

Estimación del impacto de los distintos escenarios para la banda de 6 GHz en México

Reporte comisionado por la Dynamic Spectrum Alliance

Febrero 2023



Es una organización global, intersectorial, sin fines de lucro, que aboga por leyes, reglamentos y mejores prácticas económicas que conduzcan a una utilización más eficiente del espectro y fomenten la innovación y una conectividad asequible para todos.

Para más información véase: www.dynamicspectrumalliance.org



Es una firma de estrategias de tecnología y asuntos públicos digitales enfocada en América Latina. Está abocada a asistir a empresas y organizaciones internacionales líderes a entender y actuar en el complejo contexto regional en temas como tecnologías 4.0, innovación, plataformas, infraestructura digital, educación virtual, ciberseguridad, medio ambiente y políticas institucionales para la transformación digital.

Más información, seguir: [#SurfTheLatamDigitalPolicyScene](https://twitter.com/SmCPlus) @SmCPlus

Autores



Ernesto Flores-Roux

Consultor independiente en telecomunicaciones y economía digital, con énfasis en aspectos económicos y regulatorios. Ha sido asesor de varias empresas y organizaciones como la OCDE, GSMA, CAF, BID y CEPAL. Fue socio de McKinsey & Company, Inc. en la oficina de Río de Janeiro, de la cual estuvo encargado de 2002 a 2004. De 2004 a 2008, trabajó en Telefónica en sus operaciones en México, Perú y Brasil, así como en la oficina de representación en China. Después de ser Coordinador de Asesores de la Subsecretaría de Comunicaciones de México, laboró como profesor asociado en el Centro de Investigación y Docencia Económicas. Es miembro del Consejo Consultivo del Instituto Federal de Telecomunicaciones desde su fundación, habiendo sido presidente durante cinco periodos consecutivos.



Sebastián M. Cabello

CEO de SmC+ Digital Public Affairs, y asesor de distintas empresas y organizaciones como el BID, CAF, CEPAL, Banco Mundial, la Asociación Latinoamericana de Internet (ALAI). También, se desempeña como investigador afiliado del Centro de Tecnología y Sociedad (CETyS) de la Universidad de San Andrés, Argentina. Fue el Jefe de la Asociación GSMA en América Latina entre 2010 y 2018 lideró todas las acciones, eventos y mensajes de la industria móvil durante esos años como la campaña Nos Importa, el Congreso Latinoamericano de Telecomunicaciones entre otras. Es licenciado en economía de la Universidad Nacional del Sur (UNS) de Argentina y máster en relaciones internacionales de la Universidad de California, San Diego (UCSD). Fue becario Fulbright entre 2003 y 2005.



Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional ([CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo a los autores.



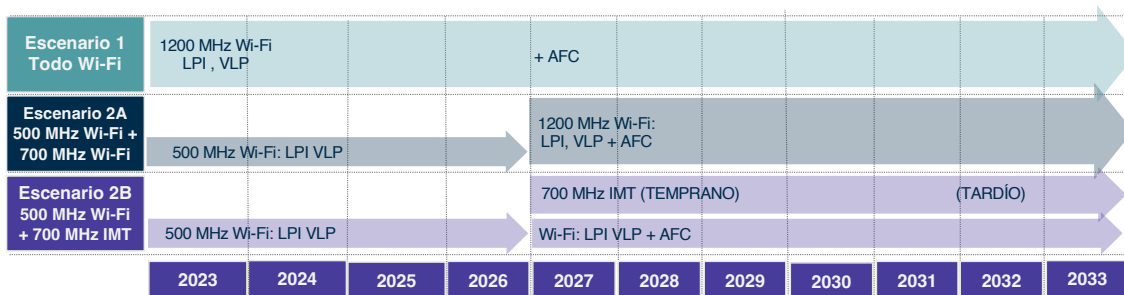
Resumen ejecutivo

Al calor de las discusiones sobre la banda de 6 GHz, se han producido distintas argumentaciones con variada precisión. Pero de ellos solo unos pocos estudios se han basado en números precisos del mercado mexicano con supuestos propios a su dinámica y expectativas de ocurrencia en el tiempo, a fin de poder ponderarlos adecuadamente para entender los costos de oportunidad subyacentes. Esto se ha dado en un contexto en el que 5G ha comenzado en 2022 a desplegarse en México, así como en Brasil y un par más de países en América Latina, además de que Wi-Fi 6 y Wi-Fi 6E está siendo implementado en las bandas actualmente designadas como de uso libre. Al día de hoy, nueve países en la región definieron habilitar 1,200 MHz en la banda de 6 GHz. Todo esto se da en un contexto en donde la fibra al hogar viene creciendo enormemente en toda la región, incluso como un recurso central de varios proveedores de internet para prestar servicios de banda ancha.

Existe un largo camino por recorrer para la industria móvil adquiriendo bandas espectrales y desplegando distintas redes conforme lo acredite la demanda y existan las condiciones económicas y regulatorias. Analizamos catorce bandas de espectro demandadas por la industria móvil por debajo de 10 GHz y se observó que seis de ellas ya se encuentran en uso para IMT y otras tres mas están en consideración para próximas licitaciones. La brecha con la demanda aspiracional máxima de espectro asignado para IMT ha estado en la última década en torno al 70%, hecho que no ha actuado como un limitante para su desarrollo.

Ordenamos las estimaciones y tendencias, de acuerdo con las opciones y posibilidades de ocurrencia en México y, en paralelo, evaluamos su impacto sectorial. Estimamos el impacto económico de las opciones que considera el país adecuando los estudios realizados por Telecom Advisory Services (2021a), GSMA (2022a) y GSMA (2022b) a partir de las estadísticas específicas del país con base en flujos de valores de impacto realistas en su tiempo posible de ocurrencia, algo de vital importancia para determinar su valor real. Esto nos permitió hacer comparables los resultados a valor presente neto (VPN). También realizamos una estimación de los posibles impactos sectoriales en la industria de maquiladoras, automotriz, electrónicos, petróleo y gas, logística y seguridad, turismo y tiempo libre, banca y finanzas, comercio al menudeo, salud, construcción y servicios corporativos y de gobierno.

Ilustración 1. Cuatro escenarios posibles para la banda de 6 GHz en México



Fuente: SmC+ Analisis

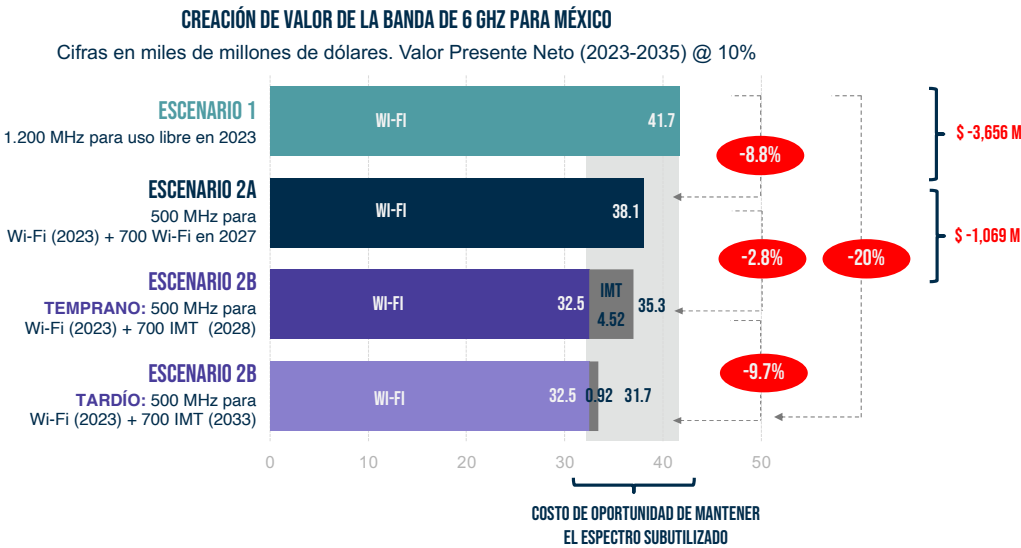
Evaluamos cuatro escenarios posibles de acuerdo con las opciones que está considerando el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). Examinamos a partir de cuándo los subsegmentos de espectro en 5,925-7,125 MHz van a derivar beneficios a México estimando el valor presente neto de las distintas alternativas motivadas por hitos posibles.



- **Escenario 1: 1200 MHz para uso libre en 2023.** Los beneficios comienzan a realizarse en el corto plazo por disponibilidad de equipos y ausencia de problemas de despliegue. Inicialmente, solo se considera su uso en Baja Potencia en Interiores (LPI por sus siglas en inglés) y Muy Baja Potencia (VLP) para dispositivos portables. Los servicios de Potencia Estándar con coordinación automatizada de frecuencias (AFC) se habilitan a partir de 2027; la habilitación del espectro para este tipo de uso no está siendo considerada en este momento por el IFT.
- **Escenario 2: Habilitar 500 MHz para uso libre en 2023 y esperar al menos 4 años para definir el uso del resto de la banda.**
 - **Escenario 2A: Se designan como de uso libre los 700 MHz de la parte alta de la banda en 2027.** De esta manera, se completan los 1,200 MHz para uso libre, comenzando a generar beneficios en ese mismo año.
 - **Escenario 2B: Se asigna la parte alta de la banda de 6 GHz para IMT en 2027 a licenciatarios de servicio móvil.** Luego de la CMR 27 y un panorama más claro de la disponibilidad de equipamiento IMT y la existencia de demanda real de los operadores, se licitaría esta banda de acuerdo con dos posibilidades:
 - **Tempranamente en 2027.** Con equipamiento disponible en 2026 la banda es asignada en otros países, los operadores mexicanos la demandan para expandir 5G y el IFT la licita en 2027. Esto implica que, luego del despliegue de esta red, se puedan generar beneficios a partir de 2028.
 - **Tardíamente en 2033.** A pesar de que el equipamiento esté estandarizado, su disponibilidad y compatibilidad con México tarda en efectivizarse al igual que la demanda de los operadores mexicanos por adquirir la frecuencia. Esta banda se licita para IMT en 2032 y empieza a impactar luego del tendido de red y difusión de los equipos en 2033.

La maximización de valor social, económico y sectorial para México se obtiene al habilitar toda la banda (5,925 – 7,125 MHz) en el corto plazo para uso libre. Al normalizar los resultados presentados por distintos trabajos presentados y ajustarlos a su probabilidad de ocurrencia en el tiempo nos permite observar el impacto que puede tener cada uno de los escenarios estudiados.

Ilustración 2. Valor Presente Neto de los distintos escenarios en consideración para la banda de 6 GHz



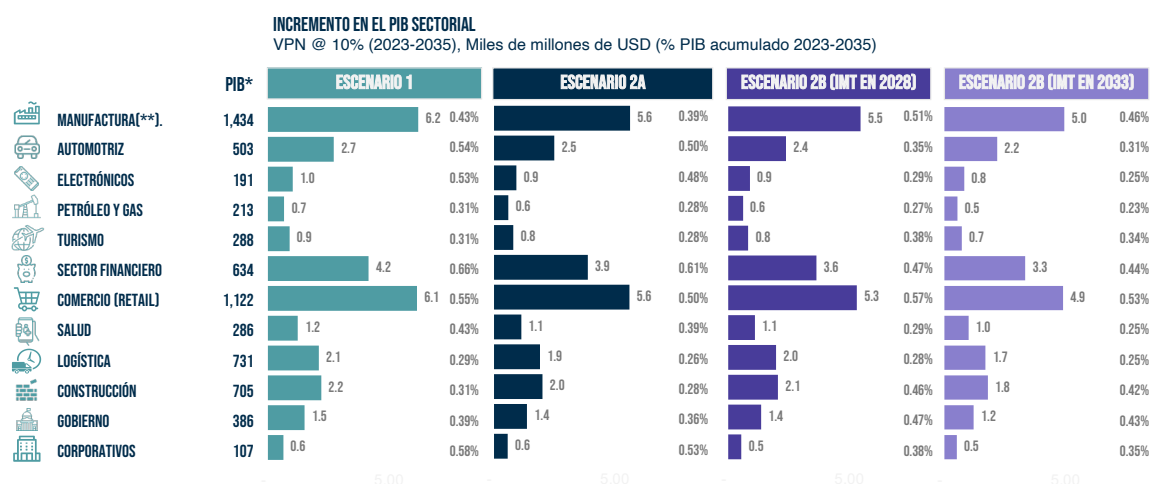
Fuente: SmC+ Analisis



- Los resultados ordenados reflejan la ventaja que posee habilitar los 1,200 MHz de la banda de 6 GHz para el uso libre, porque su demanda es actual y concreta, existen equipos, dispositivos y aplicaciones que pueden hacer uso de la banda y generar beneficios para los usuarios y la economía en su conjunto en el corto plazo. Este es además el escenario por el que han optado 9 países del continente americano que representan un 76% en términos poblacionales.
- Los usos para IMT como el 5G sin duda pueden tener un alto impacto, pero su posible necesidad de espectro en la banda de 6 GHz mantendría un recurso escaso semi-ocioso o ineficientemente usado por prácticamente una década, y su contribución atribuible específicamente a esta banda será marginal.
- Las decisiones incrementales que implican definir 500 MHz en el corto plazo en la parte baja de la banda para uso libre, y dejar para más adelante una decisión sobre el segmento de 6425 a 7125 MHz como lo muestran los escenarios 2A y 2B temprano y tardío, que conllevan un costo de oportunidad. En efecto, tanto si se decide completar la decisión anterior y extender el Wi-Fi hasta los 7125 MHz (escenario 2A) o realizar una licitación en esa parte de la banda para IMT (escenario 2B), habrá una pérdida a valor presente de USD 3,656 mil millones (9.6%) para el primer caso o de USD 4,675 mil millones (11%) respecto al escenario 1.
- El costo de oportunidad entre el escenario 1 y el 2B tardío (quizás el más probable para los países en desarrollo como los latinoamericanos) deja una pérdida de valor en torno a los USD 10 mil millones (-20%).

A nivel sectorial se observa que el impacto en México es mayor en industrias más fácilmente automatizables y cuya integración derivada del T-MEC es estimulada. La integración económica con los vecinos del norte, hoy estimulada por las oportunidades del *nearshoring*, se ve patente cuando se analizan las implicaciones en distintos sectores, particularmente en las “maquiladoras”, y en el sector automotriz. Sin duda la eficientización de procesos, soluciones y aplicaciones de negocios que se apoyen en la disponibilidad de canales con gran ancho de banda, con menor probabilidad de congestión, refleja diferenciales de impacto significativos con pérdidas de valor de USD 1,260 millones para la industria de la manufactura, de los cuales USD 547 millones provienen del sector automotriz, entre el escenario 1 y el 2B tardío. La integración de México con sus socios del norte, que ya adoptaron el escenario 1 y están señalando al sector privado el modelo de conectividad que tendrán disponible, creará oportunidades para un ecosistema de soluciones el cual no debería verse limitado por disponibilidad de espectro.

Ilustración 3. Impactos sectoriales de los escenarios considerados



Nota: * PIB anualizado al tercer trimestre de 2022 (INEGI) ** Manufactura excluye sector automotriz y electrónicos

Fuente: análisis SmC+



A los resultados cuantitativos comparados deben agregarse varias razones de tipo cualitativo por las cuales la totalidad del espectro de 6 GHz habilitado para uso libre va a brindar los mayores beneficios para México. Existen diversos elementos difíciles de cuantificar pero que constituyen razones fuertes para un país como México para decidir en poner a producir toda la banda de 6 GHz sin especulaciones que le resulten costosas. Aquí destacamos evidencias importantes en lo que hace a la maximización del aprovechamiento de un recurso nacional y la posibilidad de mayor competencia gracias a la coexistencia de servicios considerando además que los usuarios podrán disfrutar de mejoras en eficiencia en el consumo de internet, beneficiarse de su evolución futura, a través de un “*leapfrogging* tecnológico” de menor costo. También resaltamos los beneficios de continuar con la tendencia de armonización regional ya fuertemente encaminada para consolidar las economías de escala en equipos al igual que la posibilidad de evitar pasivos regulatorios que resultan a todas luces evidentes ante la evolución de las tendencias actuales y el comportamiento natural de los usuarios.

Ilustración 4. Diez razones por las que el IFT debería definir ya los 1,200 MHz de la banda de 6 GHz como espectro de uso libre



Fuente: SmC+ Analysis

Contenidos

Contexto y objetivos de este estudio	8
Las demandas de espectro de la industria móvil y el “enfoque balanceado”	11
La importancia de la armonización regional	16
Los escenarios de la banda de 6 GHz en México	19
Los escenarios posibles en consideración	19
Metodología para la homologación de los escenarios con base en los estudios ya realizados	21
Supuestos generales para la configuración de los escenarios	22
Escenario 1: 1,200 MHz para Wi-Fi en 2023	27
Escenario 2B: 500 MHz para Wi-Fi en 2023 y 700 MHz para IMT en 2027 o 2032	34
Resultados finales comparados	37
Los impactos sectoriales sobre los escenarios estudiados	38
Resumen de los hallazgos y recomendaciones	42
01: Maximización del uso del espectro y su costo de oportunidad	42
02: Oferta de servicios y competencia	43
03: Integración económica dentro del T-MEC y homologación de soluciones industriales	43
04: Uso y eficiencia en el consumo de internet por parte de los usuarios	44
05: La evolución tecnológica del Wi-Fi	44
06: La oportunidad para el “leapfrogging” tecnológico y los costos	45
07: Las economías de escala regionales	46
08: La coexistencia de servicios y la interferencia	47
09: Los pasivos regulatorios (y la discusión de quién debería asumirlos)	47
10: La maximización de valor social, económico y sectorial para México se observa con 1,200 MHz para el uso libre	48
Anexos	49
Estimación del valor generado por designar 500 MHz en vez de 1,200 MHz de la banda de 6 GHz	49
Metodología para la estimación de los impactos sectoriales	56
Referencias	59

Contexto y objetivos de este estudio

En los últimos diez años, se ha visto un mayor auge de estudios que han buscado dar cuenta de las contribuciones económicas de distintos servicios de conectividad. Esto ha ayudado a los decisores de políticas públicas a considerar los costos y beneficios de las distintas opciones tecnológicas a habilitar o promover, y también, a considerar el costo de oportunidad perdida ante alternativas mutuamente excluyentes. Desde los estudios de la economía móvil de la GSMA representando a la industria móvil hasta los del valor global del Wi-Fi de la Wi-Fi Alliance, se ha podido conocer la estimación del impacto económico directo e indirecto de estas tecnologías, y sobre todo, realizar proyecciones a futuro.

En efecto, algunos de estos trabajos han servido para tomar decisiones que han sido clave para la evolución del ecosistema de conectividad de un país o una región, en particular las que han estado enfocadas sobre el uso del espectro radioeléctrico. Desde el llamado “dividendo digital” que producía la digitalización de la TV, hasta los planes de banda que permitan coexistir o reutilizar (“*refarming*”) bandas de espectro reasignando los usos legados, estos estudios han permitido que se pudiesen maximizar los beneficios económico-sociales de un recurso nacional escaso de propiedad de los Estados nacionales. Algunos trabajos relevantes para México nos indicaban que la expansión móvil de 4G a 5G para distintos escenarios de cobertura y CAPEX podía impactar en USD 48.5 a 68.4 mil millones para 2030, equivalente a 0.4 y 0.56% del PIB (Katz, Cabello 2019) o que para 2035 el 5G promovería un valor económico y social de hasta USD 735 mil millones (OMDIA 2020).

Desde que la FCC de los Estados Unidos habilitara 1,200 MHz en la banda de 6 GHz (5,925 – 7,125 MHz) en abril de 2020, el debate sobre los posibles usos alternativos de esta banda fue haciéndose más intenso; una parte importante de la discusión ha sido la conveniencia de alinearse con esa decisión, principalmente para los países de ese hemisferio (Región 2 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT). Al calor de las discusiones se han producido distintos trabajos que fueron sumando estimaciones específicas para México tales como:

- **Valor económico del Wi-Fi.** El valor económico acumulado entre el 2021 y 2030 resultante de la designación de la banda de 6 GHz para uso libre (principalmente Wi-Fi) en México sumaría USD 150.27 mil millones, distribuidos en USD 71.96 mil millones de contribución al PIB, USD 56.18 mil millones en excedente del productor y USD 22.13 mil millones en excedente del consumidor (Telecom Advisory Services, 2021a).
- **Valor económico de las bandas medias de espectro para IMT.** El uso de 5G en bandas medias de espectro (por ejemplo, las llamadas “medias-bajas” 1,500 MHz, 1.7-2.1 GHz, 1,800 MHz, 1,900 MHz, 2,100 MHz, 2,300 MHz y 2.600 MHz y las “medias-altas” como 3.3–4.2 GHz, 4.5–5.0 GHz y 5,925–7,125 GHz) contribuirán en USD 41 mil millones al PIB latinoamericano en 2030, del cual México representaría un 15% (USD 6.15 mil millones) (GSMA 2022a).

Otros trabajos, principalmente desde el campo de la industria móvil, fueron agregando elementos o argumentaciones con supuestos de variada precisión o utilidad para el caso de los países de la Región 2 o de México en particular. A continuación, detallamos algunos de los supuestos o conclusiones clave de ellos:

- **Tráfico en zonas de alta demanda.** El trabajo de Coleago (2021) para GSMA, que estudia a 36 metrópolis globales de alta demanda como la Ciudad de México, concluyó que en promedio esta industria necesita 2,020 MHz de espectro entre 2025 y 2030 para que la tasa de transferencia móvil pueda ofrecer 100 Mbps de bajada y 50 Mbps de subida para poder soportar 1 millón de conexiones por km². Si no se alcanza ese



objetivo, según el estudio, las redes móviles funcionarán más lentamente y serán más costosas para los usuarios¹.

- **Velocidades y beneficios.** El trabajo GSMA (2022b) estima que los valores esperados en PIB de México de 2035 para el uso completo licenciado de la banda de 6 GHz sean 0.2% y solo la parte alta 0.1% en zonas de alta densidad habitacional en tanto la banda ancha fija ofrezca velocidades menores a 5 Gbps. Si las velocidades de la banda ancha fija supera ese valor y no hay otras bandas altas para descarga de tráfico, el valor del Wi-Fi supera a lo que sería un escenario partido entre ambas. El estudio supone que el espectro de 6 GHz se comienza a utilizar para servicios IMT en 2025.² Este trabajo también cuestiona el *offloading* de móvil a Wi-Fi y postula que podría haber *onloading* a futuro por las mayores velocidades de 5G y las limitaciones de los planes de banda ancha fija, así como la existencia generalizada de planes de banda ancha móvil sin límite de consumo.
- **Equipamiento.** El trabajo GSMA (2022c) proyecta la disponibilidad posible de equipamiento 3GPP en banda n104 (6 GHz) y estima que la primera ola de equipos estará disponible para fines de 2024 y con escala comercial para comenzar a desplegarse en 2025. A su vez, al encuestar a varios operadores líderes, encuentra que un 37% de los operadores encuestados demandarán la asignación de la banda de 6 GHz para redes móviles entre 2027 y 2030 y un 25% después de 2030. Respecto del equipamiento de Wi-Fi 6E, se toma como referencia lo reportado por Intel que destaca que más de 1200 dispositivos que soportan esta banda en cuestión han sido lanzados comercialmente para fines de 2022³.

Los supuestos de estos trabajos para construir un futuro de evolución tecnológica, inversiones y demanda posible, poseen múltiples elementos debatibles que condicionan los resultados y que, a su vez, son de alta improbabilidad o inaplicabilidad para México. Por ejemplo, los estudios no reflejan los momentos de ocurrencia en el tiempo, o bien extienden las proyecciones de tráfico altamente urbano a todo un territorio. Tamoco, estas aproximaciones consideran la razonabilidad del costo de despliegue en una banda media-alta como 6 GHz, en particular cuando su modelo de negocios y retorno no está completamente claro, menos aún en lugares de bajo ingreso medio por usuario (ARPU por sus siglas en inglés)⁴.

En efecto, las condiciones regulatorias y de la demanda en América Latina han hecho que 5G sólo haya comenzado a desplegarse de manera generalizada en 2022, con cuatro años de retraso con respecto a los líderes del mundo desarrollado; todavía quedan grandes economías de la región, como Colombia o Argentina, que aún no han licitado frecuencias para este servicio. De todas las bandas consideradas para 5G, la banda de 3.5 GHz es la única que observa demanda real y despliegues; las bandas milimétricas asignadas todavía no cuentan con infraestructura en la región⁵. Es importante mencionar que un par de operadores móviles,

¹ Este reporte supone que la Ciudad de México cuenta con 6.236 macrositios y, si no llegara a haber suficiente espectro en bandas medias, será necesario desplegar 255 micrositos ("small cells") por km²; es decir, un total de 220.258. Si por el contrario estuviese disponible ese espectro, se necesitarían solo 18,708 micrositos.

² Argumenta que Wi-Fi no va necesitar espectro adicional hasta tanto las velocidades de banda ancha fija sean mayores a 5 Gbps, algo que consideran que no va a ocurrir hasta quizás 2030. [Nota: las velocidades ofrecidas por los proveedores de internet de México ya incluyen planes de 1 Gbps a nivel nacional a la fecha de escribirse este reporte].

³ Véase por ejemplo ["Intel says Wi-Fi 6E device count surpasses 1200 & fresh rumours about Apple iPhone 15 Wi-Fi 6E support"](#) January 31, 2023, Wi-Fi Now by Claus Hetting, que releva un total de 1262 dispositivos, entre los que se destacan 50 tipos de TV, 136 puntos de acceso, 90 teléfonos y 986 computadores personales.

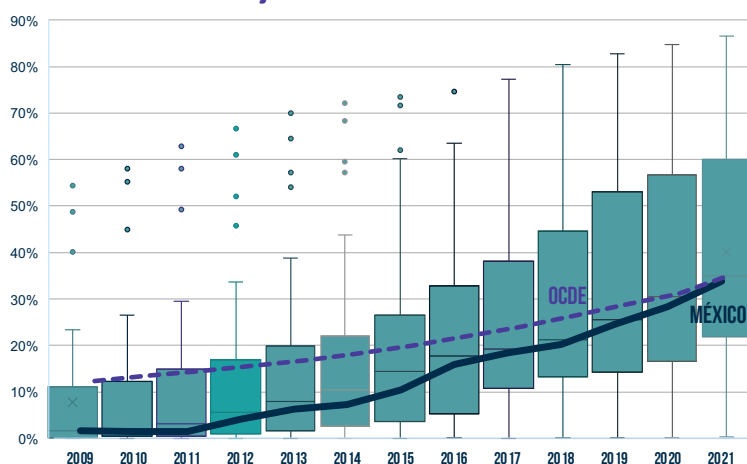
⁴ Se ha argumentado sobre el posible uso de esta banda para el cierre de la brecha digital mediante la provisión de servicios inalámbrico-fijos (FWA, por sus siglas en inglés), sin tener en cuenta que ésta es una banda media-alta y que sus costos de despliegue y nivel de tráfico no permitirían que fuera una inversión viable para zonas rurales o no cubiertas actualmente. Los servicios FWA, hasta hoy concentrados en 4G, aspiran además poder cobrar por calidades diferenciadas a futuro.

