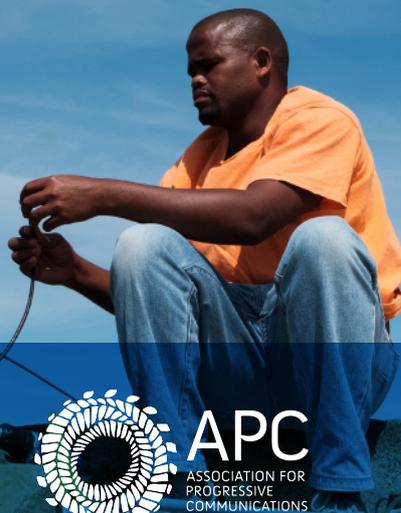


Innovaciones en la gestión del espectro

*Para permitir que las
redes comunitarias y los
pequeños operadores conecten
a los desconectados*



Autores:
Stephen Song,
Carlos Rey-Moreno,
Michael Jensen



APC
ASSOCIATION FOR
PROGRESSIVE
COMMUNICATIONS

moz://a

Índice

1

Introducción

5

2

Nociones básicas sobre el espectro

9

2.1 *Factores han llevado al éxito de las comunicaciones inalámbricas*

10

2.2 *Los límites del espectro*

11

2.3 *Nuevas metáforas para el espectro: de la escasez a la abundancia*

12

3

Organismos reguladores y de normalización

17

3.1 *Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)*

19

3.2 *Organismos de normalización internacionales*

21

4

Panorama actual

23

4.1 *El ritmo del cambio tecnológico*

23

4.2 *Subastas y la asignación de espectro de alta demanda*

25

5

Innovaciones en la gestión del espectro

29

5.1 *Espectro exento de licencia*

30

5.2 *Espectro con licencia para enlaces de backhaul*

33

5.3 *Gestión dinámica del espectro*

34

5.4 *Servicios de redes móviles*

38

5.5 *Cánones por el uso del espectro*

43

5.6 *Innovaciones en la gestión del espectro fuera del marco regulatorio*

47

5.7 *Licenciamiento*

48



6

Transparencia, datos abiertos y espectro

51

7

Conclusión y recomendaciones

55

7.1 Espectro exento de licencia

56

7.2 Licencias ligeras para un mayor espectro de backhaul

56

7.3 Espectro dinámico

57

7.4 Espectro para servicios de redes móviles

57

7.5 Enfoques mayoristas para la asignación de espectro

58

7.6 Transparencia y datos abiertos

58

7.7 Desarrollo de capacidades y colaboraciones

59

8

Agradecimientos

60

9

Tablas

61

9.1 Potencia de salida regulada en las bandas que utiliza la tecnología wifi en los países estudiados

61

9.2 Potencia de salida regulada en las bandas que utiliza la tecnología mmWave en los países estudiados

62

Notas

63





Resumen ejecutivo

EL VALOR DE ESTAR CONECTADO A UNA RED DE COMUNICACIONES ESTÁ EN CONSTANTE AUMENTO. Sin embargo, la mitad de la población mundial sigue sin estar conectada a Internet. Las soluciones tradicionales muestran señales de haber llegado a sus límites. El éxito de los intentos de abordar este problema, ya sea a través de estrategias o fondos de servicio universal, iniciativas del sector privado o filantropía ha sido limitado. Esto presenta un dilema para los responsables de la formulación de políticas y los reguladores, dado que quienes pueden acceder de forma asequible a la infraestructura de comunicaciones continúan acumulando valor, mientras que quienes no tienen acceso se van quedando cada vez más relegados simplemente por el hecho de no avanzar.

Para abordar este problema se requieren nuevas ideas. Algunos cambios en el panorama de las telecomunicaciones generan optimismo en cuanto a que es posible que todas las personas del mundo tengan acceso asequible a las comunicaciones. Sin embargo, para que esto suceda, se requieren cambios en las políticas de acceso y las regulaciones, en particular con respecto a la gestión del espectro radioeléctrico, que en gran parte continúa arraigada en los paradigmas analógicos del siglo XX. Este informe pretende ser un recurso para los reguladores y los formuladores de políticas encargados de abordar el acceso asequible. El documento comienza ofreciendo nuevas perspectivas para comprender el vocabulario, el marco y el panorama actual de la gestión del espectro. En particular, se abordan los siguientes temas:



La necesidad de hacer que el vocabulario y los conceptos que subyacen a la gestión del espectro sean más accesibles. Con ayuda de analogías y ejemplos, se describen los diferentes factores implicados en las comunicaciones mediante ondas de radio. De manera similar, se presentan nuevas metáforas para deconstruir la narrativa actual de la gestión del espectro basada en los derechos de propiedad, que nos impide ver innovaciones en la tecnología inalámbrica que podrían ayudar a conectar a los desatendidos. Una nueva mirada al espectro usando estas metáforas revela que es posible pasar del debate actual sobre “la escasez del espectro” a uno sobre su abundancia, particularmente en los lugares donde viven quienes todavía están desconectados.



El hecho de que cuando hay organizaciones que utilizan una misma frecuencia al mismo tiempo y en el mismo lugar se producen fallas en las comunicaciones lleva a una compleja danza entre las agencias reguladoras,

los organismos de normalización, los fabricantes de equipos y los operadores de redes, todo lo cual influye en la evolución y la aceptación de las tecnologías inalámbricas.



El desafío que plantea el ritmo acelerado de los cambios tecnológicos frente al ritmo tradicional de asignación de espectro. Este desafío se ve agravado por la mayor demanda de los operadores de acceder a espectro inalámbrico para poder satisfacer la creciente demanda de servicios de banda ancha.

A continuación, el documento analiza en detalle el estado actual de la gestión del espectro en las bandas de frecuencia utilizadas para proporcionar conectividad en una selección de países representativos de todo el mundo (Argentina, Brasil, Canadá, India, México, Sudáfrica y Estados Unidos) y define las bases para un ecosistema de gestión del espectro en evolución, donde se pueden utilizar enfoques complementarios para eliminar las barreras y apoyar a las redes comunitarias y a los pequeños operadores. En particular, se alienta a los reguladores y responsables de políticas a considerar las pruebas de una gestión innovadora del espectro en los siguientes temas:



La rápida difusión del uso de espectro exento de licencia en forma de wifi es una lección importante sobre el poder de la innovación sin trabas y sobre la demanda de acceso asequible a Internet. Es lógico que los reguladores aprovechen este éxito ampliando la gama de frecuencias designadas para uso exento de licencia, particularmente en las bandas de 5 GHz y 6 GHz, y reduciendo aún más los costos fiscales y administrativos asociados con su uso. Los reguladores también deberían considerar un aumento de los niveles de potencia permitidos cuando se usan antenas direccionales con wifi para transporte (backhaul) fijo, reconociendo que las probabilidades de interferencia de las comunicaciones altamente direccionales son reducidas.



Además de las bandas exentas de licencia tradicionalmente utilizadas para wifi, hoy en día existen otras bandas que en muchos países se pueden utilizar sin necesidad de una licencia. De particular interés son las bandas de 24 GHz, 60 GHz (banda V) y 71 GHz en adelante (banda E), también conocida como mmWave u onda milimétrica dado que la longitud de onda de estas frecuencias más elevadas está en el rango de los milímetros (mm). Estas frecuencias podrían ser utilizadas por pequeños operadores y redes comunitarias para proporcionar conectividad de calidad similar a la de la fibra. Los reguladores y los formuladores de políticas deberían considerar la posibilidad de habilitar el uso de estas bandas sin licencia.



La menor cantidad de interferencias dañinas que pueden provocar las antenas que enfocan las comunicaciones inalámbricas utilizando caminos o haces muy estrechos ha llevado a algunos reguladores a ampliar el uso de ciertas bandas, como la banda de 11 GHz para enlaces de backhaul punto a punto fijos. Los reguladores deberían considerar la disponibilidad en el mercado de soluciones de microondas de bajo costo en 11 GHz y en otras frecuencias y adaptar las regulaciones para fomentar su adopción. Esto podría tomar la forma de un escenario de licenciamiento ligero (light licensing) para la gestión cooperativa de asignaciones de frecuencia geolocalizadas.



El aumento de los costos del espectro sujeto a licencia para uso exclusivo está en claro



contraste con el espectro exento de licencia, que está disponible sin costo alguno. El espectro dinámico ofrece la oportunidad de establecer una posición intermedia entre ambos. Si bien en algunos países se han implementado regulaciones sobre los espacios de banda blanca de televisión (TVWS), aún no se ha materializado su verdadero potencial como una tecnología de acceso asequible en los países en desarrollo donde el espectro UHF está en gran parte desocupado. Los reguladores deberían acelerar la adopción de regulaciones para los TVWS y estudiar la aplicación de estos enfoques de gestión a otras bandas de frecuencia.



Si bien en las zonas urbanas la demanda de espectro muchas veces excede su disponibilidad administrativa, en las zonas escasamente pobladas y económicamente pobres hay una gran cantidad de espectro sujeto a licencia que permanece sin utilizar. En los últimos años ha surgido una variedad de fabricantes de dispositivos 2G y 4G de bajo costo, y esto tiene el potencial de cambiar drásticamente el modelo de costos para el despliegue de redes móviles rurales sostenibles. Los reguladores deberían considerar marcos que permitan el uso compartido del espectro para los servicios de redes móviles en zonas rurales que pueden no tener valor para los operadores dominantes, pero que tendrían un impacto significativo para los pequeños operadores y las redes comunitarias. Un estudio para comprender el costo económico del espectro no utilizado y los enfoques para incentivar su uso serviría como un argumento a favor de la conveniencia de este modelo. Esto podría llevar a reservar pequeños bloques de espectro para quienes proporcionen conectividad asequible en zonas donde los servicios son insuficientes. Esta podría ser una estrategia particularmente eficaz para garantizar que las próximas asignaciones de espectro 5G no profundicen la brecha digital.



Se debería reevaluar el uso de las subastas como estrategia para la asignación de espectro en términos de su papel en el aumento del acceso asequible en regiones poco atendidas. Se deberían analizar enfoques de asignación de espectro al por mayor dirigidos a regiones difíciles de atender. Del mismo modo, la adopción de enfoques más granulares para calcular los cánones que los operadores deben pagar por el uso del espectro podría generar oportunidades para la reutilización de frecuencias y la provisión de un acceso asequible. La inclusión de factores como la ubicación donde se utilizará el espectro y la asignación de menores ponderaciones a la tasa final cuando se utilice en zonas subatendidas incentivaría la ampliación de la infraestructura actual.



No todas las innovaciones en la gestión del espectro deben partir de las autoridades reguladoras o de los formuladores de políticas a nivel nacional. Las asociaciones de la industria tienen el potencial de convertirse en escenarios para la autorregulación. También desempeñan un papel clave en la promoción de una regulación del espectro que esté alineada con las necesidades de quienes proporcionan soluciones complementarias para lograr un acceso universal asequible. Uno de los ejemplos de autorregulación más innovadores es la gestión de la infraestructura de telecomunicaciones como un recurso común. Esto genera economías de escala e incentivos para el uso compartido de la infraestructura que contribuyen a la reducción de los costos para el usuario final.



Las innovaciones presentadas en este documento deberían incluirse en un marco general de concesión de licencias que favorezca a los pequeños operadores y a las redes comunitarias. El alto costo de las licencias, las obligaciones que derivan de las mismas y las cuestiones relacionadas con su cumplimiento crean un obstáculo para que los

operadores complementarios se beneficien de las innovaciones en materia de espectro.



El auge del espectro como un recurso crítico en la provisión de acceso asequible ha llevado a la necesidad de un debate público más inclusivo. Esto obliga a los reguladores a aumentar la transparencia y la comunicación con respecto a los diferentes aspectos de la gestión del espectro, la concesión de licencias y la infraestructura de telecomunicaciones en general.

En los últimos veinticinco años, el panorama de las telecomunicaciones ha dejado de ser monolítico y de estar en manos de los operadores estatales para pasar a ser un complejo ecosistema de operadores, tecnologías, fabricantes y proveedores de servicios. Este nuevo entorno le ha abierto las puertas a las redes comunitarias y a los pequeños operadores para que puedan completar los vacíos en el acceso que probablemente los grandes operadores no abordarán. La regulación del espectro —que funcionaba bien en los mercados predecibles y con poco movimiento— ya no puede seguir el ritmo de los cambios tecnológicos y no está orientada hacia nuevas tecnologías y modelos de negocio que puedan abordar las brechas de acceso y asequibilidad. Hace falta innovación. Alentamos a los reguladores y a los formuladores de políticas a que adopten las recomendaciones anteriores, que conducirán a un ecosistema más diverso en el que los operadores más pequeños y las redes comunitarias puedan promover el objetivo común de un acceso asequible para todos.



Introducción



EL VALOR DE ESTAR CONECTADO A UNA RED DE COMUNICACIONES ESTÁ EN CONSTANTE AUMENTO. Hace más de diez años, los investigadores establecieron que la proximidad a una red de comunicaciones se correlacionaba directamente¹ con una reducción en la probabilidad de morir a causa de la malaria. Hoy en día, con los teléfonos inteligentes que brindan poderosos servicios genéricos como mensajes grupales y personales y aplicaciones más específicas dirigidas a sectores críticos como la educación, la agricultura y otros sectores, las redes de comunicaciones se están acercando al estado de infraestructura esencial para una economía moderna. También se trata de una cuestión de derechos. La libertad de expresión y la capacidad de comunicación son claves para el desarrollo, la dignidad y la realización de cada persona, asegurando que cada una pueda comprender su entorno y el mundo en general al intercambiar libremente ideas e información con otros. Para que las personas puedan ejercer su derecho a expresarse y comunicarse, es necesario que tengan acceso a comunicaciones electrónicas confiables y asequibles. Sin embargo, la mitad de la población mundial sigue sin tener acceso a Internet². Esto se debe a diferentes razones. En África, por ejemplo, el 40% de la población todavía vive fuera de la zona de cobertura de la banda ancha móvil³. La asequibilidad es también un problema: “El costo de acceder a 500 MB de datos representa casi el 10% del PIB per cápita mensual en los países de bajos ingresos. [...] o para aquellos en el 40% más bajo de la distribución del ingreso de un país, el costo suele ser varias veces mayor⁴”. Otros factores incluyen las habilidades digitales y la falta de contenido relevante a nivel local.

Las soluciones tradicionales muestran señales de haber llegado a sus límites. El crecimiento del número de suscriptores móviles se está desacelerando⁵ mientras la economía de los operadores de redes móviles se esfuerza por encontrar viabilidad en los mercados con ingresos de nivel de subsistencia y/o en las regiones escasamente pobladas. También cabe destacar que esta misma situación se refleja en el número de usuarios de Internet, cuyo crecimiento se ha desacelerado, cayendo de un 12% en 2016 a apenas un 7% en 2017⁶. Y las proyecciones para los próximos ocho años indican una tendencia similar⁷. El éxito de los diferentes intentos de abordar este problema a través de estrategias o fondos de servicio universal, iniciativas del sector privado o filantropía ha sido limitado.

Esto presenta un dilema para los responsables de la formulación de políticas y los reguladores, dado que quienes tienen acceso asequible a la infraestructura de comunicaciones continúan acumulando valor, mientras que quienes no tienen acceso se van quedando cada vez más atrás simplemente por no avanzar. De este modo, los más necesitados quedan excluidos del acceso a las oportunidades, de las redes de seguridad social y sanitarias, del acceso a la educación y del acceso a información que podría aumentar su agencia en el mundo. Resulta irónico —o quizás trágico— que en este tema no se escuche la voz de los desconectados, precisamente porque ellos no están conectados.

Para abordar este problema se requieren nuevas ideas. Anteriormente, la resolución de los desafíos de conectividad solo podía ser abordada por los gobiernos y con una enorme inversión de recursos en redes estatales. La revolución de los teléfonos móviles abrió las puertas a la inversión del sector privado en telecomunicaciones y nuevos modelos de negocios, como los servicios prepagos, que ampliaron los servicios de comunicación sostenibles más allá de lo que nadie podría haber imaginado. Sin embargo, convertirse en un operador de redes móviles aún implica inversiones millonarias en dólares, lo que crea una alta barrera de entrada al mercado.

Hay una serie de factores que sugieren que el panorama de las telecomunicaciones está cambiando una vez más.

- La cadena de valor de las redes de telecomunicaciones se está desagregando. Antes, para ingresar a un mercado, un operador debía invertir en infraestructura internacional, nacional, para la milla media y para la última milla. Ahora estamos empezando a ver competencia en cada uno de esos segmentos.
- La expansión de la infraestructura de fibra óptica, tanto submarina como terrestre, está cambiando el mercado de acceso. Si bien no hay duda de que las redes de fibra óptica están aumentando la capacidad de los operadores existentes para ofrecer banda ancha, esas mismas redes están

abriendo posibilidades para nuevos actores que ahora pueden ofrecer soluciones más específicas, localizadas y asequibles a las poblaciones desatendidas.

- Los cambios en la tecnología de última milla también abren nuevas posibilidades. La difusión del wifi como tecnología de acceso ahora permite que iniciativas comerciales, gubernamentales y comunitarias ofrezcan servicios de acceso locales. La gestión dinámica del espectro también es otra opción prometedora como tecnología de acceso alternativa.
- Por último, sumado a la fabricación en serie, el meteórico crecimiento del acceso ha reducido el costo de las tecnologías de acceso a tal punto que ahora están al alcance de los operadores de pequeña escala. Por ejemplo, se pueden implementar estaciones base GSM de código abierto de bajo costo y con energía solar por una fracción del modelo de costos de los operadores de redes móviles existentes.

Todos estos cambios generan optimismo en cuanto a que es posible que todas las personas del mundo tengan acceso asequible a las comunicaciones. Sin embargo, para que esto suceda, se requieren cambios en las políticas de acceso y las regulaciones, en particular, con respecto a la gestión del espectro. Como lo recomienda la Oficina de Desarrollo de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT):

“es importante que las administraciones, en sus actividades de planificación y licenciamiento del espectro radioeléctrico, consideren mecanismos para facilitar el despliegue de servicios de banda ancha en zonas rurales y remotas por parte de pequeños operadores comunitarios sin fines de lucro”⁸.



La recomendación anterior se basa en el papel cada vez más vital que desempeñan los sistemas de comunicación inalámbrica en la conexión de la sociedad. Sin embargo, los modelos actuales de gestión del espectro radioeléctrico en gran parte continúan arraigados en los paradigmas analógicos del siglo pasado, y todavía deben adaptarse a la creciente diversidad de los modelos de provisión de conectividad y los últimos desarrollos tecnológicos, entre ellos la radio definida por software y la asignación dinámica de espectro. Estos nuevos enfoques tienen el potencial de habilitar comunicaciones universales y más asequibles, especialmente en áreas que carecen de conectividad, al permitir que los desconectados resuelvan sus propios problemas de conectividad a través de pequeños operadores y redes comunitarias.

Este informe⁹ pretende ser un recurso para los reguladores y los formuladores de políticas interesados en impulsar este cambio. Presenta un análisis del estado actual de la gestión del espectro en las bandas de frecuencia utilizadas para proporcionar conectividad en una selección de países representativos de todo el mundo¹⁰ y define las bases para un ecosistema de gestión del espectro en evolución en que se pueden utilizar enfoques complementarios para eliminar las barreras y apoyar a las redes comunitarias y a los pequeños operadores.



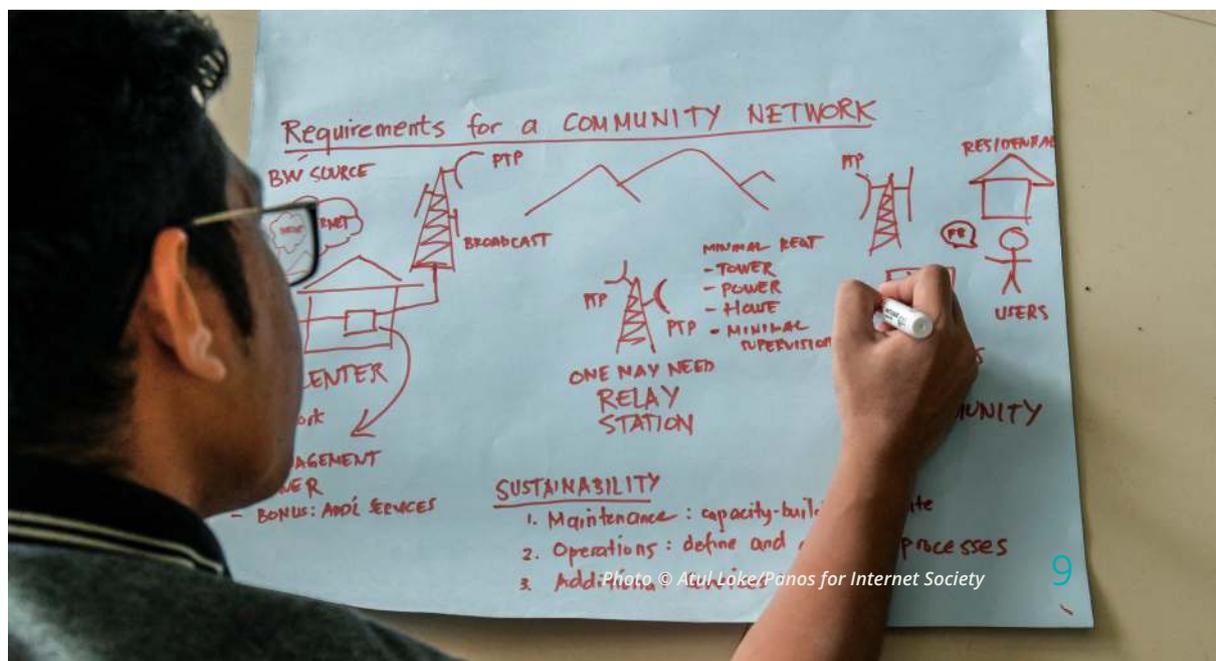


Nociones básicas sobre el espectro

2

HABLAR SOBRE EL ESPECTRO INALÁMBRICO ES TODO UN DESAFÍO, E INCLUSO ENCONTRAR EL VOCABULARIO APROPIADO RESULTA COMPLICADO. Diferentes términos tales como espectro inalámbrico, radiofrecuencias, comunicaciones por radio o simplemente “ondas de radio” se refieren a una misma cosa, es decir, a la transmisión de información (voz o datos) por radiación electromagnética, o lo que habitualmente llamamos ondas de radio¹.

La distancia entre las crestas de una onda de radio se conoce como su longitud de onda y esa distancia determina el número de ondas por segundo —o la frecuencia— de la onda de radio. Históricamente, se han asignado diferentes bandas de frecuencia para diferentes funciones, por ejemplo, para radiodifusión, comunicación de aeronaves, radar, comunicaciones móviles, por nombrar solo algunas². Esta asignación de bandas de frecuencia para fines específicos es la convención que se ha utilizado para gestionar el espectro desde que se desarrolló la tecnología de radiocomunicaciones.



2.1 Factores han llevado al éxito de las comunicaciones inalámbricas

Para comunicarnos, codificamos información en ondas de radio. Históricamente, lo que se codificaba era información analógica, como la voz o la música. Sin embargo, cada vez, más todos los tipos de comunicaciones se convierten a formato digital antes de ser codificados para su comunicación por radio. Este proceso de comunicación implica cuatro factores clave:

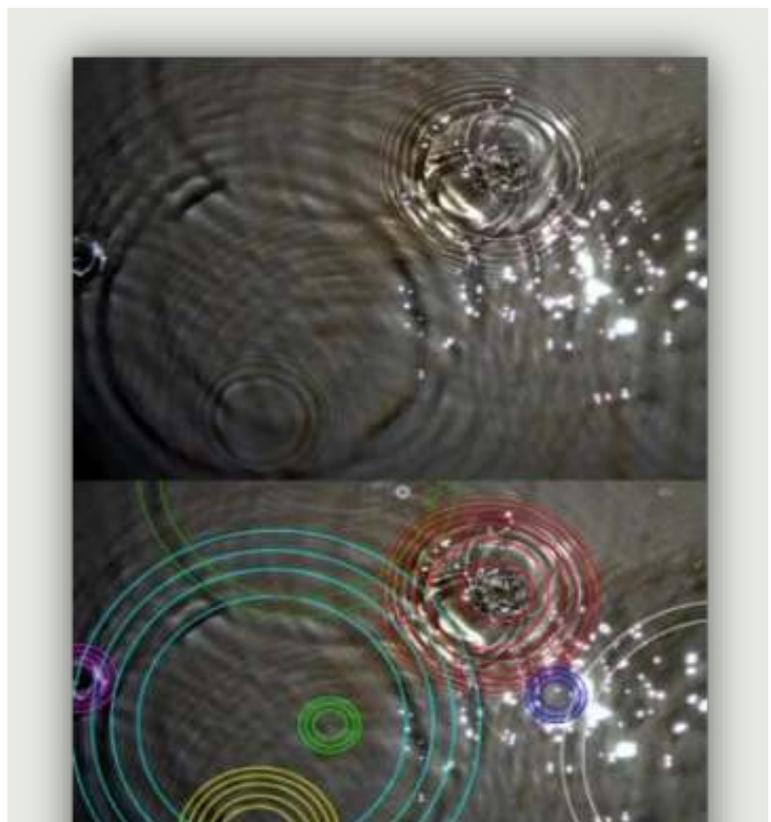
- Quien origina la comunicación o “transmisor”;
- El destinatario de la comunicación o “receptor”;
- Los medios y la distancia a través de los cuales deben viajar las ondas de radio; y
- Otras transmisiones de radio.

Para el transmisor y el receptor, esto es como una conversación entre dos personas. La intensidad y la claridad con la que se comunica el hablante es un factor importante, pero, para que la comunicación sea exitosa, es igualmente importante la capacidad del oyente para escuchar de manera eficaz. En los sistemas de radiodifusión —sean analógicos o digitales— hay un transmisor claramente identificado y varios receptores. Una comunicación exitosa es un esfuerzo de equipo entre el transmisor y el receptor: la intensidad y la claridad del primero combinadas con la sensibilidad del segundo determinan la solidez y la calidad de la comunicación. Sin embargo, en muchos de los sistemas de comunicación contemporáneos, ambas partes actúan como transmisor y como receptor. La telefonía móvil, el wifi, etc. funcionan de esta manera. Para que la comunicación sea exitosa, ambos deben tener “habilidades de hablar y de escuchar” lo suficientemente buenas como para llegar al otro extremo. Por esta razón, en la

mayoría de los casos, el éxito de una comunicación es determinado por el dispositivo con las “peores habilidades”.

Lo que existe físicamente entre el transmisor y el receptor es también un factor a considerar. La longitud de una onda de radio o su frecuencia determina cómo se ve afectada por los medios que encuentra entre la transmisión y la recepción. Las ondas de radio más largas tienden a ser menos afectadas por los obstáculos físicos como los árboles y los edificios, aunque incluso las ondas de radio más largas son obstaculizadas por las montañas. Las ondas de radio de mayor frecuencia (ondas más cortas) son más proclives a rebotar o ser absorbidas por los obstáculos físicos, desde los

Figura 1: Representación de la interferencia



árboles y los edificios, hasta la lluvia y pequeñas partículas presentes en la atmósfera. Esta es la razón por la cual las radios de onda corta —que, a pesar de lo engañoso de su nombre en este contexto, tienen una longitud de onda bastante larga— pueden comunicarse a través de cientos de kilómetros, mientras que una pared de cemento puede impedir el paso de las ondas de wifi. Por eso también es posible la comunicación por satélite, ya que los medios que se encuentran fuera de la atmósfera (casi al vacío) son ideales para que la señal se propague sin mucha interferencia.

