

El impacto de las obligaciones en el valor del espectro radioeléctrico

**Sector de Instituciones para
el Desarrollo**

**División de Conectividad,
Mercados y Finanzas**

**DOCUMENTO PARA
DISCUSIÓN N°
IDB-DP-526**

Luis Guillermo Alarcon Lopez

El impacto de las obligaciones en el valor del espectro radioeléctrico

Luis Guillermo Alarcon Lopez

Julio de 2017

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2017 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Contacto: Luis Guillermo, luisala@iadb.org.

Resumen*

El espectro radioeléctrico es un activo esencial para los operadores de redes móviles. Los gobiernos establecen su valor para organizar subastas de frecuencias que sean competitivas y definir pagos periódicos, como impuestos y derechos de uso. Esta publicación defiende la idea de que los gobiernos deben valorar el espectro radioeléctrico en función de la política de utilización de frecuencias prevista y de las obligaciones correspondientes. Aquí se propone una fórmula matemática para articular cuantitativamente la relación entre el valor del espectro y las obligaciones regulatorias, incluidos la promoción de nuevos participantes en el mercado, la determinación de obligaciones para el servicio mayorista, la definición de objetivos de cobertura y la fijación de requisitos de apoyo a la seguridad pública y los servicios de primeros auxilios. Este documento va especialmente dirigido a los ministerios de Telecomunicaciones, las autoridades reguladoras nacionales y las entidades gubernamentales que se ocupan de la valoración del espectro radioeléctrico.

Códigos JEL: C2, Q3, O38

Palabras clave: adaptación, banda ancha, becas de investigación pública, ciencia y tecnología, científico, cobertura, comunicaciones inalámbricas, espectro, frecuencia, frecuencia de radio, innovación, investigación, política de innovación, política de investigación y desarrollo, política de patentes, política tecnológica, seguridad pública, servicio mayorista, subastas, subvenciones a la innovación, subvenciones a la investigación, técnica, tecnología, telecomunicaciones

* Luis Guillermo Alarcón López es licenciado en Comunicaciones e Ingeniería Electrónica por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional (ESIME-IPN) de la Ciudad de México.

1. Introducción

El espectro radioeléctrico es un activo fundamental del siglo XXI, relacionado con las telecomunicaciones móviles internacionales (espectro), que son esenciales para las comunicaciones inalámbricas de banda ancha (comunicaciones inalámbricas).¹ La mayoría de las personas y muchos dispositivos están y seguirán estando conectados a Internet de forma inalámbrica. El espectro es la materia prima que permite la creación de redes inalámbricas. Los operadores de redes móviles (ORM) diseñan, financian, ponen en marcha, operan y mantienen redes inalámbricas que proporcionan cobertura y conectividad a usuarios y dispositivos. A su vez, las redes de ORM hacen posible los servicios y aplicaciones que ofrecen los proveedores de servicios de Internet y de contenido, y permiten que los desarrolladores de aplicaciones generen una cantidad cada vez mayor de datos.² Estos servicios y aplicaciones facilitan el crecimiento económico y el desarrollo social en el mundo moderno.³

A diferencia de lo que sucede con otras materias primas, como el petróleo, hasta ahora aún no hay un sustituto para el espectro. La cantidad de espectro está limitada por las leyes de la física y por el lento avance de las iniciativas internacionales y nacionales para identificarlo y facilitarlo para el uso de banda ancha móvil. Como la cantidad de espectro no es suficiente para cubrir la demanda,⁴ se prevé que su valor siga aumentando en el futuro próximo.

A diferencia de otras clases de infraestructura, la de la red inalámbrica necesita inversiones recurrentes de capital, lo que obliga a los operadores de redes móviles a invertir anualmente para expandir su mapa de cobertura, aumentar la capacidad de gestión del

¹ La comunicación inalámbrica se refiere a la banda ancha móvil o a lo que el Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) designa como servicios móviles y fijos terrestres (véase <http://www.itu.int/en/ITU-R/Documents/ITU-R-FAQ-IMT.pdf>).

² Alphabet (sociedad matriz de Google), Amazon, Apple, Facebook y Microsoft generaron un beneficio neto de más de US\$25 000 millones en el primer trimestre de 2017 (véase <http://www.economist.com/news/leaders/21721656-data-economy-demands-new-approach-antitrust-rules-worlds-most-valuable-resource>).

³ En América Latina y el Caribe, una mayor penetración de la banda ancha de un 10 % en promedio se asocia con un producto interno bruto (PIB) un 3.19 % mayor, un 2.61 % de aumento de la productividad y 67.016 nuevos empleos (véase <https://publications.iadb.org/handle/11319/5754>).