⁵ Esto no solo es un fenómeno de América Latina sino global, a pesar de que Brasil y Chile licitaron estas frecuencias en 2021. El caso más resonante ha sido Corea, donde el regulador canceló la asignación hecha en la banda de 28



notablemente Movistar y AT&T en México, han devuelto algunas de sus tenencias de espectro en bandas medias principalmente por el alto precio de los derechos de uso⁶. Otros operadores en general dudan del modelo de negocios aplicado a una región de ingresos medios-bajos y limitado desarrollo industrial que permita hacer despegar el Internet de las Cosas (IoT) de mayor valor agregado⁷. A esto puede sumarse las persistentes dudas sobre la rentabilidad de los servicios inalámbrico fijos (FWA)⁸ sobre los que se espera tener ingresos adicionales por calidades diferenciadas y su viabilidad para soportar la demanda de tráfico que se espera, y por ende, su capacidad para cerrar la brecha digital en zonas remotas⁹.

Ilustración 5. Conexiones de fibra óptica sobre el total de conexiones de banda ancha fija a diciembre de 2021



Fuente: OECD Broadband Portal. Nota: Los "boxplots" representan el rango de valores observados en los países de la OCDE que incluye el 50% de las observaciones; el resto son los países más alejados de la mediana.

Desde los cuestionamientos hacia Wi-Fi 6E, se ha señalado la todavía limitada disponibilidad de equipamiento en los países que ya han habilitado la totalidad de la banda para estos servicios. En efecto, la producción y oferta comercial de los más de 1,200 dispositivos lanzados ha tenido una demanda principal orientada al mercado de Estados Unidos, pero se ha visto que las homologaciones han venido creciendo en los países de la región. Por ejemplo, a febrero de 2023 se reportaban más de 45 dispositivos homologados por la ANATEL de Brasil¹⁰ y es razonable pensar que esa cifra se va a ir acelerando significativamente en los dos próximos años al haber ya un tamaño de mercado disponible de más de 730 millones de habitantes y 241 millones de hogares.

Como vemos, considerar estas circunstancias y ponderarlas adecuadamente resulta clave para definir las tendencias realizar estimaciones que puedan ser de utilidad para los tomadores de decisión de un país que, como México, está estudiado las alternativas, beneficios y costos de

GHz por la falta de inversiones que se concentran actualmente en la banda de 3.5 GHz. Véase ["South Korea cancels 5G 28 GHz spectrum allocation to telcos due to 'lack of spending'"](#), ZDNET Nov, 18 2022.

⁶ A los casos de México pueden sumarse el de Movistar en Colombia, que devolvió espectro que tenía para uso temporal, o el cierre de Digicel en Panamá liberando todas sus tenencias, ambas en 2022.

⁷ Véase por ejemplo Telesemana: ["El 5G está pensado para Estados Unidos y Europa y no vemos un business case súper fuerte para desarrollar"](#), 15 de noviembre de 2022.

⁸ También se ha destacado como barrera para el desarrollo de FWA el costo de los dispositivos y que las zonas rurales ya esta cubierta por fibra e ISPs de bajo costo. Véase por ejemplo ["FWA necesita ser competitivo con la fibra óptica, dice CEO de Claro Brasil"](#), por Mirella Cordeiro, DPL News, 10 febrero, 2023.

⁹ Véase también otros casos destacados en BNAmericas: ["Por qué no es factible aún el acceso inalámbrico fijo 5G en Latinoamérica"](#), 3 de junio de 2022.

¹⁰ Tomado del panel de datos abiertos de ANATEL <https://informacoes.anatel.gov.br/paineis/certificacao-de-produtos/consulta-de-produtos>



asignar un recurso nacional escaso. La generalidad de los estudios transversales que incluyen a muchos países obliga a que solo se tomen unas pocas variables y datos observados actuales y que de manera limitada se reflejen sus dinámicas propias y la probabilidad de su ocurrencia en el tiempo. Al tiempo que 5G está siendo desplegado en este país por dos operadores nacionales en las bandas de 3.5 y 2.5 GHz, se está observando un crecimiento acelerado de la fibra al hogar (FTTH/B), replicando lo que sucede hoy en el mundo desarrollado. De acuerdo con los datos de la OCDE, México observó un crecimiento de suscripciones de fibra de un 28.4% entre 2020 y 2021, alcanzando 8.2 millones, creciendo por encima del promedio de esos países (18,6%) y cerrando ese año con un 33.9% de penetración sobre el total de las conexiones de banda ancha fija¹¹.

Este trabajo se propone ordenar estas estimaciones para que sean comparables, de acuerdo con las circunstancias particulares de México, y, en paralelo, sumar elementos de impacto sectorial. Nuestros objetivos son los siguientes:

1. **Evaluar y discriminar los resultados de los principales estudios presentados, tales como Telecom Advisory Services (2021) y GSMA (2022a), para poner sus conclusiones en los mismos términos y hacer un análisis comparado de los beneficios y costos de oportunidad subyacentes.**
2. **Estimar el impacto económico a valor presente precisamente de las opciones que considera México, como parte de la Región 2 de la UIT, ajustando los hitos fundamentales a los momentos de mayor probabilidad de ocurrencia.**
3. **Tomar las estadísticas más recientes del país para llegar a flujos de valores de impacto realistas a valores actuales y fundamentados de acuerdo con el comportamiento de la demanda de uso de internet, uso del espectro y demanda de ese recurso, entre otras.**
4. **Aportar con estimaciones no solo nacionales sino también sectoriales de cómo pueden impactar los distintos escenarios para las industrias de exportación (maquiladoras), automotriz, electrónicos, hidrocarburos, logística y seguridad, turismo y tiempo libre, banca y finanzas, ventas al menudeo y comercio electrónico, salud y también usos nuevos digitales (RV/RA, gaming, equipos portables, metaverso, etc.).**

Las demandas de espectro de la industria móvil y el “enfoque balanceado”

La industria móvil requiere continuamente de más espectro para soportar la enorme cantidad de personas y cosas que se están conectando a internet a través de esas redes. De acuerdo con el último reporte de La Economía Móvil de América Latina 2022 (GSMA 2022e), el número de usuarios únicos de internet móvil a fines de 2021 excedía los 380 millones, equivalente a 60% de la población (71% en México). Todavía un 36% de la población de la región no es usuaria de esos servicios (la llamada brecha de uso) y otro 4% vive en zonas no cubiertas (brecha de cobertura). En tanto, de acuerdo con cifras del Banco Mundial para fines de 2020, el acceso a internet alcanzaba el 74% de la población con México ubicado en ese promedio regional.¹²

¹¹ Véase “Fibre overtakes cable as the primary fixed broadband technology in OECD countries”. July 2022.

¹² Esta penetración fue confirmada por la ENDUTIH 2021 (INEGI, 2022). De acuerdo a esta encuesta, hay 88.6 millones de usuarios de internet, lo que representó 75.6% de la población de seis años o más.



Desde comienzos de la década pasada se han utilizado algunos trabajos publicados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) como referencia recomendada para la asignación de espectro para “el desarrollo de IMT e IMT Avanzado” a las administraciones. Es así como en la Tabla 1 del reporte ITU-R M.2078 (2006)¹³ se daba una orientación del espectro necesario para 2010, 2015 y 2020 para las zonas de alta demanda donde se consignaban valores totales que necesitaba esta industria de 840 MHz, 1,300 MHz y 1,720 MHz respectivamente. Este documento luego fue actualizado en el ITU-R M.2290-0 (2013)¹⁴ que recomendaba para el año 2020, un total de 1,340 MHz para las zonas de baja demanda y 1,960 MHz para las de alta demanda.

En la tabla a continuación puede verse la evolución del espectro asignado en México, y en promedio de América Latina tal como lo ha reportado la Asociación 5G Americas, y la relación con ese objetivo aspiracional teórico fijado en 2013. Como primera conclusión que puede deducirse de dicho contraste es que la recomendación para las zonas de alta demanda se ha mantenido alrededor de entre 3 y 4 veces lo realmente asignado, tanto para México como para América Latina. Este hecho no ha impedido que crezcan los servicios y suscriptores y se desplieguen sucesivamente nuevas versiones de las distintas tecnologías 3G, 4G y 5G. Si bien el tráfico de datos ha aumentado considerablemente, no se ha llegado a cuellos de botella de calidad de servicio que no haya podido ser sorteado por los proveedores de servicio.

Ilustración 6. Brechas de espectro asignado (en MHz) para IMT de México y el promedio Latinoamericano según 5G Americas

	MEXICO	PROMEDIO LATINOAMÉRICA	ITU ALTA	BRECHA MÉXICO	BRECHA LATINOAMÉRICA	FUENTE Y VÍNCULO
2016	314	330	1960	84%	83%	5G Americas (Abr 2016)
2018	584.3	363.8	1960	70%	81%	5G Americas (Sep 2018)
2020	524.9	392.1	1960	73%	80%	5G Americas (Jun 2020)
2022	568.2	470.4	1960	71%	76%	5G Americas (Sep 2022)

Fuente: análisis de los autores. Nota: el valor provisto para 2022 por IFT es de 740 MHz y diferente del de 5G Américas (568.2 MHz). Se mantienen los valores de 5G Americas por consistencia con la serie y los valores regionales.

La GSMA, por su parte, ha definido sus aspiraciones en la necesidad de contar para 2030 con 2 GHz de espectro en bandas medias¹⁵ y 5 GHz en bandas milimétricas¹⁶. Al respecto de las bandas bajas, asegura que contar con la banda de 600 MHz va a permitir mejorar las velocidades entre un 30 y un 50%. Como se mencionó anteriormente, el estudio comisionado por dicha asociación de la industria móvil a Coleago (2021) indica que en la Ciudad de México, si existiese una falta de 800-1,000 MHz en bandas medias, obligaría a que se desplegaran 178.326 más *small cells*, lo cual representaría un costo adicional de USD 5.8 mil millones (4.9 veces el costo actual estimado). De acuerdo con este reporte, contar con espectro en bandas medias permitiría a cada celda soportar entre 3.5 y 6 veces más hogares.

Sin embargo, cada nueva banda de espectro requiere de un despliegue de red y equipamiento particular que la soporte, así como un costo que debe considerarse por la adquisición y

¹³ Véase ITU (2006): [Estimación de los requisitos de anchura de banda de espectro para el futuro desarrollo de las IMT-2000 y las IMT Avanzadas](#)

¹⁴ Véase ITU (2013): [Future spectrum requirements estimate for terrestrial IMT](#).

¹⁵ Véase GSMA: [5G Spectrum Guide](#) – Everything you need to know.

¹⁶ Véase GSMA [Vision 2030: mmWave Spectrum sets the stage for big benefits](#), 30 June 2022.



mantenimiento de sitios. Tal como señala la propia GSMA (2019)¹⁷, el costo de la infraestructura de red de acceso (RAN) es el segundo componente, luego de la energía, que eleva los costos de despliegue de 5G entre un 45-50% respecto el caso de referencia de 4G. Estos detalles son muy importantes para entender el enorme desafío de transformación que tienen por delante estos operadores para poder ofrecer 5G, si como se observa el costo incremental puede llegar al 71% si se aspirase un rápido despliegue que cubra el 80% de la población atendiendo a los mercados del consumidor y empresarial, en un período de 4 años. Ese mismo reporte ofrece algunas opciones intermedias para optimizar esos costos, desde la compartición de los elementos pasivos y activos de red (p.ej., el espectro) hasta la virtualización, o incluso, enfocarse primariamente en el mercado empresarial.

Estas circunstancias tan desafiantes respecto del despliegue y la demanda teórica o aspiracional de máxima de espectro a futuro del mundo móvil deben necesariamente ser contrastadas con otras circunstancias reales, entre las que se destacan por lo menos cuatro: los planes de asignación futuros, el costo, el uso efectivo del espectro, y, finalmente, los ingresos incrementales potenciales de los nuevos servicios que permitirían invertir de manera rentable en lo demandado.

En el primer caso, los planes de asignación a futuro es importante que sean contrastados con las demandas específicas para poner en perspectiva su razonabilidad. A continuación, se detallan las ambiciones de la industria móvil liderada por la Asociación GSMA y las consideraciones hechas por el IFT en sus Programas Anuales de Uso y Aprovechamiento de las Bandas de Frecuencias para cada una de ellas. Hemos incluido la banda de 10 GHz por estar en consideración por el Instituto.

Ilustración 7. Demandas de bandas bajas y medias para servicios IMT por parte de la industria móvil y su situación en México

BANDA	RANGO	SITUACIÓN MÉXICO
600 MHz	617 – 652 x 663 – 698 MHz	En consideración para IFT-12
1.5 GHz	1427-1518 MHz	En consideración para IMT (IFT-12)
1.8 GHz	1710 – 1785 x 1805 - 1880 MHz	No aplica
PCS	1850 -1915 x 1930 - 1995 MHz	Servicios IMT. En consideración 30 MHz para IFT-12
AWS	1710-1755 x 2110 - 2155 MHz	Servicios IMT. En consideración 10 MHz para IFT-12
2.1 GHz	1920 – 1980 x 2110 – 2170 MHz	Servicios IMT
2.3 GHz	2300 - 2400 MHz	Servicios IMT. En consideración para IFT-12
2.6 GHz	2500 - 2690 MHz	Servicios IMT
Baja 3.5 GHz	3.3 – 3.7 GHz	Hasta 3.45 GHz en uso para servicios IMT. En consideración 50 MHz para IFT-12
Alta 3.5 GHz	3.7 – 4.2 GHz	Servicios satelitales
4.8 GHz	4.8 – 5 GHz	
Baja 6 GHz	5.925 – 6.425 GHz	Enlaces fijos y satelitales. En consideración para uso libre
Alta 6 GHz	6.425 – 7.125 GHz	Enlaces fijos y satelitales. En consideración para uso libre
10 GHz	10.000 – 10.500 GHz	En consideración para IMT (500 MHz)

Fuente: análisis de los autores con base en GSMA (2021) "Vision 2030: Insights for Mid-band Spectrum Needs" e IFT en base a los Programas 2022 y 2023.

¹⁷ Véase modelos de costos en [5G-era Mobile Network Cost Evolution](#) realizados para un operador europeo operando 5G en el rango 3.4-3.6 GHz desplegando entre 2021-2025 versus el caso de referencia de 4G con costos anuales promedio observados entre 2013-2018.



De la observación de la situación de todas estas bandas bajas y medias demandadas, se distingue que varias de ellas ya están en uso y otras son efectivamente consideradas para una futura asignación por el Instituto¹⁸. De los catorce segmentos listados, seis ya se encuentran en uso para servicios IMT y otros tres más en planes; por tanto, no se observa que falte un “enfoque balanceado” que perjudique precisamente a los servicios licenciados. El solo ampliar la mirada sobre todas las bandas posibles aquí listadas, incluso dejando de lado otras por debajo de 1 GHz y las milimétricas también en consideración para próximas licitaciones, se observa que la industria móvil ya ha recibido y sigue aspirando a un portafolio bastante extenso diverso de bandas¹⁹.

En el segundo caso, el costo de los derechos anuales de espectro en México ha obligado a distintas compañías operadoras de servicio móvil a devolver algunas de sus tenencias:

- Desde 2019 a la fecha Telefónica México ha retornado 20 MHz en la banda de 850 MHz y 30 MHz en la banda de 1,900 MHz en distintas regiones el país, al igual que 40 MHz en la banda de 2,600 MHz.
- Durante el mismo período el operador AT&T México retornó 3 MHz de espectro en la banda de 850 MHz y 10 MHz en la banda de 1,700 / 2,100 MHz en distintas regiones.

Esta situación respecto al costo de las tenencias de espectro ha llevado a que en licitaciones recientes como la IFT-10 realizada en 2021 hayan quedado 38 bloques desiertos sobre un total de 41 bloques. Podría decirse entonces que, hoy en día, en México, el costo del espectro (guante + derechos) hace más rentable crecer en número de sitios para hacer un uso más intensivo del espectro actual que adquirir y poseer más espectro. En cualquier caso, vale señalar que compartimos la preocupación por los costos del espectro, que a su vez es reconocida por todos los expertos y sectores (incluso aquellos enfrentados al respecto del uso de la banda de 6 GHz), tanto para México como para todos los países en general, ya que está afectando la sostenibilidad de las inversiones y condicionando los servicios que se pueden ofrecer a futuro²⁰.

Tercero, es importante destacar que muchas frecuencias no tienen un uso intensivo más allá de los grandes aglomerados urbanos y que lleva a disputas de competencia y mediciones respecto de la eficiencia de las asignaciones existentes tal como se ha visto en Chile²¹ o en Costa Rica²² y que ha impulsado regulaciones también en Perú²³. Entrar en el terreno de la evaluación del uso eficiente conlleva a incluir múltiples puntos de vista donde no hay consenso;

¹⁸ El IFT ha informado en su Programa Anual de Trabajo 2022 (PAT 2022) que contempla planes para licitar frecuencias de 4G y 5G en 2023 (licitación IFT-12, por un total de 330 MHz). Se podrían esperar despliegues e impacto para 2024 a través de poner a disposición bandas bajas como 600 MHz, 824 - 849 / 869 - 894 MHz, 3.3 a 3.45 GHz, 1500 MHz, y las devueltas por Telefónica en 2,550 MHz-2,570 MHz/2,670 MHz-2,690 MHz. Además, en su “Programa Anual de Uso y Explotación de Bandas de Frecuencias 2023” ha identificado un total de 7,750 MHz en el rango de ondas milimétricas (*mmWave*) para 5G a partir de 2023 en las bandas de 26 GHz (24.25 GHz-27.5 GHz), 38 GHz (37 GHz-40 GHz) y 42 GHz (42 GHz-43.5 GHz), que están disponibles a nivel nacional. Este plan, a su vez, identificó el espectro en las bandas 1,755 MHz-1,760 MHz/2,155 MHz-2,160 MHz (AWS); 1,850 MHz-1,915 MHz/1,930 MHz-1,995 MHz (PCS) como disponibles para sumar a futuras licitaciones.

¹⁹ Vale destacar también que la banda de 6 GHz no estuvo entre las demandas prioritarias para la Región 1 en la Conferencia Mundial de Radio de 2019 (CMR-19) y por eso no se convirtió en tema de agenda para la conferencia CMR-23 (solo la porción de 7025 a 7125 MHz esta para discusión a nivel global). La demanda del mundo IMT sobre esta banda fue reactiva y comenzó luego de la definición de los E.U.A. en abril de 2020.

²⁰ Si al espectro devuelto en México se le adiciona lo devuelto por Telefónica en Colombia (de uso temporal) y por el operador Digicel en Panamá por su retiro de ofrecer servicios por condiciones insostenibles, se podría afirmar que se ha devuelto un total de 220 MHz desde 2019 a la fecha en la región latinoamericana.

²¹ La Subtel de Chile incluso aprobó un plan de “[Uso efectivo y eficiente del espectro radioeléctrico presentado por la empresa Telefónica Móviles de Chile S.A.](#)” el pasado 26 de abril de 2021. Este tema fue motivo de disputas y consultas públicas por el regulador a raíz de fallos del Tribunal de Defensa de la Libre Competencia.

²² Véase por ejemplo “[Recrudece conflicto entre el presidente de Costa Rica y la Sutel por el proceso hacia 5G y de fondo aparece el manejo del servicio universal](#)”, Telesemana 23 de diciembre de 2022.

²³ Véase por ejemplo Resolución Ministerial [MTC 234/2019](#)



sin embargo, es importante destacar que no es el mismo el uso del espectro que puede darse en grandes urbes que en zonas remotas para entender el valor de referencia que pueden tener los valores demandados de máxima como hace Coleago (2021).

Cuarto y último, los ingresos incrementales que permitirían invertir en nuevas tecnologías de tipo licenciado se encuentran hoy todavía con expectativas incumplidas que ponen en duda su capacidad de efectivamente demandar las frecuencias de la banda de 6 GHz en el mundo en desarrollo, al menos en las condiciones en que viene desplegándose 5G en el mundo desarrollado. A diciembre de 2019, la GSMA estimaba un promedio de ingreso incremental promedio por usuario del despliegue de 5G en siete economías de altos ingresos del 1.6%²⁴. Para septiembre de 2022 los distintos estudios realizados arrojaban una mezcla de resultados disímiles del despliegue de 5G. La misma GSMA da cuenta de ARPU estancado en China y Hong Kong, mezclado en Corea del Sur, Australia y Singapur, creciente en Nueva Zelanda y disminuyendo en Japón y Tailandia²⁵. Otras consultoras dan cuenta de ciertas oportunidades de aumento de ingresos con el lanzamiento de 5G pero indican que éste no es suficiente por sí solo para impulsar un crecimiento de ARPU sano que permita sostener las inversiones futuras, las cuales involucran todas las bandas y redes que se ambicionan como industria²⁶.

Evidentemente las demandas son de máxima y completamente aspiracionales, y por tanto, no deberían tenerse en cuenta como objetivo obligado por las administraciones sino como una referencia de guía, conforme haya claridad de la evolución de las redes, los dispositivos, la demanda de los usuarios y las capacidades de cada industria de invertir. La situación actual de las bandas milimétricas, donde la industria móvil tiene como objetivo obtener 5 GHz, debe servir como ejemplo de referencia. No existen todavía despliegues comerciales en estas bandas en los países que ya la han licitado en la región como Chile o Brasil, porque todavía no hay claridad de su modelo de negocio. Esto es materia de análisis en el mundo desarrollado también, prueba de ello son los bloques que han quedado vacantes en la reciente licitación en España²⁷, o que ese espectro haya sido recuperado por el regulador de Corea del Sur ante la falta de despliegue desde su asignación en 2018.

²⁴ Véase GSMA (2019): ["Uncovering the impact of 5G on mobile revenue"](#), Tim Hatt and Mark Giles, GSMA Intelligence, December 2019.

²⁵ Véase Mobile World Live (2022): ["Blog Flat ARPU fails to dampen enthusiasm for 5G"](#), Joseph Waring, Sept 1, 2022.

²⁶ Véase Analysys Mason ["5G alone is unlikely to be sufficient to drive mobile ARPU growth"](#), Stefano Porto Bonacci, 24 October 2022 o también Strategy Analytics ["5G Three Years On: Learning from Asian Successes"](#), by Philip Kendall, Jun 13, 2022 y Omdia: ["Telecom services revenue will fall 4.2% per user as new tech fails to deliver enough value by 2027"](#), 13 October 2022.

²⁷ La subasta de 26 GHz en 2022 fue una promesa de las autoridades locales desde fines del 2021 y en el camino los operadores mostraron resistencia en las consultas previas indicando que todavía no había un mercado maduro para esa banda y que lo conveniente sería esperar uno o dos años. Finalmente la banda se subastó en diciembre de 2022 y solo se adjudicó 20% de los bloques puestos en juego. Véase más información por ejemplo en ["Subasta 26 GHz en España: se adjudicaron sólo 20% de los bloques disponibles"](#), DPLNews, 21 de diciembre de 2022.



En resumen, se observa un largo camino por recorrer para la adquisición de espectro y su puesta a disposición en el modo licenciado para ofrecer 4G/5G o su evolución. Este hecho le garantiza a la industria móvil una evolución conforme a que la demanda efectiva y las condiciones operativas de mercado lo acrediten, lo cual implica contar con condiciones regulatorias propicias y capacidad para invertir.

Las contrastaciones realizadas en este apartado demuestran que la brecha con la demanda aspiracional de máxima en torno al 70% ha sido natural y no una limitante como sí han sido las condiciones de mercado y capacidad de inversión, las cuales hoy justamente presentan el mayor desafío para quienes operan en esta modalidad. Además, los planes de asignar más espectro en modo licenciado que permitirían a esta industria aumentar sus tenencias no la han tratado “desbalanceadamente”. La falta de espectro es difícilmente la causa actual de mayor crecimiento de los servicios de 4G/5G, y sería hoy una muy alta especulación, dadas las condiciones actuales, reservar la banda de 6 GHz para el futuro. Esa brecha entre el espectro actual y el aspiracional no debería tomarse como una limitante real, ya que no lo ha sido a nivel general en el pasado. Probablemente, las telecomunicaciones móviles es la industria que más espectro ha recibido en los últimos 20 años.

La importancia de la armonización regional

La discusión sobre los usos alternativos de la banda de 6 GHz se realiza en un contexto en el cual, para la Región 2 de la UIT (Américas), hasta el momento 9 administraciones nacionales decidieron habilitar 1,200 MHz para el uso sin licencia. En efecto, entre 2020 y 2021, esa decisión fue tomada en Estados Unidos de América, Canadá, Chile, Brasil, Costa Rica, Guatemala, Honduras y Perú. Luego en septiembre de 2022, Chile revirtió su decisión habilitando únicamente 500 MHz para uso libre. Una semana después, República Dominicana confirmó el total de la banda al igual que Colombia en el 18 de noviembre (Resolución 737/2022).

Ilustración 8. Adopción de la banda de 6 GHz en Región 2 de UIT a fines de 2022



Fuente: análisis SmC+

Los beneficios de la armonización, ya sea por disponibilidad, menores necesidades de filtros y control, menor interferencia y finalmente menores costos de producción gracias a las economías de escala en la producción, alcanza ya al 73% de la población y a 245 millones de hogares de esta Región. La ilustración a continuación da cuenta de las definiciones regulatorias realizadas por los países miembros de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) y sus preferencias indicadas en consultas públicas.

Estos datos no deberían ser irrelevantes para el resto de los países de las Américas dado que una decisión unilateral y no coordinada regionalmente implicaría para esa administración mayores costos de fiscalización y homologación de terminales, amén de menores economías de escala en equipamiento, que se traducen marginalmente en los precios de los dispositivos. Si bien puede esperarse que ese diferencial de precios de equipos por escala no sea de alta magnitud, la compatibilidad de bandas que un equipo o solución soporte sí puede ser una limitante. Si se utilizasen equipos de otras regiones como Asia (Región 3) o Europa (Región 1) con banda de uso libre limitada a 500 MHz de gama baja, la configuración de bandas móviles podría sufrir de problemas de compatibilidad con operadores de nicho operando solo en bandas regionales, tales como 700 MHz (donde opera la red compartida) o AWS. Un problema aún más importante de la falta de armonización es la postergación de ese mercado para la implementación de soluciones de tipo empresarial.