Por último, las demás transmisiones de radio desempeñan un importante papel en las comunicaciones de radio. Si en una frecuencia determinada hay más de una transmisión de radio, para el receptor puede ser difícil discernir cuál de ellas lo tiene como destinatario. Esto es lo que se conoce como interferencia. Sin embargo, las ondas de radio no interfieren entre sí del mismo modo en que un follaje tupido podría interferir con una caminata por el bosque. En radiofísica, interferencia se refiere simplemente a la combinación de dos o más formas de onda para formar una onda resultante que puede ser más grande o más pequeña. Pensemos en un estanque de aguas tranquilas. Si dejamos caer una piedra en un extremo y alguien tira una piedra en el otro, las ondas generadas por ambas piedras eventualmente se encontrarán. Al encontrarse e interactuar podrán crear ondas más grandes o más pequeñas, pero no se impedirán el paso sino que se atravesarán. Si de alguna manera pudiéramos colorear las ondas de una de las piedras de color amarillo y las de la otra de color azul (ver Figura 1), veríamos claramente que cada conjunto de ondas pasa de un lado del estanque al otro.

La incapacidad de los receptores de radio para distinguir entre múltiples transmisiones en una misma frecuencia es la razón por la cual el

espectro está regulado (para evitar interferencias perjudiciales) y ha llevado a la asignación de frecuencias específicas para propósitos específicos y para organizaciones específicas. Cuando se aplica de forma adecuada, la asignación única de frecuencias específicas a organizaciones específicas garantiza efectivamente que no hay interferencias, pero, como veremos en este documento, puede que esta no sea la estrategia más eficaz para habilitar un acceso asequible.

Como una combinación de los factores anteriores, la información llegará a su destino con un nivel de energía determinado. Cuanto más claro una de las partes pueda recibir la señal de la otra, es decir, cuanto más fuerte sea la señal por encima del nivel de ruido de fondo, mayor será la información que se puede transmitir. Pensemos en una conversación en un lugar tranquilo: sin importar qué tan rápido esté hablando una persona, siempre podremos entender lo que está diciendo. Sin embargo, en un ambiente donde hay mucho ruido, por ejemplo, un bar o un restaurante, esa misma persona tendrá que hablar más lentamente para que podamos seguir la conversación. El resultado será que llevará más tiempo transmitir la misma cantidad de información. En la comunicación inalámbrica, dado que los dos extremos pueden estar muy separados, los niveles de ruido pueden ser diferentes para cada una de las partes, por lo que es posible que una de ellas transmita más información por unidad de tiempo que la otra. Lo mismo sucede con las tasas de datos que pueden intercambiarse entre dos dispositivos. Cuanto más claro sea el canal entre los dispositivos en cada dirección, más megabits por segundo (Mbps) llegarán al otro extremo, aunque el flujo no necesariamente será simétrico. La cantidad de datos que se pueden transmitir por unidad de tiempo es limitada, algo que exploraremos en la siguiente sección.

2.2 Los límites del espectro

En las últimas décadas, el desarrollo de la tecnología de comunicación por radio ha visto la mejora continua de los transmisores de radio — que ahora pueden hablar de manera más eficiente

y clara— y de los receptores —que hoy en día son más sensibles y menos propensos a distraerse por las interferencias—. También hemos aumentado constantemente nuestra capacidad para codificar

más y más información en las mismas ondas de radio, especialmente cuando la señal que se recibe es clara. Sin embargo, este progreso tiene sus límites. El límite de Shannon¹³ describe un umbral máximo para la cantidad de datos que se puede comunicar a través de un canal de frecuencia. Se deriva de la Ley de Shannon, desarrollada por el matemático Claude Shannon en 1948, que demostró que la tasa máxima de transmisión de datos es una función del tamaño de la frecuencia (generalmente denominado ancho de banda) y de la relación señal-ruido. Esto significa que hay un límite fijo¹⁴ para la cantidad de datos que podemos enviar a través de un rango de frecuencia determinado. Por lo tanto, el tamaño de la banda de frecuencia es proporcional a la cantidad de información que

puede transportar. Un ejemplo práctico de esto es que un operador de servicios de datos móviles con 20 MHz de espectro asignados puede ofrecer una mayor capacidad a sus clientes que un competidor con 10 MHz en la misma banda de frecuencia.

Sin embargo, incluso este límite aparentemente inmutable debe ser reinterpretado a la luz de los cambios tecnológicos. Nada ha cambiado para refutar la Ley de Shannon; sin embargo, al utilizar múltiples antenas —lo que se conoce como MIMO (Multiple-Input / Multiple-Output)— es posible exceder el límite de Shannon para una banda de frecuencia dada, transmitiendo en la misma frecuencia por diferentes caminos.

2.3 Nuevas metáforas para el espectro: de la escasez a la abundancia

El hecho de que las ondas de radio sean invisibles y ubicuas significa que tenemos el desafío de encontrar la forma de hablar sobre el tema de manera significativa y de establecer regulaciones eficaces para su uso. Esto nos obliga a recurrir a las metáforas. La metáfora dominante en la actualidad es la de los bienes raíces, donde el uso de frecuencias específicas en un área geográfica específica se aborda de manera similar al uso los bienes raíces y los derechos de propiedad asociados. Esta metáfora sobre el espectro fue conceptualizada por primera vez por el economista Ronald Coase en 1959¹⁵ y se ha convertido en la metáfora dominante que subyace a la forma en que se gestiona la disponibilidad de espectro en alta demanda¹⁶ en la actualidad.

Se alienta a los operadores a que presenten ofertas por licencias de espectro que les otorguen derechos exclusivos sobre frecuencias específicas, muchas veces en todo un país. Estas licencias suelen extenderse por un período de diez, quince o veinte años. La teoría detrás de esto es que las licencias deben ir a quienes más valoran el espectro y, por extensión, tienen el mayor interés creado en utilizarlo. Este modelo se basa en el supuesto de que el mercado es el mejor medio para disponer de forma eficiente de los recursos naturales, pero ignora otros modelos exitosos. La gestión de los recursos naturales como un recurso común es una alternativa

comprobada. El trabajo de Elinor Ostrom, ganador del Premio Nobel, sobre modelos de recursos comunes¹⁷ desmanteló la aceptada teoría de la “tragedia de los comunes”¹⁸ que se produce en ausencia de propiedad privada. En un escenario de falla de mercado — como el escenario en que se encuentra la mayoría de quienes aún no están conectados— solo tiene sentido considerar estrategias complementarias para la gestión de los recursos naturales, por ejemplo, el espectro. Llamativamente, en sus “Directrices para el establecimiento de un sistema coherente de cánones relativos a la utilización de frecuencias radioeléctricas”¹⁹, la UIT considera uno de los ocho principios para la gestión de los bienes comunes²⁰: “El establecimiento de un sistema de cánones debe lograr el consenso de todos los actores interesados, lo que permitirá obtener un buen nivel de percepción de los cánones fijados”. Sin embargo, en la práctica, no todos los actores tienen voz a la hora de definir cómo se establecen estos cánones.

La metáfora de los bienes raíces y los derechos de propiedad ha sustentado el modelo actual de licencias exclusivas a largo plazo para la operación de equipos de radio en diferentes frecuencias. Esto fue útil para ayudar a encontrar una forma práctica de gestionar el espectro, asegurándose de que se lo asigne a quienes lo valoran y de que quienes posean las licencias no experimenten interferencias. Sin embargo, el éxito de las tecnologías inalámbricas



y el crecimiento de Internet han hecho que la demanda de espectro se dispare, lo que a su vez ha llevado a algunos a especular que se producirá una crisis del espectro o “spectrum crunch”²¹ donde los operadores no tendrán suficiente acceso al espectro para satisfacer la demanda de los consumidores. No obstante, otros han descrito esta crisis del espectro como un mito²². De hecho, la actual falta de disponibilidad de espectro tiene que ver más con el régimen administrativo que con una verdadera escasez. Para comprender cómo ha surgido esta aparente contradicción, podemos examinar las metáforas que dan forma al pensamiento y, en última instancia, a las regulaciones relativas al espectro.

Un análisis más profundo de la metáfora de los bienes raíces y los derechos de propiedad y su aplicación a la asignación de espectro nos empieza a revelar algunas formas interesantes y novedosas en las que podría aplicarse esta metáfora y también cómo la metáfora comienza a perder validez si consideramos la naturaleza de las ondas de radio y su comportamiento.

Quizás la diferencia más profunda sea la capacidad de reutilizar el espectro al reducir el tamaño o el rango de la transmisión. Consideremos una única torre con una radio que envía una señal con un radio de cobertura de 12 kilómetros. Esta torre se puede reemplazar por tres torres de menor potencia y radio de cobertura que abarquen la misma área, lo que duplicaría o triplicaría la capacidad total del espectro en la misma banda de frecuencia en esa área. Al estar más cerca ambos extremos de la comunicación, estos podrán transmitir más información. Si continuamos con la metáfora de los bienes raíces, podemos pensar en esto como construir un edificio de apartamentos en vez de una mansión. En el caso del espectro de radio, no hay un límite físico en cuanto a qué tan alto se puede construir el edificio de apartamentos. El límite práctico es económico, ya que demandará mayores inversiones. Los puntos de acceso wifi son probablemente el mejor ejemplo de ello, con celdas que generalmente son de menos de 100 metros y permiten una reutilización masiva del espectro²³.

También es posible tener transmisiones de radio operando en las mismas frecuencias al implementar lo que podría describirse como un protocolo de “buenos modales”. Dado que se trata de una

tecnología diseñada para el espectro exento de licencia, la tecnología wifi sigue un protocolo de tipo “escucha antes de hablar” que verifica si la frecuencia está libre antes de transmitir. Esto ha tenido un enorme éxito y ha permitido la proliferación de miles de millones de dispositivos wifi alrededor del mundo.

También podemos llevar la metáfora de los bienes raíces en otra dirección y decir que la gestión del espectro con licencia es como un gran hotel donde las habitaciones se pueden reservar por años, sin importar si las habitaciones están ocupadas o no. Considerando cómo Airbnb ha cambiado la industria hotelera, se podría pensar que existe el mismo potencial de aplicar software de gestión de recursos y modelos de negocio al proceso de asignación de espectro. Esto podría crear un enfoque “justo a tiempo” para la asignación del espectro según el cual el espectro estará disponible en el momento, en el lugar y por el tiempo que se lo necesite. La gestión dinámica del espectro —que analizaremos más adelante en este mismo documento— es un gran ejemplo de este enfoque. La tecnología para la asignación dinámica de recursos mediante software está bien desarrollada, pero de momento no se aplica de forma generalizada en el ámbito de la gestión del espectro. La participación temprana de los reguladores en la gestión dinámica de los recursos podría asegurar la mitigación de las desventajas que se observan en otros sectores. Por ejemplo, en la industria de los taxis, los servicios basados en software como Uber han llevado innovaciones e importantes cambios a muchas ciudades del mundo, pero estas innovaciones también han planteado importantes desafíos para garantizar que tanto los trabajadores como los consumidores sigan disfrutando de las mismas protecciones que tenían. La asignación dinámica de recursos mediante software ha demostrado ser un medio poderoso para lograr eficiencia en la gestión de recursos y seguramente veremos su expansión. Los reguladores de las telecomunicaciones tienen la oportunidad de involucrarse para aprovechar lo mejor de esta tecnología y a la vez evitar las dificultades que se ven en otros sectores.

La metáfora de los bienes raíces también puede cegarnos a muchos otros aspectos del comportamiento de las ondas de radio. Un ejemplo simple es que puede haber dos transmisiones de radio independientes operando con éxito en una

misma frecuencia a través de una conexión punto a punto mediante la implementación de un diseño de antena que haga que las ondas de radio de una de las transmisiones oscilen hacia arriba y hacia abajo y las de la otra lo hagan de lado a lado. Esta propiedad se conoce como polaridad. Si alguna vez ha usado un par de lentes de sol Polaroid, ha experimentado algo similar a este fenómeno.

Otro ejemplo es simplemente la orientación de la antena que se utiliza. Las antenas satelitales apuntan hacia el cielo. Las antenas de los radares meteorológicos en la costa apuntan hacia el mar. Incluso cuando dos haces se cruzan, esto no provoca efectos de interferencia siempre que el "otro" haz no sea "escuchado" por el receptor. Pensemos, por ejemplo, en dos haces ortogonales entre sí. La orientación de las antenas según la naturaleza del uso del espectro puede abrir oportunidades para la reutilización del ese espectro en la misma área geográfica, pero con una orientación diferente.

Para utilizar otra metáfora, quizás alguna vez haya estado en una fiesta donde todos hablaban inglés. Entre la cacofonía de voces que llegan desde el otro lado de la sala puede distinguir a dos personas que hablan su idioma. Si se tratara de dos personas hablando en inglés, no podría entenderlas, pero, como están hablando su idioma nativo, sí puede hacerlo. Este fenómeno se conoce como el efecto fiesta de cóctel²⁴. Las tecnologías de radio modernas tienen una capacidad cada vez mayor para detectar transmisiones de radio que podrían generar interferencia y adaptarse de manera eficaz, codificando las transmisiones de radio de una manera que las haga únicas y reconocibles para un receptor específico. Este tipo de tecnologías de radio (que requieren una combinación de antenas y software) aún se encuentran en una etapa temprana de su desarrollo. Sin embargo, están mejorando constantemente y algún día tener múltiples comunicaciones de radio exitosas en una misma frecuencia será algo natural.

Recurrir a nuevas metáforas puede revelar otras propiedades de las ondas de radio que podrían resultar muy poderosas. Imagine que se encuentra en un concierto de rock y que la banda está tocando su canción favorita mientras conversa con un amigo sobre cuánto le gusta esa melodía. Ambos están utilizando el mismo "espectro" de audio, sin embargo, la conversación con su amigo

no interfiere con la banda. Este concepto se conoce como ruido de fondo²⁵ y abre nuevas posibilidades para la coexistencia de equipos de radio en una misma frecuencia. Las tecnologías como Ultra Wide Band (UWB) se basan en este concepto para ofrecer un ancho de banda muy grande a distancias muy cortas, creando nuevas posibilidades para periféricos de computadora con requisitos de transferencia de datos muy grandes.

Incluso puede haber formas positivas de utilizar la propia interferencia de radio que la gestión del espectro tradicionalmente se ha propuesto evitar. Las antenas para un transmisor de radio se pueden combinar de manera tal que las señales en determinados ángulos experimenten interferencia constructiva mientras que otras experimenten interferencia destructiva, con el resultado de que las señales de radio se puedan "direccionar" con mayor precisión. Conocido como conformación de haces (beamforming)²⁶, este enfoque se puede utilizar tanto en el extremo de transmisión como en el de recepción para mejorar la comunicación donde sea necesario y reducir la interferencia en otros sitios.

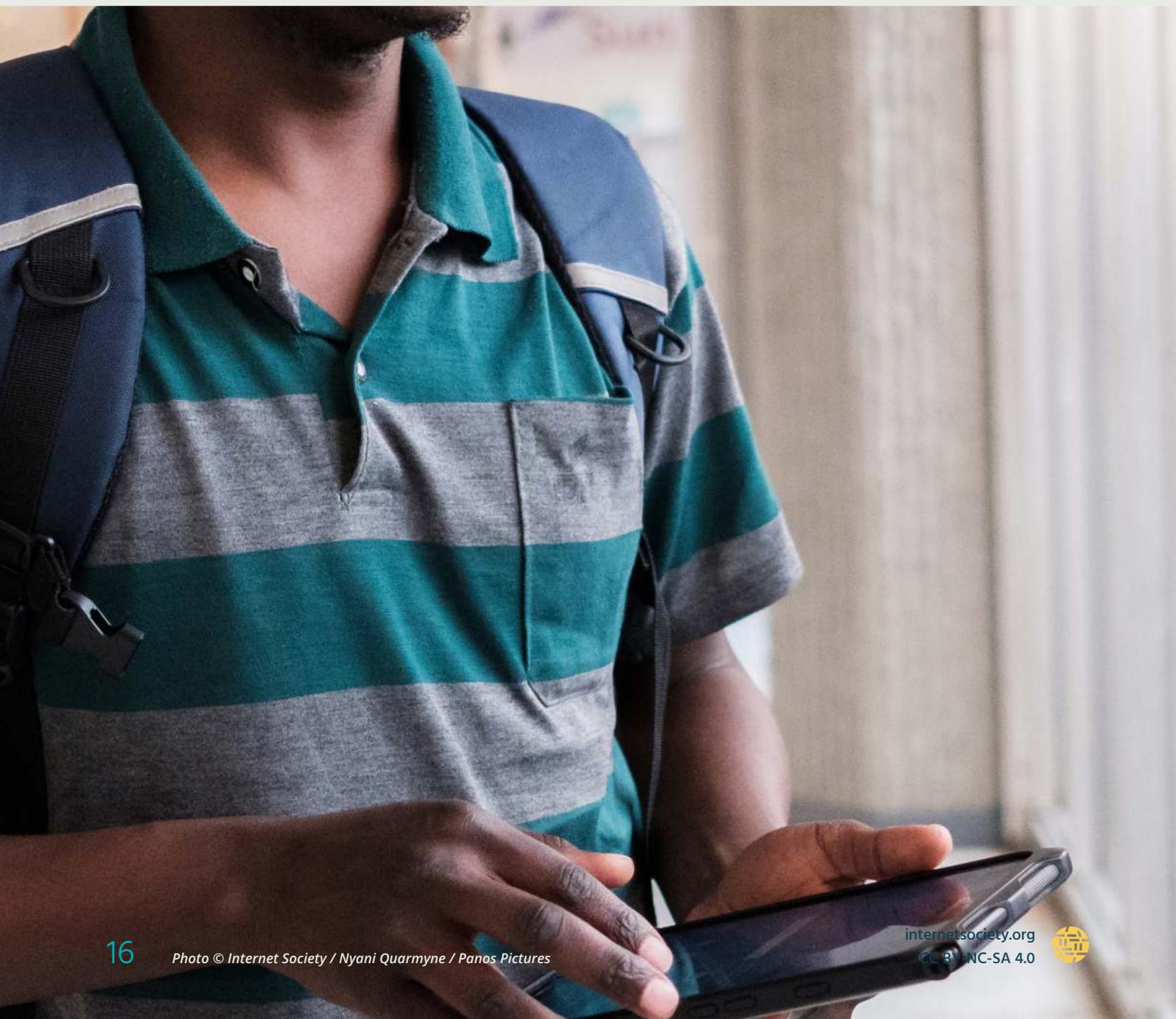
En resumen, pensar en el espectro solo como un bien de propiedad a largo plazo nos ciega a las innovaciones en tecnología inalámbrica que podrían ayudar a conectar a quienes aún no están siendo atendidos.



Photo © Atul Loke/Panos for Internet Society

Para permitir que las redes comunitarias y los pequeños operadores conecten a los desconectados





Organismos reguladores y de normalización

3

A MEDIDA QUE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS EVOLUCIONARON Y DEJARON DE SER UN EXPERIMENTO CIENTÍFICO PARA CONVERTIRSE EN SERVICIOS COMERCIALES A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX, FUERON SURGIENDO ALGUNOS DESAFÍOS OBVIOS. Para que un transmisor y un receptor inalámbricos se comuniquen entre sí, deben utilizar la misma frecuencia y los mismos protocolos. El desarrollo independiente de diferentes tecnologías inalámbricas alrededor del mundo pronto reveló este desafío, ya que los dispositivos de un país no podían comunicarse con los dispositivos de otro. A medida que proliferaba el uso de la tecnología inalámbrica, también se hizo evidente que las organizaciones que usaban una misma frecuencia al mismo tiempo y en el mismo lugar provocaban fallos en la comunicación como resultado de interferencias perjudiciales o de la incapacidad de los receptores de radio para distinguir las transmisiones que iban dirigidas a ellos.

Este problema ha llevado a una compleja danza entre las agencias reguladoras, los organismos de normalización, los fabricantes de equipos y los operadores de redes, todos ellos actores que influyen en la evolución y la adopción de las tecnologías inalámbricas. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se encuentra en la cima de todo esto, facilitando acuerdos entre los países sobre el uso de las frecuencias del espectro, así como el desarrollo de estándares sobre cómo se utilizan las radiofrecuencias. Sin embargo, el desarrollo de estándares se produce a través de diferentes organizaciones y metaorganizaciones de normalización. 3rd Generation Partnership Project (3GPP) es el organismo de normalización para las tecnologías móviles, mientras que la Asociación de Estándares del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE - SA) desarrolla, entre muchos otros, estándares relacionados con las comunicaciones de datos, incluido aquellos para las tecnologías wifi y TVWS. El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) también desempeña un papel importante en el desarrollo de estándares tecnológicos para los sistemas inalámbricos. Por ser el organismo de normalización para Europa, ejerce una influencia significativa en factores clave como la potencia de salida permitida y el rendimiento espectral en las tecnologías inalámbricas. Las normas que establece el ETSI a menudo se adoptan en otras

partes del mundo, aunque las normas establecidas en Estados Unidos por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) pueden ser igualmente influyentes dependiendo de la región (ver la nota sobre las Regiones de la UIT a continuación).

La existencia de normas que representan acuerdos entre fabricantes influye en los acuerdos internacionales sobre la asignación de frecuencias. Al escoger en cuáles normas invertir, los grandes fabricantes multinacionales tienen una tremenda influencia sobre las normas que se desarrollan. Por extensión, gracias a su poder de compra, los grandes operadores de redes influyen tanto en las elecciones de fabricación como en la evolución de los estándares. Por ejemplo, WiMax fue un estándar de tecnología muy prometedor que fracasó como resultado de las elecciones realizadas por los operadores y los fabricantes²⁷. Los reguladores nacionales deben tener todo esto en cuenta al desarrollar regulaciones que deben evitar la interferencia con otros países, explotar las tendencias de fabricación y, a la vez, adoptar normas que promuevan la competencia y atiendan las necesidades de comunicación específicas de sus países.

Comprender las regulaciones se complica por el hecho de que las regulaciones nacionales se implementan de diferentes maneras en diferentes países. Todos los países tienen uno o más organismos responsables de regular las comunicaciones en general y de regular el espectro en particular, pero la forma en que esto se implementa es muy variable. En algunos casos, la responsabilidad por la gestión del espectro recae en un regulador de telecomunicaciones independiente; en otros, esta función se mantiene dentro del gobierno. En algunos casos, el regulador de telecomunicaciones independiente no es autónomo y se confunde con un departamento gubernamental. Además, los reguladores pueden estar demasiado influenciados por las preocupaciones de los operadores que les han pagado millones de dólares por sus licencias de espectro. Por razones históricas, a veces el uso del espectro para radiodifusión es administrado por una organización diferente a la que administra el espectro para telecomunicaciones. En otros casos, la gestión del espectro utilizado por los organismos del gobierno es diferente de la gestión del espectro para uso comercial.

Tabla 1 - Responsabilidad por la regulación del espectro en cada país estudiado.

PAÍS	REGULACIÓN DEL ESPECTRO
Argentina	El espectro de radiofrecuencia es gestionado por el regulador de telecomunicaciones, el Ente Nacional de Comunicaciones (http://www.enacom.gob.ar/)
Brasil	El espectro de radiofrecuencia es gestionado por un regulador de telecomunicaciones independiente, la Agencia Nacional de Telecomunicaciones (http://www.anatel.gov.br/institucional/). El Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Comunicación (http://www.mctic.gov.br/portal) es responsable por el espectro de radiodifusión.
Canadá	Si bien existe un regulador de telecomunicaciones independiente (https://crtc.gc.ca), la distribución y asignación de todo el espectro de radiofrecuencia se gestiona dentro del Ministerio de Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico (http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/home)
India	El espectro de radiofrecuencia para telecomunicaciones es gestionado por el Ala de Coordinación y Planificación Inalámbrica (WPC) del Departamento de Telecomunicaciones (http://www.wpc.dot.gov.in)
México	El espectro es gestionado por un regulador de telecomunicaciones independiente, el Instituto Federal de Telecomunicaciones (http://www.ift.org.mx/), pero el gobierno es responsable por las políticas que se refieren al respecto al espectro de alta demanda.
Sudáfrica	Nominalmente, todo el espectro de radiofrecuencia es gestionado por el regulador independiente, la Autoridad Independiente de Comunicaciones de Sudáfrica (http://icasa.org.za/), pero el gobierno ejerce una fuerte influencia sobre la disposición del espectro de alta demanda.
Estados Unidos	El espectro para uso comercial es administrado por el regulador de telecomunicaciones independiente, la Comisión Federal de Comunicaciones (https://www.fcc.gov/), aunque el espectro para uso del gobierno es gestionado por un organismo gubernamental independiente (https://www.ntia.doc.gov/category/spectrum-management)

En todos los casos anteriores, el espectro utilizado por el Ministerio de Defensa sigue siendo independiente de otros procesos regulatorios. El control militar del espectro agrega una capa

adicional de complejidad a la reforma de la regulación del espectro, ya que sus requisitos a menudo no están abiertos al escrutinio o a la participación del público

3.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

Los orígenes de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se remontan a 1865 como un lugar para la búsqueda de consenso sobre los estándares para las comunicaciones inalámbricas que abordaban tanto los dispositivos como el uso de las frecuencias. En 1947, se tomó la decisión de llevar la UIT a las Naciones Unidas —una organización de reciente creación— y reconocerla como la agencia especializada en telecomunicaciones²⁸. Desde 2016, la Constitución y el Convenio de la UIT tienen 193 estados firmantes, que corresponden a 192 estados miembros de las Naciones Unidas y la Santa Sede. La UIT también cuenta con más de 700 miembros de sector y asociados de la industria, organizaciones internacionales y regionales, así como del sector académico. Si bien los miembros de sector no tienen derecho de voto, los miembros de sector más grandes de la industria sí ejercen una influencia considerable.

La UIT se divide en tres sectores:

- **RADIOCOMUNICACIONES (UIT-R)**
El UIT-R existe para crear consensos y desarrollar estándares en el uso de las comunicaciones inalámbricas terrestres y espaciales. Trabaja para lograr acuerdos entre todos los Estados miembros de la ONU sobre la asignación de bandas de espectro para usos específicos y en posiciones orbitales satelitales, y se ocupa de una variedad de servicios que incluyen servicios fijos, móviles, de radiodifusión, aficionados, de investigación espacial, meteorológicos, de GPS, de seguimiento y comunicación.
- **DESARROLLO (UIT-D)**
La misión del UIT-D es fomentar la cooperación internacional en temas de telecomunicaciones y desarrollo de las TIC, así como desarrollar la capacidad humana e institucional. El UIT-D trabaja para expandir

la infraestructura de telecomunicaciones en los países en desarrollo, que constituyen la mayoría de los países miembros.

- **NORMALIZACIÓN (UIT-T)**

El UIT-T trabaja para crear consensos sobre los estándares de telecomunicaciones no inalámbricas, que van desde los estándares de compresión de audio y video hasta los protocolos para la infraestructura de fibra óptica. Colabora con una serie de otros organismos de normalización en todo el mundo.

Conferencias de la UIT

La UIT organiza una serie de conferencias de toma de decisiones a nivel global y regional y puede ser confuso entender qué decisiones se toman y en cuáles eventos. La Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT es el principal evento de formulación de políticas de la UIT, y se reúne cada cuatro años para establecer las políticas generales de la Unión.

Desde el punto de vista de la gestión del espectro, la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR), que organiza el UIT-R y que también se realiza cada cuatro años, es el principal evento de toma de decisiones relacionado con la asignación de frecuencias del espectro de radiofrecuencia para fines y usos específicos. El resultado de la CMR es el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, un tratado internacional vinculante que rige el uso del espectro radioeléctrico. Los preparativos para las CMR generalmente comienzan años antes del evento en sí, y los países trabajan a través de grupos de estudio para desarrollar posiciones sobre temas específicos a acordar durante el evento. La mayoría de los países y regiones organizan su propio proceso preparatorio para cada CMR. Este es un proceso político que, para participar, requiere una inversión significativa de tiempo y recursos.