⁴ La UIT, en su Informe UIT-R M.2290-0 (*Future Spectrum Requirements Estimate for Terrestrial IMT*, de diciembre de 2013) estimó que para el año 2020 se necesitará un espectro total de entre 1.340 megahertzios (MHz) y 1.960 MHz (https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2290-2014-PDF-E.pdf). Ofcom, el regulador de Reino Unido, ha autorizado 741 MHz de espectro, que se utiliza o podría utilizarse para móviles, y piensa facilitar 446 MHz en frecuencias milimétricas (mmWave), totalizando así 1.187 MHz. Además, Ofcom (https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0033/79584/update-strategy-mobile-spectrum.pdf) estima que las frecuencias milimétricas aportaran entre 1 y 5 GHz de ancho de banda adicional. Vale la pena destacar que las frecuencias milimétricas son interesantes para dar capacidad y no para proporcionar cobertura.

tráfico, avanzar al mismo ritmo que la innovación tecnológica, mantenerse competitivos y evitar la obsolescencia funcional. A medida que los ingresos de los ORM dejan de aumentar y crecen las inversiones, el rendimiento del capital invertido para la infraestructura de la red inalámbrica se ha aproximado al costo medio ponderado de capital,⁵ a niveles similares a los de otras industrias de productos básicos.⁶ Un incremento en el valor del espectro representa una carga financiera para los operadores, que se suma a las inversiones que necesitan realizar para construir, operar y actualizar las redes inalámbricas.⁷ No es de extrañar que los ORM intenten subir en la cadena de valor y beneficiarse de la riqueza que ofrecen los sectores de las aplicaciones y el entretenimiento, como pone de manifiesto la reciente adquisición de Time Warner por AT&T.⁸

El objetivo de este documento no es tratar la dirección que toma la estructura del sector ni las políticas gubernamentales necesarias para la tecnología inalámbrica. Lo que se propone es que el valor del espectro para los operadores móviles sea inversamente proporcional al costo de la red inalámbrica que se requiere para cumplir las obligaciones de licencia. Si bien los gobiernos soberanos son libres de fijar sus propias prioridades y definir los mecanismos necesarios para alcanzar sus objetivos, en función del espectro, estas páginas se centran en una teoría específica que puede beneficiar a los gobiernos al definir su política en relación con el espectro, el mecanismo de asignación y las obligaciones de licencia.

Cuanto más exigentes sean las obligaciones de licencia, más alto será el costo de la red inalámbrica para los ORM, algo que tendrá que verse reflejado en el valor económico del espectro radioeléctrico fijado por los gobiernos, con el fin de asegurar la viabilidad financiera de los proyectos de redes inalámbricas de los ORM. Además, debe hacerse hincapié en la valoración del espectro de las llamadas bandas de cobertura por debajo de 1 GHz, específicamente las bandas de frecuencia del dividendo digital. Estas combinan excelentes características de propagación y un gran ancho de banda, lo que las hace esenciales para proporcionar banda ancha móvil para las redes inalámbricas.⁹

⁵ El costo medio ponderado de capital representa el costo mixto de los fondos de la firma o la rentabilidad mínima (o «tasa crítica de rentabilidad») que debe alcanzar para satisfacer las expectativas de sus inversionistas (accionistas y acreedores). Visítase el enlace https://en.wikipedia.org/wiki/Weighted_average_cost_of_capital.

⁶ Los datos de 2010 indican que los operadores generaron beneficios a un nivel modesto, al igual que en 2007 y 2008, con un rendimiento del capital invertido del 13 % (véase <http://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2012/09/Europe-Observatory-2010.pdf>).

⁷ Se comprobó que los precios medios finales pagados en las subastas aumentaron en un 250 % entre 2008 y 2016, y que los precios más desorbitados suelen verse influidos por decisiones políticas (véase <http://www.businesswire.com/news/home/20170222005053/en/GSMA-Report-Shows-High-Spectrum-Prices-Threaten>).

⁸ Véase http://about.att.com/story/att_to_acquire_time_warner.html.

⁹ Bandas del primer dividendo digital en la Región 2 (800 MHz), Regiones 1 y 3 (700 MHz) y el segundo dividendo

2. Definiciones

2.1 Número de emplazamientos de celdas

Es habitual definir el costo de las redes celulares en función del número de emplazamientos¹⁰ de celdas necesarios para lograr ciertos objetivos de diseño. Aunque hay muchos tipos diferentes de emplazamientos celulares y hay otros dominios de red y costos a considerar además de las redes de acceso por radio, tales como los dominios de redes de transporte y control, las plataformas de tecnología de la información y los servicios profesionales, se cree que es una buena aproximación considerar el número de emplazamientos como factor principal del costo de la red. Todos los países son diferentes, y algunos tienen más emplazamientos existentes que otros, de los cuales unos podrán usarse para instalar un nuevo amplificador de radiofrecuencia y otros no. Esto también se aplica a otros dominios de red –donde puede haber o no conexión de retorno (*backhaul*)–, a la capacidad de la red principal, los centros de datos y los centros de servicio administrados. A pesar de que no todos los países tienen el mismo nivel de infraestructura de telecomunicaciones, se puede considerar el número de emplazamientos celulares como el principal factor del costo de las redes inalámbricas, consideración muy extendida y que el sector acepta y entiende bien.