La próxima Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-23) tiene previsto abordar en el punto 1.2 de la agenda para la Región 1 que incluye a Europa, África y Oriente Medio el uso del rango espectral comprendido entre 6425 y 7125 MHz. Solo la porción de 7025 a 7125 MHz será discutida para todas las regiones, con lo cual difícilmente pueda ser esta reunión definitiva para la armonización a nivel global al respecto de esta banda²⁸. En consecuencia, la coordinación efectiva en el corto y mediano plazo entre las administraciones de las Américas será fundamental para determinar el uso futuro de este espectro, sobre el cual pueden desplegarse soluciones de conectividad con Wi-Fi 6E de manera inmediata.

Cabe destacar que las reservas de espectro han sido históricamente desalentadas por expertos y por la propia industria móvil²⁹, en tanto dicha especulación deja inmovilizado un recurso productivo de propiedad del Estado y los ciudadanos de un país. Como se analizará a continuación, la inmovilización de usos alternativos para la porción superior de la banda de 6 GHz a la espera de definiciones y demanda para IMT es de esperar que no suceda hasta 2027 para el mundo desarrollado³⁰. Esta afirmación se basa en que no existen hoy procesos licitatorios agendados o planeados para esta porción de espectro. Para el mundo en desarrollo, muy probablemente podría haber interés concreto en esta banda solo más allá de 2030, si se tiene en consideración el grado de avance que demuestran los despliegues de 5G en sus bandas principales como 3.5 GHz en el corto y 600 MHz en el mediano plazo.

²⁸ Las posiciones al respecto de esta banda para la Región 1 de UIT no son unívocas y se destacan las preferencias de "No Cambio" ante la propuesta de poner la parte superior (6.425-7.125 GHz) de la banda de 6 GHz en estudio para servicios IMT ya emitida por OFCOM del Reino Unido (véase [publicación del 6 de diciembre de 2022](#)) o por la Global Satellite Operators Association (GSOA) en su [comunicado del 24 de noviembre de 2022](#) donde preocupa y ve imposible la coexistencia de los servicios fijos y satelitales, otros de corto alcance, de exploración satelital y radioastronomía existentes actualmente con los servicios IMT.

²⁹ Véase por ejemplo [GSMA: Best Practice in Mobile Spectrum Licensing Jan 2022](#)

³⁰ Así lo refleja una encuesta realizada por la GSMA (2022c) a 20 operadores líderes donde la mayoría (38%) respondió que demandaría la parte superior de la banda de 6 GHz entre 2027 y 2030, otro 25% recién más allá de 2030.



La armonización y coordinación es deseable que se procure primeramente de manera regional y luego global para que tenga valor en sí misma y se pueda maximizar el uso del espectro. Las decisiones incrementales, habilitando solo la parte baja de la banda, no serán de mayor ayuda para impulsar los servicios y equipos a utilizarse en modo libre. Por el contrario, estas decisiones desalineadas brindan señales mezcladas al mercado, que pueden resultar en retrasos en la llegada de equipos y el diseño de soluciones para los consumidores particulares y empresariales.



Los escenarios de la banda de 6 GHz en México

Los escenarios posibles en consideración

A continuación, definimos cuatro escenarios posibles de acuerdo con las principales opciones que está considerando el Instituto Federal de Telecomunicaciones y la situación regional donde las distintas visiones consideran habilitar al menos la porción 5,925 a 6,425 MHz para uso libre, con la expectativa de que será principalmente utilizado con la tecnología Wi-Fi. En particular, examinamos a partir de cuándo los subsegmentos de espectro en 5,925-7,125 MHz van a derivar beneficios a México estimando el valor presente neto (VPN) de las distintas alternativas motivadas por hitos posibles.

- **Escenario 1: 1,200 MHz para uso libre en 2023.** México se sumaría al resto de los países de la Región 2 de la UIT que ya han habilitado 1,200 MHz. Los beneficios comenzarían a producirse en el corto plazo ya que hay disponibilidad de equipos y ausencia de problemas de despliegue. En un inicio, su uso sería de Baja Potencia en Interiores (LPI) y Muy Baja Potencia (VLP) para dispositivos portátiles. Se crearía el ambiente propicio para el despliegue de nuevos servicios y soluciones en el corto plazo (RV/RA, “gaming” y muchas otras soluciones y modelos de negocios). Los servicios de Potencia Estándar con frecuencia automatizada de frecuencias (AFC) se habilitarían a partir de 2027³¹, lo que aumentaría el impacto de la designación de uso de la banda.
- **Escenario 2; Habilitar 500 MHz para uso libre en 2023 y esperar al menos 4 años para definir el uso del resto de la banda.** El IFT decidiría avanzar habilitando solo 500 MHz en 2023 con LPI y VLP, posponiendo la decisión para el uso del resto de la banda tratando de considerar las decisiones que puedan tomarse en otras regiones, en las Conferencias Mundial de Radio (CMR) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), al igual que la evolución del equipamiento disponible y los servicios desplegados.
 - **Escenario 2A: Se designan los 700 MHz superiores de la banda de 6 GHz para uso libre en 2027.** Al verificarse que las discusiones de otras regiones en la CMR 2023 no son conclusivas ni útiles para la Región 2 (Américas), y en tanto los servicios desplegados crecen, se habilitaría la parte alta de la banda (6,425 – 7,125 MHz) en 2027, completando los 1,200 MHz para uso libre, que comenzarían a generar beneficios en ese mismo año. Esto implica incurrir en un costo de oportunidad en términos de impacto potencial de poner a disposición del mercado sólo una parte de la banda; la parte superior estaría siendo subutilizada³².
 - **Escenario 2B: Se asigna la parte alta de la banda de 6 GHz para servicios IMT en 2027.** Luego de la CMR 27 y un panorama más claro de la disponibilidad de equipamiento IMT y la existencia de demanda real por parte de los operadores, se licitaría esta banda de acuerdo con dos posibilidades:
 - **Licitación temprana (2027):** Con equipamiento disponible en 2026 la banda sería asignada en otros países y los operadores mexicanos la demandarían para expandir 5G. El IFT la licitaría en 2027. Esto implica que, luego del despliegue de esta red, se pudieran generar beneficios a partir de 2028.

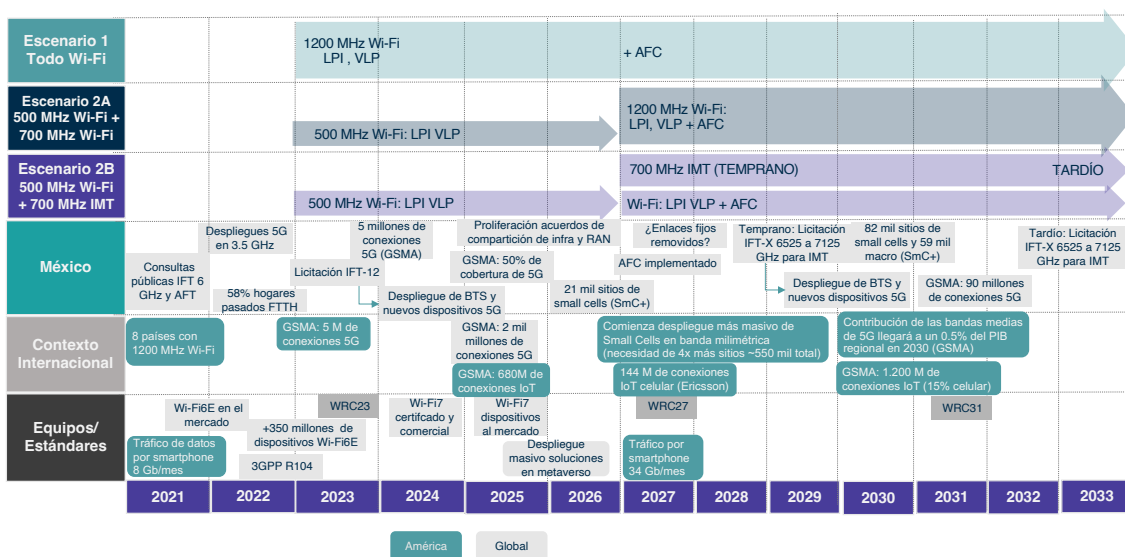
³¹ Los servicios AFC fueron puestos a consulta pública por el IFT a fines de 2022. Igualmente se asume que podrían efectivamente regularse para 2027.

³² Actualmente la banda está siendo utilizada para servicios satelitales. Como el uso de la banda de 6 GHz para LPI y VLP no genera interferencia con los servicios actuales prestados sobre esa banda, el espectro estaría siendo subutilizado.



- **Licitación tardía (2033):** A pesar de que el equipamiento estuviera estandarizado, su disponibilidad y compatibilidad con México tardaría en efectivizarse. El precio del espectro (los derechos anuales especialmente) seguirían siendo una materia de contingencia y luego de que se licite en Europa para fines de la década, sería demandada por los operadores móviles mexicanos. Esta banda se licitaría para IMT en 2032 empezando a impactar luego del tendido de red y difusión de los equipos en 2033.

Ilustración 9. Cuatro escenarios posibles para la banda de 6 GHz en México y algunos hitos y proyecciones clave



Fuente: Análisis SmC+

A partir de los hitos más relevantes recopilados (no exhaustivamente) en la Ilustración 9, ordenamos las estimaciones y tendencias, de acuerdo con las opciones y posibilidades de ocurrencia en México y, en paralelo, evaluamos su impacto sectorial. Para esto se tomaron trabajos recientes de la Fiber Broadband Association (FBA) en lo que hace a despliegues de FTTH y proyecciones, Ericsson y GSMA para las estimaciones de tráfico y conexiones de internet de las cosas (IoT), Intel para los tipos de dispositivos soportando Wi-Fi 6E a fines de diciembre de 2022 y declaraciones de prensa y reportes del IFT para las proyecciones de próximas licitaciones, entre otras.

Luego, estimamos el impacto económico de las opciones que considera el país racionalizando los estudios realizados por Telecom Advisory Services (2021a) y GSMA (2022a y 2022b) a partir de las estadísticas específicas del país con base en flujos de valores de impacto realistas en su tiempo posible de ocurrencia, algo de vital importancia para determinar su valor real. Esto nos permitió hacer comparables los resultados a valor presente neto. Al mismo tiempo, examinamos los posibles impactos sectoriales en la industria de maquiladoras, automotriz, electrónicos, hidrocarburos, logística y seguridad, turismo y tiempo libre, banca y finanzas, ventas al menudeo y comercio electrónico, salud y también usos nuevos digitales (RV/RA, gaming, equipos portables, metaverso, etc.).

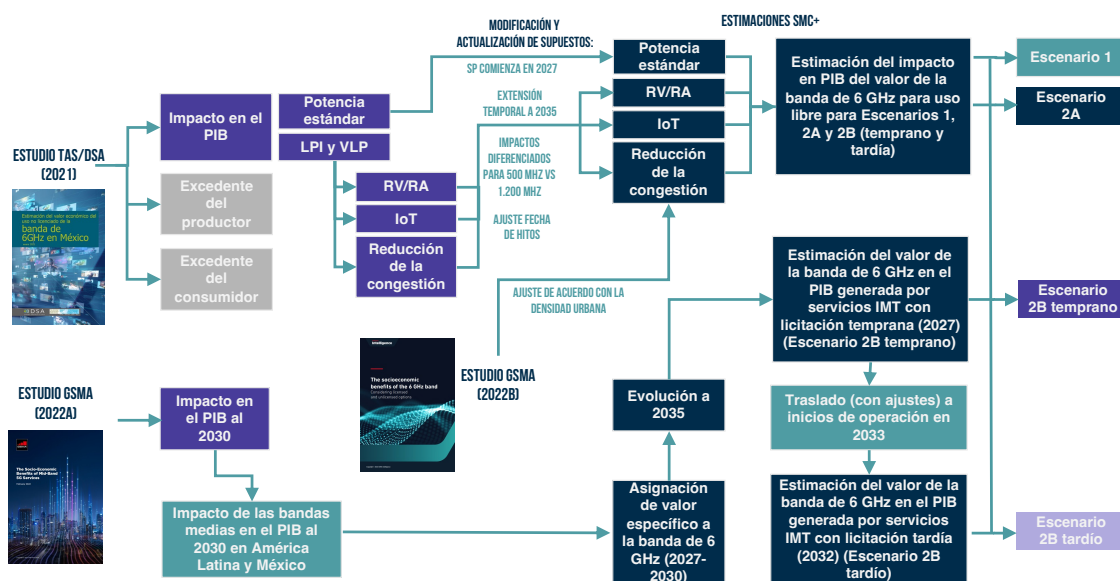


Metodología para la homologación de los escenarios con base en los estudios ya realizados

Aunque los estudios de TAS (2021a) y la GSMA (2022a) evalúan el impacto en el PIB, sus mediciones no son comparables si no son realizadas ciertas modificaciones. Para armonizar las estimaciones, realizamos varios ajustes que nos permitieran obtener valores específicos anuales para los escenarios que estamos considerando. Estos valores pueden entonces agregarse para obtener los flujos de impacto a lo largo del tiempo. Conceptualmente, el flujo se explica en la Ilustración 10.

Para modificar las estimaciones del estudio de TAS, partimos de cambiar la temporalidad (iniciando en 2023 en vez de 2021) sin considerar los impactos generados por el excedente del productor y el excedente del consumidor, ya que estas estimaciones no fueron incorporadas en los demás estudios analizados. Asimismo, hemos retrasado los impactos generados por el uso de potencia estándar. Para las tres palancas de generación de valor consideradas en el estudio (reducción en la congestión, aumento de IoT y desarrollo más acelerado de RV/RA), se modificaron los supuestos relevantes para poder incorporar el sólo contar con 500 MHz en vez 1,200 MHz, ya que las reducciones en impacto no son proporcionales a la cantidad de espectro.

Ilustración 10. Metodología para armonizar el estudio de TAS (2021a) y de la GSMA (2022a)



Fuente: SmC+

Finalmente, la adecuación del estudio de la GSMA (2022a), que estima el impacto de las bandas medias sin asignar un valor a cada una de ellas, implicó hacer una asignación de parte del valor estimado a los 700 MHz de la banda de 6 GHz que potencialmente podrían ser usados para servicios IMT, así como definir su ocurrencia en el tiempo. De manera conservadora, supusimos que la mitad del valor estimado de las bandas medias es consecuencia de contar con los 700 MHz de la parte superior de la banda en cuestión, a pesar de tan sólo representar alrededor del 30% del espectro aspiracional (escenario sin restricciones).

De esta manera, obtuvimos los flujos anuales de valores para cada uno de los componentes que conforman los diferentes escenarios. Estos valores pueden entonces sumarse, ya que los impactos son independientes y no hay razón para suponer canibalización o efectos importantes de sustitución. Con los valores a lo largo del tiempo, procedimos entonces a resumirlos en un solo valor a través de considerar el valor presente neto de las estimaciones anuales.

Supuestos generales para la configuración de los escenarios

Para poder realizar las adecuaciones descritas en la metodología de armonización, fue necesario hacer varios supuestos aplicables a todos los flujos de impacto que hemos estimado. Además de la modificación en el período de evaluación del impacto, fue necesario actualizar el desarrollo de la banda ancha fija, tanto en penetración como en modernización medida a través del crecimiento de la base de líneas de fibra óptica, así como el crecimiento de líneas consideradas de alta velocidad³³. Asimismo, fue necesario considerar el período de reemplazo de enrutadores y dispositivos.

Período de evaluación del impacto. Para todos los escenarios realizamos un ajuste en cuanto a la extensión de la serie temporal. El estudio de TAS (2021a), comisionado por la DSA, abarca el período de 2021 a 2030, el primer estudio de la GSMA considera el período 2020-2030 y el segundo de 2025 a 2035. Dado que nuestro objetivo es hacer una comparación entre las estimaciones, y dado que en una serie temporal cuyo punto final es 2030 no sería posible asignar una estimación de valor a los 700 MHz superiores de la banda en el Escenario 2B, ya que supone el lanzamiento de servicios IMT en 2033, fue necesario considerar un período de tiempo más largo. De esta manera, fue necesario proyectar los valores estimados hasta 2035, a pesar de que dos de los estudios en lo que basamos nuestras proyecciones no van más allá del 2030. Para evitar entrar en supuestos de discontinuidades tecnológicas, tales como la llegada de 6G, nuestras proyecciones a partir de 2031 son continuistas; es decir, para extender el impacto en el tiempo tomamos las tendencias estimadas en el período 2028-2030 para cada uno de los rubros.

Evolución de la base en servicio de las líneas de banda ancha fijas. El número de líneas de banda ancha en servicio ha venido creciendo de manera constante a lo largo de la última década (TACC de 8.8%), pero el crecimiento se aceleró en los últimos tiempos (TACC de 12.7% en el bienio 2020-2021), probablemente como consecuencia de la necesidad de este tipo de servicio durante la contingencia sanitaria. La penetración en hogares³⁴, de 69.5%, enfrentará desafíos en el futuro para continuar creciendo a tasas cercanas al 10%, ya que el costo para los hogares comenzará a ser una barrera real para un aumento sustancial en la penetración. Por lo tanto, para nuestras proyecciones, de manera conservadora, hemos supuesto que el crecimiento anual deberá ralentizarse, siendo 8% en 2022, reduciéndose a 5% en el período 2023-2025 y posteriormente de tan sólo 2%. Esto llevará a una base instalada de 33.9 y 37.5 millones de banda ancha fija para los años 2030 y 2035 respectivamente, equivalentes a una penetración de 80.9% y 81.2%.

Evolución de las líneas de fibra óptica. En línea con la tendencia internacional, México ha mostrado un enorme crecimiento en el número de conexiones de fibra óptica. La Ilustración 5 muestra cómo en todos los países de la OCDE se observa el mismo fenómeno, con México mostrando un desempeño por encima del resto de los miembros de la organización. Al iniciar la

³³ Para efectos de este estudio, como se explica más adelante en el texto principal, consideramos líneas de alta velocidad aquellas que tienen una velocidad igual o superior a 150 Mbps.

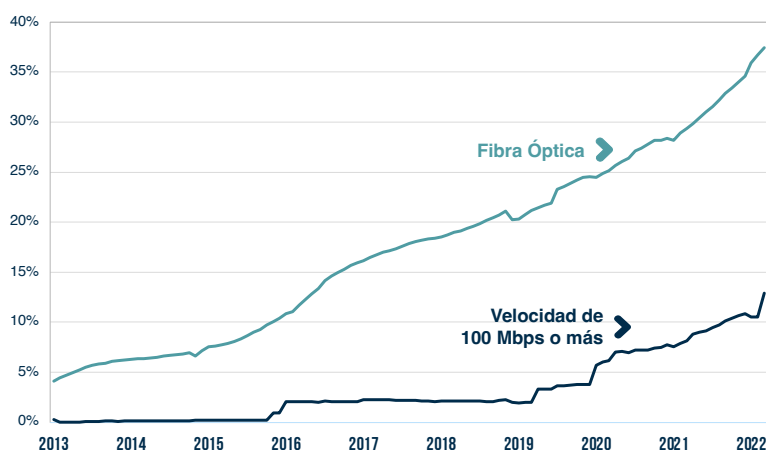
³⁴ Definida como número total de líneas dividido entre el número de hogares. Cabe recordar que cerca de 10% de las líneas son de uso no residencial; este porcentaje ha venido cayendo de manera gradual (12.3% en 2013, 9.7% en 2022) debido a la adopción acelerada de banda ancha en los hogares. La ENDUTIH (2021) publicada por el INEGI estima que 66.4% de los hogares cuenta con acceso a una conexión a internet. La división entre ambos tipos de servicio siempre incluirá una parte ambigua, ya que muchas de las líneas son de uso mixto.



contingencia sanitaria (febrero de 2020), de acuerdo con el IFT (BIT) había 4.95 millones de conexiones de fibra óptica, equivalentes a 24.8% de la base instalada. Dos años después (febrero de 2022), esta cifra había alcanzado 8.94 millones (36.7%), un aumento de más de 80%. Este crecimiento es sustancialmente mayor al observado para la base total instalada que, en el mismo período, creció 22.4%.

Esto se debe a la acelerada sustitución de tecnologías emprendida por los operadores, la cual deberá continuar en el futuro cercano. Datos recientemente relevados por la *Fiber Broadband Association* (FBA) para 18 países de América Latina estiman que México estaría alcanzando para fines de 2022 unos 24 millones de hogares pasados con fibra (FTTH), lo que implica una cobertura de 62% de los hogares. De esos, sólo 12.1 millones estarían conectados (50.2% sobre los cubiertos y un 31% sobre el total), por lo que aún hay espacio para un crecimiento acelerado en el corto plazo, más teniendo en cuenta que el crecimiento de suscriptores respecto de 2021 creció un 29% de acuerdo a la misma fuente.³⁵

Ilustración 11. Líneas de fibra óptica y líneas con velocidad igual o superior a 100 Mbps como porcentaje del total de líneas de banda ancha



Fuente: BIT IFT (consultado en enero 2023)

En el período 2016-2022, aproximadamente 70% de las nuevas conexiones de banda ancha fueron de fibra óptica y alrededor de 2% de la base instalada con otras tecnologías (principalmente cable coaxial y DSL) fue migrada anualmente a fibra óptica. Sin embargo, esta tendencia ha cambiado radicalmente en el último par de años. De febrero de 2021 a marzo de 2022³⁶, el incremento en el número de líneas de fibra óptica ha superado el aumento en el número de conexiones de banda ancha, hecho que sólo se había observado esporádicamente en algunos meses en el pasado; esto implica que la migración a fibra óptica se ha acelerado. A pesar de que la serie temporal es relativamente corta, de manera general puede estimarse que prácticamente 90% del crecimiento en la base instalada será con fibra óptica, sumado a un reemplazo de 5% en las líneas ya instaladas. De esta manera, de los 33.9 millones de líneas de banda ancha estimados para 2030, 23.1 millones serían de fibra óptica.

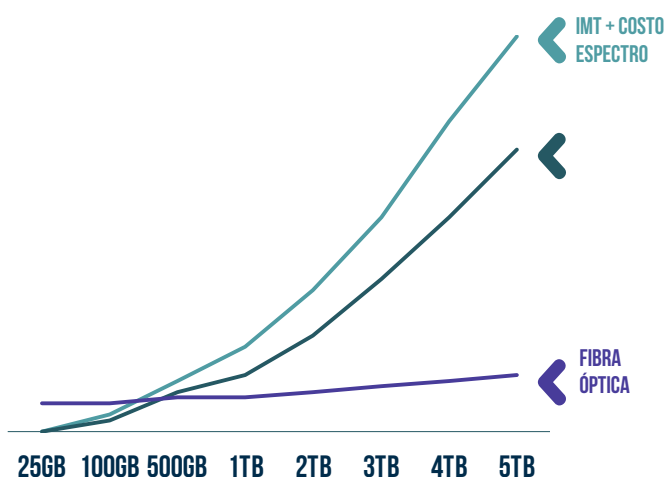
Es importante mencionar que existen razones económicas que sustentan esta evolución. Por un lado, en promedio es menos oneroso el costo de mantenimiento de una red de FTTH que una red de cobre, por lo que parte del diferencial en la inversión termina generando una

³⁵ Estudio FTTH Panorama 2022, de la Fiber Broadband Association, Latam Chapter realizado por SmC+ presentado en FBA Connect Latam en Bogotá el 8 de noviembre de 2022 y por publicarse. Sus datos son estimados de acuerdo a los anuncios de las propias empresas y estimaciones y difieren de los reportados por IFT.

³⁶ Con excepción de marzo de 2021, cuando la base total aumentó en 204,000 líneas mientras que la base de fibra óptica aumentó en 165,000 conexiones.

reducción en los costos recurrentes. Por otro lado, para altos consumos de datos, el costo por dato transmitido es sustancialmente más barato en redes de fibra óptica que en redes inalámbricas³⁷. La siguiente ilustración realizada por AT&T Labs ejemplifica como la fibra está siendo hoy la primera opción de muchos operadores de telecomunicaciones, empresas de cable y otros nuevos jugadores de la infraestructura de conectividad para prestar servicios.

Ilustración 12. Costo mensual relativo de atender el servicio por tecnología



Fuente: AT&T Labs Q2 2022

Evolución de las líneas de alta velocidad

Como se explica más adelante en detalle, el espectro actual de uso libre es un cuello de botella únicamente para las líneas de banda ancha que contratan una velocidad de 150 Mbps o más. El IFT no reporta el número de líneas de banda ancha que cumplen con este criterio. Se limita, por el momento, a dividirlos en cuatro grupos³⁸, siendo el último grupo el número de líneas con velocidad superior a 100 Mbps. Esta última categoría ha crecido aceleradamente en los últimos años, pasando de ser prácticamente inexistente en 2013 a contar con cerca de 3.2 millones de accesos (12.9% del total de líneas) en marzo de 2022³⁹, habiendo crecido 18.7% tan sólo en el primer semestre de 2022 a pesar de que el número de conexiones totales se mantuvo estable⁴⁰. Los otros tres grupos han mostrado reducciones importantes; es probable que en México en este momento ya prácticamente no existan líneas de velocidad menor a 2 Mbps⁴¹. Ha habido una migración acelerada a líneas con mayor velocidad, motivada por los propios operadores que desde hace 18 meses comenzaron a comercializar de manera agresiva líneas con velocidades superiores a los 100 Mbps. Actualmente, los cuatro mayores operadores ya ofrecen líneas de 1 Gbps para el mercado residencial.

³⁷ Esto es cierto para redes de fibra óptica promedio donde deben interactuar con servicios inalámbricos cubiertos por bandas medias. Para zonas alejadas, la inversión necesaria para llegar con fibra óptica puede hacer que el despliegue no sea viable económicamente.

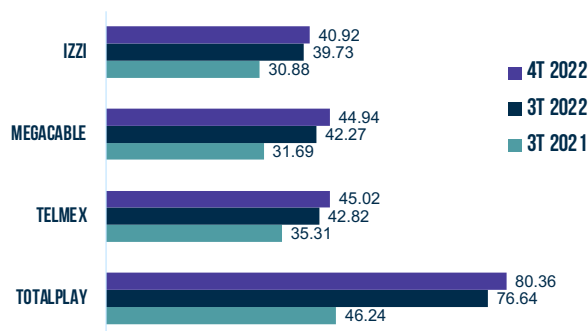
³⁸ Hasta 2 Mbps, de 2 a 10 Mbps, de 10 a 100 Mbps y arriba de 100 Mbps.

³⁹ Último dato disponible en el Banco de Información de Telecomunicaciones (BIT) del IFT al momento de redactar este reporte.

