

The background of the entire page is a complex collage of various images related to technology, communication, and business. It includes people using laptops, interacting with large digital screens, wearing VR headsets, and holding up smartphones. The images are layered and connected by a network of thin, glowing blue lines, creating a sense of global connectivity and digital infrastructure. The overall color palette is dominated by deep blues and teals, with occasional highlights of yellow and white from the text and some images.

Estimación del valor económico del uso no licenciado de la banda de 6GHz en Colombia

enero 2021

Autores

- **Raúl Katz** – PhD, Administración de Empresas y Ciencias Políticas y MS, Tecnología y Políticas de Comunicaciones - *Massachusetts Institute of Technology*, Maestría y Licenciatura, Ciencias de la Comunicación, Universidad de París y Maestría, Ciencias Políticas – Universidad de París – Sorbona. El Dr. Katz es Director de Investigación de Estrategia Empresarial en el *Columbia Institute for Tele-Information* (Universidad de Columbia), Profesor Visitante de la Universidad de San Andrés (Argentina) y Presidente de *Telecom Advisory Services, LLC* (URL: www.teleadvs.com). Antes de fundar *Telecom Advisory Services*, él trabajó durante veinte años en *Booz Allen Hamilton*, donde se desempeñó como Líder de la Práctica de Telecomunicaciones en las Américas y miembro del equipo de dirección de la firma.
- **Fernando Callorda** – Maestría y Licenciatura, Ciencias Económicas - Universidad de San Andrés (Argentina). El Lic. Callorda se desempeña como Director de Proyectos en *Telecom Advisory Services*. Especializado en econometría de las telecomunicaciones, el Lic. Callorda lideró numerosos estudios de impacto de tecnologías digitales en los Estados Unidos, Europa, Asia y África, publicados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones y periódicos especializados. Antes de incorporarse a *Telecom Advisory Services*, el Lic. Callorda se desempeñó como asesor económico en el Congreso Argentino y consultor en *Deloitte*. Asimismo, el Lic. Callorda es profesor de Economía Política en UNLAM (Argentina) e Investigador en la Red Nacional de Universidades Públicas (Argentina).

Telecom Advisory Services LLC (URL: www.teleadvs.com) es una firma de consultoría con personalidad jurídica registrada en el estado de Nueva York (EE. UU.) con presencia física en Nueva York, Madrid, Bogotá y Buenos Aires. Fundada en el 2006, la firma ofrece servicios de asesoría y consultoría a nivel internacional, especializándose en particular en el desarrollo de estrategias de negocios y políticas públicas en los sectores de telecomunicaciones y digital. Sus clientes incluyen operadores de telecomunicaciones, fabricantes de equipamiento electrónico, plataformas de Internet, desarrolladores de software, así como los gobiernos y reguladores de Argentina, Colombia, Ecuador, Costa Rica, México, y Perú. Asimismo, *Telecom Advisory Services* ha realizado numerosos estudios de impacto económico y planeamiento de tecnologías digitales para la GSMA, la NCTA (EE.UU.), *Cable Europe*, la CTIA (EE.UU.), y la Wi-Fi Alliance. En el ámbito de organizaciones internacionales, la firma ha trabajado con la Unión Internacional de Telecomunicaciones, el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, la Corporación Andina de Fomento, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, y el Foro Económico Mundial.

Este estudio fue comisionado por la Dynamic Spectrum Alliance y realizado en el periodo comprendido entre octubre de 2020 y enero de 2021; el mismo representa el punto de vista de los autores.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN EJECUTIVO

1. INTRODUCCIÓN

2. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

- 2.1. El valor intrínseco del espectro no licenciado
- 2.2. La decisión de designar la banda de 6 GHz para uso no licenciado en otros países

3. METODOLOGÍAS PARA ESTIMAR EL VALOR DE LA DESIGNACIÓN DE LA BANDA DE ESPECTRO DE 6 GHz PARA USO NO LICENCIADO

- 3.1. Aumento de la cobertura de banda ancha y mejoramiento de la asequibilidad
- 3.2. Aumento de la velocidad de banda ancha como resultado de la disminución de congestión de Wi-Fi
- 3.3. Despliegue acelerado del Internet de las Cosas
- 3.4. Reducción de costos de comunicaciones inalámbricas de empresas
- 3.5. Despliegue de soluciones de realidad aumentada y realidad virtual
- 3.6. Despliegue de Wi-Fi municipal
- 3.7. Desarrollo de puntos de acceso de Wi-Fi gratuito
- 3.8. Alineamiento de la designación de espectro con el modelo de economías avanzadas
- 3.9. Aumento de la capacidad de enrutamiento de tráfico celular
- 3.10. Producción y adopción de equipamiento de Wi-Fi
- 3.11. Combinación del valor económico

4. AUMENTO DE LA COBERTURA DE BANDA ANCHA Y MEJORAMIENTO DE LA ASEQUIBILIDAD

- 4.1. La situación actual en Colombia
- 4.2. Aumento del excedente de consumidores de los abonados a ISP inalámbricos
- 4.3. Impacto en el PIB del aumento de la asequibilidad y penetración de banda ancha de abonados de ISP inalámbricos

5. AUMENTO DE LA VELOCIDAD DE BANDA ANCHA COMO CONSECUENCIA DE LA DISMINUCIÓN DE LA CONGESTIÓN DE WI-FI

- 5.1. Velocidad actual de banda ancha en Colombia y el peso de la congestión de Wi-Fi

- 5.2. Contribución al PIB como resultado de la reducción de la congestión de Wi-Fi
- 5.3. Contribución al excedente del consumidor como resultado de la reducción de la congestión de Wi-Fi
- 6. **DESPLIEGUE ACELERADO DEL INTERNET DE LAS COSAS**
 - 6.1. La importancia del Internet de las Cosas en Colombia
 - 6.2. El excedente del productor de las firmas del ecosistema de Internet de las Cosas
 - 6.3. Derrame económico del Internet de las Cosas como resultado de la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado en Colombia
- 7. **REDUCCIÓN DE COSTOS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA DE EMPRESAS**
- 8. **DESPLIEGUE DE SOLUCIONES DE REALIDAD AUMENTADA Y REALIDAD VIRTUAL**
 - 8.1. Excedente del productor generado por la venta de soluciones de Realidad Virtual y Realidad Aumentada
 - 8.2. Derrame económico de la Realidad Virtual y Realidad Aumentada
- 9. **ACELERAMIENTO EN EL DESPLIEGUE DE WI-FI MUNICIPAL**
 - 9.1. Impacto de las redes de Wi-Fi municipal en el PIB
 - 9.2. Contribución de las redes de Wi-Fi municipal al excedente del consumidor
- 10. **DESARROLLO DE PUNTOS DE ACCESO DE WI-FI GRATUITO**
 - 10.1. Impacto de Wi-Fi gratuito en el PIB como resultado de la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado
 - 10.2. Impacto de Wi-Fi gratuito en el excedente del consumidor
- 11. **ALINEAMIENTO DE LA DESIGNACIÓN DE ESPECTRO DE 6 GHz CON EL MODELO DE ECONOMÍAS AVANZADAS**
- 12. **AUMENTO DE CAPACIDAD DE ENRUTAMIENTO DE TRÁFICO CELULAR**
- 13. **PRODUCCIÓN Y ADOPCIÓN DE EQUIPAMIENTO DE WI-FI**
- 14. **SUMA DE EFECTOS Y ESCENARIO ALTERNATIVO**

BIBLIOGRAFÍA

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo provisto por Galé Mallol Agudelo, Presidenta (ASOTIC), Michael Daum, Director - Política Tecnológica (Microsoft); Chuck Lukaszewski, Vice-presidente - Estrategia Inalámbrica y Estándares (HP Enterprise); Hassan Yaghoobi, Arquitecto Principal de Sistemas Inalámbricos - Estándares y Tecnología de Última Generación (Intel); Lester García, Líder de Política de Conectividad - Latam (Facebook); Chris Szymanski, Director - Mercadeo de Producto y Asuntos Gubernamentales (Broadcom); Alan Norman, Director - Políticas de Espectro (Facebook); Burhan Masood, Director Asociado - Línea de Producto (Broadcom); Carlos Rebellón, Director - Relaciones Gubernamentales, Américas (Intel), y Mary Brown, Director Senior - Relaciones Gubernamentales (Cisco)

Se agradece asimismo a *ABI Research* por haber otorgado permiso para usar su información y datos en este estudio.

RESUMEN EJECUTIVO

El 16 de diciembre de 2020 el MINTIC y la Agencia Nacional de Espectro (ANE) de Colombia abrieron una Consulta Pública sobre el uso futuro de la banda de 6 GHz (entre 5925-7125 MHz)¹. El objetivo de la misma es “conocer qué alternativas de uso pueden darse a esta banda, considerando los servicios y despliegues incumbentes y posibles nuevos desarrollos o modelos de explotación de estas frecuencias radioeléctricas, tanto para servicios IMT asociados con 5G como aquellos relacionados con el uso libre, por ejemplo, el Wi-Fi 6”.²

El propósito del siguiente estudio es estimar el valor económico asociado con la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado³ en Colombia. La metodología utilizada identifica diez fuentes de valor económico, estimándolas de manera independiente y sumándolas para proporcionar un valor total que incluye la contribución al Producto Interno Bruto (PIB), así como los excedentes del productor⁴ y del consumidor⁵ (ver cuadro A).

Cuadro A. Fuentes de Valor Económico de la Banda de 6 GHz en Colombia

Fuentes de Valor	Contribución al PIB	Excedente del Productor	Excedente del Consumidor
Aumento de la cobertura y mejoramiento de la asequibilidad	Mejoramiento de la asequibilidad asociada con la provisión de servicio de banda ancha y aumento de la capacidad de compartición de líneas en el sector de WISP		Aumento de velocidad a abonados de WISP
Aumento de la velocidad de banda ancha mediante la reducción de la congestión de Wi-Fi	Beneficio resultado de la eliminación de cuellos de botellas en conexiones de alta velocidad a partir del aumento de velocidad de Wi-Fi		Excedente del consumidor resultado del aumento de velocidad de la banda ancha
Despliegue amplio de Internet de las Cosas	Derrame económico del Internet de las Cosas resultado de su despliegue en sectores de la economía colombiana (p.e., automovilista, alimenticia, logística, etc.)	Márgenes de empresas del ecosistema (hardware, software y servicios) involucradas en el despliegue de IoT	
Reducción de los costos de telecomunicaciones		Reducción de costos de empresas en el uso de telecomunicaciones inalámbricas	

¹ <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/160952:MINTIC-y-ANE-consultan-a-los-interesados-sobre-los-posibles-usos-de-la-banda-de-6-GHz>

² Ibid., p. 5.

³ Este estudio usa de manera indistinta los términos de “espectro no licenciado” y “espectro libre”.

⁴ El excedente del productor es la diferencia entre el precio de mercado de un bien y su costo de producción.

⁵ El excedente del consumidor es la diferencia entre la utilidad total que obtiene el consumidor de un bien o servicio y su precio de mercado.

Fuentes de Valor	Contribución al PIB	Excedente del Productor	Excedente del Consumidor
inalámbricas de empresas			
Despliegue de soluciones de AR/VR	Derrame económico resultado del despliegue de AR/VR en la economía colombiana	Márgenes de empresas del ecosistema relacionado con la industria de AR/VR	
Despliegue de Wi-Fi municipal	Aumento del PIB como resultado de incremento en la adopción de banda ancha		Excedente del consumidor derivado del acceso a banda ancha a más alta velocidad
Despliegue de puntos de acceso de Wi-Fi gratuitos	Aumento del PIB como resultado de incremento en la adopción de banda ancha		Excedente del consumidor derivado del acceso a banda ancha a más alta velocidad
Alineamiento de la designación de espectro con las decisiones de otros países	Oportunidad potencial relacionada con el desarrollo de la manufactura de equipamiento de Wi-Fi	Beneficio relacionado con las economías de escala resultantes del alineamiento de Colombia con otras naciones avanzadas (por ejemplo, Estados Unidos y Corea del Sur)	
Aumento de la capacidad de enrutamiento de tráfico celular		Reducción de la inversión de capital como resultado del enrutamiento de tráfico celular a puntos de acceso Wi-Fi	
Equipamiento de Wi-Fi		Márgenes de empresas por la producción de equipamiento Wi-Fi	Excedente del consumidor resultado del uso del equipamiento Wi-Fi

Fuente: análisis Telecom Advisory Services

El valor económico acumulado entre el 2021 y 2030 resultante de la designación de la banda de 6 GHz para uso libre en Colombia suma US\$ 40.42 mil millones, distribuidos en US\$ 28.14 mil millones de contribución al PIB, US\$ 6.21 mil millones en excedente del productor (lo que incluye márgenes para proveedores de tecnología colombianos, ahorro en gastos de telecomunicaciones para empresas, y ahorro en la inversión de capital de operadores celulares) y US\$ 6.07 mil millones en excedente del consumidor (beneficios para consumidores en términos de bajo costo por Mbps y velocidades de banda ancha más elevadas) (cuadro B).

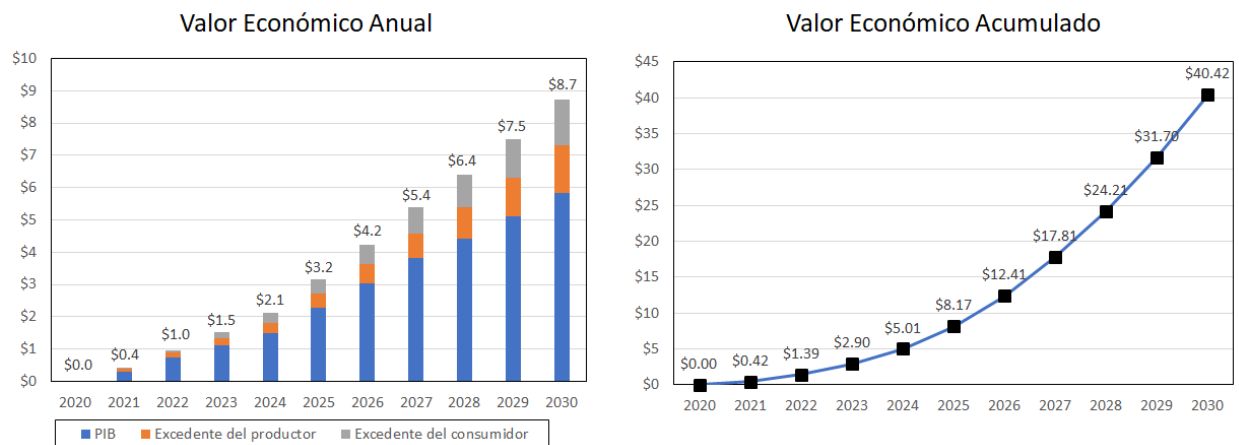
Cuadro B. Colombia: Valor Económico de la designación de 1200 MHz en la banda de 6 GHz (2021-2030) (en mil millones US\$)

Fuentes de Valor	Contribución al PIB	Excedente del Productor	Excedente del Consumidor
Aumento de la cobertura y mejoramiento de la asequibilidad	\$ 6.15		\$ 0.08
Aumento de la velocidad de banda ancha mediante la reducción de la congestión de Wi-Fi	\$ 6.78		\$ 2.35
Despliegue amplio de Internet de las Cosas	\$ 5.80	\$ 1.21	
Reducción de los costos de telecomunicaciones inalámbricas de empresas		\$ 2.91	
Despliegue de soluciones de AR/VR	\$ 2.81	\$ 0.98	
Despliegue de Wi-Fi municipal	\$ 3.27		\$ 0.74
Despliegue de puntos de acceso de Wi-Fi gratuitos	\$ 3.33		\$ 0.83
Alineamiento de la designación de espectro con las decisiones de otros países		\$ 0.12	
Aumento de la capacidad de enrutamiento de tráfico celular		\$ 0.79	
Equipamiento de Wi-Fi		\$ 0.20	\$ 2.07
TOTAL	\$ 28.14	\$ 6.21	\$ 6.07

Fuente: análisis Telecom Advisory Services

El valor económico por año aumenta en el tiempo con un aceleramiento significativo hacia el final del período considerado debido a la capacidad de apalancamiento del uso libre de la banda de 6 GHz (ver gráfico C).

Gráfico C. Colombia: Valor Económico de la designación de 1200 MHz en la banda de 6 GHz



Fuente: análisis Telecom Advisory Services

A lo largo del estudio, se han aplicado supuestos conservadores a todas las estimaciones, con lo cual se plantea la pregunta de cuál sería el impacto si algunas premisas fuesen más optimistas. Para ello, modificando los supuestos usados a lo largo de la investigación, desde el escenario conservador a uno más optimista en el despliegue y uso de la banda de 6 GHz, se obtiene que se podría generar un valor acumulado entre 2021 y 2030 equivalente a US\$

58.93 mil millones, distribuido entre US\$ 39.69 en contribución al PIB, US\$ 9.93 en excedente del productor, y US\$ 9.31 en excedente del consumidor.

Adicionalmente al valor estrictamente económico, es importante mencionar un aspecto importante a tener cuenta en la designación de la banda de 6 GHz para uso libre. La experiencia de los últimos meses en el que el mundo se enfrentó al COVID-19 ha demostrado la importancia crítica de Wi-Fi para apoyar la infraestructura capaz de mitigar los efectos económicos y sociales de la pandemia.⁶ El confinamiento en hogares ha puesto de manifiesto la importancia de la tecnología para apoyar la educación a distancia, el teletrabajo y hasta la telemedicina. En este marco, el aumento exponencial del tráfico de las telecomunicaciones en el hogar ha impactado el uso de Wi-Fi, lo que ha demostrado de manera más seria la congestión experimentada por los enrutadores de Wi-Fi en el hogar, lo que requiere que estos tengan la capacidad de usar espectro en otras bandas de espectro no licenciado como la de 6 GHz.⁷

Un segundo argumento a considerar es la contribución del uso libre de la banda de 6 GHz para reducir la brecha digital del país. La adopción de Internet en Colombia es estimada en 51.9%⁸, mientras que la penetración de usuarios únicos de banda ancha móvil alcanza 54.2%⁹, y la adopción de banda ancha fija llega a 52.5% de hogares.¹⁰ Como es de esperar, la población que no ha adoptado banda ancha está concentrada en los sectores más vulnerables de la población urbana y las zonas rurales. El uso de espectro no licenciado ya contribuye a la disminución de la brecha digital:

- Los proveedores de acceso inalámbrico a Internet (denominados WISP, por sus siglas en inglés) operan principalmente en zonas rurales sirviendo a 455,000 hogares colombianos;
- Según la encuesta del DANE de Indicadores Básicos de Tenencia y Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación, al 2018, 2,811,000 colombianos accedieron a internet desde centros de acceso público gratuito lo cual marca la relevancia de estos puntos de acceso;
- Este impacto aumentará en el futuro cercano, ya que en el 2020 el MINTIC realizó una inversión para desplegar aproximadamente 10,000 centros digitales adicionales, principalmente en instituciones educativas, beneficiando a cerca de un millón de estudiantes.

⁶ Con respecto a la importancia de las telecomunicaciones para mitigar el impacto negativo de las pandemias, ver Katz, R.; Jung, J. and Callorda, F. (2020a). "Can digitization mitigate the economic damage of a pandemic? Evidence from SARS". *Telecommunications Policy* 44, 102044.

⁷ Para más referencia, consultar Katz, R.; Jung, J. and Callorda, F. (2020b). *COVID-19 and the economic value of Wi-Fi*. New York: Telecom Advisory Services. Retrieved at: https://www.wi-fi.org/download.php?file=/sites/default/files/private/COVID-19_Economic_Value_Wi-Fi_202012.pdf

⁸ Información del DANE (ENCV) al 2019. Esta adopción cae al 20.7% de los hogares en zonas rurales, y sube al 61.6% en zonas urbanas.

⁹ GSMA Intelligence (2020).

¹⁰ Estimación TAS en base a información del DANE (número de hogares) y del MINTIC (número de conexiones).

Todas estas áreas se beneficiarán inmediatamente de una designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado, aumentando la capacidad y velocidad de descarga en los puntos de acceso. En contrapartida, una designación del espectro de 6 GHz para uso de los operadores de IMT no resultará en ninguna contribución positiva a la reducción de la brecha digital. El acceso inalámbrico fijo de 5G (en inglés, *Fixed Wireless Access*) no tendrá impacto alguno tanto en las zonas rurales como proveyendo servicio a la población vulnerable debido a los elevados costos de despliegue rural y las tarifas de entrega del servicio. El despliegue de una red nacional 5G en Colombia ha sido estimado a requerir una inversión de US\$ 12.62 mil millones, de los cuales US\$ 7.18 mil millones deberían ser destinados a zonas rurales.¹¹ Considerando que la inversión de capital anual de operadores celulares colombianos no excede US\$ 1.07 mil millones para los próximos cinco años¹², se requeriría un aumento de la inversión anual de más de 135 % para alcanzar una cobertura rural, un objetivo imposible de realizar. A esta meta inalcanzable, se debe sumar la barrera de asequibilidad en el precio de acceso de servicio 5G.

Como es fundamentado en este estudio, la designación de 1200 MHz en la banda de 6 GHz para uso no licenciado comienza a generar un beneficio económico desde el primer momento a partir de la resolución de la congestión de enrutadores de Wi-Fi en el mercado residencial y del desarrollo y despliegue de múltiples casos de uso en el sector productivo. La alternativa – no innovar y esperar hasta que los operadores de telecomunicaciones inalámbricas (IMT) tengan necesidad de acceder a espectro adicional en esta banda – pospone la creación de valor económico con el consiguiente costo de oportunidad para la economía y sociedad colombianas.

¹¹ Katz, R. and Cabello, S. (2019). *US\$300 billion for Latin America's GDP by expanding mobile connectivity into 5G*. retrieved in: <https://www.ericsson.com/en/blog/2019/11/expansive-mobile-networks-to-drive-economic-growth-in-latam>. Inversión sin incluir costo de adquisición de espectro.

¹² Fuente: GSMA Intelligence, promedio 2021-2025.

1. INTRODUCCIÓN

El 16 de diciembre de 2020 el Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicación (MINTIC) y la Agencia Nacional de Espectro (ANE) de Colombia abrieron una Consulta Pública sobre el uso futuro de la banda de 6 GHz (entre 5925-7125 MHz)¹³. El objetivo de la misma es “conocer qué alternativas de uso pueden darse a esta banda, considerando los servicios y despliegues incumbentes y posibles nuevos desarrollos o modelos de explotación de estas frecuencias radioeléctricas, tanto para servicios IMT asociados con 5G como aquellos relacionados con el uso libre, por ejemplo, el Wi-Fi 6”.

El propósito del siguiente estudio es estimar el valor económico asociado con la designación de la banda de 6 GHz para uso libre en Colombia. Para ello, se evaluará el impacto en la calidad del servicio, cobertura, y asequibilidad, así como en el despliegue de aplicaciones y casos de uso que puedan ser implementados en los mercados de consumidores individuales y empresas. En términos generales, la metodología empleada en este estudio es similar a la utilizada en las investigaciones realizadas en el caso de la decisión de la banda de 6 GHz en Estados Unidos¹⁴, Brasil¹⁵ y México¹⁶, a partir de las cuales se identifican diferentes fuentes de valor económico, estimándolas de manera independiente y sumándolas para determinar un valor total que incluya la contribución al PIB, el excedente del productor y del consumidor.

El capítulo 2 presenta antecedentes y el marco teórico requerido para encuadrar el análisis. El capítulo 3 presenta las metodologías empleadas para calcular el valor económico resultante de la designación de la banda de 6 GHz para su uso no licenciado. A partir de ello, los capítulos 4 hasta 13 presentan los análisis y resultados de cada fuente de valor. El capítulo 14 presenta las conclusiones y la estimación agregada de valor económico asociado con esta propuesta, así como un escenario alternativo.

¹³ <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/160952:MINTIC-y-ANE-consultan-a-los-interesados-sobre-los-posibles-usos-de-la-banda-de-6-GHz>

¹⁴ Katz, R. (2020). *Assessing the economic value of unlicensed use in the 5.9 GHz and 6 GHz bands*. Washington, DC: Wi-Fi Forward. Retrieved in: <http://wififorward.org/wp-content/uploads/2020/04/5.9-6.0-FINAL-for-distribution.pdf>.

¹⁵ Katz, R. y Callorda, F. (2020). *Avaliação do valor econômico do uso não licenciado na faixa de 6 GHz no Brasil*. Washington, DC: Dynamic Spectrum Alliance (agosto). Retrieved in: <http://dynamicspectrumalliance.org/wp-content/uploads/2020/11/1-DSA-Valor-Economico-Uso-Nao-Licenciado-6-GHz-Brasil-1.pdf>

¹⁶ Katz, R. y Callorda, F. (2021). *Estimación del valor económico del uso no licenciado de la banda de 6 GHz en México*. Washington, DC: Dynamic Spectrum Alliance

2. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

2.1. El valor intrínseco del espectro no licenciado

El espectro radioeléctrico no licenciado (es decir, el espectro que no es designado para uso privado mediante el otorgamiento de una licencia) existe desde 1930, aunque fue en 1985 cuando la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos declaró formalmente la utilización libre para las bandas de 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz, y 5725-5850 MHz, las que fueron plataformas clave para el despliegue de dispositivos que usan estándares como Bluetooth y Wi-Fi. En 2003, la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, reconociendo el valor creciente de la tecnología y las aplicaciones operando en bandas no licenciadas, decidió abrir más bandas de espectro para su uso libre. A partir de ese momento, la tecnología de Wi-Fi ha ocupado una posición fundamental en el ecosistema de comunicaciones inalámbricas. El éxito de Wi-Fi y Bluetooth llevó a que el regulador de Estados Unidos designase más bandas para uso no licenciado: a finales del 2008, aproximadamente 955 MHz fueron designados en las bandas de 900 MHz, 2.4 GHz, 5.2/5.3/5.8 GHz, y más de 60 GHz. En el 2014, la FCC designó la banda de 5.8 GHz y recientemente la extendió a la parte inferior (45 MHz) de la banda de 5.9 GHz. Finalmente, en el 2020, la Comisión Federal de Comunicaciones designó para uso no licenciado 1200 MHz en la banda de 6 GHz. La decisión de designar el uso libre de la banda de 6 GHz se ha extendido a numerosos países, incluyendo hasta el momento el Reino Unido, Corea del Sur, y Chile, mientras la Unión Europea está estudiando el tema, esperándose una decisión en el primer trimestre de 2021. En América Latina, sumándose a Colombia, Brasil, México, Argentina, Costa Rica y Honduras se encuentran transitando el camino hacia una decisión inminente.

El llamado a Consulta Pública del 16 de diciembre para Colombia tiene como objetivo recabar propuestas para la banda que va de 5925 MHz a 7125 MHz, planteando como una opción el modelo de designación completa de los 1200 MHz (siguiendo los modelos estadounidense, coreano y chileno, así como el que está bajo consideración en Brasil).

El modo más eficiente de administrar espectro ha estado siendo debatido en los últimos sesenta años, sobre todo a partir del trabajo de Roland Coase (1959) sobre gestión de espectro. Un aspecto central de este debate se refiere a la porción del espectro para la cual no se otorgan licencias de uso exclusivo, sino que se la designa como de uso libre siempre y cuando los usuarios respetan ciertas reglas técnicas respecto a la interferencia. Los temas centrales de política pública se refieren a si el otorgamiento de licencias de uso exclusivo puede tener un impacto negativo en la innovación, o cuál es el impacto en los ingresos a las arcas del Estado de la designación de espectro no licenciado (en la medida en que no se realizan subastas de licencias). Bajo este interrogante, la investigación académica ha producido numerosas contribuciones en apoyo de la designación de espectro para uso libre (Milgrom et al, 2011; Carter, 2003; Cooper, 2011; Marcus et al, 2013; Crawford, 2011; Benkler, 2012; Calabrese, 2013). Si bien el debate ya ha puesto de manifiesto los efectos benéficos del espectro no licenciado - como ser el estímulo a la innovación, y la complementariedad de redes móviles - es solamente en los últimos años en los que la

investigación se ha enfocado en la medición de su valor económico. Áreas exploradas analíticamente para ello incluyen los excedentes del productor y consumidor y la contribución al producto interno bruto (PIB).¹⁷

Parte de la dificultad en el análisis del valor económico de espectro libre reside en el hecho que, contrariamente al espectro licenciado, el cual es usado por unos pocos servicios homogéneos, las bandas de espectro no licenciado representan una plataforma para el despliegue de numerosos servicios y dispositivos heterogéneos. Adicionalmente, considerando la complementariedad entre aplicaciones que dependen del espectro licenciado y no licenciado, la estimación de su valor económico no es simple. Dicho sea esto, a pesar de la complejidad analítica, el debate alrededor de la gestión de espectro requiere la producción de evidencia del impacto económico, basada esta en el cálculo riguroso del valor del espectro no licenciado.

En 2009, Richard Thanki produjo la primera estimación del valor del espectro no licenciado. El autor estimó que el valor de espectro libre en tres grandes aplicaciones (Wi-Fi residencial, Wi-Fi en hospitales, y RFID en la industria de indumentaria) en los Estados Unidos representaban un rango de entre US\$ 16 mil millones y US\$ 36.8 mil millones. Al mismo tiempo, el investigador reconoció que estas estimaciones cubrían tan solo una fracción del valor económico total¹⁸ y que, eran muy conservadoras. Dos años más tarde, Milgrom et al. (2011) validaron los valores de Thanki, pero agregaron estimaciones en otras áreas y usos. Por ejemplo, los autores estimaron que el valor económico del iPad, la tableta de Apple cuyo funcionamiento estaba intrínsecamente ligado a la funcionalidad de Wi-Fi, debía ser incluido en la estimación de valor económico (US\$ 15 mil millones). Adicionalmente, los autores cuantificaron otros beneficios en Estados Unidos como el hecho de que Wi-Fi era una tecnología esencial para el enrutamiento de tráfico celular y, como consecuencia permitía a los operadores reducir su inversión de capital (en US\$ 25 mil millones). Otro beneficio adicional incluía el ahorro para consumidores que no dependían de planes de datos de operadores móviles al usar Wi-Fi para una porción de su tráfico (US\$ 12 mil millones). Finalmente, los autores hicieron referencia a otros beneficios no cuantificados como el uso de Wi-Fi para aplicaciones en empresas y en el acceso inalámbrico para ISP. Un año más tarde, Thanki (2012) produjo una nueva investigación en la que refinó su estimación de Wi-Fi residencial y estimó otros beneficios del espectro no licenciado. De acuerdo con estos cálculos, el autor consideró que el excedente del consumidor anual de Wi-Fi residencial representaba un rango de entre US\$ 118 y US\$ 228 por hogar (o sea un total de US\$ 15.5 mil millones para Estados Unidos). Adicionalmente, Thanki estimó el excedente del productor ocasionado por el ahorro de capital para operadores celulares como resultado del enrutamiento de tráfico a puntos de acceso Wi-Fi (US\$ 8.5 mil millones en Estados Unidos). Finalmente, el autor consideró el valor generado por la reducción de precios y consiguiente mayor asequibilidad relacionada con el despliegue de ISP que dependen de Wi-Fi para la

¹⁷ Este tipo de investigación se contrapone a la valoración de excedente del consumidor generado por el uso de espectro licenciado, como ha sido estudiada por Hazlett (2005) y Hausman (1997).

¹⁸ Thanki estimó que el beneficio de las tres aplicaciones estudiadas representaba tan solo 15% del costo de los semiconductores usados para la fabricación de dispositivos operando en las bandas no licenciadas en los Estados Unidos en el 2014.

entrega de servicios de banda ancha (los denominados WISP). El mismo año en el que Thanki produce su segunda investigación, Cooper (2012) calculó el valor económico estimando el número de radio bases que los operadores celulares estadounidenses podrían eliminar como resultado del enrutamiento de tráfico a puntos de acceso Wi-Fi (130,000), lo que resultaría en un ahorro de US\$ 26 mil millones. En la misma tesitura, el autor de este estudio desarrolló numerosos trabajos calculando el valor económico de espectro no licenciado en diferentes bandas en los Estados Unidos (Katz, 2014a, 2014b, 2018, 2020) y en otras economías avanzadas (Katz et al., 2018).

En resumen, la evidencia generada hasta el momento es suficientemente clara, fundamentando el valor de espectro libre como facilitador de numerosas aplicaciones servicios y dispositivos (ver ejemplos en el cuadro 2-1).