2.2 Planificación de la red de radio

Se trata de proyectos de ingeniería realizados con herramientas de planificación de redes de acceso de radio.¹¹ Tales herramientas pueden determinar el número de emplazamientos requeridos para lograr un objetivo de diseño, expresado en una cartografía de la cobertura, la calidad del servicio y la calidad de los parámetros de la experiencia.

2.3 Cobertura actual de la población

La mayoría de los países ha alcanzado la cobertura nacional de los servicios de telefonía móvil, en general utilizando bandas de frecuencia inferiores a 1 GHz de frecuencia central,¹² las que implementan a través de macro estaciones de base, desplegadas por los ORM para cubrir las principales localidades y carreteras y sitios de interés. La cobertura actual de la

digital (700 MHz en la Región 2 y 600 MHz en las Regiones 1 y 3) (véase <https://www.ericsson.com/res/docs/2013/ericsson-apt700-creating-a-truly-global-band.pdf>).

¹⁰ Por emplazamientos celulares entiéndanse sitios celulares, es decir los lugares con obras civiles que albergan los equipos de estaciones bases y donde se colocan sus antenas en alto.

¹¹ Ejemplos de ello son Forsk Atoll, Planet, Opera y CellPlan, entre otros.

¹² 850 MHz o 900 MHz.

población de la telefonía móvil con bandas de frecuencia inferiores a 1 GHz es lo que en este documento de debate se denomina “cobertura actual de la población” (EPC, por sus siglas en inglés), que es el porcentaje de la población con acceso a la telefonía móvil, cifras que suelen comunicar las autoridades de regulación nacionales (ARN) y que suelen compilar diversas organizaciones internacionales.¹³ En este documento se parte del supuesto de que los gobiernos han llevado a cabo un ejercicio de planificación de la red de acceso radio para determinar cuántos emplazamientos de celdas se necesitan para lograr: i) la EPC con la banda del dividendo digital con licencia y ii) la cobertura, los servicios y la calidad requeridos por los objetivos de la política nacional de banda ancha, con el fin de compararlos. El aumento del costo entre lo que ya existe y lo que se requiere debe reflejarse en la reducción del valor del espectro para los ORM, que han de cumplir ciertas obligaciones.

2.4 Factor de estaciones de base adicionales

Si $N_{EPC(\%)}$ es el número total de emplazamientos para lograr la $EPC(\%)$ usando la banda del dividendo digital objetivo, según lo determinado por los estudios de planificación de la red de radio, entonces el factor de las estaciones de base adicionales (F_{RB}) es el porcentaje de aumento con respecto al $N_{EPC(\%)}$ que se necesita para alcanzar los objetivos propuestos en la política gubernamental de banda ancha. Si el número de emplazamientos necesarios para alcanzar el objetivo de la política de banda ancha es N_{BB_Policy} , entonces:

$$N_{BB_Policy} = N_{EPC(\%)}(1 + F_{RB})$$

2.5 Valor de referencia del espectro

El valor de referencia del espectro (VS_{I_MNO}) es el precio que el operador establecido, específicamente el operador dominante, pagaría por la banda del dividendo digital que se va a subastar. Para este trabajo, el valor de referencia es:

$$VS_{I_MNO} = 1$$

En este documento el VS_{I_MNO} se expresa en dólares estadounidenses/MHz/Pob.¹⁴

¹³ GSMA, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT, el Banco Mundial y consultores internacionales como Pyramid Research, entre otros.

¹⁴ Una medida común para el valor del espectro es la paridad de compra normalizada en dólares estadounidenses por MHz por habitante.

2.6 Emplazamientos existentes y emplazamientos nuevos

Para lograr la $EPC(\%)$, la planificación de la red de radio necesita una serie de emplazamientos de celdas $N_{EPC(\%)}$. Este $N_{EPC(\%)}$ será la suma de los emplazamientos existentes (reutilizables) N_{\exists} y los emplazamientos nuevos $N_{\#}$:

