



**INFOTEC CENTRO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN
EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN**

**“ENTORNO REGULATORIO DEL PRECIO
DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO Y
SUS EFECTOS EN LA INTRODUCCIÓN DE
TECNOLOGÍAS MÓVILES DE QUINTA
GENERACIÓN EN MÉXICO”**

INVESTIGACIÓN APLICADA
Que para obtener el grado de MAESTRO EN REGULACIÓN Y COMPETENCIA
ECONÓMICA DE LAS TELECOMUNICACIONES

Presenta:

José de Jesús Arias Franco

Asesores:

Mtro. Alejandro Navarrete Torres
Lic. Carlos Juan de Dios Sánchez Breton

Ciudad de México, junio de 2019.



Autorización de Impresión



AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN Y NO ADEUDO EN BIBLIOTECA

MAESTRÍA EN REGULACIÓN Y COMPETENCIA ECONÓMICA DE LAS TELECOMUNICACIONES

Ciudad de México, 26 de junio de 2019

La Gerencia de Capital Humano / Gerencia de Investigación hacen constar que el trabajo de titulación intitulado

ENTORNO REGULATORIO DEL PRECIO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO Y SUS EFECTOS EN LA INTRODUCCIÓN DE TECNOLOGÍAS MÓVILES DE QUINTA GENERACIÓN EN MÉXICO

Desarrollado por el alumno **José de Jesús Arias franco** y bajo la asesoría del **Mtro. Alejandro Navarrete Torres** y del **Lic. Carlos Juan de Dios Sánchez Breton**; cumple con el formato de biblioteca. Por lo cual, se expide la presente autorización para impresión del proyecto terminal al que se ha hecho mención.

Asimismo se hace constar que no debe material de la biblioteca de INFOTEC.

Vo. Bo.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mayra', is written over a horizontal dashed line.

Lic. Mayra Cecilia Meléndez Inda
Encargada de biblioteca

*Anexar a la presente autorización al inicio de la versión impresa del trabajo referido que ampara la misma.

Tabla de contenido

Introducción	1
Capítulo 1. El ecosistema de las telecomunicaciones en México.....	5
1.1 El Estado regulador	6
1.1.1 Concepto de Estado	6
1.1.2 Los órganos autónomos en México	7
1.2 Marco constitucional de las telecomunicaciones	10
1.2.1 Reforma constitucional de 2013	10
1.2.2 Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión de 2014	15
1.3 Aspectos generales del espectro radioeléctrico	21
1.3.1 Conceptos básicos asociados al espectro radioeléctrico	21
1.3.2 El espectro como un bien de dominio público.....	24
1.4 Estado actual de las redes móviles de banda ancha en México	25
1.4.1 Tenencia actual de espectro para banda ancha	25
1.4.2 Estado de las redes móviles de banda ancha.....	30
1.5 Conclusiones del capítulo	33
Capítulo 2. Generalidades tecnológicas de las redes móviles de telecomunicaciones	35
2.1 Antecedentes de las tecnologías móviles de banda	35
2.1.1 Tenencia actual de espectro para banda ancha	35
2.1.2 Historia y conceptos básicos de las redes móviles.....	40
2.2 Evolución de las redes móviles	45
2.2.1 Primera generación (1G).....	45
2.2.2 Segunda generación (2G).....	46
2.2.3 Tercera generación (3G)	48
2.2.4 Redes de cuarta generación (4G/LTE).....	50
2.3 Conclusiones del capítulo	53
Capítulo 3. El futuro de las redes móviles de banda ancha.....	55
3.1 Tendencia de las redes móviles de banda ancha.....	55
3.2 El ecosistema de las redes de quinta generación (5G).....	59
3.2.1 Estado actual.....	59
3.2.2 Hojas de ruta para 5G	61
3.2.3 Capacidades del ecosistema 5G.....	63
3.2.4 Entorno internacional	67
3.3 Demanda de espectro para redes 5G	70
3.4 Conclusiones del capítulo	72
Capítulo 4. Con miras a la implementación de redes 5G en México.....	75
4.1 El entorno que contribuye al desarrollo tecnológico en México	76
4.1.1 Actores sociales en el desarrollo tecnológico	76
4.1.2 El rol del Estado en la promoción del desarrollo tecnológico.....	78

4.1.3 Banda ancha y crecimiento económico	81
4.2 Retos en el uso del espectro para el desarrollo de redes 5G.....	87
4.2.1 Pagos por el uso del espectro radioeléctrico en México	87
4.2.2 Análisis Internacional del valor del espectro	90
4.2.3 Despliegue de infraestructura para redes de 5G	96
4.2.4 Impacto económico de la estructura del valor del espectro radioeléctrico en el país	99
4.2.5 Retos para los operadores	101
4.3 Conclusiones del capítulo	105
<i>Conclusiones finales</i>	107
<i>Bibliografía</i>	113

Índice de figuras

Figura 1. Desarrollo del ecosistema móvil en América Latina	40
Figura 2. Concepto de celdas en una red de telefonía móvil	41
Figura 3. Cobertura de una red celular en operación en la que se muestra el concepto de sectores	42
Figura 4. Evolución de las terminales móviles en la telefonía celular	43
Figura 5. Evolución de las velocidades de transferencia por tecnología móvil	44
Figura 6. Evolución de las versiones de las interfaces de aire	45
Figura 7. Hoja de ruta de la UIT-R para las IMT-2020	62
Figura 8. Hoja de ruta del 3GPP para 5G	62
Figura 9. Casos de uso de las IMT-2020	65
Figura 10. Capacidades clave de las IMT-2020	66
Figura 11. Integración de 4G y 5G	67
Figura 12. Redes 5G alrededor del mundo	69
Figura 13. Bandas de frecuencias utilizadas para 5G.....	69
Figura 14. Impacto regional proyectado para las IMT-2020 en 2034 (Latinoamérica y el Caribe)	84

Índice de gráficos

Gráfico 1. Espectro asignado en México antes de la Reforma constitucional	28
Gráfico 2. Espectro asignado en México a febrero de 2019	28
Gráfico 3. Espectro asignado en México por operador a febrero de 2019	29
Gráfico 4. Plan de asignación de espectro en México a mediano plazo	29
Gráfico 5. Participación de mercado del servicio de telefonía al tercer trimestre 2018 con base en el número de suscriptores	30
Gráfico 6. Participación de mercado del servicio móvil de acceso a Internet al tercer trimestre 2018	31
Gráfico 7. Proporción del tráfico de datos por operador al tercer trimestre 2018	31
Gráfico 8. Espectro asignado para servicios de banda ancha móvil en MHz	32
Gráfico 9. Cambios en las principales TIC a nivel mundial, 2000-2015	39
Gráfico 10. Contribución de las bandas milimétricas entre los años 2024 y 2034 ...	84
Gráfico 11. Costo total de la banda 700 MHz ajustados a la población de México y al PIB per cápita	92
Gráfico 12. Costo total de la banda 850 MHz ajustado a la población de México con ajuste en base al PIB per cápita PPA	92
Gráfico 13. Costo total de la banda 1900MHz ajustado a la población de México con ajuste en base al PIB per cápita PPA	93
Gráfico 14. Costo total de la banda AWS ajustado a la población de México con base al PIB per cápita y PPA	94
Gráfico 15. Costo total de la banda 2.5GHz FDD ajustado a la población de México con base al PIB per cápita y PPA	94
Gráfico 16. Costo total de la banda TDD de 2.5 GHz ajustado a la población de México con base al PIB per cápita y PPA	95
Gráfico 17. Agregado de precios finales del espectro en países en desarrollo en países desarrollados y en vías de desarrollo	96