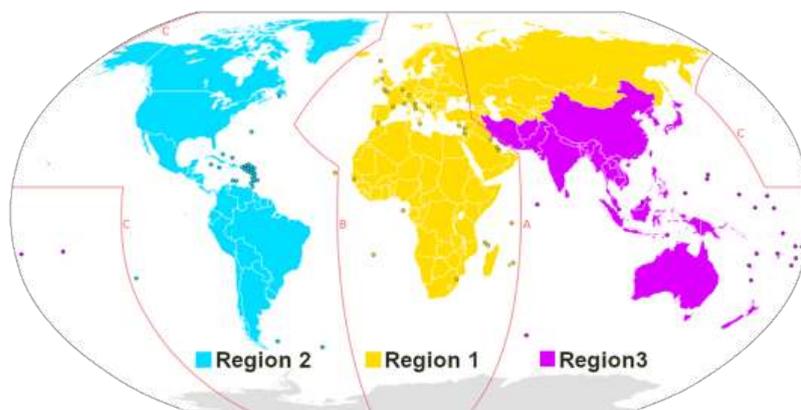
La naturaleza de tratado del Reglamento de Radiocomunicaciones es compleja, ya que la Constitución de la UIT también reconoce “el derecho soberano de cada Estado a regular sus telecomunicaciones²⁹”. En última instancia, los países pueden hacer lo que prefieran con el espectro de radiofrecuencia, pero en general les resulta útil acordar estándares internacionales, especialmente dada la dependencia de los fabricantes multinacionales. Cabe señalar que muchos países también coordinan sus comunicaciones fronterizas para evitar la interferencia con sus vecinos.

Si bien lo relacionado con el espectro inalámbrico siempre se ha concentrado en el UIT-R, las recomendaciones adoptadas³⁰ en la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT), la principal conferencia del UIT-D, sugieren que los límites pueden no ser tan claros como solían serlo. La Recomendación 19 aconseja a los reguladores que “en sus actividades de planificación y licenciamiento del espectro radioeléctrico, consideren mecanismos para facilitar el despliegue de servicios de banda ancha en zonas rurales y remotas por parte de pequeños operadores comunitarios sin fines de lucro”. A medida que la necesidad de abordar la brecha digital en los países en desarrollo se convierta cada vez más en un tema prioritario, las regulaciones del espectro podrán evolucionar de manera diferente para enfrentar los desafíos del desarrollo, particularmente en las zonas rurales.

Histórica, geográfica y económicamente, en ocasiones, los países grandes como Estados Unidos se han sentido libres de perseguir sus propios intereses con respecto a la gestión del espectro. Esto ha presentado un desafío para la armonización del espectro y, en parte, ha llevado al surgimiento de tres regiones separadas que tienen sus propios acuerdos sobre las asignaciones de espectro:

- **REGIÓN 1:** comprende Europa, África, la antigua Unión Soviética, Mongolia y el Medio Oriente al oeste del Golfo Pérsico, incluido Irak.
- **REGIÓN 2:** abarca las Américas, incluidas Groenlandia y algunas de las islas del Pacífico oriental.
- **REGIÓN 3:** comprende la mayor parte de Asia (que no formaba parte de la antigua Unión Soviética) al este de e incluido Irán, y la mayor parte de Oceanía.

Figura 2- Regiones de la UIT



3.2 Organismos de normalización internacionales



3rd Generation Partnership Project (3GPP)

3rd Generation Partnership Project³¹ (3GPP) es una colaboración entre grupos de asociaciones de normalización de las telecomunicaciones para desarrollar estándares relacionados con la telefonía móvil. Las tecnologías de telecomunicaciones móviles 3GPP incluyen las redes de acceso por radio, la red principal de transporte y las capacidades de servicio, además de su trabajo en códecs, seguridad y calidad de servicio. El 3GPP es un lugar para el desarrollo de estándares para las tecnologías 2G, 3G y 4G existentes, así como de estándares emergentes como el 5G.



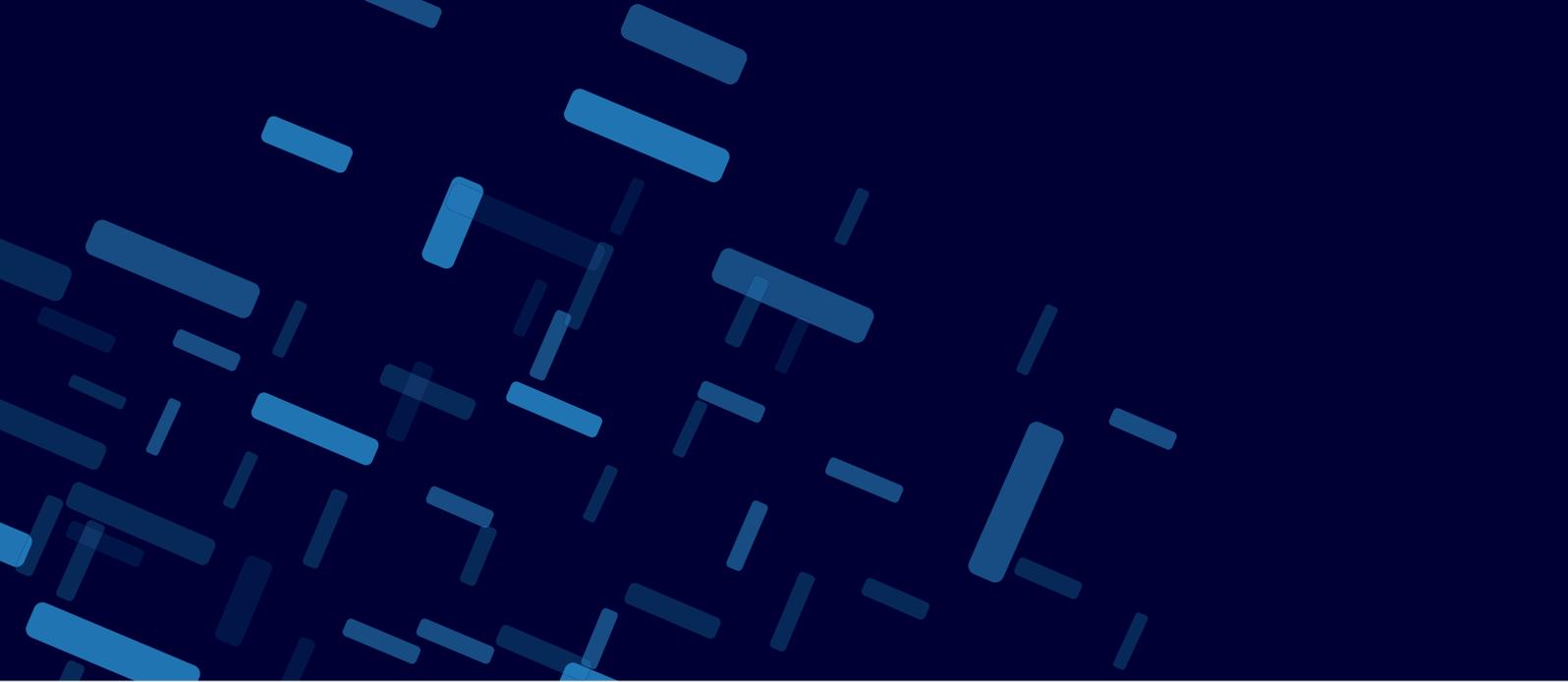
Asociación de Estándares del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE - SA)

El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica³² (IEEE) es un organismo internacional que especifica los estándares de la industria en materia de energía, electrónica de consumo y computadoras, incluyendo las comunicaciones entre computadoras. La Asociación de Estándares del IEEE (IEEE-SA) es una organización dentro del IEEE que desarrolla estándares globales a través de un proceso de creación de consenso en una variedad de industrias de tecnología, entre ellas las industrias de las tecnologías de la información y la comunicación y las telecomunicaciones. A diferencia de la UIT, la IEEE-SA no es un organismo autorizado oficialmente por algún gobierno, sino una comunidad. La IEEE-SA cobró protagonismo dentro del mundo de la tecnología inalámbrica gracias al desarrollo de los estándares 802.11, que permitieron el crecimiento de las tecnologías wifi al establecer estándares para su interoperabilidad.



Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI)

El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones³³ (ETSI) es un organismo europeo que especifica las normas que utilizan las redes de telecomunicaciones que operan en los países de Europa. Es una organización con proyección mundial que produce estándares para las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), incluyendo las tecnologías fijas, móviles, de radio, convergentes, aeronáuticas, de radiodifusión e Internet. ETSI ha sido oficialmente reconocido por la Unión Europea como una organización de normalización europea. ETSI es una asociación independiente sin fines de lucro, con miembros de 62 países dentro y fuera de Europa. ETSI también es miembro del 3GPP. Desde una perspectiva inalámbrica, su trabajo de normalización abarca la tecnología de ondas milimétricas, los estándares para la tecnología 5G emergente, así como el estándar para las tecnologías TVWS.



Panorama actual

4

HOY EN DÍA, UNO DE LOS MAYORES PROBLEMAS QUE ENFRENTAN LOS REGULADORES DEL ESPECTRO ES EL RITMO ACELERADO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO, QUE ESTÁ DESAFIANDO EL RITMO TRADICIONAL DE DISTRIBUCIÓN Y ASIGNACIÓN DE ESPECTRO. Este desafío se ve agravado por la mayor demanda de los operadores de acceder a espectro inalámbrico para poder satisfacer la creciente demanda de servicios de banda ancha. Las secciones siguientes exploran las implicancias de estas tendencias.

4.1 El ritmo del cambio tecnológico

En esta sección se exploran las tensiones que están surgiendo con la rápida evolución de la tecnología, la mayor demanda de espectro y los desafíos que enfrentan los reguladores para permitir su disponibilidad. El proceso de transición de la radiodifusión terrestre analógica a la digital en los países africanos es una buena ilustración de cómo el ritmo del cambio tecnológico está desafiando la regulación del espectro. En 2006, los países del África subsahariana acordaron³⁴ participar en un proceso de migración a tecnología digital y apagón analógico (Digital Switchover o DSO) a través del cual la televisión analógica terrestre sería reemplazada por la televisión digital. Un beneficio de esta transición es la liberación de espectro para otros fines, por ejemplo, para los nuevos servicios de banda ancha móvil, ya que la transmisión digital necesita apenas una fracción de la cantidad de espectro inalámbrico que requiere la transmisión analógica. La fecha de finalización se fijó para junio de 2015.

A mediados de 2018, menos de la mitad de los países del África subsahariana³⁵ habían completado la transición, y los líderes económicos como Nigeria, Sudáfrica y Ghana solo se habían comprometido a completarla en 2019 o incluso después³⁶. Las razones de los retrasos tienen que ver con una combinación de desafíos tecnológicos y de estándares, problemas de financiamiento y disputas de poder. A medida que avanzan los procesos de regulación

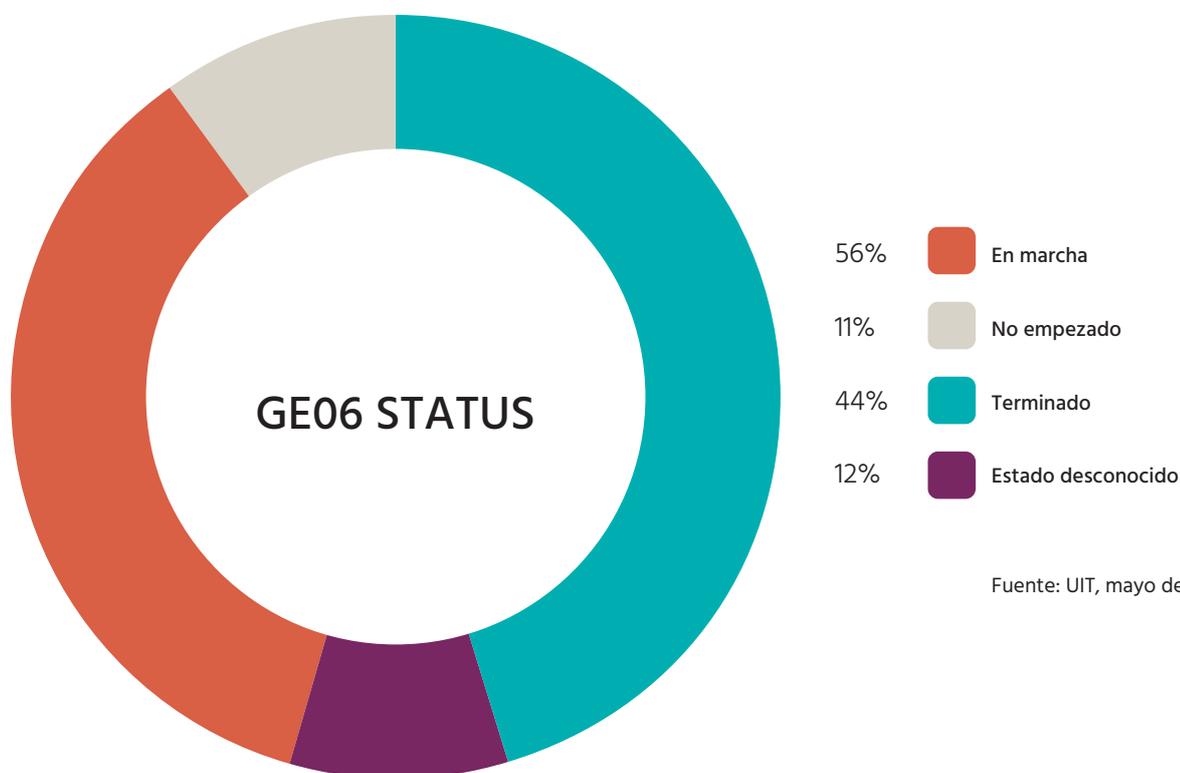
del espectro, no es raro que este tipo de plazos se vayan extendiendo. La tradicional reorganización del espectro, que generalmente implica trasladar a los titulares de licencias de espectro existentes a nuevas frecuencias, puede llevar años y los cambios pueden afectar a millones de consumidores.

Lo que diferencia la decisión de llevar adelante el apagón analógico en África y sus consecuencias para el espectro de otras decisiones anteriores relacionadas con el espectro es lo que ha ocurrido desde que se tomó esta decisión. Muchas de las tecnologías que hoy damos por sentadas aún no habían llegado al mercado en 2006. El primer iPhone de Apple, pionero de la era de los teléfonos inteligentes modernos, apareció en enero de 2007. Otras tecnologías, como las tabletas, llegaron en 2010. Netflix comenzó a ofrecer películas a través de Internet en 2007. Spotify, el servicio de streaming de música, se lanzó en 2008. A partir de 2018, en varios países africanos han surgido diferentes empresas de distribución de video por Internet que desafían a los canales de distribución tradicionales³⁷. Mientras tanto, en los países africanos la televisión terrestre

se enfrenta a la creciente competencia de los servicios de televisión por satélite³⁸. Esto significa que la radiodifusión digital terrestre podría ser superada por los servicios de Internet y satelitales³⁹ antes de que se complete el apagón analógico en el continente. Esto significa que las fuertes inversiones en infraestructura de transmisión digital terrestre podrían no producir el retorno esperado a medida que la televisión se desplace a otras plataformas y tecnologías.

La lección que se debe aprender de esto es que el cambio tecnológico no se está desacelerando y que los reguladores del espectro deben adoptar estrategias que mitiguen los riesgos que resultan de las innovaciones inesperadas pero inevitables que modifican el mercado. Atar el espectro exclusivamente a tecnologías específicas puede dar como resultado oportunidades perdidas en cuanto a la explotación de nuevas innovaciones, además de crear oportunidades económicas perdidas cuando el espectro no se utiliza debido a los cambios tecnológicos.

Figura 3 - Situación de la transición a la radiodifusión de televisión digital terrenal por país.



4.2 Subastas y la asignación de espectro de alta demanda

Las subastas se han convertido en el mecanismo dominante para la asignación del espectro de alta demanda y son ampliamente consideradas como “mejores prácticas” en la asignación de las frecuencias inalámbricas donde la demanda supera la disponibilidad, generalmente en las frecuencias móviles más populares⁴⁰. Sin embargo, muchos países —especialmente los países en desarrollo— han sido lentos en adoptar las subastas de espectro. Quizás esto no resulte sorprendente, ya que las subastas de espectro son notoriamente difíciles de implementar correctamente desde el punto de vista de garantizar el juego limpio y, más aún, desde el punto de vista de asegurar el crecimiento de la competencia⁴¹.

Acceder a las frecuencias del espectro es fundamental para el éxito de cualquier operador. Para bien o para mal, es probable que las licencias de espectro nacionales, de uso exclusivo y a largo plazo sigan desempeñando un papel fundamental en el aumento del acceso asequible a las comunicaciones. A medida que las subastas de espectro se convierten en un mecanismo cada vez más utilizado para la asignación de espectro, las grandes sumas de dinero asociadas con estas subastas y las licencias están despertando un gran interés en la opinión pública. Una mirada más detallada a los resultados de las recientes subastas de espectro, particularmente en África, sugiere que los resultados pueden estar fallando en cuanto a algunos de los objetivos básicos que las subastas se proponen abordar.

Muchas veces, la falta de participación en las subastas de espectro se puede atribuir directamente a los altos precios de reserva que se establecen en cada país (el monto mínimo que se aceptará como base de la subasta). Parecería haber un conflicto de intereses para los gobiernos, que pueden considerar a las subastas de espectro como una fuente de ingresos directos y no simplemente como una forma eficaz de asignar los recursos de manera justa. Un estudio reciente realizado por NERA Economic Consulting⁴² concluyó que las grandes sumas que se pagaron por la adquisición de espectro resultaron en redes de menor calidad, un menor uso de la red, mayores precios al consumidor y la pérdida de bienestar para el

consumidor. La GSMA también ha publicado un informe sobre la fijación de precios para el espectro en los países en desarrollo que llega a conclusiones similares⁴³. Los fracasos en cuanto a la participación —por ejemplo, lo ocurrido en Mozambique en 2013, cuando el resultado del alto precio de reserva fijado para una pequeña cantidad de espectro en la banda de 800 MHz fue que nadie participó en la subasta⁴⁴, y en Sudáfrica, donde las agendas políticas retrasaron repetidas veces las subastas anunciadas desde 2010⁴⁵ — han llevado a que porciones valiosas del espectro queden inactivas por muchos años. Muchos operadores alegan⁴⁶ que esto afectó directamente su capacidad de desplegar infraestructura de telecomunicaciones.

El costo de la pérdida de oportunidades que se produce cuando el espectro no se asigna de forma exitosa no parece ser una consideración en la planificación de las subastas. Ejemplos como la subasta de 2.3 GHz en Nigeria⁴⁷ donde Bitflux resultó ser el ganador con una oferta de USD 23 millones sugieren que también puede haber una “maldición del ganador” asociada con las subastas que podría inhibir las inversiones en el despliegue de la red. Esta maldición del ganador se refiere a un riesgo conocido en las subastas donde el ganador hace una oferta excesiva y paga por el espectro más de lo que realmente vale. Otra consecuencia no intencional de las subastas de espectro es que sientan un precedente y tienen un impacto sobre los precios del espectro a futuro: el precio inicial pagado en una subasta debe ser igualado por cualquier subasta posterior dentro de la misma frecuencia, como se puede ver en el caso de la subasta de 800 MHz en Ghana^{48,49}.

La falta de participación socava el propósito mismo de una subasta y todas las subastas recientes analizadas han revelado desafíos en lograr la participación de los operadores, generalmente porque el precio de reserva era superior a lo que la mayoría de los operadores estaban dispuestos a pagar. Parece probable que los diseñadores de las subastas de espectro estén priorizando una lucrativa ganancia financiera inmediata antes que los beneficios económicos a largo plazo (y más difusos) que se podrían lograr con un aumento del acceso asequible.

En Egipto, puede que el elevado precio de reserva de la subasta y los requisitos de pago en moneda extranjera en los que insistió el regulador hayan significado un golpe de suerte para las arcas del país⁵⁰, pero solo el tiempo dirá si el resultado será un acceso más asequible para los egipcios. La falta de participación voluntaria de los operadores en las subastas de espectro sugiere que los precios de reserva requieren una evaluación más cuidadosa.







Innovaciones en la gestión del espectro

5

LAS GRANDES SUMAS DE DINERO INVOLUCRADAS EN LAS SUBASTAS DE LICENCIAS DE ESPECTRO NACIONALES A LARGO PLAZO ESTÁN DISTRAYENDO LA ATENCIÓN DE DIVERSAS INNOVACIONES EN LA GESTIÓN DEL ESPECTRO QUE HABILITARÍAN UN ENTORNO MÁS PROPICIO PARA LAS REDES COMUNITARIAS Y LOS PEQUEÑOS OPERADORES⁵¹.

Desde la perspectiva de la infraestructura tecnológica, estamos viendo un cambio hacia una disponibilidad más generalizada de infraestructura de transporte asequible, tanto a través de la expansión de la infraestructura de fibra como de la tecnología satelital de la nueva generación. En combinación con una tecnología de acceso inalámbrico mucho menos costosa, existe la oportunidad de adoptar un enfoque más granular y dinámico para la gestión del espectro como complemento de las estrategias de licencia a largo plazo tradicionales. Es posible imaginar un conjunto de regulaciones que habiliten a los proveedores de acceso local para que aumenten el acceso en las zonas no atendidas, a través del uso de una combinación de espectro exento de licencia, licencias dinámicas y licencias tradicionales.

En esta sección miramos en detalle algunas de estas innovaciones, analizando las regulaciones de siete países: Argentina, Brasil, Canadá, India, México, Sudáfrica y Estados Unidos.



5.1 Espectro exento de licencia

Esta sección describe la regulación del espectro exento de licencia. Primero analizaremos las bandas de wifi más tradicionales, luego veremos las opciones que algunos países están explorando para extender este enfoque exitoso a otras bandas. Por último, veremos las bandas de onda milimétrica que, cada vez más, se están utilizando para la operación exenta de licencia en muchos países.

Wifi

La principal historia de éxito del espectro exento de licencia son las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz, en particular las comunicaciones que utilizan tecnología wifi. Desde sus humildes comienzos cuando se utilizaba para conectar computadoras portátiles en cafés, hoteles, campus universitarios y aeropuertos, hoy en día hay acceso wifi en casi cualquier edificio comercial o público, sin mencionar su uso por defecto en el hogar y la oficina como punto final de una conexión de banda ancha. Se estima que para el año 2021 habrá más de 540 millones de puntos de acceso wifi en todo el mundo⁵². Ahora vemos wifi en los teléfonos inteligentes, las tabletas, las cámaras, las impresoras, incluso en los refrigeradores y las balanzas. El wifi se ha convertido en la tecnología “de última pulgada” por defecto. Inesperadamente, ha llegado a desempeñar un papel fundamental en las redes móviles y como un medio para aliviar la creciente

demanda de datos en los dispositivos móviles. Se espera que para el 2021 el wifi entregará el 49% del tráfico IP a nivel mundial⁵³. El investigador Raul Katz estima que el valor económico generado por el uso de espectro sin licencia, incluyendo wifi, Bluetooth y otras tecnologías, llegará a más de \$834 mil millones en 2020 tan solo en Estados Unidos⁵⁴.

Muchas veces, al estimar el valor del espectro se tiende a enfatizar el valor generado a través de su venta o los ingresos potenciales generados por el operador de la red, sin considerar las externalidades positivas más amplias que puede generar el espectro de bajo costo o sin licencia. En 2012, el investigador Richard Thanki estimó el valor económico adicional que el wifi contribuía a las conexiones de banda ancha como resultado de la extensión y la expansión de los servicios de banda ancha gracias a las tecnologías wifi. La Tabla 2 muestra un resumen de esta contribución por continente⁵⁵. Su trabajo destaca el importante papel que desempeña en la economía el espectro exento de licencia, que abarca apenas una pequeñísima fracción del espectro comercialmente utilizable. Debe tenerse en cuenta que esta estimación no incluye muchas fuentes de valor que se derivan del wifi, desde el uso adicional en el hogar hasta las conexiones de acceso de banda ancha fija y la reducción del tráfico de las redes móviles.

Tabla 2 – Valor económico del wifi

	VALOR BAJO (MILLONES DE \$ POR AÑO)	VALOR ALTO (MILLONES DE \$ POR AÑO)	CONEXIONES GENERADAS POR WIFI (MILLONES)
África	69	901	0.5 - 1
Asia	10 820	41 516	21.2 - 48.2
Europa	21 657	30 164	15.4 - 35
América del Norte	17 769	19 952	10.2 - 23.2
Oceanía	1049	1217	0.6 - 1.4
América del Sur	782	4772	2.4 - 5.5



Ya sea que se trate de operadores comerciales, iniciativas gubernamentales o redes comunitarias, las redes wifi continúan creciendo rápidamente en todo el mundo. Tanto los gobiernos como los operadores de red se están dando cuenta de que agregar puntos de acceso wifi en puntos clave de sus redes de backhaul de alta velocidad representa un costo marginal. La combinación del alto rendimiento y el bajo costo del wifi lo ha convertido en una opción de tecnología de acceso obvia en países donde el acceso al espectro con licencia sigue siendo un desafío.

En Sudáfrica, el Proyecto Isizwe⁵⁶, una iniciativa municipal de wifi gratuito, está evolucionando de una organización sin fines de lucro financiada por el gobierno a un modelo basado en la publicidad. En 2017, el Proyecto Isizwe quedó en segundo lugar en el Equal Rating Challenge organizado por la Fundación Mozilla⁵⁷. Facebook está apoyando el wifi en todo el mundo con su programa Express Wi-Fi. Express Wi-Fi es una plataforma para operadores de wifi que gestiona la suscripción, la generación de ingresos y el compartir para los agentes de Express Wi-Fi. Express Wi-Fi utiliza la red de un proveedor de servicios de Internet inalámbrica existente, pero también aporta inversiones para ayudar al proveedor a expandir su red. En India, AirJaldi⁵⁸, un operador de redes inalámbricas rurales bien establecido, anunció en 2017 una asociación con Facebook para desplegar puntos de acceso Express Wi-Fi. Google también ha estado invirtiendo en wifi en la India con Google Station, una iniciativa para desplegar acceso wifi en las estaciones ferroviarias de todo el país. Lanzado en 2015, esta iniciativa ahora cubre más de 400 estaciones y tiene más de 8 millones de usuarios activos cada mes, ofreciendo acceso gratuito limitado además de servicios comerciales⁵⁹.

En los países estudiados, la mayoría de las redes comunitarias utilizan las bandas de wifi para implementar sus redes. Para nombrar apenas algunas, el Colectivo Ik 'Ta Kop en México⁶⁰, Zenzeleni Networks en Sudáfrica⁶¹, las que facilitan Coolab⁶² y NUPEF en Brasil y Altermundi⁶³ en Argentina, la mayoría de las redes operadas por las comunidades indígenas en Estados Unidos y Canadá, incluyendo Tribal Digital Village⁶⁴ y K-NET⁶⁵, y la Digital Empowerment Foundation (DEF) en India⁶⁶ utilizan wifi en sus redes.

En la mayoría de los países, el uso de wifi está exento de licencia, lo que elimina tanto los cánones por el uso del espectro como las tasas administrativas asociadas. En la mayoría de los países, la actividad se regula a través del uso de dispositivos homologados por el regulador y la especificación de la potencia máxima radiada en una dirección determinada que cada dispositivo puede transmitir en una frecuencia dada. Esta última se especifica en la mayoría de las regulaciones como la Potencia Isotrópica Radiada Efectiva⁶⁷ (PIRE) en decibeles-milivatio (dBm). Vale la pena señalar que estas especificaciones no suelen ser aplicadas por los reguladores, aunque existe un cierto grado de monitoreo y autorregulación en los países donde la industria de los ISP inalámbricos es importante. En otros países, como Malawi o Nigeria, el uso de este espectro para ciertas aplicaciones debe ser autorizado por el regulador.