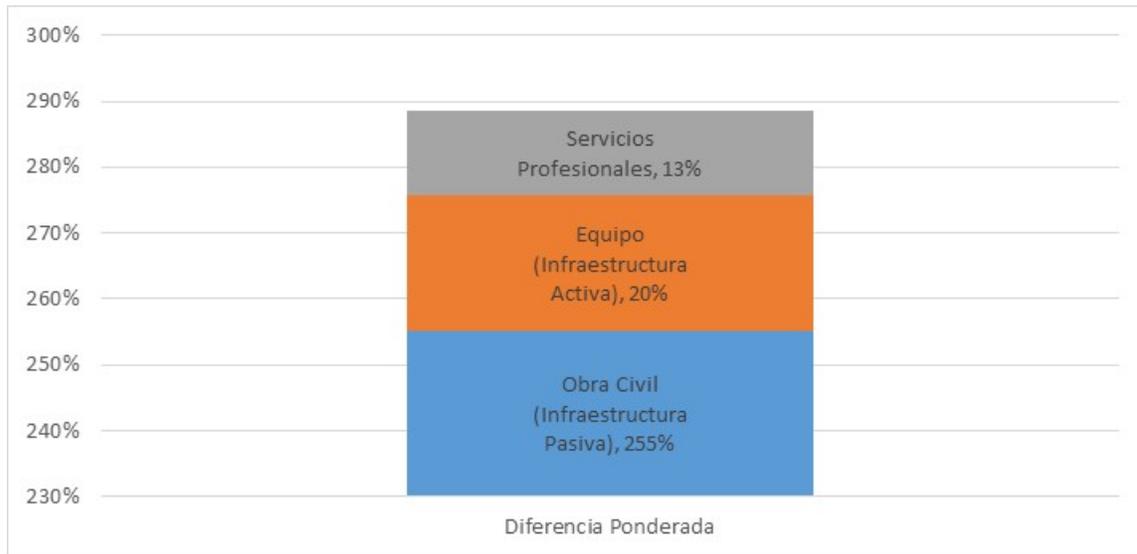
$$N_{EPC(\%)} = N_{\exists} + N_{\#}, F_{\exists} = \frac{N_{\exists}}{N_{EPC(\%)}} , F_{\#} = \frac{N_{\#}}{N_{EPC(\%)}} , F_{\exists} + F_{\#} = 1$$

Los factores F_{\exists} y $F_{\#}$ representan la proporción de emplazamientos existentes y nuevos necesarios para lograr $N_{EPC(\%)}$ utilizando la banda del dividendo digital objetivo, y aplicando las políticas y obligaciones gubernamentales deseadas, según lo que se desprende del ejercicio de planificación de la red. Para simplificar, se supone que el número de emplazamientos reutilizables N_{\exists} se mantiene como una estimación hasta que se concluya el diseño final de la red, pese a la posibilidad de que varíe en función de las condiciones, como las licencias, el espacio físico disponible en el emplazamiento existente y la disponibilidad de *backhaul*. En todo caso, esa incertidumbre se compensa por la diferencia de costo entre los emplazamientos existentes y los nuevos, una diferencia que puede ser significativa.

2.7 Relación de costo entre emplazamientos nuevos y existentes

La experiencia indica que el costo de un nuevo emplazamiento es más elevado que el costo del despliegue de un emplazamiento existente, y que la cifra puede llegar a triplicar a este último (F_{CN}). Esto se verifica pese a las diferentes prácticas y niveles de precios de los diversos países.

Gráfico 1. Diferencia de costo relativa entre un emplazamiento nuevo y uno existente



Si C_{CN} es el costo medio de un nuevo emplazamiento de celdas y C_{CE} es el costo medio de compartir un emplazamiento de celdas existente, entonces:

$$F_{CN} = C_{CN}/C_{CE} \sim 3, F_{CN} \in (2.88, 3.12)$$

2.8 El factor del operador nuevo entrante

En la mayoría de los mercados, tres ORM atraerán cuotas de mercado importantes; esta competencia requiere ciertos incentivos. Un estudio de DotEcon & Aethna para Ofcom¹⁵ muestra que, en cuanto a los precios de salida y los resultados reales de las subastas de frecuencias para el primer dividendo digital en la Región 2 del UIT-R (la banda de 800 MHz), un operador nuevo entrante pagará menos que el operador establecido por el mismo ancho de banda en esta banda de espectro. Definimos el factor del operador nuevo entrante (F_{NE}) como cuánto menos pagaría un nuevo operador en el mercado por la misma cantidad de espectro en la banda del dividendo digital objetivo, como sigue:

$$\frac{\text{Valor_del_espectro_nuevo_operador}}{VS_{I_MNO}} = \frac{VS_{NE}}{VS_{I_MNO}} = F_{NE}, F_{NE} \in (0.55, 0.60)$$

¹⁵ Valor del espectro de 800 MHz, 1800 MHz y 2,6 GHz: Un informe DotEcon y Aetha para Ofcom (DotEcon, julio de 2012).

Este hecho refleja el desafío de atraer a nuevos operadores en un mercado maduro e ilustra la necesidad de reducir el precio de salida para las subastas de frecuencia con el fin de atraer a un nuevo operador.¹⁶ Si bien el aumento del número de ORM de tres a cuatro es ventajoso, atraer a nuevos participantes supone un reto para las autoridades reguladoras nacionales (ARN), los responsables de formular políticas y los gobiernos. Se requieren incentivos que estimulen a los recién llegados a entrar en el país, a invertir y a competir con los operadores establecidos. El número de operadores integrados verticalmente que actúan en un mercado nacional específico es finito, especialmente con la infraestructura de la industria inalámbrica actual. La colaboración entre los cuatro operadores para compartir los activos de la red reducirá los costos y podría contribuir a la consolidación del mercado.¹⁷ Si bien aumentar el número de operadores en un mercado nacional puede incrementar la competencia minorista, los gobiernos y las ARN también deben sopesar la posibilidad de incentivar e incluso exigir la oferta de servicios inalámbricos mayoristas para lograr una mayor competencia en el mercado minorista.¹⁸