Gráfico 18. Tendencias en la creación de rutas de accesos en telecomunicaciones	97
Gráfico 19. Inversión en telecomunicaciones como porcentaje de ingresos	98
Gráfico 20. Referencias internacionales del costo total del espectro como porcentaje de los ingresos del servicio móvil	103

Índice de cuadros

Cuadro 1. Resumen de características principales de las tecnologías móviles	53
Cuadro 2. Impacto de la banda ancha en el crecimiento del PIB	83
Cuadro 3. Pago de derechos anuales por kHz para distintas bandas de frecuencias	89
Cuadro 4. Relación internacional de los derechos anuales de referencias internacionales (datos en millones de pesos por bloque de 20 MHz)	91
Cuadro 5. Relación pago de derechos y contraprestación en la banda de 2.5 GHz	99
Cuadro 6. Diferencias marcadas de la problemática del Valor del Espectro en el caso mexicano	103

Siglas y abreviaturas

- 1G:** Primera generación de redes celulares
- 1xRTT:** 1x Radio Transmission Technology
- 2G:** Segunda generación de redes celulares
- 3G:** Tercera generación de redes celulares
- 3GPP:** 3rd Generation Partnership Project
- 4G:** Cuarta generación de redes celulares
- 5G:** Quinta generación de redes celulares
- AM:** Amplitud Modulada
- AMPS:** Advanced Mobile Phone System
- AT&T:** American Telephone and Telegraph
- AWS:** Advanced Wireless Systems
- BID:** Banco Interamericano de Desarrollo
- CDMA2000:** Code División Multiple Access 2000
- CDMAOne:** Code División Multiple Access
- CFC:** Comisión Federal de Competencia
- CMSI:** Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información
- CNAF:** Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias
- COFETEL:** Comisión Federal de Telecomunicaciones
- CMR-19:** Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2019
- D-AMPS:** Digital Advanced Mobile Phone Service
- DCS:** Digital Celular System
- DO-Advanced:** Data Optimized advanced

DOF: Diario Oficial de la Federación

EDGE: Enhanced Data Rates for GSM Evolution

eMBB: Enhanced Mobile Broad Band

E-UTRAN: Evolved Universal Terrestrial Radio Access

EV-DO: Evolution Data Optimized

EV-DO Rev A: Evolution Data Optimized A

EV-DO Rev B: Evolution Data Optimized B

FDD: Frequency Division Duplex

FDMA: Frequency Division Multiple Access

FM: Frecuencia Modulada

Gbit/s: Gigabits por Segundo

GHz: Giga Hertz

GPRS: General Packet Radio Service

GPS: Global Positioning System

GSA: Global mobile Suppliers Association

GSM: Global System for Mobile communications

GSMA: Global System for Mobile communications Association

HSDPA: High Speed Downlink Packet Access

HSPA+: High Speed Packet Access plus

HSUPA: High Speed Uplink Packet Access

iDEN: Integrated Digital Enhanced Network

IFT: Instituto Federal de Telecomunicaciones

IMT: International Mobile Telecommunications

IMT-2020: International Mobile Telecommunications for 2020 and beyond

IMT-Advanced: International Mobile Telecommunications-Advanced

IoT: Internet of Things

Kbps: Kilobits por Segundo

LFD: Ley Federal de Derechos

LFTyR: Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión

LTE: Long Term Evolution

M2M: Machine to Machine

Mbps: Megabits por Segundo

MHz: Mega Hertz

mMTC: Massive Machine-Type Communication

MTC: Machine-Type Communication

NMT: Nordisk MobilTelefoni

NR: New radio

NSA: Non Standalone

NTT: Nippon Telegraph and Telephone Corporation

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

ONU: Organización de las Naciones Unidas

OTT: Over The Top

PCS: Personal Communication Systems

PDC: Personal Digital Celular

PIB: Producto Interno Bruto

PPA: Paridad del Poder Adquisitivo

PROFECO: Procuraduría Federal del Consumidor

QoE: Quality of Experience

QoS: Quality of Service

RR: Reglamento de Radiocomunicaciones

RTMI: Radio Telefono Mobile Integrato

SA: Standalone

SCT: Secretaria de Comunicaciones y Transportes

SE: Secretaría de Economía

SEGOB: Secretaria de Gobernación

SEP: Secretaría de Educación Pública

SHCP: Secretaria de Hacienda y Crédito Público

SMS: Short Message Service

SS: Secretaria de Salud

TACS: Total Access Communications System

TDD: Time Division Duplex

TDMA: Time División Multiple Access

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R: Sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

URLLC: Ultra Reliable Low Latency communications

V2I: Vehículos a infraestructura

V2P: Vehículos a peatones

V2V: Vehículos a vehículos

V2X: Vehículos conectados con diferentes aplicaciones

WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access

Introducción

Durante los últimos años hemos experimentado cambios gigantescos en la forma en que las sociedades interactúan. En general, las tecnologías de la información y la comunicación, en adelante TIC, así como los sistemas de comunicación inalámbrica forman parte de la vida cotidiana de los individuos y están presentes en diversos aspectos, tales como, vida social, trabajo, educación, salud, actividades de recreación, entre otras.

Los sistemas digitales están cambiando sociedades y economías. De hecho, algunos Gobiernos han implementado acciones para adaptar las políticas públicas al contexto actual y futuro previendo las oportunidades de crecimiento económico que pueden representar las TIC y las aplicaciones de conectividad inalámbrica de nueva generación.

En materia de conectividad, hoy en día es común que en las ciudades urbanizadas cualquier persona tenga un teléfono celular. Hasta cierto grado, parece cómico realizar una afirmación tal como “los teléfonos celulares no utilizan cable alguno para realizar una comunicación ya sea de voz, datos o video”, pues las comunicaciones inalámbricas han llegado a formar parte de la vida cotidiana de las personas, a un grado que parece común dar por entendidos los principios y complejidades del funcionamiento de este tipo de comunicaciones.

