la región, debe estar aparejado a la actualización y simplificación de la normatividad aplicable para obtener los frutos que esta tecnología promete.

Por esta razón, analizar hitos regulatorios para 5G sirve para establecer un marco general que pueda guiar el camino de los países de América Latina, en su propio proceso de adopción y masificación de la tecnología. En ese sentido, hemos buscado establecer recomendaciones basadas en las mejores prácticas internacionales, que consideramos serán clave para acelerar estos procesos dependiendo del momento de adopción en el cual se encuentre cada país.

Es importante notar (Rogers, 2003)los avances que varios países de la región están haciendo en el despliegue de 5G (como Brasil y Chile), sin perder de vista los desafíos que existen para los demás países de la región. En esa nota, seguir mejores estándares y prácticas a nivel internacional y regional permitirá un desarrollo de 5G en el país, que permita a la región obtener los beneficios de esta tecnología.

Habiendo realizado este barrido por las distintas recomendaciones y desafíos, consideramos que los hallazgos principales respecto a la adopción y masificación de 5G en la región son los siguientes:

a. La necesidad de planificar espectro de 26 a 28 GHz para mmWave. En la región comienza a subastarse espectro para 5G, especialmente en la banda de 3.500 MHz y algunos países la de 26 a 28 GHz. Si bien, esta última banda puede no utilizarse en los primeros momentos de adopción y despliegue de 5G, es importante que los países de la región comiencen a planificar para limpiarla y hacerla disponible en el mediano plazo, con el fin de permitir la implementación de nuevas tecnologías e innovaciones basadas en 5G

b. La necesidad de fortalecer los esquemas y políticas de ciberseguridad en la región para hacer frente a nuevos desafíos en 5G y ecosistemas IoT. La digitalización de las redes que promueve la tecnología 5G implica importantes desafíos en materia de ciberseguridad que deberán ser afrontados por los distintos actores, tanto públicos como privados, del ecosistema. En el mismo sentido, los extensos ecosistemas IoT de dispositivos conectados implicarán importantes esfuerzos para garantizar la seguridad de los usuarios y las redes.

c. La importancia de prepararse con antelación para la llegada de 6G. Desde hace algún tiempo se ha comenzado a hablar de la tecnología sucesora del 5G, el 6G. En el análisis de medidas para acelerar el despliegue de 5G identificamos varias que vienen a resolver desafíos que existían desde antes con tecnologías anteriores, como la lentitud en la asignación de espectro o las barreras para el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones. Por lo tanto, es importante que estos desafíos sean superados en la región, con el fin de que la adopción y despliegue de 6G y tecnologías superiores sea más veloz y América Latina pueda beneficiarse aún más profundamente de estas.

Con esto en mente, es claro que hay importantes desafíos a los que los países de la región deben hacer frente para garantizar la adecuada masificación de 5G en América Latina, así como sus beneficios, especialmente cerrando la brecha que actualmente existe respecto a países más desarrollados.

5. REFERENCIAS

1. 5G Americas. (2020). *Understanding mmWave Spectrum for 5G Networks.* 5G Americas.
2. 5G Americas. (2023). *Bandas de ondas milimétricas (mmWave) para 5G en América Latina y el Caribe.* 5G Americas.
3. 5G Observatory. (2021). *To fulfil its potential 5G needs access to much higher frequencies: 3.5 GHz and above. This was not the case with earlier mobile generations.* Obtenido de www.5gobservatory.edu: https://5gobservatory.eu/5g-spectrum/
4. 5G PPP Technology Board. (2022). *Non-Public-Networks – State of the art and way forward.*