2.9 El factor mayorista

Muchos reguladores buscan aumentar la competencia. La oferta de servicios mayoristas constituye un incentivo para hacerlo y disminuir la concentración del mercado.¹⁹ En un estudio de Bell Labs²⁰ sobre la contribución de los servicios mayoristas al rendimiento del capital invertido extremo a extremo, basado en datos públicos del mercado británico de telecomunicaciones, se concluyó que el factor mayorista (F_{FW}) dependía en parte de la recaudación de los usuarios finales, dividida entre el mayorista y el minorista, y que variaba entre el 27% y el 64% del precio al usuario final, dependiendo sobre todo del descuento del espectro a aplicar, que es necesario para la viabilidad de los negocios de los minoristas, cuyos márgenes oscilan entre el 30% y el 60% del precio al usuario final.

¹⁶ Este no es el único incentivo, sino que hay muchos, como los toques de espectro, los incentivos fiscales y los ingresos garantizados. Sin embargo, en el informe al que se hace referencia es evidente que un recién llegado pagará menos por la misma frecuencia al evaluar un mercado consolidado, dado el mayor riesgo de competencia y la falta de acceso a su propia infraestructura.

¹⁷ Véase el caso de Francia, donde la red estaba compartida por tres operadores y entró un cuarto. En México, la consolidación del mercado ha reducido el número de operadores de cuatro a tres.

¹⁸ Consúltese el documento "Open Access with a Mobile Wholesale NetCo" en <https://www.detecon.com/en/Publications/open-access-mobile-wholesale-netco>.

¹⁹ Véase *OECD Review of Telecommunication Policy and Regulation in Mexico* (<https://www.oecd.org/sti/broadband/50550219.pdf>).

²⁰ Estudio de Bell Labs a cargo de Fani Kontothanasi, *Retail versus Wholesale: Return On Capital Employed (Roce)*. Puede solicitarse a Bell Labs. Para ello, contáctese a mark.bass@bell-labs.com o al autor de este documento.

$$\frac{\text{Valor del espectro}_{\text{Mayorista completo}}}{VS_{I_MNO}} = \frac{VS_{FW}}{VS_{I_MNO}} = F_{FW}, F_{FW} \in (0.30, 0.60)$$

En términos prácticos, una obligación gubernamental de servicio mayorista implica un descuento del espectro de aproximadamente la mitad del valor de referencia del espectro. La fundamentación es que los operadores de redes móviles pagarán menos por el espectro que tiene que ser compartido con otros licenciatarios (es decir, otros ORM u OMV).

3. Factores relacionados con las obligaciones de cobertura y la infraestructura existente

En la mayoría de los países, la cobertura de la población de la telefonía móvil determina el mapa de cobertura de la infraestructura inalámbrica existente, normalmente en el rango del 90% de la población.²¹ Por debajo de esa $EPC(\%)$, hay una infraestructura subyacente que puede aprovecharse en mayor o menor medida, lo que permite ahorrar en el despliegue de la red. A la inversa, más allá de esa $EPC(\%)$, es menos probable que haya una infraestructura existente que aprovechar, con lo que aumenta el costo relativo del despliegue de la cobertura de banda ancha inalámbrica en esas áreas. Al desplegar una nueva red inalámbrica, utilizando una banda de frecuencias del dividendo digital, el efecto de compartir emplazamientos de celdas existentes y construir otros nuevos se representará por F_{\exists} y F_{\nexists} y por F_{CN} , como sigue:

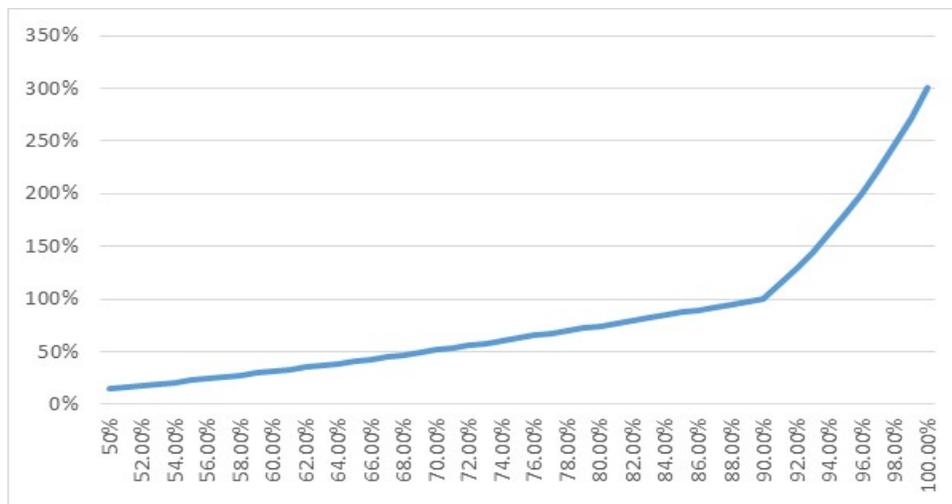
$$\frac{VS'}{VS} = \frac{(1 - F_{RB})}{(F_{\exists} + F_{\nexists}F_{CN})} + \frac{F_{RB}}{F_{CN}}$$