La potencia de salida regulada en las bandas que utilizan las tecnologías wifi en los países estudiados se puede consultar en el Anexo 1. Los valores muestran una gran disparidad entre los distintos países en cuanto a los niveles de potencia permitidos para las diferentes bandas en las que operan los dispositivos wifi. Esta disparidad se basa en que la banda se regula simultáneamente tanto para la infraestructura fija (punto a punto o PtP, y punto a multipunto o PtMP) como para el acceso de usuarios individuales (puntos de acceso), y la mayoría de los países limitan los niveles de salida como una forma de reducir la interferencia cuando se utiliza para brindar acceso a usuarios individuales. Son pocos los países que marcan esta diferencia al tener una regulación diferente para los enlaces punto a punto, donde el uso de antenas de mayor ganancia y haz más estrecho reduce por defecto la interferencia con los dispositivos adyacentes. El impacto de este enfoque para extender la conectividad en áreas rurales no debe ser subestimado. Por ejemplo, la regulación específica de Canadá para las bandas de 2.4 GHz permite enlaces punto a punto de más de 30 km con hardware existente⁶⁸, mientras que las regulaciones de Sudáfrica solo permiten enlaces de aproximadamente 2 km y las de India, Argentina y Brasil permiten enlaces de aproximadamente 10 km.

En la banda de 5.8 GHz, Canadá, Estados Unidos, Sudáfrica y Argentina distinguen entre la infraestructura fija y el modo para acceso de usuarios. Sin embargo, India, México y Brasil no

hacen ninguna distinción y limitan la distancia máxima de un enlace a aproximadamente 6 km, en comparación con los 15 km permitidos en Sudáfrica y Argentina e incluso más (aproximadamente 20 km) en Estados Unidos y Canadá con hardware existente⁶⁹. Observar que, como se explicó en la introducción, cuanto más baja sea la frecuencia más lejos viajará, por lo que esta concesión en la banda de 2.4 GHz tiene un impacto mayor que si fuera en la de 5.8 GHz.

Dado el estrecho haz de las antenas direccionales que se utilizan en los enlaces punto a punto, los reguladores deberían revisar y aumentar sus límites para el nivel de potencia en estas bandas y distinguir entre las dos formas en que se puede usar el wifi.

Expansión de las bandas exentas de licencia

El éxito del wifi plantea la pregunta de por qué no se ofrece más espectro exento de licencia. Como se muestra en el Anexo 1, Estados Unidos es uno de los pioneros en este espacio, con 50 MHz entre 5600 y 5650 MHz disponibles exclusivamente para wifi. Además, en febrero de 2013, la FCC publicó un Aviso de solicitud de información (Notice of Inquiry, NOI) para armonizar las reglas en la banda exenta de licencia de 5 GHz que podría facilitar la agregación de los canales en 5 GHz. Esto pondría a disposición mayores velocidades y asignaría otros 75 MHz (de 5.85 a 5.925 GHz) que actualmente se asignan a la industria automotriz donde hay una baja probabilidad de que se utilicen⁷⁰.

Actualmente hay otro proceso en curso en Estados Unidos que podría ampliar la banda exenta de licencia. En julio de 2017, la FCC publicó un NOI titulado "Exploración del uso flexible en el espectro de banda media entre 3.7 GHz y 24 GHz"⁷¹. Con respecto a la banda de 5.925 a 6.425 GHz, la FCC solicitó, entre otras cosas, comentarios sobre la compatibilidad con la banda adyacente, ya que "esto permitiría que los dispositivos operen con canales de mayor ancho de banda y mayores tasas de transmisión de datos, así como con una mayor flexibilidad para todos los tipos de operaciones sin licencia". Además, hizo la pregunta extensible a la banda de 6.425 a 7.125 GHz.

El resultado de este proceso fue un Aviso de reglamentación propuesta publicado en octubre de 2018 en el que la FCC propone⁷² lo siguiente:

- "En las subbandas de 5.925-6.425 GHz y 6.525-6.875 GHz, los dispositivos sin licencia solo podrán transmitir bajo el control de un sistema de control automático de frecuencia (AFC por su sigla en inglés)."
- "En las subbandas de 6.425-6.525 GHz y 6.875-7.125 GHz, los dispositivos sin licencia se limitarán al uso en interiores y operarán a una potencia menor, sin un sistema de AFC".

La propuesta debe someterse a un período de comentarios públicos, pero los expertos esperan que las nuevas reglas quedarán finalizadas en el 2019.

Sería valioso ver a otros países iniciar procesos para evaluar la viabilidad de ampliar el espectro que actualmente usa el wifi. Dado el valor económico que ya genera el espectro exento de licencia, no se puede sobrestimar el valor de liberar espectro de la banda de 6 GHz para uso exento de licencia.

Bandas milimétricas exentas de licencia

Además de las bandas tradicionales de wifi exentas de licencia, existen otras bandas que en muchos países actualmente se pueden usar sin licencia⁷³, siempre que, como en el caso del wifi, los dispositivos estén homologados y no transmitan sobre ciertos niveles máximos de potencia de salida. De particular interés son las bandas de 24 GHz, 60 GHz (banda V) y la banda E (de 71 GHz en adelante), también conocida como mmWave u onda milimétrica debido a que la longitud de onda de estas frecuencias más altas es del rango de los milímetros (mm). La tabla del Anexo 1 describe cómo se han regulado estas bandas en los países estudiados.

Las más progresivas de estas regulaciones (México y Estados Unidos) técnicamente permiten los enlaces de alrededor de 2 km en 60 GHz⁷⁴, que algunos operadores pequeños podrían utilizar para ofrecer a sus clientes una experiencia de calidad similar a la de la fibra. Aun así, al igual que con el wifi, los valores para los niveles de potencia de salida y las condiciones de uso varían ampliamente

entre los diferentes regímenes regulatorios. Por ejemplo, en Argentina esta banda solo puede utilizarse en interiores. La situación en India puede cambiar en esta banda, ya que el Departamento de Telecomunicaciones (DOT) ha manifestado su interés en seguir las recomendaciones de la Autoridad Reguladora de Telecomunicaciones de la India (TRAI)⁷⁵ que proponen el uso exento de licencia de la banda de 60 GHz⁷⁶. Esta banda es particularmente interesante porque están apareciendo equipos que siguen el estándar 802.11ad y el estándar emergente 802.11ay⁷⁷, lo que posibilita la certificación para wifi y la interoperabilidad. Como en el caso del wifi en algunos países africanos, para utilizar la banda E es necesario registrarse con la autoridad reguladora en Brasil y Estados Unidos.

En la banda de 24 GHz, Estados Unidos y Canadá han armonizado sus regulaciones y ambos países permiten el uso sin licencia de los 200 MHz entre 24.05 y 24.25 GHz para los enlaces punto a punto. Esto establece otra alternativa inalámbrica para lograr velocidades similares a las de la fibra en distancias de hasta 5 a 6 km⁷⁸. Con el requisito de antenas de mayor ganancia en los 60 GHz (51 vs. 33

dBi), se espera que también aparezcan antenas de mayor ganancia para los equipos de 24 GHz. Como resultado de estas elevadas ganancias se obtienen haces extremadamente estrechos que hacen que la interferencia con otros dispositivos sea muy poco probable, por lo que las licencias son innecesarias. En este sentido, los reguladores y los formuladores de políticas deberían considerar la posibilidad de habilitar el uso de estas bandas en un régimen exento de licencia.

Al igual que para los 60 GHz, hay hardware de bajo costo disponible en el mercado para la banda de 24 GHz^{79,80}, aunque en este caso hoy en día no existe un estándar que promueva la interoperabilidad. En ambos casos, estos dispositivos son al menos un orden de magnitud más costosos que los que operan en las bandas de wifi tradicionales (2.4 y 5 GHz), pero aun así son considerablemente más económicos que los equipos de microondas tradicionales. A medida que más países habiliten el uso de estas bandas en un régimen exento de licencia, se espera que se ampliará el mercado objetivo para los fabricantes, su costo disminuirá y más personas podrán conectarse.

5.2 Espectro con licencia para enlaces de backhaul

La adopción generalizada y el bajo costo de los dispositivos wifi los convierte en la tecnología preferida por los pequeños proveedores de servicios de Internet inalámbricos (WISP) y las redes comunitarias inalámbricas. Sin embargo, la mayoría de estos operadores que atienden a zonas fuera de los centros urbanos aún enfrentan el desafío de la congestión (interferencia) en las bandas de wifi en los sitios elevados que se utilizan para transmitir la señal desde los puntos de presencia en las zonas urbanas. El aumento de la disponibilidad de espectro exento de licencia en las bandas mmWave alivia un poco esta situación, pero no permite la misma distancia de cobertura que el wifi, algo fundamental para ahorrar costos minimizando la necesidad de implementar infraestructura intermedia.

Esta congestión obliga a los pequeños operadores a obtener espectro con licencia para estos enlaces punto a punto. Se pueden facilitar enlaces punto

a punto con licencia en muchas bandas diferentes según el país. Los operadores y reguladores han tendido a concentrarse en las bandas de 7 GHz y 11 GHz. En particular, este último está atrayendo un interés considerable, impulsado por una nueva generación de dispositivos que cubren esta banda y que ofrecen tanto nuevas empresas de microondas, como Mimosas⁸¹ y Cambium, como empresas que históricamente se han concentrado en las bandas exentas de licencia como Ubiquiti⁸² y Mikrotik. Al igual que ocurre con los equipos para las bandas mmWave, estos dispositivos todavía son al menos un orden de magnitud más costosos que los equipos utilizados en las bandas de wifi tradicionales, pero aun así son considerablemente más baratos que los equipos de microondas tradicionales.

Dado que el espectro con licencia está protegido contra las interferencias, la máxima potencia radiada permitida suele ser mayor en estas bandas⁸³

,lo que ayuda a compensar la mayor pérdida de espacio libre que se produce en estas frecuencias más altas.

Como se describe en la sección 2, la orientación de la antena es un factor que se puede aprovechar para permitir la reutilización de las bandas del espectro. Algunos países como Sudáfrica, Estados Unidos y Canadá están permitiendo la provisión de enlaces de backhaul punto a punto fijos en una banda tradicionalmente utilizada para servicios de satélite fijos (10.7 a 11.7 GHz). La innovación en la gestión del espectro está en asegurar la coordinación, no solo entre los diferentes licenciatarios terrestres, sino también con las estaciones terrenas receptoras de satélite. Esto puede transformarse en un proceso bastante largo, porque en muchos casos se verifica de forma manual. Para agilizar este proceso, algunos países como Estados Unidos han creado un tipo de base de datos georreferenciada: la base de datos del Sistema Universal de Licencias⁸⁴. Los operadores pueden consultar esta base de datos antes de enviar una solicitud para asegurarse de solicitar una banda que esté vacía en una ubicación determinada.

Además, en algunos países se utiliza un proceso automatizado para solicitar este espectro que permite que ingenieros registrados certifiquen la coordinación. En los países estudiados, esto se da en Estados Unidos y Argentina⁸⁵; también está muy bien establecido en Nueva Zelanda. Este enfoque positivo reduce la carga de los reguladores, que solían ser los que se ocupaban de la coordinación. Sin embargo, las tarifas de

estos ingenieros certificados también pueden convertirse en una barrera más para que los pequeños operadores y las redes comunitarias puedan acceder a estas bandas⁸⁶.

Este tipo de enfoque automatizado también ayuda a allanar el camino para la llegada de bases de datos nacionales georreferenciadas basadas en software para la gestión de frecuencias, algo que ya está ocurriendo en las frecuencias de TVWS (ver más abajo). A los dispositivos que utilizan esta banda se les asigna espectro en forma dinámica mediante el acceso a una base de datos georreferenciada. Este enfoque puede ofrecer un medio para que los reguladores reduzcan sus costos administrativos y de ingeniería.

La situación es diferente en México. No solo no se permite operar en la banda de frecuencia de 10.7 a 11.7 GHz, sino que la banda designada para los enlaces de microondas punto a punto (10.15 - 10.3 / 10.5 / 10.65 GHz) se asignó regionalmente en 1998 mediante un proceso de subasta. En Oaxaca, una región con una gran población rural, 120 MHz de dicho espectro permanecen sin asignar⁸⁷. Si bien todas las licencias especifican que el regulador puede permitir el uso secundario, el uso compartido de espectro por debajo del nivel regional aún no ha sido regulado en México⁸⁸.

Sería alentador ver a más países explorar la coexistencia con los servicios satelitales fijos para permitir que los pequeños operadores y las redes comunitarias utilicen equipos de última generación y de bajo costo en esta banda, como lo están haciendo Sudáfrica, Canadá y Estados Unidos.

5.3 Gestión dinámica del espectro

La gestión dinámica del espectro se refiere al uso oportunista de frecuencias del espectro sobre una base secundaria cuando la frecuencia considerada ya puede haber sido asignada a otra organización sobre una base primaria. Tiene sus raíces en las frecuencias utilizadas para la televisión. Cuando a principios del siglo XX se asignó por primera vez espectro radioeléctrico a la transmisión de televisión, la tecnología de radiodifusión y transmisión era rústica para los estándares actuales. En esencia, los transmisores de banda ancha tenían que "gritar" porque los receptores eran un poco sordos. Para lidiar con estos servicios, los reguladores decidieron que se debían dejar espacios libres entre las asignaciones de espectro de forma que actuaran como bandas "de guarda" para evitar que las señales de televisión interfirieran entre sí. Estas bandas de guarda también se conocen como bandas blancas debido a la señal de ruido "blanco" que aparece en una televisión en estas bandas no utilizadas. Con la transición de la transmisión analógica a la digital, la necesidad de estas bandas blancas está desapareciendo y el apagón analógico también está liberando una gran cantidad de espectro que antes era necesario

para la radiodifusión. Por lo tanto, el principio de la reutilización oportunista del espectro sobre una base secundaria es todavía muy viable para las frecuencias de televisión..

La naturaleza de la asignación dinámica de espectro es tal que los usuarios de dicho espectro siempre deben abandonar cualquier frecuencia que el titular de la licencia primaria desee utilizar. El espectro dinámico no tolera ninguna forma de interferencia con las actividades del titular de la licencia primaria de las frecuencias en cuestión. Como estrategia, ocupa una posición intermedia entre las licencias de espectro tradicionales y el espectro exento de licencia. La gestión dinámica del espectro no confiere exclusividad en la forma en que lo hace el espectro con licencia, pero ofrece al regulador cierto control sobre el uso del espectro al utilizar un enfoque de bases de datos para validar los dispositivos que usan espectro dinámico. Tener un grado de control le permite al regulador avanzar para hacer que este espectro esté disponible sin los elevados riesgos que conlleva la reasignación total de frecuencias a largo plazo a empresas o tecnologías que podrían o no tener éxito..

Los enfoques que consideran espectro dinámico —como la regulación de las bandas blancas de televisión (TVWS) y, más recientemente, el servicio de radio de banda ancha para ciudadanos (CBRS) en Estados Unidos— han surgido como una alternativa para la asignación de espectro..

TVWS

Los TVWS son particularmente atractivos en regiones como el África subsahariana, dado que en la mayoría de los países existen pocos canales de radiodifusión terrestre. Esto significa que hay muchos canales en las frecuencias de transmisión de televisión que actualmente están inactivos. Además, como se indicó anteriormente, las frecuencias más bajas asignadas a la radiodifusión televisiva tienen características de propagación mucho mejores que las bandas exentas de licencia de frecuencia más elevada, por lo que son ideales para cubrir distancias más largas y lugares fuera de la línea de vista para llegar a zonas rurales y poblaciones remotas y dispersas. Como resultado, el África subsahariana tiene en marcha más programas piloto de espectro de TVWS dinámico que cualquier otra región del mundo: doce programas piloto en ocho países diferentes⁹⁹. Estos programas han aportado evidencia de que las tecnologías de espectro dinámico pueden coexistir

con las emisoras sin generar interferencia, incluso en zonas donde el uso de espectro de radiodifusión es relativamente denso como Ciudad del Cabo..

Con la notable excepción de unos pocos países líderes⁹⁰, en todo el mundo la adopción de regulaciones para los TVWS ha sido lenta. Esto puede ser atribuido a una serie de factores. La falta de una amplia disponibilidad de dispositivos de espectro de TVWS dinámico de bajo costo dirigidos a un mercado a gran escala puede ser uno de estos factores, una especie de “Catch-22”, ya que los fabricantes podrían estar esperando la aprobación de una regulación formal sobre el espectro dinámico para iniciar su producción a gran escala.

El lugar intermedio que ocupa el TVWS entre el espectro con licencia y el espectro sin licencia deja a la luz una tensión creciente entre el éxito económico del espectro exento de licencia —por el cual no es necesario pagar ningún canon— y el espectro de uso exclusivo para servicios móviles — que suele subastarse por millones de dólares—. Los operadores de redes tradicionales se han opuesto a la idea de que una cantidad significativa de espectro muy próximo a las bandas móviles emergentes en 700 MHz debería estar disponible de forma gratuita. Los reguladores suelen encontrarse atrapados entre su deseo de hacer que haya más espectro disponible y la presión del gobierno para generar ingresos por la venta de licencias de espectro de uso exclusivo. Las importantes externalidades positivas tanto sociales como económicas que se generan a través del espectro exento de licencia han sido bien justificadas, entre otros, por Richard Thanki (ver tabla anterior), pero este rechazo de los operadores tradicionales también contribuye al lento progreso de la regulación de los TVWS.

Estados Unidos

La tecnología TVWS y su regulación tienen sus raíces en Estados Unidos a principios de la década de 2000, donde se comenzó a notar el creciente impacto de las tecnologías inalámbricas diseñadas para el uso de bandas exentas de licencia y a reconocer que los costos de fabricación estaban disminuyendo sustancialmente.

Las bandas de guarda desocupadas en las frecuencias VHF y UHF mostraban un gran potencial para la expansión de los enfoques exentos de licencia, con la regulación codificada en el propio dispositivo y no en los documentos legales de las licencias.

La idea original de TVWS era que funcionaría sobre la base de la detección de espectro, dejando inmediatamente libre cualquier banda en que se detectaran transmisiones de televisión. Sin embargo, esta idea fue ampliamente rechazada por las emisoras dominantes, a quienes les preocupaban las posibles interferencias con las transmisiones televisivas. Aún más estridentes en su objeción a TVWS fueron los fabricantes de micrófonos inalámbricos y su base de consumidores. Los fabricantes de micrófonos inalámbricos y algunos cultos religiosos muy populares que usaban micrófonos inalámbricos le hicieron saber su opinión a la FCC⁹¹.

La presión de los grupos anti-TVWS preocupados por posibles interferencias y otras cuestiones como el problema del nodo oculto⁹² empujaron las tolerancias para la detección del espectro hasta un punto tal que iba a ser difícil fabricar equipos para TVWS de manera rentable. Esto llevó a un escenario de compromiso en el que se propuso una solución que usara una base de datos. Una base de datos de autenticación georreferenciada mapearía el uso del espectro por parte de las emisoras de televisión, y cada dispositivo para TVWS se registraría en la base de datos antes de encender su radio para así garantizar que no interfiera con las emisoras existentes. Este no fue el resultado preferido por los defensores del uso de los TVWS, que deseaban habilitar en los TVWS el mismo tipo de innovación que se ha dado para wifi y Bluetooth. Sin embargo, este compromiso funcionó: en 2010, la FCC habilitó regulaciones sobre dispositivos para TVWS basadas en su autenticación en una base de datos georreferenciada administrada por un proveedor de servicios de base de datos autorizado por el regulador. Ahora la geolocalización se ha convertido en una norma global para las regulaciones sobre los TVWS.

Canadá

Canadá ha seguido mayormente el modelo de regulación de los TVWS establecido por Estados Unidos. Canadá inició consultas sobre las

frecuencias de la banda de televisión en 2011⁹³. A fines de 2012, publicó un marco para la regulación de los TVWS⁹⁴. En 2015, se habilitó "oficialmente" el acceso a este espectro, pero el uso comercial se vio limitado por la falta de un proveedor de servicios de base de datos georreferenciada. En octubre de 2017, el Ministerio de Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico (ISED) nombró a Key Bridge Wireless como administrador designado del servicio de base de datos de espacios en blanco para Canadá⁹⁵.

Sin embargo, la tecnología TVWS todavía no está disponible comercialmente dado que no hay equipos disponibles que estén completamente aprobados y que sean compatibles con la base de datos. Los fabricantes de equipos están en conversaciones con Key Bridge para permitir que sus equipos se comuniquen con la base de datos, momento en el cual el ISED podrá certificar los equipos para su uso en Canadá. No está claro cuándo se resolverá este problema.

Sudáfrica

En Sudáfrica, la regulación de los TVWS se comenzó a promover en 2009⁹⁶, pero las discusiones recién pudieron avanzar en octubre de 2011 cuando la Asociación para el Progreso de las Comunicaciones (APC) y la Asociación de Proveedores de Acceso Inalámbrico (WAPA) organizaron un taller que reunió a expertos internacionales, reguladores de la región y representantes del gobierno sudafricano, de la industria y de los reguladores para considerar los TVWS y su potencial. Luego del taller se organizó una prueba para recabar evidencia que le permitiera al regulador confirmar que la tecnología no causaría interferencias perjudiciales. Surgió una asociación que incluía a Google como patrocinador, a la Red de Educación e Investigación Terciaria de Sudáfrica (TENET) como gerente de proyectos, al Consejo para la Investigación Científica e Industrial (CSIR) como socio de investigación, así como a WAPA, la Red eSchools, como socio beneficiario, y al ISP Comsol como implementador de la prueba⁹⁷. La prueba comenzó en septiembre de 2012 cuando ICASA, el regulador de comunicaciones sudafricano autorizó a CSIR y a sus socios a establecer una red de TVWS en Ciudad del Cabo. La prueba piloto inicial duró poco más de un año y fue un éxito rotundo. El proyecto no solo fue capaz de ofrecer banda ancha sin interferir con las transmisiones de televisión, sino que pudieron hacerlo mientras operaban inmediatamente adyacentes a los canales de



transmisión televisiva. La evidencia recopilada en el ensayo se ha utilizado incluso para fundamentar los cambios a la regulación de los TVWS de Estados Unidos⁹⁸. Sobre la base de este resultado positivo, ICASA extendió la licencia experimental para que el proyecto pueda continuar brindando acceso.

En marzo de 2018, ICASA formalmente publicó sus regulaciones sobre el uso de espectro de TVWS⁹⁹. Esto significa que, con sujeción a su homologación y autorización a través de una base de datos georreferenciada, en Sudáfrica pueden utilizarse legalmente los equipos de comunicación inalámbrica para TVWS. Si bien este es un gran avance desde una perspectiva regulatoria, aún no permite que los operadores con licencia implementen la tecnología TVWS, ya que el regulador también debe autorizar a un proveedor de servicios de base de datos georreferenciada. Esto último se espera que ocurra en algún momento del 2018.

La regulación de los TVWS de Sudáfrica difiere ligeramente de las regulaciones de otros países en que exige que todos los equipos de TVWS incluyan un GPS integrado y que las instalaciones sean realizadas por ingenieros con certificación del IEEE. El tiempo dirá si esto se convertirá en una barrera para el despliegue asequible de la tecnología.

India

El objetivo del proyecto de banda ancha rural de Gram Marg¹⁰⁰ en el Departamento de Ingeniería Eléctrica, IIT Bombay, fue demostrar el uso de TVWS y otras tecnologías inalámbricas innovadoras para conectar a los desconectados en la India rural. La iniciativa de prueba apoya la provisión de acceso wifi para los habitantes de un grupo de aproximadamente diez comunidades rurales en el distrito de Palghar (estado de Maharashtra). Inicialmente, los enlaces de backhaul se implementaron utilizando equipos de TVWS fabricados por IIT; sin embargo, IIT no logró obtener la renovación de su licencia de espectro de prueba. Esto aumentó los costos del proyecto, dado que IIT se vio obligada a replicar los enlaces de backhaul con equipos de wifi de 5 GHz que requerían mástiles mucho más altos para obtener acceso de línea de vista a las comunidades. También se observó que el despliegue de TVWS fue más rápido y más sencillo porque las antenas no requerían una señalización precisa, a diferencia con los equipos de 5.8 GHz que debían ser alineados con precisión.

Haber comprobado los menores costos de capital de los TVWS en comparación con el wifi en las comunicaciones punto a punto sin línea de vista fue un resultado fortuito del proyecto.

IIT sigue presionando al regulador, TRAI, para acceder al espectro, pero la posición actual del gobierno es que las frecuencias de televisión no se pueden usar para los servicios de TVWS comerciales¹⁰¹. Todavía es posible acceder a una licencia experimental con fines de investigación y el Instituto Internacional de Tecnología de la Información (IIITB) en Bangalore también ha experimentado con TVWS¹⁰².

Argentina, Brasil, México

Si bien en Brasil Microsoft¹⁰³ y White Space Alliance¹⁰⁴ anunciaron pruebas de TVWS en 2014 y 2015 respectivamente, a la fecha no parecen haberse realizado pruebas en este país. De manera similar, en Argentina Microsoft firmó un memorando de entendimiento¹⁰⁵ con el regulador para realizar pruebas de TVWS, pero hasta el tercer trimestre de 2018 todavía no se había realizado ninguna. Si bien el gobierno mexicano ha tomado en consideración el espectro dinámico, no ha dado ningún paso hacia la introducción de regulaciones sobre TVWS¹⁰⁶.

Servicio de Radio de Banda Ancha Comunitaria (CBRS)

El espectro dinámico como un enfoque para la regulación del espectro no se limita a las frecuencias utilizadas para la transmisión de televisión. En Estados Unidos, otra banda que se debe considerar para la gestión dinámica del espectro es la banda de 3.5 GHz (150 MHz de espectro entre 3550 MHz y 3700 MHz). En 2015, la FCC de Estados Unidos puso este espectro a disposición para uso flexible en forma compartida a través de un sistema de bases de datos georreferenciadas. Conocido como servicio de radio de banda ancha para ciudadanos (CBRS), se trata de un marco de tres niveles para coordinar el uso compartido de la banda. En este marco, los titulares de espectro primarios existentes, entre ellos los sistemas de radar y las estaciones terrenas de servicio fijo por satélite de Estados Unidos, constituyen el primer nivel y están protegidos contra las interferencias de la misma manera que lo estaría el titular de una licencia de espectro tradicional. A esto le sigue un segundo nivel conocido como licencias de acceso prioritario (PAL) por el cual los operadores pueden ofertar cada dos años. Por último está el acceso general

autorizado (GAA), el tercer nivel, que funciona más como un equipo convencional exento de licencia. Los PAL de segundo nivel estarán protegidos contra las operaciones de los GAA de tercer nivel, mientras que los usuarios de GAA deberán aceptar la interferencia de todos los demás usuarios. El CBRS está diseñado para ofrecer servicio LTE. La reciente proliferación de estaciones base LTE de bajo costo podría hacer que esta sea una opción atractiva para los ISP inalámbricos que buscan expandirse a los servicios móviles.

Un tema muy controvertido en la evolución de la regulación del CBRS es el tamaño del área geográfica a la que se puede asignar una licencia. La propuesta original era utilizar los 74 000 distritos censales existentes para las licencias. Esto abriría la puerta para que muchos pequeños operadores pudieran obtener acceso al espectro. Los grandes operadores se opusieron a este enfoque y la FCC

respondió cambiando el área de las licencias para que coincidan con los condados, de los cuales solo existen 3141 en Estados Unidos¹⁰⁷.

Hasta el momento, Estados Unidos está solo en su búsqueda de espectro dinámico en esta banda. También hay demanda por las mismas frecuencias para servicios 5G: en el Reino Unido, recientemente se subastaron como parte de la primera subasta 5G¹⁰⁸ del país. El regulador del espectro canadiense, ISED, ha iniciado una consulta sobre el futuro de esta banda y está estudiando los enfoques tanto del Reino Unido como de Estados Unidos¹⁰⁹. En Brasil hay planes para subastar esta frecuencia en 2019¹¹⁰. India también parece haber destinado este espectro para las subastas 5G¹¹¹. Por el momento, CBRS parece ser un enfoque que solo adoptará Estados Unidos. Desde luego, esto podría cambiar a medida que otros países observen cuánta popularidad adquiere este novedoso enfoque de gestión del espectro.