5. Abbas Bangash, Y., Cui, G., Fu, L., Huang, F., Liang, P., Teng, F., & Yang, C. (2022). Using 5G in smart cities: A systematic mapping study. *Inteligent Systems with Applications*.
6. Agarwal, V., Jangam, A., Shetty, R., & Suthar, P. (2020). *4G and 5G Migration and Interworking Strategy.* Cisco.
7. Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL. (19 de 01 de 2022). *Compromissos de Abrangência do Leilão do 5G*. Obtenido de www.gov.br: https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/universalizacao/compromissos-do-leilao-do-5g
8. Ahmed, R., & Abdul Matin, M. (2020). Towards 6G wireless networks-challenges and potential technologies. *Journal of Electronic Engineering*, 288-295.
9. Alsadoon, A., Arif, S., Giweli, N., Imran, M., Rehman, S., Subedi, P., & Prasad, P. (2021). Network slicing: a next generation 5G perspective. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*.
10. Banco Interamericano de Desarrollo - BID. (2017). *El impacto de las obligaciones en el valor del espectro radioeléctrico* . BID.
11. Banco Mundial; Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT. (19 de 01 de 2022). *Spectrum Management*. Obtenido de Digital Regulation Platform: https://digitalregulation.org/overview-of-national-spectrum-licensing/
12. Berrocal, J., Díaz, J., Gónzalez-Prieto, A., López-Viana, R., & Pérez, J. (2022). Edge computing: A grounded theory study. *Springer Link* (104), 2711-2747.
13. Blake, C. (2022). 5G Innovations and Cybersecurity Risk. *ISACA Journal*.
14. Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina - cet.la & Banco Interamericano de Desarrollo - BID. (2023). *Brecha de conectividad y necesidades de inversión en América Latina y el Caribe una perspectiva económico financiera.* New York: cet.la.
15. Comisión de Regulación de Comunicaciones - CRC. (2020). *Estudio sobre las condiciones regulatorias para favorecer la adopción de la tecnología 5G en Colombia.* Bogotá D.C.
16. Comisión Económica para América Latina - CEPAL. (2023). *Redes 5G en América Latina: Desarrollo y potencialidades.* Santiago de Chile: Naciones Unidas.
17. Congressional Research Service. (2021). 5G Fund for Rural America. *CRS Insight*.
18. Contreras Florez, A. (2022). *5G spectrum for private industries available in few countries in the Americas.* Cullen International.
19. Del-Valle-Soto, C., Nolazco-Florez, J., Pons, M., Rodríguez, B., & Valenzuela, E. (2023). Utilization of 5G Technologies in IoT Applications: Current Limitations by Interference and Network Optimization Difficulties—A Review. *Sensors*.
20. European 5G Observatory. (14 de 06 de 2019). *European 5German 5G auction ends with 6.55 billion EUR in total bids*. Obtenido de www.5gobservatory.eu: https://5gobservatory.eu/german-5g-auction-ends-with-6-55-billion-eur-in-total-bids/#:~:text=Germany's%20Federal%20Network%20Agency%20announced,prices%20of%20the%20country's%20auction
21. European Commission. (22 de 12 de 2022). *5G Coverage along Transport Corridors: first wave of projects selected for co-funding 5G corridor infrastructures*. Obtenido de Shaping Europe's Digital Future: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/5g-coverage-along-transport-corridors-first-wave-projects-selected-co-funding-5g-corridor
22. European Telecommunications Standards Institute - ETSI. (2023). *Worldwide analysis and proposals to promote and facilitate the wireless transport network as the key enabler for fast mobile backhaul network modernization.* ETSI.
23. Federal Communications Commission - FCC. (18 de 04 de 2018). *FCC Proposes to Protect National Security Through FCC Programs*. Obtenido de www.fcc.gov: https://www.fcc.gov/document/fcc-proposes-protect-national-security-through-fcc-programs-0
24. Federal Communications Commission. (s.f.). *America's 5G Future*. Obtenido de www.fcc.gov: https://www.fcc.gov/5G
25. Flannery, N., Kehoe, J., & Hanberry, D. (2022). *5G the benefits and barriers to adoption: Digital Consumer Trends 2021*. Obtenido de Deloitte Digital Consumer Trends 2021: https://www2.deloitte.com/ie/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/digital-consumer-trends/digital-consumer-trends-5g-benefits-and-barriers-to-adoption.html
26. Grijpink, F., Ménard, A., Sigurdsson, H., & Vucevic, N. (23 de 02 de 2018). *The road to 5G: The inevitable growth of infrastructure cost*. Obtenido de www.mckinsey.com:

https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/the-road-to-5g-the-inevitable-growth-of-infrastructure-cost