Así, VS' es el valor del espectro correspondiente a las obligaciones de cobertura para lograr la $EPC(\%)$, F_{RB} es el porcentaje de emplazamientos de celdas adicionales necesarios para cumplir las obligaciones de cobertura por encima de N_{EPC} . Por su parte, F_{\exists} y F_{\nexists} constituyen la proporción de emplazamientos existentes y nuevos necesarios para la $EPC(\%)$, y F_{CN} es el factor que representa cuántas veces más caro podría ser un nuevo emplazamiento de celdas en comparación con un emplazamiento existente en términos de inversión. Si $F_{RB} =$

²¹ La penetración de la telefonía móvil está algo por encima de esta cifra en casi todo el mundo. Según datos del Banco Mundial (<http://databank.worldbank.org>), el 66 % de la población mundial vive en países en los que la penetración de telefonía móvil supera el 90%.

0, eso implicaría que el objetivo de política de banda ancha sería menor o igual a $EPC(\%)$, lo cual eliminaría el segundo término en la ecuación y dejaría solo el primero. En este último caso, el valor del espectro aún podría reducirse, lo cual dependerá de la proporción de nuevos emplazamientos de celdas frente a emplazamientos existentes para alcanzar el número de emplazamientos. Cuantos más nuevos emplazamientos de celdas se desplieguen, menor será el valor del espectro, lo que incentivará la inversión en nueva infraestructura. En caso de que $F_{RB} = 0$ y $F_{\bar{A}} = 0$, entonces $F_{\exists} = 1$ y $\frac{VS'}{VS} = 1$. El gráfico 2 muestra el aumento del costo debido a ese efecto.

Gráfico 2. Costo relativo de una nueva red WRT (ejemplo)



El gráfico 2 representa un incremento lineal del costo en función de la cobertura de la población hasta un cierto objetivo de cobertura. En el gráfico se supone que el porcentaje de la población cubierto por los servicios de telefonía móvil existentes en el mercado objetivo es $EPC(\%) = 90\%$. Más allá del 90% de la cobertura de la población, el número adicional de nuevos emplazamientos y el mayor costo unitario de los mismos aumentan la inversión esencial para cubrir áreas que podrían tener menor interés comercial, lo que supone un reto financiero para los promotores. Este efecto debe tenerse en cuenta en la valoración del espectro, en caso de que se apliquen obligaciones de cobertura.

4. Obligaciones de seguridad pública

La seguridad pública es un tema cada vez más importante para las redes inalámbricas 4G y especialmente para las que utilizan el estándar de comunicaciones LTE para las comunicaciones móviles inalámbricas de banda ancha. Las excelentes características de propagación de las bandas del dividendo digital hacen que puedan proporcionar la cobertura requerida por los servicios de seguridad pública. El uso de la banda 14 en Estados Unidos para servicios de banda ancha móvil de seguridad pública fomenta también el uso de bandas de 700 MHz para esos mismos fines.²² En caso de que los gobiernos deseen imponer obligaciones de seguridad pública en la subasta del dividendo digital objetivo, la valoración del espectro debería verse afectada en consecuencia. Aunque una red LTE puede servir tanto para fines de seguridad pública como para servicios comerciales en la misma red, operando simultáneamente con calidad de servicio, apropiación y prioridad,²³ los requisitos de cobertura, servicios y disponibilidad de ambos tipos de usuarios son muy diferentes.

La cobertura de seguridad pública podría incluir fronteras nacionales despobladas, carreteras aisladas y parques nacionales propensos a incendios forestales, erupciones volcánicas, huracanes, terremotos, tsunamis y otros desastres naturales. Podría abarcar instalaciones militares distantes, comunidades aisladas que necesiten inclusión social, zonas económicas especiales y regiones expuestas a emergencias o contingencias nacionales sujetas o no a planificación. Entre los servicios y funcionalidades adicionales se incluyen la compatibilidad e interoperabilidad con otros servicios de seguridad pública, como las redes de radio móvil terrestre (LMR) o la implementación de funciones esenciales para una misión, como el funcionamiento en modo directo y las llamadas en grupo, además de la interoperabilidad con estándares de pulsar para hablar (PTT), tales como el Proyecto 25 (P25) o la tecnología Tetra.²⁴ Para aumentar la disponibilidad del servicio para las aplicaciones de seguridad pública, hay una multitud de opciones, desde equipos terminales reforzados hasta estaciones de base endurecidas, lo cual incluye una mayor autonomía de energía eléctrica, enlaces redundantes de transmisión *backhaul* y otras medidas de resiliencia o seguridad en los distintos dominios de la red.²⁵ Definimos el factor F_{PS} como

²² En Estados Unidos, Firstnet utiliza la banda 14, que tiene 2x10 MHz de ancho de banda y forma parte de la banda del dividendo digital de 700 MHz (véase <https://www.firstnet.gov/tags/band-14>).