5.4 Servicios de redes móviles

La telefonía móvil ha transformado el acceso a la comunicación en los países en desarrollo. En 1994, había más líneas telefónicas en la ciudad de Nueva York que en todo el continente africano¹¹². Hoy en día, alrededor de cuatro quintas partes de la población del África subsahariana tiene cobertura de telefonía móvil¹¹³. Ese es un cambio notable y profundo, aunque todavía hay millones de personas sin acceso a las redes móviles. ¿Y esto a qué se debe? En general, el motivo es que no existe un caso de negocio para que los operadores de redes móviles extiendan la cobertura a estas zonas. Esto podría deberse a que están escasamente pobladas, a que se trata de regiones montañosas donde la cobertura resulta muy costosa, a que la capacidad de pago de la población es muy baja o a una combinación de dos o más de estas razones.

Las tecnologías alternativas GSM de bajo costo existen desde hace un tiempo y hay una variedad de startups en este espacio, entre ellos NuRAN¹¹⁴, Fairwaves¹¹⁵, Open Cellular de Facebook y otros. Hay fabricantes como NuRAN Wireless que están produciendo sistemas de radio de bajo costo

que pueden servir como plataformas robustas para iniciativas como Osmocom¹¹⁶ que ofrecen una alternativa de código abierto al software propietario para la gestión y operación de redes GSM. El resultado es que se puede instalar una estación base GSM por unos pocos miles de dólares. Ahora, estamos viendo que estas innovaciones están llegando a LTE (Parallel Wireless, Baicells y nuevas versiones del hardware Open Cellular) y, a medida que los dispositivos de usuario penetran en las áreas rurales, esta tecnología presenta una gran oportunidad para los pequeños operadores y las redes comunitarias. Lo que impide que los pequeños operadores y las redes comunitarias aprovechen estas innovaciones es el hecho de que, en gran parte, las bandas de espectro GSM populares fueron asignadas a los operadores de redes móviles existentes. Sin embargo, las innovaciones regulatorias que se están produciendo en algunos países están comenzando a cambiar esta realidad.

Asignaciones de espectro para operadores móviles rurales



México es el único país del mundo donde una parte del espectro dedicado a los servicios de redes móviles se ha reservado específicamente para su uso por parte de pequeños operadores y redes comunitarias en regiones desatendidas. Después de un exitoso proyecto piloto implementado por Rhizomatica en Oaxaca¹¹⁷, el regulador de comunicaciones (IFETEL) analizó las asignaciones en la banda de 850 MHz y concluyó que quedaba una pequeña cantidad de espectro sin asignar. Dada la modesta cantidad de espectro disponible, era de poco valor para los operadores comerciales. Por lo tanto, en el Programa anual de IFETEL de uso y aprovechamiento de bandas de frecuencia de 2015¹¹⁸, se asignaron diferentes bandas para "uso social"¹¹⁹ por región¹²⁰. En particular, 2 x 5 MHz de espectro de 850 MHz en siete regiones (excluyendo las zonas urbanas correspondientes a Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey) y 2 x 2.54 MHz de espectro en otra región, siempre que cumplan con los siguientes criterios:

- se debe utilizar en poblaciones rurales con menos de 2500 habitantes, y
- el regulador tiene el derecho de asignar el espectro para uso comercial en el futuro.

Telecomunicaciones Indígenas Comunitarias (TIC), una organización sin fines de lucro con sede en Oaxaca (México) tiene una concesión como operador de telecomunicaciones sociales y actualmente atiende a 3350 usuarios activos diariamente en 63 pueblos y comunidades del estado de Oaxaca, a quienes ofrece servicios de voz y datos 2G. Estos usuarios son atendidos por catorce sitios celulares operados y de propiedad de la comunidad.

En el África subsahariana, han comenzado a surgir pequeños operadores de red cuyo foco son los despliegues rurales, de bajo costo y para pequeñas poblaciones. En Ruanda, el startup de telecomunicaciones estadounidense Vanu¹²¹ negoció con el regulador nacional su acceso al espectro GSM para desplegar una red rural 2G mayorista. Vanu no ofrece ningún servicio minorista,

pero genera ingresos dado que los operadores existentes pagan una tarifa para que sus usuarios puedan utilizar la red de Vanu (roaming)..

Uso compartido del espectro para los operadores móviles rurales

En Canadá, las comunidades también están ofreciendo servicios de red móvil, pero en este caso es a través de un acuerdo con uno de los operadores de telecomunicaciones dominantes que posee una licencia de uso exclusivo de espectro a largo plazo a nivel nacional. El servicio de KMobile, propiedad de y controlado por los pueblos indígenas, comenzó a funcionar en 2008 en la región de Sioux Lookout al noroeste de Ontario, en asociación con Keewaytinook Okimakanak, una organización que apoya el desarrollo de infraestructura en sus comunidades miembro. KMobile logró obtener el derecho a utilizar 2x5 MHz en la banda de 850 MHz del proveedor nacional que no tenía planes de utilizarla en esta región porque las comunidades indígenas no satisfacían sus requisitos en cuanto a la población¹²². Desde el punto de vista jurídico, KMobile está registrada como un operador no dominante que opera con una licencia subordinada (800 a 900 MHz) asignada a dicho operador. Actualmente, 26 comunidades cuentan con servicios 3G, con una cobertura estimada de 22 000 habitantes en toda la región indígena.

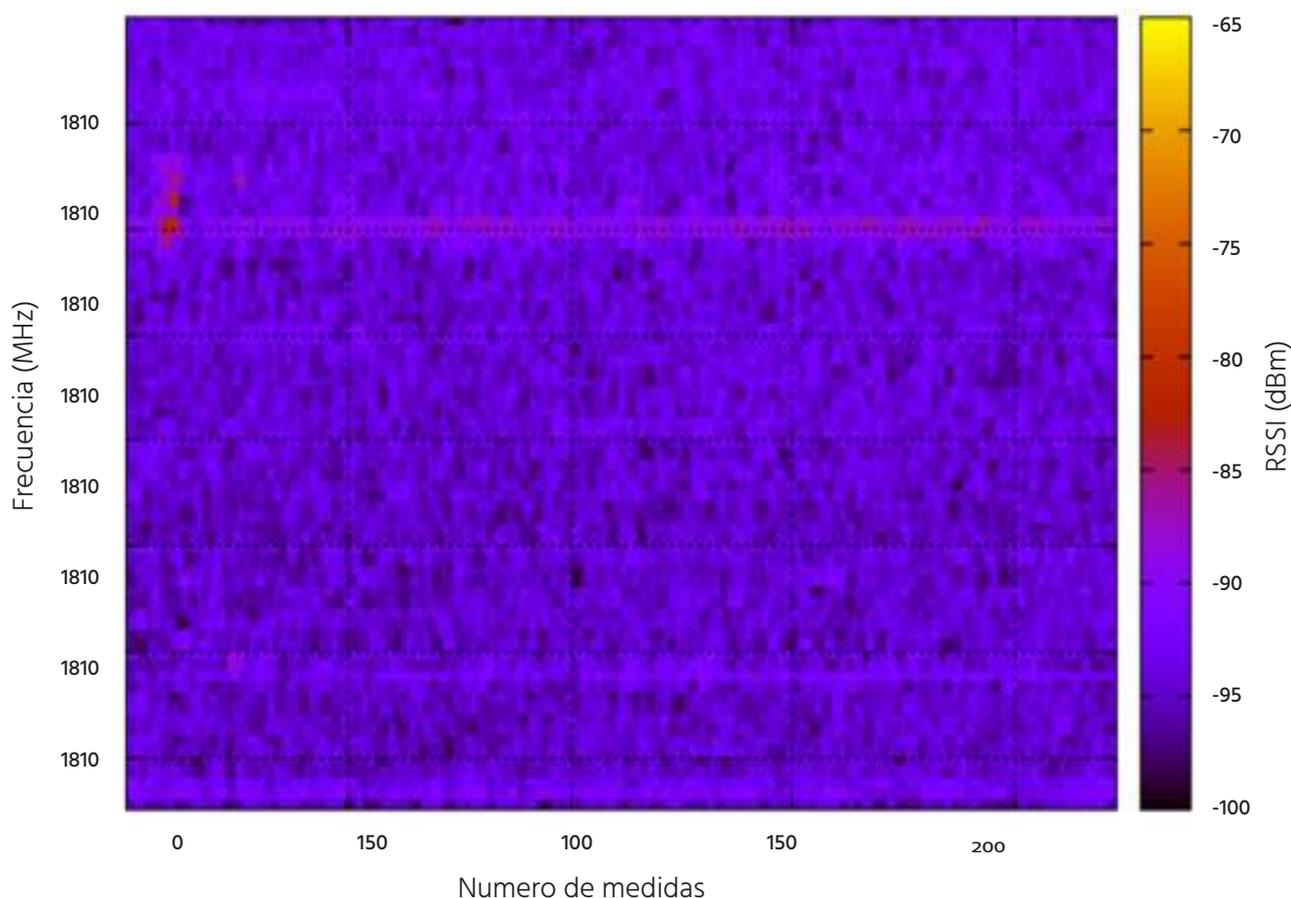
Africa Mobile Networks, otro operador a pequeña escala, se ha asociado con operadores multinacionales para acceder a su espectro GSM con el objetivo de desplegar infraestructura GSM de bajo costo en Camerún, la República Democrática del Congo, Guinea y Zambia¹²³, con planes de expansión a Liberia y Sudán¹²⁴. En total, operan cientos de estaciones base de bajo costo en regiones no atendidas de dichos países. Su modelo de muy bajos costos de capital y operación les permite ser sostenibles en áreas que no serían viables para los operadores de redes móviles tradicionales. Un posible punto de vulnerabilidad para ellos es que, para acceder al espectro inalámbrico, subarriendan espectro de los operadores tradicionales que tienen libertad para fijar el precio.

En Sudáfrica, a pesar de los debates sobre la escasez de espectro en el país, hay una gran cantidad de bandas de espectro reservadas para las comunicaciones móviles que actualmente están desocupadas en las zonas rurales¹²⁵. En la figura siguiente se muestran mediciones de la ocupación del espectro en la banda de 1800 MHz tomadas en una zona rural del Cabo Oriental de Sudáfrica. En la actualidad, para utilizar este espectro desocupado, es necesario llegar a un acuerdo previo con uno de los titulares de las licencias del espectro. Además, es necesario presentar una solicitud ante ICASA para

que se apruebe un acuerdo para el uso compartido del espectro de acuerdo con el Reglamento para el uso del espectro radioeléctrico de 2015.

En Argentina, en vista del reciente desarrollo de políticas en el país, puede que el acceso al espectro para las regiones desatendidas se haga realidad, ya que el parlamento se encuentra en las etapas avanzadas de aprobación de una ley que permitirá que los operadores locales accedan a espectro para telefonía móvil¹²⁶.

Figura 4 - Mediciones de la ocupación del espectro en la banda de 1800 MHz en una zona rural del Cabo Oriental de Sudáfrica.



Licencias experimentales

En muchos países, el uso de licencias experimentales puede ser una poderosa forma de demostrar el potencial de las nuevas tecnologías. Por ejemplo, en Brasil y Argentina, donde hay frecuencias GSM sin asignar en diferentes estados/provincias¹²⁷, las licencias experimentales las puede conceder directamente el regulador. Este es el proceso que siguió CELCOM, un proyecto piloto de la Universidad Federal de Pará (UFPA)¹²⁸ en Brasil para proveer servicios GSM en zonas rurales.

El hecho de que este proceso sea posible no significa que sea fácil. CELCOM inició sus operaciones en el estado de Pará en 2016 con una licencia experimental para 2 x 200 kHz con el objetivo de demostrar la viabilidad de los servicios GSM de bajo costo y basados en código abierto en la región amazónica. Actualmente están en proceso de extender sus operaciones a los estados de Río de Janeiro y Goiás, aunque este proceso está estancado, ya que en cada estado el rango de frecuencias GSM disponibles es diferente.

Como se mencionó anteriormente, en el caso de México, las primeras pruebas GSM se realizaron con una licencia experimental para probar que una concesión social no solo era viable, sino que tendría grandes beneficios para la población que de otra manera no estaría conectada.

También es importante la extensión y renovación de las licencias experimentales. En India, por ejemplo, la duración de una licencia experimental es de tres meses y solo puede prorrogarse por otros tres meses. En los primeros tres meses, el titular de la licencia está exento del pago del canon por el uso del espectro, pero en el segundo período sí debe pagarlo¹²⁹. En el caso de Brasil, estas licencias tienen una duración de dos años y son renovables¹³⁰, aunque el canon se debe pagar durante todo el experimento. En el caso de Sudáfrica, no hay un límite fijo para la duración de una licencia experimental. Como resultado, la prueba de TVWS realizada en Ciudad del Cabo mencionada en la Sección 5.3.1 que comenzó en el año 2013 sigue ofreciendo valiosos servicios de conectividad a las escuelas secundarias en el 2018.

En India, hasta donde sabemos, hasta el momento no se ha implementado ningún proyecto piloto que implique la prestación de servicios móviles por parte

de pequeños operadores y redes comunitarias. En Argentina, la Internet Society ha planteado un proyecto experimental para una iniciativa de LTE comunitaria en la Patagonia a Enacom, el regulador argentino.

Redes inalámbricas mayoristas

El desafío de las subastas de espectro mencionado en la Sección 4.2 anterior ha llevado a algunos reguladores a considerar diferentes alternativas. Una alternativa relativamente nueva consiste en definir toda una banda del espectro como una red mayorista, encargar su construcción y ponerla a disposición de todos los operadores con licencia para que ofrezcan sus servicios. En las redes de fibra óptica, las redes mayoristas de acceso abierto son bastante comunes; sin embargo, se trata de un concepto relativamente nuevo para el espectro inalámbrico y no se ha implementado de forma generalizada.

Ruanda fue el primer país en implementar con éxito una red mayorista inalámbrica en la banda LTE de 800 MHz, que es relativamente nueva. El proyecto se encargó como una asociación entre el gobierno ruandés y Korea Telecom, con el nombre de Olleh Networks (ahora KT Rwanda Networks). Se lanzó en el 2014. Desde diciembre de 2017, el regulador ruandés ha informado que la red tiene una cobertura geográfica del 84.7% en el país y ofrece cobertura al 89% de la población¹³¹. No se dispone de otras estadísticas sobre su uso, por lo que es difícil juzgar su éxito. Sin embargo, en octubre, Korea Telecom anunció una reducción de sus precios para los proveedores de servicios que utilizaran su infraestructura, lo que podría llevar a una reducción del 66% de los precios¹³². Esto sugiere un bajo nivel de adopción hasta la fecha. En mayo de 2018, Korea Telecom anunció sus planes de exportar el modelo a otros países¹³³.

México también ha lanzado una red inalámbrica de acceso abierto conocida como la Red Compartida con 90 MHz de espectro en la banda de 700 MHz. Anunciada en el 2014, tardó algún tiempo en concretarse, pero finalmente se puso en marcha en marzo de 2018, ofreciendo cobertura al 32% del país¹³⁴. En junio de 2018, anunció su primer cliente operador¹³⁵. Es demasiado pronto para saber cómo le irá a esta red.

En Sudáfrica, el gobierno anunció el plan para la creación de una red inalámbrica de acceso abierto (WOAN) utilizando las bandas de 700 MHz, 800 MHz y 2.6 GHz, además de otras bandas que los operadores habían asignado pero no estaban utilizando¹³⁶. Esto se debió a lo que se percibió como una falla del modelo actual: el no poder ofrecer un acceso universal asequible. Entre los grandes mercados africanos, Sudáfrica sigue siendo uno de los países más caros en términos de banda ancha móvil¹³⁷. Su implementación requiere de importantes modificaciones a las políticas, y el proyecto de ley propuesto¹³⁸ —que generó un acalorado debate en el país sobre la idoneidad de este enfoque¹³⁹— actualmente se encuentra en revisión. El proceso de consulta llevó al gobierno a reconsiderar su enfoque inicial. Actualmente están a la espera de comentarios sobre la cantidad de espectro que se debería asignar a la WOAN¹⁴⁰. El espectro restante se subastará a principios de 2019¹⁴¹.

GSMA, la asociación industrial de operadores de redes móviles, ha producido un estudio que critica a las WOAN¹⁴², argumentando la falta de implementaciones exitosas de redes mayoristas que las justifiquen como estrategia. El contra argumento es que es demasiado pronto y que, teniendo en cuenta algunos de los resultados negativos que se han observado en las subastas de espectro, es necesario explorar otras alternativas.

Tecnología móvil de quinta generación (5G)

Las tecnologías móviles han evolucionado y cada generación ha ido introduciendo nuevas capacidades y características. Lo que actualmente se conoce como la red móvil comenzó en la década de 1990 con la tecnología de segunda generación (2G), que podía ofrecer servicios de voz y servicios de datos muy limitados. Introducidas en el 2001, las redes de tercera generación (3G) ofrecían los primeros servicios de banda ancha móvil con velocidades de unos pocos megabits por segundo. Las redes 3G operan en una frecuencia separada de las redes 2G y necesitaron tanto una nueva tecnología de red como nuevos teléfonos para aprovechar las velocidades más rápidas. Los operadores de redes móviles tenían que mantener los servicios 2G y 3G para poder ofrecer servicios de voz y banda ancha a sus clientes. La llegada de las redes de cuarta generación (4G) —también conocidas como Long Term Evolution

(LTE)— introdujo mejoras en la eficiencia que optimizaron el uso del espectro disponible y aumentaron las velocidades de carga y descarga, que llegaron a ser hasta un orden de magnitud superiores a las de la tecnología 3G. La tecnología 4G representó el paso a una plataforma totalmente basada en el protocolo de Internet que ofrecía la oportunidad de prestar tanto servicios de voz (VoLTE) como datos en la misma plataforma. La realidad es que la mayoría de los operadores han preferido seguir ofreciendo voz en redes 2G para garantizar la calidad del servicio. Una complejidad adicional que introdujo 4G fue la capacidad de operar en una variedad de frecuencias diferentes. Hay más de 40 bandas del espectro 4G disponibles para fabricantes y operadores¹⁴³. Los teléfonos inteligentes modernos pueden soportar múltiples bandas de espectro, pero por lo general se limitan a unas pocas frecuencias 4G.

Las innovaciones aportadas hasta ahora por cada generación de tecnología móvil son relativamente fáciles de describir. Sin embargo, la tecnología de quinta generación (5G) no es tan fácil de explicar. La tecnología 4G se aproxima a lo que se puede lograr con la eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico, llegando cerca del límite de Shannon. Para poder mejorar con respecto a la tecnología 4G, la tecnología 5G debe buscar sus ganancias en otra parte. Lo que hace que 5G sea diferente de las generaciones anteriores es que se basa en una amplia variedad de cambios para lograr mejoras en el desempeño de la red¹⁴⁴. Estos cambios tecnológicos incluyen el uso de:

- radios de onda milimétrica que pueden transmitir grandes cantidades de datos, pero a distancias mucho más cortas que las generaciones anteriores de redes móviles;
- pequeñas células que aumentan la eficiencia del espectro mediante la reutilización de frecuencias;
- MIMO masivo que agrupa un gran número de antenas en el transmisor y el receptor para proporcionar mejor transferencia y eficiencia en el uso del espectro;
- conformación de haces, que aprovecha la interferencia constructiva para entregar comunicaciones más dirigidas; y



- tecnología full duplex, que permite a las radios recibir y transmitir información de forma simultánea.

Al igual que la tecnología 4G, la 5G puede operar en múltiples bandas del espectro, pero en lugar de hacerlo en una sola frecuencia, 5G busca combinar una gama de frecuencias para ofrecer una banda ancha ultrarrápida y de latencia ultrabaja. El hecho de que 5G utilice una serie de innovaciones tecnológicas y frecuencias tiene sus ventajas y desventajas. El lado positivo es que la combinación permitirá ofrecer una gama de servicios que incluye desde servicios de red de banda estrecha de latencia ultrabaja hasta velocidades similares a las de la fibra para usuarios de alta capacidad. La capacidad de prestar servicios de red con características específicas de latencia, velocidad, capacidad, etc. se conoce como partición de redes (network slicing)¹⁴⁵. La partición de redes crea un servicio de red virtual con características adaptadas a las necesidades de una industria específica. Es posible que esto vaya en contra de los principios de la neutralidad de la red, aunque esto es difícil de afirmar, ya que todavía no existen instancias comerciales de este tipo de virtualización.

Una potencial desventaja del enfoque 5G que abarca tantas frecuencias y tecnologías es que puede terminar concentrando el poder y la influencia en los operadores existentes. Además, el hecho de que la mayoría de las frecuencias 5G estén dirigidas a las zonas urbanas y a aumentar el desempeño y la capacidad en esas zonas podría exacerbar la creciente brecha digital entre las zonas urbanas y las rurales. En los países en desarrollo, a la tecnología 5G pueden faltarle algunos años para ser una opción tecnológica práctica para lograr un acceso asequible. La GSMA estima que la adopción de 5G en el África subsahariana para el año 2025 será de solo un 3%¹⁴⁶.

Para los operadores de redes comunitarias, la tecnología 5G es relevante en la implementación de tecnologías punto a punto exentas de licencia en la banda de 60 GHz. Lo que puede ofrecer una solución de alta capacidad a corta distancia¹⁴⁷. También es importante tener en cuenta esta tecnología en término de su posible infracción de las frecuencias exentas de licencia existentes. La tecnología 4G ya ha visto la llegada de LTE sin licencia (LTE-U) en la banda de 5 GHz. Será importante asegurar que no se vean erosionados los beneficios del espectro exento de licencia.

5.5 Cánones por el uso del espectro

La innovación en la regulación del espectro se ha producido a través de cambios en el enfoque para calcular los cánones o regalías que los operadores deben pagar por el derecho a utilizar esa parte del espectro.

Trabajo de la UIT sobre los cánones por el uso del espectro

Las directrices de la UIT marcan la diferencia entre las tasas de gestión del espectro y los cánones por el uso del espectro¹⁴⁸. Se espera que las primeras se utilicen para recuperar el costo de la gestión del espectro, mientras que las segundas se utilizarán “para recuperar una renta del espectro para el gobierno y para asegurar que los usuarios del espectro utilicen el recurso de manera eficiente”. Además, se espera que los cánones por el uso del espectro también contribuyan a lograr “el objetivo

presupuestario fijado por las autoridades”¹⁴⁹. En esta sección nos enfocaremos en las innovaciones en torno al canon por el uso del espectro. En la Sección 5.7 se presenta más información sobre las tasas de gestión.

La UIT ha elaborado directrices para determinar los cánones por la utilización del espectro, las que se obtuvieron como resultado del trabajo de uno de los grupos de estudio establecidos para poner en práctica la Resolución 9 de la CMDT de 2006¹⁵⁰. Aunque promueven la simplicidad, las directrices proporcionan diferentes fórmulas para cada tipo de servicio. En el caso de las asignaciones fijas para enlaces punto a punto, la fórmula incluye un factor de ancho de banda y un factor que considera la ubicación de la asignación en el espectro de frecuencia. Como se explicó anteriormente, debido

a sus diferentes características de desempeño, ciertas partes del espectro son más útiles y valiosas que otras. En un documento de directrices más reciente, la UIT introdujo un “modelo universal de fijación de precios basado en el desempeño del sistema” que consiste en una fórmula que integra una serie de factores.

Además, el grupo de estudio creó una base de datos sobre cómo los países están aplicando las fórmulas de fijación de precios¹⁵¹. De los países estudiados, solo se obtuvo información sobre México y apenas sobre los factores considerados en las fórmulas, no sobre cómo se calculan realmente los precios, lo que dificulta mucho la comparación entre países. Se han investigado los mecanismos utilizados en estos países y los resultados se presentan a continuación en la Sección 5.5.2.

Cánones por el uso del espectro para los enlaces de backhaul con licencia

En la mayoría de los casos estudiados, hay una fórmula que determina el monto que debe pagar el operador. Sin embargo, los parámetros de la fórmula pueden variar mucho, lo que puede tener un impacto significativo en los cánones que se aplican a los operadores:

- Canadá cobra un canon anual más un monto adicional que depende de la capacidad del enlace¹⁵²;
- En India, el gobierno considera solo el ancho de banda asignado como un porcentaje de los ingresos que el operador genera en la zona¹⁵³;
- En Sudáfrica¹⁵⁴, Argentina¹⁵⁵ y Brasil¹⁵⁶, se utiliza una fórmula más compleja, similar al “modelo universal de fijación de precios basado en el desempeño del sistema” de la UIT¹⁵⁷ y se introduce una mayor granularidad: la frecuencia central, el valor de la banda, un factor geográfico¹⁵⁸, el tipo de uso (compartido o exclusivo) y la población cubierta¹⁵⁹ son algunos de los factores considerados.
- En Estados Unidos, los cánones que la FCC establece para las licencias incluyen una tasa de solicitud y una tasa regulatoria. Esta última se paga por única vez para

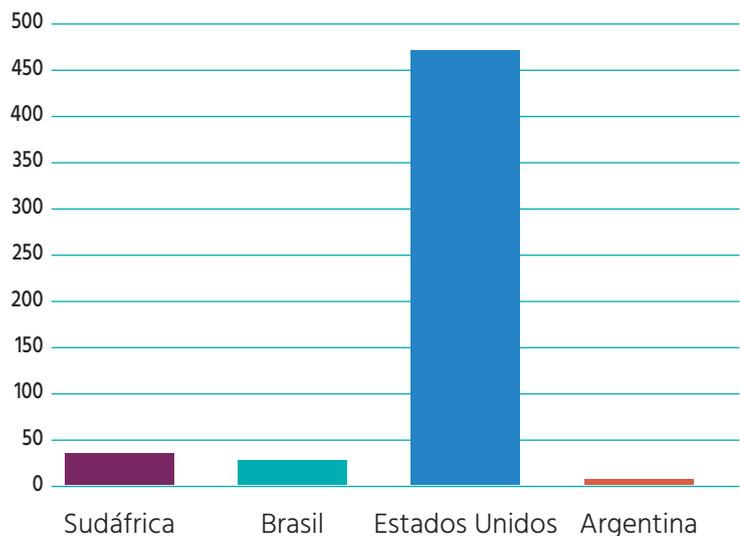
cada ubicación, mientras que la primera se paga cada vez que se añade una antena¹⁶⁰. El canon es independiente de la cantidad, el tamaño y la frecuencia del canal.

- En México, se subastaron las bandas de 7 GHz y 11 GHz, por lo que ya no las consideraremos en esta sección.

En consecuencia, la estructura de cánones resultante en cada país es fundamentalmente diferente para servicios similares. En la siguiente gráfica se muestra una comparación de los cánones por el uso del espectro en los diferentes países estudiados para un enlace de 10 km que utiliza 20 MHz a 10.65 GHz en una zona rural¹⁶¹. Aunque Argentina presenta el canon más bajo¹⁶², tanto allí como en Brasil no se permite el uso de las frecuencias de 10.7-11.7 GHz, por lo que los operadores no pueden utilizar los equipos de menor costo que se encuentran disponibles en la actualidad para estas bandas. En consecuencia, Sudáfrica tiene el marco viable menos costoso para el uso de esta banda.

Figura 5 - Comparación de los cánones por el uso del espectro para los enlaces de backhaul con licencia

TARIFA DE ESPECTRO / ANUAL



La regulación actual de los cánones por el uso del espectro que se aplica en Sudáfrica entró en vigor en 2012 y “ha logrado hasta cierto punto valorar en forma más precisa las participaciones en el espectro e introducir mayores eficiencias, en particular cuando el espectro asignado para las redes de acceso se estaba utilizando para enlaces punto a punto”¹⁶³.