27. GSMA. (2018). *Road to 5G: Introduction and Migration.* GSMA.
28. GSMA. (2022). *5G Spectrum: GSMA Public Policy Position.* GSMA.
29. GSMA. (2022). *Maximising the socio-economic value of spectrum: A best practice guide for the cost-benefit analysis of 5G spectrum assignments.* GSMA Intelligence.
30. GSMA. (2023). *5G en América Latina: Liberando el potencial.* GSMA Intelligence.
31. GSMA. (2023). *Private 5G Industrial Networks: An analysis of use cases and deployment.* GSMA.
32. GSMA. (2023). *Spectrum Licensing Best Practice India: Improved spectrum pricing as an important contributor to capacity growth and 5G rollouts.* GSMA.
33. Information Technology and Innovation Foundation. (2020). *Comments on the National Strategy to Secure 5G Implementation Plan.*
34. Information Technology Industry Council - ITI. (2020). *ITI's 5G Policy Principles and 5G Essentials for Global Policymakers.* ITI.
35. Instituto Federal de Telecomunicaciones - IFT. (2022). *Costo del Espectro*. Obtenido de www.sensor5g.ift.org.mx: https://sensor5g.ift.org.mx/economia_costo_espectro
36. International Finance Corporation. (2021). *Enabling Private Investment in 5G Connectivity in Emerging Markets—An Assessment of Challenges and Policy Options.* World Bank.
37. Jahng, J., & Park, S. (2020). Simulation-based prediction for 5G mobile adoption. *ICT Express*, 109-112.
38. Japan External Trade Organization - JETRO. (2023). *JETRO Invest Japan Report 2022.*
39. Kim, D. (2022). *Non-Public Networks (NPN)*. 3GPP MC.
40. Moonsup Shin, S., & Cheng, X. (12 de 03 de 2020). *How Will the Coronavirus Affect Mobile Phone Supply Chains?* Obtenido de www.bain.com: https://www.bain.com/insights/how-will-the-coronavirus-affect-mobile-phone-supply-chains-snap-chart/
41. Moore, D., Newe, T., & O'Conell, E. (2020). Challenges Associated with Implementing 5G in Manufacturing. *Telecom*, 48-67.
42. Nokia. (28 de 06 de 2023). *Fixed Wireless Access explained*. Obtenido de www.nokia.com: https://www.nokia.com/about-us/newsroom/articles/fixed-wireless-access-explained/#:~:text=Fixed%20Wireless%20Access%20(FWA)%20is,device%20in%20a%20customer's%20home
43. Parcu, P., & Rossi, M. (2021). Technological neutrality and network neutrality in telecommunications regulation. Policies at the 5G crossroads? *10th FSR Annual Conference: Infrastructure investment Challenges: Reconciling competition, decarbonisation and digitalisation.*
44. República Argentina. (10 de 03 de 2022). *Simplificación de trámites en la importación de celulares*. Obtenido de www.argentina.gob.ar: https://www.argentina.gob.ar/noticias/simplificacion-de-tramites-en-la-importacion-de-celulares
45. Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innovations.* New York: Free Press.
46. Sipmson, D., & Wheeler, T. (03 de 09 de 2019). *Why 5G requires new approaches to cybersecurity: Racing to protect the most important network of the 21st century*. Obtenido de brookings.edu: https://www.brookings.edu/articles/why-5g-requires-new-approaches-to-cybersecurity/
47. Statista. (12 de 05 de 2023). *Number of models of 5G devices 2023, by device type*. Obtenido de www.statista.com: https://www.statista.com/statistics/1258416/5g-devices/
48. Statista. (18 de 01 de 2023). *5G capable smartphones average selling price in the United States from 2nd quarter of 2019 to first quarter 2021*. Obtenido de www.statista.com: https://www.statista.com/statistics/1212568/5g-smartphones-average-selling-price-us/
49. Tanque de Análisis y Creatividad de las TIC - TicTac. (2022). *Propuestas de política pública para la adopción y masificación de la tecnología 5G en Colombia.* Bogotá D.C.
50. Tarnutzer, B. (20 de 05 de 2020). *The 5G challenge for regulators – examining the cost of reserving spectrum for private networks.* Obtenido de www.gsma.com: https://www.gsma.com/spectrum/examining-the-cost-of-reserving-spectrum-for-private-networks/

51. Telecom Advisory Services. (2022). *El papel de la economía digital en la recuperación económica de América Latina y el Caribe.* New York: Telecom Advisory Services LLC.
52. Teletime. (23 de 06 de 2023). *Brasil tem a maior rede 5G standalone do mundo, diz Anatel*. Obtenido de www.teletime.com.br: https://teletime.com.br/23/06/2023/brasil-tem-a-maior-rede-5g-standalone-do-mundo-diz-anatel/
53. Telus. (2022). *Reforming Canadian spectrum policy for 5G and beyond.* Telus.
54. Tombaz, S. (24 de 04 de 2023). *Non-standalone and Standalone: two standards-based paths to 5G*. Obtenido de www.ericsson.com: https://www.ericsson.com/en/blog/2023/4/standalone-and-non-standalone-5g-nr-two-5g-tracks
55. Tungsten. (2011). Difussion of ideas. *Difusión de ideas.*
56. Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT. (2018). *Setting the Scene for 5G: Opportunities & Challenges.* Naciones Unidas.
57. World Wide Web Consortium - W3C. (09 de 04 de 2020). *Solution for IoT Interoperability - W3C Web of Things (WoT)*. Obtenido de www.w3.org: https://www.w3.org/press-releases/2020/wot-rec/