Cuadro 2-1. Espectro no licenciado: Normas y tecnologías complementarias facilitadas

Normas	Bandas de espectro	Rango geográfico	Tasa de transmisión	Dispositivos y aplicaciones
Wi-Fi (802.11b, 802.11ax)	<ul style="list-style-type: none"> • 2.4 GHz • 3.6 GHz • 5 GHz • 6 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • interiores: 38 metros • exteriores: 125 metros 	<ul style="list-style-type: none"> • Hasta 1200 Mbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Computadoras, impresoras, escáneres, tabletas • Smartphones • Dispositivos de AR/VR
Bluetooth (802.15.1)	<ul style="list-style-type: none"> • 2.4 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • Rangos reducidos en interiores 	<ul style="list-style-type: none"> • 1-3 Mbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Redes de PC • Escáneres de código • Terminales para el pago de tarjetas de crédito
ZigBee (802.15.4)	<ul style="list-style-type: none"> • 915 MHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 75 metros 	<ul style="list-style-type: none"> • 250 Kbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores inalámbricos • Medidores de electricidad • Sistemas de gestión de tráfico
Wireless HART (802.15.4)	<ul style="list-style-type: none"> • 2.4 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • interiores: 60 -100 metros • exteriores: 250 metros 	<ul style="list-style-type: none"> • 250 Kbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de equipamiento y procesos • Monitoreo ambiental, gestión de energía • Gestión de activos, mantenimiento predictivo, diagnóstico avanzado
Wireless HD	<ul style="list-style-type: none"> • 60 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 pies 	<ul style="list-style-type: none"> • 28 Gbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de electrónica de consumo de alta definición
WiGig (802.11ad)	<ul style="list-style-type: none"> • 60 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • 5 -10 pies 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 Gbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Smartphones, Tablet • PCs & periféricos, TV & periféricos • Cámaras digitales, cámaras de video
RFID	<ul style="list-style-type: none"> • 50-500 KHz • 13.56 MHz • 0.9 to 2.5 GHz 	<ul style="list-style-type: none"> • Hasta 29 pies 	<ul style="list-style-type: none"> • Solo lectura: 8.75 kbps • Lectura-Escritura activa: 3 kbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Trazabilidad de activos • Trazabilidad de ganado, pagos de tarjeta de crédito • Sensores de peaje • Gestión de cadenas de suministro

Fuente: Compilado por Telecom Advisory Services

El valor económico de espectro no licenciado puede ser categorizado en términos de cuatro dimensiones:

- **Complementariedad con tecnologías de banda ancha fija y móvil:** una tecnología complementaria es un recurso que, debido a sus características, compensa las limitaciones de otras. En el caso de la gestión de espectro, las bandas de espectro uso libre pueden aumentar la eficiencia de dispositivos que usan espectro licenciado. Por ejemplo, los puntos de acceso de Wi-Fi operando en bandas no licenciadas aumentan el valor de las redes celulares permitiendo a dispositivos móviles usar acceso gratuito, con lo cual el usuario reduce su costo de acceso a Internet, aumentando la velocidad de descarga, en la medida de que los puntos de acceso Wi-Fi proporcionan una velocidad de acceso generalmente superior a aquella ofrecida por las redes celulares (aunque esta diferencia disminuye para las redes 5G).

Los operadores celulares pueden asimismo reducir su inversión de capital, complementando las redes celulares con puntos de acceso Wi-Fi, los cuales son considerablemente más económicos aun cuando se considere que estos requieren una mayor densidad de despliegue. Al mismo tiempo, los operadores celulares pueden ofrecer servicio con una más alta velocidad de acceso, evitando la congestión de radio bases.

- **Desarrollando tecnologías alternativas, y consecuentemente expandiendo las opciones para consumidores:** adicionalmente al complemento de redes celulares, el espectro no licenciado provee una plataforma para operar tecnologías que son sustitutos a aquellas que operan bajo espectro licenciado, con lo cual se expande el rango de opciones para los consumidores. Al limitar el poder y depender de espectro con bajo nivel de propagación, las bandas no licenciadas evitan interferencia, lo cual transforma en irrelevante el concepto de derecho de propiedad del espectro. De hecho, algunas de las innovaciones más importantes en comunicaciones inalámbricas están vinculadas a Wi-Fi. Este concepto es especialmente relevante en el caso de la banda de 6 GHz y el desarrollo de dispositivos de muy bajo poder (en inglés, *Very Low Power devices*).
- **Proveer un entorno para el desarrollo de modelos de negocio:** al otorgar a consumidores la opción de poder usar otros servicios, el espectro libre también representa un entorno para el desarrollo de nuevos modelos de negocio innovadores. Esta relación de causalidad entre espectro no licenciado e innovación se manifiesta a diferentes niveles. En primer lugar, las empresas que desarrollan nuevas aplicaciones en un ecosistema basado en espectro no licenciado no necesitan la aprobación de operadores celulares para lanzar un producto. Alternativamente, si una firma intenta desarrollar un producto para operar en una banda de espectro licenciado a ciertos operadores celulares, esta puede enfrentarse a una barrera que los economistas denominan “fallos de coordinación” (Milgrom et al., 2011). Por ejemplo, si el producto requiere la aprobación y coordinación de múltiples propietarios de licencias, el innovador debe negociar con cada uno de ellos para evitar el problema de acceso restringido al mercado objetivo.

- **Expansión de acceso a servicios de comunicaciones:** adicionalmente al acceso a aplicaciones explicado arriba, las tecnologías que operan en espectro no licenciado pueden ayudar a resolver la falta de cobertura de servicio que determina parte de la brecha digital. Desarrollos tecnológicos en áreas como el acceso dinámico a espectro y las técnicas de geolocalización (Stevenson et al., 2009) han mejorado significativamente la calidad del servicio de comunicaciones inalámbricas basado en tecnologías que dependen de espectro libre, extendiendo el rango de cobertura geográfica de la norma 802.11, y proporcionando así acceso a un costo reducido en zonas rurales. Esta dimensión de valor económico es particularmente importante para Colombia, como se demostrará en este estudio.

2.2. La decisión de designar la banda de 6 GHz para uso no licenciado en otros países

Como se mencionó anteriormente, el llamado a Consulta Pública del 16 de diciembre persigue recabar propuestas para la banda que va de 5925 MHz a 7125 MHz, evaluando particularmente un modelo de designación completa de los 1200 MHz (siguiendo los modelos estadounidense, coreano, y chileno). La siguiente sección presenta detalles de los modelos que han sido aprobados o están siendo considerados en otros países.

El modelo estadounidense

En octubre del 2018, la Comisión Federal de Comunicaciones lanzó una Consulta Pública (*Notice of Proposed Rulemaking*, en inglés) recomendando la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado. En particular, la Comisión solicitó comentarios para la designación de los 1200 MHz que componen la banda para ser usados por dispositivos no licenciados. En dicha consulta, la Comisión consideró dos clases de dispositivos:

- Puntos de acceso de poder estándar: puntos de acceso no licenciados serían autorizados en las sub-bandas de 5.925-6.425 GHz y 6.525-6.875 GHz para transmitir señales tanto al interior como al exterior de edificios, operando bajo un sistema de coordinación automática de frecuencias, con niveles de poder similares a los permitidos en la banda de 5 GHz.
- Dispositivos de bajo poder (restringidos a operar al interior de edificios): estos dispositivos operan con niveles de poder cuatro veces más bajos que la norma de Wi-Fi (o sea 250 milliwatts), lo que los excluye de la necesidad de coordinarse por el uso de frecuencia.

En abril del 2020, la Comisión votó unánimemente permitir a estas dos clases de dispositivos operar en la banda de 6 GHz. Los dispositivos de la primera clase (Puntos de acceso de poder estándar) serían permitidos a operar en 850 MHz en las sub-bandas descritas arriba. Los dispositivos de bajo poder serían permitidos a operar en los 1200 MHz de la banda. Como resultado de esta medida, la capacidad espectral disponible para Wi-Fi se cuadruplicó, con lo cual la velocidad de transmisión sería mucho más elevada que la existente bajo la

designación de las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz. Por ejemplo, un Smartphone usando un canal de 160 MHz bajo el estándar Wi-Fi 6E podría recibir una transmisión de entre 1 y 2 Gbps. Bajo esta configuración, los enrutadores Wi-Fi tendrían acceso a siete canales de 160 MHz.

Simultáneamente con la decisión de permitir a dispositivos de poder estándar y de bajo poder el acceso a la banda de 6 GHz, la Comisión propuso la creación de una tercera categoría de equipamiento – dispositivos de Muy Bajo Poder (en inglés, *Very Low Power*) – autorizado a operar en niveles 160 veces más bajos que el de los dispositivos estándar. Estos podrían operar tanto al interior como al exterior de edificios en ciertas sub-bandas, y no requerirían coordinación de frecuencia. Los mismos podrían usar múltiples canales de 160 MHz con una latencia inferior al milisegundo. Esta categoría incluye auriculares y anteojos para realidad virtual y realidad aumentada, dispositivos para *streaming* de videos de ultra definición, conectividad de dispositivos requiriendo alta velocidades o dispositivos de entretenimiento en automóviles.¹⁹ Esta última propuesta no ha sido todavía votada por la Comisión.

La decisión de la Comisión para autorizar el uso no licenciado de los 1200 MHz en la banda de 6 GHz fue demandada judicialmente por los operadores de telecomunicaciones, pero los tribunales denegaron la posibilidad de interponerse a la decisión.²⁰

El modelo coreano

En junio de 2020, el Ministerio de Ciencias y TIC (*Ministry of Science and ICT*, en inglés) presentó una propuesta de “modificación de normas técnicas” para consulta pública.²¹ La decisión a ser tomada hacia finales del 2020 planteaba el uso al interior de edificios de la totalidad de la banda de 6 GHz – o sea 5,925-7,125 MHz –. El uso en exteriores sería autorizado en el 2022.²² En octubre del 2020, el Ministerio anunció que había aprobado el uso de 1200 MHz de espectro en la banda de 6 GHz para uso libre. De acuerdo con las pruebas realizadas por el propio Ministerio, el uso de Wi-Fi en la banda de 6 GHz alcanzaría velocidades de 2.1 Gbps, lo que es cinco veces más rápido que la velocidad actual de Wi-Fi en Corea del Sur, que registra entre 400 y 600 Mbps.²³ Para el país, esta autorización es la primera expansión de espectro para Wi-Fi en los últimos dieciséis años.

El modelo de Brasil

En mayo del 2020, ANATEL, la agencia reguladora de telecomunicaciones de Brasil aprobó el uso no licenciado de espectro en la banda de 6 GHz.²⁴ En la decisión, el regulador estipuló que se estaban evaluando dos opciones: (i) designar la banda entera (o sea 1200 MHz) para

¹⁹ FCC ex parte notification from Apple Inc., Broadcom Inc., Facebook Inc., Google LLC, Hewlett Packard Enterprise, Intel Corp., Marvell Semiconductor Inc., Microsoft Corporation, Qualcomm Incorporated (July 2, 2019).

²⁰ Law 360 (2020). *DC Circuit won't block new FCC rules on 6 GHz for now* (October 1)

²¹ Hetting, C. (2020). “South Korea could become Asia’s first 6 GHz nation”. *Wi-Fi News* (June, 27).

²² Yonhap (2020). “Unlicensed frequency band to boost Wi-Fi speed, smart factory penetration: ministry”, *The Korea Herald*, (June, 27).

²³ Cho Mu-Hyun (2020). “South Korea makes 6 GHz band available for Wi-Fi”, *ZDNet* (October 16).

²⁴ ANATEL (2020). Analise No 29/2020/CB. Processo no 53500.012176/2019-58.

uso libre, o (ii) designar tan solo 500 MHz. En diciembre del mismo año, el regulador lanzó una consulta pública en la que se formalizaba la designación de la totalidad de la banda. Esta decisión fue votada unánimemente por todos los comisionados.

El modelo del Reino Unido

La agencia reguladora de las comunicaciones del Reino Unido, Ofcom, decidió designar 500 MHz de la banda de 6 GHz (5925-6425 MHz) para uso no licenciado en interiores, uso limitado al exterior, así como para el traspaso de tráfico inalámbrico.²⁵ Esta porción de la banda de 6 GHz es adyacente a la banda de 5 GHz, también de uso no licenciado, conteniendo características de propagación similares, con canales no superpuestos.

Ofcom estima que esta banda, combinada con las ya autorizadas en las frecuencias de 2.4 GHz y 5 GHz, puede aceptar entre 200 y 400 dispositivos por punto de acceso Wi-Fi con una velocidad teórica máxima de 6.6 Gbps. En junio 2020, Ofcom tomó la decisión final para el uso del espectro en bajo poder en interiores y muy bajo poder al exterior.²⁶ La designación limitada a 500 MHz fue hecha para demostrar como Wi-Fi puede beneficiarse de la parte baja de la banda, para luego estudiar la posible designación de la porción restante.²⁷ De acuerdo con el regulador, “seguiremos investigando el uso de la porción alta de la banda de 6 GHz para determinar cuál será su utilización óptima (en el futuro)”.²⁸

El modelo chileno

En octubre del 2020, la Subsecretaría de Telecomunicaciones resolvió autorizar el uso de equipos de alcance reducido en los 1200 MHz de la banda de 6 GHz.²⁹

El modelo europeo

En respuesta a un requerimiento de la Comisión Europea para investigar la designación de espectro entre 5,925 MHz y 6,425 MHz, la Conferencia Europea de Administraciones Postales y de Telecomunicaciones (CEPT) emitió un informe técnico sobre la factibilidad de uso de Wi-Fi en la banda de 6 GHz.³⁰ El propósito de la recomendación es desarrollar un abordaje armonizado para los 48 países integrantes de CEPT, lo que incluye a los 27 países de la Unión Europea, Suiza, Turquía y Rusia, entre otros. De acuerdo con la recomendación, los enrutadores de Wi-Fi deben tener acceso a tres canales de 160 Mbps. La justificación por la cual la CEPT sólo investigó la sub-banda entre 5,925 y 6,425 MHz se debió que los países

²⁵ Blackman, J. (2020). “UK to release 6 GHz and 100 GHz spectrum for Wi-Fi in smart homes, offices, factories”. *Enterprise IoT insights* (January, 27).

²⁶ Ofcom (2020). *Statement: improving spectrum access for wi-fi – spectrum use in the 5 and 6 GHz bands* (July 24).

²⁷ Ebbecke, Ph. (2019). *Road to 6 GHz in Europe*. Presentation to WLPC Prague 2019

²⁸ Ofcom (2020). *Improving spectrum access for Wi-Fi*. London, p.21.

²⁹ Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Subsecretaría de telecomunicaciones. *Modificación a la Resolución del 6 de Octubre de 2017*. Octubre 22, 2020.

³⁰ Hetting, C. (2019). “Europe’s process to release 6 GHz spectrum to Wi-Fi on track, expert says”, *Wi-Fi Now* (June, 2).

europeos operan una cantidad de servicios críticos en la sub-banda alta (servicio fijos punto-a-punto, comunicaciones espaciales, sistemas inteligentes de gestión de tráfico y control de trenes, y algunos sitios de radio astronomía). Se espera que la designación de la porción inferior de la banda sea formalizada en enero de 2021.³¹

* * * * *

El análisis de la experiencia internacional a la fecha indica que la designación de la banda de 6 GHz para uso libre se encuentra en un estado de transición. Los reguladores de telecomunicaciones de diferentes países ya están tomando decisiones en base a consultas públicas sobre el uso futuro de la banda.

³¹ Hetting, C. (2020). "EU and CEPT countries 'highly likely' to release 6 GHz to Wi-Fi in early 2021, expert says". *Wi-Fi Now* (October 21).

3. METODOLOGÍAS PARA ESTIMAR EL VALOR DE DESIGNACIÓN DE LA BANDA DE ESPECTRO DE 6 GHz PARA USO LIBRE

El propósito de este estudio es generar un análisis del valor económico de la banda de 6 GHz para uso libre en Colombia. El abordaje usado para medir el valor de espectro no licenciado se enfoca en primer lugar en el crecimiento económico a ser generado a partir de la creación de canales de espectro adicionales en la banda de 6 GHz. Al incluir una medición de la contribución al producto bruto, se sigue el ejemplo propugnado en Greenstein et al. (2010) y otras investigaciones económicas enfocadas en estimar el valor económico de nuevos bienes. En este contexto, la medición en términos de la contribución directa al producto bruto es hecha considerando tan solo el efecto adicional resultante de la designación de espectro en este caso, dejando de lado tendencias endógenas de crecimiento económico.

Adicionalmente a la contribución al PIB, se incluye en este análisis la medición del excedente económico generado por la adopción de tecnologías operando en bandas no licenciadas. La premisa de este análisis es que la designación de espectro para su uso libre genera un desplazamiento tanto en las curvas de oferta y demanda como resultado de cambios en la función de producción de servicios (costos, inversión), así como en la voluntad de pago por parte de los usuarios. Por el lado de la oferta, la metodología mide los cambios en el valor de insumos en la producción de comunicaciones inalámbricas. El ejemplo más claro es la contribución de Wi-Fi a la reducción de capital de inversión y gastos de operadores celulares, aun en el contexto del creciente tráfico. Desde el punto de vista de la teoría económica, la industria celular puede así aumentar su producto, generando un incremento en el beneficio marginal en exceso del costo marginal. Este efecto conlleva una modificación en la curva de la oferta a raíz de la modificación de costos de producción. El concepto de excedente del productor es complementado con la estimación del excedente del consumidor. En este último caso, el valor económico está determinado por la utilidad de la tecnología (por ejemplo, una mayor velocidad de acceso a Internet, o la posibilidad de adquisición de nuevos dispositivos), medida esta en términos de la voluntad de pago, en relación con el precio de adquisición de la misma.

A nivel agregado, la metodología usada en este estudio es similar a la que fue implementada en estudios anteriores por el autor³², de acuerdo con la cual las diferentes fuentes de valor son estimadas independientemente y luego sumadas en un valor único (lo que permite sumar el impacto en el PIB, con excedentes del productor y consumidor³³). En estos términos, se identifican todas las fuentes de valor económico, estimándose su impacto, para

³² Katz, R. (2014a). *Assessment of the economic value of unlicensed spectrum in the United States*. New York: Telecom Advisory Services. Katz, R. (2014b). *Assessment of the future economic value of unlicensed spectrum in the United States*. New York: Telecom Advisory Services. Katz, R. (2018). *A 2017 assessment of the current and future economic value of unlicensed spectrum*. Washington, DC: Wi-Fi Forward. Katz, R. (2018). *The global economic value of Wi-Fi 2018-2023*. New York: Telecom Advisory Services. Katz, R. (2020). *Assessing the economic value of unlicensed use in the 5.9 GHz and 6 GHz bands*. Washington, DC: Wi-Fi Forward.

³³ Consideramos que sumar la contribución al PIB y excedente del productor generado por la venta de equipamiento es razonable dado que el impacto en el PIB en nuestros modelos es atribuido fundamentalmente al aumento histórico de la velocidad de descarga de banda ancha y no al excedente del productor determinado por ventas de equipamiento generadas por una nueva designación de espectro.

luego agregarlas. De acuerdo con ello, la dimensión de impacto varía por fuente de valor (ver cuadro 3-1).

Cuadro 3-1. Fuentes de Valor Económico de la Banda de 6 GHz en Colombia

Fuentes de Valor	Contribución al PIB	Excedente del Productor	Excedente del Consumidor
Aumento de la cobertura y mejoramiento de la asequibilidad	Mejoramiento de la asequibilidad asociada con la provisión de servicio de banda ancha y aumento de la capacidad de compartición de líneas en el sector de WISP		Aumento de velocidad a abonados de WISP
Aumento de la velocidad de banda ancha mediante la reducción de la congestión de Wi-Fi	Beneficio resultado de la eliminación de cuellos de botellas en conexiones de alta velocidad a partir del aumento de velocidad de Wi-Fi		Excedente del consumidor resultado del aumento de velocidad de la banda ancha
Despliegue amplio de Internet de las Cosas	Derrame económico del Internet de las Cosas resultado de su despliegue en sectores de la economía colombiana (p.e., automovilista, alimenticia, logística, etc.)	Márgenes de empresas del ecosistema (hardware, software y servicios) involucradas en el despliegue de IoT	
Reducción de los costos de telecomunicaciones inalámbricas de empresas		Reducción de costos de empresas en el uso de telecomunicaciones inalámbricas	
Despliegue de soluciones de AR/VR	Derrame económico resultado del despliegue de AR/VR en la economía colombiana	Márgenes de empresas del ecosistema relacionado con la industria de AR/VR	
Despliegue de Wi-Fi municipal	Aumento del PIB como resultado de incremento en la adopción de banda ancha		Excedente del consumidor derivado del acceso a banda ancha a más alta velocidad
Despliegue de puntos de acceso de Wi-Fi gratuitos	Aumento del PIB como resultado de incremento en la adopción de banda ancha		Excedente del consumidor derivado del acceso a banda ancha a más alta velocidad
Alineamiento de la designación de espectro con las decisiones de otros países	Oportunidad potencial relacionada con el desarrollo de la manufactura de equipamiento de Wi-Fi	Beneficio relacionado con las economías de escala resultantes del alineamiento de Colombia con otras naciones avanzadas (por ejemplo, Estados Unidos y Corea del Sur)	
Aumento de la capacidad de enrutamiento de tráfico celular		Reducción de la inversión de capital como resultado del enrutamiento de tráfico celular a puntos de acceso Wi-Fi	
Equipamiento de Wi-Fi		Márgenes de empresas por la producción de equipamiento Wi-Fi	

Fuente: análisis Telecom Advisory Services

A continuación, se detallan las metodologías a usar para cada una de las fuentes de valor.

3.1. Aumento de la cobertura de banda ancha y mejoramiento de la asequibilidad

Este análisis está enfocado en la estimación del impacto de la designación de la banda de 6 GHz para uso libre en la industria de proveedores de acceso inalámbrico a Internet (denominados WISP, por sus siglas en inglés) en Colombia. Si bien contabilizando sólo 375,046 líneas a la fecha³⁴, los WISP representan un contribuyente importante para disminuir la brecha digital. La adopción de Internet en Colombia es estimada en 51.9%³⁵, mientras que la penetración de usuarios únicos de banda ancha móvil alcanza 54.2%³⁶, y la adopción de banda ancha fija llega a 52.5% de hogares³⁷. Como es de esperar, la población que no ha adoptado banda ancha está concentrada en los sectores más vulnerables de la población urbana y en las zonas rurales.

Como se demostrará en el capítulo 4 de este documento, los WISP tienden a enfocarse en los sectores más vulnerables de la población y una parte importante de su despliegue se ubica en municipios rurales. Es por ello que nuestra metodología apunta a estimar como los WISP se podrían beneficiar accediendo a la banda de 6 GHz. Como antecedente, corresponde mencionar que tanto las asociaciones de WISP en los Estados Unidos y en Brasil han sido proponentes muy importantes de la designación de la banda de 6 GHz para uso libre.³⁸

La arquitectura de un operador WISP está compuesta de redes de soporte (en inglés, *backhaul*) basadas en fibra óptica o microondas, las que vinculan el punto de presencia de Internet a puntos de acceso locales. Cada punto de acceso depende de tecnología Wi-Fi para ofrecer servicio de banda ancha a usuarios finales (ver figura 3-1).

³⁴ Sumatoria de conexiones inalámbricas registradas en el MINTIC al 2020.

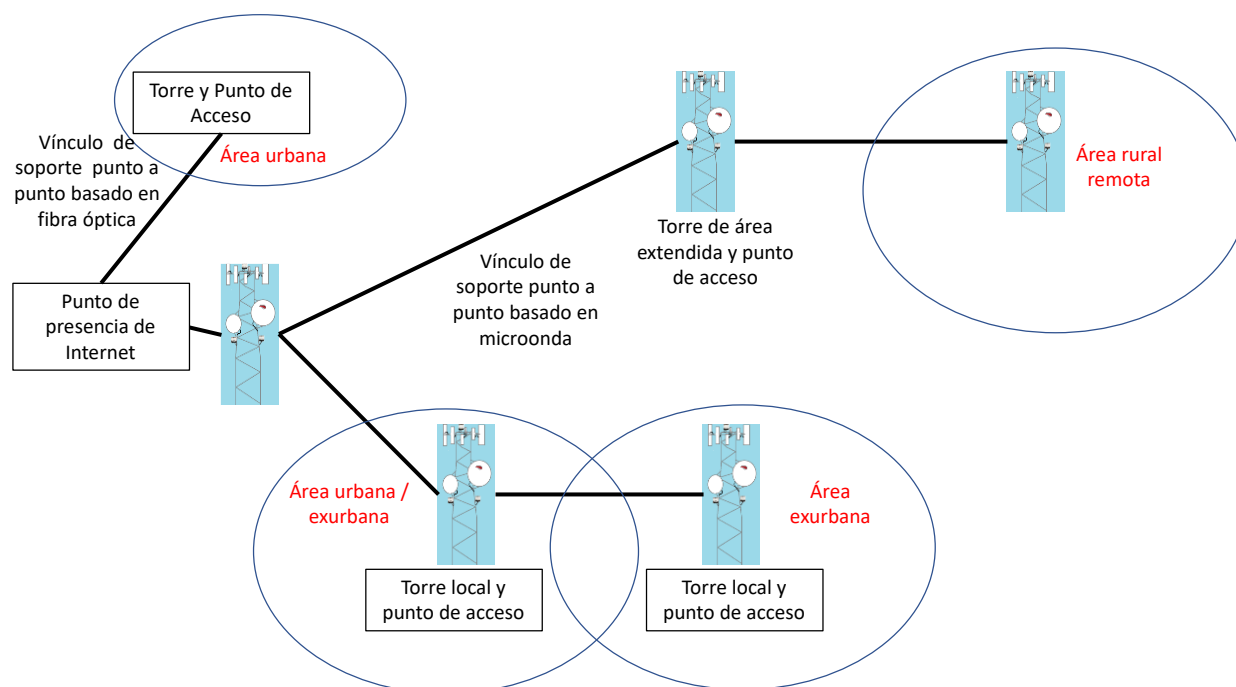
³⁵ Información del DANE (ENCV) al 2019. Esta adopción cae al 20.7% de los hogares en zonas rurales, y sube al 61.6% en zonas urbanas.

³⁶ GSMA Intelligence (2020).

³⁷ Estimación TAS en base a información del DANE (número de hogares) y del MINTIC (número de conexiones)

³⁸ WISPA (2020). *Letter to the FCC Commissioners* (March 5).

Figura 3-1. Arquitectura de Red de WISP

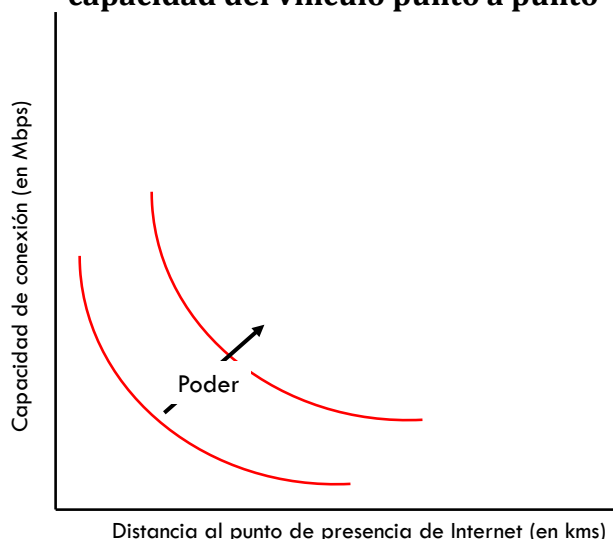


Fuente: Telecom Advisory Services

El acceso a espectro libre en la banda de 6 GHz representa una contribución económica importante al modelo operativo de un WISP en cuatro aspectos:

- **Ampliación de capacidad de las redes de soporte de microondas lo que permite al WISP aumentar su cobertura:** el vínculo entre puntos de acceso de WISP es provisto generalmente por tecnología de microondas, la cual bajo condiciones espectrales actuales, presentan congestión y probabilidad de interferencia. En la actualidad, la mayor parte de WISP colombianos depende de espectro no licenciado operando en las bandas de 2.4 y 5.0 GHz. Al trasladar vínculos de redes de soporte a la banda de 6 GHz sin limitación de poder, los WISP pueden extender su cobertura en áreas más remotas. Un beneficio significativo podría ser así, la posibilidad de reducir la brecha digital en zonas rurales. En la actualidad, la cobertura de 4G alcanza a 88% de la población colombiana, dejando así 6,100,000 habitantes no servidos por la banda ancha móvil. Como es lógico, la distancia que podría extender la cobertura de WISP es función de la pérdida de poder de señal (*path loss*, en inglés) y tiene un impacto en la velocidad de banda ancha con la cual puede proveerse el servicio. Es así como, cuanto más elevado es el poder de la señal disponible, menor será la pérdida de calidad (ver gráfico conceptual 3-1).

Grafico 3-1. Impacto de la distancia al punto de presencia de Internet y la capacidad del vínculo punto a punto



Nota: Esta relación asume una pérdida de poder en espacio libre sin obstrucciones físicas.
Fuente: Telecom Advisory Services

Al extender los vínculos punto a punto de la red de soporte como resultado de la disponibilidad de espectro en la banda de 6 GHz, diferentes WISP pueden operar en áreas comunes sin riesgo de interferencia, o sirviendo a comunidades específicas.

- **Aumento de la velocidad a los abonados actuales:** el beneficio para los abonados de WISP se incrementa a partir de la designación de la banda de 6 GHz para espectro libre en la medida de que esta aumenta la capacidad del punto de acceso, con el consiguiente aumento de velocidad de descarga. Adicionalmente, el aumento de capacidad permite una mayor eficiencia en la compartición de líneas entre abonados, una característica importante en los usuarios de WISP, como se verá en el capítulo 4.
- **Aumento de cobertura por punto de acceso:** cuando depende de las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz el rango de cobertura geográfica de WISP oscila entre 3.5 kms. en áreas urbanas y 12 kms. en áreas rurales. Como es de esperar, el radio de cobertura es función de la frecuencia y el poder de la señal (cuanto más alta es la frecuencia más alta es la pérdida de “*path loss*”, con lo cual esta debe ser compensada por un aumento de poder de la señal). Para aumentar la cobertura bajo condiciones de poder estándar, un aumento de la misma podría alcanzarse mediante la consolidación de canales, una característica disponible en la banda de 6 GHz.
- **Más alta capacidad por punto de acceso:** en términos generales, un WISP tiene la capacidad de servir 50 abonados por canal de 20 MHz. El uso de la parte inferior de la banda de 6 GHz permitirá a estos operadores aumentar el número de abonados servidos por punto de acceso, particularmente en las áreas cercanas a la antena. El regulador británico Ofcom estima que la acumulación de espectro en las bandas de

2.4 GHz, 5.8 GHz y 6 GHz permitirá aumentar el número de usuarios por punto de acceso hasta por lo menos 200.

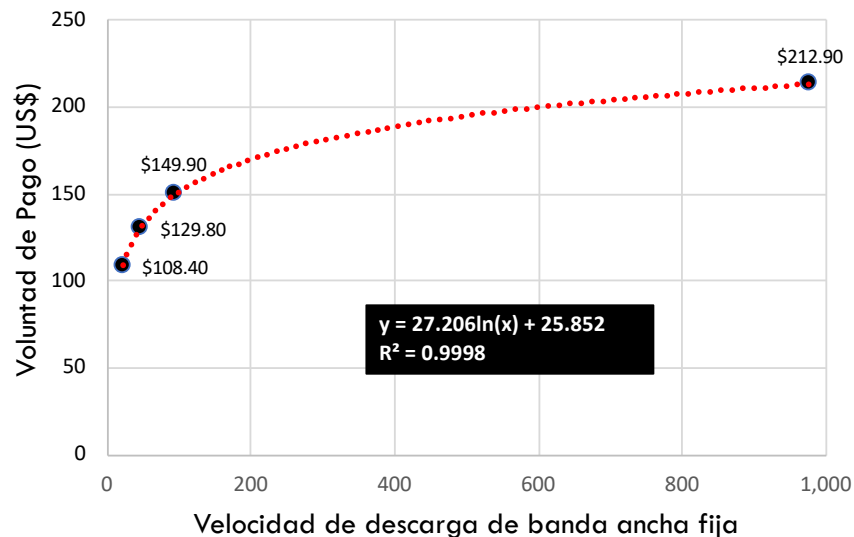
Contribución al excedente del consumidor como resultado del aumento de la velocidad de banda ancha

El excedente de consumidor es definido como el valor recibido por la adquisición de un bien pagando un precio inferior al valor atribuido. Inicialmente, Rosston et al. (2010) demostró que, adicionalmente a los beneficios que reciben los usuarios como resultado de la adopción de banda ancha (acceso rápido a grandes cantidades de información, aprendizaje a distancia, servicios de telemedicina, acceso a portales de entretenimiento, y el ahorro potencial por comercio electrónico), deben considerarse las preferencias de consumidores y beneficios recibidos por las características del servicio, incluyendo velocidad de acceso y confiabilidad.

La mayor parte de los estudios de excedente del consumidor resultantes de una mayor velocidad de banda ancha están basados en investigaciones de campo, donde los usuarios estipulan cuánto estarían dispuestos a pagar por el servicio (Savage et al. (2004); Greenstein and McDewitt (2011); Liu et al. (2017)). De hecho, la totalidad de los estudios de excedente del consumidor se focalizan en el análisis de cuál es el comportamiento de usuarios en relación con diferentes precios del servicio en función de su consumo en el mercado estadounidense. Por ejemplo, Nevo et al. (2015) estudiaron el uso hora a hora de 55,000 usuarios de Internet en reacción a diferentes niveles de precio. Los autores concluyeron determinando que el excedente de consumidores es heterogéneo. Usuarios están dispuestos a pagar entre US\$ 0 y US\$ 5 por mes por aumento de 1 Mbps de velocidad, con un promedio de US\$ 2.³⁹ Adicionalmente, el estudio estableció que, dado el aumento en la disponibilidad de contenido y aplicaciones, los usuarios incrementan su volumen de uso, lo que implica mayor ahorro de tiempo y una más grande voluntad de pago por velocidad. Sin embargo, los resultados del estudio también pudieron establecer que el aumento de la voluntad de pago a más altas velocidades disminuye en una función cóncava, alcanzando aproximadamente US\$ 0.11 por Mbps. Esta conclusión también fue confirmada en un estudio reciente de Liu et al. (2017), quienes realizaron dos encuestas nacionales de usuarios de banda ancha para medir cambios en la voluntad de pago resultante de modificaciones en el precio, límites en la descarga de datos y velocidad. De manera coincidente, los autores determinaron que la voluntad de pago del servicio de banda ancha en función de la velocidad del servicio presenta una función cóncava, con menor valor asignado después de la velocidad de 100 Mbps (ver Gráfico 3-1).