En Sudáfrica, Telkom, históricamente el operador dominante, experimentó un aumento significativo de los cánones. Esto se debió en gran medida al hecho de que estaba utilizando el espectro PtMP para enlaces PtP y, en virtud de las nuevas normas, tendría que pagar las tasas para PtMP. Este cambio hizo que Telkom comenzara a abandonar algunas de sus licencias en estas frecuencias. Sentech, el ente público de radiodifusión, también devolvió el espectro por la misma razón. El nuevo acuerdo imponía la obligación de usar o perder el espectro para los operadores que no lo utilizaban en forma eficiente. Aunque este acuerdo es reconocido como un éxito en la aplicación de sanciones por el uso ineficiente, también se lo ha criticado por el hecho de que los cánones actuales no ofrecen “suficientes incentivos para fomentar el uso eficiente del espectro”¹⁶⁴.

No se incluye India ni Canadá ya que en estos países los precios son aproximadamente 1000 y 67 000 veces más elevados que los de Argentina, respectivamente. En Canadá se requiere un proceso parlamentario para modificar la estructura de los cánones por el uso del espectro, lo que impide que se produzcan cambios en este sentido. En India, los cálculos se basan en la fórmula propuesta por TRAI¹⁶⁵: los cánones se calculan sobre la base de un porcentaje de los ingresos del operador.

Las estrategias de pago por el uso del espectro como la que utiliza Sudáfrica que incentivan el uso efectivo del espectro pueden crear oportunidades para que las redes comunitarias y los pequeños operadores proporcionen un acceso sostenible en zonas remotas y rurales. Esto podría cumplir simultáneamente con los objetivos presupuestarios requeridos por el gobierno, y a la vez “una gestión en función del interés de la comunidad nacional en su conjunto”, es decir, teniendo en cuenta a los desconectados y a aquellos que no pueden pagar los costos de las comunicaciones¹⁶⁶.

Cánones por el uso del espectro para telefonía móvil

Las bandas de frecuencia para la telefonía móvil están sujetas a licencia. Para los pequeños operadores y las redes comunitarias que desean prestar servicios móviles, esto significa que deben pagar los correspondientes cánones por el uso del espectro. En la mayoría de los países, estos cánones se deben pagar antes de obtener acceso al espectro. Al igual que en el caso de los enlaces de backhaul con licencia, para calcular estos cánones se utilizan diversos métodos.

En Brasil y Sudáfrica se aplican las mismas fórmulas, con ligeras modificaciones. En Brasil se suma un factor que tiene en cuenta la población cubierta, mientras que en Sudáfrica se considera la superficie cubierta en lugar de la distancia del salto. Esta fórmula se aplica a todo el espectro sujeto a licencia, independientemente del área. Por lo tanto, los operadores nacionales y locales en el caso de Sudáfrica y los operadores regionales en el caso de Brasil están todos sujetos al mismo régimen.

India también utiliza la misma fórmula que para PtP, es decir, un factor de los ingresos del operador en un área de servicio determinada. Sin embargo, la licencia llamada servicio de Acceso (o la licencia Unificada) es el único tipo de licencia que se podría aplicar actualmente para un proveedor de servicio de voz móvil, y estas apuntan únicamente a operadores a gran escala (por ejemplo, el requisito de inversión de capital mínimo es de más de 2.2 millones de dólares estadounidenses¹⁶⁷). Como resultado de los requisitos para esta categoría de licencias y de la aún más costosa licencia unificada, las redes móviles a pequeña escala no son una opción práctica para la mayoría de las redes comunitarias en India, por lo que ya no se considerarán en esta sección.

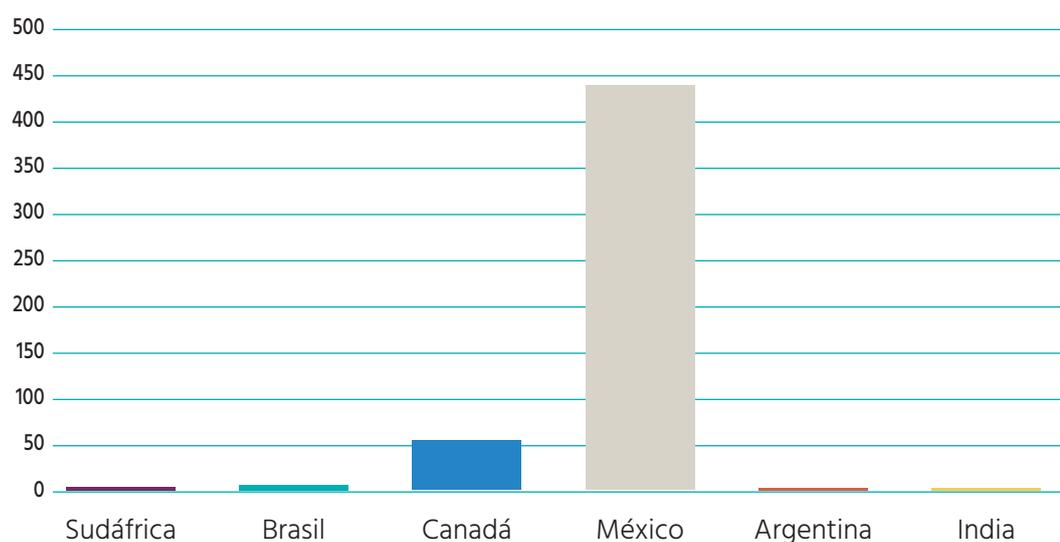
Argentina también utiliza una fórmula similar basada en los ingresos para los servicios móviles. En México, existe una fórmula que incluye un factor regional que depende de la banda utilizada y del tamaño de la asignación. En Canadá existe un factor por frecuencia utilizado para las comunicaciones móviles que se corrige en función del tipo de población (metropolitana o no); además, se calcula un canon por cada estación base móvil.

Para comparar el efecto de estos enfoques en el caso de los pequeños operadores y las redes comunitarias, se considera el siguiente ejemplo: un ancho de banda de 1.4 MHz¹⁶⁸ en 900 MHz para

cubrir una comunidad rural con 2000 potenciales usuarios que ocupan una superficie de 20 km cuadrados¹⁶⁹.

Figura 6 - Comparación de los cánones por el uso del espectro para las redes móviles

DERECHOS DE USO DEL ESPECTRO / AÑO (USD)



Como muestran las cifras de Sudáfrica (casi 7 veces más barato que Brasil, casi 100 veces más barato que Canadá y más de 800 veces más barato que México), cuanto más granulares sean estos factores, menor será el costo por usuario. Cabe señalar que esta misma fórmula es la que se utiliza para calcular los cánones que pagan por el uso del espectro los grandes operadores de redes móviles.

Los cálculos efectuados a partir de datos de investigaciones recientes¹⁷⁰, combinados con los precios ofrecidos por los proveedores de servicios de voz sobre IP (VoIP) existentes, muestran que con este enfoque una comunidad podría reducir sus costos de comunicación en más del 50%. Además, este enfoque granular también permite la reutilización de frecuencias similares en comunidades de la misma región, lo que maximiza el valor social de un recurso asignado pero desocupado. Sin embargo, como se critica en el informe de la UIT, este canon no es un incentivo suficiente para promover el uso eficiente del

espectro, como lo demuestra la falta de uso de la banda de 1800 MHz en zonas rurales descrita en la Sección 5.4.2.

En México, en algunos casos se pueden eximir algunas tasas. En particular, las instituciones que se dedican a la prestación de asistencia médica, la caridad o la prevención de accidentes y desastres están exentas de impuestos¹⁷¹. Recientemente se exigió que TIC pagara estas tasas¹⁷² y la organización solicitó al IFT que la eximiera de estos pagos, considerando que están exentos del pago de impuestos y que su servicio contribuye a la prevención de accidentes y desastres. Inicialmente esta solicitud fue denegada, pero TIC logró ganar un caso en el que el tribunal ordenó al IFT que volviera a examinar su situación. El resultado fue que se obtuvo una exención basada en su autorización para recibir donaciones deducibles de impuestos¹⁷³.



5.6 Innovaciones en la gestión del espectro fuera del marco regulatorio

No todas las innovaciones en materia de gestión del espectro proceden de las autoridades regulatorias nacionales ni de los formuladores de políticas. Como lo demuestran los dos ejemplos siguientes, los usuarios del espectro pueden crear sus propios mecanismos de autorregulación para maximizar el uso y el beneficio socioeconómico del espectro radioeléctrico.

Asociaciones de la industria

En Estados Unidos, los ISP inalámbricos son representados por WISPA, una organización registrada que atiende a más de 800 organizaciones miembro, entre las que se encuentran proveedores de servicios de Internet inalámbrico, proveedores de Internet inalámbrico municipales, proveedores de Internet inalámbrico cooperativos y otros. En total, conectan a más de tres millones de usuarios en Estados Unidos y muchas veces son los únicos proveedores en las zonas rurales. WISPA representa a sus organizaciones miembro en su defensa ante el regulador nacional del acceso al espectro para pequeños operadores.

En Sudáfrica, en el año 2006, la mayoría de los ISP inalámbricos establecieron WAPA¹⁷⁴, la asociación de proveedores de servicios de acceso inalámbrico, un organismo que hoy en día cuenta con más de 200 miembros y atiende a más de 164 000 usuarios de acuerdo con la última encuesta. Esta plataforma les permite intercambiar información, coordinar despliegues para evitar interferencias y compartir la infraestructura. Utiliza una gran parte de sus ingresos para ofrecer asesoramiento legal sobre las regulaciones, lo que le permite no solo mantener el ritmo del cambio regulatorio en el país, sino también contribuir en forma consistente con las consultas públicas del gobierno sudafricano y del regulador. A su vez, esta defensa colectiva ha llevado a la inclusión en los marcos políticos y regulatorios de disposiciones que habilitan su trabajo, por ejemplo, mayor tolerancia en la PIRE de los enlaces punto a punto en 5.8 GHz y regulaciones sobre TVWS. Además, su asesor regulatorio mantiene una plataforma claramente estructurada y actualizada con las regulaciones que se aplican en las diferentes actividades del ISP inalámbrico¹⁷⁵, plataforma que al parecer utiliza el propio regulador.

Entre los países estudiados, una plataforma de este tipo habría sido de gran ayuda, dado el gran número de regulaciones interconectadas que se aplican a la prestación de servicios inalámbricos y cuya interrelación no siempre es aparente. Hay mucho espacio para mejorar en los sitios web de los reguladores, especialmente en la comunicación de la política y regulación inalámbrica para los pequeños operadores.

La infraestructura de telecomunicaciones como un recurso común

Otra innovación en la gestión de abajo hacia arriba del espectro proviene de la gestión de la infraestructura de telecomunicaciones como un recurso común (common-pool resource o CPR), adaptando los trabajos de la ganadora del Premio Nobel Elinor Ostrom sobre la gestión colectiva de los recursos naturales que se presentaron en la sección 2.3. Este modelo considera la infraestructura de transporte (backhaul) que aportan los diferentes participantes como un recurso en reserva (como un bosque) que, si se nutre adecuadamente, puede proporcionar de manera sostenible la conectividad que requieren todos los participantes. Para que esto funcione, se necesitan mecanismos claros para reconocer y compensar las inversiones realizadas por los participantes, así como directrices claras para la resolución de conflictos. Esto no solo permite una gestión más eficaz del espectro disponible para los pequeños operadores y las redes comunitarias, sino que también aporta economías de escala que permiten reducir los costos para el usuario final. En muchos sentidos, este modelo proporciona un buen marco para la gestión de las redes inalámbricas de acceso abierto descritas anteriormente.

Aunque muchas redes comunitarias utilizan este modelo, el ejemplo más notable de su implementación es [guifi.net](#)¹⁷⁶, donde más de 20 pequeños operadores han contribuido con más de 7.3 millones de euros a un CPR que está dando servicio a más de 100 000 usuarios en Cataluña (España).

Dados los beneficios de este modelo, los gobiernos que otorgan recursos a través de fondos de acceso universal para la provisión de conectividad

asequible en áreas que no son rentables para los operadores comerciales tradicionales podrían considerar un modelo económico en el que toda la infraestructura desplegada con fondos públicos

se administre como un recurso común, lo que hará que sea más fácil que otros contribuyan y amplíen este recurso.

5.7 Licenciamiento

En la mayoría de los países, tener una licencia de operador es un requisito previo para la operación de equipos en el espectro radioeléctrico, ya sea con licencia o exento de licencia. El significado de esto varía de un país a otro y también depende del servicio que se vaya a prestar, así como de la zona que se vaya a cubrir. Por ejemplo, en India,

para ofrecer servicios de VoIP que se interconectan con la red telefónica pública conmutada (PSTN), se requiere una licencia de servicio de acceso o una licencia unificada. La siguiente tabla muestra los costos de las licencias para los operadores en el área más pequeña permitida por las regulaciones.

Tabla 5 - Costo de las licencias en los países estudiados para operar en el área más pequeña permitida por las regulaciones

	MÉXICO ¹⁷⁷	SUDÁFRICA ¹⁷⁸	BRASIL ¹⁷⁹	ARGENTINA ¹⁸⁰	ESTADOS UNIDOS	INDIA ¹⁸¹	CANADÁ
Costo ¹⁸² (USD/año)	1482	1848	108	764	N/A	1350	N/A

Además, pueden ser necesarias otras tasas anuales, incluyendo contribuciones al fondo de servicio o acceso universal o al fondo de apoyo a la radiodifusión pública en el caso de Brasil.¹⁸³

También hay otras tasas según el país. En India, un operador debe pagar una tasa por cada punto elevado donde construye una torre. En Brasil, todos los equipos utilizados en la red, incluidos los teléfonos móviles, están sujetos a tasas que pueden ser bastante onerosas. Por ejemplo, en Brasil, las tasas que se aplican para 3 estaciones base (BTS) más 60 teléfonos móviles son superiores a los cánones anuales por el uso del espectro para operar en la misma banda¹⁸⁵.

Estas tasas pueden cumplir la función de las tasas administrativas del espectro, recomendadas por la UIT. Las directrices de la UIT recomiendan que estas tasas se establezcan de manera transparente y sobre la base de la recuperación de costos. A pesar de estas directrices, muy pocos países publican estas tasas. En la Unión Europea existe una directiva para su cumplimiento¹⁸⁶ que ofrece una indicación del costo de la gestión de los diferentes servicios, como se muestra en la siguiente tabla de OFCOM.

En los países estudiados, es difícil cuestionar la apropiación de las tasas administrativas, ya que no

se hace referencia a estos costos. Cabe destacar que en países como Sudáfrica y México existen exenciones para los operadores sin fines de lucro y en Brasil para los operadores con menos de 5000 suscriptores y para cualquiera de las frecuencias mencionadas en las regulaciones de equipos que utilizan radiación restringida. En una reciente resolución aprobada en Argentina, se exime a las redes comunitarias del pago de la licencia siempre y cuando operen en localidades con menos de 5000 habitantes¹⁸⁷.

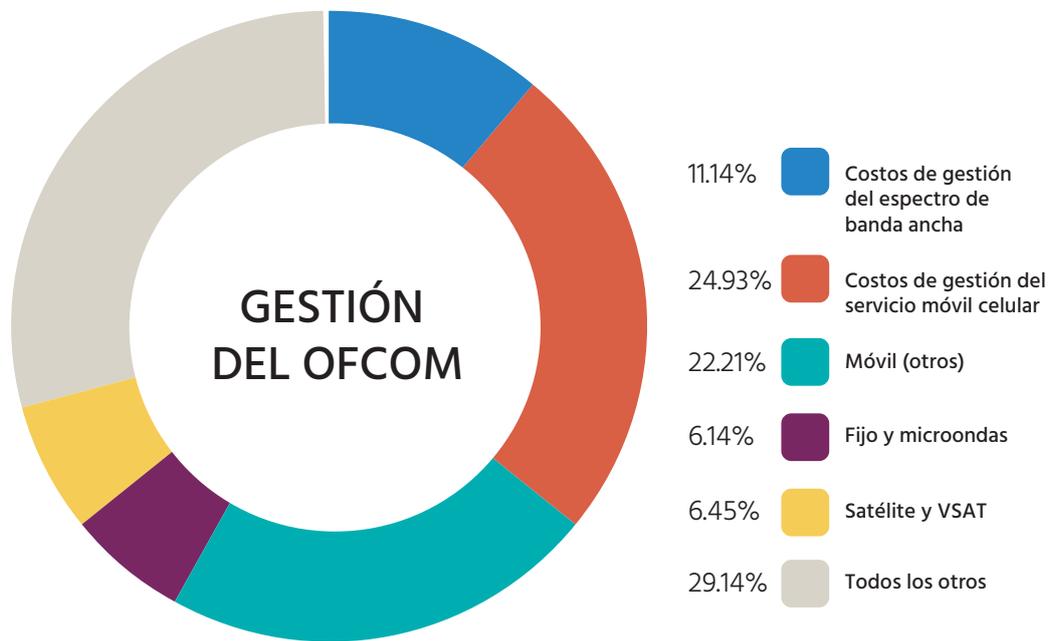
Además de los costos de licencia, los requisitos de solicitud (y mantenimiento) de una licencia también pueden ser bastante onerosos. Por ejemplo, en Brasil y Argentina se requiere un plan de negocios y un plan técnico firmados por un ingeniero registrado en una asociación profesional. Esto se basa en la idea arraigada entre los formuladores de políticas y los reguladores de que solo un profesional altamente calificado es capaz de prestar servicios de calidad suficiente y a un precio asequible. Este punto de vista puede haberse desarrollado en parte debido a una falta de conocimiento de las alternativas existentes, pero también porque las personas que viven en zonas rurales no tienen la posibilidad de expresar sus preocupaciones sobre la mala calidad del servicio que prestan los operadores nacionales en el lugar

donde viven. Además, puede haber requisitos de retención de datos y de presentación de informes periódicos que serían demasiado onerosos para muchos operadores pequeños.

Explorar el impacto del licenciamiento está fuera del alcance de este trabajo. Sin embargo, estas tasas y los costos administrativos contribuyen a los costos generales de cualquier entidad, en particular

de las redes comunitarias, y se convierten en una barrera de entrada cuando deben pagarse por adelantado y no son proporcionales a su tamaño o ingresos actuales. La Internet Society publicó recientemente un documento sobre este tema¹⁸⁸. Un seguimiento más profundo ayudaría a identificar las consecuencias de estos factores y arrojaría luz sobre su impacto en la viabilidad económica de estos modelos.

Figura 7 - Costo de la gestión de los diferentes servicios inalámbricos según OFCOM





TELL ME AND I FORGET, TEACH ME AND I REMEMBER, INVOLVE ME AND I LEARN.

THE MEDIOCRE TEACHER TELLS
THE GOOD TEACHER EXPLAINS
THE SUPERIOR TEACHER DEMONSTRATES
THE GREAT TEACHER INSPIRES



Transparencia, datos abiertos y espectro



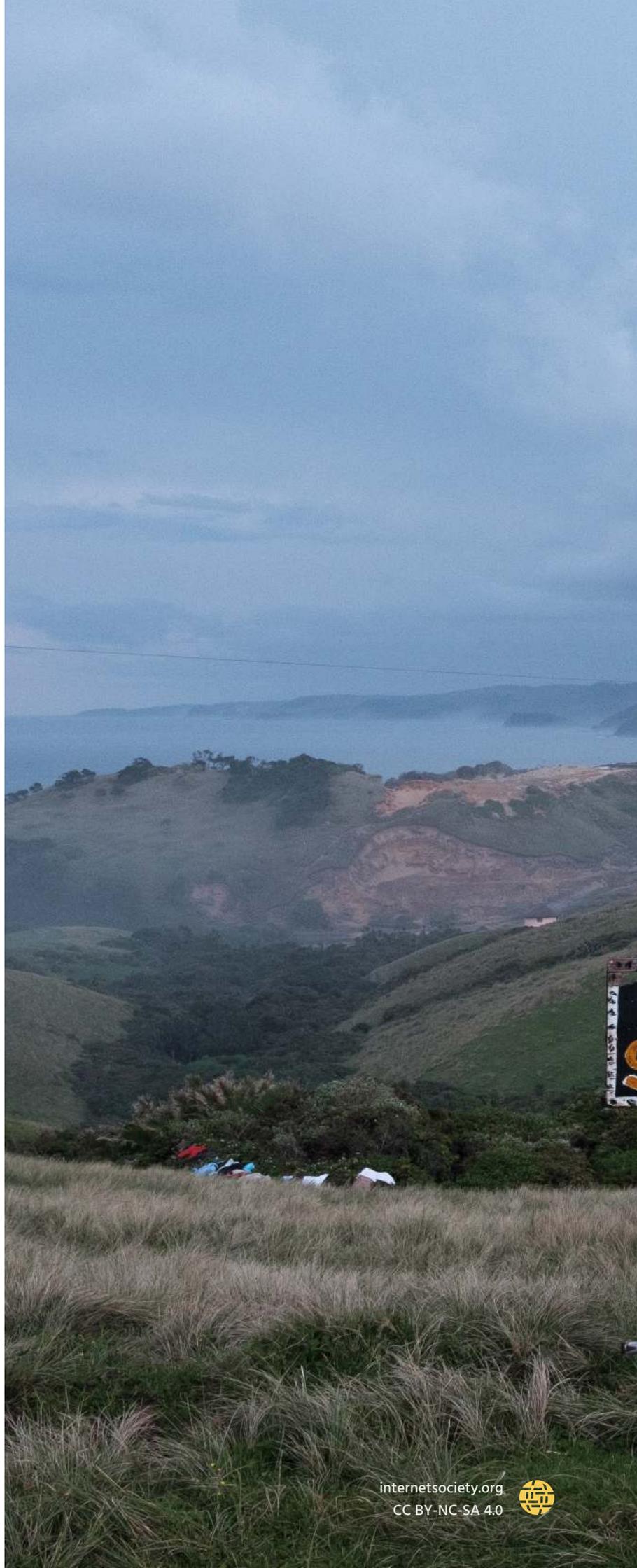
A MEDIDA QUE AUMENTA EL VALOR DE ESTAR CONECTADOS A LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES, QUIENES NO TIENEN ACCESO QUEDAN CADA VEZ MÁS RELEGADOS.

Para garantizar que todo el mundo tenga un acceso asequible a las comunicaciones, se necesita más transparencia en el sector de las telecomunicaciones para comprender mejor quiénes están desconectados y qué oportunidades existen para resolver los problemas de conectividad. La adopción de enfoques y políticas de datos abiertos en las telecomunicaciones asegura un debate más constructivo sobre el acceso entre las organizaciones de la sociedad civil, la comunidad técnica de Internet en general, el gobierno y la industria.

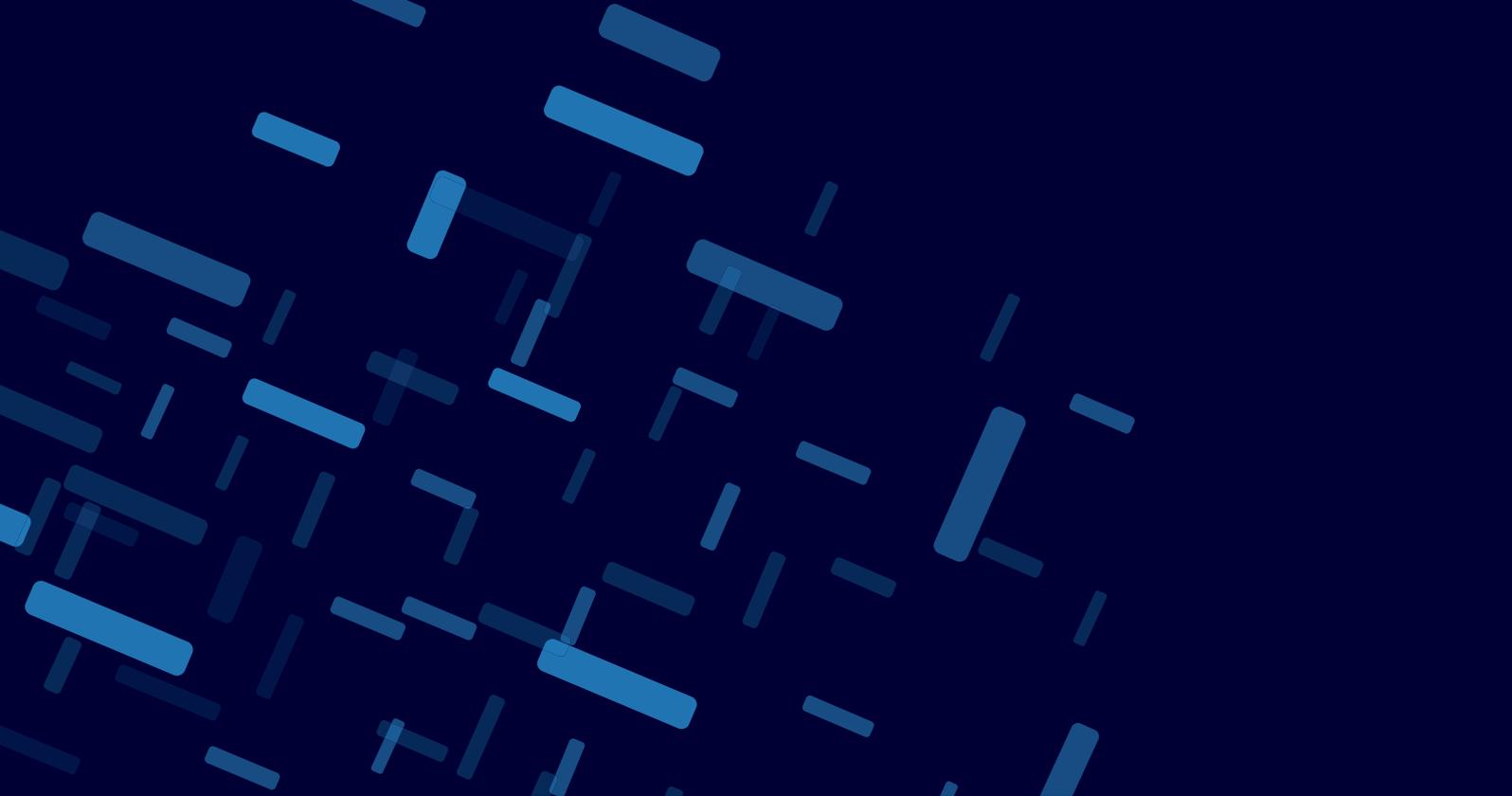
Un primer paso sencillo sería normalizar la transparencia en la asignación de las frecuencias del espectro. Es imposible realizar un debate público sobre las innovaciones en la gestión del espectro sin una comprensión clara de cómo se asigna actualmente el espectro y de sus términos y condiciones. El regulador del Reino Unido, OFCOM, es un modelo de buenas prácticas¹⁸⁹ en este sentido, al igual que el regulador mexicano, IFETEL¹⁹⁰.

Otro paso importante hacia la transparencia es la publicidad de la información sobre las torres de una red y su ocupación. A medida que garantizar el acceso asequible para toda la población se convierte en una prioridad estratégica cada vez más importante, resulta fundamental comprender claramente los límites de la cobertura existente. Los mapas de cobertura de los operadores de red son herramientas útiles, pero requieren de un mecanismo de comprobación independiente. El acceso público a la información sobre la ubicación y ocupación de las torres es la vía más sencilla para lograrlo. Al igual que en el caso de las asignaciones de espectro, ya existen buenas prácticas. El regulador canadiense, ISED, publica y permite descargar una base de datos de todas las torres y las radios asociadas¹⁹¹. En un gran ejemplo de lo útiles que pueden ser las prácticas de datos abiertos, Steven Nikkel ha convertido los datos en un mapa visual atractivo y fácil de usar¹⁹². En India, el operador comercial Airtel ha publicado un mapa¹⁹³ de toda su red de infraestructura de torres bajo el eslogan “Porque tienes mucho que decir. Y no tenemos nada que ocultar”.