⁴⁰ Los datos para el primer trimestre de 2022 muestran un alto de número de líneas con velocidad no especificada, la mayoría de ellas reportadas por Megacable.

⁴¹ El IFT reporta una reducción de 124,278 en diciembre de 2021 a 3,612 líneas en marzo de 2022.

Ilustración 13. Velocidades medianas alcanzadas por los principales proveedores de accesos de banda ancha (3T 2021 vs 3T 2022 vs 4T 2022)



Fuente: Ookla Speedtest, consultado en noviembre 2022 y enero 2023

Esto se ha visto reflejado en el aumento en la velocidad mediana⁴² que, de acuerdo con Ookla *Speedtest*⁴³, pasó de 36.72 Mbps a 49.61 Mbps durante 2022, un crecimiento superior a 35%, que, aunque aún lejos de 150 Mbps, muestra lo rápido que puede crecer la velocidad mediana en el mercado. Para uno de los operadores ya se reporta una velocidad mediana superior a 80 Mbps, cuando cinco trimestres antes era de tan sólo 46.24 Mbps. El fenómeno es generalizado; prácticamente sin excepción, durante el último año, hubo aumentos significativos en la velocidad mediana en todos los países de la región. En Estados Unidos, de acuerdo con la misma fuente, en diciembre de 2022 fue de 192.73 (+41.2% con respecto a diciembre de 2021), de 144.50 (+44.8%) en Canadá, de 220.96 (+17.8%) en Chile y de 100.95 Mbps (+18.4%) en Brasil. Aun para velocidades medianas altas se observan tasas de crecimiento incluso mayores que la alcanzada en México.

Para estimar el número de conexiones cuya velocidad contratada es al menos 150 Mbps, utilizamos como guía el número de líneas de fibra óptica, aunque es posible obtener velocidades equiparables con las otras dos tecnologías predominantes (cable coaxial y DSL). TAS parte de que en 2021 habría 1.18 millones de accesos con velocidades superiores a 150 Mbps, que equivaldrían a 44% de las líneas de con velocidades superiores a 100 Mbps. La velocidad promedio estimada de estas líneas es necesariamente superior a 150 Mbps y deberá aumentar rápidamente conforme las ofertas de 200, 500 y 1000 Mbps continúen penetrando el mercado. Partiendo conservadoramente de estos números y suponiendo que el porcentaje de líneas con velocidad superior a 150 Mbps estaría creciendo tan sólo un punto porcentual por año (es decir, para 2027 alrededor de la mitad de las conexiones en este grupo), se tendría que 18% de la base instalada de banda ancha en el país tendría velocidades en donde el espectro actual de uso libre sería un cuello de botella.

Evolución del tráfico de datos

Realizamos una estimación de abajo hacia arriba de la evolución del tráfico. De manera muy conservadora, obtenemos que éste podrá aumentar de 56 exabytes (EB⁴⁴) a 224 EB anuales de 2022 a 2030. Consideramos que el off-loading, que es el tráfico generado por dispositivos

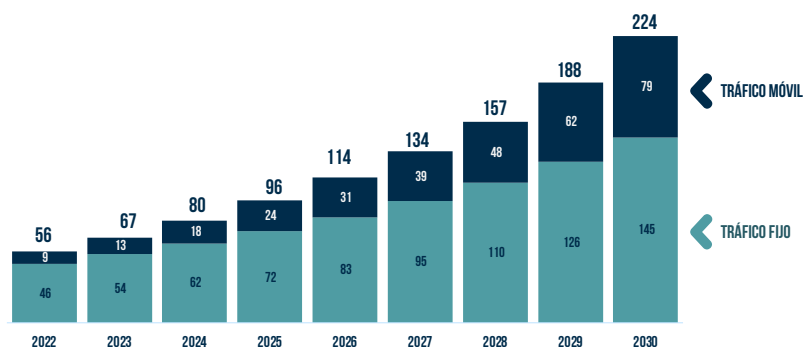
⁴² Consideramos que para una descripción del mercado es más adecuado el uso de la mediana que de la media, ya que esta última puede verse afectada por observaciones en los extremos.

⁴³ Los datos del *Speedtest* de Ookla son actualizados mensualmente; la versión pública sólo reporta los datos para los últimos 12 meses. Véase: <https://www.speedtest.net/global-index/mexico?fixed#market-analysis>.

⁴⁴ 1 EB = 10⁹ GB

móviles transportado por redes Wi-Fi y posteriormente por las redes de banda ancha fija, sería de 55% durante el período. Las últimas estimaciones disponibles apuntan a que este porcentaje podría ser sustancialmente mayor, principalmente como consecuencia de la contingencia sanitaria.

Ilustración 14. Estimación de la evolución del tráfico de datos anual en México (exabytes por año)



Fuente: Análisis SmC+

El crecimiento anual promedio del tráfico en el período, de 19%, es marginalmente inferior a las estadísticas de tráfico reportadas por varias fuentes, que estiman un crecimiento entre 20% y 25%⁴⁵. El tráfico móvil deberá estar creciendo más que el tráfico fijo (TACC de 31.2% vs 15.4%), pasando a tener una participación de 35.2% comparada con 16.2% actual. Es importante resaltar que el consumo por línea continuará siendo más de un orden de magnitud mayor en las líneas de banda ancha fija.

Frecuencia de reemplazo

De acuerdo con relevamientos, el período de reemplazo de ruteadores y una parte importante de los dispositivos es de cuatro a seis años⁴⁶. Sin embargo, vale la pena aclarar que es altamente posible que la curva de reemplazo se vuelva bimodal en un futuro cercano. El primer pico probablemente corresponderá a *routers* y dispositivos de frecuente rotación (tales como los teléfonos, cuya rotación es de tres a cuatro años, aunque ha venido aumentando lentamente en la última década) y el segundo pico corresponderá a dispositivos de baja rotación (tales como podrían ser los electrodomésticos y ciertos dispositivos de seguridad). La base instalada que corresponde al segundo pico hoy es baja, pero conforme aumente la penetración de internet de las cosas y otros dispositivos conectados, esta tendencia bimodal será más claramente apreciable.

Otras consideraciones respecto el PIB y la tasa de descuento utilizada

Evolución del PIB: Mantuvimos el crecimiento del PIB nominal considerado en el estudio de TAS para evitar diferencias en las comparaciones debidas a un comportamiento en la evolución de este indicador. Fueron considerados crecimientos anuales de 4.4% en el PIB nominal hasta 2030 y posteriormente crecimientos anuales de 2%⁴⁷.

⁴⁵ Véase, por ejemplo, CISCO (2017) y las diversas estimaciones de Telegeography (2022).

⁴⁶ Información obtenida de diversas entrevistas diversas, muchas de ellas informales o fuera del contexto del presente reporte, así como experiencia de los autores.

⁴⁷ El ambiente inflacionario actual y la revalorización observada últimamente en el peso mexicano podría distorsionar marginalmente las estimaciones de impacto, pero consideramos que en un período largo como el que nos ocupa, estos indicadores macroeconómicos deberán regresar a sus tendencias de largo plazo. Adicionalmente, como esta evolución



Tasa de descuento: La consideración de la temporalidad de los eventos es fundamental para la estimación de generación de valor para una sociedad de cualquier decisión regulatoria como la que está siendo abordada en este documento. Una parte de nuestro análisis está basada en estimar el momento de ocurrencia de los posibles eventos y su impacto en el crecimiento. Para ello, hemos descontado los valores estimados. Hemos tomado 10% como tasa de descuento de referencia, un valor relativamente arbitrario pero consistente con varias evaluaciones de política pública⁴⁸. Sin embargo, es importante mencionar que, en rangos cercanos a este valor, los resultados que obtuvimos no varían en su evaluación relativa. Podría argumentarse que la tasa a ser utilizada debería ser mayor, pero preferimos mantenernos en este rango ya que tasas superiores castigan los eventos que suceden en el futuro, lo que aplica de manera importante para la utilización de la parte alta de la banda de 6 GHz en servicios de IMT (Escenario 2B).

Escenario 1: 1,200 MHz para Wi-Fi en 2023

El estudio de TAS (2021a), comisionado por la DSA, se centra en estimar el valor potencial del uso no licenciado ("uso libre") de los 1,200 MHz de la banda de 6 GHz en tres dimensiones para el período 2021-2030: el impacto en el PIB, el excedente del productor y el excedente del consumidor. Desde el inicio de su serie temporal, el análisis de impacto considera la utilización de la banda bajo la modalidad de uso libre con potencia estándar, aunque esta posibilidad no está siendo considerada en México en este momento.

Ilustración 15. Estimación de los beneficios de los 1,200 MHz de la banda de 6 GHz según el estudio de TAS (2021)

Miles de millones de dólares de 2021 a 2030 (suma de valores nominales sin descontar).

 Impacto en USD que se genera (parcial o en su totalidad) al permitir potencia estándar de uso libre

Fuente del impacto	Impacto en PIB	Excedente del productor	Excedente del consumidor	Subtotal
Cobertura y asequibilidad	4.71	-	0.06	4.77
Disminución de la congestión	17.48	-	6.86	24.34
Despliegue de IoT masivo	13.76	16.64	-	30.40
Ahorros en costo de tráfico	-	11.10	-	11.10
AR/VR	10.04	7.51	-	17.55
WiFi municipal	5.26	-	0.98	6.24
Accesos de puntos WiFi gratuitos	20.71	-	2.90	23.61
Alineación con otros países (EUA)	-	0.47	-	0.47
Off-loading celular	-	1.69	-	1.69
Producción y adopción de equipo WiFi	-	18.77	11.33	30.10
TOTAL	71.96	56.18	22.13	150.27
Impacto que requiere potencia estándar	30.68	-	3.94	34.62
TOTAL LPI y VLP	41.28	56.18	18.19	115.65

Fuente: SmC+ Analisis con base en Telecom Advisory Services

es una constante para todos los escenarios analizados, los valores absolutos se modificarían, pero no habría impacto en las comparaciones relativas.

⁴⁸ La tasa social de descuento utilizada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público es actualmente de 10%. (SHCP 2022)

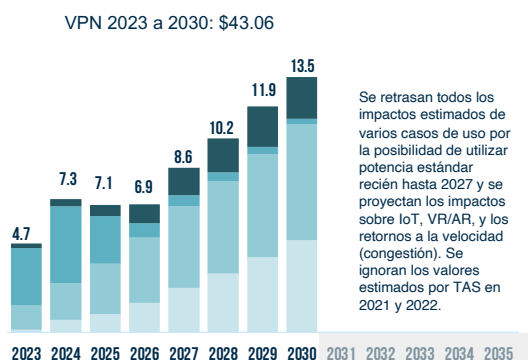


Es importante destacar que el trabajo de TAS no busca hacer una comparación con la posibilidad de asignar para uso libre inicialmente sólo 500 MHz, postergando para un futuro la decisión sobre los 700 MHz superiores, ya sea para uso libre o para IMT, aunque en México ésta es la principal disyuntiva que enfrenta el regulador. Tampoco hace una estimación de valor de la banda para su uso en IMT.

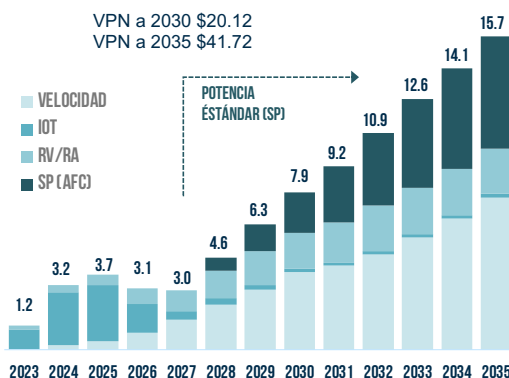
De los USD 115.65 miles de millones del impacto total estimado en el trabajo, para efectos de comparación con otras estimaciones, sólo consideramos los USD 71.96 miles de millones de impacto en el PIB, dejando de lado los excedentes del productor y del consumidor, ya que ningún otro trabajo se aboca a estimar estos impactos. Es importante resaltar que no cuestionamos la existencia de estos beneficios en cualquiera de las designaciones de la banda, pero es un tema que sólo ha sido abordado por TAS y, por lo tanto, no existen estimaciones comparables en otros trabajos. De estos USD 71.96 miles de millones, USD 30.68 miles de millones son generados por servicios que requieren de potencia estándar, la cual consideramos que no será permitida en México antes de 2027, cuando estimamos que la coordinación automatizada de frecuencias podrá ser implementada en México.

Ilustración 16. Estimación del valor de la banda de 6 GHz para el Escenario 1

IMPACTO ESTIMADO EN EL PIB EN EL ESTUDIO TAS/DSA (2021)
Miles de millones de USD



IMPACTO ESTIMADO EN EL PIB DEL ESCENARIO 1
Miles de millones de USD



Fuente: Análisis SmC+

De esta forma, comenzando con la existencia de beneficios económicos a partir de 2023 (en vez de 2021) y posponiendo la entrada de la potencia estándar hasta 2027, el valor generado por los 1,200 MHz de la banda de 6 GHz en México si ésta fuera de uso libre, basado en las premisas del estudio de TAS, sería de aproximadamente USD 28.9 miles de millones en valores presente neto en el periodo 2023-2030. Ésta es nuestra estimación del valor de la banda en el Escenario 1 descrito arriba.

Escenario 2A: 500 MHz para Wi-Fi en 2023 y 700 MHz adicionales en 2027

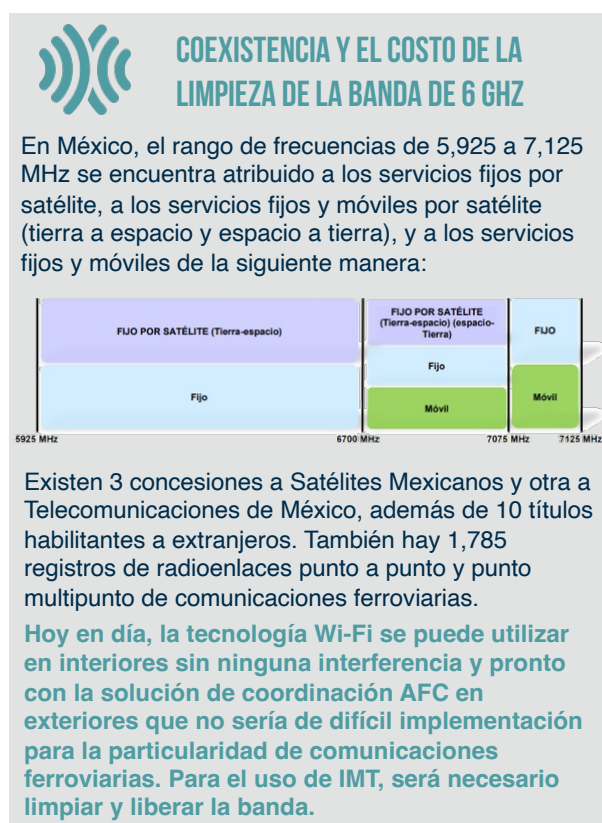
Las tres variaciones sobre el Escenario 2 parten de la misma premisa: se reserva la parte superior de la banda de 6 GHz para tomar una decisión en el futuro sobre cuál deberá ser su asignación, dejando así abierta la posibilidad de utilizarla para servicios IMT en caso de que la necesidad de espectro fuera necesaria para un funcionamiento eficiente de estas redes. Esta reserva de espectro conlleva un costo de oportunidad asociado a posponer una decisión



regulatoria en aras de contar con más información. Dado que la utilización de la banda en LPI y VLP no interfiere con los servicios satelitales que actualmente están siendo provistos a través de esta banda, puede considerarse que este espectro estaría siendo subutilizado durante el periodo en cuestión. La maximización del uso de esta banda estaría dada, o en su defecto el costo de oportunidad, de mantenerla subutilizada es una magnitud importante a la hora de tomar una decisión de política pública al respecto de su uso.

El Escenario 2A plantea permitir el uso libre de la parte inferior de la banda de 6 GHz y reserva la parte superior para una asignación posterior, en espera de los resultados de la CMR 23 y más información práctica y verificable sobre la evolución de los mercados. Para este escenario, supusimos que, al verificarse que las discusiones de otras regiones no son conclusivas ni útiles para la Región 2 (Américas) y en tanto los servicios desplegados sobre la parte inferior de la banda crecen, se decide habilitar la banda completa para uso libre en 2027. Por lo tanto, este escenario es equivalente a estimar el costo de oportunidad en el que se incurriría por un abordaje cauteloso en la designación del uso de la banda, manteniendo la opción de utilizar parte de la banda para IMT optando no hacerlo. Es una respuesta a la pregunta de qué es lo que se pierde por no contar con toda la banda como de uso libre desde el inicio de su designación.

Partimos de las estimaciones de TAS, incorporando las modificaciones a los supuestos de acuerdo con la sección anterior y adecuando otros parámetros de estimación que reflejen el impacto de contar con menos espectro para uso libre. Evaluamos el impacto en tres dimensiones que destaca en detalle dicho trabajo: la congestión, la evolución de IoT y la evolución el uso para realidad virtual y realidad aumentada (RV/RA).



Efectos sobre la congestión y la velocidad de internet de Wi-Fi

La posibilidad de utilizar la banda de 6 GHz reduce la congestión de los enrutadores de Wi-Fi, lo que se traduce en un aumento de la velocidad observada por los usuarios. Sin embargo, esto no afecta todas las conexiones de banda ancha. Dado que el desempeño de un enrutador es de aproximadamente 266.5 Mbps (ver metodología de cálculo en Anexo A), además de que existe una pérdida inherente de cualquier transmisión inalámbrica del ruteador al dispositivo final, esto implica que los enrutadores tienen una capacidad en exceso de la puede ser entregada a cada dispositivo. TAS considera que esto se convierte en un problema cuando la velocidad de la línea contratada es superior a 150 Mbps⁴⁹. Sus estimaciones están basadas en

⁴⁹ 150 Mbps es el resultado de considerar que el desempeño promedio de un enrutador es 266.5 Mbps, llegando de manera efectiva a los dispositivos únicamente entre 40% y 50% de la velocidad teórica.

que, a partir de la posibilidad de poder utilizar la banda completa de 6 GHz, la velocidad en esas conexiones aumenta.

En el caso de sólo permitir el uso de 500 MHz, estos parámetros se verían afectados, aunque de manera no proporcional al espectro total. Esto sucedería en lugares donde, por concomitancia de routers y reúso de espectro, la velocidad se ve afectada por posible interferencia. Esto sería común en espacios productivos (oficinas, fábricas, espacios comerciales y lugares públicos), así como viviendas en zonas de alta densidad (no sólo en departamentos y construcciones verticales sino en varias zonas habitacionales horizontales). De acuerdo con el INEGI⁵⁰, 25.7% de las viviendas cuentan con terrenos inferiores a 90 m² y 28.1% (9.6 millones) de las viviendas tienen un área total inferior a 55 m². Más del 12% de las viviendas en el país son en condominio vertical⁵¹. Con sólo 500 MHz no será posible alcanzar, en el promedio, velocidades de 350 Mbps como fue estimado por TAS, pero esta velocidad no sufrirá afectaciones mayores, ya que impactaría pocas líneas (estimamos que menos de 10% de las líneas con velocidad contratada arriba de 150 Mbps, por lo que se podrán alcanzar inicialmente velocidades promedio de 333 Mbps. Es decir, una disminución de 700 MHz en el espectro disponible impactaría inicialmente en una reducción de menos de 5% en la velocidad promedio alcanzada (equivalente a 8.5% menos que la ganancia en velocidad) únicamente en aquellas líneas donde el espectro de uso libre sería un cuello de botella.

Para su evolución, consideramos un aumento de esta velocidad proporcional al supuesto por TAS y, a partir de 2027, cuando la parte superior de la banda de 6 GHz es determinada como de uso libre, supusimos que sería alcanzada la velocidad promedio que hubiera sido alcanzada si se hubiera contado con los 1,200 MHz desde un inicio hasta 2030. El período de cuatro años está basado en el tiempo de reemplazo de dispositivos, tomando el tiempo más corto, dado que el reemplazo deberá acelerarse pues los beneficios de poder utilizar la banda completa deberán ser fáciles de percibir por parte de los usuarios.

Vale la pena destacar que, una vez que la banda de 6 GHz fuera designada en 2027 como de uso libre, habrá una planta de ruteadores y dispositivos en funcionamiento que no podrá hacer uso de los 700 MHz adicionales. Para aquellos de reemplazo frecuente (primer pico de la curva de reemplazo), el problema quedará solventado en un plazo razonable. Para aquellos de reemplazo poco frecuente (segundo pico), los usuarios contarán con equipos obsoletos que les estarán brindando un servicio inferior al que sería posible durante varios años. Sin embargo, para una parte importante de los equipos, la restricción de utilización de la parte superior de la banda de 6 GHz estará implementada por software, el cual podrá ser actualizado para permitir el uso de la banda completa. Existen muchas maneras de actualizar software, pero no es un proceso sencillo cuando es necesario modificar el código en millones de equipos; es probable que un porcentaje importante de la planta instalada se mantenga con las versiones que sólo permiten la utilización de 500 MHz.

El valor generado por la disminución en la congestión, conocida en la literatura como el “retorno a la velocidad”, fue estimado al 2035 en USD 16,618 millones en valor presente neto. Para el Escenario 2A, este impacto se reduce a USD 15,308 millones. Es decir, el posponer la decisión tendrá un costo de oportunidad, debido a menores velocidades promedio alcanzadas, de aproximadamente USD 1,310 millones (ver Ilustración 13).

Limitantes sobre el crecimiento de internet de las cosas (IoT)

El internet de las cosas (IoT) tiene un doble impacto en la economía. Por un lado, tiene un impacto directo en el crecimiento del PIB al permitir adoptar procesos más eficientes en las

⁵⁰ INEGI. (2020). Encuesta Nacional de Vivienda 2020 (ENVI,2020)

⁵¹ Ídem



cadena productiva, tales como monitoreo de la producción, ajustes al proceso en tiempo real y simplificación de los procesos. TAS estima que un aumento de 10% en conexiones de máquina a máquina (M2M) se traduce en un aumento anual del PIB de entre 0.3% y 0.9%, dependiendo del nivel de adopción de IoT en la producción⁵². Por otro, el uso de IoT ha comenzado a generalizarse en la población cambiando hábitos de consumo. Este impacto es sustancialmente más difícil de medir, ya que sus efectos son de segundo orden y las series temporales aún demasiado cortas para extraer conclusiones que puedan extrapolarse hacia el futuro. No debe, sin embargo, despreciarse que su impacto será grande, al modificar cómo las personas utilizan las “cosas” y cómo se relacionan con su medio.

Estimamos que el impacto sobre el desarrollo de IoT, al menos en un período inicial, deberá ser bajo. La necesidad de mayor espectro para su correcto funcionamiento depende de dos variables. Por un lado, estos dispositivos y las aplicaciones que de soporte han venido sofisticándose a lo largo del tiempo, requiriendo mayor velocidad, menor latencia y mayor capacidad de transmitir más información. Éste es un proceso que apenas comienza y para el que los desarrolladores recién han comenzado a diseñar aplicaciones que tomen ventaja de la disponibilidad de mayor espectro de uso libre. Parte importante de estos desarrollos serán pensados inicialmente para Estados Unidos, tomando como base la disponibilidad de los 1,200 MHz en la banda de 6 GHz. Por otro lado, al ser utilizados en los procesos productivos, será necesario desplegar en zonas cercanas un mayor número de puntos de acceso que permitan la utilización simultánea de varios canales; poco espectro disponible se verá reflejado en un aumento en la interferencia y en una menor velocidad alcanzada⁵³. Sin embargo, el proceso de adopción de estas tecnologías es lento y costoso.

TAS basó su cálculo de impacto en una proyección de M2M publicada por GSMA Intelligence⁵⁴ en 2020, que al día de hoy ha sido actualizada. Por lo anterior, hemos actualizado el punto de partida, suponiendo que el crecimiento absoluto estimado en el documento de TAS se mantendría. El cambio en el punto de referencia se ve reflejado en un mayor impacto debido al crecimiento de IoT. Como el proceso de adopción de tecnologías que soportan el IoT es lento y costoso, el impacto de no contar con 1,200 MHz en la banda de 6 GHz deberá ser bajo, al menos en un inicio, lo que reflejamos en nuestra estimación suponiendo que 4 de cada 5 dispositivos podrían funcionar sin problemas con sólo 500 MHz. La diferencia se mantendría e los escenarios donde se asigna la parte superior de la banda para IMT, pero desaparece gradualmente a partir de 2027 para el Escenario 2A.

De tal manera, estimamos que el derrame en el desarrollo de IoT en el Escenario 1 es de USD 7.168 millones, mientras que para el Escenario 2A sería de USD 5,914 millones. Es decir, aplazar la decisión de designar la parte superior del espectro de 6 GHz por cuatro años genera un costo de oportunidad, debido a un desarrollo menos acelerado de IoT, de aproximadamente USD 1,250 millones.

Restricciones potenciales al desarrollo de la realidad virtual y la realidad aumentada (RV/AR)

Para la mayoría de la población, la realidad virtual está asociada con el entretenimiento y la industria del ocio (frecuentemente agrupadas bajo el concepto de *gaming*). Sin embargo, su utilización en aplicaciones productivas directamente ligadas al crecimiento económico está proliferando aceleradamente. Es notorio el desarrollo de herramientas que se valen de esta tecnología en salud, minería, diseño y desarrollo de productos, capacitación, entrenamiento y

⁵² Retomado por TAS de Frontier Economics (2018).

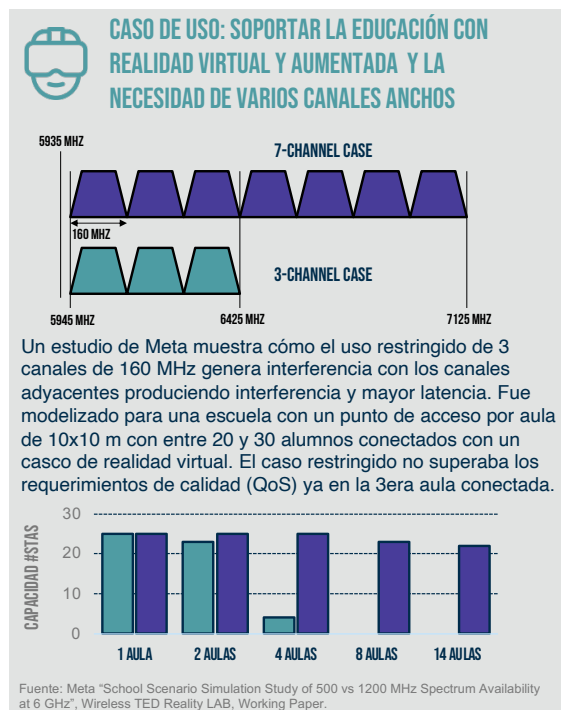
⁵³ Meta “School Scenario Simulation Study of 500 vs 1200 MHz Spectrum Availability at 6 GHz”, Wireless TED Reality LAB, Working Paper.