³⁹ La heterogeneidad en voluntad de pago también fue mencionada por Rosston et al. (2010).

Gráfico 3-2. Función logarítmica de relación entre la velocidad de banda ancha y excedente del consumidor



Nota: Basado en datos de tabla VII y tabla VI de Nevo et al., 2016

Fuentes: Nevo et al. (2016); análisis Telecom Advisory Services

Como se explica en el estudio de Nevo et al (2016), los usuarios estadounidenses están dispuestos a pagar alrededor de US\$ 2.34 por Mbps adicional (para un total de US\$14) por mes para aumentar la velocidad de banda ancha de 10 Mbps a 25 Mbps, y US\$ 0.02 por Mbps adicional (o US\$ 19) para aumentar de 100 Mbps a 1000 Mbps. Para adaptar la curva desarrollada en base a investigación de campo en Estados Unidos a Colombia, aplicamos el factor de conversión de paridad de poder de compra publicado por el Bando Mundial, que al 2020 era de 0.41 para Colombia. Este valor fue usado para modificar los resultados de la curva presentada arriba y proyectar el excedente del consumidor relacionado con el aumento de la velocidad de conexión a partir de la designación de la banda de 6 GHz para uso libre.

Aumento de cobertura por punto de acceso permitirá estabilizar precios reales de servicio y aumentar la asequibilidad

La designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado permitirá a los WISP de Colombia incrementar su base de abonados dentro de la misma área de cobertura.⁴⁰ Como se mencionó arriba, esta medida permitirá a los operadores aumentar el número de dispositivos y la velocidad del servicio entregado, lo que generará múltiples efectos positivos simultáneos. Por ejemplo, la designación temporaria de espectro a los WISP de Estados Unidos por la

⁴⁰ Basado en el supuesto de que las reglas técnicas para puntos de acceso de energía estándar operados por WISP en 6 GHz son similares a las reglas técnicas (por ejemplo, límite de potencia radiada, densidad espectral de potencia radiada, etc.) establecidas para el punto de acceso operado por WISP en las Banda de 2.4 GHz y 5 GHz.

Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos para hacer frente a la emergencia del COVID-19 permitió a estos aumentar su base de abonados entre 20% y 30%.

Reconociendo que existen economías de escala en los servicios de telecomunicaciones, un aumento en la base de abonados permitirá a operadores reducir sus costos unitarios para la entrega de banda ancha. Considerando un escenario conservador asumido en nuestro estudio, los precios no cambiarían en un contexto de crecimiento económico (medido este en PIB per cápita). Como consecuencia, la asequibilidad del servicio de banda ancha ofrecido por los WISP se acrecentaría, facilitando el acceso a aquella población que indica que no puede adquirirlo debido a una barrera económica. En la Encuesta de Indicadores Básicos de Tenencia y Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación desarrollada por el DANE en el 2018, un 50.7% de los hogares colombianos sin conexión a internet indicaron que la causa de la no adopción era que el servicio era muy costoso (este porcentaje asciende a 57.5% en zonas urbanas y se reduce a 40.2% en zonas rurales). Por ende, al aumentar la asequibilidad, la penetración de banda ancha aumentaría.

Alta capacidad por punto de acceso

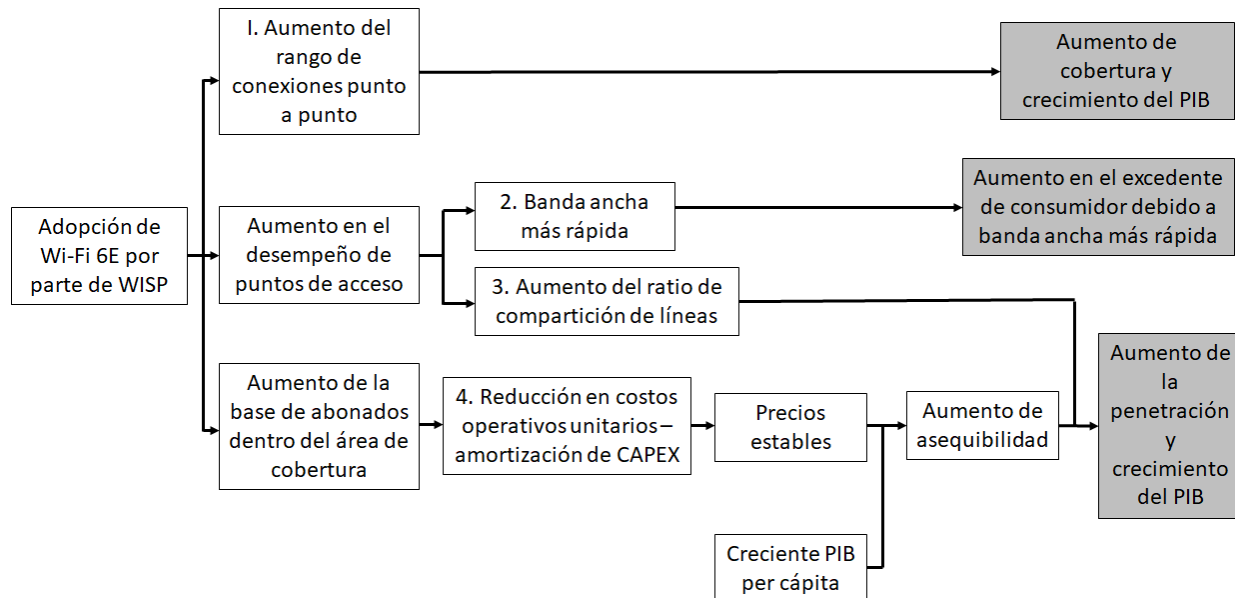
Como se menciona arriba, un efecto de segundo orden en la adopción de banda ancha ofrecida por WISP se debe al aumento de la capacidad de compartición de líneas como resultado del incremento de capacidad por punto de acceso. Este fenómeno es común entre la población de menores recursos. Una estimación realizada por TAS a partir de comparar el número de usuarios de banda ancha fija en el hogar en base a datos del DANE y el número de conexiones de banda ancha fija en el hogar en base a datos del MINTIC, estima que en Colombia un 21% de los hogares servidos por banda ancha fija comparte la conexión⁴¹. El aumento de asequibilidad combinado con el incremento de capacidad de compartición de líneas resultará en un aumento de las conexiones de banda ancha. De acuerdo con modelos desarrollados por los autores de este estudio para la Unión Internacional de Telecomunicaciones, un aumento del 10 por ciento en penetración de banda ancha fija en América Latina y el Caribe resulta en un crecimiento de 1.5745 por ciento del PIB.⁴²

La combinación de todos estos efectos ejerce un impacto importante en el desempeño de los WISP y su consiguiente impacto socio-económico (ver figura 3-2).

⁴¹ Este valor es similar al reportado en México, donde una encuesta realizada por la asociación de WISP de México (Wisp.Mx) en el 2020 entre sus miembros, indica que se estima que un 18.66% de sus abonados comparten conexión con sus vecinos.

⁴² Katz, R. and Callorda, F. (2018). *The economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation: Econometric modelling for the Americas*. Geneva: International Telecommunications Union, p. 10

Figura 3-2. Impacto económico de la banda de 6 GHz en el desempeño de WISP



Fuente: Telecom Advisory Services

En términos teóricos, el impacto económico de la designación de espectro de 6 GHz en los WISP es especificado de la siguiente manera:

$$\text{Efecto económico de la banda de 6 GHz en los WISP} = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$$

Donde,

- a₁ es el aumento de cobertura geográfica debido a la extensión y mejoramiento de las redes de soporte (impacto en PIB)
- a₂ Incremento del excedente de consumidor debido al incremento de la velocidad de acceso (impacto en el excedente del consumidor)
- a₃ Aumento de la cobertura por punto de acceso (impacto en el PIB)
- a₄ Incremento en la tasa de compartición por línea (impacto en el PIB)

3.2. Aumento de la velocidad de banda ancha como resultado de la disminución de congestión de Wi-Fi

El valor económico asociado con la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado reduce la congestión del enrutador de Wi-Fi, aumentando su capacidad, con un efecto neto de aceleramiento de la velocidad de banda ancha. Este efecto no se generaliza en todas las líneas fijas de banda ancha, sino tan solo en aquellas con alta capacidad, manifestándose en la velocidad recibida por cada dispositivo conectado a Internet. El aumento en velocidad de acceso a Internet se efectiviza con dos tipos de impacto económico: un crecimiento en el PIB (efecto conocido en la literatura como el “retorno a la velocidad”), y un aumento en el

excedente del consumidor. La cadena de causalidad transitiva puede ser desagregada en tres efectos:

- Al eliminar la congestión en el enrutador de Wi-Fi, la velocidad de acceso aumenta para cada dispositivo conectado;
- El aumento de la velocidad para aquellos abonados a líneas de banda ancha de alta velocidad contribuye al crecimiento del PIB;
- El incremento de la velocidad de banda ancha aumenta la voluntad de pago de usuarios de banda ancha de alta velocidad.

Cuando un usuario accede a Internet, la velocidad de acceso a dispositivos es una función del desempeño de la red fija y/o inalámbrica y la capacidad del enrutador. El resultado neto es diferente, dependiendo del plan de banda ancha. Por ejemplo, si un usuario adquiere una línea de banda ancha de 20 Mbps, el enrutador de Wi-Fi no se transforma en cuello de botella. Un enrutador de doble banda entrega velocidades pico de 1.2 Gbps en 2.4 GHz, 4.8 Gbps en una de las radios de 5 GHz, y 4.8 Gbps en la otra. De esta manera, basado en la designación de espectro libre en espectro de 2.4 GHz y 5 GHz, el desempeño del enrutador es estimado a 266.50 Mbps (basado en el supuesto de división del tráfico entre la banda de 2.4 GHz (a 173 Mbps) y la banda de 5 GHz (a 360 Mbps)). Esto no significa, sin embargo, que cada dispositivo reciba la velocidad teórica total.

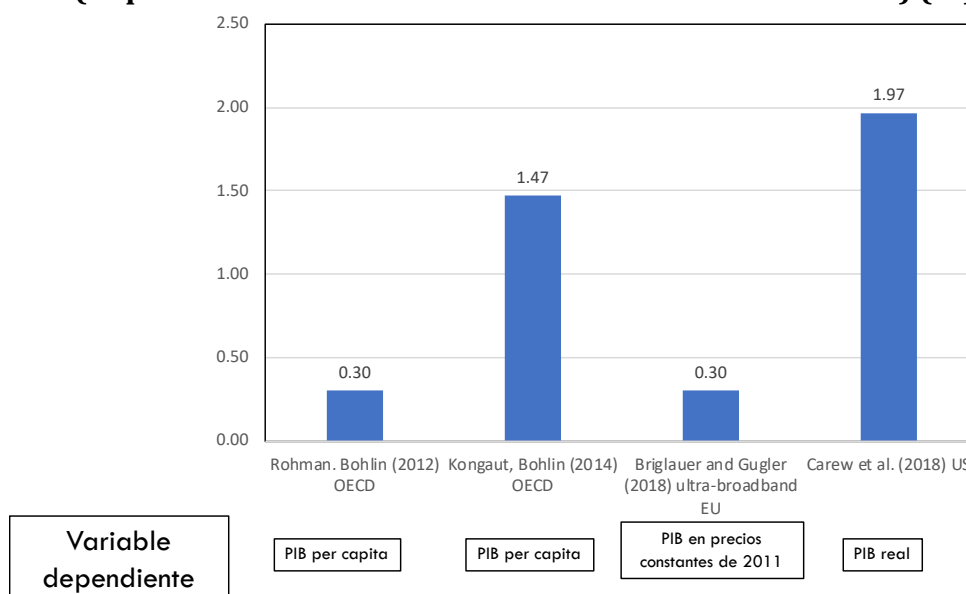
A partir del uso de múltiples bandas y senderos espaciales (*spatial streams*, en inglés), los enrutadores en la actualidad tienen una capacidad en exceso de aquella que puede ser entregada a cada dispositivo. Por ejemplo, si bien un equipo de alta gama en la norma 802.11ax puede, teóricamente, acomodar un tráfico de 4.8 Gbps, cada dispositivo recibe 200 Mbps.⁴³ En este contexto, si el abonado a servicio de banda ancha fija adquiere un plan de 150 Mbps, el enrutador deviene un punto de congestión en la red, y la experiencia del usuario no será equivalente a la velocidad de la red fija.

La investigación en la contribución de la velocidad de banda ancha ha generado un volumen importante de evidencia empírica, fundamentando que el acceso a internet a altas velocidades conlleva un impacto positivo en el producto bruto. Esta relación está basada en tres tipos de efectos. En primer lugar, la banda ancha de alta velocidad contribuye al mejoramiento de la productividad laboral como resultado de una mayor eficiencia en los procesos de negocio. Por ejemplo, el mercadeo de sobredimensionamiento de inventarios de productos (*overstock*, en inglés), o la optimización de cadenas de suministro son dos de los procesos que se benefician de la adopción de redes de banda ancha ultra-rápidas. Segundo, el servicio rápido de banda ancha influye positivamente en la tasa de desarrollo de nuevos productos y el lanzamiento de nuevos modelos de negocio. Tercero, el incremento de velocidad de banda ancha genera una serie de externalidades resultantes de la reestructuración de cadenas productivas (en otras palabras, redes con velocidades más

⁴³ Estimación proporcionada por Broadcom. Esto se refiere al rendimiento recibido por cada dispositivo de usuario (PC, tableta, etc.) dentro de las instalaciones del usuario.

rápidas permiten a empresas tercerizar operaciones sin riesgo de disrupción o descentralizar funciones hacia áreas geográficas con costos de insumo inferiores). La compilación de la evidencia de investigación generada hasta el momento generada por cuatro estudios econométricos⁴⁴ confirma la existencia de estos efectos (ver Gráfico 3-3).

Gráfico 3-3. Estudios midiendo el impacto del PIB en la velocidad de banda ancha (impacto de 100% del aumento de la velocidad en el PIB) (%)



Fuente: Compilación de Telecom Advisory Services

Como se observa en el Gráfico 3-3, si bien los cuatro estudios coinciden en establecer que la velocidad de banda ancha ejerce un impacto en el producto bruto, el rango del efecto varía; un aumento del 100% de la velocidad de banda ancha genera una contribución al producto bruto de entre 0.30% y 1.97%. Parte de la diferencia en las estimaciones es explicada por el uso de modelos diferentes. Por ejemplo, Carew et al (2018) no incluyen la adopción de banda ancha como variable independiente, lo que significa que el impacto de la velocidad en el PIB está sobre-dimensionada por la penetración de banda ancha. En otros casos, la diferencia entre estudios es explicada por el momento en el que los mismos fueron realizados. Por ejemplo, Kongaut, Bohlin (2014) se basaron en un panel de datos entre el 2008 y el 2012, mientras que las series históricas de Rohman, Bohlin (2012) culminan en el 2010, ambos momentos eran cuando la velocidad promedio de banda ancha registraba 8.3 Mbps, lo que determina un impacto más alto que en el estudio de Briglauer y Gugler (2018). Aun así, se observa que la evidencia de un efecto positivo de la velocidad de banda ancha en el crecimiento económico es consistente.

⁴⁴ Hemos seleccionado solo cuatro estudios para revisar, aunque la investigación ha arrojado muchos más (ver por ejemplo, Ford, G. (2018). *Is Faster Better? Quantifying the Relationship between Broadband Speed and Economic Growth*. Phoenix Center Policy Bulletin No. 44. Grimes, A., Ren, C., and Stevens, P. (2009). *The need for speed: Impacts of Internet Connectivity on Firm Productivity*. MOTU Working Paper 09-15. Mack-Smith, D. (2006). *Next Generation Broadband in Scotland*. Edinburgh: SQW Limited).

3.3. Despliegue acelerado del Internet de las Cosas

La relevancia económica del Internet de las Cosas ya ha sido establecida en numerosos estudios. IDC estima que el mercado mundial de soluciones de Internet de las Cosas (IoT, por las siglas en inglés) es aproximadamente US\$ 1.7 trillones y que en Colombia el mismo en 2021 alcanza US\$ 424 millones⁴⁵. Más allá de la importancia atribuida por los gobiernos, numerosos actores del ecosistema de IoT han planteado que su impacto económico solo puede ser alcanzado si un número de barreras son superadas. Estas incluyen, entre otras, el rediseño de procesos de negocio, y el desarrollo de estándares y normas de interoperabilidad.⁴⁶ La disponibilidad de espectro radioeléctrico también representa uno de los obstáculos a superar. Si bien el despliegue de sistemas de IoT en Colombia ha estado creciendo en los últimos años, el desarrollo de redes de gran escala no ha sido alcanzado debido al riesgo de congestión de los puntos de acceso de Wi-Fi. La designación de 1200 MHz en la banda de 6 GHz para el uso libre contribuirá a aumentar la disponibilidad de espectro para acelerar el desarrollo de IoT.

El valor económico asociado con el mayor despliegue de IoT en Colombia está determinado por dos fuentes: (i) el desarrollo de empresas colombianas dentro del ecosistema (proveedores de sensores y equipamiento, desarrollo de software e integradores de sistemas) que generan un margen sobre sus ventas, equivalente al excedente del productor, y (ii) el derrame (spillover) de IoT en la productividad del sistema económico, el cual está naturalmente concentrado en sectores de uso intensivo como la logística, la explotación de recursos naturales, y la salud.

En lo referente a la primera fuente de valor económico, es importante distinguir dentro del ecosistema a las firmas involucradas en la manufactura de equipamiento versus los desarrolladores de software y los proveedores de servicios en la medida de que la importancia de cada sub-sector en Colombia varía y que los márgenes de cada uno tienden a ser distintos (ver cuadro 3-2).

Cuadro 3-2. Ecosistema de Internet de las Cosas

Categorías	Componentes	Tipo de empresas
Hardware	Sensores/ semiconductores	Fabricantes de sensores y componentes computarizados
	Dispositivos miniaturizados	Proveedores especializados de sensores de menor escala
	Conectividad	Fabricantes de equipamiento
Software	Apps	Software de conectividad
	Proveedores de servicios de la nube	Software provisto por operadores de servicios en la nube
	Proveedores de la plataforma	Nuevos sistemas operativos
	Carriers	Operadores de telecomunicaciones proveyendo soluciones basadas en la nube
Servicios	Integración de sistemas	Integración de dispositivos y componentes en una única plataforma
	Analíticos	Proveedores de almacenamiento de datos y herramientas analíticas
	Servicios de TI	Proveedores de plataforma
	Seguridad	Desarrolladores de protocolos de seguridad y tecnologías

Fuente: Telecom Advisory Services

⁴⁵ Estimación de Frost y Sullivan para Colombia al 2021.

⁴⁶ CompTIA (2016). *Sizing up the Internet of Things*.

En lo que se refiere a la segunda fuente de valor, los casos de uso asociados con el IoT (como el mantenimiento predictivo, la trazabilidad de activos físicos, la gestión de demanda en redes de distribución eléctrica inteligentes, y la coordinación del tráfico terrestre, entre otros) tienen un impacto en el crecimiento del producto bruto.

3.4. Reducción de costos de comunicaciones inalámbricas de empresas

El aumento de la capacidad de canales de espectro permite un despliegue significativo de conectividad inalámbrica al interior de edificios de empresas, fábricas y oficinas. Esto permite a establecimientos productivos utilizar la infraestructura de Wi-Fi y generar una reducción en el gasto por el uso de comunicaciones celulares.

Cuando la banda de 6 GHz es autorizada para uso libre y se suma a las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz, el espectro combinado será capaz de proveer ocho canales de 160 MHz o tres de 320 MHz. El primer efecto asociado a este despliegue es la provisión de servicio de comunicaciones inalámbricas más rápido en interiores. Adicionalmente, los nuevos canales facilitarán el despliegue de nuevas aplicaciones y casos de uso con impacto en la productividad. Finalmente, el espectro adicional permitirá conectar un número mayor de dispositivos de diverso tipo. Por ejemplo, ciertas soluciones de Wi-Fi 6E pueden acomodar hasta 1,500 dispositivos, lo que las posiciona como una infraestructura ideal para aplicaciones de empresas.

3.5. Despliegue de soluciones de realidad aumentada y realidad virtual

Las soluciones de realidad virtual (VR, por sus siglas en inglés) ya están siendo usadas en múltiples aplicaciones, tanto en la industria de juegos y entretenimiento, como en la capacitación de trabajadores, sobre todo en el sector de salud. Otras áreas de aplicación incluyen la educación y cultura, los deportes, la transmisión de eventos en vivo, la publicidad, la arquitectura y las artes. Por el otro lado, la realidad aumentada (AR, por sus siglas en inglés) tiene un rango de aplicaciones ilimitado en sectores como el comercio, aplicaciones técnicas, procesos productivos, y educación. Las tecnologías de VR y AR sirven al mercado de consumidores individuales y a usuarios profesionales, tanto en el sector público como en el privado.

El mercado de soluciones de AR y VR se está desarrollando a ritmo acelerado, con efectos similares a los detallados para IoT arriba. La designación de la banda de 6 GHz para uso libre tendrá un impacto fundamental en el despliegue de aplicaciones y el crecimiento del ecosistema de empresas involucradas en el desarrollo de las mismas. La banda de 6 GHz, sobre todo para dispositivos de muy bajo poder, es un componente esencial de este desarrollo. Por ejemplo, la designación de la banda para uso no licenciado permite entregar hasta siete canales de 160 MHz o dos de 320 MHz, los cuales permiten aumentar exponencialmente la base de usuarios de aplicaciones o la introducción de soluciones que dependen de dispositivos de muy bajo poder.

El desarrollo y difusión de aplicaciones de AR/VR en el sector productivo está liderado por un ecosistema de empresas involucradas en el desarrollo de software y contenidos, así como los fabricantes de equipamiento. Los márgenes de estas empresas representan el excedente del productor.

Por otro lado, como en el caso de IoT, la adopción de soluciones de AR/VR por empresas colombianas conllevará un impacto en la productividad, contribuyendo de esta manera al crecimiento del PIB. El impacto se materializa en una mayor eficiencia en la capacitación, así como el aceleramiento en el diseño y desarrollo de nuevos productos. Por ejemplo, las empresas del sector automovilístico ya están incorporando VR en los procesos de desarrollo de productos para reducir el tiempo requerido entre diseño inicial y modelización física. De manera similar, los anteojos de AR permiten a empleados de almacenes proveer información de partes y repuestos a ingenieros y técnicos involucrados en tareas de reparación. Finalmente, las soluciones de AR/VR pueden ser usadas en la promoción y venta de productos en la distribución minorista.

3.6. Despliegue de Wi-Fi municipal

El despliegue de sitios Wi-Fi para el acceso de ciudadanos operando en alcaldías representa una valiosa contribución a la población que carece de recursos para adquirir servicio de banda ancha. Según la encuesta del DANE de Indicadores Básicos de Tenencia y Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación, al 2018 2,811,000 colombianos accedieron a internet desde centros de acceso público gratuito lo cual marca su relevancia para el cerramiento de la brecha digital. Este impacto aumentará en el futuro cercano, ya que en el 2020 el MINTIC realizó una inversión para generar unos 10,000 centros digitales nuevos que estarán operando al menos hasta el 2030, con conectividad que llegará principalmente a los colegios para beneficiar a cerca de un millón de estudiantes. Pero el impacto será aún mayor ya que desde allí se habilitarán zonas externas de internet para que las comunidades locales también puedan acceder al servicio.

Los puntos de acceso público de Wi-Fi que dependen solamente de espectro en las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz están sujetos a la congestión del servicio así como a la falta de capacidad para servir a una gran base de usuarios. Es por ello que los sitios municipales de Wi-Fi son una aplicación que presenta una necesidad crítica de acceder a mayor espectro para satisfacer el crecimiento en el número de usuarios, así como para resolver problemas de interferencia de dispositivos operando en frecuencias adyacentes. Por ejemplo, la banda de 2.4 GHz tiende a ser usada también por un número de dispositivos operando en estándares como Bluetooth y Zigbee, los cuales crean una interferencia importante con el servicio de Wi-Fi.

El análisis del beneficio económico de la designación de la banda de 6 GHz para los sitios de alcaldías está guiado por la posibilidad de aumentar la velocidad del acceso (con el consiguiente impacto en el excedente del consumidor), así como proveer acceso a Internet a un mayor porcentaje de población vulnerable que no puede adquirirlo en el mercado (impactando así el PIB).

3.7. Desarrollo de puntos de acceso de Wi-Fi gratuito

Más allá de los sitios municipales de Wi-Fi, los sitios gratuitos representan una tecnología apropiada para acceder a Internet para usuarios individuales. En el 2020, Colombia registra 522,798 sitios Wi-Fi gratuitos desplegados de la siguiente manera (ver Cuadro 3-3).

Cuadro 3-3. Colombia: Número de sitios gratuitos de Wi-Fi (2020)

Ciudad	Número
Bogotá	220,000
Santiago de Cali	35,000
Medellín	70,000
Barranquilla	20,000
Cartagena	16,000
Cúcuta	8,000
Otras	153,798
Total	522,798

Fuente: Wiman (2020).

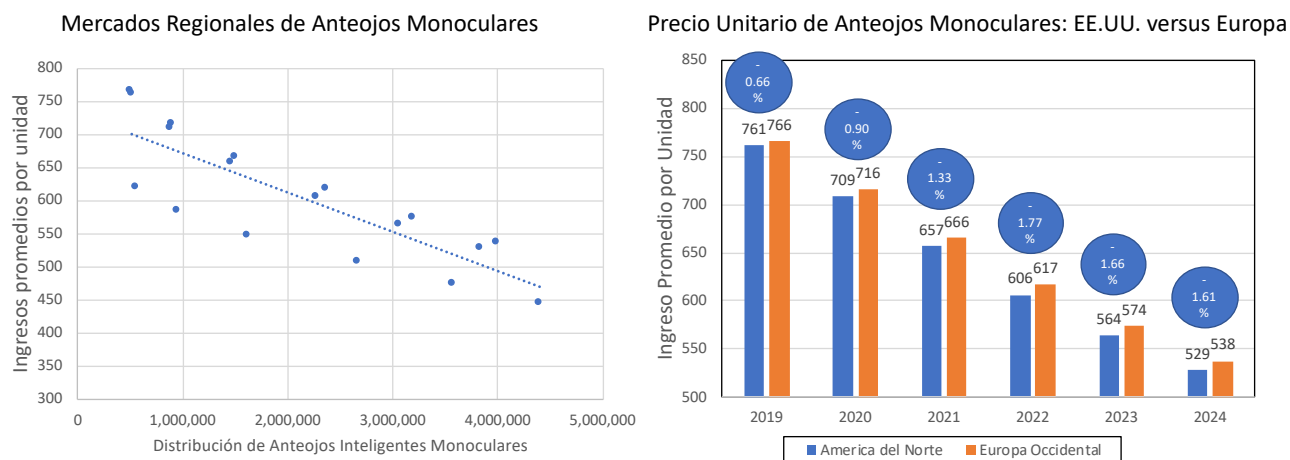
El valor económico de la designación de la banda de 6 GHz en el caso de sitios gratuitos debe ser estimado de la misma manera que en el caso de los sitios de alcaldías. Es decir, los sitios gratuitos con acceso al espectro en la banda de 6 GHz serán capaces de aumentar la velocidad en el acceso (con la consecuente implicancia en términos de aumento del excedente del consumidor) y proveer acceso a la población que no cuenta con servicio de banda ancha.

3.8. Alineamiento de la designación de espectro con el modelo de economías avanzadas

Al designar 1200 MHz en la banda de 6 GHz, Colombia podrá no solo aliviar la presión resultante en las redes de Wi-Fi como resultado del crecimiento explosivo del tráfico en estas redes, sino que también estará tomando una decisión en lo referente al costo de insumos para las empresas del país y para la política industrial en el terreno tecnológico.

Una comparación del precio de venta unitario promedio de equipamiento de AR/VR indica que los Estados Unidos poseen una ventaja económica (precios más bajos) sobre el continente Europeo. Esta ventaja está probablemente determinada por economías de escala, aunque no se debería excluir un posible impacto impositivo (ver gráfico 3-4).

Gráfico 3-4. Ejemplo de Equipamiento AR/VR: Economía de la producción (*)



(*) Este cuadro presenta un ejemplo de precios de un segmento del mercado de equipamiento de AR/VR – anteojos inteligentes monoculares – con lo cual no presenta una evaluación del mercado en su conjunto.

Notas: 1) Cuadro en la izquierda presenta datos para América del Norte, Europa Occidental y Asia-Pacífico

2) El precio unitario del cuadro de la derecha ha sido calculado por *Telecom Advisory Services* dividiendo la proyección del mercado por el volumen de ventas (ambos datos provistos por ABI Research)

Fuentes: ABI Research; análisis Telecom Advisory Services

Como se indica en el gráfico de la izquierda, el precio de la producción de equipamiento de AR/VR (ejemplificado por los anteojos monoculares) está, como es de esperar, guiado por economías de escala. A mayor volumen distribuido en un mercado, menores los costos por unidad. Como resultado, el gráfico de la derecha presenta la ventaja en precios de América del Norte (altamente concentrada en los Estados Unidos). Consecuentemente, tendría sentido para Colombia tomar una decisión en términos de la banda de 6 GHz que esté alineada con la decisión de Estados Unidos de acordar la totalidad de la banda para uso no licenciado. Esto permitirá a empresas colombianas beneficiarse de un menor costo para la adquisición de un insumo tecnológico en caso de que este sea importado.

El alineamiento con Estados Unidos en la decisión espectral en la banda de 6 GHz tendría un impacto adicional en términos de política industrial. El mercado colombiano de equipamiento y servicios en los sectores impactados por la decisión de designación de espectro de 6 GHz – AVR/VR, dispositivos Wi-Fi e IoT – es muy importante, sumando US\$ 1.47 mil millones en 2020 y alcanzando US\$ 2.84 mil millones en 2025 (ver cuadro 3-4).

Cuadro 3-4. Colombia: Ventas en mercados impactados por la designación de espectro en la banda de 6 GHz (en mil millones US\$) (2020-25)

Mercado	Categorías	2020	2025
Realidad aumentada/Realidad virtual	Hardware	\$ 0.01	\$ 0.11
	Software, aplicaciones y contenidos	\$ 0.03	\$ 0.48
	Subtotal	\$ 0.04	\$ 0.59
Internet de las Cosas	Hardware	\$ 0.15	\$ 0.43
	Software y servicios	\$ 0.19	\$ 0.55
	Subtotal	\$ 0.34	\$ 0.98
Dispositivos dependiendo de acceso a Wi-Fi	Subtotal	\$ 1.09	\$ 1.27
Total		\$ 1.47	\$ 2.84

Nota: ABI Research provee una estimación del mercado de AR/VR hasta el 2024 para América Latina. La porción designada para Colombia es calculada prorrateando el mercado latinoamericano proyectado por ABI Research por el PIB colombiano como porcentaje del latinoamericano. La estimación para 2025 extrapola la tasa de crecimiento para 2024.

Fuentes: ABI Research; Frost & Sullivan; análisis Telecom Advisory Services

Considerando estas condiciones atractivas de la demanda interna, la decisión a ser adoptada en términos de la designación de la banda de 6 GHz (es decir, designar 1200 MHz) podría ubicar a Colombia en una posición para satisfacer tanto la demanda interna, beneficiándose de las economías de escala existentes en Estados Unidos y Corea, así como encarar la posibilidad de desarrollar una industria orientada a la exportación.

3.9. Aumento de la capacidad de enrutamiento de tráfico celular

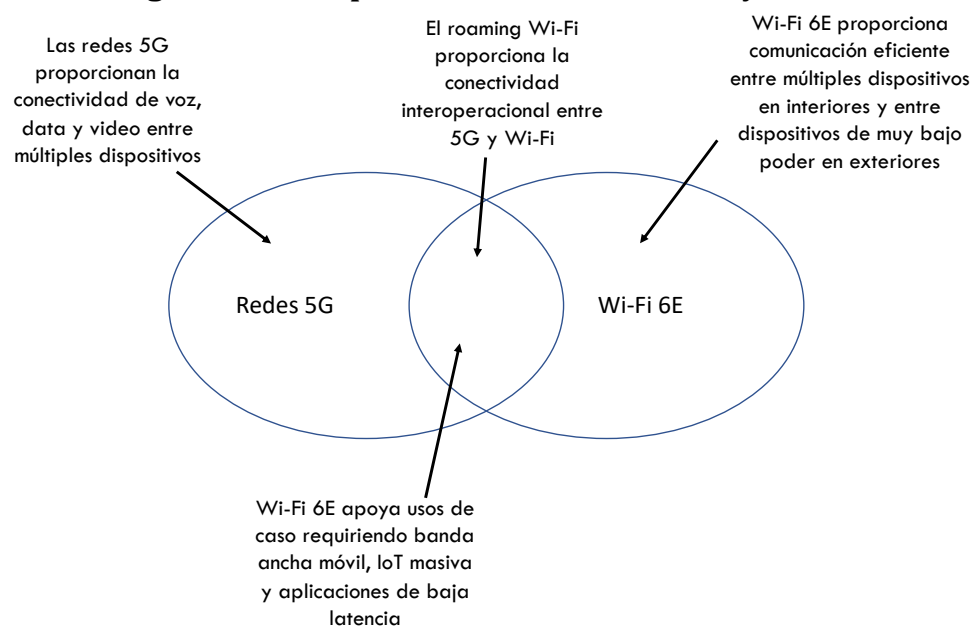
Esta fuente de valor económico, basada en la complementariedad entre Wi-Fi y las redes celulares fue inicialmente puntualizada por Milgrom et al. (2011) y Cooper (2012), y estimada en nuestros estudios anteriores (Katz, 2014a, 2014b, 2018a). Como fuera estipulado en nuestros análisis, el valor del enrutamiento a Wi-Fi del tráfico celular está determinado por la reducción del tráfico en espectro licenciado para los operadores celulares, con lo cual se reduce tanto la inversión en equipamiento como la necesidad de adquirir más espectro (Bazelon, 2008). En este sentido, Wi-Fi se posiciona como una tecnología complementaria compensando las limitaciones de las redes celulares. Desde el punto de vista de la gestión de espectro, las bandas de espectro libre aumentan la eficacia y el poder de dispositivos que operan en las redes celulares. Por ejemplo, puntos de acceso Wi-Fi operando en bandas no licenciadas permiten a los dispositivos inalámbricos conectarse a estos sitios, reduciendo el costo de acceso a banda ancha y aumentando la velocidad de acceso a Internet.