La transparencia en el despliegue de la infraestructura de fibra óptica terrestre también es importante. Los puntos de presencia de fibra óptica son los “puertos de aguas profundas” de Internet, lo que significa que pueden ser conexiones de gran capacidad y muy baja latencia para la Internet global. Tener acceso a fibra para el backhaul suele ser esencial para aprovechar plenamente las innovaciones en la gestión del espectro que se mencionan en este documento. Sin embargo, es raro que los operadores publiquen mapas detallados de sus redes de fibra. Con pocas excepciones, los gobiernos y reguladores han tardado en presionar a favor de la transparencia en esta área. Operadores como Dark Fibre Africa en Sudáfrica son ejemplos de buenas prácticas en este sentido y publican un mapa¹⁹⁴ detallado de su red desde su creación hace más de diez años.







Conclusión y recomendaciones

7

EN LOS ÚLTIMOS VEINTICINCO AÑOS, LAS TELECOMUNICACIONES HAN DEJADO DE SER MONOLÍTICAS Y DE ESTAR EN MANOS DE LOS OPERADORES ESTATALES PARA PASAR A SER UN COMPLEJO ECOSISTEMA DE OPERADORES, TECNOLOGÍAS, FABRICANTES Y PROVEEDORES DE SERVICIOS. Este nuevo escenario ha abierto las puertas para que las redes comunitarias y los pequeños operadores puedan completar las lagunas de acceso de las cuales es poco probable que los grandes operadores se ocupen. Las regulaciones que han funcionado bien en mercados predecibles y de movimiento lento ya no pueden seguir el ritmo de los rápidos cambios tecnológicos y a menudo no reconocen el potencial de las organizaciones más pequeñas y dinámicas para hacer frente a los retos de acceso usando nuevas tecnologías y nuevos modelos de negocio. Cada vez hay más pruebas de que con los modelos de negocio existentes no se logrará un acceso asequible para todos. Para alcanzar este objetivo hace falta innovación.

Por esta razón, se recomienda a los reguladores que piensen como el administrador de un bosque o como un jardinero, intentando desalentar los comportamientos negativos y la vez fomentando el desarrollo de comportamientos positivos. El wifi es un gran ejemplo de éxito fortuito que se podría promover y alimentar con una buena regulación, mientras que el impacto de las tarifas excesivas a través de las subastas de espectro se podría ver como una estrategia que quizás no genere beneficios a largo plazo. A continuación, se describen recomendaciones relacionadas con estas y con otras estrategias que probablemente permitirán lograr resultados positivos.



7.1 Espectro exento de licencia

La rápida difusión del uso de espectro exento de licencia en forma de wifi es una lección importante sobre el poder de la innovación sin trabas y sobre la demanda de acceso asequible a Internet. Tiene

sentido que los reguladores aprovechen este éxito para ampliar el acceso al espectro exento de licencia y reducir aún más los costos asociados con su uso.

RECOMENDACIÓN	BUENA PRÁCTICA
Reconocer formalmente que el wifi tiene dos propósitos importantes pero separados. La mayoría de las personas utilizan el wifi como un punto de acceso al que pueden conectarse con el dispositivo de su elección, pero el wifi también ha crecido considerablemente como una tecnología para crear enlaces de banda ancha punto a punto o punto a multipunto de larga distancia. Estos casos de uso separados pueden beneficiarse de un enfoque más granular de la regulación que reconozca la necesidad de mayores niveles de potencia de salida para los enlaces punto a punto. Esto amplificaría el impacto de una tecnología de acceso ya de por sí poderosa.	Canadá
Revisar los niveles de potencia de salida para el wifi. Los niveles de potencia de salida permitidos para el wifi varían sustancialmente de un país a otro. Muchos países en desarrollo imponen límites innecesariamente restrictivos para la potencia del wifi. Existe la oportunidad de armonizar la regulación de los niveles de potencia de salida para el wifi, lo que aumentaría el potencial de esta tecnología para conectar a los no conectados.	Estados Unidos
Ampliar la regulación de las frecuencias exentas de licencia a nuevas bandas. El éxito de la tecnología wifi sugiere que se debería ampliar el espectro exento de licencia. Los esfuerzos para abrir la banda de 6 GHz para uso exento de licencia son muy prometedores.	Estados Unidos (en proceso)
Considerar bandas de frecuencia más altas para uso exento de licencia para el backhaul punto a punto. Se deberían analizar otras bandas de frecuencia para enlaces de backhaul, como las de 24 GHz y 60 GHz, para determinar su potencial para ofrecer infraestructura inalámbrica de bajo costo y gran capacidad a las redes comunitarias y los pequeños operadores. Dada su limitada capacidad para interferir con otros enlaces, se debería considerar la ampliación de los límites de potencia máxima y la reducción de las barreras para su utilización.	Estados Unidos (en proceso)

7.2 Licencias ligeras para un mayor espectro de backhaul

La poca interferencia de las antenas diseñadas para enlaces punto a punto que pueden enfocar las comunicaciones inalámbricas usando haces o caminos muy estrechos ha llevado a algunos reguladores a ampliar el uso de ciertas bandas tradicionalmente asignadas a los servicios satelitales y extenderlo a los enlaces de backhaul punto a punto. Además, la tecnología de microondas potente y de bajo costo desarrollada por los fabricantes de wifi puede utilizarse en casi todas las bandas de frecuencia.

Los reguladores deberían considerar la disponibilidad en el mercado de soluciones de microondas de bajo costo en 11 GHz y en otras frecuencias y adaptar la regulación para fomentar su adopción. Esto podría adoptar la forma de un escenario de concesión de licencias ligeras (light-licensing) como el que se aplica en Estados Unidos y Nueva Zelanda para la gestión cooperativa de asignaciones de frecuencia geolocalizadas.

RECOMENDACIÓN	BUENA PRÁCTICA
Ampliar el uso de la banda de 11 GHz y otras frecuencias para los enlaces de backhaul punto a punto	Estados Unidos, Nueva Zelanda
Revisar los cánones por el uso del espectro para los enlaces de backhaul punto a punto para asegurar que se reduzcan a niveles apropiados para la tecnología y las soluciones que se están implementando. Aumentar la granularidad de la regulación, reconociendo que tanto la geografía como la probabilidad de interferencia son factores a considerar.	Sudáfrica
Explorar incentivos administrativos que introducirían cánones para el espectro con licencia pero que no se está utilizando para así incentivar a los titulares de licencias a ceder el espectro que no está en uso.	Sudáfrica, Reino Unido

Considerar la posibilidad de revertir las licencias de uso exclusivo en bandas como la de 11 GHz para permitir una adopción más amplia y equitativa de la tecnología.

7.3 Espectro dinámico

Aumentar los costos del espectro con licencia de uso exclusivo, en particular mediante subastas del espectro, representa un marcado contraste con el espectro exento de licencia que está disponible sin costo alguno. El espectro dinámico ofrece la oportunidad de establecer una posición intermedia entre ambos enfoques. Si bien en Estados Unidos,

Reino Unido, Singapur y otros países se han implementado regulaciones para los TVWS, puede que aún no se haya materializado su verdadero potencial como tecnología de acceso asequible en los países en desarrollo, donde la banda UHF está prácticamente desocupada. Sudáfrica es pionera en este sentido.

RECOMENDACIÓN	BUENA PRÁCTICA
Acelerar la adopción de regulaciones para los TVWS y la promoción de regulaciones estandarizadas para reflejar las necesidades y prioridades de los países en desarrollo.	Mozambique, Sudáfrica, Reino Unido, Estados Unidos
Explorar la aplicación de enfoques de gestión dinámica del espectro a otras bandas de frecuencia, como se está haciendo en Estados Unidos con el CBRS en la banda de 3.5 GHz.	Estados Unidos
Considerar la gestión dinámica del espectro como un enfoque en nuevas bandas de frecuencia, por ejemplo, 3.7-4.2 GHz y otras.	Reino Unido
Considerar enfoques regionales para servicios con bases de datos georreferenciadas.	

7.4 Espectro para servicios de redes móviles

Si bien en las zonas urbanas la demanda de espectro muchas veces excede su disponibilidad administrativa, en las zonas escasamente pobladas y económicamente pobres hay una gran cantidad de espectro sujeto a licencia que permanece sin utilizar. En los últimos años han surgido varios fabricantes de dispositivos 2G y 4G de bajo costo

que tienen el potencial de cambiar drásticamente el modelo de costos para el despliegue de redes móviles rurales sostenibles. Los operadores dominantes a menudo carecen de incentivos o sus estructuras de costos no fomentan el despliegue de estas nuevas tecnologías.

RECOMENDACIÓN	BUENA PRÁCTICA
Considerar la posibilidad de reservar pequeños bloques de espectro GSM y LTE para quienes proporcionen conectividad asequible en zonas con servicios insuficientes.	México
En los países en los que se ha asignado todo el espectro pero este no está ocupado en las zonas no rentables, explorar formas innovadoras de hacer que el espectro esté accesible para las redes comunitarias y los pequeños operadores.	
Establecer cánones por el uso del espectro para incentivar un uso más eficiente del mismo y un enfoque más localizado que considere el lugar donde se utilice, habilitando así la entrada de nuevos operadores en áreas que no son rentables para los operadores.	Reino Unido
Con la llegada de la tecnología 5G, será importante que los reguladores se aseguren de que los beneficios del espectro exento de licencia no se vean erosionados y que consideren un caso especial para el uso de espectro por parte de pequeños operadores y redes comunitarias.	
Considerar un estudio económico para comprender el costo económico del espectro no utilizado.	

7.5 Enfoques mayoristas para la asignación de espectro

Asignar el espectro de una manera equitativa y que mejor sirva a los intereses estratégicos nacionales sigue siendo un desafío. Las subastas de espectro han demostrado ser difíciles de ejecutar correctamente. Puede que los altos precios pagados en las subastas representan un golpe de suerte para las arcas del país, pero han demostrado lograr un menor bienestar de los consumidores al reducir el despliegue de la red y aumentar los precios al usuario final. Las redes al por mayor y los recursos de uso común —los cuales establecen

una infraestructura de red compartida para que todos los operadores presten servicios en ella— pueden ser una alternativa práctica a las subastas de espectro. Es demasiado pronto para saberlo con certeza, ya que hay pocos ejemplos y los que existen son demasiado nuevos para evaluarlos de manera eficaz. Sin embargo, los modelos mayoristas son habituales para la infraestructura de fibra óptica, lo que sugiere que esta vía merece ser explorada más a fondo.

RECOMENDACIÓN

BUENA PRÁCTICA

Experimentar con una variedad de estrategias de redes mayoristas a través de proyectos piloto limitados (en términos de geografía y/o frecuencia) para fortalecer los éxitos y poner fin a los pilotos que no den buenos resultados.

7.6 Transparencia y datos abiertos

Las políticas y regulaciones del espectro han estado tradicionalmente bajo la responsabilidad de ingenieros, economistas y abogados dentro del sector de las telecomunicaciones. Sin embargo, a medida que el espectro se ha ido convirtiendo en un recurso cada vez más crítico en la provisión de acceso asequible, la necesidad de un debate más inclusivo ha crecido de manera proporcional. Las recomendaciones sobre la regulación del espectro tienden a estar dominadas por los aportes de los grandes operadores de red y los grandes fabricantes. Aunque es importante contar con el punto de vista de la industria, este suele olvidar la opinión

de otros actores importantes que representan al público en general, como la sociedad civil. Los reguladores pueden crear más oportunidades para la participación de la sociedad civil mediante una mayor transparencia y comunicación. La falta de participación de la sociedad civil en los procesos que dan forma a la industria de las telecomunicaciones puede atribuirse, en muchos casos, a su falta de acceso a información crítica. Los autores de este informe han tenido que hacer frente a numerosos desafíos para acceder a información básica sobre las asignaciones de frecuencias del espectro, los cánones y las regulaciones en general.

RECOMENDACIÓN

BUENA PRÁCTICA

Garantizar que todas las asignaciones y regulaciones clave en materia de espectro estén públicamente disponibles en **Reino Unido** su sitio web de una manera accesible y comprensible.

Trabajar para promover normas para el intercambio de información que faciliten la comparación de las regulaciones entre diferentes países y permitan un debate proactivo sobre la su armonización.



7.7 Desarrollo de capacidades y colaboraciones

A medida que aumenta la evidencia del impacto de los no conectados, distintos reguladores de todo el mundo han mostrado interés en familiarizarse más con estos enfoques innovadores para la gestión del espectro y las formas de implementarlos. La Internet Society, la Asociación para el Progreso de las Comunicaciones, la Fundación Mozilla y diferentes asociaciones de la industria están dispuestas a ofrecer su apoyo en diferentes áreas para que esto se convierta en una realidad:

- Ofreciendo capacitación a los reguladores nacionales y regionales y a los formuladores de políticas adaptada a esta realidad en constante evolución.
- Trabajando de forma conjunta con los reguladores y formuladores de políticas para estudiar el impacto de la implementación de estas innovaciones en sus propios marcos normativos y regulatorios.
- Analizando otros factores que influyen en el uso de estas innovaciones por parte de los pequeños operadores y las

redes comunitarias, como los regímenes de concesión de licencias en los que se considera, entre otros factores, una licencia para “uso social” del espectro.

- Elaborando directrices para sitios web modelo, donde la información se encuentre claramente estructurada y disponible para su consulta y análisis por parte de una amplia variedad de partes interesadas.
- Estudiando el impacto de que todas las redes desplegadas con financiación pública apliquen un modelo de recursos comunes.
- Explorando formas de utilizar los fondos de servicio universal y los cánones de concesión de licencias de espectro para apoyar iniciativas en estas direcciones, mediante el estudio, la recopilación de datos y la implementación de estas soluciones.



Agradecimientos



Nos gustaría agradecer a las siguientes personas por sus aportes y comentarios sobre las versiones anteriores de este documento. Gracias a ellos, esta versión final es mucho mejor que las anteriores: Rodrigo Huerta, Peter Bloom, Dominic Cull, Rolf Blom, Brenda Vilas Boas, Aldebaro Klautau, Lauro Brito, Rob McMahon, Onna Castro, Marcelo Saldanha, Jane Coffin, Erick Huerta, Ali Akbari, Christian O'Flaherty, Nico Pace, Nico Echaniz, Juan Matías Cattaneo, Danilo Lujambio, (Airjaldi), Brian Beaton, Rafael Diniz, Leandro Navarro, Ramon Roca, Alan Norman, Noelle Francesca de Guzman, Lee McKnight, Vasilis Chryssos, George Klissiaris, Benson Olobo, A. Paventhan, Jon Brewer, Jochai Ben-Avie y otros miembros de las comunidades más amplias de ISOC y Mozilla.



Tablas

9

9.1 Potencia de salida regulada en las bandas que utiliza la tecnología wifi en los países estudiados

	2400 – 2483.5 MHZ	5150 – 5250 MHZ	5250 – 5350 MHZ	5470 – 5600 MHZ	5600 – 5650 MHZ	5650 – 5725 MHZ	5725 – 5850 MHZ							
	PIRE	Potencia Tx PIRE	Potencia Tx PIRE	Potencia Tx PIRE	Potencia Tx PIRE	Potencia Tx PIRE	Potencia Tx PIRE	Potencia Tx PIRE	Potencia Tx PIRE	Potencia Tx PIRE	Potencia Tx PIRE	Potencia Tx PIRE	Potencia Tx PIRE	
México	33 dBm en PtP 30 dBm en PtMP	27 dBm en PtP 24 dBm en PtMP	23 dBm	17 dBm	30 dBm	24 dBm	30 dBm	24 dBm		30 dBm	24 dBm	36 dBm	30 dBm	
Sudáfrica	20 dBm		23 dBm	20 dBm	30 dBm					30 dBm		36 dBm (PtP 53 dBm)	30 dBm	
Brasil	36 dBm	30 dBm	23 dBm	23 dBm	30 dBm	24 dBm				30 dBm	24 dBm	36 dBm	30 dBm	
Argentina	36 dBm	30 dBm	23 dBm	17 dBm	36 dBm	30 dBm	36 dBm	30 dBm		36 dBm	30 dBm	36 dBm (53 dBm para enlaces PtP hasta 5.825 GHz)	30 dBm	
Estados Unidos	36 dBm en PtMP. En PtP 1 dBm menos en potencia Tx por cada incremento de 3 dBi en la ganancia de antena por encima de 6 dBm	30 dBm	36 dBm en PtMP y 53 dBm en PtP	30 dBm	30 dBm	24 dBm	30 dBm	24 dBm	30 dBm	24 dBm	30 dBm	24 dBm	36 dBm en PtMP 30 dBm y sin límite para la ganancia de la antena en PtP	
India	36 dBm	30 dBm	20 dBm		20 dBm								20 dBm y 36 dBm (5.825 dBm (5.825 hasta 5.875 GHz) hasta 5.875 GHz)	
Canadá	36 dBm en PtMP y sin límite para la ganancia en PtP	30 dBm	23 dBm solo en interiores		30 dBm	24 dBm	30 dBm	24 dBm				30 dBm	24 dBm	36 dBm en PtMP 30 dBm y sin límite para la ganancia en PtP

9.2 Potencia de salida regulada en las bandas que utiliza la tecnología mmWave en los países estudiados

	24.05-24.25 GHz		57-64 GHz (Banda V)		64-71 GHz (Banda V)		71-76 GHz (Banda E)		81-86 GHz (Banda E)	
	PIRE	Potencia Tx	PIRE	Potencia Tx	PIRE	Potencia Tx	PIRE	Potencia Tx	PIRE	Potencia Tx
México			82 dBm (si la ganancia es inferior a 51 dBi, 2 dBm menos potencia Tx por cada dBi por debajo de este valor)				85 dBm	35 dBm	85 dBm	35 dBm
Sudáfrica			55 dBm (40 dBm hasta 66 GHz)	10 dBm						
Brasil							85 dBm		85 dBm	
Argentina			40 dBm							
Estados Unidos	La ganancia debe ser de al menos 33 dBi	0 dBm	82 dBm (si la ganancia es inferior a 51 dBi, 2 dBm menos potencia Tx por cada dBi por debajo de este valor)		82 dBm (si la ganancia es menor a 51 dBi, 2 dBm menos potencia Tx por cada dBi por debajo de este valor)		55 dBm	35 dBm	55 dBm	35 dBm
India										
Canadá	La ganancia debe ser de al menos 33 dBi	0 dBm	82 dBm (si la ganancia es inferior a 51 dBi, 2 dBm menos potencia Tx por cada dBi por debajo de este valor)		27 dBm					

Notas

- 1 Mozumder, P, Marathe, A. Role of information and communication networks in malaria survival. *Malaria Journal*. 10 de octubre de 2007. <https://malariajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2875-6-136>
- 2 Connecting The Unconnected: Working together to achieve Connect 2020 Agenda Targets. Un trabajo que sirvió como antecedente para la sesión especial de la Comisión de Banda Ancha y la Reunión Anual 2017 del Foro Económico Mundial en Davos http://broadbandcommission.org/Documents/ITU_discussion-paper_Davos2017.pdf
- 3 GSMA State of Mobile Internet Connectivity 2018. 3 de septiembre de 2018. <https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/programme/connected-society/state-of-mobile-internet-connectivity-2018/>
- 4 Ibid
- 5 <https://www.gsmaintelligence.com/research/2018/02/unique-subscribers-and-mobile-internet-users-understanding-the-new-growth-story/653/>
- 6 Mary Meeker. Internet Trends 2018. Mayo de 2018. <https://www.slideshare.net/kleinerperkins/internet-trends-report-2018-99574140>
- 7 GSMA Intelligence. What's Driving the Mobile Industry? Septiembre de 2018 <https://www.gsmaintelligence.com/research/?file=8535289e1005eb248a54069d82ceb824&download>
- 8 Recomendación UIT-D 19. Informe CMDT 2017. https://www.itu.int/en/ITU-D/Conferences/WTDC/WTDC17/Documents/WTDC17_final_report_en.pdf
- 9 Los recursos están disponibles en <https://www.internetsociety.org/issues/community-networks/>
- 10 Argentina, Brasil, Canadá, India, México, Sudáfrica y Estados Unidos
- 11 El lenguaje en constante evolución y las siglas y acrónimos que se usan en la gestión del espectro son un desafío para los profesionales, más aún para quienes no son expertos en el tema.
- 12 A modo de ejemplo, en el siguiente enlace se puede encontrar un mapa detallado de las asignaciones de frecuencia para Estados Unidos: https://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/january_2016_spectrum_wall_chart.pdf
- 13 Shannon Bound. Arimas. 17 Oct 2016. <https://www.larocasolutions.com/shannon-bound/>
- 14 Spectral Efficiency <http://www.cablefax.com/archives/spectral-efficiency> Ron Hranac CableFax 1 October 2012. Accedido el 24 de junio de 2018.
- 15 Ronald H. Coase, "The Federal Communications Commission," 2 *Journal of Law and Economics* 1 (1959).
- 16 El espectro de alta demanda se refiere al espectro para el cual la demanda del mercado supera a la actual disponibilidad administrativa, típicamente aquellas bandas de espectro que se utilizan para la comunicación móvil.
- 17 Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press
- 18 Artículo de Wikipedia sobre la tragedia de los comunes https://en.wikipedia.org/wiki/Tragedy_of_the_commons Concepto original de Hardin, G (1968). "The Tragedy of the Commons". *Science*. 162 (3859): 1243-1248.
- 19 https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/stg/D-STG-SG02.FEES-1-2010-PDF-E.pdf
- 20 Elinor Ostrom's 8 Principles for Managing A Commons 2 October 2011 On The Commons <http://www.onthecommons.org/magazine/elinor-ostroms-8-principles-managing-commmons> Accedido el 24 de junio de 2018.
- 21 Ejemplo de numerosos titulares similares. The Spectrum Crunch Cometh <https://www.tvtechnology.com>

- com/news/the-spectrum-crunch-cometh TVTechnology, Steve Harvey, Oct 16, 2017. Accedido el 4 de junio de 2018.
- 22 Cooper, Martin. The Myth of Spectrum Scarcity. 2010 (Position paper) <http://dynallc.com/wp-content/uploads/2012/12/themythofspectrumscarcity.pdf> Accedido el 18 de junio de 2018
- 23 Es importante tener en cuenta que, con el uso de antenas direccionales, el WiFi también se puede usar para conexiones de banda ancha punto a punto de línea de vista altamente dirigidas, y muchas veces de decenas de kilómetros.
- 24 How selective hearing works in the brain: ‘Cocktail party effect’ explained. 18 April 2012 Science Daily. <https://www.sciencedaily.com/releases/2012/04/120418135045.htm> Accedido el 24 de junio de 2018
- 25 Artículo de Wikipedia sobre Ruido de fondo https://en.wikipedia.org/wiki/Noise_floor
- 26 El IEEE tienen un video explicativo muy útil sobre 5G que incluye una sección sobre la conformación de haces. Este video está disponible en https://youtu.be/GEx_d0SjvS0?t=201
- 27 C. Rey-Moreno, J. Simo-Reigadas y A. Martínez-Fernández, “WiMAX-An Uncertain Promise for Bridging the Digital Divide,” IEEE Technology and Society Magazine, vol. 30, no. 4, pp. 26–33, diciembre de 2011.
- 28 Overview of ITU’s History, ITU <https://www.itu.int/en/history/documents/itu-history-overview.pdf> Accedido el 10 de junio de 2018
- 29 Constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones <https://www.itu.int/council/pd/constitution.html> Accedido el 2 de julio de 2018
- 30 Informe Final. Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT-14). Dubai, Emiratos Árabes Unidos, 30 de marzo al 10 de abril de 2014 <https://www.itu.int/en/ITU-D/Conferences/WTDC/Documents/D-TDC-WTDC-2014-PDF-E.pdf> Recomendación 19
- 31 <http://www.3gpp.org/>
- 32 <http://www.ieee.org/>
- 33 <http://www.etsi.org/>
- 34 ITU Press Release: Digital broadcasting set to transform communication landscape by 2015 https://web.archive.org/web/20170318185816/http://www.itu.int/newsroom/press_releases/2006/11.html Original eliminado del sitio web de la UIT. Recuperado de Archive.org el 24 de junio de 2018
- 35 ITU - Status of the transition to Digital Terrestrial Television Broadcasting : Figures <https://www.itu.int/en/ITU-D/Spectrum-Broadcasting/Pages/DSO/figures.aspx> Accedido el 24 de junio de 2018
- 36 Presentación en el Taller de la UIT sobre Tecnologías de radiodifusión digitales para los países del África subsahariana. Nairobi, marzo de 2018 Kezias MWALE <https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/Africa/Documents/Nairobi%202018%20ITU%20Broadcast%20Workshop%20-%20DSO%20-%20Digital%20Migration%20Status%20%28Update%29%20in%20Africa.pdf>
- 37 The rise of OTT and VOD services in Africa, ScreenAfrica, David Cornwell. Mayo de 14, 2018 <http://www.screenafrica.com/2018/05/14/digital/vod-ott/an-inside-look-at-the-meteoric-rise-of-ott-and-vod-services-in-africa/>
- 38 African pay TV subscriber numbers to grow 74% by 2023, Andrew McDonald, 8 de enero de 2018 <https://www.digitaltveurope.com/2018/01/08/african-pay-tv-subscriber-numbers-to-grow-74-by-2023/>
- 39 Cornwell, David. 14 de mayo, 2018. ScreenAfrica. The rise of OTT and VOD services in Africa <http://www.screenafrica.com/2018/05/14/digital/vod-ott/an-inside-look-at-the-meteoric-rise-of-ott-and-vod-services-in-africa/>
- 40 Friend, G. (2 de junio de 2011). Best practice spectrum renewal and pricing (Rep.). <http://documents.worldbank.org/curated/en/908691468210579972/pdf/832430WPOP122200Box379886B00PUBLIC0.pdf>. Recuperado el 18 de junio de 2018
- 41 Jochum, J., & Leonhard, M. (23 de noviembre de 2015). Impact of Spectrum Auctions (Publication). <http://www.detecon.com/en/Publications/impact-spectrum-auctions> Recuperado el 18 de junio de 2018
- 42 Effective Spectrum Pricing: Supporting Better Quality and More Affordable Mobile Services. 22 de febrero de 2017 Por Richard Marsden, Dr. Bruno Soria y Hans-Martin Ihle <http://www.nera.com/publications/archive/2017/effective-spectrum-pricing--supporting-better-quality-and-more-a.html>
- 43 Spectrum pricing in developing countries. Evidence to support better and more affordable mobile services. Julio de 2018. <https://www.gsmaintelli->