⁵⁴ TAS (2021), citando a GSMA Intelligence



educación. Otras aplicaciones incipientes son las transmisiones de eventos en vivo, los deportes y la generación de contenido audiovisual.

La RV/RA requiere del transporte de grandes cantidades de datos con mínima latencia. En muchas ocasiones – educación, entrenamiento, *gaming*, eventos – se requerirá cercanía física entre dispositivos conectados, que, para evitar interferencia, necesitarán un mayor número de canales. Con 1,200 MHz en la banda de 6 GHz, los siete canales disponibles dan amplio espacio para que esto suceda, pero estas situaciones se ven negativamente afectadas al contar con únicamente tres canales. En un futuro cercano, las aplicaciones que requieran para su correcto funcionamiento la utilización de canales de 320 MHz, que será posible con la llegada de Wi-Fi 7, con únicamente 500 MHz en la banda de 6 MHz no será posible tenerlas en activo de manera simultánea en áreas cercanas funcionando correctamente. Es por tanto posible argumentar que el despliegue de estas soluciones se verá comprometido si no se pone a disposición la banda completa. Sin embargo, el problema aún es incipiente, ya que todavía la RV/RA está en sus etapas iniciales y puede considerarse como un producto de nicho.



Las estadísticas de RV/RA de las diferentes fuentes no son totalmente comparables, ya que consideran definiciones diferentes. Sin embargo, independiente de lo que se está midiendo, la mayoría de las proyecciones apuntan a que este mercado mostrará crecimientos acelerados en el futuro cercano, todas de entre 25% y 30% por año⁵⁵. Estados Unidos representa alrededor de 75% de este mercado y continuará siendo el motor del crecimiento y desarrollo de usos de la RV/RA. De acuerdo con ABI Research, la contribución al PIB de Estados Unidos de estas tecnologías en 2022 debió alcanzar cerca de 0.3%, mientras que en México sería de 0.2% (es decir, tan sólo 3% del valor económico estimado para EUA).

Para la estimación del impacto en el PIB que tiene esta banda debido a soluciones de RV/RA, TAS utiliza dos estudios previos. El primero, de PwC (PwC, 2019), calcula un coeficiente para estimar el peso total de RV/RA en la economía; el segundo, de ABI Research, calcula las ventas de componentes de RV/RA, que es un proxy del impacto directo. La diferencia entre ambas equivale al derrame que genera la utilización de este tipo de soluciones. TAS atribuye a los 1,200 MHz de la banda de 6 GHz la generación de 26.64% del valor total de RV/AR en 2023, elevando este porcentaje a 53.87% en 2030; posteriormente divide el valor en impacto directo (ventas de componentes) e indirecto (derrame). Suponiendo conservadoramente que el impacto indirecto no podrá ser mayor que el directo, obtiene un impacto que, en valor presente neto, es de USD 5.7 miles de millones (2023-2030).

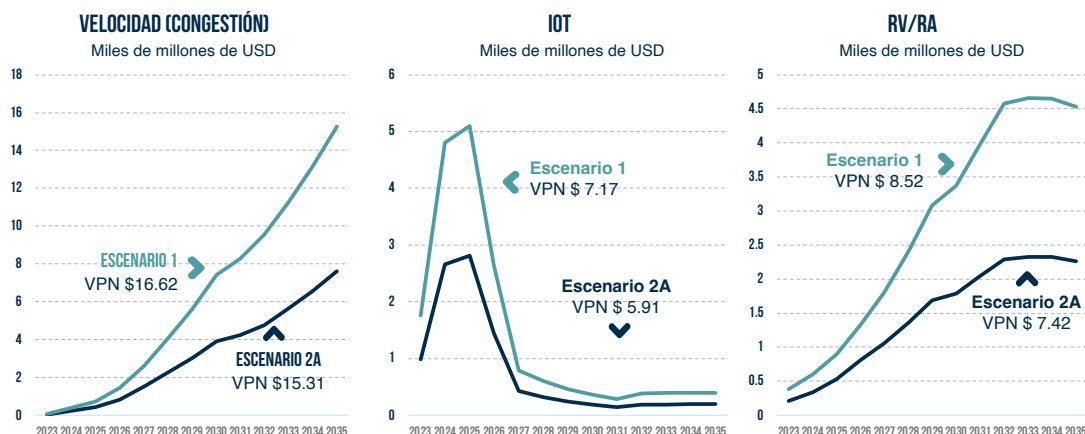
Como punto de partida tomamos las estimaciones de TAS y supusimos que una parte creciente del impacto en el PIB, aunque pequeña inicialmente, estaría comprometida si los 1,200 MHz no

⁵⁵ Statista (statista.com), Market Research Future (marketresearchfuture.com), Grand View Research (grandviewresearch.com), Global Data (globaldata.com), Allied Market Research (alliedmarketresearch.com).



estuvieran disponibles. Conforme se extienda el uso de la RV/RA, las aplicaciones disponibles aumentarán y los costos asociados disminuirán, lo que llevará a una mayor frecuencia en el uso en simultaneidad, lo que aumentará la interferencia y por lo tanto un uso insatisfactorio.

Ilustración 17. Impacto estimado de permitir el uso libre de 1,200 MHz vs 500 MHz durante un período de 4 años



Fuente: Análisis SmC+.

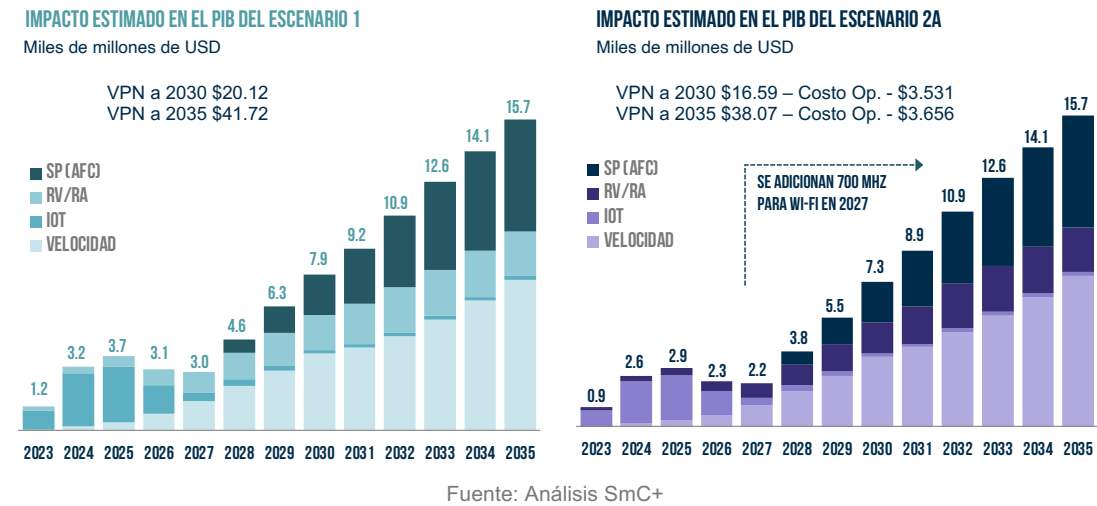
Suponiendo que actualmente 1 de cada 5 situaciones de utilización de RV/RA cumple con las características de cercanía, simultaneidad y concomitancia, que se dan no sólo en situaciones de *gaming*, sino principalmente en plantas productivas y entrenamiento (incluyendo educación, cuya utilización en México es aún muy limitada), al no funcionar adecuadamente, se tendrá un impacto equivalente en el PIB atribuible a la tecnología por no contar con los 1,200 MHz en la banda de 6 GHz. Conforme aumenta la popularización y uso de estas tecnologías, las condiciones arriba mencionadas serían cada vez más frecuentes, llegando a 3.5 de cada 10 en 2026. Para el escenario en cuestión, dado que podrán ser utilizados los 1,200 MHz a partir de 2027, la reducción en impacto deberá comenzar a disminuir, por lo que estimamos que, de manera paralela a la evolución de la velocidad, la congestión y el desarrollo de IoT, la diferencia entre los Escenarios 1 y 2A deberá haber desaparecido en 2030.

Con estos supuestos de extensión de la realidad virtual y aumentada (RV/RA), el impacto estimado en el PIB en el Escenario 1 es de USD 8,517 millones, mientras que para el Escenario 2A sería de USD 7,424 millones. Es decir, el costo de oportunidad de reservar el espectro es de aproximadamente USD 1,093 millones por una menor utilización de la RV/RA en el período 2023-2030.

Impacto comparado de habilitar incrementalmente el uso libre (Escenarios 1 y 2A)

La diferencia en el impacto estimado para los Escenarios 1 y 2A es equivalente al costo de oportunidad de mantener la parte superior de la banda de 6 GHz para una decisión posterior, permitiendo el uso libre de los 1,200 MHz en un momento futuro (2027 en nuestro ejercicio), dado que existirá evidencia empírica y analítica de que ésa es la política que más genera valor. Puesto de otra manera, la diferencia en impacto podría interpretarse como el costo de la “cautela regulatoria”, dejando abierta la posibilidad de escoger entre dos usos cuando exista más información disponible y los mercados a nivel internacional se encuentren más desarrollados.

Ilustración 18. Costo de oportunidad de habilitar la parte superior de la banda de 6 GHz como de uso libre en 2027



El costo de oportunidad de dividir la decisión de habilitar toda la banda para uso libre y hacerlo de manera incremental, 500 MHz ahora y 700 MHz en 2027, es de aproximadamente USD 3,656 millones, equivalente a una pérdida de 8.8% del valor que podría generarse. Visto a la inversa, implica evitar una generación adicional de valor de aproximadamente al 9.6%.

Escenario 2B: 500 MHz para Wi-Fi en 2023 y 700 MHz para IMT en 2027 o 2032

El Escenario 2B considera que la parte inferior de la banda de 6 GHz se designa como de uso libre en 2023, mientras que la parte superior se designa para IMT posterior a la CMR 27, cuando ya se tendría un panorama más claro sobre la disponibilidad de equipamiento IMT y la existencia de demanda real por parte de los operadores en México. La banda sería licitada de acuerdo con los procesos utilizados por el IFT y estaría sujeta al pago inicial resultado de la puja y los pagos de derechos anuales establecidos en ley. Hemos tomado dos posibles momentos para ese evento, ya que consideramos que, en este escenario, la licitación acontecería con alta probabilidad entre estas dos fechas.

La demanda por dicho espectro podría ser tan apremiante que el IFT conduciría el proceso de licitación durante 2027 y la red sobre este espectro estaría disponible en 2028, aunque fuera de manera incipiente, pudiendo en ese momento comenzar a generar externalidades (“licitación temprana”). Sin embargo, siempre cabe la posibilidad de que la demanda por la banda no fuera inminente, ya sea por demanda de los propios operadores o porque el equipamiento necesario no estuviera disponible. Para este caso hemos considerado que la banda sería licitada en 2032 y, tras el período normal de un despliegue inicial de la red, ésta comenzaría a operar en algún momento en 2033 (“licitación tardía”).

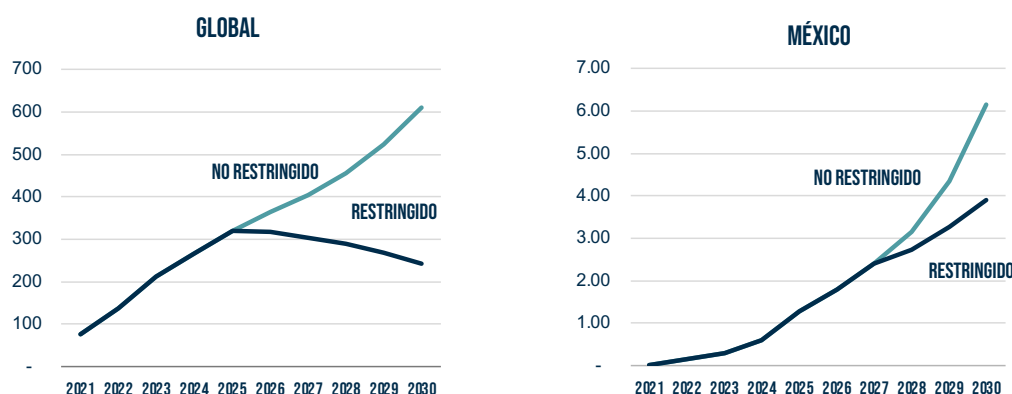
Para nuestras estimaciones, nos hemos basado en los estudios publicados por la GSMA (GSMA 2022a y 2022b), ambos relacionados con la necesidad de espectro en bandas medias para el correcto desarrollo de las redes IMT. El primer estudio estima el valor total generado por 5G y cuánto de esto puede ser atribuido a las bandas medias. Así, del total generado, la asociación estima que 65% se debe al hecho de contar con suficiente espectro de bandas



medias. Esta suficiencia está asociada a contar, de manera aspiracional, con al menos 2 GHz de este tipo de espectro, sin hacer referencia a ninguna banda en particular. A este escenario lo denominan “sin restricciones” (*Optimal scenario*). Los usos principales serán eMBB (*Enhanced Mobile Broadband*) responsable por 42% del valor, el acceso fijo inalámbrico un 32% (FWA), IoT masivo (16%) y URLLC (*Ultra-reliable, low-latency communications*) un 10%. La GSMA estima que en 2030 los beneficios totales de 5G en el PIB atribuibles a las bandas medias en América Latina ascenderán a USD 41 mil millones, de los cuales 15% (USD 6.15 mil millones) serán realizados en México.

Asimismo, el estudio evalúa la pérdida de generación de valor en caso de no contar con suficiente espectro en bandas medias (“escenario restringido”), sin indicar en específico con cuánto espectro se contaría. La estimación de pérdida de valor está basada en la evaluación de dos escenarios alternativos. Por un lado, estiman el impacto de una mayor densificación de antenas para mantener la calidad que podría conseguirse con el espectro suficiente en bandas medias, lo que se traduciría en costos adicionales, mayores precios y menor apropiación. Por otro, estiman el costo en la economía de ofrecer servicios de menor calidad.

Ilustración 19. Estimación del impacto de las bandas medias en el PIB basado en las premisas y estimaciones de la GSMA (miles de millones de USD)

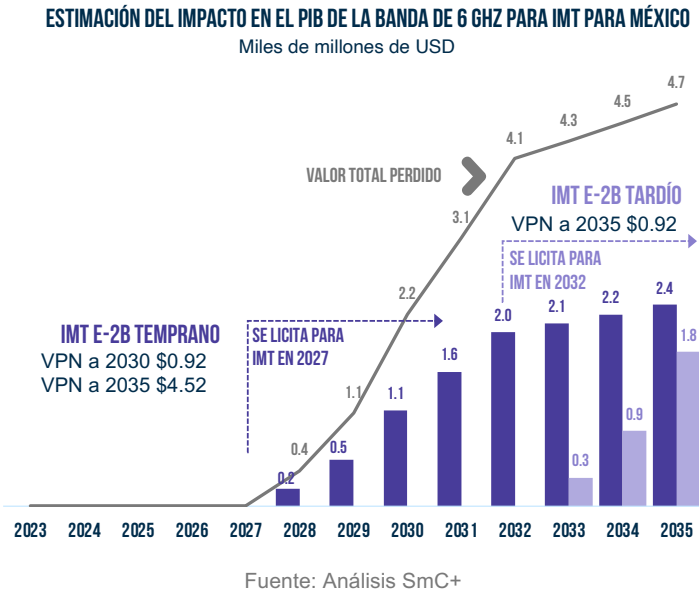


Fuente: Análisis SmC+ basado en GSMA (2022a)

Por construcción de los escenarios, dado que la única variable es la cantidad de espectro en bandas medias, toda la pérdida de valor puede atribuirse a insuficiente espectro de este tipo. El estudio no asigna el valor a ninguna banda media específica, por lo que, para poder estimar el valor a la banda de 6 GHz supusimos que los 700 MHz de la parte superior de la banda generarían 50% del valor total generado por las bandas medias. Esta asignación es conservadora, ya que está asignando una parte importante del valor total a una banda relativamente alta que contribuiría con únicamente 35% del espectro necesario para alcanzar el total aspiracional de 2 GHz de este tipo de espectro y que estaría entrando en uso varios años después de las bandas que ya están siendo utilizadas (Ilustración 20).

Suponiendo una asignación proporcional en este escenario igual que para el escenario sin restricciones, el valor generado en México en el escenario restringido en 2030 sería de USD 3,900 millones en vez de los USD 6,150 millones potenciales, equivalente a una pérdida de USD 2,250 millones. Al asignar 50% del valor total del valor generado por las bandas medias a la banda de 6 GHz, se obtiene el valor perdido a lo largo del tiempo (Ilustración 21).

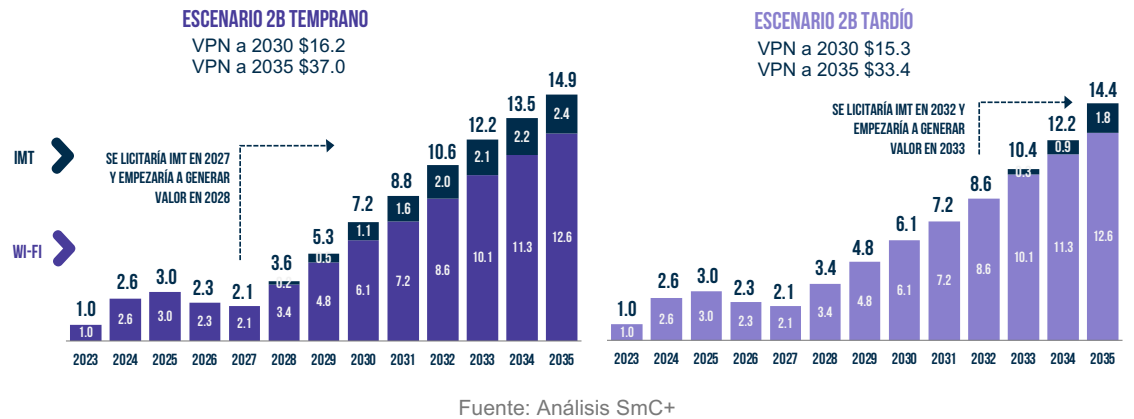
Ilustración 20. Valor de la porción 6425-7125 MHz en la banda de 6 GHz utilizada para redes IMT para México



De lo anterior, se puede entonces deducir, extrapolando los resultados al 2035, que el valor presente neto de la pérdida total por no contar con suficiente espectro de bandas medias sería de USD 9,100 millones, del cual se recuperarían USD 4,500 millones si se asignara la parte superior de la banda de 6 GHz para IMT y fuera licitada tempranamente (2027). Si la licitación esperara hasta 2032, el valor se reduciría a USD 900 millones.

Para estimar el valor generado por el uso libre de la parte inferior de la banda, los efectos negativos sobre la velocidad y el desarrollo de IoT y RA/RV inicialmente serían iguales que los estimados para el Escenario 2A, pero éstos no se eliminarían gradualmente a partir de 2027 sino que continuarían acentuándose.

Ilustración 21. Estimación del impacto en el PIB al asignar 500 MHz para uso libre y 700 MHz para IMT (miles de millones de USD)

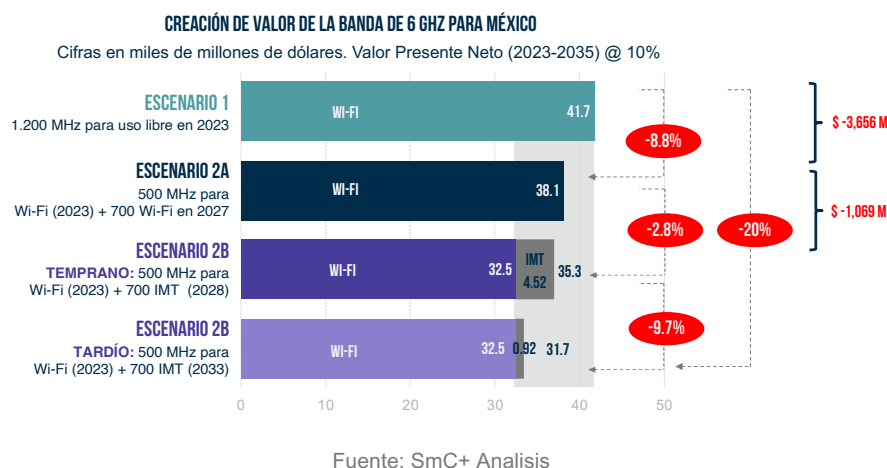


De esta manera, en el caso de una licitación temprana, la banda de 6 GHz podría estar generando un beneficio económico de USD 37,500 millones (valor presente neto a 2035), de los cuales USD 32,500 millones (87.8%) serían generados por la parte inferior y USD 4,500 millones (12.2%) por servicios IMT. En el caso de una licitación tardía, el valor se reduciría a USD 33,400 millones, siendo el 97.2% (USD 32,500 millones) generado por la parte inferior y tan sólo 2.8% (USD 920 millones) por servicios de IMT.

Resultados finales comparados

De las estimaciones anteriores, se concluye que la maximización de valor social, económico y sectorial para México se obtiene al habilitar toda la banda de 6 GHz en el corto plazo. Normalizar los resultados presentados por distintos trabajos y ajustarlos a su posible ocurrencia en el tiempo nos permite observar el impacto que podría esperarse para cada uno de los escenarios estudiados.

Ilustración 22. Valor Presente Neto de los distintos escenarios en consideración para la banda de 6 GHz



- Los resultados ordenados reflejan la gran ventaja que posee habilitar los 1,200 MHz de la banda de 6 GHz para el uso libre, porque su demanda es actual y concreta, existen equipos, dispositivos y aplicaciones que pueden hacer uso de la banda y generar beneficios para los usuarios y la economía en su conjunto. Éste es además el escenario por el que han optado 9 países de las Américas que representan un 76% en términos poblacionales.
- Los usos para IMT sin duda pueden tener un alto impacto, pero su posible necesidad de espectro en la banda de 6 GHz mantendría un recurso escaso parcialmente ocioso o ineficientemente usado por prácticamente una década, por lo que su contribución atribuible específicamente a esta banda será marginal.
- Las decisiones incrementales que implican definir 500 MHz en el corto plazo en la parte baja de la banda para uso libre, y dejar para más adelante una decisión sobre el segmento de 6425 a 7125 MHz como lo muestran los escenarios 2A y 2B temprano y tardío, que conllevan un costo de oportunidad. En efecto, tanto si se decide completar la decisión anterior y extender el Wi-Fi hasta los 7125 MHz (escenario 2A) o realizar una licitación en esa parte de la banda para IMT (escenario 2B), habrá una pérdida a valor presente de USD

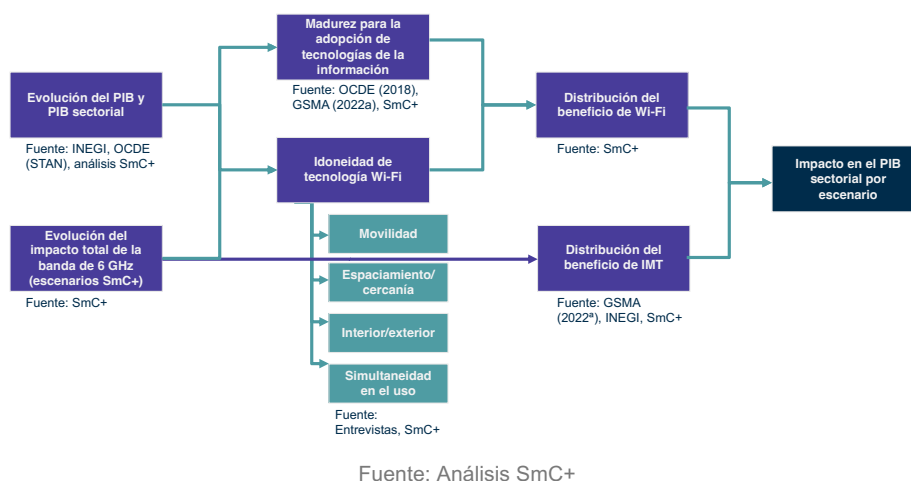
3,656 mil millones (9.6%) para el primer caso o de USD 4,675 mil millones (11%) respecto al escenario 1.

- El costo de oportunidad entre el escenario 1 y el 2B tardío (quizás el más probable para los países en desarrollo como los latinoamericanos) deja una pérdida de valor en torno a los USD 10 mil millones (-20%).

Los impactos sectoriales sobre los escenarios estudiados

Para poner en contexto el crecimiento adicional del PIB debido a los posibles usos de la banda de 6 GHz a lo largo del período de estudio, hemos estimado cómo sería el impacto en diversos sectores. Hemos escogido 12 sectores que, en su conjunto son responsables actualmente por el 73% del PIB de México, llegando a alrededor de 76.3% en 2035⁵⁶. La incorporación de las tecnologías de la información (TI), y más específicamente cómo utilizan redes de comunicación, varía de manera importante entre los diferentes sectores de la economía. Algunos se han digitalizado de manera celeré (p.ej., sector financiero), mientras que otros (p.ej., agricultura) solo se apoyan marginalmente en estas tecnologías⁵⁷.

Ilustración 23. Metodología para las estimaciones de impacto sectorial



El transporte de datos está soportado por redes con diferentes características entre ellas, velocidad, capacidad, latencia, fluctuación (*Jitter*), y/o movilidad. Varias de estas características pueden satisfacerse por varios tipos de redes; los diferentes usuarios seleccionan la opción más conveniente dependiendo de sus necesidades y el costo beneficio asociado, muchas veces apoyándose en varias tecnologías que son interoperables. Wi-Fi, que es la principal tecnología sustentada en el espectro de uso libre, es ideal para incorporarla a los procesos productivos cuando se cumplen ciertos criterios más allá de la velocidad, la latencia y la fluctuación: la aplicación es relativamente estática (baja o nula movilidad) y se tiene simultaneidad de uso por varios usuarios o aplicaciones en espacios cercanos (que podría causar interferencia). Además, en el caso específico de la banda de 6 GHz, por restricciones del uso potencial del espectro y la posible interferencia con otros servicios, su uso, por lo menos en el mediano plazo, estará restringido a espacios internos, hecho que representa un ventaja sobre la tecnología IMT que requiere inversiones intensas para poder prestar cobertura interior comparable. Como varias aplicaciones pueden ser satisfechas adecuadamente tanto

⁵⁶ Supusimos que cada sector evolucionaría con la misma tasa de crecimiento que ha presentado durante los últimos 15 años. No hemos incorporado ninguna discontinuidad en la conformación de la producción de México.