Desde una perspectiva del operador de redes celulares, Wi-Fi permite reducir la inversión de capital y los costos operativos para acomodar el tráfico de datos. El cálculo del ahorro de los operadores celulares está basado en la premisa de que, bajo el escenario contra-factual de no existencia de bandas de espectro no licenciado, los operadores deberán desplegar infraestructura de radio bases adicionales. Así, el cálculo del valor económico está basado en la porción del capital de inversión (a los que se suma los gastos de operación y

mantenimiento) que los operadores celulares pueden eliminar enrutando parte del tráfico a las redes Wi-Fi.

Si bien esta fuente de valor económico ya fue identificada y analizada en el caso de redes 3G y 4G, la complementariedad existe aún entre Wi-Fi 6E y redes 5G. Para comenzar, los dispositivos de acceso como smartphones y sensores de IoT estarán equipados con semiconductores en ambas tecnologías para permitir a usuarios optimizar el uso de infraestructura. Este es un factor crítico no sólo en términos de gestión del tráfico en entornos de alta densidad como complejos habitacionales u hospitales, sino también para conectarse a cámaras de seguridad, terminales de punto de venta, sensores ambientales, y otros dispositivos de IoT. La complementariedad también se presentará en hogares y empresas, aunque esto ya ha sido considerado en las generaciones tecnológicas precedentes. La complementariedad entre Wi-Fi 6E y las redes 5G es descrita conceptualmente en la figura 3-3.

Figura 3-3. Complementariedad de Wi-Fi6 y 5G NR-U



Fuente: Adaptado de Suarez, M. (2020). Unlicensed spectrum access in the 6 GHz band. Presentación a ANATEL

De acuerdo con este esquema, basada en la complementariedad entre la tecnología Wi-Fi 6E y las redes 5G, la porción de tráfico enrutado a los sitios de Wi-Fi se incrementará sustancialmente en el momento de migración de las redes celulares a 5G. Esto es así porque las aplicaciones de alto uso de capacidad son usadas típicamente en interiores como el hogar y empresas. Cisco proyecta que en el 2022, 54% del tráfico móvil latinoamericano será enrutado a redes Wi-Fi.⁴⁷

⁴⁷ Esta proyección incluye el tráfico de dispositivos bi-modales como smartphones, y el enrutamiento de tráfico móvil en puntos de acceso Wi-Fi. *Cisco 2017-2022 VNI Report*.

En consecuencia, el valor económico de la designación de la banda de 6 GHz para uso libre estará guiado no solo por la habilidad de reducir la inversión en 5G mediante el enrutamiento de tráfico a Wi-Fi, sino también en la posibilidad de evitar el riesgo de congestión por el uso en interiores de aplicaciones de alto requerimiento de banda.

3.10. Producción y adopción de equipamiento de Wi-Fi

Esta fuente de valor se basa inicialmente en que los consumidores reciben un excedente económico al adquirir dispositivos Wi-Fi a un precio más bajo que su disposición a pagar por ellos. El valor se calcula a partir de los dispositivos que pueden ser adquiridos en la banda de 6 GHz. Los productos de este ecosistema incluyen una gama completa de productos electrónicos de consumo (ver cuadro 3-5).

Cuadro 3-5. Productos residenciales habilitados para Wi-Fi

Segmento de Mercado	Producto
Consumidores	<ul style="list-style-type: none"> • Altavoces inalámbricos • Sistemas de seguridad para el hogar • Dispositivos domésticos • Puntos de acceso • Adaptadores externos • Enrutadores • Gateways

Source: Telecom Advisory Services

La ausencia de datos sobre la voluntad de pago por cada equipo hace que sea muy difícil estimar de manera confiable el excedente del consumidor. Para superar esa limitación, una posible aproximación es asumir que el excedente del consumidor sería igual al excedente del productor (ver Milgrom et al., 2011). Por lo tanto, calculamos el margen del productor en función de las ventas totales de equipos residenciales habilitados para Wi-Fi en la banda de 6 GHz y atribuimos ese valor al excedente del consumidor.⁴⁸

En todos los casos, para diferenciar el valor correspondiente a la banda de 6 GHz, del valor que corresponde a las otras bandas de uso de Wi-Fi, seguiremos las previsiones proporcionadas por IDC sobre la evolución de las ventas de dispositivos de consumo 802.11ax para la banda de 6 GHz.

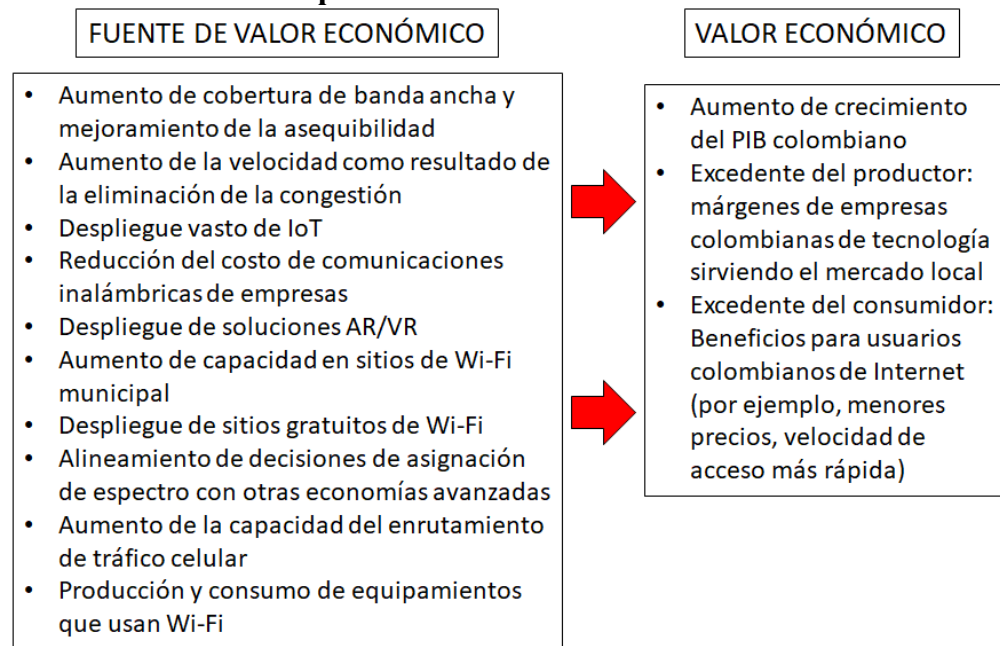
Al mismo tiempo que se considera un excedente del consumidor por el consumo de equipamiento Wi-Fi, por el otro lado también se genera un excedente del productor por la fabricación de estos. La metodología para ambos casos es la misma, pero al estimar el excedente del consumidor se consideran los bienes que se consumen localmente en Colombia sin importar el origen, mientras que al medir el excedente del productor se miden los bienes fabricados en Colombia, sin importar el país en el que se consume el bien.

⁴⁸ Para el excedente del consumidor consideramos todas las ventas de productos con Wi-Fi 6 en el país, sin importar el lugar de producción del equipamiento.

3.11. Combinación del valor económico

Combinando todas las premisas detalladas en el curso del capítulo 3, el abordaje a ser seguido para estimar el valor económico que conlleva la designación de espectro en la banda de 6 GHz al uso no licenciado en Colombia implicará la cuantificación de los efectos sintetizados en la figura 3-4.

Figura 3-4. Abordaje utilizado para estimar el valor económico de la designación de espectro de 6 GHz en Colombia



Fuente: Telecom Advisory Services

Un punto final para mencionar: consideramos que la combinación del excedente del productor y la contribución al PIB en el caso de la venta de equipamiento es correcta en la medida de que la contribución al PIB calculada en nuestros modelos está basada en series históricas a partir del aumento de velocidad de la banda ancha como resultado de Wi-Fi, y no a partir de la venta de equipamiento resultante de la designación de espectro de uso libre.

4. AUMENTO DE LA COBERTURA DE BANDA ANCHA Y MEJORAMIENTO DE LA ASEQUIBILIDAD

Las estadísticas para Colombia indican una penetración de banda ancha fija en el 2019 de 51% de hogares (equivaliendo a 6,970,000 conexiones para 13,576,000 hogares).⁴⁹ Basado en el crecimiento histórico del número de abonados a banda ancha fija⁵⁰, se espera que la penetración al 2030 alcance al 60% de los hogares colombianos. Esto implica que la brecha digital seguirá existiendo, especialmente dada la dificultad de atender las zonas rurales del país. Según la encuesta del DANE sobre Indicadores de Tenencia y uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación, al 2018, 904,000 colombianos que viven en zonas rurales indicaron que la razón principal por no usar internet es la falta de cobertura en la zona donde habitan. En este contexto, complementando a los operadores de telecomunicaciones de banda ancha fija y móvil, los ISP inalámbricos (WISP) pueden desempeñar un papel fundamental en la resolución de la brecha digital. La designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado contribuirá a que los WISP ayuden a reducir dicha brecha.

4.1. La situación actual en Colombia

El sector de operadores que proveen acceso inalámbrico a Internet en Colombia está en pleno desarrollo. En base a los últimos datos publicados por el MINTIC al segundo trimestre de 2020 las conexiones WISP alcanzaban los 375,046 hogares, representando un 4.9% del total de accesos de banda ancha fija en el país. Sin embargo, a partir de entrevistas realizadas con operadores se estima que el número real de conexiones WISP podría ser mayor dada la existencia de ISP inalámbricos no registrados.

Los WISP operan principalmente en zonas rurales, sirviendo a una población que, por lo general, no dispone de una oferta alternativa de banda ancha a través de redes fijas. Esto refuerza la importancia de estos operadores para cerrar la brecha digital en zonas rurales donde no existe otro tipo de oferta comercial de servicio de banda ancha.

En base a información del MINTIC, a través de la base de datos del Informe Trimestral de las TIC al segundo trimestre de 2020, se pudo determinar que el ingreso promedio anual por abonado de estos operadores está en el orden de los US\$ 70 y que brindan el servicio con una velocidad promedio de 6.67 Mbps, o sea 42% inferior a la velocidad promedio de las conexiones de banda ancha fija en Colombia. Esta brecha puede atribuirse en parte a la congestión del espectro que impide a estos operadores mejorar sus velocidades.

En base a esta información se ha realizado una proyección del crecimiento esperado de las conexiones WISP en caso de que se libere por completo la banda de 6 GHz y permita a los operadores inalámbricos ampliar su despliegue rural. Para esta estimación, se asume que los usuarios WISP podrán seguir creciendo gracias al mayor despliegue facilitado por la banda

⁴⁹ MINTIC para conexiones de banda ancha fija, DANE para número de hogares.

⁵⁰ Se asume una tasa de crecimiento positiva pero decreciente en el número de conexiones de banda ancha fija en base a lo observado en el período 2016-2019, llegando al 2030 con una tasa de crecimiento anual de conexiones del 2%.

de 6 GHz, aunque a una tasa decreciente con relación a los niveles alcanzados en el 2019/2020 (ver cuadro 4-1).

Cuadro 4-1. Colombia: Usuarios WISP (2020-2030)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Abonados WISP	375,046	407,999	425,923	435,278	440,059	442,476	443,690	444,300	444,605	444,757	444,833
Tasa de compartición del servicio	21.33%	21.33%	21.33%	21.33%	21.33%	21.33%	21.33%	21.33%	21.33%	21.33%	21.33%
Total usuarios WISP	455,029	495,009	516,755	528,106	533,906	536,838	538,312	539,051	539,421	539,606	539,699

NOTA: La tasa de compartición del servicio indica el porcentaje de líneas compartidas entre más de un hogar.

Fuentes: DANE; MINTIC; Análisis Telecom Advisory Services

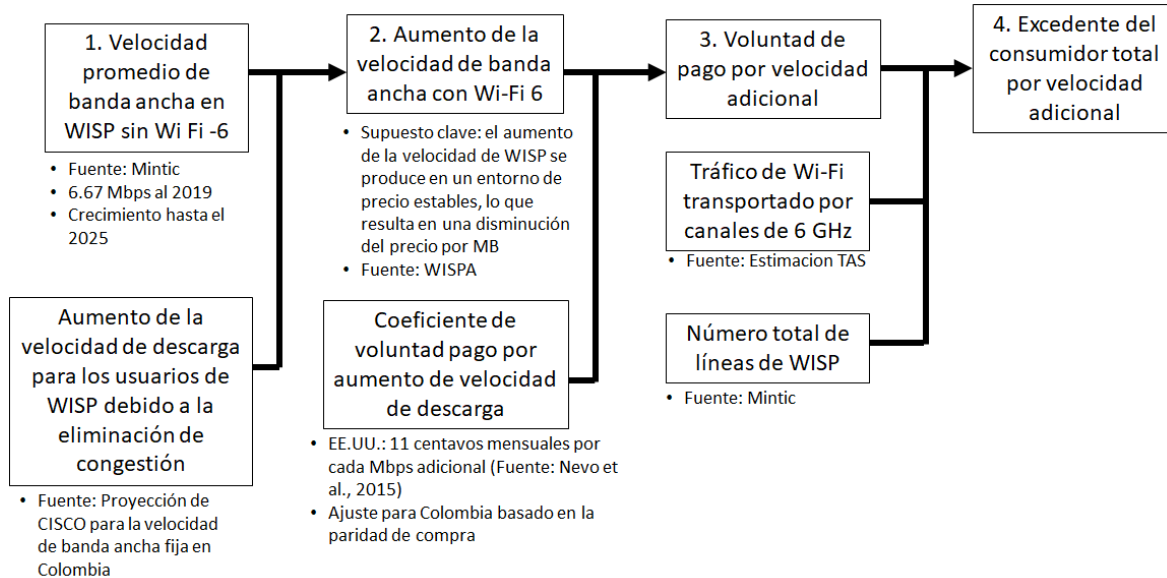
4.2. Aumento del excedente de consumidores de los abonados a ISP inalámbricos

Como se indicó en la Figura 3-1 del capítulo 3, la designación de la banda de 6 GHz para uso libre tendrá un impacto en dos áreas de valor económico de los WISP: (i) el creciente excedente de del consumidor de los abonados actuales como resultado de un servicio de banda ancha más rápido; (ii) una mejora en la asequibilidad y en la cobertura, lo que conllevará una mayor penetración del servicio, impactando positivamente el PIB (al que debe sumarse el volumen representado por las ventas adicionales de estos operadores). A continuación se presentan los detalles de cada impacto.

Aumento del excedente de consumidor debido al incremento de desempeño de puntos de acceso

Cuando los WISP tengan la oportunidad de acceder al espectro en la banda de 6 GHz, el excedente del consumidor para sus suscriptores se generará mediante una mejora en la velocidad de la banda ancha, ya que con base en esta medida se elimina la congestión de los puntos de acceso Wi-Fi. En términos del análisis, la mayor velocidad de las líneas afectadas por la migración de tecnología se multiplica por la disposición a pagar por esta mayor velocidad (ver Figura 4-1).

Figura 4-1. Metodología para estimar el excedente del consumidor como resultado del aumento de velocidad en las conexiones de WISP



Fuente: Telecom Advisory Services

El punto de partida de esta estimación requiere calcular la diferencia en la velocidad de banda ancha entre la actual de las líneas de WISP (6.67 Mbps velocidad promedio al 2019 según base de datos del MINTIC) y la resultante una vez que los WISP puedan acceder al espectro de 6 GHz. La multiplicación del aumento de velocidad por el coeficiente de voluntad de pago para la velocidad de banda ancha incremental (ajustado por la paridad de poder de compra de Colombia) produce una mejora del excedente del consumidor por abonado. Finalmente, el incremento en la voluntad de pago es multiplicado por el número de líneas WISP (ver cuadro 4-2).

Cuadro 4-2. Colombia: Excedente del consumidor debido al aumento de la velocidad del usuario de WISP (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Velocidad promedio de los WISP con la banda de 6 GHz	11	14	17	21	24	28	32	36	41	45
(2) Velocidad promedio de los WISP sin la banda de 6 GHz	11	14	17	21	24	24	24	24	24	24
(3) VDP por la velocidad de descarga con la banda de 6 GHz (US\$)	\$38	\$40	\$43	\$45	\$46	\$48	\$50	\$51	\$52	\$53
(4) VDP por la velocidad de descarga sin la banda de 6 GHz (US\$)	\$38	\$40	\$43	\$45	\$46	\$46	\$46	\$46	\$46	\$46
(5) Excedente del consumidor adicional mensual (US\$)	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$2	\$3	\$4	\$6	\$7
(6) Excedente del consumidor adicional anual (US\$)	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$20	\$38	\$54	\$68	\$81
(7) Conexiones WISP	407,999	425,923	435,278	440,059	442,476	443,690	444,300	444,605	444,757	444,833
(8) Tráfico por la banda de 6 GHz	0.00%	10.00%	20.00%	30.00%	40.00%	50.00%	60.00%	65.00%	70.00%	75.00%
(9) Impacto (US\$ millones)	0	0	0	0	0	4	10	15	21	27

Fuente: análisis Telecom Advisory Services.

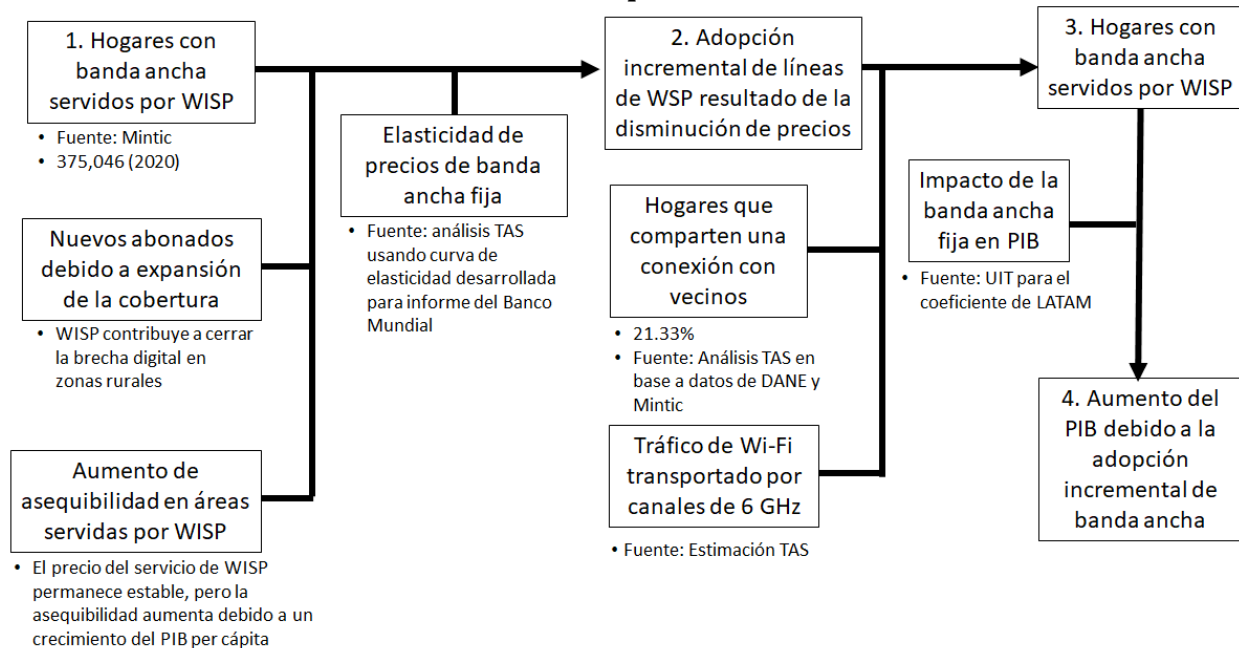
El impacto total acumulado del excedente del consumidor entre 2021-2030 resultante del aumento de la velocidad de banda ancha al reducir la congestión de Wi-Fi para los abonados de WISP asciende a US\$ 78 millones.

4.3. Impacto en el PIB del aumento de la asequibilidad y penetración de banda ancha de abonados de ISP inalámbricos

El objetivo en este caso es estimar el impacto en el PIB del aumento en la asequibilidad de la banda ancha y la mayor cobertura del servicio, con la consiguiente mayor penetración de la banda ancha dentro del universo de los abonados de WISP. Para comenzar, la designación de 6 GHz al uso no licenciado aumentará el número de hogares que reciben servicio por punto de acceso WISP. En consecuencia, dadas las economías de escala convencionales en telecomunicaciones, el costo unitario para atender a un mayor número de abonados desde un solo punto disminuye. Adicionalmente, esta reducción podría ser parcialmente neutralizada por la amortización de capital de inversión para migrar el equipamiento electrónico al nuevo estándar.⁵¹ Con propósito conservador, asumimos que los precios del servicio de banda ancha de los WISP colombianos no cambiarían respecto de los niveles actuales. Sin embargo, considerando que el PIB per cápita aumentará en el futuro (según el pronóstico del FMI), la asequibilidad general del servicio a precios reales será mayor. Esto permitirá a los consumidores que han argumentado que los precios representaban una barrera para la adopción, adquirir un servicio de banda ancha. Por otra parte, el mayor rendimiento de Wi-Fi 6 permitirá un aumento de la cobertura del servicio, lo que generará un mayor número de líneas que debería sumarse a los nuevos adoptantes. Una mayor penetración de la banda ancha tendrá, a su vez, un impacto en el PIB colombiano. La Figura 4-2 presenta la metodología seguida para desarrollar esta estimación.

⁵¹ Como nota al margen, la experiencia de los WISP de los Estados Unidos indica que, si el espectro designado es adyacente a las bandas de 5 GHz originalmente utilizadas, el equipo SDR existente se puede convertir para su uso en la nueva banda y se puede ajustar para trabajar en al menos la banda inferior de 6 GHz. Por supuesto, el uso del equipo actual puede estar sujeto a estándares y protocolos, así como a un AFC que puede no ser posible con el espectro de 6 GHz. Su designación "internacional" también puede afectar la disponibilidad de uso.

Figura 4-2. Metodología para estimar el impacto en el PIB como resultado del aumento de la asequibilidad de WISP



Fuente: Telecom Advisory Services

El punto de partida en esta estimación es el incremento en el número de subscriptores WISP por un aumento de la cobertura y expansión del servicio, que, de acuerdo con el crecimiento histórico, alcanzará a 69,787 nuevos abonados al 2030 (principalmente en zonas rurales)⁵².

Al mismo tiempo, asumiendo precios estables y una mejora en el PIB de Colombia en el orden del 2.77% anual proyectada por el FMI, se genera una mejora en la asequibilidad del servicio, afectando principalmente zonas urbanas y suburbanas. Esta situación aumentará la base de nuevos abonados en 36,441 al 2030, los que una vez multiplicados por la tasa de compartición del servicio (21.33%), alcanzan a 44,213 nuevos subscriptores WISP. Sumando todos los impactos mencionados, se obtiene que como consecuencia de la designación de la banda de 6 GHz para uso libre en Colombia, los WISP podrán adicionar 114,000 nuevos hogares conectados al 2030, lo cual contribuirá parcialmente a cerrar la brecha digital colombiana (ver cuadro 4-3).

⁵² Dado que estos nuevos subscriptores se encuentran principalmente en zonas rurales, se asume de modo conservador que los mismos no comparten el servicio con sus vecinos.

Cuadro 4-3. Colombia: Nuevos suscriptores por aumento de cobertura y mayor asequibilidad (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Aumento de suscriptores por mayor cobertura	32,953	50,877	60,232	65,013	67,430	68,644	69,254	69,559	69,711	69,787
(2) Crecimiento del PIB	2.97%	2.68%	2.88%	2.87%	2.77%	2.77%	2.77%	2.77%	2.77%	2.77%
(3) Incremento de suscriptores por mejora en asequibilidad	0	4,485	9,854	14,934	19,332	24,231	29,117	31,566	34,006	36,441
(4) Tasa de compartición	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%
(5) Incremento de suscriptores por mejora en asequibilidad considerando compartición	0	5,441	11,955	18,119	23,454	29,398	35,327	38,297	41,258	44,213
(6) Total nuevos suscriptores	32,953	56,318	72,187	83,132	90,884	98,043	104,580	107,856	110,969	114,000

Fuentes: IMF; análisis Telecom Advisory Services.

La acumulación de ambos efectos resulta en un aumento en la penetración de la banda ancha debido exclusivamente al efecto de 6 GHz en los WISP colombianos, alcanzando 0.74% en el 2030. Basado en el coeficiente de impacto de la banda ancha fija sobre el PIB calculado por los autores en una investigación para la Unión Internacional de Telecomunicaciones⁵³, se estima el impacto total en el PIB (ver cuadro 4-4).

Cuadro 4-4. Colombia: Contribución al PIB de nuevas líneas de WISP

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Aumento en la penetración de banda ancha	0.24%	0.40%	0.51%	0.58%	0.62%	0.67%	0.70%	0.72%	0.73%	0.74%
(2) Impacto de la banda ancha fija en el PIB	15.75%	15.75%	15.75%	15.75%	15.75%	15.75%	15.75%	15.75%	15.75%	15.75%
(3) Incremento en el PIB por el incremento de la banda ancha (%)	0.070%	0.116%	0.144%	0.161%	0.172%	0.181%	0.188%	0.190%	0.192%	0.193%
(4) Impacto en el PIB (US\$ millones)	\$218	\$375	\$485	\$564	\$623	\$680	\$735	\$768	\$803	\$839

Fuente: análisis Telecom Advisory

En resumen, el impacto total acumulado en el PIB como resultado de la mayor penetración de los WISP entre el 2021 y el 2030 en Colombia es de US\$ 6.09 mil millones.

4.4. Ingresos adicionales de los WISP Colombianos

Otra fuente de incremento al PIB colombiano se produce debido a los ingresos adicionales de los WISP como resultado de las nuevas líneas desplegadas por el acceso al espectro de 6 GHz. En particular, estos ingresos adicionales surgen de multiplicar el incremento en el número de suscriptores (Cuadro 4-3) por el ingreso anual promedio por abonado de los WISP que se asume, de manera conservadora, que continua estable en US\$ 70 (ver Cuadro 4-5).

⁵³ Katz, R. and Callorda, F. (2018). *The economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation: Econometric modelling for the Americas*. Geneva: International Telecommunication Union, p. 10

Cuadro 4-5. Colombia: Contribución al PIB de nuevas líneas de WISP

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Total nuevos suscriptores	32,953	56,318	72,187	83,132	90,884	98,043	104,580	107,856	110,969	114,000
(2) Ingreso anual promedio de los WISP	\$70	\$70	\$70	\$70	\$70	\$70	\$70	\$70	\$70	\$70
(3) Ingresos adicionales (US\$ millones)	\$2	\$4	\$5	\$6	\$6	\$7	\$7	\$8	\$8	\$8

Fuente: análisis Telecom Advisory.

En resumen, el impacto total acumulado en el PIB como resultado del aumento en el ingreso de los WISP entre el 2021 y el 2030 en Colombia es de US\$ 61 millones.

5. AUMENTO DE LA VELOCIDAD DE BANDA ANCHA COMO CONSECUENCIA DE LA DISMINUCIÓN DE LA CONGESTIÓN DE WI-FI

Como en el caso de los WISP, el aumento en la velocidad promedio resultante de la designación de espectro libre para la banda de 6 GHz genera valor para todos los hogares colombianos que tienen una conexión de banda ancha fija de alta velocidad y un enrutador Wi-Fi, resultando en una contribución al PIB y un aumento del excedente del consumidor.

5.1. Velocidad actual de banda ancha en Colombia y el peso de la congestión de Wi-Fi

El análisis de los datos publicados por el MINTIC en el Informe Trimestral de las TIC al segundo trimestre de 2020 reporta que un 2.62% de las conexiones de banda ancha presentan una velocidad de descarga en exceso a los 150 Mbps. Este valor presenta una tendencia creciente en el último año ya que al 2019, sólo un 2.09% del total de conexiones de banda ancha tenían una velocidad superior a los 150 Mbps. Este aumento en líneas de alta velocidad también es consistente con los planes ofertados por los proveedores de banda ancha fija del país (ver cuadro 5-1).

Cuadro 5-1. Colombia: Planes de banda ancha con velocidades de más de 150 Mbps

Operador	Características	Plan1	Plan 2	Plan 3
Movistar	Velocidad final	150	200	300
	Velocidad primeros 3 meses	200	300	300
	Precio (\$ colombianos)	\$ 90.990	\$ 146.990	\$ 193.990
Tigo	Velocidad final	300		
	Velocidad primeros 3 meses	300		
	Precio (\$ colombianos)	N/D		
Claro	Velocidad final	200	300	
	Velocidad primeros 3 meses	200	300	
	Precio (\$ colombianos)	\$196.900	\$259.900	
ETB	Velocidad final	200	300	
	Velocidad primeros 3 meses	200	300	
	Precio (\$ colombianos)	\$129.900	\$149.900	

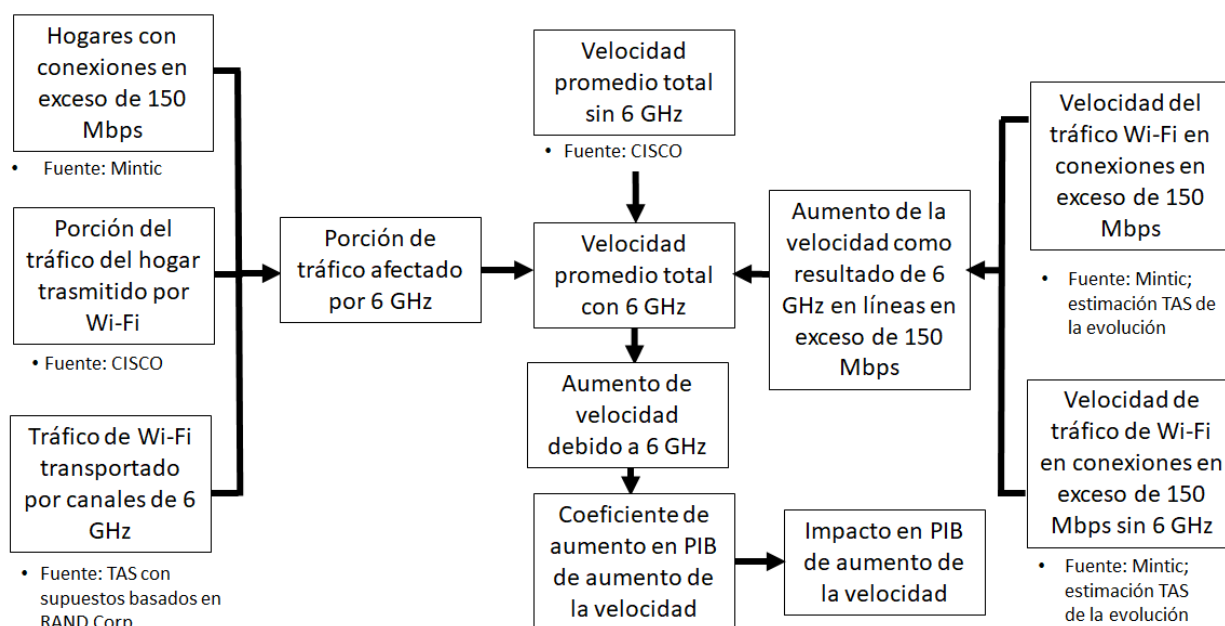
Fuente: Compilado por Telecom Advisory Services del sitio web de los operadores. Valores de referencia para Bogotá, estrato 3

Como se explica en el capítulo 3, si un hogar adquiere una línea de banda ancha fija de 150 Mbps o más, el enrutador se convierte en un cuello de botella y la velocidad experimentada a nivel del dispositivo del usuario será muy inferior a la que ofrece la red fija. Si bien, dada la revisión de estadísticas anteriores, la cantidad de líneas que experimentan un cuello de botella a nivel del enrutador en Colombia es baja, una proyección para los próximos cinco años indica que para 2025 esta aumentará a 683,625 líneas (o el 8.21% de 8,327,990 líneas totales). En otras palabras, dado el aumento en la velocidad de descarga de las líneas de banda ancha fija, si el rendimiento de Wi-Fi no se mejora abriendo espectro adicional, el enrutador residencial se convierte en un cuello de botella de la red y la velocidad experimentada por casi 10% de usuarios residenciales no será equivalente a la entregada por las redes fijas. Al designar el espectro de 6 GHz para uso libre, la velocidad aumentará con el consiguiente efecto económico positivo.