- [gence.com/research/?file=5a8f746015d3c1f72e-5c8257e4a9829a&download](https://www.internet-society.com/research/?file=5a8f746015d3c1f72e-5c8257e4a9829a&download)
- 44 The Failure of Spectrum Auctions in Africa, Steve Song, ManyPossibilities <https://manypossibilities.net/2017/04/the-failure-of-spectrum-auctions-in-africa/>. Accedido el 18 de junio de 2018
- 45 Mawson, N. (6 de septiembre de 2016). Spectrum meltdown. Brainstorm Magazine. <http://www.brainstormmag.co.za/technology/12667-spectrum-meltdown> Accedido el 18 de junio de 2018
- 46 McLeod, D (1 de agosto de 2017). We have run out of spectrum: Vodacom. TechCentral. <https://techcentral.co.za/run-spectrum-vodacom/76040/Recuperado> el 18 de junio de 2018
- 47 Despite massive investment, broadband plan totters. Punch Nigeria. 21 de diciembre de 2017 <http://punchng.com/despite-massive-investment-broadband-plan-totters/> Accedido el 18 de junio de 2018
- 48 Spectrum pricing: politics vrs industry, consumer interest. Ghana Business News. <https://www.ghanabusinessnews.com/2017/01/12/4g-spectrum-pricing-politics-vrs-industry-consumer-interest/> Accedido el 18 de junio de 2018
- 49 Adepou, P. (20 de julio de 2017). Ghana's govt rejects calls for 4G license price slash. ITWeb Africa. <http://www.itwebafrica.com/networks/341-ghana/238882-ghanas-govt-rejects-calls-for-4g-license-price-slash> Accedido el 18 de junio de 2018
- 50 Egypt's Minister for ICT says 4G will launch this month. Telecom Review. 23 de septiembre de 2017. <http://www.telecomreview.com/index.php/articles/reports-and-coverage/1614-egypt-s-minister-for-ict-says-4g-will-launch-this-month> Accedido el 24 de junio de 2018
- 51 <https://www.internetsociety.org/policybriefs/spectrum/>
- 52 Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016–2021 White Paper, 28 de marzo de 2017 <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html> Accedido el 18 de junio de 2018
- 53 Ibid
- 54 Katz, Raul. A 2017 Assessment of the Current & Future Economic Value of Unlicensed Spectrum in the United States. Abril de 2018 [http://glenechogroup.isebox.net/wififorward/economic-value-of-un-](http://glenechogroup.isebox.net/wififorward/economic-value-of-unlicensed-spectrum-to-reach-more-than-834-billion-by-2020)
- censed-spectrum-to-reach-more-than-834-billion-by-2020. Accedido el 21 de noviembre de 2018.
- 55 The Economic Significance of Licence-Exempt Spectrum to the Future of the Internet” por Richard Thanki, 2012. https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/spectrum-economic-significance-of-licence-exempt-spectrum-report_thanki.pdf
- 56 Project Isizwe <http://www.projectisizwe.org>
- 57 Announcing the Equal Rating Innovation Challenge Winners <https://blog.mozilla.org/press/2017/03/announcing-the-equal-rating-innovation-challenge-winners/> 29 de marzo de 2017. Accedido el 22 de noviembre de 2018.
- 58 AirJaldi <https://airjaldi.com>
- 59 Google says over 8 million people use its free WiFi service at railway stations in India, 7 de junio de 2018, Jon Russell, TechCrunch. <https://techcrunch.com/2018/06/07/google-says-over-8-million-people-use-its-free-wifi-service-at-railway-stations-in-india/> Accedido el 18 de junio de 2018
- 60 Colectivo Ik' ta Kop <http://www.iktakop.org/>
- 61 Zenzeleni Networks, <https://zenzeleni.net>
- 62 Coolab <http://www.coolab.org>
- 63 Altermundi, red comunitaria inalámbrica <http://altermundi.net>
- 64 Tribal Digital Village <https://sctdv.net/>
- 65 KNET, <http://knet.ca/>
- 66 Wireless for Communities, India, <http://defindia.org/access-infrastructure-2/#W4C>
- 67 Al establecer límites de potencia de transmisión, las agencias reguladoras generalmente utilizan la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) como una medida de la potencia. PIRE se refiere a la potencia real radiada por el elemento de antena, no simplemente a la potencia de salida de la radio.
- 68 <https://www.ubnt.com/airmax/rocketdish-antenna/>
- 69 Combinando https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber_5XHD_DS.pdf y <https://www.ubnt.com/airmax/rocketdish-antenna/>, por ejemplo.
- 70 https://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2013/db0220/FCC-13-22A1.pdf
- 71 https://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2017/db0713/DOC-345789A1.pdf.
- 72 FCC Notice of Proposed Rulemaking In the Matter of Unlicensed Use of the 6 GHz Band. 2 de octubre de 2018. <https://docs.fcc.gov/public/attachments/>

DOC-354364A1.pdf

- [73](#) En la mayoría de los países de las Américas, la banda de 900 MHz también está exenta de licencia. En México, la banda entre 1920 y 1930 MHz también está exenta de licencia. En Sudáfrica, la banda de 17.1 a 17.3 GHz también está exenta de licencia.
- [74](#) A los cálculos de presupuesto de enlace habituales en estas frecuencias, es necesario sumar la absorción de vapor, que produce pérdidas de 20 dB/km <http://frankrayal.com/2013/08/12/new-fcc-rules-give-60-ghz-a-boost/>
- [75](#) https://www.trai.gov.in/sites/default/files/Consultation-Paper_Final%2028-3-14.pdf
- [76](#) <https://telecom.economictimes.indiatimes.com/news/government-likely-to-allocate-backhaul-spectrum-without-auction/64556846>
- [77](#) <https://www.qualcomm.com/news/releases/2017/05/30/qualcomm-extends-benefits-80211ad-wi-fi-enterprises-and-outdoor>
- [78](#) Si bien en los ambientes secos se pueden cubrir distancias más largas, las fuertes lluvias pueden hacer que un enlace sea inestable o inutilizable más allá de las distancias mencionadas anteriormente: <https://help.ubnt.com/hc/en-us/articles/204977614-airFiber-Rain-fade-effects-on-AF24-24HD-links>
- [79](#) <https://mimosa.co/products/specs/b24>
- [80](#) https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber_DS.pdf
- [81](#) <https://mimosa.co/products/specs/b11>
- [82](#) <https://www.ubnt.com/airfiber/airfiber-11fx>
- [83](#) Canadá permite un PIRE de 85 dBm. <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf10414.html#s8>
- [84](#) <https://wireless.fcc.gov/uls/index.htm?job=transaction&page=weekly>
- [85](#) <https://www.entirety.biz/argentina-enacom-introduces-hertz-a-new-application-system-for-rf-approvals-e2%80%a8/>
- [86](#) <https://www.balticnetworks.com/fcc-standard-coordination-ubiquit.html>
- [87](#) <http://ucsweb.ift.org.mx/vrpc/>
- [88](#) http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenido-general/espectro-radioelectrico/tecnologiasdeaccesodinamicoyusocompartidodeespectro_0.pdf
- [89](#) La Dynamic Spectrum Alliance mantiene una lista de proyectos piloto de banda blanca de TV alrededor del mundo. Esta lista se puede consultar en <http://dynamicspectrumalliance.org/pilots/>
- [90](#) Estados Unidos, Reino Unido y Singapur.
- [91](#) Schiffman, Betsy. White Spaces Debate Becomes Religious War. Wired Magazine. 7 de noviembre de 2008. <https://www.wired.com/2008/10/god-gets-in-on/> Accedido el 22 de noviembre de 2018.
- [92](#) Artículo de Wikipedia sobre el problema del nodo oculto https://en.wikipedia.org/wiki/Hidden_node_problem
- [93](#) Consultation on a Policy and Technical Framework for the Use of Non-Broadcasting Applications in the Television Broadcasting Bands Below 698 MHz <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf10058.html>
- [94](#) Framework for the Use of Certain Non-broadcasting Applications in the Television Broadcasting Bands Below 698 MHz <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf10493.html> 30 de octubre de 2012
- [95](#) <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf10942.html>
- [96](#) Tackling the spectrum question. Brainstorm Magazine. Samantha Perry. 1 de abril de 2009 <http://www.brainstormmag.co.za/features/11746-tackling-the-spectrum-question> Accedido el 2 de julio de 2018
- [97](#) The Cape Town TV White Spaces Trial. Sitio web de TENET. <https://www.tenet.ac.za/tvws> Accedido el 2 de julio de 2018
- [98](#) TV white space for South Africa. <http://www.ee.co.za/article/tv-whitespace-south-africa.html> por Chris Burger y Dr. Moshe Masonta. 13 de septiembre de 2018. EE Publishers. Accedido el 2 de julio de 2018
- [99](#) Regulations On The Use of Television White Spaces 2018. ICASA <https://www.icasa.org.za/legislation-and-regulations/regulations-on-the-use-of-television-white-spaces-2018> Accedido el 2 de julio de 2018
- [100](#) Gram Marg. IIT Bombay. <http://grammarg.in/>
- [101](#) DoT says no to releasing TV White Space spectrum, clarifies it is for experiments. The Hindu - Business Line. 16 de junio de 2016. Varun Aggarwal. <https://www.thehindubusinessline.com/info-tech/dot-says-no-to-releasing-tv-white-space-spectrum-clarifies-it-is-for-experiments/article8737575.ece> Accedido el 2 de julio de 2018
- [102](#) Techies tease out Internet from 'White Space'. The New Indian Express. Ramzaava Chhachhuak. 9 de



- marzo de 2018 <http://www.newindianexpress.com/cities/bengaluru/2018/mar/09/techies-tease-out-internet-from-white-space-1784600.html> Accedido el 2 de julio de 2018
- [103](#) Microsoft to Introduce “White Space” Broadband to Vast Areas of Brazil. NearShore Americas. Dan Tucker. 27 de marzo de 2014 <http://www.nearshoreamericas.com/microsoft-introduce-white-space-broadband-brazil/> Accedido el 18 de junio de 2018
- [104](#) LatAm: Alliance conducting white space trial for broadband in Brazil. RCRWireless. Roberta Prescott. 22 de enero de 2015 <https://www.rcrwireless.com/20150122/americas/latam-white-space-trial-brazil-tag5> Accedido el 18 de junio de 2018
- [105](#) Enacom firmó un convenio con Microsoft https://www.enacom.gob.ar/institucional/enacom-firmo-un-convenio-con-microsoft_n1326
- [106](#) Presentación del Comisionado del IFT, Adrian Labardini en la Canadian Spectrum Summit 2017 <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/conocenos/pleno/presentaciones/adriana-sofia-labardini-inzunza-presidenta/spectrumsummit2017iftlabardinimexicooralfinale-170816174510.pdf>
- [107](#) Ajit Pai’s 5G plans make it harder for small ISPs to deploy broadband. Ars Technica. 10 de octubre de 2018 <https://arstechnica.com/tech-policy/2018/10/ajit-pais-5g-plans-make-it-harder-for-small-isps-to-deploy-broadband/> Accedido el 22 de octubre de 2018.
- [108](#) UK mobile operators pay close to £1.4bn for 5G spectrum. The Guardian Mark Sweney. 5 de abril de 2018 <https://www.theguardian.com/business/2018/apr/05/uk-mobile-operators-pay-close-to-14bn-for-5g-spectrum>
- [109](#) Consultation on Revisions to the 3500 MHz Band to Accommodate Flexible Use and Preliminary Consultation on Changes to the 3800 MHz Band <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf11401.html>. Junio de 2018
- [110](#) Challenges to Universal and Affordable Connectivity in Brazil. Leonardo Euler de Morais. Presentación en la cumbre Dynamic Spectrum Alliance Summit. 3 de mayo de 2018 http://dynamicspectrumalliance.org/wp-content/uploads/2018/05/Day3-5-1_ChallengesToUniversalAndAffordableConnectivity_CommissionerLeonardo_Anatel.pdf
- [111](#) Indian Government harmonising spectrum for 5G services. OpenGov Asia. Priyankar Bhunia, 9 de marzo de 2018 <https://www.opengovasia.com/articles/indian-government-harmonising-spectrum-for-5g-services>
- [112](#) M’Bayo, Ritchard. 1997. “Africa and the Global Information Infrastructure.” International Communication Gazette 59 (4): 345–64. doi:10.1177/0016549297059004007.
- [113](#) Ericsson Mobility Report – Sub-Saharan Africa. Noviembre de 2015. <https://www.ericsson.com/res/docs/2015/mobility-report/emr-nov-2015-regional-report-sub-saharan-africa.pdf>
- [114](#) Página web de NuRan Wireless <http://nuranwireless.com/>
- [115](#) Página web de FairWaves <http://fairwaves.co/>
- [116](#) Página web de Osmocom <https://osmocom.org/>
- [117](#) http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387867&fecha=06/04/2015
- [118](#) <http://www.ift.org.mx/industria/espectro-radioelectrico/programa-anual-de-uso-y-aprovechamiento/programa-2015>
- [119](#) El uso social otorga derechos de utilizar y explotar bandas de frecuencia en el espectro radioeléctrico para ofrecer servicios de telecomunicaciones para servicios comunitarios culturales, científicos y educativos sin fines de lucro.
- [120](#) Ibid
- [121](#) Vanu Rwanda <http://www.vanurwanda.com/about/>
- [122](#) <http://firstmile.ca/wp-content/uploads/2015-Beaton-Burnard-Linden-ODonnell-Keewaytinook-Mobile.pdf>
- [123](#) Can a for-profit company bring connectivity to ultra-remote villages? Devex. Sophie Edwards. 16 de junio de 2017 <https://www.devex.com/news/can-a-for-profit-company-bring-connectivity-to-ultra-remote-villages-90484> Accedido el 24 de junio de 2018
- [124](#) Correspondencia por correo electrónico con Mike Darcy, CEO de Africa Mobile Networks
- [125](#) Datos obtenidos usando RF Explorer 6G Combo <http://rfexplorer.com/models/> y la aplicación GSM Track (<http://wireless.ictp.it/gsm/gsmtrack/GsmTrack.apk>) creada por ICTP, mientras se conducía por la zona rural del Cabo Oriental de Sudáfrica, entre las desembocaduras de los ríos Mthatha y Mdumbi. Para obtener más información y resultados, consul-

- te <http://wireless.ictp.it/gsm>
- [126](http://www.aimdigital.com.ar/ley-corta-media-sanccion-la-semana-proxima/) <http://www.aimdigital.com.ar/ley-corta-media-sanccion-la-semana-proxima/>
- [127](#) Por ejemplo, en el estado de Pará hay 2 x 2,5 MHz.
- [128](https://www.lasse.ufpa.br/2018/03/09/caravana-celcom-em-boa-vista-do-acara/) Caravana CELCOM en Boa Vista do Acará. 9 de marzo de 2018. <https://www.lasse.ufpa.br/2018/03/09/caravana-celcom-em-boa-vista-do-acara/>
- [129](http://www.dot.gov.in/sites/default/files/DOC260413.pdf) GSR.325(E). The Gazette of India. 14 de mayo de 2009. <http://www.dot.gov.in/sites/default/files/DOC260413.pdf>
- [130](http://www.anatel.gov.br/setorregulado/servico-especial-para-fins-cientificos-e-experimentais) Serviço Especial para Fins Científicos e Experimentais. 4 de febrero de 2015. <http://www.anatel.gov.br/setorregulado/servico-especial-para-fins-cientificos-e-experimentais>
- [131](http://www.rura.rw/uploads/media/Telecom_Statistics_Report_Fourth_Quarter_2017.pdf) RURA Statistics And Tariff Information In Telecom, Media And Postal Service As Of The Fourth Quarter 2017. http://www.rura.rw/uploads/media/Telecom_Statistics_Report_Fourth_Quarter_2017.pdf
- [132](https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2018/10/09/rwandan-operator-ktrn-to-slash-4g-prices/) Rwandan operator KTRN to slash 4G prices. 9 de octubre de 2018. Telegeography <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2018/10/09/rwandan-operator-ktrn-to-slash-4g-prices/>
- [133](https://www.developingtelecoms.com/business/operator-news/7839-kt-increases-african-ambitions-following-rwanda-lte-success.html) KT Increases African Ambitions Following Rwanda LTE Success. Developing Telecoms. 29 de mayo de 2018 <https://www.developingtelecoms.com/business/operator-news/7839-kt-increases-african-ambitions-following-rwanda-lte-success.html>
- [134](https://www.mobileworldlive.com/featured-content/top-three/mexican-wholesale-4g-network-opens-for-business/) Mexican wholesale 4G network opens for business. MobileWorldLive - 23 de marzo de 2018 <https://www.mobileworldlive.com/featured-content/top-three/mexican-wholesale-4g-network-opens-for-business/>
- [135](https://www.telecompaper.com/news/islim-telco-first-operator-to-join-mexicos-red-compartida--1248842) Islim Telco first operator to join Mexico's Red Compartida. 18 de junio de 2018 <https://www.telecompaper.com/news/islim-telco-first-operator-to-join-mexicos-red-compartida--1248842>
- [136](https://www.ellipsis.co.za/wp-content/uploads/2016/10/National-Integrated-ICT-Policy-White-Paper.pdf) South Africa: National Integrated ICT Policy White Paper. 03 de octubre de 2016. <https://www.ellipsis.co.za/wp-content/uploads/2016/10/National-Integrated-ICT-Policy-White-Paper.pdf>
- [137](https://researchictafrica.net/wp/wp-content/uploads/2017/11/2017-presentation-to-the-PPC-on-the-cost-to-) Data pricing trends in South Africa. PPC presentation by Research ICT Africa. 31 de octubre de 2017 <https://researchictafrica.net/wp/wp-content/uploads/2017/11/2017-presentation-to-the-PPC-on-the-cost-to->
- [138](https://www.ellipsis.co.za/wp-content/uploads/2017/11/gg41261-Invitation-to-provide-written-comments-on-Electronic-Communications-Amendment-Bill-1.pdf) South Africa: Invitation to Provide Written Com-
- ments on Electronic Communications Bill. 17 de noviembre de 2017. <https://www.ellipsis.co.za/wp-content/uploads/2017/11/gg41261-Invitation-to-provide-written-comments-on-Electronic-Communications-Amendment-Bill-1.pdf>
- [139](https://www.ellipsis.co.za/electronic-communications-amendment-bill-2017/) Electronic Communications Amendment Bill 2018 <https://www.ellipsis.co.za/electronic-communications-amendment-bill-2017/>
- [140](https://techcentral.co.za/wp-content/uploads/2018/09/DTPS-Policy-Direction-on-the-licensing-of-High-Demand-Spectrum.pdf) Invitation to Provide Written Comments on Proposed Policy And policy Directions to the Authority on Licensing of Unassigned High demand Spectrum. 27 de septiembre de 2018. Dept of Posts and Telecommunications. <https://techcentral.co.za/wp-content/uploads/2018/09/DTPS-Policy-Direction-on-the-licensing-of-High-Demand-Spectrum.pdf>
- [141](https://www.fin24.com/Companies/ICT/south-africa-to-start-4g-spectrum-auction-by-april-2019-says-cwele-20181011) South Africa to start 4G spectrum auction by April 2019, says Cwele. 11 de octubre de 2018. Fin24. <https://www.fin24.com/Companies/ICT/south-africa-to-start-4g-spectrum-auction-by-april-2019-says-cwele-20181011>
- [142](https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2017/07/GSMA_SWN-8-pager_R3_Web_Singles.pdf) GSMA Wholesale Open Access Networks. Julio de 2017 https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2017/07/GSMA_SWN-8-pager_R3_Web_Singles.pdf
- [143](https://en.wikipedia.org/wiki/LTE_frequency_bands) Lista de bandas de frecuencia LTE. Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/LTE_frequency_bands
- [144](https://www.youtube.com/watch?v=GEx_d0SjvSO) Everything You Need to Know About 5G, IEEE Spectrum, 6 de febrero de 2017, https://www.youtube.com/watch?v=GEx_d0SjvSO
- [145](https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2017/11/GSMA-An-Introduction-to-Network-Slicing.pdf) An Introduction to Network Slicing. GSMA 2017. <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2017/11/GSMA-An-Introduction-to-Network-Slicing.pdf>
- [146](https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2018/05/The-Mobile-Economy-2018.pdf) The Mobile Economy 2018. GSMA <https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2018/05/The-Mobile-Economy-2018.pdf> Página 19. Accedido el 22 de octubre de 2018.
- [147](https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_Gigabit_Alliance) Terragraph es un ejemplo de tecnología de distribución de redes malladas inalámbricas que utiliza el espectro de 60 GHz y el chipset WiGig para habilitar una alternativa de menor costo que la fibra. Ver https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_Gigabit_Alliance y <https://terragraph.com/#terragraph>
- [148](https://www.itu.int/en/ITU-D/Spectrum-Broadcasting/Documents/Publications/) Guidelines For The Review Of Spectrum Pricing Methodologies And The Preparation Of Spectrum Fees Schedules. ITU 2016. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Spectrum-Broadcasting/Documents/Publications/>



- Guidelines_SpectrumFees_Final_E.pdf
- [149](#) Guidelines for the establishment of a coherent system of radio-frequency usage fees. ITU-D 2006 https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/stg/D-STG-SG02.FEES-1-2010-PDF-E.pdf
- [150](#) Ibid
- [151](#) ITU-D : Study Groups : Spectrum Fees Database - Spectrum Management. <http://www.itu.int/net4/ITU-D/CDS/SF-Database/index.asp> Estas directrices estipulan un porcentaje de los ingresos del proveedor de servicios en una determinada área de servicio como un canon para el uso de bloques 2 x 28 MHz o de partes de los mismos.
- [152](#) Government of Canada. RIC-42 - Guide for Calculating Radio Licence Fees. <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf01027.html#aA> Accedido el 22 de octubre de 2018
- [153](#) Estas directrices estipulan un porcentaje de los ingresos del proveedor de servicios en una determinada área de servicio como canon para el uso de los bloques 2 x 28 MHz o de partes de los mismos. <http://wpc.dot.gov.in/WriteReadData/Orders/Guidelines%20Dated%2016th%20October%202015%20for%20Interim%20allotment%20of%20MWA%20and%20MWB%20Carriers%20.pdf>
- [154](#) Radio Spectrum License Fees. 23 de marzo de 2018. <https://www.ellipsis.co.za/radio-frequency-spectrum-fees>
- [155](#) Argentina: Ente Nacional de Comunicaciones. Resolución 137 - E/2017 <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/270000-274999/270502/norma.htm>
- [156](#) Brasil: Resolución No. 387, 3 de noviembre de 2004. <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2004/326-resolucao-387>
- [157](#) Guidelines For The Review Of Spectrum Pricing Methodologies And The Preparation Of Spectrum Fees Schedules. ITU-D. ITU 2016. https://www.itu.int/en/ITU-D/Spectrum-Broadcasting/Documents/Publications/Guidelines_SpectrumFees_Final_E.pdf Accedido el 3 de julio de 2018.
- [158](#) Observar que Canadá también utiliza este factor.
- [159](#) Observar que Sudáfrica no considera este factor.
- [160](#) United States: FCC – Fee Filing Guide <https://www.fcc.gov/document/fee-filing-guide-0>
- [161](#) Valores proporcionados en USD con un tipo de cambio del 11 de junio de 2018.
- [162](#) Fuente del tipo de cambio: xe.com, 22 de junio de 2018.
- [163](#) Review of Policy and Formulation of Recommendations for the Department of Communications by BMI-TechKnowledge: As Is, Historical Review, Transformation & International Benchmarking Reports” Autores: Denis Smit, Tertia Smit, Brian Neilson, Penny Smith, Tim Parle, Dominic Cull (Ellipsis), Dave Rogerson (Incyte), Harm Aben (Incyte), agosto de 2013.
- [164](#) Guidelines For The Review Of Spectrum Pricing Methodologies And The Preparation Of Spectrum Fees Schedules. ITU-D. ITU 2016. https://www.itu.int/en/ITU-D/Spectrum-Broadcasting/Documents/Publications/Guidelines_SpectrumFees_Final_E.pdf Accedido el 3 de julio de 2018
- [165](#) TRAI recomienda eliminar los ingresos presuntos y calcular los cánones sobre la base de la fórmula prevista en las reglamentaciones existentes, que tienen en cuenta la distancia y el ancho del canal: http://www.trai.gov.in/sites/default/files/Recommendations_07032017.pdf
- [166](#) ITU-D. 2006. Resolution 9. Guidelines for the establishment of a coherent system of radio-frequency usage fees. https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/stg/D-STG-SG02.FEES-1-2010-PDF-E.pdf Ver Página 1.
- [167](#) India: Guidelines for Grant of Unified License. 28 de marzo 2016. http://dot.gov.in/sites/default/files/2016_03_28%20ULG%20AS-I.pdf
- [168](#) Un ancho de banda de este tamaño permite cuatro canales sin interferencias en GSM.
- [169](#) En el caso de Brasil, estas asignaciones son regionales, por lo que se tiene en cuenta la población y el tamaño del estado de Pará. En el caso de México, se considera la región de Oaxaca para los cálculos.
- [170](#) Carlos Rey-Moreno, Renette Bignaut, William D. Tucker & Julian May (2016). An in-depth study of the ICT ecosystem in a South African rural community: unveiling expenditure and communication patterns, Information Technology for Development, 22:sup1, 101-120, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02681102.2016.1155145>
- [171](#) Artículo 239, Ley Federal de Derechos. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/107_221217.pdf
- [172](#) Nájera, Jacobo y Salazar, Giovanna. The First Mobile Phone Network for Indigenous Commu-

- nities in Mexico Is Under Threat. Global Voices. 24 de enero de 2018. <https://rising.globalvoices.org/blog/2018/01/24/the-first-mobile-phone-network-for-indigenous-communities-in-mexico-is-under-threat/>
- 173** Galindo, José Soto. Otorgan amparo a las telecomunicaciones de comunidades indígenas. El Economista. 08 de abril de 2018. <https://www.economista.com.mx/opinion/Otorgan-amparo-a-las-telecomunicaciones-de-comunidades-indigenas-20180408-0004.html>
- 174** South Africa: Wireless Access Providers Association. <http://www.wapa.org.za/>
- 175** Ellipsis Regulatory Solutions <https://www.ellipsis.co.za/>
- 176** R. Baig et al., [guifi.net](http://people.ac.upc.edu/leandro/pubs/crowds-guifi-en.pdf), a crowdsourced network infrastructure held in common. Computer Networks (2015) <http://people.ac.upc.edu/leandro/pubs/crowds-guifi-en.pdf>
- 177** http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/107_221217.pdf
- 178** <https://www.ellipsis.co.za/icasa-fees/>
- 179** <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2013/465-resolucao-614>
- 180** <https://www.enacom.gov.ar/multimedia/normativas/2017/res697MM.pdf>
- 181** http://dot.gov.in/sites/default/files/2016_03_28%20ULG%20AS-l.pdf?download=1
- 182** Costos calculados tomando el tipo de cambio de [xe.com](http://www.xe.com), 14 de junio de 2018
- 183** Brasil: Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. LEI Nº 11.652, 7 de abril de 2008. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11652.htm
- 184** India: Order. Subject: Licence fee and other fees, Surcharge/ late fee and Charging Methodologies for Royalty / licence fees for 'Captive Users' (users being charged on formula basis) including all Government Users. <http://www.wpc.dot.gov.in/static/a1.pdf>
- 185** Brasil: Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Resolución Nº 9691, 22 de julio de 1998. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9691.htm
- 186** Unión Europea. Autorización de redes y servicios de comunicaciones electrónicas <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM:l24164>
- 187** Argentina: Boletín Oficial. ENTE Nacional De Comunicaciones. Resolución 4958/2018 <https://www.boletinoficial.gob.ar/#!DetalleNorma/190061/20180817>
- 188** Unleashing Community Networks: Innovative Licensing Approaches. 14 de mayo de 2018. Internet Society. <https://www.internetsociety.org/resources/2018/unleashing-community-networks-innovative-licensing-approaches/>
- 189** OFCOM Radiocommunications licences. <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences>
- 190** Instituto Federal de Telecomunicaciones: Registro Público de Concesiones <http://ucsweb.ift.org.mx/vrpc/>
- 191** Government of Canada: Spectrum Management System Data http://sms-sgs.ic.gc.ca/eic/site/sms-sgs-prod.nsf/eng/h_00010.html
- 192** Canadian Cellular Towers Map https://www.ertyu.org/steven_nikkel/cancellsites.html
- 193** Airtel Open Network <https://www.airtel.in/opennetwork/>
- 194** Dark Fibre Africa Coverage <http://www.dfafrica.co.za/network/coverage/>
- 195** Brasil: Resolución nº 642, 3 de octubre de 2014 <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2014/824-resolucao-n-642-de-3-de-outubro-de-2014>
- 196** FCC: Allocations and Service Rules for the 71-76 GHz, 81-86 GHz, and 92-95 GHz Bands <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-05-45A1.pdf>
- 197** Canada: RSS-210 – Licence-Exempt Radio Apparatus: Category I Equipment [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf01320.html#aJ Annex J 2.2](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf01320.html#aJ%20Annex%20J%202.2)







internetsociety.org | @internetsociety