²³ Disponible tras la evolución de la LTE versión 13.

²⁴ Firstnet es un ejemplo de red convergente de banda ancha móvil de seguridad pública y uso comercial (véase <https://www.firstnet.gov/>).

²⁵ Los dominios de la red inalámbrica suelen ser terminales, acceso, *backhaul*, red principal, núcleo, sistemas

inversamente proporcional al aumento del costo de la infraestructura de la red para respaldar los servicios, las características y la disponibilidad en materia de seguridad pública requeridos por el gobierno, aplicados al territorio considerado en el factor F_{RB} :

$$F_{PS} \propto \frac{C_{CO}}{C_{PS}}, C_{PS} \geq 1$$

C_{CO} y C_{PS} representan el costo medio de un emplazamiento de celdas comercial y un emplazamiento de celdas compatible con los fines de seguridad pública, respectivamente, mientras que F_{PS} representa la disminución proporcional de la valoración del espectro en relación con el aumento de los requisitos de seguridad pública en términos de servicios, funcionalidades y disponibilidad de la infraestructura de red.²⁶ Por ejemplo, si $C_{PS} = 2C_{CO}$, entonces $F_{PS} = 50\%$, lo que podría reducir el valor del espectro VS por la mitad. Por el contrario, si no hay requisitos de seguridad pública en términos de funcionalidad, servicios o disponibilidad de servicios adicionales, entonces $C_{PS} = 1$ y $F_{PS} = 1$.

5. Fórmula general

La fórmula general del valor relativo del espectro en tanto función de las obligaciones, tales como un nuevo operador en el mercado, la oferta de servicios mayoristas, el aumento de la huella de cobertura y los requisitos de seguridad pública, sería la siguiente:

$$\frac{VS'}{VS} = F_{PS} F_{NE} F_{FW} \left\{ \frac{(1 - F_{RB})}{(F_{\exists} + F_{\#} F_{CN})} + \frac{F_{RB}}{F_{CN}} \right\}$$

Donde $F_{PS} \in \{.5,1\}$, $F_{NE} \in (0.55,0.60)$, $F_{FW} \in (0.3,0.6)$, $F_{\exists} + F_{\#} = 1$, $F_{CN} \in (2.88,3.12)$, $F_{RB} \in (0,1)$.²⁷

de soporte a la operación/sistemas de soporte al negocio, seguridad y aplicaciones.

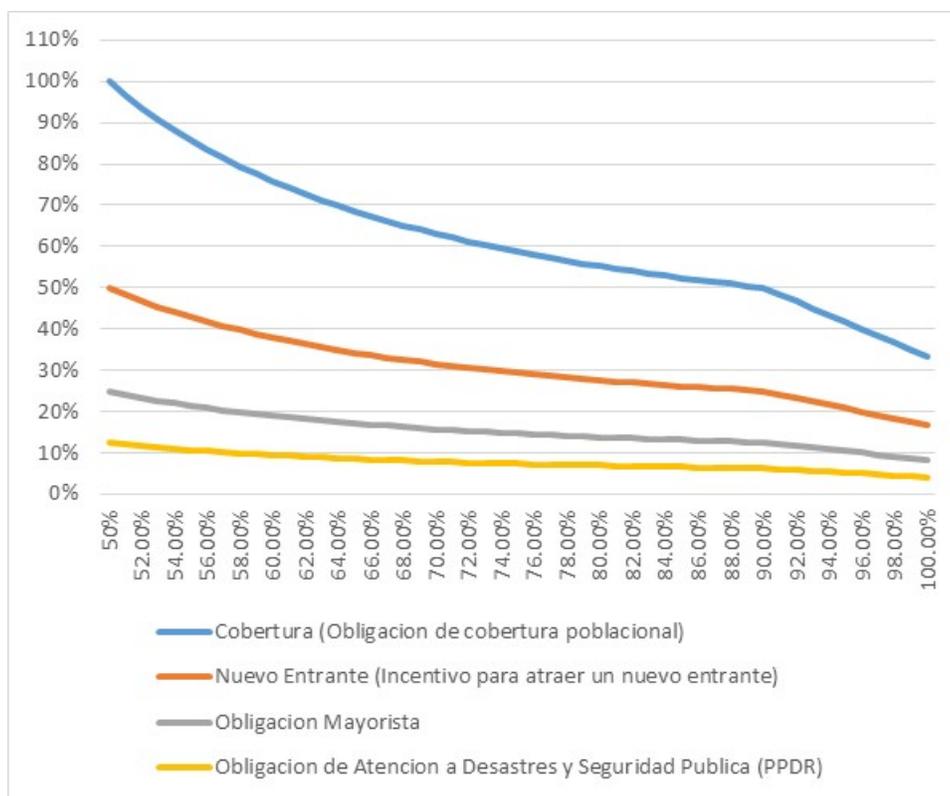
²⁶ Para F_{PS} , no se tienen en cuenta las terminales, sino solo el costo agregado de la infraestructura de red necesaria para cumplir con los requisitos específicos de los servicios de seguridad pública, tales como mayor disponibilidad, más seguridad y el apoyo de ciertas funcionalidades de la red relacionadas con la seguridad pública, por ejemplo: la compatibilidad con redes de radio móvil terrestre y el contar con ciertas características esenciales para comunicaciones de voz de misión crítica, como son el funcionamiento en modo directo entre terminales y las llamadas en grupo.