Existe una tendencia bastante marcada alrededor del desarrollo tecnológico respecto de tecnologías y ecosistemas que usan el espectro radioeléctrico para su funcionamiento, por ejemplo, las ciudades inteligentes, el Internet de las Cosas, en adelante IoT por sus siglas en inglés Internet of Things, los carros autónomos e inclusive las TIC, como parte integral de la vida de las sociedades actuales.

No obstante, México enfrenta barreras en diversas materias que limitan su desarrollo y su capacidad productiva. El campo de la innovación tecnológica es uno de ellos, en tal sentido, el Gobierno anterior, a través del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 consideró fundamental que la nación dirigiera sus esfuerzos para transitar hacia una Sociedad del Conocimiento y estableció como pilares para el progreso económico el desarrollo científico, tecnológico y la innovación.

Lo anterior requiere de una evolución tecnológica que facilite su cumplimiento y por tanto permita conectar a más personas con el mundo digital. La evolución tecnológica está asociada con las tecnologías de acceso inalámbricas, las cuales permiten que los usuarios de servicios de telecomunicaciones puedan estar conectados a una red, puesto que es el primer eslabón en la cadena de comunicación.

Las tecnologías de acceso de banda ancha móvil utilizan el espectro radioeléctrico como medio de transmisión para el envío de información. En la actualidad la tecnología comercial más avanzada para proveer servicios de acceso inalámbrico es LTE, conocida comúnmente como 4G, misma que utiliza una cantidad de espectro de hasta 20 MHz.

Adicionalmente, es importante mencionar que la Ley Federal de Derechos, establece las cuotas que se tienen que pagar por el uso del espectro radioeléctrico para las bandas de frecuencias a través de las cuales se proporcionan servicios de acceso móvil de banda ancha.

Tanto en México como a nivel internacional existe una discusión entre gobiernos, industria y academia en relación al precio actual del espectro radioeléctrico, que para el caso mexicano se establece en la Ley Federal de Derechos. Así, de conformidad con lo establecido en esta Ley los operadores móviles tienen que pagar por el espectro radioeléctrico, en promedio, alrededor del 12% de sus ingresos anuales.

Ahora bien, la evolución de las redes de comunicaciones inalámbricas se realizará por medio de la tecnología 5G. Las redes 5G requerirán de cantidades de espectro mucho mayores en comparación con las cantidades de espectro que usan actualmente las redes 4G, esto es por lo menos un 400% adicional en la cantidad de espectro radioeléctrico.

Bajo este orden de ideas, es de señalar la relevancia que tiene el estudio y análisis del entorno regulatorio del precio del espectro radioeléctrico y sus efectos en la introducción de tecnologías móviles 5G. Por tal motivo, el presente trabajo busca recopilar los elementos básicos asociados al entorno regulatorio, al desarrollo tecnológico, particularmente en lo que respecta a las tecnologías inalámbricas de

quinta generación, y al precio del espectro radioeléctrico con el objeto de contrastar si el estado del arte influirá, en la futura introducción de tecnologías móviles 5G en el país.

Así, a través del primer capítulo se provee una serie de conceptos relacionados con el ecosistema de las redes móviles de banda ancha, tales como, el concepto de Estado, los órganos autónomos, el marco constitucional de las telecomunicaciones, la Reforma constitucional, la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, así como conceptos asociados al espectro radioeléctrico, incluyendo la cantidad de espectro asignada y las proyecciones de asignación de espectro en el país.

Posteriormente, se exponen algunos antecedentes de las tecnologías móviles de banda ancha, historia, principios y evolución de las redes móviles, así como el estado actual que guardan las redes en el país desde el punto de vista tecnológico.

En el tercer capítulo se describen las tendencias y temas futuros de interés relacionados con las redes móviles de banda ancha. Se esbozan las características de los sistemas de quinta generación, los desarrollos recientes en el sector, las hojas de ruta más relevantes, las bandas de frecuencias factibles de ser utilizadas por los nuevos sistemas, la demanda de espectro esperada y el panorama internacional.

Finalmente, el último capítulo planteará quiénes son los actores sociales que participan en el desarrollo tecnológico del país, el rol del Estado en la promoción del desarrollo tecnológico, algunos aspectos de la contribución de la banda ancha en el crecimiento del producto interno bruto y los retos en el uso del espectro para redes de quinta generación. El capítulo cierra bosquejando algunas de las implicaciones, el impacto y los retos que representa la introducción de nuevas tecnologías en el país.

Es preciso señalar que la presente obra tiene por objeto aplicar los conocimientos obtenidos a lo largo de la maestría en materia de regulación, economía e ingeniería, el contenido que se plantea a través de la presente obra pretende situar al lector en la problemática asociada al despliegue de tecnologías

de quinta generación en el país y sus efectos socioeconómicos, por lo que la materia se aborda de manera general y no de manera detallada. La temática de interés es tan extensa que permitiría ahondar e ir a un nivel más avanzado en cada uno de los campos, sin embargo, este documento podría servir como referencia para futuras investigaciones o planteamientos.



Capítulo 1

El ecosistema de las telecomunicaciones en México



Capítulo 1. El ecosistema de las telecomunicaciones en México.

Este capítulo pretende situar en un contexto general las materias relacionadas con el objeto del presente trabajo. En primer lugar, se describe brevemente el concepto de Estado con el objeto de resaltar la relevancia de éste como uno de los elementos principales del ecosistema de las telecomunicaciones bajo la hipótesis de que es el Estado el timón del desarrollo tecnológico del país.

Después se proporciona un esbozo general de los órganos autónomos en México, enfocándose, por supuesto, en el órgano regulador de las telecomunicaciones y la radiodifusión, diferenciando la división de poderes con los poderes tradicionales en la actividad del Estado.

Así mismo, se resalta la relevancia de la creación del regulador de las telecomunicaciones y la radiodifusión como precursor en el desarrollo del ecosistema digital, lo cual se entrelaza con el marco constitucional de las telecomunicaciones, en particular con la Reforma constitucional y la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión. De estos dos últimos temas se delinearán algunas de las materias que han resultado más relevantes para los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión.

En la parte final de este capítulo se señalan de manera general algunos aspectos relacionados con el espectro radioeléctrico, tales como, la descripción del concepto mismo del espectro radioeléctrico, tanto de manera coloquial, como de manera técnica, se tocan temas de legislación y reglamentación, para finalmente señalar la cantidad de espectro asignada en el mercado previo y posteriormente a la Reforma constitucional, así como las proyecciones de asignación de espectro para servicios de banda ancha móvil en México.

1.1 El Estado regulador

1.1.1 Concepto de Estado

En ocasiones el concepto de Estado se torna complejo ya que no existe un objeto físico único o palpable que represente al Estado. En consecuencia, existen puntos de vista distintos en la literatura respecto a la definición de Estado que varían en torno a la formación, visión y concepción de las cosas de quien lo describe.