5.2. Contribución al PIB como resultado de la reducción de la congestión de Wi-Fi

El objetivo en este caso es estimar el impacto en el PIB de cambios futuros en la velocidad de banda ancha para aquellos hogares que experimentan un cuello de botella en el enrutador de Wi-Fi (nos referimos a hogares que adquieren un plan de banda ancha en exceso de 150 Mbps). Como se explicó en el capítulo 3, a pesar de que esta es la velocidad que llega al hogar, los usuarios dentro del mismo experimentan una degradación en el desempeño del servicio como consecuencia de la limitación en espectro utilizado por el enrutador. La figura 5-1 presenta la metodología seguida para desarrollar la estimación.

Figura 5-1. Metodología de estimación de impacto en el PIB como resultado de la eliminación de la congestión de Wi-Fi



Fuente: Telecom Advisory Services

El punto de partida es estimar el número de hogares en Colombia que poseen en la actualidad una conexión en exceso de 150 Mbps y que están experimentando una congestión en el enrutador de Wi-Fi que depende exclusivamente de espectro en las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz. Basado en el uso de ambas bandas, un enrutador bi-banda entrega una velocidad promedio de 266.50 Mbps, calculada a partir de una compartición similar entre tráfico en 2.4 GHz (a 173 Mbps) y 5 GHz (a 360 Mbps).⁵⁴ La designación de espectro libre para la banda de 6 GHz aumenta la capacidad promedio del enrutador, reduciendo la congestión, con lo cual se incrementa la velocidad de banda ancha registrada en el dispositivo del usuario.⁵⁵

⁵⁴Ver estudio de Carew et al (2018), table 5.2, p. 22, Scenario 1.

⁵⁵ Una aclaración importante por hacer es que, si bien este análisis es hecho para la capacidad total de un enrutador, la variable fundamental a monitorear es el desempeño de la velocidad recibida por el usuario único, la cual es inferior a 468 Mbps. A partir del uso de múltiples bandas y senderos espaciales (*spatial streams*), los enrutadores en la actualidad tienen una capacidad de entrega de velocidades en exceso de la velocidad que

Este cálculo asume que 10% del tráfico será enrutado por canales de la banda de 6 GHz en 2022, alcanzando a 75% en 2030.

Por otra parte, corresponde restar al tráfico que transita por estas conexiones la porción del mismo que es transmitido por cableado de ethernet. De esta manera, el porcentaje transmitido por Wi-Fi es de 77% en el 2021 y 89% en el 2030. Finalmente, se asume que en 2022, 10% del tráfico de Wi-Fi transita por la banda de 6 GHz, alcanzando 75% en el 2030 (ver cuadro 5-1).

Cuadro 5-1. Colombia: Estimación de conexiones de banda ancha fija afectadas por la decisión de 6 GHz (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Hogares que tienen conexiones en exceso de 150 Mbps (%)	3.29%	4.14%	5.20%	6.53%	8.21%	10.32%	12.96%	16.29%	20.47%	25.72%
(2) Porción del tráfico del hogar que va en las redes de Wi Fi (%)	76.66%	76.66%	80.15%	81.74%	83.23%	84.62%	85.91%	87.12%	88.23%	89.26%
(3) Tráfico transportado por el canal de 6 GHz (%)	0.00%	10.00%	20.00%	30.00%	40.00%	50.00%	60.00%	65.00%	70.00%	0.00%
(4) Porción del tráfico afectado por la banda de 6 GHz (%)	0.00%	0.32%	0.83%	1.60%	2.73%	4.36%	6.68%	9.22%	12.64%	0.00%

Fuentes: MINTIC; Cisco Virtual Networking Index. Análisis Telecom Advisory Services

La designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado tendrá un impacto en la velocidad de Wi-Fi, alcanzando a 350 en el 2021 y 650 Mbps en el 2030 (ver cuadro 5-2).

Cuadro 5-2. Colombia: Estimación de conexiones de banda ancha fija afectada por la decisión de 6 GHz decisión (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(5) Velocidad de tráfico Wi-Fi en conexiones de más de 150 Mbps (sin 6 GHz) (Mbps)	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
(6) Velocidad de tráfico Wi-Fi en conexiones de más de 150 Mbps (con 6 GHz) (Mbps)	350	400	450	500	550	570	590	610	630	650
(7) Aumento de velocidad debido a 6 GHz (Mbps)	200	250	300	350	400	420	440	460	480	500

Fuente: análisis Telecom Advisory Services

Habiendo eliminado el cuello de botella, la proyección de la velocidad media de banda ancha fija en el hogar para el país crece sin obstáculos. Esto resulta en un aumento del 2.53% en el 2022, alcanzando a 53.69% en el 2030.

entregan a cada dispositivo. Por ejemplo, un enrutador de alta gama 802.11ax puede, teóricamente, entregar velocidades de hasta 4.8 Gbps. Al incorporar 1,200 MHz en la banda de 6 GHz se aumenta la velocidad entregada a cada dispositivo; la misma puede ser más alta que la capacidad total del enrutador.

Cuadro 5-3. Colombia: Aumento de velocidad de banda ancha resultado de la designación de 6 GHz para uso no licenciado (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(8) Velocidad promedio sin 6 GHz (Mbps)	37.11	44.61	53.02	62.85	74.09	86.90	101.46	117.96	136.66	157.84
(9) Velocidad promedio con 6 GHz (Mbps)	37.11	45.74	56.33	69.85	87.10	107.99	134.10	163.34	199.02	242.57
(10) Aumento de velocidad	0.00%	2.53%	6.24%	11.14%	17.55%	24.26%	32.17%	38.47%	45.63%	53.69%

Fuente: análisis Telecom Advisory Services

Este aumento es usado para calcular el impacto en el PIB. El coeficiente de impacto económico del aumento de velocidad ha sido calculado mediante un modelo econométrico basado en series históricas para 49 países con velocidades promedio superiores a 40 Mbps entre 2008 y 2019.⁵⁶ Los datos incluyen 575 observaciones para datos trimestrales de:

- Velocidad promedio de banda ancha fija⁵⁷(fuente: Speedtest Global Index)
- Producto Interno Bruto (en precios corrientes US\$) (fuente: IMF)⁵⁸
- Población (fuente: Fondo Monetario Internacional)
- Adopción de banda ancha fija (fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones)
- Controles por país y trimestres

El modelo incluye:

- Un control por el trimestre de PIB anterior, para aislar efectos inerciales de crecimiento económico
- Velocidad de descarga rezagada por cuatro trimestres (1 año) para evitar efecto de causalidad revertida
- Cambios en tasa de empleo para controlar el efecto en el PIB de la evolución del mercado laboral
- Tasa de inversión del país (% del PIB) rezagado de cuatro trimestres (1 año) para controlar por efecto de inversión en el PIB
- Tasa de penetración de banda ancha fija para separar el efecto de adopción de banda ancha del efecto de velocidad

$$\ln GDP_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{it-1} + \beta_2 \ln Download Speed_{it-4} + \beta_3 \ln Employment_{it} + \beta_4 \ln Investment Rate_{it} + \beta_5 \ln Fixed Broadband Adoption_{it} + \delta Country_i + \theta Time_t + \mu_{it}$$

Consideramos que la inclusión de la tasa de inversión como porcentaje del PIB rezagada por cuatro trimestres y la penetración de banda ancha, así como la especificación del modelo

⁵⁶ De los 176 países de los cuales Speedtest publica datos de velocidad de banda ancha, se pueden usar tan solo series de tiempo para 159. De estos, se corre un modelo solamente para los países que presentan una velocidad promedio de 40 Mbps en cualquier punto de la serie.

⁵⁷ El panel de datos de Speedtest Global Index cubre 159 países.

⁵⁸ El modelo usa PIB a precios corrientes en US\$ porque el propósito es medir el impacto del PIB en US\$, sin considerar el efecto de normalización de la paridad de compra.

corrido sobre un panel global ayuda a corregir cualquier sesgo ocasionado por una variable omitida. Por ejemplo, la inclusión de la adopción de banda ancha fija, la cual es correlacionada con la velocidad de banda ancha, permite capturar una porción del impacto en el PIB que podría ser incorrectamente atribuido a la velocidad. De acuerdo con estos conceptos, el modelo permite determinar que cada aumento del 100% de la velocidad de banda ancha fija genera un 0.73% de crecimiento en el PIB (ver Cuadro 5-4).

Cuadro 5-4. Colombia: Impacto de la velocidad de descarga de banda ancha fija en PIB

Impacto en el PIB	Velocidad de descarga para conexiones de más de 40 Mbps
Ln Velocidad de descarga $t-4$	0.00730 (0.00211) ***
Ln Empleo t	0.00458 (0.00165) ***
Ln Inversión $t-4$	-0.00085 (0.00481)
Control por adopción de banda ancha fija	0.00284 (0.00414)
Control por crecimiento del PIB en periodo previo	0.99454 *** (0.00168)
Efectos fijos por país	Yes
Efectos fijos por trimestre	Yes
Número de países	49
Observaciones	575
R-Cuadrado	0.9438

***, **, * Significancia al 1%, 5% y 10% valor crítico respectivamente.

Fuente: análisis Telecom Advisory Services

Al aplicar el coeficiente de impacto en el PIB de 0.73% por cada aumento del 100% de la velocidad, se estima el impacto económico resultante del aumento de velocidad en la residencia de consumidores como resultado de la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado⁵⁹.

Cuadro 5-5. Colombia: Estimación del impacto económico resultado de la reducción de la congestión de Wi-Fi (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(11) Impacto de la velocidad en el PIB	0.26%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%
(12) Impacto en el PIB (%)	0.00%	0.02%	0.05%	0.08%	0.13%	0.18%	0.23%	0.28%	0.33%	0.39%
(13) PIB Colombia (mil millones US\$)	\$313	\$324	\$337	\$349	\$362	\$376	\$390	\$404	\$419	\$435
(14) Impacto (mil millones US\$)	\$0	\$60	\$153	\$284	\$464	\$665	\$915	\$1,135	\$1,396	\$1,703

Fuentes: MINTIC; Cisco Virtual Networking Index; análisis Telecom Advisory Services

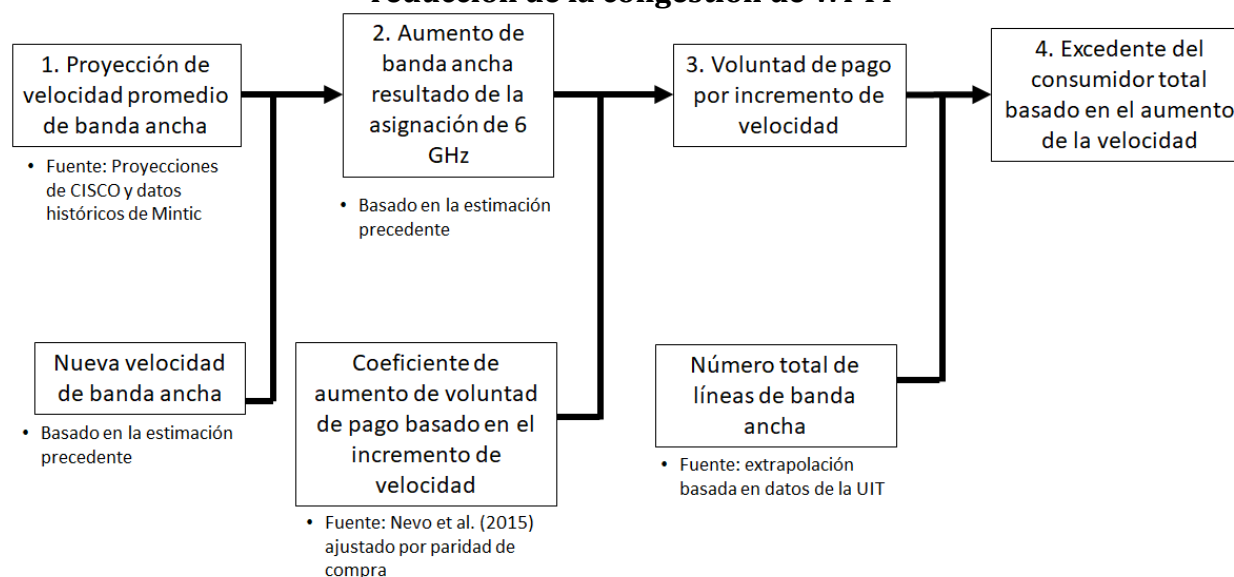
⁵⁹ Es importante señalar que, si bien el coeficiente de adopción de banda ancha fija no es estadísticamente significativo, esto se debe a que los países incluidos en la muestra tienen una penetración de banda ancha fija extremadamente alta; para estos países, el impacto económico principal no está en la adopción (por ejemplo, los que adoptan tarde tendrán menor impacto) sino en la velocidad.

De acuerdo con el cálculo en el cuadro 5-5, la contribución acumulada al PIB entre el 2021 y 2030 como resultado de la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado alcanzará US\$ 6.78 mil millones.

5.3. Contribución al excedente del consumidor como resultado de la reducción de la congestión de Wi-Fi

Como se demostró en la sección precedente, la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado tendrá un efecto positivo neto en términos de la capacidad de enrutadores de Wi-Fi y, consecuentemente, en la velocidad promedio de banda ancha. Para reiterar, el excedente del consumidor a estimar en este caso no es parte de la contribución al PIB pero puede ser considerado como parte del valor económico. El objetivo en este caso es estimar el aumento en la voluntad de pago de consumidores como consecuencia del aceleramiento de la velocidad promedio de banda ancha. El abordaje metodológico depende de la misma estimación presentada arriba en términos del aumento de velocidad de Wi-Fi pero la considera como resultado del aumento de velocidad de banda ancha inalámbrica y el consiguiente impacto en la voluntad de pago (ver Figura 5-2).

Figura 5-2. Metodología para estimar el excedente del consumidor resultado de la reducción de la congestión de Wi-Fi



Fuente: Telecom Advisory Services

Como fuera calculado en el caso del impacto en el PIB, la velocidad promedio esperada en 2030 como resultado de la designación de la banda de 6 GHz para uso libre alcanzará 242.57 Mbps (cuadro 5-3). El paso siguiente es estimar la voluntad de pago de consumidores por la velocidad adicional generada por la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado. Considerando la falta de datos sobre voluntad de pago por velocidad de banda ancha para Colombia, el siguiente análisis utiliza información generada en el estudio de Nevo et al.

(2016) para Estados Unidos.⁶⁰ Este estudio presenta evidencia empírica de la voluntad de pago de usuarios de banda ancha en bandas de aumento de 1 Mbps desde cercanas a cero hasta US\$ 5.00. Las bandas están determinadas por la heterogeneidad en voluntad de pago, aunque el valor promedio es de US\$ 2.02, y la mediana US\$ 2.48. Adicionalmente, el estudio indica que altas velocidades de banda ancha generan un excedente. Sin embargo, debido a una disminución en el valor marginal de velocidad, cuando se alcanzan velocidades de más de 10 veces aquellas ofrecidas en un plan típico de banda ancha, el excedente crece tan solo 1.5 veces.⁶¹ Los datos presentados en el estudio de Nevo et al. (2016) permiten generar una curva logarítmica que detalla la relación entre voluntad de pago y velocidad de banda ancha (ver Gráfico 3-2 en el capítulo 3).

De acuerdo con los datos de dicho gráfico, un aumento de la velocidad de 92.50 Mbps a 977.90 Mbps (diez veces) aumenta la voluntad de pago de US\$149.90 a US\$212.90 (casi 1.5 veces). El coeficiente calculado en la ecuación del gráfico 3-2 es usada para estimar el valor económico a ser estimado por la mayor velocidad de banda resultante de la designación de la banda de 6 GHz para uso libre. Para ello, la diferencia entre la velocidad de banda ancha promedio resultante de la designación de la banda de 6 GHz y la actual (en términos de su incremento anual – valor contra fáctico) es multiplicada por el coeficiente de la curva logarítmica presentado en el gráfico 3-2. Adicionalmente, la curva es ajustada mediante la tasa de paridad de poder de compra de Colombia, para considerar la diferencia de precios entre Estados Unidos y Colombia. Por otro lado, se proyecta un incremento en los hogares conectados a banda ancha fija en Colombia, considerando la tasa de crecimiento de conexiones en exceso de 150 Mbps reportada por el MINTIC. De acuerdo con estos dos supuestos, se estima que el excedente del consumidor será de US\$ 24 millones en el 2022 (ver resultados y cálculos en el cuadro 5-6).

Cuadro 5-6. Colombia: Excedente del consumidor resultado de la designación de espectro de 6 GHz para uso no licenciado (2022)

	Data	Fuente
(1) Velocidad de descarga promedio de banda ancha fija (en dispositivo)	44.61	Análisis de retorno a la velocidad
(3) Nueva velocidad de descarga promedio de banda ancha fija	45.74	Análisis de retorno a la velocidad
(4) VDP de velocidad promedio de banda ancha	US\$ 53.31	Ecuación en grafico 3-2
(5) Nueva VDP para velocidad de banda ancha promedio	US\$ 53.59	Ecuación en grafico 3-2
(6) Excedente del consumidor mensual adicional	US\$ 0.28	(4 – 3)
(7) Excedente del consumidor adicional anual	US\$ 3.36	(5) * 12
(8) Hogares con banda ancha fija y Wi-Fi (Millones)	7.28	Estimación con datos históricos del MINTIC
(9) Impacto (US\$ Millones)	\$ 24	(7) *(8)

Fuente: análisis Telecom Advisory Services

⁶⁰ Nevo, A., Turner, J., and Williams, J. (Mar. 2016). "Usage-based pricing and demand for residential broadband", *Econometrica*, vol. 84, No.2, p. 441-443.

⁶¹ Este resultado es consistente con la evidencia proporcionada en Liu et al. (2017), quienes encontraron que la forma de valoración de los hogares de la velocidad de banda ancha es cóncava. "Los hogares están dispuestos a pagar alrededor de \$ 2.34 por Mbps (\$14 total) mensualmente para aumentar el ancho de banda de 4 Mbps a 10 Mbps, \$ 1.57 por Mbps (\$ 24) para aumentar de 10 a 25 Mbps, y solo \$ 0.02 por Mbps (\$ 19) para aumentar de 100 Mbps a 1000 Mbps".

Como en el caso de retorno a la velocidad analizado arriba, el excedente del consumidor anual por velocidad de Wi-Fi más rápida estará determinado por las mismas tendencias después del 2023. Estas tendencias conllevarán una contribución anual resultante de la designación de la banda de 6 GHz para uso libre (ver cuadro 5-7)

Cuadro 5-7. Colombia: Excedente del consumidor resultado de la designación de espectro de 6 GHz para uso no licenciado (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Velocidad de descarga promedio (Mbps)	37.11	44.61	53.02	62.85	74.09	86.90	101.46	117.96	136.66	157.84
(2) Velocidad de descarga promedio con 6 GHz (Mbps)	37.11	45.74	56.33	69.85	87.10	107.99	134.10	163.34	199.02	242.57
(3) VDP mensual para velocidad de descarga promedio	51.36	53.31	55.16	56.99	58.83	60.62	62.35	64.04	65.69	67.30
(4) VDP mensual para velocidad de descarga promedio con 6 GHz	51.36	53.59	55.84	58.17	60.64	63.05	65.48	67.68	69.90	72.11
(5) Excedente del consumidor mensual con 6 GHz	0.00	0.28	0.68	1.18	1.81	2.43	3.12	3.64	4.21	4.81
(6) Excedente del consumidor anual con 6 GHz	0.00	3.36	8.14	14.19	21.73	29.18	37.47	43.72	50.50	57.73
(7) Conexiones de banda ancha fija (millones)	6.695	7.281	7.885	8.115	8.328	8.535	8.736	8.930	9.119	9.301
(8) Impacto (US\$ millones)	\$0	\$24	\$64	\$115	\$181	\$249	\$327	\$390	\$460	\$537

Fuentes: Cisco; Nevo et al. (2016); análisis Telecom Advisory Services

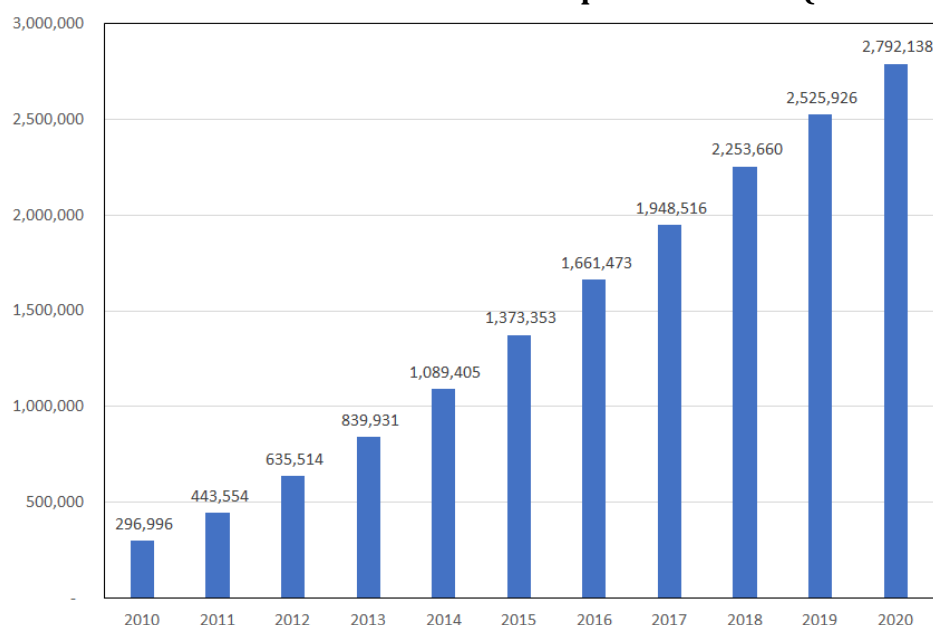
El aumento de excedente anual del consumidor promedio por hogar evoluciona de US\$ 3.36 en el 2022 a US\$ 57.73 en 2030 (los hogares con cuello de botella en el enrutador de Wi-Fi presentan un aumento más alto que los hogares sin limitación, que presentan US\$ 0); este es el valor multiplicado por el número total de conexiones en el hogar con Wi-Fi. El excedente del consumidor total asociado con la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado alcanzará un valor acumulado entre el 2021 y el 2030 de US\$ 2.35 mil millones.

6. DESPLIEGUE ACELERADO DEL INTERNET DE LAS COSAS

6.1. La importancia del Internet de las Cosas en Colombia

Considerando, como fuera mencionado en el capítulo 3, que sistemas de IoT ya han sido desplegados en Colombia en los últimos años, el valor económico a ser estimado a partir de un aceleramiento del ritmo de desarrollo basado resultado de la designación adicional de espectro no licenciado requiere excluir de nuestra proyección el impacto económico de IoT basado en la tendencia natural de crecimiento registrada en el pasado. Esta última estimación es hecha a partir de la extrapolación de la tendencia histórica de la tasa de adopción de dispositivos M2M en Colombia (el único indicador disponible para medir la penetración de IoT), la cual ha alcanzado una penetración de 5.49% por 100 habitantes (estimada a partir de una base instalada de 2,792,138) en el 2020 (ver Gráfico 6-1).

Gráfico 6-1. Colombia: Base instalada de dispositivos M2M (2010-2020)



Fuente: GSMA Intelligence

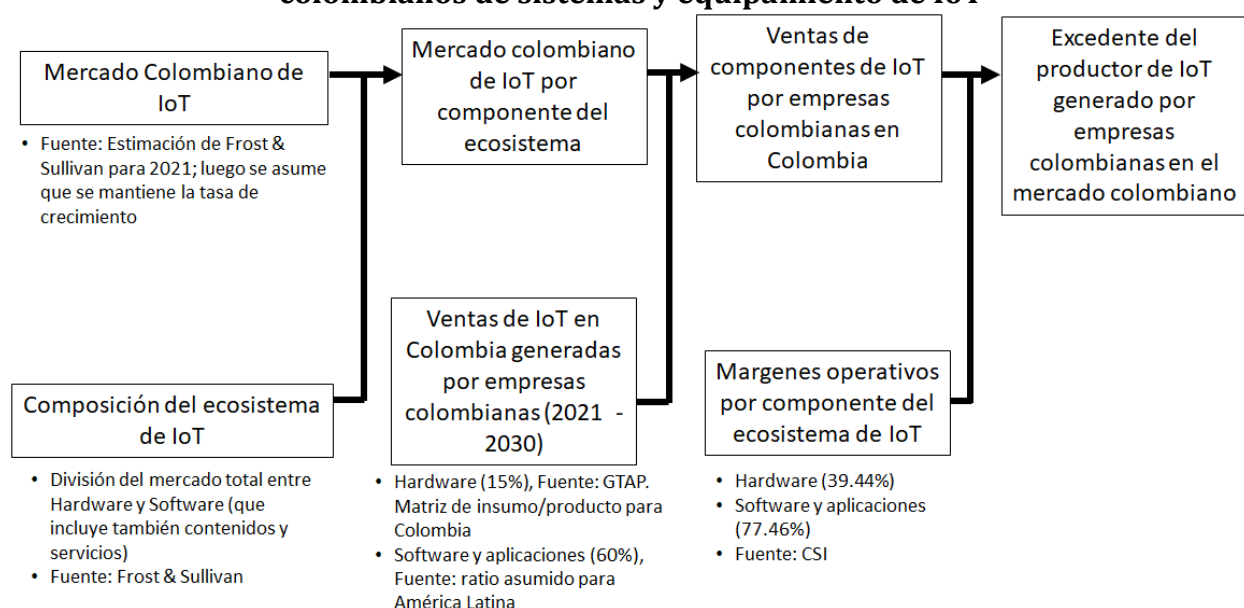
Reflejando el nivel de penetración de dispositivos, el mercado colombiano de IoT en el 2020 es estimado en US\$ 344 millones.⁶² Como se detalló en el capítulo 3, el aceleramiento en el despliegue de IoT al designar espectro en la banda de 6 GHz para uso no licenciado genera dos efectos económicos: (i) un incremento del excedente del productor (es decir márgenes) de empresas colombianas participantes del ecosistema de IoT, y (ii) el derrame de IoT en la eficiencia del sistema productivo colombiano.

6.2. El excedente del productor de las firmas del ecosistema de Internet de las Cosas

⁶² Frost & Sullivan (2018).

El objetivo en este caso es calcular el impacto que la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado podría tener en el aceleramiento de la tasa de despliegue de IoT en Colombia, con el consiguiente impacto en el excedente del productor (es decir márgenes operativos) para los proveedores colombianos de hardware, software y servicios de integración de sistemas de IoT (ver figura 6-1).

Figura 6-1. Metodología para estimar el excedente del productor para proveedores colombianos de sistemas y equipamiento de IoT



Fuente: Telecom Advisory Services

Para estimar el excedente del productor se comienza calculando el mercado colombiano de IoT, desagregándolo por componentes del ecosistema. El punto de partida es la estimación de Frost & Sullivan para el 2021, sobre la cual se asume una tasa de crecimiento hasta el 2030. El mercado total es desagregado en términos de los componentes del ecosistema a partir de las estimaciones también provistas por Frost & Sullivan para el mercado colombiano (ver cuadro 6-1).

Cuadro 6-1. Colombia: Mercado de Internet de las cosas (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Mercado IoT en Colombia	\$0.42	\$0.52	\$0.64	\$0.79	\$0.98	\$1.21	\$1.49	\$1.83	\$2.26	\$2.78
(2) Mercado hardware IoT en Colombia	\$0.19	\$0.23	\$0.28	\$0.35	\$0.43	\$0.53	\$0.65	\$0.81	\$0.99	\$1.22
(3) Mercado software y servicios en Colombia	\$0.23	\$0.29	\$0.36	\$0.44	\$0.55	\$0.68	\$0.83	\$1.03	\$1.26	\$1.56

Fuentes: Frost & Sullivan (2018); análisis Telecom Advisory Services

Sobre esta base, se estima la porción del mercado servido por empresas colombianas. La cuota del segmento de hardware es calculada a partir de la proporción de manufactura local del sector de equipamiento electrónico presentada en la matriz de insumo/producto para Colombia, la que es generada con datos del *General Trade Accounting Project* (GTAP). La

cuota del segmento de software e integración de sistemas es asumida con un valor del 60% en base a la experiencia de la región (ver cuadro 6-2).

Cuadro 6-2. Colombia: Mercado de Internet de las Cosas por componentes del ecosistema (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Hardware	15.1%	15.1%	15.1%	15.1%	15.1%	15.1%	15.1%	15.1%	15.1%	15.1%
Software e integración de sistemas	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%	60.0%

Fuentes: GTAP (2020); análisis Telecom Advisory Services

Basándonos en los márgenes operativos estimados a nivel internacional para cada proveedor de componente (calculados por CSI Markets, 2020), se estima el excedente del productor para empresas colombianas de IoT (ver cuadro 6-3).

Cuadro 6-3. Colombia: Excedente del productor para empresas colombianas de IoT (en mil millones US\$) (2020-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Hardware	\$0.01	\$0.01	\$0.02	\$0.02	\$0.03	\$0.03	\$0.04	\$0.05	\$0.06	\$0.07
Software e integración de sistemas	\$0.11	\$0.14	\$0.17	\$0.21	\$0.25	\$0.31	\$0.39	\$0.48	\$0.59	\$0.72
Total	\$0.12	\$0.15	\$0.18	\$0.23	\$0.28	\$0.35	\$0.43	\$0.52	\$0.65	\$0.80

Fuentes: CSI Markets (2020); análisis Telecom Advisory Services

Es así como el valor acumulado del excedente del productor generado por las ventas de empresas colombianas presentes en el mercado de IoT local alcanza US\$ 800 millones en 2030. Considerando que el mercado de IoT ya ha estado desarrollándose con anterioridad a la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado, se debe discriminar del valor total la porción que debe ser atribuida al crecimiento histórico del mercado (es decir, restar del valor total de la proyección la porción relacionada con el crecimiento histórico de IoT en Colombia). El punto inicial para considerar es si la banda de 6 GHz no es designada para uso no licenciado (caso contra fáctico), el mercado de IoT para Colombia, tal como se deduce de la proyección de dispositivos M2M de *GSMA Intelligence* comienza a declinar a partir del 2024. Por lo tanto, para estimar el estímulo de la banda de 6 GHz para que continúe creciendo el mercado se extrapola hacia el futuro la tasa de crecimiento decreciente de dispositivos que *GSMA Intelligence* proyecta entre el 2020 y el 2021. Esto determina que la porción del excedente del productor en el mercado de IoT asociado a la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado en Colombia será de US\$ 30 millones en el 2025, alcanzando \$454 millones (o sea más de la mitad de la totalidad del excedente) en el 2030 (ver cuadro 6-4).

Cuadro 6-4. Colombia: Excedente del productor para empresas colombianas de IoT (en mil millones US\$) (2020-2030)

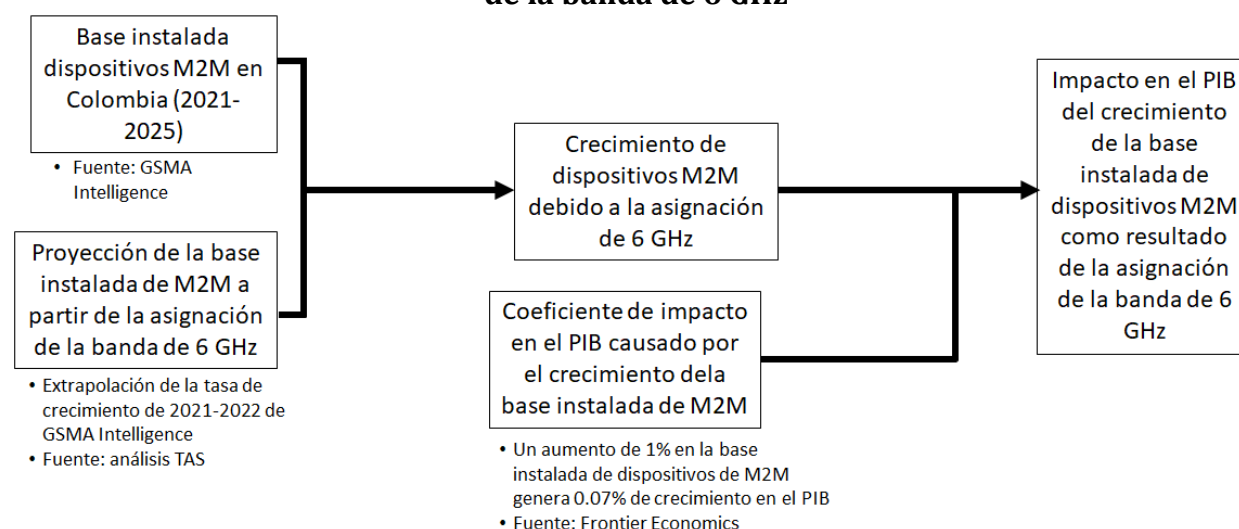
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Excedente total	\$0.12	\$0.15	\$0.18	\$0.23	\$0.28	\$0.35	\$0.43	\$0.52	\$0.65	\$0.80
No atribuible a la banda de 6 GHz	\$0.12	\$0.15	\$0.18	\$0.22	\$0.25	\$0.28	\$0.30	\$0.32	\$0.33	\$0.34
Atribuible a la banda de 6 GHz	\$0.00	\$0.00	\$0.01	\$0.01	\$0.03	\$0.07	\$0.12	\$0.20	\$0.31	\$0.45

Fuentes: CSI Markets (2020); análisis Telecom Advisory Services

6.3. Derrame económico del Internet de las Cosas como resultado de la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado en Colombia

Como se explica en el capítulo 3, el IoT contribuye al crecimiento del PIB a partir de la adopción de múltiples casos de uso que mejoran la eficiencia en procesos como mantenimiento preventivo y monitoreo de la producción. Para estimar el impacto en el PIB de IoT usamos el coeficiente de impacto desarrollado en base a una simple función de producción que estima que un aumento del 10% en conexiones de M2M conlleva un aumento anual del PIB de entre 0.3% y 0.9% dependiendo del nivel de adopción de una economía.⁶³ Al mismo tiempo, considerando que el IoT ha estado desarrollándose en Colombia con anterioridad a la posible designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado, es necesario restar a su impacto agregado en el PIB, la porción atribuible al crecimiento histórico (ver figura 6-2).