²⁷ Hay que tener en cuenta que F_{RB} representa la proporción de emplazamientos necesarios para cumplir el objetivo de políticas en materia de cobertura de la población o territorio con respecto a la cobertura de telefonía móvil actual $EPC(\%)$. Eso significa que F_{RB} siempre será un porcentaje, por lo que representa un valor entre 0% y 100%, aunque el número de emplazamientos necesarios para alcanzar el objetivo de políticas podría ser mucho mayor que el número de emplazamientos necesarios para cubrir $EPC(\%)$ utilizando la banda del dividendo digital objetivo.

6. Resultados

El gráfico 3 ilustra los resultados de la fórmula general propuesta. El valor del espectro se reduce cuando se alcanza la cobertura actual de la población $EPC(\%)$, que en el ejemplo se ha fijado en un 90%. Entonces, el ritmo de la reducción del valor del espectro se acelera debido al aumento de nuevos emplazamientos y excede la cobertura actual de la población $EPC(\%)$, hasta alcanzar el 100%. Este escenario de referencia (que en el gráfico aparece como “cobertura”) también se ve afectado por los otros factores definidos anteriormente, a saber: el factor de un nuevo operador participante, el del servicio mayorista y el de la seguridad pública, lo que ilustra su impacto potencial en la reducción del valor del espectro a medida que se acumulan las obligaciones. El cuadro 1 ofrece algunas muestras basadas en el gráfico 3.

Gráfico 3. Valor relativo del espectro del dividendo digital como función de la cobertura y otras obligaciones



Cuadro 1. Muestras basadas en el gráfico 3 (en porcentaje)

Cobertura de la población	Valor del espectro	Impacto del nuevo operador	Impacto del servicio mayorista	Impacto de la seguridad pública
50	100	50	25	13
90	50	25	13	6
95	42	21	10	5
98	37	18	9	5

El valor del espectro en este ejemplo se reduce en un 63%, hasta el 37 % del valor de referencia (50% de la obligación de cobertura de la población por el operador establecido) para compensar la inversión adicional y lograr un 98% de cobertura de la población, suponiendo una cobertura actual $EPC(\%) = 90\%$. Ese 37% puede verse afectado aún más por otras obligaciones, como el estímulo para nuevos participantes, las obligaciones de servicios mayoristas y los requisitos de seguridad pública, con lo que se obtiene un valor de espectro del 5% en relación con el valor de referencia.

7. Conclusiones

El valor del espectro para los ORM, expresado en USD/MHz/Pob, debería ser una función de las obligaciones de licencia, en particular la cobertura, el estímulo para nuevos participantes, las obligaciones de servicio mayorista y el apoyo a los servicios de seguridad pública. El valor del espectro puede reducirse en un 82%, un 91% o un 95% del valor de referencia en caso de un nuevo operador, o si se aplican obligaciones relacionadas con la oferta de servicios mayoristas y el uso de seguridad pública. El valor del espectro debería ser una función de las obligaciones fijadas por el gobierno.²⁸

8. Recomendaciones

Los gobiernos deben realizar periódicamente un ejercicio de planificación de las redes radioeléctricas para comprender la cobertura de la población de las diferentes bandas por parte de los ORM en su territorio nacional. También deben recopilar y cartografiar la infraestructura de telecomunicaciones existente para promover su uso eficiente e incentivar la inversión en áreas deficientes en infraestructura. El valor del espectro debería abordarse

²⁸ Véase el caso de Red Compartida, en México, gracias a la cual se redujo significativamente el pago de derechos como resultado de las obligaciones de los factores de cobertura, de nuevo participante y del servicio mayorista completo (<http://www.cronica.com.mx/notas/2015/920719.html>).

con regularidad, aunque debería contar con un marco previsible para aumentar la certeza y la previsibilidad de los ORM al llevar a cabo sus proyecciones financieras. En el siglo XXI los gobiernos y los inversionistas deben comprender con mayor profundidad los aspectos cuantitativos de la infraestructura de telecomunicaciones y evaluarlos de forma regular y metodológica. También deben diseñar incentivos inteligentes para promover proyectos que conduzcan al éxito de las políticas nacionales de banda ancha.