Si bien los distintos conceptos del Estado pueden reflejar una realidad política de su tiempo, dentro de esta variedad de conceptos existen algunos puntos en común que se resaltan a continuación.

La teoría del Estado señala que este es una organización política fundamental de los seres humanos dotada con un orden jurídico y una autoridad que regula y protege a través de distintas manifestaciones sociales u ordenamientos jurídicos con el fin de establecer las bases para fundar un orden en la sociedad, así como una convivencia pacífica entre los seres humanos.

Asimismo, de conformidad con lo citado por la Suprema Corte de Justicia de la Nación, el Estado se define como la sociedad jurídicamente organizada capaz de realizar la totalidad de los fines humanos, cuyos elementos principales son, entre otros, el territorio, la población y el gobierno; cuyos fines pueden resumirse en el bien común que, en cuanto se refiere a toda la población, se convierte en bien público.¹

Al mismo tiempo, el Estado es el representante de una agrupación de personas que viven en un territorio geográfico delimitado y se encarga de coordinar acciones bajo un fin común que busquen mejorar las condiciones de las personas.

En consecuencia, se puede decir que el Estado revela la situación en la que se encuentra una sociedad. A este respecto, en palabras del Doctor Héctor González Uribe: "... para bien o para mal el Estado representa un papel de primera

¹ Suprema Corte de Justicia de la Nación, Manual del justiciable: materia administrativa, 1a., ed., México, Poder judicial de la Federación, 2003.

magnitud en la vida de los seres humanos contemporáneo... la política seguida por el Estado en el campo económico, cultural o moral, puede abrir al pueblo las puertas del bienestar y la prosperidad o sumirlo en los abismos de la desesperación y la ruina.”²

De todo lo anterior se puede concluir que el objetivo que el Estado pretende alcanzar como una entidad soberana consiste, en términos generales, en lograr un beneficio colectivo. Por tal motivo, el Estado y las acciones que ejecute se vuelven fundamentales en la vida cotidiana de los seres humanos.

1.1.2 Los órganos autónomos en México

Desde el año de 1776 en el que se publicó la Declaración de derechos del buen pueblo de Virginia³ (documento en el que se menciona la división de poderes), hasta la actualidad, se ha observado que la separación de poderes dentro del Estado ha sido una buena forma de restringir un poder ilimitado y ha servido como un contrapeso de poder entre ellos mismos.

En México, tradicionalmente la actividad del Estado ha recaído sobre tres poderes, el Poder Ejecutivo que es representado por el Presidente de la República, el Poder Legislativo que es representado por el Congreso de la Unión y el Poder Judicial representado por la Suprema Corte de Justicia de la Nación. No obstante, actualmente el esquema de división de poderes ha tomado otra dimensión con el reconocimiento constitucional de los organismos autónomos.

En consecuencia, la división de poderes del Estado se ha enriquecido, pues la Carta Magna, ahora no solo reconoce a los tres poderes que han servido como base en la estructura de la división del poder estatal, sino también reconoce a los

² González Uribe, Héctor, *Teoría política*, 8va ed., México, Editorial Porrúa, 1992, p. 231.

³ “Declaración de Derechos del Buen Pueblo de Virginia”, <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/6/2698/21.pdf>.

organismos constitucionales autónomos a los que se les otorgan funciones relevantes para la dirección de la política del Estado moderno.

En relación con lo anterior, resalto las palabras de Susana Pedroza “La autonomía es una forma de división del poder, sin que ésta deba ser entendida como soberanía, es decir, debe entenderse como la distribución de competencias sobre determinadas materias.”⁴. Sin embargo, los organismos constitucionales autónomos, si bien no son entes soberanos, se les ha dotado la capacidad de emitir normas jurídicas de la misma forma que lo hacen los entes soberanos.

Las nuevas concepciones políticas del Estado moderno consideran la existencia de los organismos autónomos con el objeto de dar cabida a una mejor armonización de los intereses de un conjunto social. Estos organismos surgen bajo el principio básico de división de poderes, reciben facultades para realizar una función administrativa del Estado, es decir, se distribuyen las funciones del Estado para concretar e incrementar los intereses sociales y se conciben como generadores de un equilibrio constitucional. Los organismos autónomos iniciaron en Europa y posteriormente, se adoptaron tanto en Latinoamérica, como en México.⁵

Según Filiberto Ugalde, la creación de los organismos autónomos se encontró justificada para establecer entidades encaminadas a la defensa de los derechos fundamentales, para controlar la constitucionalidad en las funciones y

⁴ Pedroza de la Llave, Susana Thalía, “Los órganos constitucionales autónomos en México”, *Instituto de Investigaciones Jurídicas*, 2002, <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/1/306/7.pdf>.

⁵ El Estado mexicano inició con la instauración de organismos autónomos en la década de los noventa. Véase Ruiz, José Fabián “Los órganos constitucionales autónomos en México: una visión integradora” *Cuestiones Constitucionales. Revista Mexicana de Derecho Constitucional*, México, Volumen 37, julio-diciembre de 2017, <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1405919318300362?token=3CDCCF9183C0337CD02D2A9BF8286357FF4A86EB84DA3D9C0BF456E8986E1136E42102C4E9BF3B73835BA551591C851B>.

actos de los depositarios del poder público, para especializar la ejecución de actividades del Estado en áreas de importancia social. En razón de lo anterior, los organismos autónomos requieren de autonomía e independencia en su estructura para que la función pública encomendada se cumpla sin seguir intereses partidistas o situaciones coyunturales.⁶

Esto es congruente con las funciones de los órganos autónomos en México, pues es claro que las funciones del Estado se han descentralizado y a los órganos autónomos se les han asignado atribuciones particulares con características técnicas y especializadas.

Lo anterior es bastante relevante dado que las actividades técnicas y de alta especialización, tanto del sector de las telecomunicaciones, como también de cualquier otro sector, por ejemplo, la política monetaria o la salvaguarda de la sana competencia económica, no deberían estar supeditadas a decisiones políticas o de visiones coyunturales particulares. En este sentido, las facultades conferidas a los órganos autónomos se basan en el razonamiento de que estos son los más capacitados desde un punto de vista técnico para desempeñar estas funciones del Estado.

Algunas de las características y funciones de los órganos autónomos dentro del Estado moderno son:

- Se establecen al nivel de la Constitución.
- Tienen independencia jurídica con los poderes tradicionales del Estado.
- Llevan a cabo funciones esenciales del Estado moderno a efectos de hacer más eficiente el desarrollo de actividades propias del Estado que, por su especialización e importancia social, requieren de autonomía en beneficio de la sociedad.

⁶ Ugalde Calderón, Filiberto Valentín, “Órganos constitucionales autónomos”, *Revista del Instituto de la Judicatura Federal*, México, núm. 29, 2010, <https://portalanterior.ine.mx/archivos2/portal/servicio-profesional-electoral/concurso-publico/2016-2017/primera-convocatoria/docs/Otros/37-org-constitucionales-autonomos.pdf>.