Figura 6-2. Metodología para estimar el derrame económico de IoT bajo el estímulo de la banda de 6 GHz



Fuente: Telecom Advisory Services

Como en el caso anterior, el punto de partida para la estimación es la proyección del número de dispositivos M2M en Colombia de *GSMA Intelligence*, la que se extiende hasta el 2025. Nuevamente, como se detalla en la sección anterior, se asume que de acuerdo con el efecto de estímulo de la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado, la base instalada de dispositivos M2M continuará creciendo hasta el 2030, aunque a una tasa decreciente basada en la extrapolación de la tasa entre el 2021 y 2022. Esto permite calcular el número de terminales M2M cuyo despliegue puede ser directamente atribuible a la designación de la banda de 6 GHz. A este valor se le aplica el coeficiente de impacto en el PIB (asumiéndose un punto intermedio de impacto del 7%), con lo cual se estima el efecto de derrame en la economía colombiana (ver cuadro 6-5)

⁶³ Ver Frontier Economics (2018). *The economic impact of IoT: putting numbers on a revolutionary technology*.

Cuadro 6-5. Colombia: Derrame de IoT atribuible a la designación de la banda 6 GHz para uso no licenciado (en US\$ mil millones) (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Terminales M2M (Millones)	3.065	3.326	3.553	3.728	3.911	4.103	4.304	4.515	4.737	4.969
(2) Crecimiento sin efecto de 6 GHz (%)	9.19%	8.02%	6.45%	4.63%	3.32%	2.38%	1.71%	1.22%	0.88%	0.63%
(3) Crecimiento con efecto de 6 GHz (%)	9.79%	8.51%	6.84%	4.91%	4.91%	4.91%	4.91%	4.91%	4.91%	4.91%
(4) Coeficiente de impacto de 1% del crecimiento de M2M en el PIB	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
(5) Impacto en el PIB (%)	0.02%	0.03%	0.03%	0.02%	0.11%	0.18%	0.22%	0.26%	0.28%	0.30%
(6) Colombia PIB mil millones US\$	\$313	\$324	\$337	\$349	\$362	\$376	\$390	\$404	\$419	\$435
(7) Impacto en el PIB (mil millones US\$)	\$0.07	\$0.11	\$0.09	\$0.07	\$0.40	\$0.67	\$0.87	\$1.04	\$1.18	\$1.30

Fuentes: GSMA Intelligence; Frontier Economics; análisis Telecom Advisory Services

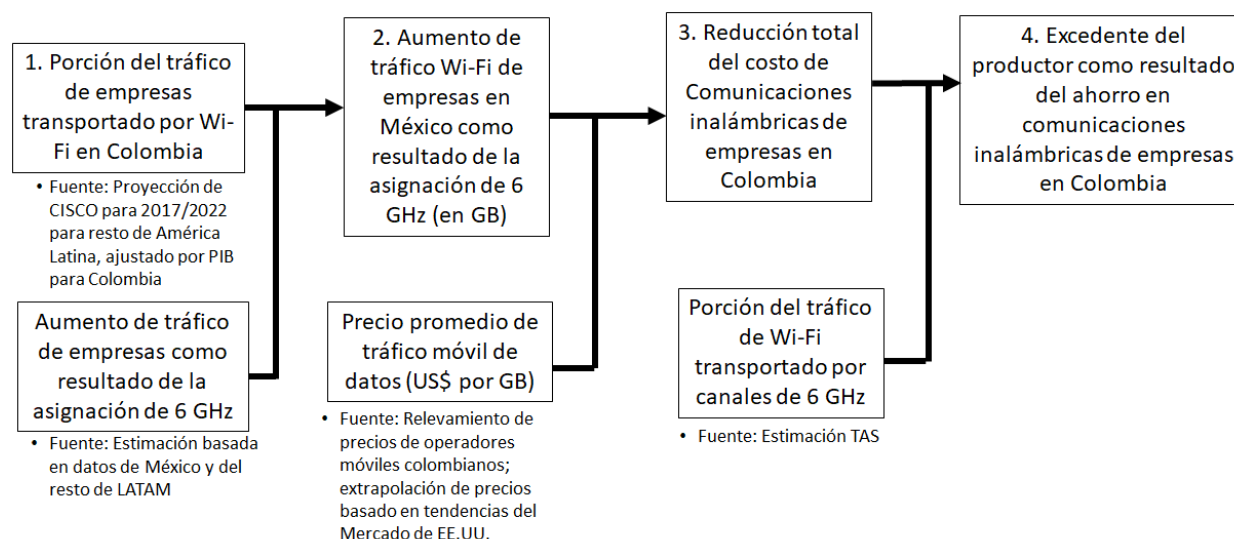
De acuerdo con la sumatoria de la línea 7, el impacto acumulado del estímulo económico del despliegue de dispositivos M2M como resultado de la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado, la contribución al PIB como fruto del derrame suma US\$ 5.80 mil millones.

7. REDUCCIÓN DE COSTOS DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS DE EMPRESAS

Como se detalló en el capítulo 3, el despliegue de aplicaciones en empresas basadas en IoT y AR/VR (analizados en el capítulo siguiente) entre otras genera un crecimiento exponencial en el tráfico de datos que van a estar procesados por dispositivos operando en espectro no licenciado, operando en las bandas de 2.4 GHz, 5 GHz y 6 GHz. En condiciones normales, las redes Wi-Fi de empresas operan canales de entre 20 y 40 MHz debido a limitaciones en la designación de espectro no licenciado y restricciones en dispositivos. En realidad, Wi-Fi requiere como mínimo canales de 80 MHz para entregar capacidades de 1 GB, lo que da un indicio de las limitaciones de espectro bajo las condiciones actuales. Es por ello que la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado es fundamental para ser usada por empresas. El impacto en el PIB de esta medida ya ha sido analizado en el capítulo 6 para IoT y será analizado en el capítulo 8 para AR/VR.

Adicionalmente, la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado conlleva otro efecto económico en la medida de que permite a empresas reducir su gasto en comunicaciones inalámbricas y consecuentemente mejorar sus márgenes. La metodología usada para medir este beneficio al excedente de productores se basa en calcular el caso contra fáctico, estimando el costo a ser afrontado por empresas si estas debiesen pagar por comunicaciones celulares para transportar el tráfico que puede ser canalizado por el espectro de 6 GHz. Para ello, se calcula el costo de comunicaciones celulares promediando el “precio por GB” de los programas más económicos (para el servicio equivalente a velocidades de 4G) ofrecidos por operadores en Colombia (ver figura 7-1).

Figura 7-1. Metodología para estimar el ahorro en costos de comunicación inalámbrica de empresas



Fuente: Telecom Advisory Services

Para el 2021⁶⁴, el *Visual Networking Index* de Cisco proyecta que el tráfico total para empresas en Colombia⁶⁵ alcanzará 2.95 mil millones de GB, de los cuales 53% será transmitidos por redes Wi-Fi. Ante la falta de una proyección actualizada para Colombia con base en la banda de 6 GHz, se considera la brecha que estima Cisco para México contabilizando la explosión de aplicaciones de IoT y AR/VR, donde reestimó el tráfico de empresas a partir de un aumento en el tráfico por Wi-Fi de 7 puntos porcentuales⁶⁶ (ver cuadro 7-1).

**Cuadro 7-1. Colombia: Tráfico Inalámbrico de Empresas ('000'000)
(2021-2030)**

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Tráfico total de Internet (Gb) (2016-21)	2,953	3,537	4,236	5,074	6,077	7,278	8,716	10,439	12,503	14,974
(2) Porción del tráfico de Internet transmitido por Wi-Fi (2016-21)	53.00%	51.53%	50.10%	48.71%	47.36%	46.05%	44.77%	43.53%	42.32%	41.15%
(3) Tráfico total de Wi-Fi (2016-21)	1,565	1,823	2,122	2,472	2,878	3,351	3,903	4,544	5,292	6,162
(4) Tráfico total de Internet (Gb) (2016-21)	2,953	3,537	4,236	5,074	6,077	7,278	8,716	10,439	12,503	14,974
(5) Porción del tráfico de Internet transmitido por Wi-Fi (reestimado con Wi-Fi 6)	60.00%	58.53%	57.10%	55.71%	54.36%	53.05%	51.77%	50.53%	49.32%	48.15%
(6) Tráfico total de Wi-Fi (reestimado con Wi-Fi 6)	1,772	2,070	2,419	2,827	3,303	3,861	4,513	5,275	6,167	7,210

Fuente: Cisco Visual Networking Index (2017), (2019)

Cada proyección es convertida a valores en dólares estadounidenses basados en el precio promedio por GB calculado en base a los planes más económicos relevados en el mercado colombiano⁶⁷ (ver cuadro 7-2).

**Cuadro 7-2. Colombia: Costo del tráfico inalámbrico de empresas (2021-2030)
(en US\$ '000'000)**

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Precio promedio por GB	\$2.07	\$1.87	\$1.68	\$1.51	\$1.36	\$1.23	\$1.10	\$0.99	\$0.90	\$0.81
(2) Valor del tráfico (2016-21)	\$ 3,247	\$ 3,404	\$ 3,569	\$ 3,741	\$ 3,922	\$ 4,112	\$ 4,311	\$ 4,520	\$ 4,739	\$ 4,968
(3) Valor del tráfico (reestimado con Wi-Fi 6)	\$ 3,675	\$ 3,866	\$ 4,067	\$ 4,279	\$ 4,502	\$ 4,737	\$ 4,985	\$ 5,247	\$ 5,522	\$ 5,813
(4) Impacto económico	\$ 429	\$ 462	\$ 499	\$ 538	\$ 580	\$ 625	\$ 674	\$ 727	\$ 784	\$ 845

Fuentes: Operadores de banda ancha móvil de Colombia; análisis Telecom Advisory Services

Se asume que parte del crecimiento del impacto económico presentado en el cuadro 7-2 es ocasionado por el crecimiento “natural” (lo que significa una extrapolación de la tasa de crecimiento histórico del valor económico asociado al crecimiento de tráfico de Wi-Fi)

⁶⁴ Proyección del año 2016.

⁶⁵ Ante la falta de datos particulares para Colombia por parte de CISCO VNI, la información de Colombia se estima en base a los datos de “Resto de América Latina”, prorrateado por el PIB de Colombia.

⁶⁶ La proyección actualizada de Cisco incluye entre sus supuestos el despliegue de Wi-Fi 6.

⁶⁷ Para el análisis se consideró el plan Movistar 8 GB con un precio por GB de US\$ 2.01; el plan Internet Móvil M Pro de Claro con un precio por GB de US\$ 2.27 y el plan 2GB de Tigo con un precio por GB de US\$ 2.60A estos precios se le aplicó un coeficiente de decrecimiento anual de 0.8994. Los precios considerados son conservadores, ya que los publicados por *Alliance for Affordable Internet* en su reporte del 2019 para Colombia, indican un precio por GB de entre US\$ 5.68 a los US\$ 9.26.

mientras que el remanente está ocasionado por el aumento del tráfico de Wi-Fi estimulado por la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado (ver cuadro 7-3).

Cuadro 7-3. Colombia: Tráfico inalámbrico de empresas: Crecimiento generado por despliegue de Wi-Fi (2021-2030) (en US\$ '000'000)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(4) Impacto económico	\$ 429	\$ 462	\$ 499	\$ 538	\$ 580	\$ 625	\$ 674	\$ 727	\$ 784	\$ 845
(5) Nivel de desarrollo de la banda de 6 GHz	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	65%	70%	75%
(6) Impacto económico de 6 GHz	\$0	\$46	\$100	\$161	\$232	\$313	\$404	\$472	\$549	\$634

Fuente: análisis Telecom Advisory Services

La sumatoria del valor económico resultante del ahorro ocasionado por el uso de Wi-Fi en la banda de 6 GHz entre el 2021 y 2030 es de US\$2.91 mil millones.

8. DESPLIEGUE DE SOLUCIONES DE REALIDAD AUMENTADA Y REALIDAD VIRTUAL

La oferta de soluciones de AR/VR se está desarrollando rápidamente a partir de la introducción de múltiples aplicaciones en diferentes sectores (ver cuadro 8-1).

Cuadro 8-1. Ejemplos de aplicaciones de AR/VR

Sector	Actividad	Casos de Uso	Ejemplo
Salud	Diagnostico	La realidad aumentada tiene el potencial de ayudar a los pacientes antes de que se les diagnostique Alzheimer o demencia.	Altoida, es una empresa que desarrolla herramientas de realidad virtual y aumentada para predecir la aparición de enfermedades mentales en pacientes mayores, específicamente enfermedades neurodegenerativas ⁶⁸
	Procedimientos quirúrgicos	Plataformas que combinan tecnologías de visualización con una nueva clase de robots operativos para soportar intervenciones quirúrgicas remotas	Medivis, una empresa especializada en paquetes de realidad aumentada en el ámbito de la atención médica ofrece una herramienta de visualización holográfica de realidad aumentada que guía la navegación quirúrgica, lo que puede disminuir las complicaciones y mejorar los resultados del paciente, al tiempo que reduce los costos quirúrgicos ⁶⁹ .
	Capacitación en procedimientos de emergencia	Dado que las emergencias pediátricas son raras, los médicos tienen poca experiencia en capacitación para ayudar a los niños en emergencias y las simulaciones tradicionales basadas en maniqués son costosas.	La realidad virtual ayuda a los médicos del Children's Hospital Los Ángeles a estar mejor preparados para situaciones de la vida real al ayudar a los médicos a conocer sus brechas de conocimiento. El programa también se ha ampliado a otros 11 sitios, incluidos los sistemas de salud Johns Hopkins y la Universidad de Stanford ⁷⁰ .
Comercio minorista	Involucramiento de clientes	Brindar a los clientes cobertura Wi-Fi en todo el centro comercial, combinada con contenido de participación de los clientes como parte de las campañas de marketing ⁷¹ .	Los comerciantes minoristas están experimentando con el despliegue de plataformas de análisis basados en Wi-Fi implementados en instalaciones físicas.
Petróleo y gas	Mantenimiento	Las empresas petroleras han adoptado auriculares y gafas de realidad aumentada, que superponen imágenes digitales sobre lo que ve el usuario en la vida real para solucionar problemas en plataformas, refinerías y plantas. La tecnología transmite información en tiempo real a expertos ubicados en	Fieldbit, entre muchas empresas, está creando ⁷² tecnología que tiene como objetivo prevenir problemas técnicos y derrames de petróleo en la industria del petróleo y el gas. Esta tecnología emergente ya está siendo utilizada por Chevron, BP y Baker Hughes.

⁶⁸ Shieber, J. "Using augmented reality, Altoida is identifying the likely onset of neurodegenerative diseases", *Techcrunch*, May 30, 2019.

⁶⁹ Shieber, J. "Robotics, AR and VR are poised to reshape health-care, starting in the operating room". *Techcrunch*, February 21, 2019.

⁷⁰ Preparación para emergencias, antes que sucedan.

⁷¹ Véase el ejemplo de American Dream Megamall, uno de los centros comerciales más grandes de Estados Unidos, ubicado en Nueva Jersey

⁷² Margit, M. (2019). *How Augmented Reality is Transforming the Oil Industry*

Sector	Actividad	Casos de Uso	Ejemplo
		cualquier parte del mundo, quienes luego pueden responder con instrucciones y orientación a un técnico en el lugar.	
Minería	Capacitación para operaciones de emergencia	La realidad virtual crea situaciones imposibles de recrear en el mundo físico para capacitar al personal de rescate	Los rescatistas voluntarios navegan por simulaciones subterráneas de emergencia para capacitar a los voluntarios de rescate para perfeccionar sus habilidades de respuesta a emergencias en un entorno seguro pero realista ⁷³

Fuente: Compilación de Telecom Advisory Services

El mercado colombiano de AR/VR suma US\$ 40 millones en 2020, distribuido entre US\$ 9 millones en hardware (como anteojos inteligentes) y US\$ 31 millones en software, aplicaciones y contenidos (incluyendo integración de sistemas, plataformas, y licencias). Hacia el 2024, el mercado alcanzará US\$ 402 millones (US\$ 70 millones en hardware y US\$ 332 millones en software, aplicaciones y contenidos).⁷⁴ Las ventas de empresas colombianas que forman parte del ecosistema de AR/VR generan un excedente del productor (basado en los márgenes sobre las ventas), mientras que la adopción de estas tecnologías en el sistema productivo genera externalidades.

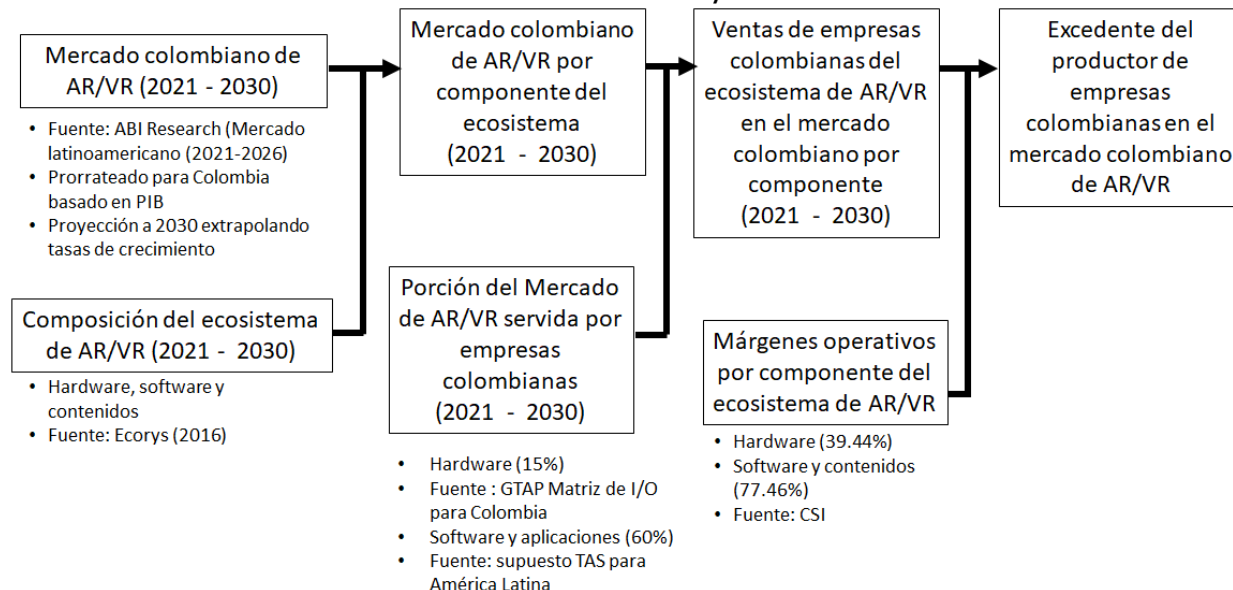
8.1. Excedente del productor generado por la venta de soluciones de Realidad Virtual y Realidad Aumentada

El desarrollo y difusión de aplicaciones de AR/VR es originado por un ecosistema compuesto por empresas de desarrollo de software, manufactura de equipamiento especializado y creación de contenido. El objetivo para el cálculo del excedente del productor se enfoca en la estimación del margen de ventas de las firmas colombianas involucradas en el desarrollo y venta de componentes para el uso de AR/VR (ver Figura 8-1).

⁷³ Los equipos de rescate minero descubrieron una nueva herramienta de entrenamiento

⁷⁴ Estas estimaciones están basadas en proyecciones de *ABI Research* para el mercado latinoamericano y prorrateadas para Colombia basadas en el PIB.

Figura 8-1. Metodología para estimar el excedente productor en Colombia en el mercado de AR/VR



Fuente: Telecom Advisory Services

El punto de partida en la estimación de valor económico es el mercado colombiano de aplicaciones y sistemas de AR/VR entre 2021 y 2030. En teoría, parte del valor económico a ser generado por empresas locales podría incluir las exportaciones a otros países, pero estas fueron excluidas para generar una estimación más conservadora. La proyección del mercado colombiano es calculada prorrateando el valor del mercado latinoamericano para Colombia basado en el PIB; una vez hecho esto, se distribuye el valor del mercado por componente del ecosistema (ver cuadro 8-2).

Cuadro 8-2. Colombia: Mercado de AR/VR por componente (2021-2030)
(en mil millones US\$)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Hardware	\$0.02	\$0.03	\$0.04	\$0.07	\$0.11	\$0.18	\$0.29	\$0.45	\$0.71	\$1.10
Software & Aplicaciones	\$0.08	\$0.13	\$0.22	\$0.33	\$0.48	\$0.65	\$0.82	\$0.99	\$1.16	\$1.32
TOTAL	\$0.09	\$0.16	\$0.26	\$0.40	\$0.59	\$0.83	\$1.11	\$1.45	\$1.87	\$2.42

Fuentes: ABI Research (2019); análisis Telecom Advisory Services

El mercado es desagregado, a su vez, en dos segmentos principales: hardware, por un lado, y aplicaciones, software y contenidos por el otro. Una vez estimado el mercado total, se calcula la cuota del mismo servida por empresas colombianas, con lo que se excluyen las ventas de proveedores extranjeros. De la misma manera que en el mercado de IoT, el cálculo de la cuota de empresas colombianas se basa para el caso de hardware en la estimación de la producción local de equipamiento electrónico de la matriz de insumo/producto para Colombia: 15.12% (basado en la matriz de insumo/producto). Con fines conservadores, se mantiene este valor en la proyección hacia el futuro. En el caso software y aplicaciones se asume que las firmas locales controlan el 60% del mercado (ver Cuadro 8-3).

Cuadro 8-3. Colombia: Ventas de AR/VR sales de firmas colombianas por componente (2021-2030) (en millones US\$)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Hardware	\$0.00	\$0.00	\$0.01	\$0.01	\$0.02	\$0.03	\$0.04	\$0.07	\$0.11	\$0.17
Software & Aplicaciones	\$0.05	\$0.08	\$0.13	\$0.20	\$0.29	\$0.39	\$0.49	\$0.59	\$0.70	\$0.79
TOTAL	\$0.05	\$0.08	\$0.14	\$0.21	\$0.30	\$0.42	\$0.53	\$0.66	\$0.80	\$0.96

Fuentes: ABI Research (2019; 2020); análisis Telecom Advisory Services

Una vez que las ventas de empresas colombianas al mercado local son estimadas, el excedente del productor es calculado a partir de márgenes estándar determinados a nivel internacional: 39.44% para hardware, y 77.46% para software, servicios y contenido (ver cuadro 8-4).

Cuadro 8-4. Colombia: Excedente del productor derivado de las ventas de componentes de AR/VR por empresas colombianas en el mercado local (2021-2030) (en millones US\$)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Hardware	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.01	\$0.01	\$0.02	\$0.03	\$0.04	\$0.07
Software & Aplicaciones	\$0.04	\$0.06	\$0.10	\$0.15	\$0.22	\$0.30	\$0.38	\$0.46	\$0.54	\$0.61
TOTAL	\$0.04	\$0.06	\$0.10	\$0.16	\$0.23	\$0.31	\$0.40	\$0.49	\$0.58	\$0.68

Fuentes: CSI Market Inc.: Márgenes de ganancia de la industria; ABI Research (2019, 2020); análisis Telecom Advisory Services

Como es evidente, una porción de este excedente ya está siendo generado por la evolución del mercado basada en tendencias de desarrollo históricas. En efecto, el crecimiento del mercado de AR/VR en Colombia ya está ocurriendo independientemente de la decisión a ser tomada respecto a la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado. Por lo tanto, el excedente del productor estimado en el cuadro 8-4 debe ser distribuido entre la porción atribuible al crecimiento histórico de la industria en Colombia y el estímulo a ser generado a partir de la decisión en la banda de 6 GHz. Para tal fin, y a falta de datos particulares para Colombia, se utilizó el porcentaje estimado para Estados Unidos.⁷⁵ Basado en este análisis, el excedente del productor acumulado a ser generado en Colombia por las ventas de firmas de AR/VR en el mercado colombiano entre el 2021 y el 2030 resultante de la designación de la banda de 6 GHz sumará US\$ 977 millones (ver cuadro 8-5).

Cuadro 8-5. Colombia: Excedente del productor generado por ventas de soluciones de AR/VR por empresas colombianas atribuible a la banda de 6GHz (2021-2030) (en millones US\$)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Por 6 GHz (%)	24.58%	25.59%	26.64%	27.73%	28.87%	30.06%	31.29%	32.58%	33.92%	35.31%
Por 6 GHz	\$9	\$16	\$28	\$44	\$66	\$94	\$124	\$159	\$197	\$240

Fuentes: CSI Market Inc.: Márgenes de ganancia de la industria; ABI Research; análisis Telecom Advisory Services.

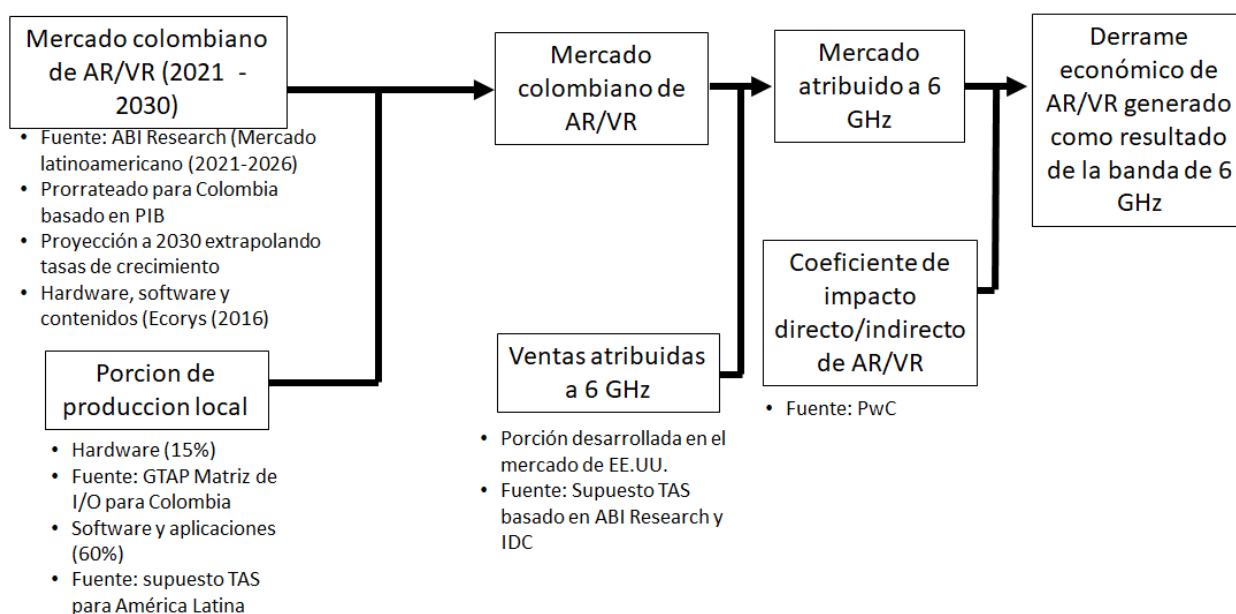
⁷⁵ Se posee una estimación de este indicador para Estados Unidos hasta el 2025. A partir de ese año, se proyectó manteniendo la tasa de crecimiento entre el 2024/2025. El coeficiente podría ser mayor luego del 2025, debido al crecimiento de los dispositivos y aplicaciones que requieren 6 GHz.

8.2. Derrame económico de la Realidad Virtual y Realidad Aumentada

La penetración de soluciones de AR/VR en empresas colombianas genera una externalidad en términos de aumento de productividad, contribuyendo al crecimiento del PIB. El derrame se materializa en un mejoramiento de la capacitación, y el aceleramiento del diseño y lanzamiento de nuevos productos, entre otros efectos.

Considerando que el objetivo en este caso es estimar el efecto de derrame de AR/VR, el punto de partida es la contribución total de AR/VR al PIB del país, a partir del cual se calcula la contribución indirecta al PIB colombiano. Dos parámetros permiten realizar esta estimación: el peso total de AR/VR en el PIB colombiano (calculado en base a un coeficiente de impacto anual estimado por PwC⁷⁶) a lo que se le descuenta el impacto directo (las ventas de componentes de AR/VR estimado por *ABI Research*, presentado en el cuadro 8-1 arriba). La metodología es descrita en la figura 8-2.

Figura 8-2. Metodología para estimar el derrame de AR/VR



Fuente: Telecom Advisory Services

Ambos valores usados como punto de partida en la estimación deben ser reducidos para reflejar el monto del valor atribuido a la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado. En otras palabras, sería incorrecto atribuir el valor total económico total a la decisión en relación con el espectro. Una vez que ambos valores han sido descontados para reflejar la contribución de la designación de la banda de 6 GHz, se estima la contribución indirecta (es decir el derrame) y el multiplicador entre efectos directos (ventas) e indirectos

⁷⁶ PWC (2019). *Seeing is believing: how virtual reality and augmented reality are transforming business and the economy*.

(derrame). Cabe destacar que para ser conservadores en el análisis, se asume siempre que el impacto indirecto no puede ser superior al impacto directo.

Cuadro 8-6. Colombia: Contribución de AR/VR resultado del efecto de derrame basado en la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado (2021-2030)
(en mil millones US\$)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
AR/VR contribución al PIB (% GDP)	0.15%	0.20%	0.25%	0.31%	0.38%	0.46%	0.56%	0.70%	0.89%	1.12%
Colombia PIB	\$313	\$324	\$337	\$349	\$362	\$376	\$390	\$404	\$419	\$435
AR/VR Contribución al PIB Total	\$0.47	\$0.65	\$0.84	\$1.08	\$1.38	\$1.75	\$2.22	\$2.83	\$3.60	\$4.57
AR/VR Contribución al PIB por 6 GHz (%)	24.58%	25.59%	26.64%	27.73%	28.87%	30.06%	31.29%	32.58%	33.92%	35.31%
AR/VR Contribución al PIB con banda de 6 GHz	\$0.12	\$0.17	\$0.22	\$0.30	\$0.40	\$0.53	\$0.70	\$0.92	\$1.22	\$1.61
Impacto directo	\$0.02	\$0.04	\$0.07	\$0.11	\$0.17	\$0.25	\$0.35	\$0.47	\$0.63	\$0.85
Impacto indirecto	\$0.09	\$0.13	\$0.15	\$0.19	\$0.23	\$0.28	\$0.35	\$0.45	\$0.59	\$0.76
Impacto indirecto considerado	\$0.02	\$0.04	\$0.07	\$0.11	\$0.17	\$0.25	\$0.35	\$0.45	\$0.59	\$0.76

Fuentes: PwC; ABI Research (2019); análisis Telecom Advisory Services

El valor total acumulado entre el 2021 y 2030 del derrame de AR/VR en Colombia como consecuencia de la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado alcanza US\$ 2.81 mil millones.

9. ACELERAMIENTO EN EL DESPLIEGUE DE WI-FI MUNICIPAL

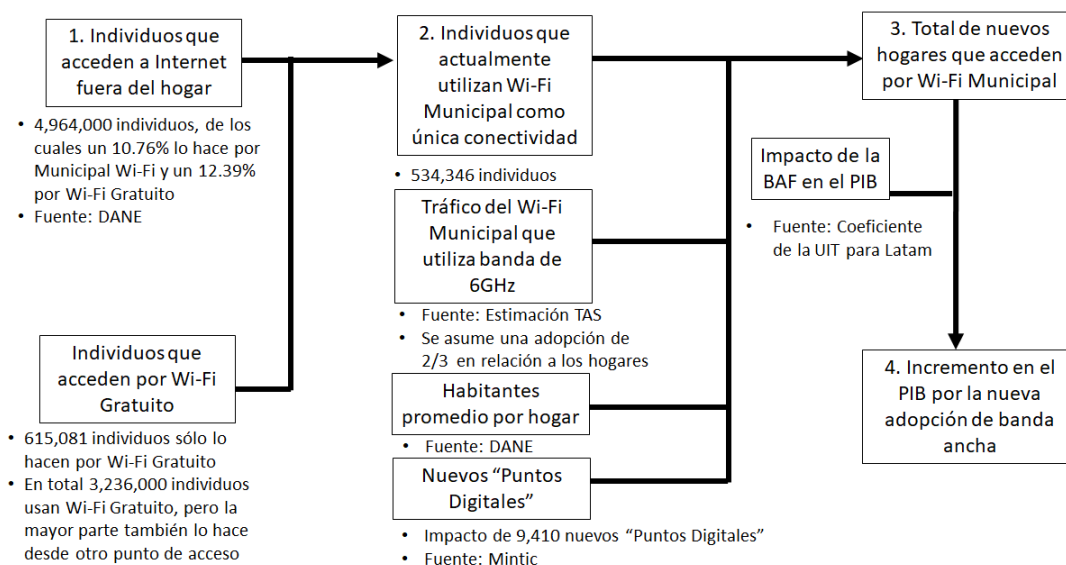
El despliegue de sitios Wi-Fi para el acceso de ciudadanos operando en municipalidades representa una valiosa contribución a la población que carece de recursos para adquirir servicio de banda ancha. Según la encuesta del DANE de Indicadores Básicos de Tenencia y Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación, al 2018, 2,811,000 colombianos accedieron a internet desde centros de acceso público gratuito lo cual marca la relevancia de estos puntos de acceso. Este impacto aumentará en el futuro cercano, ya que en el 2020 el MINTIC realizó una inversión para generar unos 10,000 centros digitales nuevos que continuarán operando al menos hasta el 2030, con conectividad que llegará principalmente a los colegios para beneficiar a cerca de un millón de estudiantes. Se debe considerar, sin embargo, que en este caso el impacto será aún mayor ya que desde allí se habilitarán zonas externas de internet para que las comunidades locales también puedan acceder al servicio.