⁵⁷ Una discusión completa de encuentra en OECD (2018).



con la tecnología Wi-Fi como con IMT, la selección por parte del usuario de cuál tecnología incorporar estará en términos de disponibilidad y de costo-beneficio.

Para estimar el valor creado por el uso de la banda de 6 GHz en cada uno de los escenarios planteados en este documento, procedimos a distribuir el impacto total dependiendo de qué tanto han sido incorporadas las tecnologías digitales a los procesos productivos (medido a través de la taxonomía desarrollada por la OCDE) y una evaluación de la idoneidad de la tecnología Wi-Fi para las diferentes aplicaciones y necesidades que tiene cada sector. Las principales aplicaciones que impactan positivamente el desarrollo de cada uno de los sectores varían de acuerdo con las necesidades y la posibilidad que tiene Wi-Fi para satisfacerlas.

Ilustración 24. Tabla de sectores e impactos cualitativos

SECTOR	MADUREZ TECNOLÓGICA	IDONEIDAD DEL WI-FI	PRINCIPALES USOS DE TECNOLOGÍA WI-FI
MANUFACTURA **	3.0	3.2	La manufactura (que incluye a las maquiladoras, el sector automotriz y los electrónicos) utiliza redes para la automatización de procesos, reparación y mantenimiento, integración de cadenas internacionales de suministro en tiempo real (condición deseable para el <i>nearshoring</i>), el control de inventarios y el control de calidad. Su integración con los socios del TLCAN es fundamental para maximizar los beneficios del tratado
AUTOMOTRIZ	3.0	3.8	
ELECTRÓNICOS	3.1	3.8	
PETRÓLEO Y GAS	2.1	2.4	Usuarios intensivos de datos en producción y distribución: monitoreo remote, diagnósticos y ajustes en tiempo real, seguridad/ciberseguridad e integración de producción y logística. Operaciones aisladas que requieren de redes privadas
TURISMO	1.7	2.0	Sector de uso poco intensivo. Comenzará a utilizar RA/RV con mayor frecuencia. Utilización incipiente en espectáculos y eventos
SECTOR FINANCIERO	3.6	3.8	Uno de los sectores más digitalizados. Requieren de soluciones de datos masivos con mínima latencia, además de protección extrema de datos (ciberseguridad)
COMERCIO (RETAIL)	3.3	3.8	El comercio será una de las palancas de crecimiento de uso de herramientas digitales masivas, incluyendo RA/RV. Control de inventarios y manejo de cadenas de suministro. Comercio electrónico actualmente supera los USD 60 mil millones
SALUD	2.4	3.4	Adopción tardía. RA/RV, así como transmisión sin latencia de alta calidad, son insumo esencial para tele-cirugía. Wi-Fi no adecuado para monitoreo de salud (requiere movilidad)
LOGÍSTICA	1.7	1.4	Sector poco digitalizado, por con enorme potencial. Wi-Fi adecuado para ciertas partes de la cadena de valor. Wi-Fi requiere necesariamente de la complementariedad de IMT
CONSTRUCCIÓN	1.7	1.8	Sector poco digitalizado. Uso de herramientas de RA/RV para diseño y monitoreo
GOBIERNO	2.8	2.4	La administración pública abarca una gran gama de actividades. Algunas (p.ej., oficinas, manejo de datos y expedientes) se satisfacen con soluciones Wi-Fi; otras (p.ej., monitoreo externo, seguridad) requieren de redes IMT. Varía mucho por dependencia, rubro y región
CORPORATIVOS	3.2	4.0	Herramientas de mejora en el manejo central de información. Comunicación con puntos no centrales del corporativo (telepresencia, RA/RV). Entrenamiento

Nota: ** Sector denominado "manufactura" excluye automotriz y electrónicos
Fuente: análisis SmC+

De la misma manera, con base en estimaciones de la GSMA (GSMA2022a), se estimó el impacto de las bandas medias primero y luego lo generado por la banda de 6 GHz (conforme a la estimación de impacto global presentada en las secciones anteriores) en cada uno de los



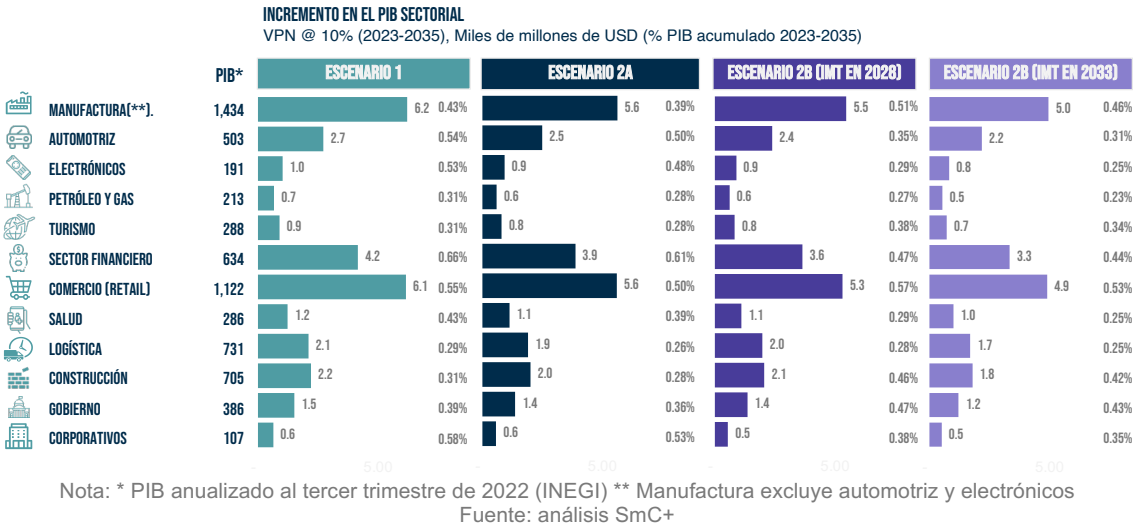
sectores. De los 12 sectores considerados, la manufactura (separando en particular la industria automotriz y de electrónicos, que tienen un fuerte foco en la exportación) y el comercio (*retail*) son los de mayor peso en la economía; corporativos y servicios públicos básicos⁵⁸ son los de menor valor absoluto agregado. La ilustración 23 describe los impactos cualitativos que presenta la tecnología Wi-Fi para cada sector, al igual que su ponderación de madurez tecnológica y una estimación del indicador de idoneidad de Wi-Fi para cada caso.

El mayor impacto relativo vendría de la utilización de la banda de 6 GHz en el sector financiero. El PIB sectorial total en el período⁵⁹ sería impactado en 0.66% (USD 4,160 millones) para el Escenario 1; el impacto en 2035 llega a 1.3% en 2035 (USD 2,007 millones). Para el Escenario 2B con licitación tardía, este impacto sectorial se reduce a 0.53% (USD 3,336 mil millones), alcanzando 1.15% (USD 1,783 millones).

El mayor impacto absoluto se presenta en el sector de la manufactura (0.47%, USD 9,94r millones) en el Escenario 1, que se reduciría a 0.37% (USD 7,931 millones) en el Escenario 2B, una pérdida de 20.3%. Los sectores automotriz y de electrónicos, incluidos en la manufactura, serían impactados en 0.54% (USD 2.72 mil millones) y 0.53% (USD 1.01 mil millones) en el primer caso, reduciéndose a 0.43% (USD 2.17 mil millones) y 0.42% (USD 0.81 mil millones)

El menor impacto relativo, de 0.28%, se presenta en el sector de minería, debido a que es un sector todavía poco digitalizado y con una parte importante de sus operaciones en exteriores. Sin embargo, la llegada de la “minería inteligente” (*smart mining*) promete cambiar aceleradamente cómo este sector incorpora en sus procesos la utilización de redes para eficientizar su cadena productiva. Por las características propias de la minería, cuyas operaciones generalmente están localizadas en lugares donde las redes públicas de telecomunicaciones no tienen presencia, la construcción de redes privadas deberá ser la forma que tomará la digitalización intensiva de este sector.

Ilustración 25. Impactos cuantitativos



De acuerdo con la GSMA (GSMA 2022a), la tecnología IMT tendrá su principal impacto en manufactura (31%), servicios (16%) y comercio (10%). La distribución del valor completo de la banda, incluyendo el impacto de IMT, con base en nuestras estimaciones, apunta a que

⁵⁸ Luz, agua, saneamiento y gas

⁵⁹ Medido en valor presente neto en el período 2023-2035, descontando a una tasa de 10%.



manufactura tendrá un menor peso (~24%), mientras que comercio (23.2%-23.9%) y finanzas (16.2%-16.5%) verán un mayor impacto.

El costo de oportunidad de dividir la decisión de habilitar parcialmente la banda de 6 GHz para uso libre podrá tener un efecto relevante en el crecimiento de los sectores de manufactura (incluyendo las maquiladoras), financiero y comercio en el corto plazo, reduciendo cerca de 10% el impacto de la banda. En el caso de que se optara por atribuir la parte superior de la banda para servicios IMT, suponiendo que la red entrara en operación hasta 2033, aunque una parte del valor se recupera en el futuro, el costo total podría ser de más de 25% de lo que podría obtenerse con una habilitación total de la banda para uso libre.

Resumen de los hallazgos y recomendaciones

A continuación, y a modo de conclusión, integramos los resultados cuantitativos obtenidos a un recuento particular de otros elementos de tipo cualitativo por las cuales la totalidad del espectro de 6 GHz habilitado para uso libre brindaría los mayores beneficios para México. Existen diversos elementos difíciles de cuantificar pero que constituyen razones fuertes para un país como México para decidir en poner a producir toda la banda de 6 GHz sin especulaciones que le resulten costosas. Una decisión parcial no es demandada por los proveedores de servicios que se apoyan en el uso libre, por el contrario, generaría “ruidos” y dudas a la hora de pensar en ese mercado para el despliegue de soluciones y aplicaciones que puedan sufrir de congestión o limitaciones a futuro.

Aquí destacamos evidencias importantes en lo que hace a la maximización del aprovechamiento de un recurso nacional y la posibilidad de mayor competencia gracias a la coexistencia de servicios considerando además que los usuarios podrán disfrutar de mejoras en eficiencia en el consumo de internet, beneficiarse de su evolución futura, a través de un “leapfrogging tecnológico” de menor costo. También resaltamos los beneficios de continuar con la tendencia de armonización regional ya fuertemente encaminada para consolidar las economías de escala en equipos al igual que la posibilidad de evitar pasivos regulatorios que resultan a todas luces evidentes ante la evolución de las tendencias actuales y el comportamiento natural de los usuarios.

01: Maximización del uso del espectro y su costo de oportunidad

Se pondría a producir un recurso escaso como es el espectro que en esta banda está marginalmente utilizado. No hacerlo implica un costo de oportunidad de mantener parcialmente ocioso un recurso cuando pudiera ser productivo. Debido a que no existe un tiempo claro para que las empresas móviles vayan a realmente requerir este espectro para la prestación de 5G (o su evolución) el que no sería sino hasta 2026, año en que se proyecta contar con equipamiento. De acuerdo con una encuesta de la GSMA, en el mundo desarrollado podría esperarse demanda por este espectro no antes de 2027 y principalmente más allá de 2030. Para México, dadas las condiciones actuales, este escenario (medido como escenario 2B tardío) parece el más probable, en tanto existen diversas bandas aún disponibles sobre las que sí hay consenso que podrían ser utilizadas para servicios IMT en el corto y mediano plazo. Es decir, una reserva de la porción de 6425 a 7125 MHz significaría usar este recurso muy por debajo de su potencial por los próximos 10 años.

Se espera la disponibilidad del ecosistema IMT para 6 GHz para después de 2025 si existe demanda, lo que no ocurrirá hasta después de 2027 en países desarrollados, mientras que Wi-Fi ya está listo y no necesita desplegarse de la misma manera que las redes tradicionales

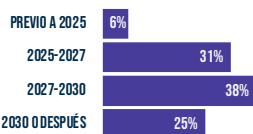


La parte superior de la banda de 6 GHz recién se la ha estandarizado como 3GPP n104, y los equipos 5G para 6 GHz están en desarrollo. Se espera que haya infraestructura y equipos disponible no antes de 2025 si hay demanda de los operadores.



No existe un tiempo claro para que las empresas móviles vayan a realmente requerir ese espectro para 5G y evoluciones en tanto existen otras bandas que serán demandas primero que ya tienen equipamiento y que van a significar inversión en despliegue (y derechos)

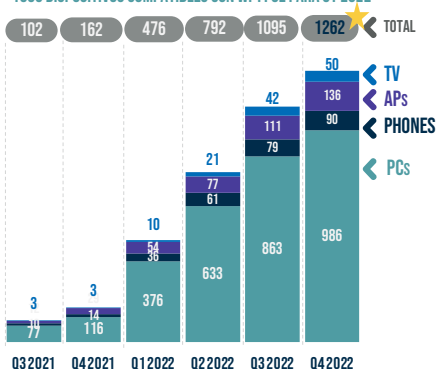
GSMA: DEMANDA DE LOS OPERADORES PARA LA BANDA DE 6 GHz



Fuente: Encuesta de GSMA Intelligence agosto de 2022.
Información de los operadores (incluida encuesta a aproximadamente 20 operadores líderes)



1095 DISPOSITIVOS COMPATIBLES CON WI-FI 6E PARA 3T 2022



Fuente: SmC+ adaptado de Intel



02: Oferta de servicios y competencia

Existe un ecosistema de proveedores de servicios de internet (ISP) que van a hacer usufructo del espectro de manera directa apenas se habilite como de uso libre. El número de empresas beneficiadas son al menos 100 veces más de quienes serían licenciatarios del espectro móvil. Aumentarían los oferentes de servicios competitivos a nivel nacional y local que pueden soportar nuevas tecnologías y aplicaciones y que van a ser complementarias y sustitutas a nivel de interiores con 5G.



Mayores proveedores beneficiados

Existe un ecosistema de ISPs que van a hacer usufructo del espectro de manera directa apenas se habilite. Son al menos 100 veces más de quienes serían licenciatarios del espectro móvil.



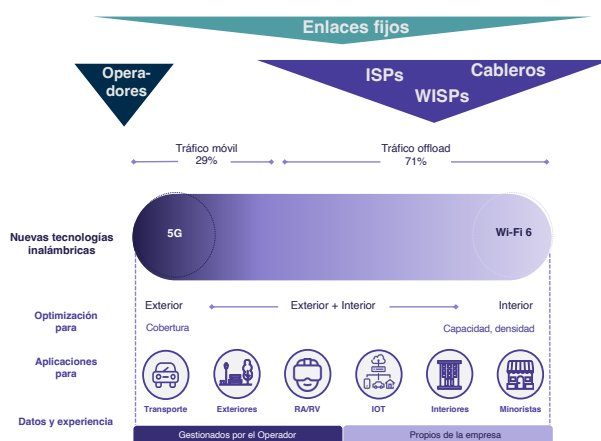
Mayores oferentes de servicios competitivos

Aumentarían los oferentes de servicios competitivos (nacional y local) que pueden soportar nuevas tecnologías y apps y que van a ser complementarias y sustitutas a nivel indoor con 5G.



Con AFC y Standard Power se van a potenciar la gran cantidad de soluciones desplegadas que benefician al usuario de bajos ingresos

Solo la CDMX contaba con más de 21 mil puntos de acceso a Wi-Fi gratuito a fines de 2021 (y ganó premios por ello) y para este 2022 están conectando a todas las escuelas públicas de la capital a través de una inversión de 1.500 m.d.p. para llegar a 33.392 puntos de acceso.



Fuente: Análisis SmC+ en base a Cisco VNI Mobile, 2019

03: Integración económica dentro del T-MEC y homologación de soluciones industriales

Alinear las decisiones tecnológicas con los principales socios comerciales de México (T-MEC) es fundamental para tener funcionamiento óptimo de las cadenas de abastecimiento. Tener asignaciones de uso de espectro diferentes dentro de una región económicamente integrada genera incompatibilidades tecnológicas, pues será necesario un proceso de homologación posterior que tomará tiempo y consumirá recursos económicos que podrían ser evitados. Alinearse permitiría la homologación tecnológica en plantas productivas, pieza fundamental del “nearshoring” del cual México está siendo uno de los principales beneficiados en el mundo.

Las grandes manufactureras, que requieren integración de procesos y herramientas para aumentar productividad y eficiencia, estarían lidiando con la misma herramienta tecnológica en vez de lidiar con dos herramientas que no son 100% compatibles. Una parte importante del valor potencial de 1,200 MHz en la banda de 6 GHz vendrá de la industria manufacturera, especialmente del sector automotriz y la fabricación de electrónicos que de acuerdo a nuestras estimaciones reportarán un impacto en el PIB acumulado 2023-2025 de USD 6.2, USD 2.7 y USD 1 mil millones respectivamente para el escenario 1 de habilitar toda la banda para uso libre.



➤ Alinea una decisión tecnológica fundamental a los principales socios comerciales de México (T-MEC).

Tener asignaciones diferentes dentro de una región económicamente integrada genera incompatibilidades tecnológicas que necesitarán de un proceso de homologación posterior que tomará tiempo y consumirá recursos económicos que podrían ser evitados.

- Cada proveedor de soluciones hará su propio cálculo económico de acuerdo a su cadena de suministro (SKU), si se requieren especificaciones diferentes para México, pueden optar por no ofrecer equipos u aplicaciones.

➤ Permite la homologación tecnológica en plantas productivas, pieza fundamental del "nearshoring"

del cual México se beneficia y puede hacerlo aún más dado el aumento de los costos de transporte.

- Las grandes manufactureras requieren integración de procesos, soluciones y herramientas para aumentar productividad y eficiencia. La alineación significa poder utilizar la misma herramienta tecnológica en vez de lidiar con dos herramientas que no son 100% compatibles.



Noticias Eventos Enlazando negocios Contenido

Plataforma líder en información de la industria manufacturera en México



Nearshoring en el T-MEC: puerta de entrada para nuevas inversiones en México

SI LA CALIDAD DE SERVICIO NO ESTA GARANTIZADA PARA DETERMINADAS APLICACIONES FUNCIONANDO RESTRINGIDAS CON 500 MHZ LOS PROVEEDORES PUEDEN PENSAR EN SIMPLEMENTE NO OFRECERLAS EN MÉXICO

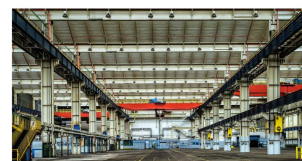


LAS VENTAJAS DE TENER CADENAS DE VALOR INTEGRADAS REGIONALMENTE SON CLAVE PARA AMPLIAR Y EFICIENTIZAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS MERCADOS.

Nearshoring, e-commerce y T-MEC, las cartas de México

Publicado hasta 3 años el 17 marzo, 2021

Por Colaborador Inmobiliario



04: Uso y eficiencia en el consumo de internet por parte de los usuarios

Los consumidores de a pie estarán sujetos por muchos años a equipos (enrutadores y dispositivos) de menor calidad (capacidad y ancho de banda), mucho más allá de cuando potencialmente se libere la banda completa para uso libre. La rotación de equipos es muy lenta (entre 4 y 5 años para ruteadores, mucho más variable para dispositivos – desde 1-2 años para celulares y hasta más de 10 para electrodomésticos). Por muchos años la planta instalada de equipos sería de menor potencial y funcionalidades con respecto a lo que podría estar siendo usado por los consumidores.

El uso libre del espectro permite a cualquiera utilizar una conexión fija amortizada o pagada por él mismo o un tercero, sin exclusión, y no existe ningún incentivo de consumir menos, mientras que con espectro licenciado el cobro es individual y limitado a una cantidad de datos de un plan. Es fundamental resaltar que es el uso lo que genera la externalidad positiva, no el acceso.

➤ Los consumidores típicos estarán sujetos por muchos años a equipos (routers y devices) de menor calidad (capacidad y ancho de banda), mucho más allá de cuando potencialmente se libere la banda completa para uso libre.

- La rotación de equipos es muy lenta (mientras que para terminales móviles es de entre 1 y 2 años, para routers es entre 4 y 5 años y para electrodomésticos fácilmente puede exceder 10 años).
- Estarían en funcionamiento equipos de menor potencial y funcionalidades con respecto a lo que podría estar instalado. Esta base instalada parcialmente obsoleta podría durar muchos años.

➤ El uso libre del espectro permite a cualquiera utilizar una conexión fija amortizada o pagada por el mismo o un tercero, sin exclusión, y no existe ningún incentivo de consumir menos, mientras que con espectro licenciado el cobro es individual y limitado a una cantidad de datos de un plan.

➤ Es el uso lo que genera la externalidad positiva, no el acceso.



México se encuentra convergiendo al promedio de la OCDE (34.9%) en la participación de la fibra sobre las conexiones totales de Banda Ancha (33.9%), con lo cual las condiciones están dadas para aprovechar esa externalidad

AÑOS ROTACIÓN

1-2

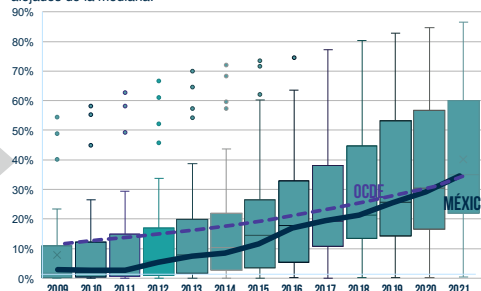
4-5

6-10

RIESGO DE INEFICIENCIAS

Conexiones de fibra óptica / conexiones totales de banda ancha.

Los "boxplots" representan el rango de valores observados en los países de la OCDE que incluye el 50% de las observaciones; el resto son los países más alejados de la mediana.



Fuente: OECD Broadband Portal, análisis SMC+ considerando los 8.2 millones de suscripciones de fibra reportados por IFT para 2021

05: La evolución tecnológica del Wi-Fi

Con solo 500 MHz, Wi-Fi 6E se verá limitado en su performance más temprano que tarde con algunas aplicaciones. Wi-Fi 7, que se espera que estará ampliamente disponible en 2024, requiere valerse de amplios canales. Con solo uno de 320 MHz, se verá limitada su desempeño para todo aquello que se desarrolle para funcionar con 3 canales. Esto genera un



problema para toda la población que se encuentre en un país que limite al Wi-Fi, pues estará sujeto a servicios de una menor calidad relativa que sus socios del T-MEC. Esto aumentará la brecha digital entre México y sus principales socios.

No existen otras bandas identificadas para la evolución de Wi-Fi que hace más de 15 años no cuenta con más espectro. Para IMT sí las hay; por ejemplo, la próxima licitación IFT-12 tiene previsto asignar espectro en nuevas bandas como la de 600 MHz o de 1500 MHz. Es importante mencionar que la GSMA, asociación que agrupa a los móviles, está en este momento promoviendo obtener otras bandas medias que están en agenda de la UIT de Telecomunicaciones, tales como 2300 MHz, 4.8 GHz o 10 GHz, además de las bandas milimétricas donde se podrá contar con amplios canales.

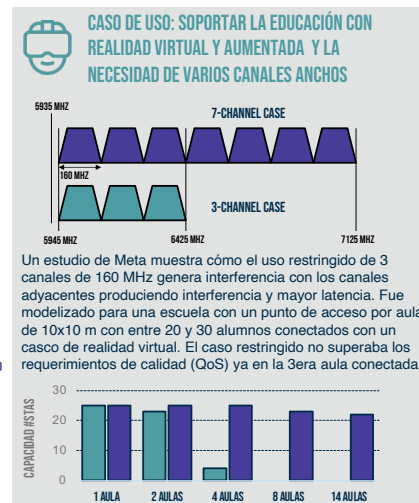
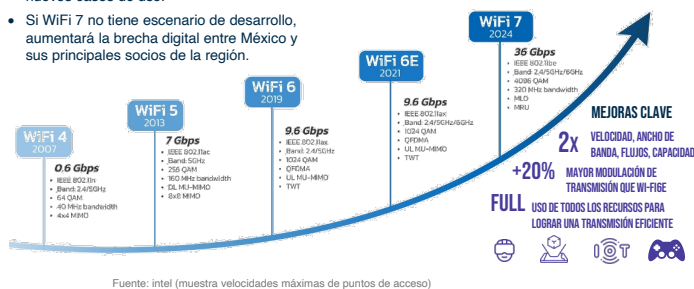
HABILITAR 500 MHz NO SERÁ UNA SOLUCIÓN SINO UNA LIMITANTE A FUTURO

- Con solo 500 MHz, Wi-Fi 6E se verá limitado en su performance y algunos casos de uso perderán interés.
- Wi-Fi 7, que se espera que estará disponible en 2024, requiere valerse de amplios canales (hasta 3 de 320 MHz) para soportar transmisiones simultáneas de los nuevos casos de uso.
- Si Wi-Fi 7 no tiene escenario de desarrollo, aumentará la brecha digital entre México y sus principales socios de la región.

NO HAY OTRAS BANDAS IDENTIFICADAS PARA LA EVOLUCIÓN DE WIFI.



Para IMT hay un gran número de bandas identificadas. La GSMA está en este momento promoviendo obtener otras bandas medias que están en agenda de la UIT (1500 MHz, 2300 MHz, 4.8 GHz o 10 GHz), además de 600 MHz y las bandas milimétricas



06: La oportunidad para el “leapfrogging” tecnológico y los costos

Con habilitar más espectro para Wi-Fi, no es necesario construir una red sino solamente disponibilizar equipos. Las decisiones de compra están muy pulverizadas: son millones de personas y empresas que individualmente toman la decisión y construyen su propia red sin necesidad de que sea construida por un tercero y alcance escala para funcionar. La red de soporte de fibra esta justamente viviendo un gran momento en todo el mundo como solución costo-eficiente para llevar conectividad y expandiendo su cobertura. A final de 2021, en México 33.9% de las conexiones de banda ancha eran de fibra óptica, ya prácticamente en el nivel de la OCDE, que era 34.9%

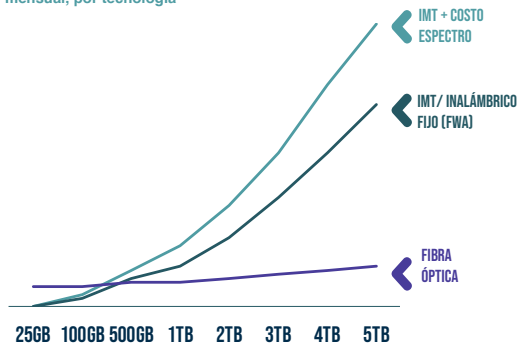
Para llegar a zonas remotas, existen dudas de que el espectro de 6 GHz pueda realmente proveer un caso útil para servicios inalámbricos fijos (FWA). De hecho, varios operadores están hoy privilegiando la extensión de la fibra sobre la solución inalámbrica por ser más costo-eficiente para transmisiones masivas de datos. En México se podría ver, casi por primera vez, un “leapfrogging” en tecnologías: el lag para Wi-Fi 6E sería de tan sólo 2-3 años con respecto a EUA y podría ser sustancialmente menor (o tal vez hasta simultáneo) para Wi-Fi 7. Al día de hoy, lo que ha detenido el inicio del despliegue ha sido la falta de una decisión regulatoria que permita el uso libre del espectro en la banda de 6 GHz.