- Organismos técnicos que buscan una mayor eficiencia en la gestión de las atribuciones del Estado.
- Cuentan con facultades para expedir normas.
- No están adscritos ni subordinados a otro poder del Estado, pero deben mantener con otros órganos del Estado relaciones de coordinación.
- Los actos y resoluciones del organismo pueden ser revisados por las instancias judiciales.

Por otra parte, cabe mencionar que para que los órganos autónomos puedan generar dividendos sociales, se deben establecer algunos conceptos fundamentales, esto es, los órganos autónomos deben tener una coordinación con los Poderes del Estado, pero ligada a una independencia total desde las aristas políticas, jurídicas, financieras y administrativas que les permita cumplir con el desarrollo de las atribuciones y tareas encomendadas.

Para el caso particular de México, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en adelante la Constitución, establece la existencia los órganos autónomos. Así, es relevante mencionar que, derivado de la Reforma constitucional realizada al artículo sexto en materia de telecomunicaciones del 2013, se mandató la creación del Instituto Federal de Telecomunicaciones, en adelante IFT, como un órgano encargado de regular, promover y supervisar el desarrollo eficiente de los sectores de telecomunicaciones y la radiodifusión en México, y con autoridad en materia de competencia económica en dichos sectores. Cabe mencionar que se ahondará más respecto a la Reforma de telecomunicaciones en el siguiente apartado.

1.2 Marco constitucional de las telecomunicaciones

1.2.1 Reforma constitucional de 2013

Las TIC, han generado un cambio en el estilo de vida alrededor del mundo. Este cambio representa retos, pero también beneficios para las sociedades y las personas, pues incide directamente en la participación social y en el desarrollo económico del país.

En virtud de lo anterior, en el marco de un acuerdo político, firmado el pasado 2 de diciembre de 2012, se consensuó la necesidad de iniciar actividades legislativas en materia de telecomunicaciones y radiodifusión, con el objetivo de modernizar al Estado y a la sociedad por medio de las TIC, así mismo se acordó el fortalecimiento de las facultades de la autoridad en materia jurídica y de competencia económica en los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión.⁷

Con base en lo anterior, se emitió el Decreto que reformó y adicionó diversas disposiciones de la Constitución, el cual tomó como precepto que las TIC, así como las telecomunicaciones y la radiodifusión son herramientas que hacen realidad los derechos fundamentales de las personas. En este orden de ideas, el decretó consideró en su exposición de motivos, entre otras cosas:

i) la creación de tribunales especializados en materia de competencia económica y telecomunicaciones; ii) el acceso equitativo a telecomunicaciones de clase mundial; iii) el derecho al acceso a banda ancha para que sea reconocido en la Constitución; iv) la necesidad de autonomía de la Comisión Federal de Telecomunicaciones, en adelante COFETEL⁸; v) la necesidad de una red troncal de

⁷ Cámara de Diputados, *Procesos legislativos, exposición de motivos, iniciativa del ejecutivo federal*, México, Gaceta No. 3726-II, 12 de marzo de 2013, <http://legislacion.scjn.gob.mx/Buscador/Paginas/wfProcesoLegislativoCompleto.aspx?q=b/EcoMjefuFeB6DOaNOimNPZPsNLFqe0s7fey1FqriekAcWnHkufxYMo7PRpB2GWYOhLr5+2kOhF8VHzyFPiJQ==>

⁸ La extinta COFETEL se creó en 1995 mediante Decreto presidencial como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes con facultades para regular y promover el desarrollo eficiente de las telecomunicaciones. Con fecha 11 de junio de 2013, mediante Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6º, 7º, 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones se creó el Instituto Federal de Telecomunicaciones como un órgano constitucional autónomo encargado de la regulación en el sector de telecomunicaciones y radiodifusión.

telecomunicaciones, vi) la necesidad de mayor competencia en telefonía, servicio de datos, radio, televisión abierta y televisión restringida, y vii) que un mayor número de usuarios acceda a los servicios de telecomunicaciones a un mejor precio y con mayor calidad.⁹

Dentro de las problemáticas que abordó la Reforma constitucional estuvieron:¹⁰

- la constante evasión por parte de los regulados del sector de telecomunicaciones de las determinaciones de la autoridad reguladora a través de recursos de amparo y litigios. Como solución a esto se reforzó la autonomía del órgano regulador.
- la autonomía y la capacidad de toma de decisiones del órgano regulador.
- el acceso a banda ancha en sitios públicos, bajo el esquema de una red pública del Estado.
- el uso óptimo de las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico 698-806 MHz (700 MHz) y 2400-2690 GHz (2.5 GHz).
- la estrategia de gobierno digital, así como el acceso a Internet de banda ancha en edificios públicos.
- el incremento de la competencia en radio y televisión abierta a través del must carry - must offer y de licitaciones públicas.
- los límites a la concentración de mercados y a las concentraciones de varios medios masivos de comunicación
- la competencia efectiva en televisión, radio, telefonía y servicios de datos.
- el aprovechamiento del espectro liberado por la televisión digital terrestre en la banda 698-806 MHz (dividendo digital).
- la necesidad de dotar de certeza jurídica para a los agentes económicos a través de un marco normativo de regulación efectiva.

⁹ Cámara de Diputados, *op. cit.*, p. 10.

¹⁰ Secretaría de Relaciones Exteriores, “Pacto por México”, https://embamex.sre.gob.mx/bolivia/images/pdf/REFORMAS/pacto_por_mexico.pdf

Cabe recordar que, si bien en 1995 el Presidente de la República emitió un decreto¹¹ que buscaba modernizar el ecosistema regulatorio de las telecomunicaciones en México con la creación de la COFETEL como un ente desconcentrado con autonomía técnica encargado de desarrollar y regular el sector de las telecomunicaciones, en la práctica, la COFETEL quedó rebasada al no contar con personalidad jurídica propia ni autonomía suficiente y, por tanto, las dobles ventanillas continuaron al seguir involucradas diversas entidades del Gobierno en la resolución de temas del sector.

Así, vale la pena señalar que Reforma constitucional de 2013, consideró un diseño institucional que pudiera abatir las dobles, triples y cuádruples ventanillas que existían en su momento al estar divididas las atribuciones de telecomunicaciones, radiodifusión, competencia económica y contenidos y medios audiovisuales en diferentes autoridades.

Por ejemplo, las funciones de competencia económica del sector de telecomunicaciones estaban bajo el mandato de la Comisión Federal de Competencia (CFC). La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) participaba en la determinación del valor mínimo de referencia de las bandas de frecuencias en las licitaciones de espectro y en las contraprestaciones en las prórrogas de concesiones. La mayoría de las decisiones técnicas que tomaba la COFETEL estaban al margen de lo que pudiera determinar la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), por lo tanto, en su momento la SCT realizaba un papel tanto político como técnico.