Esta infraestructura puede desempeñar un papel en la mejora de la cobertura del servicio de banda ancha al proporcionar un recurso gratuito para que los consumidores obtengan acceso a Internet. En este sentido, la designación de espectro en la banda de 6 GHz aumentará la capacidad del Wi-Fi municipal para brindar un servicio gratuito a la población desatendida y aumentará la velocidad de acceso para los usuarios actuales. Estos dos efectos se traducen en una contribución al PIB y un aumento del excedente del consumidor respectivamente.

9.1. Impacto de las redes de Wi-Fi municipal en el PIB

Los sitios de Wi-Fi municipales que incorporen tecnología basada en el espectro de 6 GHz podrán servir un mayor número de usuarios comparado con las condiciones actuales del espectro, lo que a su vez tendrá un impacto en el PIB. La metodología para estimar este efecto es presentada en la Figura 9-1.

Figura 9-1. Metodología para estimar el impacto en el PIB del Wi-Fi Municipal



Fuente: Telecom Advisory Services

El universo inicial para estimar el impacto del Wi-Fi Municipal está compuesto por los usuarios que se conectan afuera del hogar, que según datos del DANE, asciende a 4,964,000 individuos. De ese universo inicial debemos considerar que una gran parte del mismo también logra acceder a la tecnología desde otros sitios (hogar, trabajo, casa de amigos, etc.). Si consideramos que de los usuarios que se conectan fuera del hogar, 10.76% tiene como único medio de acceso el Wi-Fi Municipal, se estima un universo de 534,346 individuos que actualmente dependen de este servicio como fuente de acceso a internet.

Con la introducción de la banda de 6GHz los sitios de Wi-Fi Municipal recibirán dos beneficios: (1) en las zonas urbanas el principal beneficio será generado por el mayor número de usuarios que se podrán conectar a cada punto de acceso; (2) en los sitios rurales mejorará la cobertura y la calidad de conexión. De este modo, aquellos puntos de acceso Wi-Fi que adopten la nueva banda de 6 GHz podrán ampliar el universo de usuarios beneficiados por el servicio. En este punto se asume, en un escenario conservador, que el nivel de adopción de la banda de 6 GHz de los puntos de acceso de Wi-Fi municipal llegará al 50% en el 2030. Así también, al número de individuos que se beneficiarán del mayor alcance de los puntos de acceso de Wi-Fi Municipal, se los divide por el número de habitantes promedio por hogar. De este modo se obtiene que entre 9,654 (en el 2022) y 73,898 (en el 2030) serán los nuevos hogares beneficiados por la banda de 6 GHz del Wi-Fi Municipal. Esta estimación aún no incluye el efecto de los nuevos 10,000 Puntos Digitales introducidos por el gobierno en el 2020. Considerando que 9,410 de estos puntos estarán desplegados en escuelas, y asumiendo que con Wi-Fi 6 se podrá ampliar su alcance a al menos 2 hogares por Punto Digital, se estima un impacto adicional de 815 hogares en el 2022 y 9,410 hogares en el 2030 (este valor asume que al 2030 sólo un 50% de estos Puntos Digitales adoptan Wi Fi 6) (ver cuadro 9-1).

Cuadro 9-1. Colombia: Hogares beneficiados por el Wi-Fi Municipal a través del espectro de 6 GHz

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Individuos que se conectan de punto de acceso de Wi-Fi Municipal	534,346	534,346	534,346	534,346	534,346	534,346	534,346	534,346	534,346	534,346
(2) Tráfico por la banda de 6 GHz en puntos de acceso de Wi-Fi Municipal	0.00%	6.67%	13.33%	20.00%	26.67%	33.33%	40.00%	43.33%	46.67%	50.00%
(3) Nuevos individuos con acceso a banda ancha	0	35,623	71,246	106,869	142,492	178,115	213,738	231,550	249,361	267,173
(4) Nuevos hogares con acceso a banda ancha	0	9,654	19,357	29,110	38,913	48,765	58,668	63,719	68,796	73,898
(5) Nuevos "Puntos Digitales"	3,058	6,116	9,410	9,410	9,410	9,410	9,410	9,410	9,410	9,410
(6) Impacto adicional de hogares con 6 GHz en "Puntos Digitales"	0	815	2,509	3,764	5,019	6,273	7,528	8,155	8,783	9,410
(7) Impacto Total de nuevos hogares	0	10,469	21,867	32,874	43,931	55,038	66,196	71,874	77,578	83,308

Fuentes: DANE; Telecom Advisory Services.

Es así como el número de hogares que podrán beneficiarse de las redes de Wi-Fi Municipal que accedan al espectro de 6 GHz representa un aumento en el total de hogares conectados de Colombia. El aumento de la penetración de la banda ancha multiplicado por el coeficiente de impacto de la banda ancha fija en el PIB⁷⁷ permite calcular el impacto total en el PIB (ver cuadro 9-2).

Cuadro 9-2. Colombia: Impacto en el PIB de las redes Wi-Fi Municipal por la adopción del espectro de 6GHz

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Incremento en la adopción nacional de banda ancha	0.00%	0.14%	0.28%	0.41%	0.53%	0.64%	0.76%	0.80%	0.85%	0.90%
(2) Impacto de la banda ancha fija en el PIB	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745	0.15745
(3) Incremento en el PIB debido a la nueva adopción de banda ancha (%)	0.00%	0.02%	0.04%	0.06%	0.08%	0.10%	0.12%	0.13%	0.13%	0.14%
(4) Incremento en el PIB (US\$ mil millones)	\$0.00	\$0.07	\$0.15	\$0.22	\$0.30	\$0.38	\$0.46	\$0.51	\$0.56	\$0.61

Fuentes: IMF; ITU; Análisis Telecom Advisory Services.

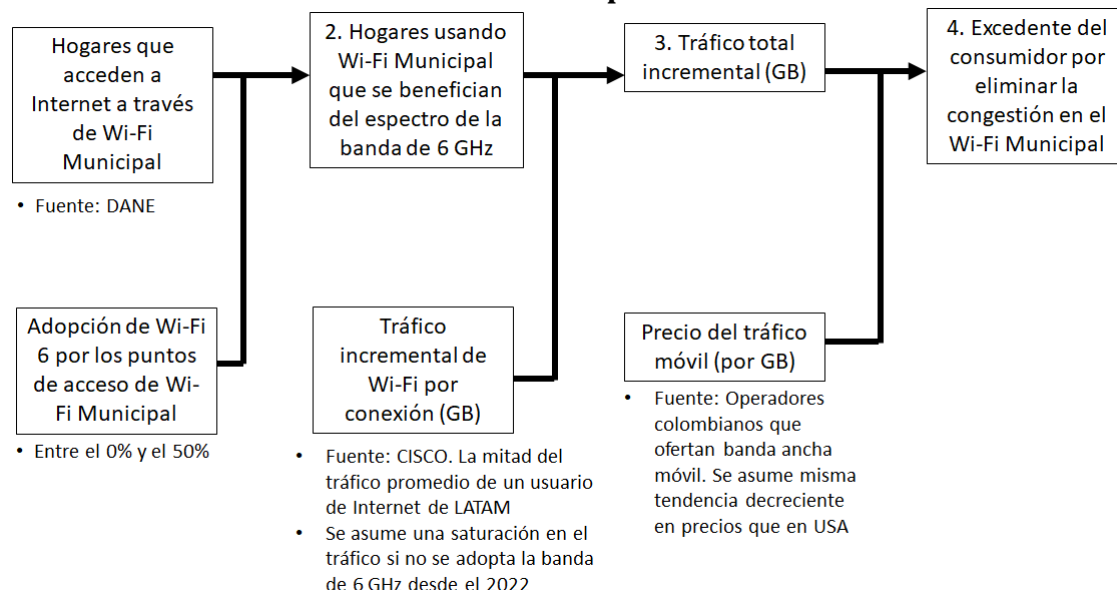
En resumen, la contribución acumulada al PIB de los beneficios de la designación del espectro de 6 GHz para uso libre al Wi-Fi Municipal alcanza a US\$ 3.27 mil millones entre el 2021 y el 2030.

9.2. Impacto de Wi-Fi municipal al excedente del consumidor

Además de la contribución al PIB, las redes de Wi-Fi Municipal con la capacidad de aprovechar el espectro en 6 GHz pueden mejorar su rendimiento, proporcionando un servicio de banda ancha más rápido y, por lo tanto, generando un excedente al consumidor adicional (ver Figura 9-2).

⁷⁷ Katz, R. and Callorda, F. (2019). *Economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation: Econometric modelling for the Americas*. Geneva: International Telecommunications Union.

Figura 9-2. Metodología para estimar el excedente del consumidor del Wi-Fi Municipal



Fuente: Telecom Advisory Services

Los individuos que acceden al Wi-Fi Municipal se beneficiarán del tráfico incremental generado bajo Wi-Fi 6. Para estimar esto, asumimos que el tráfico actual por línea llega a un máximo (antes de la saturación) en los niveles a alcanzar en el 2021, mientras que bajo Wi-Fi 6 crecerá según lo proyectado por *Cisco Visual Networking Index*. La diferencia se multiplica por el precio por GB de la banda ancha móvil en Colombia (US\$ 2.07 en 2021, según la información publicada en sus sitios web de los operadores). Multiplicando ambos valores se obtiene el impacto total en el excedente del consumidor (ver cuadro 9-3).

Cuadro 9-3. Colombia: Excedente del Consumidor generado por la introducción de Wi-Fi 6 en las redes de Wi-Fi Municipal

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Individuos con acceso a banda ancha a través de Wi-Fi Municipal	0	72,062	145,002	217,502	290,003	362,504	435,005	471,255	507,506	543,756
(2) Tráfico por usuario con la introducción de la banda de 6 GHz (Gb)	7.65	9.40	11.55	14.20	17.46	21.46	26.38	32.42	39.85	48.98
(3) Tráfico por usuario sin la introducción de la banda de 6 GHz (Gb)	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65	7.65
(4) Precio por Gb	\$2.07	\$1.87	\$1.68	\$1.51	\$1.36	\$1.23	\$1.10	\$0.99	\$0.90	\$0.81
(5) Impacto total en Excedente del Consumidor (US\$ mil Millones)	\$0.00	\$0.00	\$0.01	\$0.02	\$0.04	\$0.07	\$0.10	\$0.13	\$0.16	\$0.20

Fuentes: CISCO VNI; Operadores de telecomunicaciones de banda ancha móvil de Colombia; Telecom Advisory Services.

El impacto acumulado en excedente al consumidor generado por este efecto es de US\$ 746 millones entre el 2021 y el 2030.

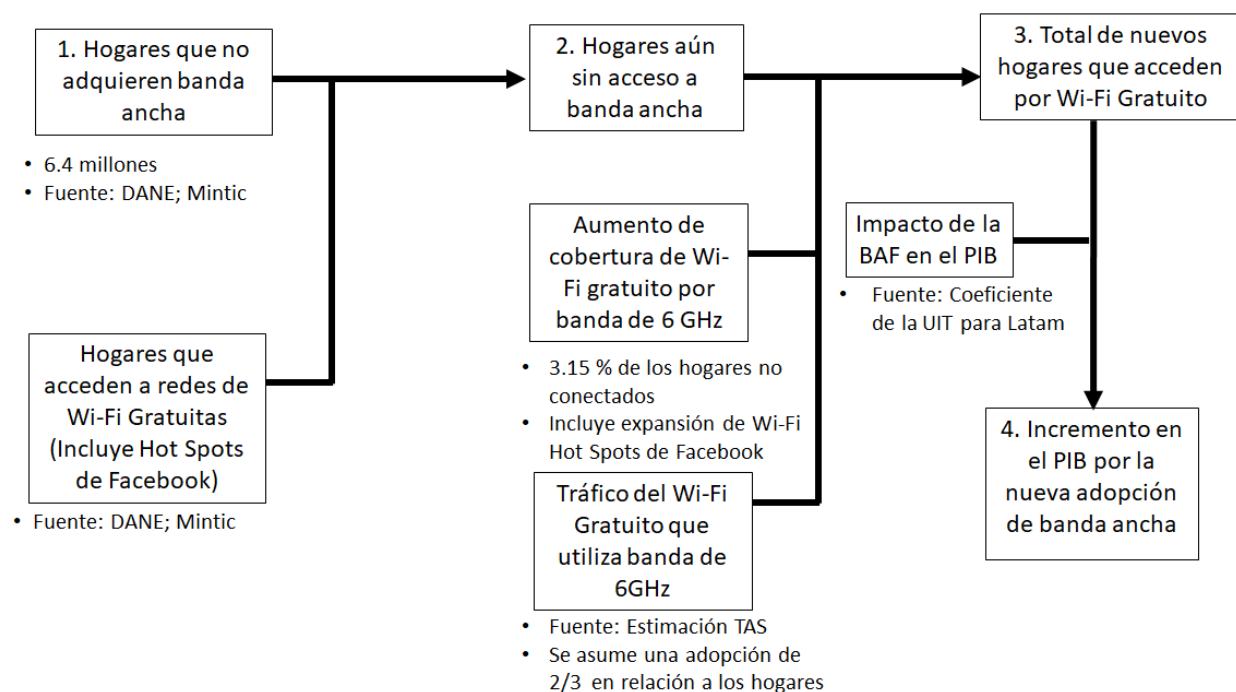
10. DESARROLLO DE PUNTOS DE ACCESO DE WI-FI GRATUITO

El cálculo del impacto económico de la designación de 6 GHz para uso libre en los puntos de acceso gratuito es similar al realizado para las redes Wi-Fi municipales. El supuesto subyacente en este caso es que los puntos de acceso Wi-Fi gratuitos que se benefician del espectro de 6 GHz serán capaces de manejar una mayor cantidad de dispositivos, lo que a su vez contribuirá a la adopción de banda ancha. Por otro lado, estos sitios podrán brindar una velocidad de servicio más rápida, que se puede transferir al aumento del bienestar del consumidor.

10.1. Impacto de Wi-Fi gratuito en el PIB como resultado de la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado

Como en el caso de las redes Wi-Fi Municipales, los puntos de acceso gratuito que incorporan tecnología basada en el espectro de 6 GHz podrán manejar un mayor número de usuarios que en las condiciones actuales del espectro, lo que a su vez tendría un impacto en el PIB. La metodología para cuantificar este efecto es presentada en la Figura 10-1.

Figura 10-1. Metodología para estimar el impacto en el PIB de redes de Wi-Fi Gratuito



Fuente: Telecom Advisory Services

Nuestro punto de partida son los hogares que carecen de acceso a banda ancha en el hogar debido a una asequibilidad limitada y que no tienen el beneficio de depender de Wi-Fi municipal. Restamos de este universo aquellos hogares que serán atendidos por los WISP en el futuro, para no incurrir en una doble contabilización. De este grupo, estimamos aquellos

que podrían ser atendidos por sitios gratuitos que hayan implementado Wi-Fi 6 y asumimos que solo el 3.15% (estimado en base a porcentaje de hogares que dependen para conectarse actualmente de un sitio gratuito, en base a datos del DANE) de ellos dependerá efectivamente de un sitio gratuito para obtener acceso a Internet. Esta es la penetración incremental de la banda ancha que se utiliza para cuantificar el impacto en el PIB basándose en el mismo coeficiente que se utiliza en el caso de Wi-Fi municipal (ver cuadro 10-1).

Cuadro10-1. Colombia: Impacto en el PIB del Wi-Fi Gratuito por el espectro en la banda de 6 GHz

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Hogares sin Internet en el hogar (millones)	6.449	6.380	6.319	6.265	6.219	6.181	6.150	6.128	6.114	6.108
(2) Hogares que acceden a través de Wi-Fi Gratuito	615,081	615,081	615,081	615,081	615,081	615,081	615,081	615,081	615,081	615,081
(3) Hogares que acceden a través de Wi-Fi Municipal	133,587	144,056	155,453	166,461	177,518	188,625	199,782	205,461	211,165	216,894
(4) Hogares que acceden por incremento en conexiones WISP	0	5,441	11,955	18,119	23,454	29,398	35,327	38,297	41,258	44,213
(5) Hogares sin acceso a Internet (millones)	5.701	5.616	5.537	5.465	5.403	5.347	5.300	5.269	5.246	5.231
(6) Potencial de hogares para Wi-Fi Gratuito	3.15%	3.15%	3.15%	3.15%	3.15%	3.15%	3.15%	3.15%	3.15%	3%
(7) Tráfico por la banda de 6 GHz en sitios de Wi-Fi Gratuito	0%	7%	13%	20%	27%	33%	40%	43%	47%	50%
(8) Hogares adicionales atendidos por los Hot Spots de Wi-Fi Gratuito	0	11,779	23,225	34,391	45,329	56,080	66,698	71,834	77,025	82,295
(9) Incremento en la adopción nacional de banda ancha	0	0.15%	0.29%	0.42%	0.54%	0.66%	0.76%	0.80%	0.84%	0.88%
(10) Incremento en el PIB como consecuencia de la nueva adopción de banda ancha (%)	0	0.02%	0.05%	0.07%	0.09%	0.10%	0.12%	0.13%	0.13%	0.14%
(11) Incremento en el PIB (US\$ mil millones)	0	\$78	\$156	\$233	\$311	\$389	\$468	\$512	\$557	\$605

Fuentes: DANE; MINTIC; FMI; Telecom Advisory Services.

De este modo la contribución acumulada de este efecto al PIB es de US\$ 3.31 mil millones.

Así también, adicional a este efecto se considera el impacto que tendrá la banda de 6 GHz en la generación de ingresos para los sitios de Wi-Fi pagos, asumiendo que los mismos podrán incrementar su capacidad en un 40% (ver cuadro 10-2).

Cuadro 10-2. Colombia: Impacto en el PIB de la banda de 6 GHz a través de mayores ingresos de Wi-Fi Hot Spots pagos

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Potencial incremento de usuarios de Wi-Fi Hot Spots pagos	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%
(2) Tráfico por la banda de 6 GHz	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	65%	70%	75%
(3) Incremento en dispositivos conectados por efecto de la banda de 6 GHz	0%	4%	8%	12%	16%	20%	24%	26%	28%	30%
(4) Ingreso promedio por Hot Spot (US\$)	\$256	\$266	\$275	\$285	\$295	\$306	\$316	\$321	\$326	\$331
(5) Ingresos adicionales por la banda de 6 GHz (US\$ millones)	\$0	\$0	\$1	\$2	\$2	\$3	\$3	\$4	\$4	\$5

Fuentes: Cisco VNI; Telecom Advisory Services análisis

De este modo la contribución acumulada de este efecto al PIB es de US\$ 24 millones entre el 2021 y el 2030.

10.2. Impacto de Wi-Fi gratuito en el excedente del consumidor

La adopción de WI-Fi 6 en los sitios de Wi-Fi gratuitos generará dos ventajas para los usuarios: (i) mayor velocidad de acceso; y (ii) mayor tráfico por dispositivo. En el caso de la mayor velocidad de acceso se asume que a partir del 2025 en caso de no adoptarse la banda de 6 GHz el tráfico por estas redes no podrá seguir incrementando su velocidad. Por lo que utilizando la misma metodología que se utilizó para el tráfico en hogares, puede estimarse el valor de la velocidad adicional que se logra gracias a la banda de 6 GHz (ver cuadro 10-3).

Cuadro 10-3. Colombia: Impacto en el excedente del consumidor de la mayor velocidad de acceso gracias al espectro de la banda de 6 GHz en el Wi-Fi gratuito

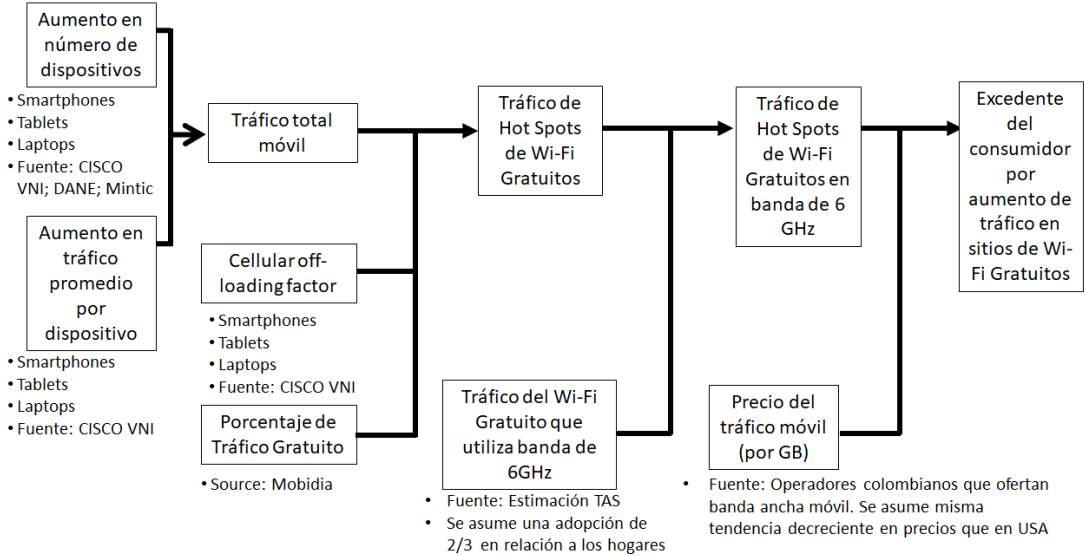
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Velocidad de Wi-Fi gratuito sin la banda de 6 GHz	11	14	17	21	24	28	32	36	41	45
(2) Velocidad de Wi-Fi gratuito con la banda de 6 GHz	37	43	50	58	67	77	90	104	120	140
(3) Tráfico por la banda de 6 GHz	0.00%	6.67%	13.33%	20.00%	26.67%	33.33%	40.00%	43.33%	46.67%	50.00%
(4) Velocidad media con banda de 6 GHz	11	16	22	28	36	45	55	66	78	92
(5) Demanda por velocidad sin banda de 6 GHz (US\$)	\$38	\$40	\$43	\$45	\$46	\$48	\$50	\$51	\$52	\$53
(6) Demanda por velocidad con banda de 6 GHz (US\$)	\$38	\$42	\$45	\$48	\$51	\$53	\$56	\$57	\$59	\$61
(7) Excedente del consumidor adicional mensual	\$0	\$1	\$3	\$3	\$4	\$5	\$6	\$7	\$7	\$8
(8) Excedente del consumidor adicional anual	\$0	\$17	\$30	\$41	\$51	\$61	\$72	\$79	\$88	\$97
(9) Hogares que usan Wi-Fi Gratuito	615,081	626,860	638,306	649,472	660,410	671,161	681,779	686,915	692,106	697,376
(10) Impacto (US\$ millones)	\$0	\$11	\$19	\$27	\$34	\$41	\$49	\$54	\$61	\$68

Fuente: análisis Telecom Advisory Services.

De este modo la contribución acumulada de este efecto al excedente del consumidor es de US\$ 363 millones entre el 2021 y el 2030.

En segundo término se debe considerar que con la adopción de Wi-Fi 6 por parte de los sitios de Wi-Fi gratuitos, estos podrán aumentar el tráfico de los dispositivos conectados, con lo que se acrecienta el excedente del consumidor (Ver Figura 10-2).

Figura 10-2. Colombia: Excedente del consumidor de los usuarios por el mayor tráfico que permite Wi-Fi 6 en sitios de Wi-Fi gratuito



Fuente: Telecom Advisory Services

En base a las proyecciones de tráfico por dispositivo de Cisco VNI y el número total de dispositivos estimado por GSMA, MINTIC y Cisco VNI se estima que generará una congestión que limitará el tráfico por dispositivo desde el 2024 si no se implementa Wi-Fi 6 (ver cuadro 10-4)

Cuadro 10-4. Colombia: Excedente del Consumidor por beneficios de la Banda de 6 GHz en mayor tráfico en sitios de Wi-Fi Gratuitos

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Demanda no satisfecha por congestión del Wi-Fi Gratuito (Millones de GB)	0	0	0	0	42	157	319	545	858	1,289
(2) Tráfico por la banda de 6 GHz	0%	7%	13%	20%	27%	33%	40%	43%	47%	50%
(3) Tráfico factible por la banda de 6 GHz	0	0	0	0	11	52	128	236	400	644
(4) Precio promedio por GB móvil	2.07	1.87	1.68	1.51	1.36	1.23	1.10	0.99	0.90	0.81
(5) Costo de provisión del GB de los sitios de Wi-Fi gratuitos	0.89	0.84	0.80	0.76	0.72	0.69	0.65	0.62	0.59	0.56
(6) Excedente del consumidor por GB	1.19	1.03	0.88	0.75	0.64	0.54	0.45	0.38	0.31	0.25
(7) Excedente del consumidor generado por banda de 6 GHz (US\$ millones)	\$0	\$0	\$0	\$0	\$7	\$28	\$58	\$89	\$123	\$159

Fuentes: GSMA; Cisco VNI; MINTIC; Operadores colombianos de telecomunicaciones; análisis Telecom Advisory Services.

De este modo la contribución acumulada de este efecto al excedente del consumidor es de US\$ 464 millones entre el 2021 y el 2030.

11. ALINEAMIENTO DE LA DESIGNACIÓN DE ESPECTRO DE 6 GHz CON EL MODELO DE ECONOMÍAS AVANZADAS

Como se mencionó en el capítulo 3, la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado permitirá no solo aliviar la presión resultante del crecimiento explosivo del tráfico de Wi-Fi, sino que también tiene implicancias para la reducción de costos de insumos para empresas colombianas y para la política industrial del país. Si Colombia toma una decisión respecto a la designación del espectro alineándose con Estados Unidos y Corea del Sur para la designación de 1200 MHz, se beneficiará debido a la oportunidad de adquirir equipamiento cuyo costo unitario será menor que el ofrecido por los países europeos. Nuestra comparación de precios unitarios de anteojos monoculares de AR indica que Estados Unidos presenta una ventaja en relación con Europa Occidental (ver cuadro 11-1).

Cuadro 11-1. Estados Unidos versus Europa: Precio de venta promedio de anteojos monoculares

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Estados Unidos	761.16	709.14	656.94	606.29	564.49	528.85
Europa	766.25	715.60	665.82	617.24	574.03	537.53
Porcentaje de diferencia	-0.66%	-0.90%	-1.33%	-1.77%	-1.66%	-1.61%

Fuentes: ABI Research 2020-2024; análisis Telecom Advisory Services

Al extrapolar la tendencia hasta el 2030 y aplicar la diferencia de precio a los mercados de equipamiento de AR/VR e IoT, el siguiente efecto es calculado (ver cuadro 11-2).

Cuadro 11-2. Colombia: Ventaja del alineamiento la decisión espectral de 6 GHz con el modelo de EE.UU. y Corea del Sur

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Mercado de equipamiento de AR-VR	0.015	0.026	0.043	0.070	0.113	0.181	0.288	0.455	0.709	1.098
(2) Mercado de equipamiento de IoT	0.187	0.230	0.283	0.349	0.431	0.531	0.654	0.806	0.994	1.225
(3) Reducción de precio resultado de alineamiento de la decisión espectral	-1.33%	-1.77%	-1.66%	-1.61%	-1.54%	-1.47%	-1.40%	-1.34%	-1.28%	-1.22%
(4) Impacto en el excedente del productor (mil millones US\$)	0.003	0.005	0.005	0.007	0.008	0.010	0.013	0.017	0.022	0.028

Fuentes: ABI Research; Frost & Sullivan; análisis Telecom Advisory Services

En segundo lugar, como fuera mencionado en el capítulo 3, el mercado colombiano de equipamiento y servicios en áreas relacionadas con la implementación de la decisión del espectro de la banda de 6 GHz suma US\$ 1.47 mil millones en 2020 pero alcanzará US\$ 2.84 mil millones en 2025 (ver cuadro 11-3).

Cuadro 11-3. Colombia: Ventas en mercados impactados por la designación de espectro en la banda de 6 GHz (en mil millones US\$) (2020-25)

Mercado	Categorías	2020	2025
Realidad aumentada/Realidad virtual	Hardware	\$ 0.01	\$ 0.11
	Software, aplicaciones y contenidos	\$ 0.03	\$ 0.48
	Subtotal	\$ 0.04	\$ 0.59
Internet de las Cosas	Hardware	\$ 0.15	\$ 0.43
	Software y servicios	\$ 0.19	\$ 0.55
	Subtotal	\$ 0.34	\$ 0.98
Dispositivos dependiendo de acceso a Wi-Fi	Subtotal	\$ 1.09	\$ 1.27
Total		\$ 1.47	\$ 2.84

Nota: ABI Research provee una estimación del mercado de AR/VR hasta el 2024 para América Latina. La porción designada para Colombia es calculada prorrateando el mercado latinoamericano proyectado por ABI Research por el PIB colombiano como porcentaje del latinoamericano. La estimación para 2025 extrapola la tasa de crecimiento para 2024.

Fuentes: ABI Research; Frost & Sullivan; análisis Telecom Advisory Services

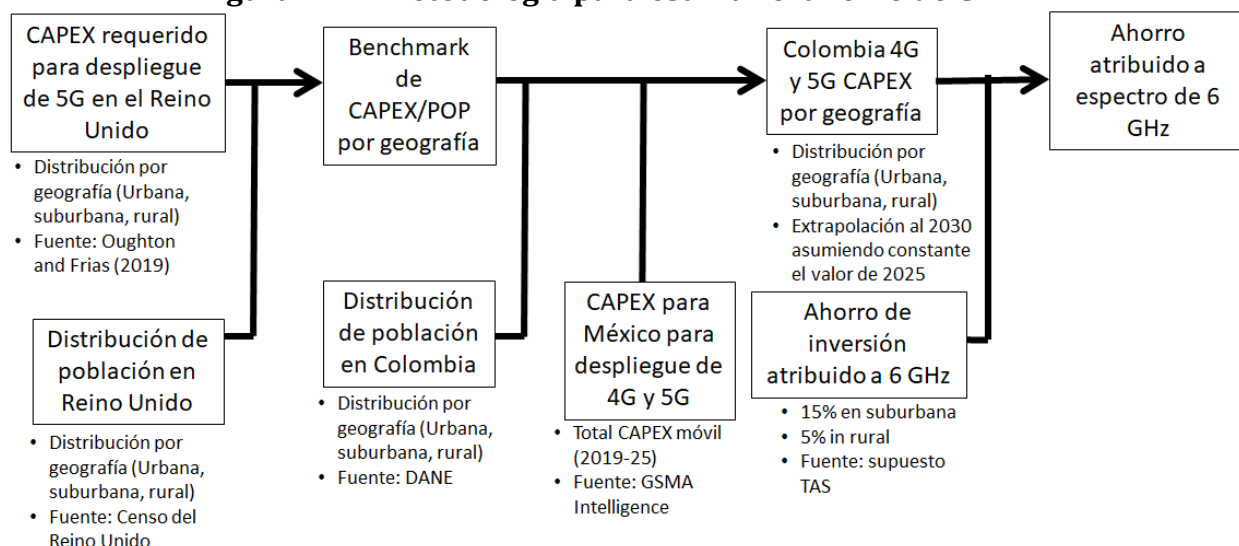
De acuerdo con estas condiciones atractivas para el desarrollo de mercado, la decisión de considerar la banda de 6 GHz para uso no licenciado bajo el modelo seguido por los Estados Unidos, Corea del Sur, Chile, y probablemente Brasil podría permitir a Colombia responder a la demanda del mercado local y otorgarle al país la posibilidad de desarrollar una industria de equipamiento orientada a la exportación.

12. AUMENTO DE CAPACIDAD DE ENRUTAMIENTO DE TRÁFICO CELULAR

Las redes 5G entregan servicio caracterizado por velocidades más rápidas, latencia reducida y mayor capacidad. Sin embargo, los operadores celulares no podrán entregar este servicio sin recurrir a redes Wi-Fi capaces de enrutar una porción importante de tráfico. Cisco estima que en 2022 54% del tráfico móvil de América Latina será enrutado por Wi-Fi, un incremento desde el 2017, cuando el porcentaje era de 48%. La disponibilidad de espectro en la banda de 6 GHz para uso no licenciado es un componente esencial para alcanzar esta proyección.

El objetivo en este capítulo es estimar el ahorro en inversión de capital a ser generado por los operadores celulares al enrutar una porción del tráfico de 5G y 4G, aprovechando la capacidad que representan los canales de 160 MHz existentes en el espectro de 6 GHz (ver Figura 12-1).

Figura 12-1. Metodología para estimar el ahorro de CAPEX



Fuente: Análisis de Telecom Advisory Services

El análisis comienza con una estimación de los costos de despliegue de 5G, sin considerar el beneficio del enrutamiento a Wi-Fi (caso contra factico). Para ello se suma la inversión de CAPEX estimada por *Wireless Intelligence* para toda la industria móvil colombiana entre el 2019 y 2030, incluyendo 4G y 5G.⁷⁸ (ver cuadro 12-1).