En el mundo móvil existe también un lag para 5G (los primeros lanzamientos en el mundo fueron en 2018 y llegaron a México en 2022) y subyacen desafíos que no terminan por resolverse, ya sea por el alto costo del espectro (que ha motivado devoluciones de espectro), el alto costo de tener una cobertura significativa (como el caso de Altán) o la falta claridad del modelo de negocio de 5G. Persisten dudas de la capacidad de invertir para poder soportar estos servicios más allá de las zonas de alta demanda.



A medida que aumenta el consumo de datos, la fibra complementada con Wi-Fi es una solución costo-eficiente y la que están prefiriendo incluso muchos operadores. Las condiciones están dadas para más Wi-Fi....

Costo de atender el servicio, por consumo mensual, por tecnología

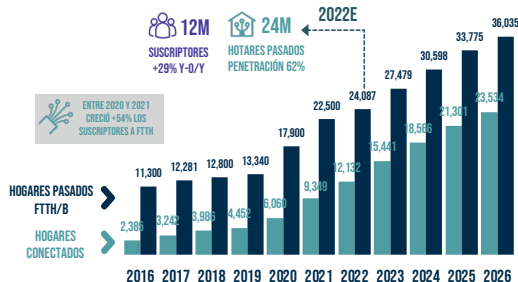


Fuente: AT&T Labs Q2 2022



La cobertura de FTTH/B estará llegando a 24 millones de hogares cubriendo 62% y los hogares conectados llegarán a 12 millones creciendo un 29% respecto al 2021 alcanzando una penetración del 31%

Estimaciones del FTTH Panorama 2022 (Fiber Broadband Association) para Latam-18



Fuente: SmC+ basado en registros públicos y entrevistas; reporte preparado para la FBA. Nota: IFT reportó 8.5 millones de accesos de fibra para 2021

07: Las economías de escala regionales

Con 1,200 MHz, México se beneficiaría del “aventón” que tomaría del principal mercado mundial (EUA) y del resto de los países de su propia región de UIT, la Región 2, donde ya más del 70% de la población (9 países) tendría el espectro habilitado para poder usar 1,200 MHz (con siete canales de 160 MHz o tres canales de 320 MHz) para desarrollar servicios que soporten muy baja latencia y alto tráfico de datos en simultáneo tanto para el sector empresarial como el de consumo.

México se beneficiaría de las economías de escala de estar alineado en el continente americano, no sólo en equipo (cuyo costo de adecuación a funcionar únicamente en 500 MHz puede ser bajo, y, por lo tanto, no muy relevante), sino en dispositivos de nicho (en donde las economías de escala son sustancialmente más importantes) y en aplicaciones e innovación. México aislado no sería prioritario para las grandes empresas tecnológicas y aleja el interés por casos de uso más innovadores que requieran más de un canal de 320 MHz tanto para empresas como consumidores, por lo que sería atendido en segundo plano (sería un “*after thought*”).

ADOPCIÓN DE LA BANDA DE 6 GHz EN LAS AMÉRICAS (REGIÓN 2 DE LA UIT)

En 2020 y 2021, Brasil, Canadá, Chile, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Perú y EUA habilitaron 1200 MHz en la banda de 6 GHz para uso libre sin licencia. En septiembre de 2022, Chile revirtió su decisión y asignó solo 500 MHz para uso libre, solo una semana después, República Dominicana confirmó 1.200 MHz y en noviembre Colombia.

COLOMBIA FUE EL ÚLTIMO PAÍS EN HABILITAR 1200 MHZ PARA USO LIBRE

El 18 de noviembre, el MinTIC junto a la ANE, emitieron la Resolución 737 de 2022, mediante la cual se destina la totalidad de la banda de 6 GHz (1,200 MHz), para uso no licenciado.



Hoy, los 9 países con regulación promulgada que respaldan 1,200 MHz representan:

245 MILLONES DE Hogares

que reúnen al **73%** de la población de la región de las Américas (ITU R.2)

Solo un país con 500 MHz habilitado representa **5.4 MILLONES DE Hogares**

Con México alineado (39 M de HH), se llegaría a 284 millones de hogares

RELEVANCIA

- ECONOMÍAS DE ESCALA EN EQUIPAMIENTO
- PRECIOS MÁS ACCESIBLES
- MAYOR ACCESO E IMPACTO ECONÓMICO
- EVITAR INTERFERENCIAS

¿Cómo funcionarían las economías de escala con China, Rusia o Europa?

08: La coexistencia de servicios y la interferencia

El Wi-Fi está diseñado, incluso en su modalidad para exteriores, para coexistir con servicios existentes, como enlaces fijos y servicios satelitales. Hacia adelante, la implementación de servicios de coordinación automatizada de frecuencias (AFC), que proyectamos para 2027, aumentará la eficiencia relativa en la explotación de esta banda. En contraposición, un uso del espectro para IMT requeriría una limpieza total de la banda, con bandas de guarda y solo podría ser utilizado por los licenciatarios del espectro.

Ante la posibilidad de coexistencia de servicios existentes junto con el Wi-Fi de impacto inmediato, la reserva de espectro para un uso futuro para servicios IMT en la práctica funcionaría como una privatización de un bien público, en tanto existe además la posibilidad de obtener beneficios sustanciales sin pagar por ellos. La privatización de bienes públicos sólo se justifica cuando las externalidades económicas son mayores que el caso de no hacerlo.

Mayor cantidad de servicios utilizando el mismo espectro implica que todos pueden derivar beneficios simultáneos del uso de un recurso nacional y se maximizaría el impacto económico-social de su uso.

JUNTOS, SERVICIOS FIJOS SATELITALES Y LA TECNOLOGÍA WI-FI PUEDEN APROVECHAR AL MÁXIMO LA BANDA DE 6 GHZ



- El Wi-Fi está diseñado, incluso en su modalidad outdoor, para coexistir con servicios existentes.
- Un uso del espectro para IMT implicaría una limpieza total de la banda.
- Mayor cantidad de servicios utilizando el mismo espectro maximizaría el impacto económico-social de su uso.

EL SISTEMA DE COORDINACIÓN AUTOMATIZADA DE FRECUENCIAS (AFC) IDENTIFICARÁ QUÉ FRECUENCIAS ESTÁN DISPONIBLES PARA DISPOSITIVOS SIN LICENCIA EN EXTERIORES A POTENCIA ESTÁNDAR PARA EVITAR INTERFERENCIAS DAÑINAS A LOS SERVICIOS FIJOS EXISTENTES. EL SALTO A AFC SERÁ TAMBIÉN UNA NECESIDAD MÁS TEMPRANO QUE TARDE EN EL FUTURO.

¿Qué tan pronto se habilitará AFC y potencia estándar en México? ¿Se removerán enlaces fijos?



En noviembre de 2022 la FCC está en proceso de aprobar condicionalmente a 13 organizaciones para operar sistemas AFC

COEXISTENCIA Y EL COSTO DE LA LIMPIEZA DE LA BANDA DE 6 GHZ

En México, el rango de frecuencias de 5,925 a 7,125 MHz se encuentra atribuido a los servicios fijos por satélite, a los servicios fijos y móviles por satélite (tierra a espacio y espacio a tierra), y a los servicios fijos y móviles de la siguiente manera:



Existen 3 concesiones a Satélites Mexicanos y otra a Telecomunicaciones de México, además de 10 títulos habilitantes a extranjeros. También hay 1,785 registros de radioenlaces punto a punto y punto multipunto de comunicaciones ferroviarias.

Hoy en día, la tecnología Wi-Fi se puede utilizar en interiores sin ninguna interferencia y pronto con la solución de coordinación AFC en exteriores que no sería de difícil implementación para la particularidad de comunicaciones ferroviarias. Para el uso de IMT, será necesario limpiar y liberar la banda.

09: Los pasivos regulatorios (y la discusión de quién debería asumirlos)

Si el regulador no permite el uso libre de la parte superior de la banda de 6 GHz habilitando solo la parte baja, existe el riesgo de que muchos usuarios se encuentren fuera de la ley al utilizar dispositivos traídos de fuera (legal o ilegalmente) o ajustados para que operen en toda la banda. Debido a que las decisiones de compra de los particulares no están centralizadas y no existe manera económicamente eficiente de verificar que no se esté utilizando la parte superior, el espectro muy probablemente comenzará a usarse de igual manera, independientemente de la decisión regulatoria. Existirá un incentivo implícito a las personas a actuar fuera de ley aún sin saberlo.

Habilitando toda la banda se evita generar un pasivo regulatorio de múltiples dispositivos, usuarios (y hasta proveedores) operando fuera de las normas. El pasivo se verá reflejado en costos de control, ajuste de dispositivos y limpieza (si se asigna a IMT, ya que será necesario despejar la banda). Este costo económico es difícil de estimar, pues es prácticamente imposible prever la extensión del potencial problema, pero tendrá un costo social que podría ser alto si esta situación se generaliza; si el uso es extendido en la población, habrá un problema de quejas extendidas.



LA ADOPCIÓN DE SOLAMENTE LA PARTE INFERIOR DE LA BANDA DE 6 GHZ TRAERÍA RIEGOS PARA LA SOCIEDAD

- Muchos usuarios podrían operar fuera de la ley con dispositivos traídos de fuera o ajustados para operar en toda la banda.
- Las decisiones de compra de los particulares no están centralizadas y son difíciles de regular.
- Es prácticamente imposible verificación el uso.
- Existiría un incentivo implícito a las personas a actuar fuera de ley aún sin saberlo.

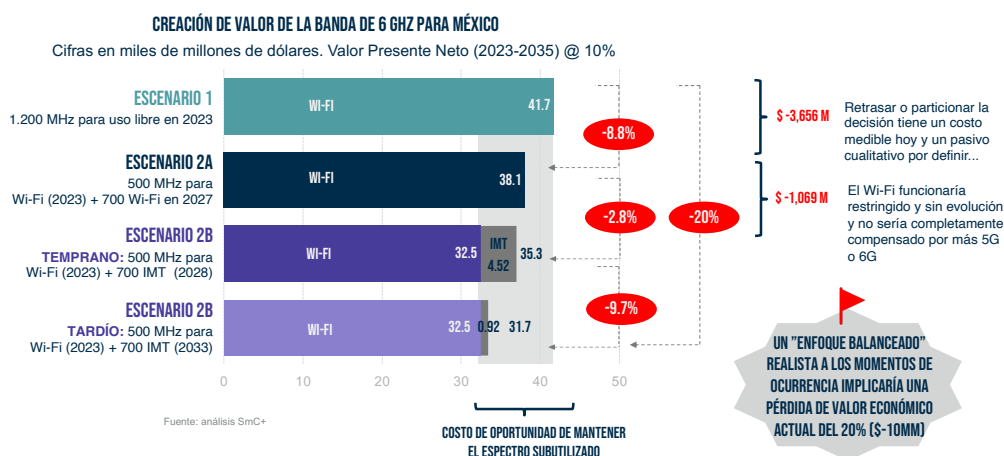
HABILITANDO TODA LA BANDA PARA USO LIBRE SE EVITA GENERAR UN PASIVO REGULATORIO SOBRE DISPOSITIVOS, USUARIOS Y HASTA PROVEEDORES

Y LA DISCUSIÓN DE QUIEN LOS DEBERÍA ASUMIR...



10: La maximización de valor social, económico y sectorial para México se observa con 1,200 MHz para el uso libre

El presente trabajo presenta evidencia que la creación de valor específica del espectro comprendido entre 5925 – 7125 MHz en México resulta clara cuando se traen a valor presente neto los beneficios posibles de las asignaciones alternativas. Los momentos de ocurrencia a partir de cuándo se empiezan a generar beneficios e impacto resultan determinantes para entender sus implicaciones hoy a través de una valoración comparada al momento de decidir. Utilizando los datos de los mismos estudios que forman parte de la base argumental de las distintas coaliciones de intereses se observa que el escenario 1, correspondiente a asignar la totalidad de la banda de 6 GHz para uso libre genera los mayores beneficios para la economía, la industria, los usuarios en general y beneficia a un número mayor de proveedores de servicios de internet. La hipótesis de habilitación parcial o incremental de 500 MHz primero y decidir un uso alternativo para los 700 MHz restantes conlleva un costo de oportunidad, tanto esta asignación corresponda a habilitar el uso libre (principalmente Wi-Fi) como si se licitase para tecnologías IMT. Este tipo de decisiones genera un ruido en el mercado para los proveedores de soluciones que puede forzar a marginar a un país del abanico completo de oferta comercial. Este trabajo trata de cuantificar esos costos alternativos que significan una pérdida de hasta USD 10 mil millones (-20% del valor).



Anexos

Estimación del valor generado por designar 500 MHz en vez de 1,200 MHz de la banda de 6 GHz

Las principales diferencias por contar con 500 MHz en vez de 1,200 MHz en la banda de 6 GHz se generan en que menos espectro permite una menor reducción en la congestión y un menor aumento en la velocidad promedio, disminuye el despliegue de IoT y genera situaciones en donde la RA/RV está sujeta a interferencia, impactando en su desempeño. La metodología y los supuestos para la estimación del valor no generado se explican en este anexo.

Estimación del valor de la reducción en la congestión y del aumento de la velocidad promedio

La posibilidad de utilizar la banda de 6 GHz reduce la congestión de los enrutadores de Wi-Fi, lo que se traduce en un aumento en la velocidad observada por los usuarios. Sin embargo, esto no afecta todas las conexiones de banda ancha. De acuerdo con RAND (2018), el desempeño de un enrutador es de aproximadamente 266.5 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)⁶⁰, aunque esto no implique que cada dispositivo recibe la velocidad total. Asimismo, es necesario considerar que existe una pérdida inherente de cualquier transmisión inalámbrica del enrutador al dispositivo final, llegando de manera efectiva únicamente entre 40% y 50% de la velocidad teórica⁶¹. Esto implica que en general los enrutadores tienen una capacidad en exceso de la que puede ser entregada a cada dispositivo. Sin embargo, para líneas de banda ancha fija con velocidades altas, el enrutador comienza a convertirse en el cuello de botella: bajo la configuración actual de espectro de uso libre, la velocidad conseguida con la conexión de Wi-Fi termina siendo menor que la velocidad contratada. Esto se convierte en un problema cuando la velocidad de la línea contratada es superior a 150 Mbps⁶². Retomando estos hechos, TAS basa sus estimaciones en que, a partir de la posibilidad de poder utilizar la banda completa de 6 GHz, la velocidad promedio en esas conexiones aumentará a 350 Mbps⁶³ en 2021, llegando gradualmente a 650 Mbps en 2030, mientras que, sin la disponibilidad de este espectro, la velocidad se vería topada a 150 Mbps.

En el caso de sólo permitir el uso de 500 MHz, estos parámetros se verían afectados, aunque de manera no proporcional al espectro total. La afectación sucedería en lugares donde, por concomitancia de enrutadores y reúso de espectro, la velocidad se ve afectada por posible interferencia. Esto sería común en espacios productivos (oficinas, fábricas, espacios comerciales y lugares públicos), así como viviendas en zonas de alta densidad (no sólo en departamentos y construcciones verticales sino en zonas habitacionales horizontales). Para poner en perspectiva la probabilidad de que esto suceda, basta ver que, de acuerdo con el INEGI⁶⁴, 25.7% de las viviendas cuentan con terrenos inferiores a 90 m² y 28.1% (9.6 millones) de las viviendas tienen un área total inferior a 55 m². Más del 12% de las viviendas en el país son en condominio vertical. Por lo anterior, dada la posibilidad de interferencia, con sólo 500

⁶⁰ TAS toma el resultado de la Tabla 5.2 de Gehlhaus Carew, D., N. Martin, M. S. Blumenthal, P. Armour, J. Lastunen. (2018). "The Potential Economic Value of Unlicensed Spectrum in the 5.9 GHz Frequency Band. Insights for Future Spectrum Allocation." RAND Corporation.

⁶¹ Fuente: Entrevista a personal de CISCO

⁶² Velocidad efectiva recibida dado el desempeño del enrutador (266.5 Mbps) y la pérdida efectiva (40%-50%), que arroja un rango de entre 133 y 160 Mbps. Por facilidad, se tomó 150 Mbps, que es el supuesto de TAS.

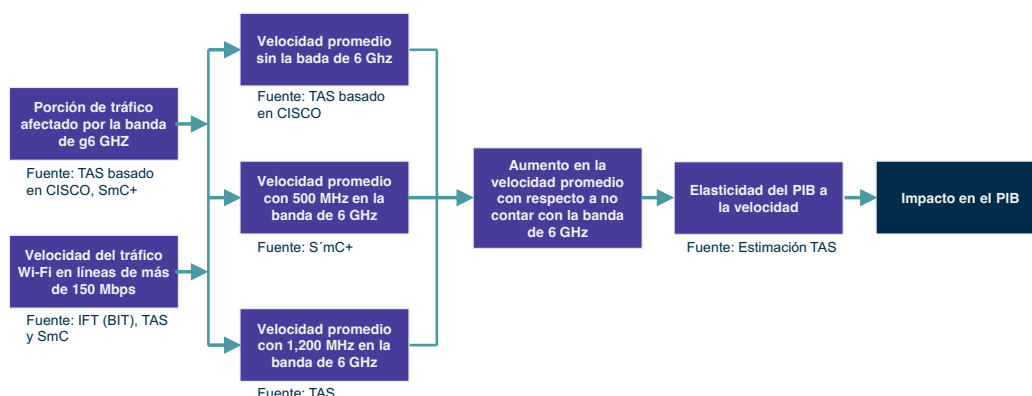
⁶³ Éste es un valor promedio de la velocidad que se obtendría en las conexiones con velocidad superior a 150 Mbps. Incluye una mezcla de diferentes velocidades, incluye las conexiones de 1 Gbps que ya han comenzado a desplegarse aceleradamente en México. Este desglose no es publicado por el IFT.

⁶⁴ INEGI. (2020). Encuesta Nacional de Vivienda 2020 (ENVI,2020)



MHz no será posible alcanzar, en el promedio, velocidades de 350 Mbps, como fue estimado por TAS. Sin embargo, con menos espectro esta velocidad no sufrirá afectaciones mayores, ya que impactaría, al menos inicialmente, pocas líneas (estimamos que menos de 10% de las líneas con velocidad contratada arriba de 150 Mbps), por lo que se podrán alcanzar inicialmente velocidades promedio de 330 a 340 Mbps⁶⁵. Es decir, una disminución de 700 MHz en el espectro disponible impactaría inicialmente en una reducción de menos de 5% en la velocidad promedio alcanzada (equivalente a 8.5% menos que la ganancia en velocidad) únicamente en aquellas líneas donde el espectro de uso libre sería un cuello de botella.

Ilustración 26. Metodología para la estimación del impacto en el PIB debido a una menor congestión



Fuente: SmC+ basado en TAS (2021a)

Para estimar la evolución de esta velocidad promedio supusimos un crecimiento equivalente a 2/3 del estimado por TAS hasta 2026, básicamente reflejando la diferencia en la mezcla de velocidades (migración hacia velocidades superiores) y el aumento de probabilidad de interferencia por el aumento en la simultaneidad. Para el Escenario 2A, que supone que en 2027 la parte superior de la banda de 6 GHz sería determinada como de uso libre, supusimos que en un período de seis años sería alcanzada la velocidad promedio estimada por TAS (650 Mbps). Esto se justifica en el tiempo de reemplazo de dispositivos, explicado en detalle en la sección de supuestos generales para la configuración de los escenarios. Aunque hemos tomado un tiempo de reemplazo conservador, es posible que, conforme aumente la velocidad de las líneas instaladas y los beneficios de poder utilizar la banda completa sean más fáciles de percibir por los usuarios, el tiempo de reemplazo pueda acelerarse. Creemos asimismo que los operadores deberán tener incentivos para una migración acelerada, al menos para ciertos segmentos de clientes.

Vale la pena destacar que, una vez que la banda de 6 GHz fuera designada en 2027 como de uso libre, habrá una planta de enrutadores y dispositivos en funcionamiento que no podrá hacer uso de los 700 MHz adicionales. Para aquellos equipos de reemplazo frecuente (primer pico de la curva de reemplazo), el problema quedará solventado en un plazo razonable. Sin embargo, para aquellos de reemplazo poco frecuente (segundo pico), los usuarios contarán con equipos obsoletos que les estarán brindando un servicio inferior al que sería posible. Vale la pena resaltar que para una parte importante de los equipos, la restricción de utilización de la parte superior de la banda de 6 GHz estará implementada por software, el cual podrá ser actualizado para permitir el uso de la banda completa. Existen muchas maneras de actualizar software, pero no es un proceso sencillo cuando es necesario modificar el código en millones de equipos;

⁶⁵ En nuestro cálculo hemos tomado una velocidad puntual de 333 Mbps, equivalente a una afectación en 8.5% de las líneas.



es probable que un porcentaje importante de la planta instalada se mantenga con las versiones que sólo permiten la utilización de 500 MHz.

TAS estima, a través de un análisis econométrico tomando series históricos para 49 países con velocidades promedio superiores a 40 Mbps entre 2008 y 2019, que la elasticidad de la velocidad es de 0.73%⁶⁶; es decir, un aumento de 100% en la velocidad promedio está asociado a un crecimiento de 0.73% en el PIB⁶⁷. Esto ha pasado a conocerse en la literatura como “retorno a la velocidad” (*return to speed*). Como en un inicio la utilización de la banda de 6 GHz afecta pocas líneas, el impacto es relativamente bajo, pero va aumentando gradualmente, hasta alcanzar un diferencial máximo en velocidad promedio 10.4% en 2027, para desaparecer en 2032 (ver Ilustración 27 en el cuerpo del documento).

Ilustración 27. Principales elementos para el cálculo del “retorno a la velocidad” por menor congestión y aumento de la velocidad promedio

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	VPN
Velocidad de tráfico Wi-Fi en conexiones de más de 150 Mbps (Mbps)														
Esc. 1	350	400	450	500	550	570	590	610	630	650	670	690	710	
Esc. 2A	300	333	367	400	442	483	525	567	608	650	670	690	710	
Esc. 2B	300	333	367	400	433	447	460	473	487	500	513	527	540	
Velocidad promedio (Mbps)														
Esc. 1	35.5	42.9	51.9	64.2	80.6	101.6	126.8	158.6	192.0	208.3	217.4	227.2	237.8	
Esc. 2A	35.4	42.6	51.3	62.8	77.9	98.0	122.8	154.9	189.8	208.3	217.4	227.2	237.8	
Esc. 2B	35.4	42.6	51.3	62.8	77.7	96.4	118.9	146.9	177.1	190.8	197.1	203.9	211.2	
Impacto en el PIB (%)														
Esc. 1	0.00	0.02	0.03	0.06	0.11	0.15	0.20	0.24	0.26	0.28	0.33	0.38	0.43	
Esc. 2A	0.00	0.01	0.02	0.04	0.08	0.12	0.17	0.22	0.24	0.28	0.33	0.38	0.43	
Esc. 2B	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	0.11	0.14	0.17	0.18	0.20	0.23	0.26	0.30	
Impacto en el PIB (USD miles de millones)														
Esc. 1	0.03	0.23	0.42	0.84	1.50	2.28	3.03	3.90	4.23	4.78	5.63	6.58	7.63	16.62
Esc. 2A	0.02	0.17	0.30	0.60	1.09	1.81	2.58	3.53	4.04	4.78	5.63	6.58	7.63	15.31
Esc. 2B	0.02	0.17	0.30	0.60	1.06	1.61	2.13	2.74	2.97	3.34	3.94	4.60	5.32	11.67
PIB México	1,198	1,251	1,306	1,363	1,423	1,485	1,550	1,618	1,650	1,683	1,717	1,751	1,786	

Fuente: Análisis SmC+

El retorno a la velocidad en el Escenario 1 es el impacto de una menor congestión y alcance de una mayor velocidad promedio. Ajustando por la temporalidad (2023 vs 2021), el valor presente neto a 2035 fue estimado en USD 16.62 mil millones. Para el Escenario 2A, este impacto se reduce a USD 15.31 mil millones. Es decir, el posponer la decisión tendrá un costo de oportunidad, debido a menores velocidades alcanzadas promedio, de aproximadamente USD 1.31 mil millones. En el Escenario 2B, el valor generado disminuye a USD 11.67 mil millones,

⁶⁶ Para velocidades por debajo de 40 Mbps, el factor utilizado es de 0.26%. Fuente: Comunicación directa con los autores.

⁶⁷ La metodología utilizada por TAS tiene sus antecedentes en un trabajo de Bohlin y Rohman (2012), retomado por Katz en varios trabajos.



una pérdida total de USD 4.95 mil millones con respecto a contar desde un inicio con los 1,200 MHz en la banda de 6 GHz. Este valor es independiente de cuándo comienza a operar la red IMT sobre la parte superior de la banda, ya que no impacta la velocidad promedio alcanzada por las redes Wi-Fi.