Como consecuencia de lo anterior y tomando como base el acuerdo político citado previamente, la Reforma constitucional estableció en el artículo sexto que el Estado garantizará el derecho de acceso a las tecnologías de la información y comunicación, así como a los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión. Estos

¹¹ Diario Oficial de la Federación, “Decreto por el que se crea la Comisión Federal de Telecomunicaciones”, México, 9 de agosto de 1996, http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4895322&fecha=09/08/1996

servicios son catalogados como servicios públicos de interés general y el Estado deberá garantizar su prestación a la sociedad en condiciones de competencia efectiva, calidad, pluralidad y continuidad.

Además, la Reforma constitucional estableció la creación del IFT como un órgano constitucional autónomo encargado de regular el espectro, las redes, los servicios y la competencia en telecomunicaciones y radiodifusión, con personalidad jurídica y patrimonio propios, que tiene por objeto el desarrollo eficiente de la radiodifusión y las telecomunicaciones conforme a lo dispuesto en la Constitución, así como en los términos que fijan las leyes.

Finalmente, también se realizaron modificaciones a las facultades que tenía el Ejecutivo Federal a través de dependencias como la SCT, la Secretaría de Gobernación (SEGOB), la Secretaría de Salud (SS), la Secretaría de Educación Pública (SEP), la SHCP, la Secretaría de Economía (SE) y la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO), entre otras con la finalidad de ser consistentes con las facultades otorgadas al IFT.¹²

Con base en lo anterior, es claro que el objetivo que persiguió la Reforma constitucional fue el de crear un andamiaje institucional que fomentara el desarrollo del sector y la sana competencia con reglas específicas para una cobertura universal de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión en el país.

¹² Reforma en materia de telecomunicaciones, “Resumen ejecutivo”, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/66463/12_Telecomunicaciones.pdf

1.2.2 Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión de 2014

Derivado de la reforma constitucional en materia de telecomunicaciones abordada en la sección anterior y publicada en el Diario Oficial de la Federación, en adelante, DOF el 11 de junio de 2013, el Presidente de la República remitió a la Cámara de Senadores una iniciativa de decreto para la expedición de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión¹³, en adelante LFTyR. Esta iniciativa, además, consideraba reformar, adicionar y derogar diversas disposiciones en el campo de las telecomunicaciones y la radiodifusión.

Una vez salvado el proceso de discusión de la iniciativa en el Congreso y posteriormente a las modificaciones resultantes de los debates, la LFTyR fue promulgada por el Ejecutivo Federal y publicada en el DOF el 14 de julio de 2014. Con la publicación de la LFTyR, se sustituyó a la otrora Ley Federal de Telecomunicaciones publicada el 7 de junio de 1995 en el DOF.

En relación con lo anterior, vale la pena resaltar de manera general algunos de los aspectos que se establecieron en la ley secundaria de 2014, mismos que han sido relevantes para los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión, a saber:

Eliminación de cobros por servicios de larga distancia nacional. La LFTyR estableció, en el Título quinto relativo a las redes y servicios de telecomunicaciones, un artículo particular que versa sobre las obligaciones para los concesionarios que operan redes públicas de telecomunicaciones para que, a partir de 1 de enero del 2015, se abstuvieran de realizar cargos de larga distancia nacional a sus usuarios por las llamadas que realizaran a cualquier destino nacional. Lo anterior, aplicable a todos aquellos concesionarios que presten servicios fijos, móviles o ambos.

¹³ Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment_data/file/447072/132-_LEY_Federal_de_Telecomunicaciones_y_Radiodifusi_n..pdf

Asimismo, mediante el Transitorio vigésimo quinto se indicó que las resoluciones administrativas emitidas que se opongan a lo previsto con los cobros por servicios de larga distancia fija y a celular quedarían sin efectos.

Agentes económicos preponderantes. El Título décimo segundo mandató al IFT la determinación de agentes económicos preponderantes en los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión cuando la participación nacional fuera mayor al cincuenta por ciento en el número de usuarios, suscriptores, audiencia, tráfico en las redes o por la capacidad utilizada de las mismas en la prestación de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión. Este Título también indica el procedimiento para la declaración de un agente económico como preponderante en los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión, así como el procedimiento para la imposición de regulación asimétrica.

El artículo 262 de la LFTyR forma parte del Título de regulación asimétrica y, por tanto, habilita al IFT a imponer medidas que eviten la afectación a la competencia, a la libre concurrencia y a los usuarios finales de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión.

La regulación asimétrica podrá ser aplicada en tarifas e infraestructuras de red, desagregación de elementos esenciales de red, separación contable, funcional o estructural, oferta y calidad de servicios, acuerdos en exclusiva, entre otros.

Adicionalmente, se mandata al preponderante habilitar el acceso de manera desagregada a elementos, infraestructuras de carácter activo y pasivo, servicios, medios físicos, capacidades y funciones de sus redes sobre tarifas individuales no discriminatorias a otros concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones. Este acceso desagregado deberá otorgarse en los mismos términos y condiciones que se ofrece a sí mismo, sus filiales, subsidiarias o empresas del mismo grupo de interés económico.

Por otro lado, el artículo 277 de la LFTyR permite la participación de los agentes económicos preponderantes en licitaciones de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, previa autorización del IFT y apegándose a los límites de acumulación de espectro que se determinen en su momento.

Finalmente, el IFT cuenta con la atribución de verificar cada trimestre el cumplimiento de las medidas y la regulación asimétrica y, por tanto, sancionará el incumplimiento de las mismas. Las obligaciones que se impongan al preponderante se extinguirán por declaratoria del IFT una vez que se observe que existan condiciones de competencia efectiva en el mercado del que se trate.

Derechos de los usuarios de servicios de telecomunicaciones. Este tópico fue todo un hito en la legislación secundaria ya que la otrora Ley Federal de Telecomunicaciones no se pronunciaba sobre los derechos de los usuarios o los mecanismos para su protección.

Al respecto, la LFTyR establece los derechos de los usuarios, los derechos de los usuarios con discapacidad y los mecanismos de protección. Particularmente en el artículo 191 se listan los derechos de los usuarios y resaltan, entre otros, protección de datos personales, consulta de saldo gratuito en prepago en los servicios móviles, portabilidad numérica, desbloqueo del equipo terminal, conocimiento de condiciones de contratos de adhesión y servicios con que cumplan con la calidad establecida por el IFT.

Como parte de los derechos de los usuarios también se establecen obligaciones para los concesionarios o autorizados en diferentes áreas respecto a condiciones de celebración de contratos con los usuarios; registro de los modelos de contratos de adhesión ante la PROFECO; respetar e informar precios, tarifas, calidad, servicio, condiciones, penalidades, compensaciones, plazos, fechas, entre otros; disponibilidad de equipos terminales con funcionalidades de accesibilidad; bloqueo de contenidos, aplicaciones o servicios solicitados por el usuario, y la disponibilidad de un servicio de control parental.