⁷⁸ Para 2025, GSMA Intelligence estima que la cobertura 5G habría alcanzado el 30%

Cuadro 12-1. Colombia: Inversión

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cobertura 5G	0%	0%	0%	13%	30%	37%	46%	56%	69%	85%
Inversión total	\$1,061	\$987	\$1,015	\$1,095	\$1,208	\$1,208	\$1,208	\$1,208	\$1,208	\$1,208

Fuentes: GSMA Intelligence; análisis Telecom Advisory Services

Para estimar el ahorro, se debe distribuir esta inversión a partir de una hipótesis de distribución geográfica. Para ello, recurrimos al único ejercicio de costeo de 5G realizado por Oughton y Frias (2016) para el Reino Unido. Los autores estiman un CAPEX de US\$ 53.34 mil millones, de los cuales US\$ 890 millones son destinados a medios urbanos, US\$ 7.13 mil millones a medios suburbanos, y US\$ 45.32 mil millones a zonas rurales (ver cuadro 12-1).

Cuadro 12-1. Reino Unido: Inversión Total en 5G

	Población (Millones)	Distribución de la población	5G CAPEX (US\$ mil millones)	Distribución del 5G CAPEX (%)	CAPEX per POP
Urbano (ciudades >1 millón)	19.42	29%	\$0.89	1.66%	\$45.71
Suburbano	36.16	54%	\$7.13	13.37%	\$197.16
Rural	11.38	17%	\$45.32	84.97%	\$3,981.22
Total	66.96	100%	\$53.34	100%	\$796.58

Fuentes: Oughton and Frias (2017). *Exploring the cost, coverage and rollout implications of 5G in Britain*; análisis Telecom Advisory Services

Usando CAPEX por POP como punto de partida (sin incluir costos de adquisición de espectro) se calcula la inversión para desplegar una red de 5G en Colombia, también considerando la inversión remanente en redes de 4G que es relevante en el contexto colombiano, Considerando la designación por zona geográfica (ver cuadro 12-2).

Cuadro 12-2. Colombia: Inversión total (4G y 5G)

	Población (millones)	CAPEX	Ahorro de CAPEX
Urbano (ciudades >1 millón)	13,912,715	\$0.16	\$0.00
Suburbano	26,044,020	\$1.28	\$0.19
Rural	12,131,305	\$12.01	\$0.60
Total	52,088,040	\$13.44	\$0.79

Fuentes: Oughton and Frias (2017). *Exploring the cost, coverage and rollout implications of 5G in Britain*; análisis Telecom Advisory Services

Considerando la desagregación de costos de Oughton y Frias (2016), así como la de las otras estimaciones, la inversión bajo un marco de espectro con licencia exclusiva seguirá siendo significativa para áreas suburbanas (US \$ 1.28 mil millones) y rurales (US \$ 12.01 mil millones). En este contexto, el espectro sin licencia se convierte en un habilitador clave de los servicios 5G. El próximo entorno 5G flexible y radio-neutral será intrínsecamente compatible con la próxima ola de estándares Wi-Fi 802.11 y tecnologías inalámbricas de corto alcance que operan en bandas sin licencia. Un análisis comparativo de CAPEX para la estación base 5G de pico cell frente al punto de acceso Wi-Fi de grado de operador indica una

ventaja de costo de este último que asciende al 81%⁷⁹. Cabe señalar que la ventaja de Wi-Fi en las redes híbridas se vuelve aún más relevante con el espectro de 6 GHz dada la capacidad de los puntos de acceso de Wi-Fi para manejar grandes volúmenes de tráfico.

De manera conservadora, asumimos que Wi-Fi no será fundamental para mantener la inversión en áreas urbanas, pero que jugará un papel importante en las geografías suburbanas y rurales. Con base en la ventaja de costo del Wi-Fi, asumimos que será efectivo para una parte del despliegue de la red suburbana (aproximadamente el 15%) y rural (aproximadamente el 5%). Por lo tanto, utilizando la estimación de US\$ 1.28 mil millones para cobertura suburbana y US\$ 12.01 mil millones para cobertura rural, la implementación de puntos de acceso Wi-Fi que aprovechen 6 GHz generará ahorros de CAPEX de \$ 790 millones⁸⁰. Estos serán críticos en términos de permitir a los operadores extender su cobertura 5G aún más a las geografías rurales.

⁷⁹ Nikolikj, V. and Janevski, T. (2014). "A Cost Modeling of High-Capacity LTE-Advanced and IEEE 802.11ac based Heterogeneous Networks, Deployed in the 700 MHz, 2.6 GHz and 5 GHz Bands," *Procedia Computer Science* 40 (2014) 49-56.

⁸⁰ Una contribución adicional podría incluir un servicio similar a Wi-Fi que opere dentro de los canales AFC.

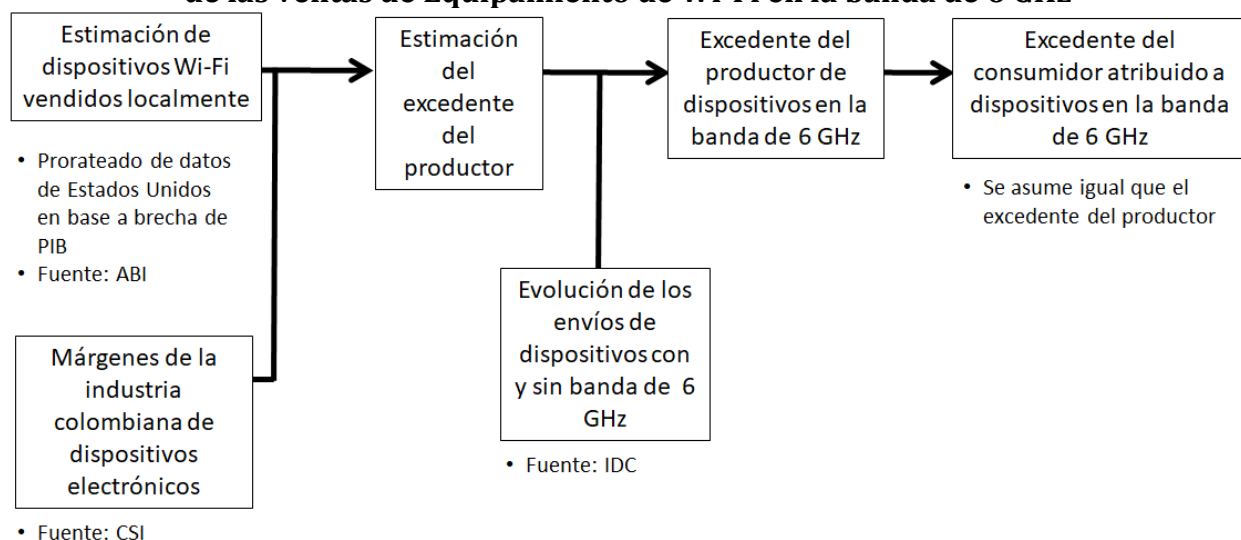
13. PRODUCCIÓN Y ADOPCIÓN DE EQUIPAMIENTO DE WI-FI

La diferencia entre los precios de mercado y los costos de fabricación local de los productos habilitados para Wi-Fi representa el margen del fabricante y, en consecuencia, el excedente del productor. Se asume, siguiendo a Milgrom et al. (2011), que el excedente del consumidor es aproximadamente igual al excedente del productor, con la diferencia que para el excedente del consumidor consideramos únicamente los dispositivos que se consumen en Colombia y para el excedente del productor los productos que se fabrican en Colombia. Como se detalló anteriormente en el capítulo 3, identificamos siete productos de consumo que están intrínsecamente vinculados a Wi-Fi 6: dispositivos y sistemas inteligentes para el hogar, como altavoces y sistemas de seguridad para el hogar, sistemas de redes para el hogar, tabletas Wi-Fi, puntos de acceso, adaptadores, enrutadores y puertas de enlace.

13.1 Aumento del excedente de consumidores por Equipamiento de Wi-Fi en la banda de 6 GHz

La estimación del valor económico comienza compilando las ventas de los fabricantes globales para cada categoría de producto en Colombia. Esto se ha hecho interpolando datos de los mercados de Estados Unidos y el mundo, y asumiendo un nivel para Colombia de acuerdo con la participación del PIB correspondiente. A partir de eso, aplicamos el margen prorrateado estimado por los mercados de CSI que arroja un excedente del productor estimado para estos productos en particular del 39.44%. Como se mencionó anteriormente, se supone que el excedente del consumidor es de la misma magnitud. Como este análisis se realiza para el mercado total de dispositivos Wi-Fi, para diferenciar el valor correspondiente a la banda de 6 GHz del valor que corresponde a las otras bandas de uso de Wi-Fi, seguiremos las previsiones proporcionadas por IDC sobre la evolución de las ventas de dispositivos de consumo 802.11ax para la banda de 6 GHz (Ver Figura 13-1).

Figura 13-1. Metodología para estimar el excedente del consumidor como resultado de las ventas de Equipamiento de Wi-Fi en la banda de 6 GHz



Fuente: Telecom Advisory Services

En base a la metodología presentada es posible estimar el excedente del consumidor en Colombia generado por la venta de dispositivos Wi-Fi en la banda de 6 GHz entre el 2021 y el 2030. Para tal fin en primer lugar se procede a estimar el excedente del productor generado por dispositivos Wi-Fi por bandas diferentes a las de 6 GHz (ver cuadro 13-1)

Cuadro 13-1. Colombia: Excedente del productor como resultado de las ventas de Equipamiento de Wi-Fi de dispositivos fuera de la banda de 6 GHz en Colombia (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Altavoces inalámbricos	\$885	\$917	\$949							
(2) Sistemas de seguridad en el hogar	\$63	\$62	\$60							
(3) Dispositivos domésticos	\$83	\$89	\$95							
(4) Puntos de acceso	\$42	\$41	\$41							
(5) Adaptadores externos	\$1	\$1	\$1							
(6) Enrutadores	\$23	\$23	\$23							
(7) Gateways	\$23	\$23	\$23							
(8) Margen del productor	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%
(9) Excedente del productor (US\$ millones)	\$442	\$455	\$470	\$464	\$450	\$436	\$421	\$407	\$392	\$378

Fuentes: ABI; CSI; análisis Telecom Advisory Services.

Luego, para estimar las ventas atribuibles a la banda de 6 GHz del valor que corresponde a las otras bandas de uso de Wi-Fi, seguiremos las previsiones proporcionadas por IDC sobre la evolución de los envíos de dispositivos de consumo 802.11ax para la banda de 6 GHz, ajustados por un descuento en el 2021 y el 2022 por el impacto negativo del COVID 19 sobre las ventas de dispositivos. Así es como al excedente del productor del equipamiento fuera de la banda de 6 GHz es estimado en el cuadro 13-1, se le aplica la relación entre envíos globales en banda de 6 GHz/envíos globales sin banda de 6GHz, para llegar al excedente del consumidor (ver cuadro 13-2).

Cuadro 13-2. Colombia: Excedente del consumidor como resultado de las ventas de Equipamiento de Wi-Fi de dispositivos en la banda de 6 GHz (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Excedente del productor (US\$ millones)	\$442	\$455	\$470	\$464	\$450	\$436	\$421	\$407	\$392	\$378
(2) Relación envíos globales en banda de 6 GHz/sin banda de 6 GHz	4%	9%	19%	29%	40%	52%	66%	79%	94%	111%
(3) Impacto del COVID en ventas	-7%	-3.5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
(4) Excedente del consumidor (US\$ millones)	\$15	\$39	\$87	\$134	\$181	\$229	\$276	\$323	\$371	\$418

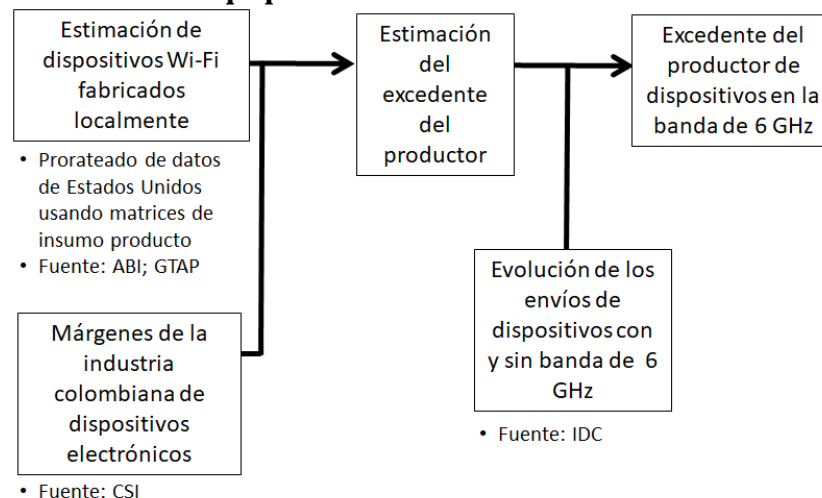
Fuentes: ABI; CSI; IDC; análisis Telecom Advisory Services.

El impacto total acumulado del excedente del consumidor entre 2021-2030 por este efecto asciende a US\$ 2.07 mil millones.

13.2 Aumento del excedente de productores por Equipamiento de Wi-Fi en la banda de 6 GHz

La estimación del excedente de productores comienza compilando las ventas de los fabricantes globales para cada categoría de producto en Colombia. En este caso lo que se busca estimar es la producción local en lugar de las ventas como se hizo en la sección previa. Para tal fin se han interpolando datos del mercado de Estados Unidos, asumiendo una diferencia en la producción entre ambos países en base a lo que marca la brecha de producción de productos electrónicos con base en la comparación de las matrices de Insumo/Producto de ambos países. A partir de eso, aplicamos el margen prorrateado estimado por los mercados de CSI que arroja un excedente del productor estimado para estos productos en particular del 39.44%. Como este análisis se realiza para el mercado total de dispositivos Wi-Fi, para diferenciar el valor correspondiente a la banda de 6 GHz del valor que corresponde a las otras bandas de uso de Wi-Fi, seguiremos las previsiones proporcionadas por IDC sobre la evolución de los envíos de dispositivos de consumo 802.11ax para la banda de 6 GHz (Ver Figura 13-2).

Figura 13-2. Metodología para estimar el excedente del productor como resultado de las ventas de Equipamiento de Wi-Fi en la banda de 6 GHz



Fuente: Telecom Advisory Services

En base a la metodología presentada es posible estimar el excedente del productor en Colombia generado por la venta de dispositivos Wi-Fi en la banda de 6 GHz entre el 2021 y el 2030. Para tal fin en primer lugar se procede a estimar el excedente del productor generado por dispositivos Wi-Fi por bandas diferentes a las de 6 GHz (ver cuadro 13-3)

Cuadro 13-3. Colombia: Excedente del productor como resultado de las ventas de equipamiento de Wi-Fi de dispositivos fabricados en Colombia fuera de la banda de 6 GHz (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Altavoces inalámbricos	\$94	\$97	\$100							
(2) Sistemas de seguridad en el hogar	\$7	\$7	\$6							
(3) Dispositivos domésticos	\$9	\$9	\$10							
(4) Puntos de acceso	\$0	\$0	\$0							
(5) Adaptadores externos	\$0	\$0	\$0							
(6) Enrutadores	\$0	\$0	\$0							
(7) Gateways	\$0	\$0	\$0							
(8) Margen del productor	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%	39.44%
(9) Excedente del productor (US\$ millones)	\$43	\$44	\$46	\$45	\$44	\$43	\$41	\$40	\$38	\$37

Fuentes: ABI Research; CSI Markets; análisis Telecom Advisory Services.

Con base en este cálculo, para estimar las ventas atribuibles a la banda de 6 GHz del valor que corresponde a las otras bandas de uso de Wi-Fi, seguiremos las previsiones proporcionadas por IDC sobre la evolución de los envíos de dispositivos de consumo 802.11ax para la banda de 6 GHz, ajustados por un descuento en el 2021 y el 2022 por el impacto del COVID sobre las ventas de dispositivos. Así es como al excedente del productor del equipamiento fuera de la banda de 6 GHz estimada en el cuadro 13-3, se la aplica la relación entre envíos globales en banda de 6 GHz/envíos globales sin banda de 6GHz, para llegar al excedente del productor (ver cuadro 13-4).

Cuadro 13-4. Excedente del productor como resultado de las ventas de Equipamiento de Wi-Fi de dispositivos en la banda de 6 GHz fabricados en Colombia (2021-2030)

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1) Excedente del productor (US\$ millones)	\$43	\$44	\$46	\$45	\$44	\$43	\$41	\$40	\$38	\$37
(2) Relación envíos globales en banda de 6 GHz/sin banda de 6 GHz	4%	9%	19%	29%	40%	52%	66%	79%	94%	111%
(3) Impacto del COVID en ventas	-7%	-3.5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
(4) Excedente del productor (US\$ millones)	\$2	\$4	\$9	\$13	\$18	\$22	\$27	\$32	\$36	\$41

Fuentes: ABI; CSI; IDC; análisis Telecom Advisory Services.

El impacto total acumulado del excedente del productor entre 2021-2030 por este efecto asciende a US\$ 203 millones.

14. SUMA DE EFECTOS Y ESCENARIO ALTERNATIVO

Al consolidar los resultados de los diferentes análisis, se concluye que la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado en Colombia generará un valor acumulado entre 2021 y 2030 equivalente a US\$ 40.42 mil millones, distribuido este entre US\$ 28.14 en contribución al PIB, US\$ 6.21 en excedente del productor (lo que incluye márgenes para proveedores de tecnología colombianos, ahorro en gastos de telecomunicaciones para empresas, y ahorro en la inversión de capital de operadores celulares), y US\$ 6.07 en excedente del consumidor (beneficios para consumidores en términos de bajo costo por Mbps y velocidades de banda ancha más elevadas) (ver cuadro 14-1).

Cuadro 14-1. Colombia: Valor económico de la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado (2021-2030) (en mil millones US\$)

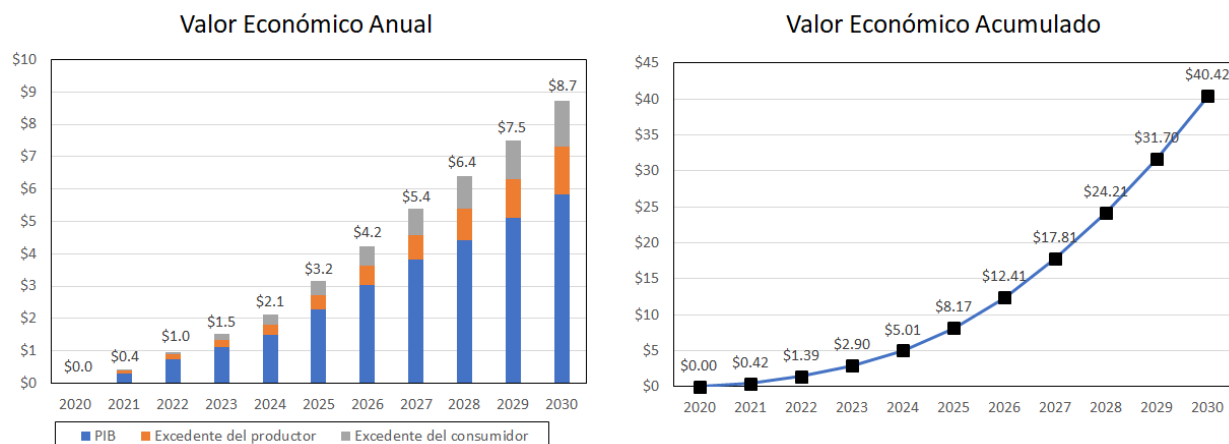
Fuentes de Valor	Contribución al PIB	Excedente del Productor	Excedente del Consumidor
Aumento de la cobertura y mejoramiento de la asequibilidad	Mejoramiento de la asequibilidad asociada con la provisión de servicio de banda ancha y aumento de la capacidad de compartición de líneas en el sector de WISP \$ 6.15		Aumento de velocidad a abonados de WISP \$ 0.08
Aumento de la velocidad de banda ancha mediante la reducción de la congestión de Wi-Fi	Beneficio resultado de la eliminación de cuellos de botellas en conexiones de alta velocidad a partir del aumento de velocidad de Wi-Fi \$ 6.78		Excedente del consumidor resultado del aumento de velocidad de la banda ancha \$ 2.35
Despliegue amplio de Internet de las Cosas	Derrame económico del Internet de las Cosas resultado de su despliegue en sectores de la economía colombiana (p.e., automovilista, alimenticia, logística, etc.) \$ 5.80	Márgenes de empresas del ecosistema (hardware, software y servicios) involucradas en el despliegue de IoT \$ 1.21	
Reducción de los costos de telecomunicaciones inalámbricas de empresas		Reducción de costos de empresas en el uso de telecomunicaciones inalámbricas \$ 2.91	
Despliegue de soluciones de AR/VR	Derrame económico resultado del despliegue de AR/VR en la economía colombiana \$ 2.81	Márgenes de empresas del ecosistema relacionado con la industria de AR/VR \$ 0.98	
Despliegue de Wi-Fi municipal	Aumento del PIB como resultado de incremento en la adopción de banda ancha		Excedente del consumidor derivado del acceso a

Fuentes de Valor	Contribución al PIB	Excedente del Productor	Excedente del Consumidor
	\$ 3.27		banda ancha a más alta velocidad \$ 0.75
Despliegue de puntos de acceso de Wi-Fi gratuitos	Aumento del PIB como resultado de incremento en la adopción de banda ancha \$ 3.33		Excedente del consumidor derivado del acceso a banda ancha a más alta velocidad \$ 0.83
Alineamiento de la designación de espectro con las decisiones de otros países		Beneficio relacionado con las economías de escala resultantes del alineamiento de Colombia con otras naciones avanzadas (p.e., Estados Unidos y Corea del Sur) \$ 0.12	
Aumento de la capacidad de enrutamiento de tráfico celular		Reducción de la inversión de capital como resultado del enrutamiento de tráfico celular a puntos de acceso Wi-Fi \$ 0.79	
Equipamiento de Wi-Fi		Márgenes de empresas por la producción de equipamiento Wi-Fi \$ 0.20	Excedente del consumidor resultado del uso del equipamiento Wi-Fi \$ 2.07
TOTAL	\$ 28.14	\$ 6.21	\$ 6.07

Fuente: análisis Telecom Advisory Services

El valor económico por año aumenta en el tiempo con un aceleramiento significativo hacia el final del periodo considerado debido a la capacidad de apalancamiento de la banda de 6 GHz (ver gráfico 14-1).

Gráfico 14-1. Colombia: Valor Económico de la designación 1200 MHz en la banda de 6 GHz



Fuente: análisis Telecom Advisory Services

A lo largo del estudio, se han aplicado supuestos conservadores a todas las estimaciones, con lo cual se plantea la pregunta de cuál sería el impacto si algunas premisas son más optimistas. Para ello, modificando los supuestos usados a lo largo de la investigación, desde un escenario conservador a un escenario más optimista en el despliegue y uso de la banda de 6 GHz, se obtiene que se podría generar un valor acumulado entre 2021 y 2030 equivalente a US\$ 58.93 mil millones, distribuido entre US\$ 39.69 en contribución al PIB, US\$ 9.93 en excedente del productor (lo que incluye márgenes para proveedores de tecnología colombianos, ahorro en gastos de telecomunicaciones para empresas, y ahorro en la inversión de capital de operadores celulares), y US\$ 9.31 en excedente del consumidor (beneficios para consumidores en términos de bajo costo por Mbps y velocidades de banda ancha más elevadas) (ver cuadro 14-2).

Cuadro 14-2. Colombia: Valor económico de la designación de la banda de 6 GHz para uso no licenciado (2021-2030) (en mil millones US\$), escenarios base y optimista

Fuentes de Valor	Contribución al PIB	Excedente del Productor	Excedente del Consumidor
Aumento de la cobertura y mejoramiento de la asequibilidad	Por el despliegue de la banda de 6 GHz la tasa de compartición sube de 21% a 40% \$ 6.15 - \$ 7.80		Sin escenario alternativo \$ 0.08
Aumento de la velocidad de banda ancha mediante la reducción de la congestión de Wi-Fi	Se asume que al 2030 las conexiones por encima de los 150 Mbps llegan al 50% \$ 6.78 - \$ 11.34		Se asume que al 2030 las conexiones por encima de los 150 Mbps llegan al 50% \$ 2.35 - \$ 3.53
Despliegue amplio de Internet de las Cosas	Se asume coeficiente alto de impacto de IoT estimado por Frontier Economics (9%) \$ 5.80- \$ 7.46	Se asume desarrollo del mercado local, llegando para hardware en el 2030 al 50% y en software al 90% \$ 1.21- \$ 2.18	
Reducción de los costos de telecomunicaciones inalámbricas de empresas		La reducción de precios del costo por Gb llega a un máximo en el 2025, donde los precios se estabilizan \$ 2.91-\$ 3.94	
Despliegue de soluciones de AR/VR	Se levanta el supuesto de que el impacto indirecto no puede ser superior al directo \$ 2.81 - \$ 3.22	Se asume desarrollo del mercado local, llegando para hardware en el 2030 al 50% y en software al 90% \$ 0.98 - \$ 1.41	
Despliegue de Wi-Fi municipal	Se asume que el nivel de uso de la banda de 6 GHz llega al 75% en el 2030 \$ 3.27 - \$ 4.91		Se asume que el nivel de uso de la banda de 6 GHz llega al 75% en el 2030 \$ 0.74 - \$ 1.58
Despliegue de puntos de acceso de Wi-Fi gratuitos	Se asume que el nivel de uso de la banda de 6 GHz llega al 75% en el 2030 \$ 3.33 - \$ 4.96		Se asume que el nivel de uso de la banda de 6 GHz llega al 75% en el 2030 \$ 0.83 - \$ 1.21

Fuentes de Valor	Contribución al PIB	Excedente del Productor	Excedente del Consumidor
Alineamiento de la designación de espectro con las decisiones de otros países		Sin escenario alternativo \$ 0.12	
Aumento de la capacidad de enrutamiento de tráfico celular		Se asume que en zonas rurales el ahorro de CAPEX es igual al de zonas suburbanas (15%) \$ 0.79 - \$ 1.99	
Equipamiento de Wi-Fi		Se asume escenario donde las ventas de productos Wi-Fi en banda de 6 GHz suben a la misma tasa que el uso de la banda de 6 GHz en Colombia \$ 0.20 - \$ 0.29	Se asume escenario donde las ventas de productos Wi-Fi en banda de 6 GHz suben a la misma tasa que el uso de la banda de 6 GHz en Colombia \$ 2.07 - \$ 2.91
TOTAL	\$ 28.14 - \$ 39.69	\$ 6.21 - \$ 9.93	\$ 6.07 - \$ 9.31

Fuente: análisis Telecom Advisory Services

BIBLIOGRAFIA

ABI Research, *Augmented and Mixed Reality Market Data: devices, use cases, verticals and value chain*. MD-ARMR-103, QTR 4 2019

ABI Research, *Virtual Reality Market Data: devices, verticals, and value chain*. MD-VR-108, QTR 1 2020

ABRINT (2018). *Plano de modernização e expansão de acessos com implantação de redes FTTH*

ANATEL. *Plano de Dados Abertos da Anatel*, available at:
<https://www.anatel.gov.br/paineis/acessos/banda-larga-fixa>

Benkler, Y. (2012). "Open wireless vs. licensed spectrum: evidence from market adoption". *Harvard Journal of Law & Technology*. Volume 26, Number 1 fall 2012

Blackman, J. (2020). "UK to release 6 GHz and 100 GHz spectrum for Wi-Fi in smart homes, offices, factories". *Enterprise IoT insights* (January, 27).

BNDES (2017). *Estudo Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil*.

Bohlin, E. and Rohman, I. (2012). *Does Broadband Speed Really Matter for Driving Economic Growth? Investigating OECD Countries?* Available at SSRN:
<http://ssrn.com/abstract=2034284> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2034284>. , 2013

Calabrese, M. (2013). *Solving the "Spectrum Crunch": Unlicensed Spectrum on a High-Fiber Diet*. Washington, DC: Time Warner Cable Research program on Digital Communications.

Carew, D., Martin, N., Blumenthal, M., Armour, P., and Lastunen, J. (2018). The potential economic value of unlicensed spectrum in the 5.9 GHz Frequency band: insights for allocation policy. RAND Corporation (Rand study).

Carter, K. (2006) "Policy Lessons From Personal Communications Services: Licensed Vs. Unlicensed Spectrum Access," *CommLaw Conspectus* 93

CGI.br/NIC.br, Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios 2019*

Cisco (2017). *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile data Traffic Forecast Update, 2016- 2021*. Retrieved from <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>.

CSI Market Inc : *Industry Profitability ratios*;

CompTIA (2016). *Sizing up the Internet of Things*.

Cooper, M. (2011). *The consumer benefits of expanding shared use of unlicensed radio spectrum: Liberating Long-Term Spectrum Policy from Short-Term Thinking*. Washington DC: Consumer Federation of America.

Crawford, S. (2011). *The FCC's job and unlicensed spectrum – Waldman report*. Statement to the FCC.

Ebbecke, Ph. (2019). *Road to 6 GHz in Europe*. Presentation to WLPC Prague 2019

Ford, G. (2018). *Is Faster Better? Quantifying the Relationship between Broadband Speed and Economic Growth*. Phoenix Center Policy Bulletin No. 44.

Frontier Economics (2018). *The economic impact of IoT: putting numbers on a revolutionary technology*

Frost & Sullivan (2021). *Industrial Internet of Things (IoT) revenue in Brazil (2016-2021)*.

Grimes, A., Ren, C., and Stevens, P. (2009). *The need for speed: Impacts of Internet Connectivity on Firm Productivity*. MOTU Working Paper 09-15.

Hausman, J. (1997). *Valuing the Effect of Regulation on New Services in Telecommunications*. Brookings Papers on Economic Activity, Economic Studies Program, 28(1997-1), pp. 1- 54.

Hazlett, T. (2005). "Spectrum Tragedies - Avoiding a Tragedy of the Telecommons: Finding the Right Property Rights Regime for Telecommunications" *22 Yale Journal on Regulation*

Hetting, C. (2019). "Europe's process to release 6 GHz spectrum to Wi-Fi on track, expert says", *Wi-Fi Now* (June, 2).

Hetting, C. (2020). "South Korea could become Asia's first 6 GHz nation". *Wi-Fi News* (June, 27).

IBGE, *Pesquisa de Informações Básicas Municipais* - 2014 data

Katz, R. (2014a). *Assessment of the economic value of unlicensed spectrum in the United States*. New York: Telecom Advisory Services. Retrieved from: wififorward.org/resources

Katz, R. (2014b). *Assessment of the future economic value of unlicensed spectrum in the United States*. New York: Telecom Advisory Services. Retrieved from: wififorward.org/resources

Katz, R. (2018). *A 2017 assessment of the current and future economic value of unlicensed spectrum*. Washington, DC: Wi-Fi Forward. Retrieved from: wififorward.org/resources

Katz, R. and Callorda, F. (2018). *The economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation: Econometric modelling for the Americas*. Geneva: International Telecommunication Union. Retrieved from: <http://handle.itu.int/11.1002/pub/81377c7f-en>

Katz, R. (2018). *The global economic value of Wi-Fi 2018-2023* . New York: Telecom Advisory Services. Retrieved from: wi-fi.org

Katz, R. (2020). *Assessing the economic value of unlicensed use in the 5.9 GHz and 6 GHz bands*. Washington, DC: Wi-Fi Forward. Retrieved from: wififorward.org/resources

Kongaut, Chatchai; Bohlin, Erik (2014). *Impact of broadband speed on economic outputs: An empirical study of OECD countries* , 25th European Regional Conference of the International Telecommunications Society (ITS), Brussels, Belgium, 22-25 June 2014,

Liu, Y-H; Prince, J., and Wallsten, J. (2018). *Distinguishing bandwidth and latency in households' willingness-to-pay for broadband internet speed*.

Mack-Smith, D. (2006). *Next Generation Broadband in Scotland* . Edinburgh: SQW Limited).

Marcus, S. and Burns, J. (2013). *Study on Impact of Traffic off-loading and related technological trends on the demand for wireless broadband spectrum: a study prepared for the European Commission DG Communications Networks, Content & Technology*. Brussels: European Union

Milgrom, P., Levin, J., & Eilat, A. (2011). *The case for unlicensed spectrum*. Stanford Institute for Economic Policy Research Discussion paper No. 10-036, p. 2. Retrieved from <https://web.stanford.edu/~jdlevin/Papers/UnlicensedSpectrum.pdf>.

Nevo, A., Turner, J., and Williams, J. (Mar. 2016). "Usage-based pricing and demand for residential broadband", *Econometrica*, vol. 84, No.2, p. 441-443.

Oughton and Frias (2017). *Exploring the cost, coverage and rollout implications of 5G in Britain*

PWC (2019). *Seeing is believing: how virtual reality and augmented reality are transforming business and the economy*

Rosston, G., Savage, S. and Waldman, D. (2010), *Household demand for broadband internet service* . Available at http://siepr.stanford.edu/system/files/shared/Household_demand_for_broadband.pdf.

Stevenson, C. et al. (2009). "IEEE 802.22: The first cognitive radio wireless regional area network standard," *Communications Magazine IEEE* 47 (1): 131.

Suarez, M. (2020). *Unlicensed spectrum access in the 6 GHz band. Presentation to ANATEL*

Thanki, R. (2009). *The economic value generated by current and future allocations of unlicensed spectrum*. United Kingdom: Perspective Associates

Thanki, R. (2012). *The Economic Significance of License- Exempt Spectrum to the Future of the Internet*. London

Yonhap (2020). "Unlicensed frequency band to boost Wi-Fi speed, smart factory penetration: ministry", *The Korea Herald*, (June, 27).

WISPA (2020). *Letter to the FCC Commissioners* (March 5).