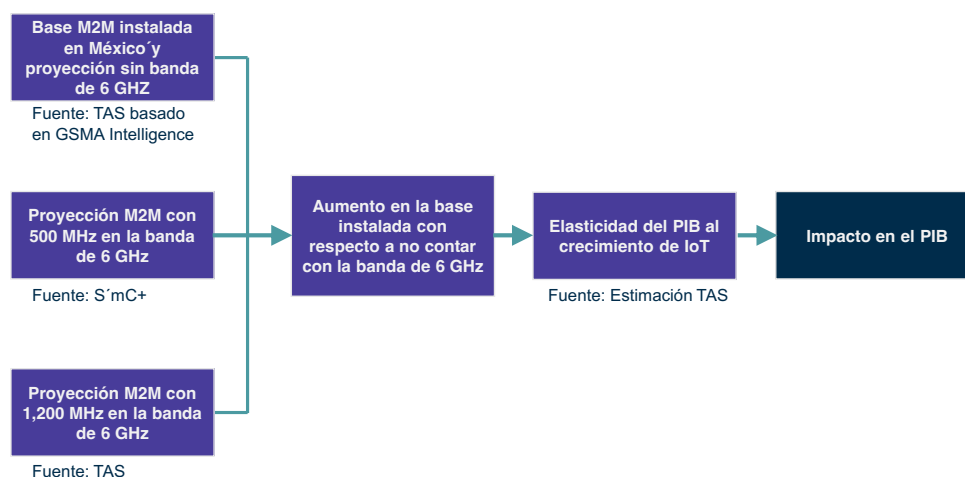
Internet de las cosas (IoT)

El internet de las cosas (IoT) es sin duda una revolución incipiente. Qué forma tomará el mercado no es aún totalmente claro, pero se estima que en el próximo quinquenio podrán estar conectadas millones de cosas. El internet de las cosas (IoT) tiene un doble impacto en la economía. Por un lado, tiene un impacto directo en el crecimiento del PIB al permitir adoptar procesos más eficientes en las cadenas productivas, tales como monitoreo de la producción, ajustes al proceso en tiempo real y simplificación de los procesos. TAS, citando a Frontier Economics (2018), estima que un aumento de 10% en conexiones de máquina a máquina (M2M) se traduce en un aumento anual del PIB de entre 0.3% y 0.9%, dependiendo del nivel de adopción de IoT en la producción⁶⁸.

Por otro lado, el uso de IoT ha comenzado a generalizarse en la población cambiando hábitos de consumo. Este impacto es sustancialmente más difícil de medir, ya que sus efectos son de segundo orden y las series temporales aún demasiado cortas para extraer conclusiones que puedan extrapolarse hacia el futuro. No debe, sin embargo, despreciarse que su impacto será grande, al modificar cómo las personas utilizan las “cosas” y cómo se relacionan con su medio. La metodología de cálculo utilizada no busca estimar este impacto, partiendo de que estará reflejado parcialmente en la estimación en el PIB utilizada.

El reporte de TAS utiliza como punto de partida la proyección de conexiones M2M publicada por GSMA Intelligence en 2020 y estima la base de conexiones adicionales como consecuencia de tener disponibles 1,200 MHz en la banda de 6 GHz. A esta diferencia aplica la estimación inferior de impacto en el PIB, de acuerdo con el trabajo de Frontier Economics (2018).

Ilustración 28. Metodología para la estimación del impacto de la RA/RV para los diferentes escenarios



Fuente: SmC+ basado en TAS (2021a)

⁶⁸ Retomado por TAS de Frontier Economics (2018).



La estimación en este reporte incorpora varias adecuaciones. Primeramente, se ha tomado la última proyección de IoT publicada por GSMA Intelligence, que divide estas conexiones en M2M y LPWA (*low power wide area network*) licenciado. A diferencia de la proyección de 2020 que marcaba una disminución en el número de conexiones a partir de 2023, la nueva proyección incorpora una tasa anual de crecimiento promedio de 12.4%; la asociación estima que en 2030 habrá 26.3 millones de conexiones.

Ilustración 29. Principales indicadores para del cálculo de impacto de la banda de 6 GHz en el desarrollo de IoT

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	VPN
Número de conexiones IoT (millones de conexiones)														
Base ⁶⁹	14.23	17.87	21.17	21.84	23.45	24.82	25.81	26.30	26.81	27.35	27.91	28.50	29.12	
Esc. 1	14.53	19.21	23.89	25.41	27.26	28.83	29.97	30.57	31.17	31.83	32.51	33.22	33.96	
Esc. 2A	14.47	18.94	23.35	24.69	26.51	28.05	29.18	29.77	30.37	31.02	31.70	32.41	33.15	
Esc. 2B	14.47	18.94	23.35	24.69	26.50	28.02	29.13	29.70	30.28	30.90	31.55	32.23	32.94	
Impacto en el PIB (%)														
Esc. 1	0.082	0.213	0.216	0.106	0.030	0.021	0.015	0.011	0.009	0.011	0.011	0.011	0.011	
Esc. 2A	0.066	0.171	0.175	0.087	0.025	0.019	0.014	0.011	0.008	0.012	0.012	0.011	0.011	
Esc. 2B	0.066	0.171	0.175	0.087	0.024	0.017	0.012	0.009	0.007	0.009	0.008	0.008	0.008	
Impacto en el PIB (USD miles de millones)														
Esc. 1	0.98	2.66	2.82	1.45	0.42	0.32	0.24	0.18	0.14	0.19	0.19	0.19	0.20	7.17
Esc. 2A	0.79	2.14	2.29	1.18	0.36	0.28	0.22	0.18	0.14	0.20	0.20	0.20	0.20	5.91
Esc. 2B	0.79	2.14	2.29	1.18	0.34	0.25	0.19	0.14	0.11	0.15	0.14	0.14	0.14	5.77
Esc. 1	0.98	2.66	2.82	1.45	0.42	0.32	0.24	0.18	0.14	0.19	0.19	0.19	0.20	7.17

Fuente: Análisis SmC+

TAS estima el número de conexiones adicionales debidas al uso de la banda de 6 GHz. Para el Escenario 1 retomamos esa base en el margen, aplicando la metodología de cálculo utilizada en el reporte. Para el Escenario 2A, que supone menos espectro disponible, hemos reducido el número de conexiones. Estimamos que el impacto que podría tener la banda de 6 GHz sobre el desarrollo de IoT, al menos en un período inicial, deberá ser baja, ya que pocas situaciones requerirán de 7 canales para poder funcionar adecuadamente (se requerirán varios dispositivos de utilización intensa con cercanía física funcionando simultáneamente). Como el proceso de adopción de estas tecnologías es lento y costoso, estimamos que al menos 4 de cada 5 de los dispositivos de la estimación de TAS deberá poderse poner en servicio sin ver comprometido su correcto funcionamiento. De manera paralela a la estimación del efecto de “retorno a la velocidad”, hemos supuesto que después de un período de ajuste, la base instalada alcanzada en el Escenario 2A deberá igualar a la del Escenario 1 hacia 2032. Para el Escenario 2B hemos supuesto de manera conservadora que la proporción de 4 de cada 5 conexiones se mantiene, aunque es posible que esta proporción disminuya conforme se sofistican las soluciones de IoT. No hemos supuesto la posible canibalización entre conexiones IoT sobre el espectro de uso libre y las redes IMT.

⁶⁹ Proyección GSMA Intelligence (noviembre 2022)



De esta manera, estimamos que el derrame en el desarrollo de IoT en el Escenario 1 es de USD 7.17 miles de millones, mientras que para el Escenario 2A sería de USD 5.91 miles de millones. Es decir, aplazar la decisión de designar la parte superior del espectro de 6 GHz por cuatro años genera un costo de oportunidad, debido a un desarrollo menos acelerado de IoT, de aproximadamente USD 1,250 millones. En el caso de asignar la parte superior de la banda para IMT, se perderían USD 140 millones adicionales, que serían parcialmente compensados una vez que inicien operaciones con esas redes.

Realidad virtual y realidad aumentada (RV/AR)

Para la estimación del impacto en el PIB que tiene la banda de 6 GHz debido a soluciones de RV/RA, TAS utiliza dos estudios previos. El primero, de PwC (PwC, 2019), calcula un coeficiente para estimar el peso total de RV/RA en la economía; el segundo, de ABI Research, calcula las ventas de componentes de RV/RA, que es un proxy del impacto directo. La diferencia entre ambas equivale al derrame que genera la utilización de este tipo de soluciones. TAS atribuye a los 1,200 MHz de la banda de 6 GHz la generación de 26.64% en 2023, elevando este porcentaje a 53.87% en 2030, para posteriormente dividir estos valores en impacto directo (ventas de componentes) e indirecto (derrame). Suponiendo conservadoramente que el impacto indirecto no podría ser mayor que el directo, obtiene un impacto que, en valor presente neto, es de USD 5.7 miles de millones (2023-2030).

Como se explicó anteriormente, las aplicaciones de RV/RA, que conforme se han ido desarrollando han ido requiriendo de mayor velocidad, menor latencia y la posibilidad de transmisión de grandes cantidades de datos, tendrán mayor dificultad en desplegarse de manera plena en situaciones de cercanía, simultaneidad y concomitancia debido a la aparición de interferencia. Para aplicaciones que requieren canales de 160 MHz el problema puede ser notorio; aplicaciones futuras construidas específicamente para funcionar con canales de 320 MHz no podrán ser desplegadas correctamente en muchas situaciones. El problema aún es incipiente y difícil de dimensionar, ya que todavía la RV/RA está en sus etapas iniciales, hay pocos despliegues y todavía puede considerarse un producto de nicho.

Ilustración 30. Metodología para la estimación del impacto de la RA/RV para los diferentes escenarios



Fuente: SmC+ basado en TAS (2021a)

Para nuestras estimaciones supusimos que una parte creciente del impacto de la RV/RA en el PIB estaría comprometida si los 1,200 MHz no estuvieran disponibles. Conforme se extiende el uso de estas soluciones, las aplicaciones disponibles aumentan y los costos asociados disminuyen, por lo que aumentará el uso en simultaneidad. Esto a su vez se verá traducido en mayores situaciones de interferencia y, por lo tanto, un uso insatisfactorio. Suponiendo que actualmente 1 de cada 5 situaciones de utilización de RV/RA cumplen con las características



de cercanía, simultaneidad y concomitancia, que se dan no sólo en situaciones de *gaming*, sino principalmente en plantas productivas y entrenamiento (incluyendo educación, cuya utilización en México es aún muy limitada), podemos equiparar, que, al no funcionar adecuadamente, tendría un impacto equivalente en su impacto al no contar con 1,200 MHz de espectro en la banda de 6 GHz.

Ilustración 31. Valor estimado por impactos en el desarrollo de RA/RV

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	VPN
Contribución de la RV/RA al PIB (USD miles de millones)														
Total	3.00	3.88	4.96	6.27	7.97	10.40	13.80	18.12	20.33	22.81	25.60	28.72	32.22	
6 GHz	0.74	0.99	1.32	1.74	2.30	3.52	5.36	7.95	9.94	12.29	14.04	16.05	18.33	
6 GHz (%)	24.6	25.6	26.6	27.7	28.9	33.9	38.9	43.9	48.9	53.9	54.9	55.9	56.9	
Pérdida de impacto vs 1,200 MHz														
Esc. 2A	20.0	25.0	30.0	35.0	29.2	23.3	17.5	11.7	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
Esc. 2B	20.0	25.0	30.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	
Impacto no realizado (%)														
Esc. 2A	4.92	6.40	7.99	9.71	8.42	7.90	6.80	5.12	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00	
Esc. 2B	4.92	6.40	7.99	9.71	10.10	11.85	13.60	15.35	17.10	18.85	19.20	19.55	19.90	
Impacto directo (USD miles de millones)														
Esc. 1	0.21	0.34	0.53	0.81	1.24	2.16	3.67	6.16	7.89	10.00	11.72	13.72	16.06	
Esc. 2A	0.17	0.26	0.37	0.53	0.88	1.65	3.03	5.44	7.43	10.00	11.72	13.72	16.06	
Esc. 2B	0.17	0.26	0.37	0.53	0.81	1.40	2.39	4.00	5.13	6.50	7.62	8.92	10.44	
Impacto indirecto (USD miles de millones)														
Esc. 1	0.52	0.65	0.79	0.93	1.06	1.36	1.69	1.79	2.05	2.29	2.33	2.33	2.27	
Esc. 2A	0.42	0.49	0.56	0.60	0.75	1.05	1.39	1.58	1.93	2.29	2.33	2.33	2.27	
Esc. 2B	0.42	0.49	0.56	0.60	0.69	0.89	1.10	1.16	1.33	1.49	1.51	1.51	1.47	
Impacto considerado (USD miles de millones)														
Esc. 1	0.21	0.34	0.53	0.81	1.06	1.36	1.69	1.79	2.05	2.29	2.33	2.33	2.27	8.52
Esc. 2A	0.17	0.26	0.37	0.53	0.75	1.05	1.39	1.58	1.93	2.29	2.33	2.33	2.27	7.42
Esc. 2B	0.17	0.26	0.37	0.53	0.69	0.89	1.10	1.16	1.33	1.49	1.51	1.51	1.47	5.61

Fuente: Análisis SmC+

Conforme aumenta la popularización y uso de estas tecnologías, las condiciones arriba mencionadas serán cada vez más frecuentes; supusimos que hacia 2026 éstas se cumplirán en 3.5 de cada 10. Para el Escenario 2A, dado que podrán ser utilizados los 1,200 MHz a partir de 2027, la reducción en impacto deberá comenzar a disminuir, por lo que estimamos, de manera paralela a la evolución de la velocidad, la congestión y el desarrollo de IoT, la diferencia deberá haber desaparecido en 2032. De manera conservadora, para el Escenario 2B, supusimos que esta proporción no continuaría aumentando al mantener únicamente 500 MHz como espectro libre; es poco probable que así suceda, dado que es altamente probable que soluciones complejas de RA/RV que requieran de canales de 320 MHz hayan surgido de manera masiva en el mercado.



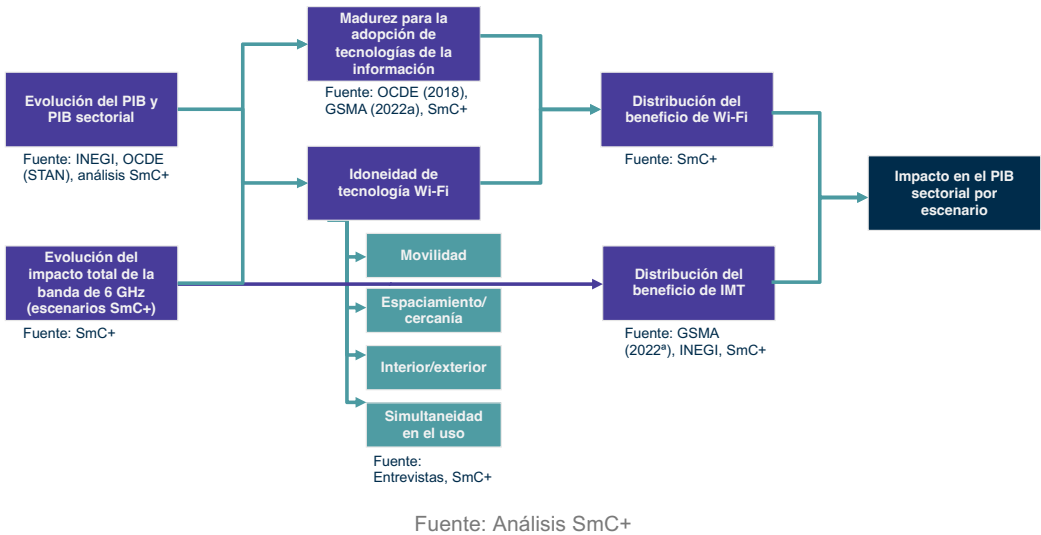
Con estos supuestos, el impacto estimado en el PIB en el Escenario 1 es de USD 8.52 miles de millones, mientras que para el Escenario 2A sería de USD 7.42 mil millones. Es decir, el costo de oportunidad de reservar el espectro es de aproximadamente USD 1.09 miles de millones en el periodo 2023-2035. Se perderían USD 1.81 miles de millones adicionales en caso de asignar la parte superior de la banda de 6 GHz para IMT, que serían parcialmente compensados una vez que inicien operaciones con esas redes.

Metodología para la estimación de los impactos sectoriales

El impacto de las tecnologías de la información (TI) en diferentes sectores varía de manera sustancial dependiendo de dos variables: qué tan maduros son los actores sectoriales para incorporar tecnologías de digitalización y qué tan apropiada es una tecnología para el sector en cuestión. Es sin embargo importante resaltar que soluciones basadas en redes de comunicación son desarrolladas constantemente y en cuestión de pocos años un sector puede digitalizarse completamente. Por ejemplo, de acuerdo con la OCDE (2018), Las artes, entretenimiento y recreación pasó de ser un sector poco digitalizado a uno que es relativamente intenso en el uso de TI en un período de una década. Minería, con la llega de la minería inteligente (*smart mining*) parece ser otro de los sectores que incorporará herramientas digitales aceleradamente durante los próximos años.

Para estimar el valor creado por el uso de la banda de 6 GHz para varios sectores de la economía en cada uno de los escenarios planteados en el cuerpo del documento, procedimos a distribuir el impacto global estimado en cada sector basado en el crecimiento esperado⁷⁰, la madurez tecnológica, la idoneidad de la tecnología Wi-Fi para ser utilizada por el sector y la estimación de impacto sectorial desarrollada por la GSMA (GSMA 2022a).

Ilustración 32. Metodología para estimación del impacto sectorial de la banda de 6 GHz



Varias necesidades pueden ser satisfechas tanto por tecnologías IMT como con tecnologías basadas en espectro de uso libre (mayoritariamente Wi-Fi), por lo que es difícil proyectar cuál tecnología será adoptada en algún caso en particular. Así como para el monitoreo de salud en

⁷⁰ Aplicamos la tasa de crecimiento de los últimos 15 años para el periodo 2023-2035, con base en datos de INEGI y datos de OECD STAN.



tiempo real las tecnologías móviles son ideales, las soluciones de realidad virtual para la manufactura en espacios cerrados generalmente ser más eficientes con tecnología Wi-Fi. Es decir, para una gran cantidad de casos la selección de la tecnología por parte del usuario estará basada en términos de disponibilidad y una evaluación del costo-beneficio.

Para la estimación de la madurez tecnológica de cada uno de los sectores, se utilizó la taxonomía desarrollada por la OCDE (OECD 2018) y la evaluación en cuanto al grado de digitalización de cada uno de los sectores. Realizamos algunos ajustes para reflejar evoluciones en los últimos años; asimismo, consideramos la evaluación que hace la GSMA (GSMA 2022a) con la información proporcionada por la misma fuente.

Hay algunas características de las tecnologías Wi-Fi e IMT que apuntan hacia cuál es más adecuada. Hemos considerado cuatro características para determinar la idoneidad de Wi-Fi para ser utilizado en ciertos sectores en comparación con IMT. Todo aquello que requiera movilidad necesariamente será mejor satisfecho por soluciones IMT, así como todo aquello que sucede en espacios exteriores. Asimismo, hemos considerado la necesidad de simultaneidad y cercanía. Soluciones intensas en transmisión de datos (RV/RA) que requieren poca latencia, que suceden simultáneamente en espacios cercanos generalmente son satisfechas más eficientemente con redes Wi-Fi cuando se cuenta con espectro suficiente. Con base en esto, se estimó un índice de idoneidad (1-4) de la tecnología Wi-Fi para cada uno de los sectores en comparación con la utilización de IMT.

Estos dos índices fueron combinados en un solo indicador de tal manera que, de manera proporcional, el impacto asignado a los sectores más digitalizados y para los cuales Wi-Fi es una tecnología idónea (p.ej., sector automotriz y corporativos) no fuera superior a ~3 veces el impacto para un sector menos digitalizado y cuyas necesidades serían mejor satisfechas por tecnología IMT (p.ej., minería). Este valor está basado en la diferencia proporcional en el agregado de los diversos indicadores utilizados por la OCDE (OECD 2018), que, aunque no son sumables entre, sí apuntan a que existe una diferencia proporcional de aproximadamente 3 veces entre el primer y cuarto cuartil del ranking de digitalización de los diversos sectores propuesto en el texto. Los resultados del ejercicio de estimación sectorial del impacto de la banda de 6 GHz son razonablemente robustos a este factor.

Ilustración 33. Evaluación de sectores de acuerdo con madurez tecnológica y la relevancia de Wi-Fi

	OCDE		WI-FI					FACTOR AGREGADO
	INTENSIDAD	FACTOR DE MADUREZ	CERCANÍA	SIMULTANEIDAD	MOVIMIENTO (5 =NO)	EXTERIORES (5=INTERIOR)	FACTOR DE IDONEIDAD	
Manufactura (exc. automotriz y electrónicos)	Medio alto	3.0	4	4	4	4	3.2	12.2
Automotriz	Alto	3.0	5	5	4	5	3.8	13.4
Electrónicos	Alto	3.1	5	5	4	5	3.8	13.6
Petróleo y gas	Medio bajo	2.1	4	3	3	2	2.4	9.2
Turismo	Bajo	1.7	2	1	5	2	2.0	8.1
Sector financiero	Alto	3.6	4	5	5	5	3.8	14.9
Comercio (retail)	Medio alto	3.3	5	5	5	4	3.8	14.3
Salud	Medio bajo	2.4	4	5	4	4	3.4	11.3
Logística	Bajo	1.7	2	2	1	2	1.4	7.4

	OCDE		WI-FI					FACTOR AGREGADO
	INTENSIDAD	FACTOR DE MADUREZ	CERCANÍA	SIMULTANEIDAD	MOVIMIENTO (5 =NO)	EXTERIORES (5=INTERIOR)	FACTOR DE INDONEIDAD	
Construcción	Bajo	1.7	2	2	4	1	1.8	7.9
Gobierno	Medio alto	2.8	3	3	3	3	2.4	10.3
Corporativos	Medio alto	3.2	5	5	5	5	4.0	14.3

Fuente: GSMA (2022a), OCDE (2018), análisis SmC+

Este indicador fue utilizado como ponderador de la evolución de la estimación del impacto en el PIB de la tecnología Wi-Fi utilizando la banda de 6 GHz para los diferentes escenarios considerados, resultando así en una estimación del impacto en cada uno de los sectores analizados. El valor creado por la banda en su utilización para IMT (escenarios 2B temprano y tardío) fue asignado de manera proporcional a lo estimado por la GSMA (2022a), haciendo los ajustes relevantes para los sectores que no fueron considerados explícitamente, formando parte de grupos menos específicos (p.ej., servicios y otros).

De manera no explícita esta metodología ya tiene descontado el valor generado para cada uno de los sectores por redes 5G ya desplegadas; sólo considera el valor marginal generado por IMT utilizando la parte superior de la banda de 6 GHz. Asimismo, la estimación arroja indicios de qué sectores resultarán más beneficiados con las diferentes designaciones posibles de la banda de 6 GHz, pero no busca incorporar la posible existencia de discontinuidades en el uso de redes de comunicación, tal y como está sucediendo en ciertos sectores (p.ej., minería).



Referencias

- ASSIA (2021). State of Wi-Fi reporting, John M. Cioffi, report for the DSA, June 8, 2021.
- Bohlin, E. & Rohman, I. (2012). Does broadband speed really matter for driving economic growth? Investigating OECD countries. Disponible en SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2034284> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2034284>.
- Cisco (2017). Cisco Visual Networking Index: Global Mobile data Traffic Forecast Update, 2016-2021.
- GSMA (2019). 5G-era Mobile Network Cost Evolution, August 28, 2019
- GSMA (2021). Vision 2030: Insights for Mid-band Spectrum Needs, July 2021
- Coleago (2021). Estimating the mid-band spectrum needs in the 2025-2030 time frame. Global Outlook. A report for GSMA, July 2021.
- GSMA (2022a). The Socio-Economic Benefits of Mid-Band 5G Services, realizado por Stefano Suardi y Pau Castells, febrero de 2022.
- GSMA (2022b). The socioeconomic benefits of the 6 GHz band. Considering licensed and unlicensed options, realizado por Calvin Bahla y Pau Castells, junio de 2022.
- GSMA (2022c). The 6 GHz IMT Ecosystem, Demand Drives Scale. August 2022.
- GSMA (2022d). State of Mobile Connectivity Report 2022, Connected Society, October 2022.
- GSMA (2022e). La economía móvil en América Latina 2022. Diciembre 2022.
- INEGI (2022). ENDUTIH 2021. Julio 2022.
- Katz, Raúl; Cabello, Sebastián (2019). El valor de la transformación digital a través de la expansión móvil en América Latina, reporte comisionado por Ericsson, diciembre 2019.
- Li, Jie; Forzati, Marco (2020). Cost, performance and energy consumption of 5G fixed wireless access versus pure fiber-based broadband in Sweden
- LS Telecom, VVA (2022). Socio-economic benefits of IMT versus RLAN in the 6425 – 7125 MHz in Europe, report para la DSA.
- OCDE/BID (2016), Políticas de Banda Ancha Para América Latina y el Caribe, Un manual para la economía digital.
- OECD (2018), A taxonomy of digital intensive sectors, OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2018/14. <https://dx.doi.org/10.1787/f404736a-en>
- OECD (2023). STAN Structural Analysis Database. Consultado en febrero de 2023. <https://www.oecd.org/sti/ind/stanstructuralanalysisdatabase.htm>



- OECD (2020). "The OECD STAN Database for industrial analysis: Sources and methods". OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2020/10. Horvát, P., Webb, C. <https://doi.org/10.1787/ece98fd3-en>
- OMDIA (2020). Why 5G in Latin America?, A call to action for Latin American operators and policymakers, a Nokia-Omdia research paper, agosto 2020.
- RAND Corporation (2018). The Potential Economic Value of Unlicensed Spectrum in the 5.9 GHz Frequency Band. Insights for Future Spectrum Allocation. Gehlhaus Carew, D, Nicholas, M., Blumenthal, M.S., Armour, P., Lastunen, J.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) (2022). Oficio No. 400.1.410.22.234 del 25 de julio de 2022. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/748091/OFICIO_234_25_JULIO_2022_act_TSD_.pdf
- Telecom Advisory Services (2020). Assessing the Economic Value of Unlicensed Use in the 5.9 GHz & 6 GHz Bands, reporte para Wi-FiForward, julio 2020
- Telecom Advisory Services (2021a). Estimación del valor económico del uso no licenciado de la banda de 6GHz en México, por Raúl Katz y Fernando Callorda, reporte para la DSA, enero 2021.
- Telecom Advisory Services (2021b). The Economic Value of Wi-Fi®: a global view (2021 – 2025), Developed for Wi-Fi Alliance, septiembre 2021.
- Telegeography (2022). Internet traffic and capacity remain brisk." <https://blog.telegeography.com/internet-traffic-and-capacity-remain-brisk>.
- UIT (2020). Connecting Humanity, Assessing investment needs of connecting humanity to the internet by 2030, Suiza.
- UIT (2021). Digital trends in the Americas region 2021, Information and communication technology trends and developments in the Americas region, 2017-2020, Suiza.





DIGITAL PUBLIC AFFAIRS

Es una firma de estrategias de tecnología y asuntos públicos digitales enfocada en América Latina. Está abocada a asistir a empresas y organizaciones internacionales líderes a entender y actuar en el complejo contexto regional en temas como tecnologías 4.0, innovación, plataformas, infraestructura digital, educación virtual, ciberseguridad, medio ambiente y políticas institucionales para la transformación digital.

Más información:
www.smcplusconsulting.com

Contacto:
info@smcplusconsulting.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE
MATERIAL SIN CITA O AUTORIZACIÓN.