En esta materia también se establecen las atribuciones, obligaciones y acciones coordinación que se deben llevar a cabo entre SE, PROFECO, el Ejecutivo Federal y el IFT.

Derecho de las audiencias. Como parte de estos derechos se establece que el servicio público de radiodifusión deberá prestarse en condiciones de competencia y calidad.

Las audiencias tienen derecho a la promoción de la formación educativa, cultural y cívica, preservando la pluralidad y veracidad de la información; recibir contenidos que reflejen pluralismo ideológico, político, social y cultural y lingüístico de la Nación; información imparcial, objetiva y oportuna; respeto de los horarios de los programas y avisos parentales; ejercer el derecho de réplica, y contar con servicios de subtítulo, doblaje al español y lengua de señas mexicana para accesibilidad a personas con debilidad auditiva.

Así mismo, el artículo 259 de la LFTyR establece que los usuarios tienen derecho a una defensoría. En tal virtud, los concesionarios que presten servicio de radiodifusión deberán contar con un defensor de audiencias. Este mismo artículo indica las responsabilidades tanto del defensor como del concesionario.

Los requisitos para ser defensor de las audiencias fueron establecidos en el artículo 260 de la LFTyR. Por su parte, el artículo 261 establece las responsabilidades del defensor.

No suspensión de actos del IFT. Como se mencionó previamente en el apartado Reforma constitucional de 2013, uno de los problemas que pretendía atajar la Reforma era el de la constante evasión de las determinaciones de la autoridad reguladora a través de recursos de amparo y litigios por parte de los regulados.

En consecuencia, la legislación secundaria estableció que las normas generales, actos u omisiones del IFT podrían ser impugnadas únicamente mediante el juicio de amparo indirecto y no serían objeto de suspensión. Además, se estableció que las impugnaciones solo pueden ser a la resolución que ponga fin a un procedimiento y no así las normas generales aplicadas durante el mismo.

Finalmente, el artículo 315 de la LFTyR indica que corresponderá a los tribunales especializados del Poder Judicial de la Federación en materia de competencia, telecomunicaciones y radiodifusión, conocer de las controversias que se susciten con motivo de la aplicación de la LFTyR.

La portabilidad numérica. Concepto adoptado en la Ley, el cual se define como el derecho de los usuarios de conservar el mismo número telefónico al cambiarse de concesionario o prestador de servicios. A este respecto, diversos

artículos de la LFTyR versan sobre la materia, por ejemplo, aquellos que obligan a los concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones y a las comercializadoras de servicios de telecomunicaciones a ofrecer y permitir la portabilidad efectiva de números telefónicos.

Mientras tanto, otros artículos relacionan la portabilidad con los derechos de los usuarios; revelan que una vez que los usuarios soliciten la portabilidad, los concesionarios estarán obligados a garantizar que los usuarios conserven el número que se le asignó con independencia del concesionario; o establecen medidas aplicables al agente económico preponderante.

El punto clave sobre la portabilidad numérica se dio en el transitorio trigésimo octavo, el cual trata sobre la obligación del IFT respecto a la emisión de reglas administrativas que eliminen requisitos que puedan retrasar o impedir la portabilidad numérica, y establece que la portabilidad debe realizarse en un plazo no mayor a 24 horas.

Espectro radioeléctrico. A este respecto, sobresalen diversos temas, por ejemplo, la legislación secundaria otorgó al IFT facultades para la administración del espectro radioeléctrico de conformidad con lo dispuesto por la Constitución, los tratados y acuerdos internacionales firmados por México y, en lo aplicable, siguiendo las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y otros organismos internacionales.

De igual forma la LFTyR delineó los objetivos generales que debe perseguir el IFT al administrar el espectro radioeléctrico, entre los que destacan, la seguridad de la vida; la competencia efectiva en los mercados convergentes de los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión; el uso eficaz del espectro y su protección; la inversión eficiente en infraestructuras, la innovación y el desarrollo de la industria de productos y servicios convergentes, y el fomento de la neutralidad tecnológica.

En la ley secundaria resalta también la labor del IFT en relación con la actualización del cuadro nacional de atribución de frecuencias; el programa nacional de espectro radioeléctrico; el programa anual de uso y aprovechamiento de bandas de frecuencias y para ocupar y explotar recursos orbitales con sus bandas de frecuencias asociadas que sean materia de licitación pública; la disponibilidad de

bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para el Ejecutivo Federal para seguridad nacional, seguridad pública, conectividad de sitios públicos y cobertura social, así como la implementación y operación de un sistema informático de administración del espectro.

Por otro lado, el artículo 55 clasificó las bandas de frecuencias como espectro determinado, libre, protegido y reservado. Por su parte, el artículo 76 definió las concesiones para uso comercial, para uso público, para uso privado de comunicación privada o experimentación y para uso social.

Algunos ejemplos que se diferencian entre la LFTyR y la antigua ley son: el IFT es el encargado de determinar el monto de las contraprestaciones por el otorgamiento, la prórroga de la vigencia o los cambios en los servicios de las concesiones, así como por la autorización de los servicios vinculados a éstas, tratándose de concesiones sobre el espectro radioeléctrico, cuya solicitud se haya realizado previamente a la Reforma constitucional en materia de telecomunicaciones; los concesionarios podrán dar en arrendamiento, bandas de frecuencias concesionadas para uso comercial o privado con propósitos de comunicación privada con previa autorización del IFT; el IFT es el encargado de llevar a cabo los procesos de licitación pública, así como la asignación de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico en materia de telecomunicaciones y radiodifusión.

De igual manera, es relevante lo que se estableció en materia de cambio o rescate del espectro radioeléctrico o de recursos orbitales ya que se habilitó al IFT para cambiar o rescatar bandas de frecuencias o recursos orbitales cuando lo exija el interés público; por razones de seguridad nacional, para la introducción de nuevas tecnologías, y para el reordenamiento de bandas de frecuencias, entre otras. Se establece también que bajo ningún supuesto de cambio de una banda de frecuencia o de recursos orbitales se indemnizará al concesionario.

Ahora bien, a cuatro años de la publicación de la legislación secundaria, la LFTyR ha dotado a los diversos actores de los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión con elementos para el desarrollo de las telecomunicaciones y la radiodifusión. Si bien es cierto que se ha avanzado en diversos aspectos de estos

sectores, también es cierto que aún es necesario atajar otros, pues aún existen áreas de oportunidad que se han encontrado con el paso de los años.

1.3 Aspectos generales del espectro radioeléctrico

1.3.1 Conceptos básicos asociados al espectro radioeléctrico

Uno de los ejes para el desarrollo eficiente de las telecomunicaciones y la radiodifusión es el espectro radioeléctrico. En tal razón, es de suma importancia una administración y regulación de este recurso finito apegada a criterios técnico-científicos y a las mejores prácticas internacionales para que pueda utilizarse de tal manera que ofrezca el mayor beneficio social posible.

Para abordar el tema del espectro radioeléctrico me gustaría primero esbozar algunas ideas generales, dado que típicamente este concepto es un tanto técnico y especializado.

Hoy en día es común que en las ciudades urbanizadas cualquier persona tenga un teléfono celular. Hasta cierto grado, parece cómico realizar una afirmación como “los teléfonos celulares no utilizan cable alguno para realizar una comunicación ya sea de voz, datos o video” pues la telefonía celular ha llegado a formar parte de la vida cotidiana de las personas y, parece común dar por sentados los principios de esta forma de comunicación.

No obstante lo anterior, para abordar la materia es prudente mencionar que durante los años de 1884 a 1887, diversos físicos experimentaban con el objeto de comprobar si en un punto se podían generar variaciones eléctricas y magnéticas y recibirlas en otro punto sin la presencia de un medio físico que conectara ambos puntos, es decir a través del aire. Heinrich Hertz, fue el primer físico en poder realizar una transmisión de ondas electromagnéticas a través del aire y también pudo confirmar que estas ondas podían variar respecto al tiempo, por lo que a este conjunto de variaciones se le llamó espectro electromagnético. Posterior a eso y con el avance de la electrónica, fue posible identificar un segmento del espectro electromagnético en el que se podía transmitir “información” de un punto a otro, este segmento identificado ahora es conocido como espectro radioeléctrico.

Pero ¿qué es el espectro radioeléctrico? En líneas generales se puede decir que, todo aquel dispositivo electrónico que transmita información de un punto a otro, sin la necesidad de utilizar un medio físico (cable), utiliza el espectro radioeléctrico para comunicarse. Ejemplos de esto son las comunicaciones entre un avión y una torre de control, las comunicaciones entre barcos, la comunicación entre un satélite y tierra, la conexión de las computadoras a Internet por medio de la tecnología Wi-Fi¹⁴, la radio, la televisión, los teléfonos celulares, etc. Por tanto, es a través del espectro radioeléctrico que se realizan las comunicaciones inalámbricas entre un punto y otro de forma ordenada con el objeto de transmitir información (correos electrónicos, videos, mensajes de texto, llamadas de voz, etc.).

Por otro lado, en un ámbito más técnico, de conformidad con la Unión Internacional de Telecomunicaciones, que es el organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación (denominadas comúnmente como TIC), y punto de convergencia mundial de gobiernos, el sector privado y la academia, el espectro radioeléctrico es la porción del espectro electromagnético cuyo límite superior se fija convencionalmente por debajo de los 3000 GHz.¹⁵

En el ámbito jurídico, cabe mencionar que la normativa mexicana establece que el espectro radioeléctrico es el espacio que permite la propagación, sin guía artificial, de ondas electromagnéticas cuyas bandas de frecuencias se fijan convencionalmente por debajo de los 3,000 GHz.

Además, de conformidad con lo indicado en la LFTyR, el IFT tiene a su cargo, entre otras materias, la regulación, promoción y supervisión del uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, los recursos orbitales, los servicios satelitales y la prestación de los servicios de radiodifusión y de

¹⁴ Wi-Fi Alliance, “Who We Are”, <https://www.wi-fi.org/who-we-are>

¹⁵ Conjunto de textos fundamentales de la Unión Internacional de Telecomunicaciones adoptados por la Conferencia de Plenipotenciarios, “Convenio de la UIT, No. 1005 de su Anexo”, p. 126, <http://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/5.16.61.es.300.pdf>

telecomunicaciones. Asimismo, la administración del espectro radioeléctrico será ejercida por el IFT en el ejercicio de sus funciones según lo dispuesto por la Constitución y en la LFTyR.

Otro instrumento que sin lugar a dudas está relacionado con el espectro radioeléctrico es el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF), ya que la LFTyR establece que todo uso, aprovechamiento o explotación de bandas de frecuencias deberá hacerse con base en lo establecido en el CNAF.

El CNAF es la disposición administrativa que indica el servicio o servicios de radiocomunicaciones a los que se encuentra atribuida una determinada banda de frecuencias del espectro radioeléctrico, así como información adicional sobre el uso y planificación de determinadas bandas de frecuencias.¹⁶

En el ámbito internacional, el uso del espectro radioeléctrico se rige por lo establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones, en adelante RR, de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, en adelante UIT. En el RR se inscriben las atribuciones de las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico en el cuadro internacional de atribución de frecuencias y es el instrumento principal con el que cuentan los Estados Miembros de la UIT para la operación de los servicios de radiocomunicaciones de forma armonizada con el objeto de prevenir afectaciones por interferencia perjudicial entre servicios o hacia servicios de radiocomunicaciones de otros países.

Así, el CNAF se desprende del cuadro internacional de atribución de frecuencias previsto en el RR. En nuestro país esta regulación internacional es un instrumento técnico-jurídico que es aprobado por el Senado de la República y ostenta el carácter de Tratado Internacional, cuya observancia y aplicación es de carácter vinculante.

¹⁶ Diario Oficial de la Federación, “Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal De Telecomunicaciones actualiza el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.”,

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5539626&fecha=01/10/2018

Por otro lado, cabe señalar que, para usar, aprovechar o explotar bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico de uso determinado se debe contar con una concesión de espectro otorgada por el IFT mediante la cual se confiere el derecho de uso.¹⁷ En consecuencia, cabe señalar que estas concesiones se otorgan de acuerdo a sus fines, a saber: uso comercial, uso público, uso privado y uso social.

1.3.2 El espectro como un bien de dominio público

El artículo 27 de la Constitución indica que corresponde a la Nación el dominio directo del espacio situado sobre el territorio nacional en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional. Por su parte, el espectro radioeléctrico utiliza como medio de propagación el aire, por tal motivo se puede concluir que el espectro forma parte del espacio aéreo.

En consecuencia, el espectro radioeléctrico constituye un bien de dominio de la Nación, el cual es inalienable e imprescriptible. Lo anterior, es consistente con lo establecido en la tesis de jurisprudencia identificada con el número 65/2007 que derivó de la acción de inconstitucionalidad 26/2006.¹⁸

En adición a lo anterior, como parte de las disposiciones generales de la LFTyR se establece que el Estado mantendrá en todo momento el dominio originario, inalienable e imprescriptible sobre el espectro radioeléctrico.

Asimismo, el artículo 54 de la LFTyR estipula que el espectro radioeléctrico y los recursos orbitales son bienes del dominio público de la Nación, cuya titularidad y administración corresponden al Estado.

¹⁷ De conformidad con la LFTyR Las bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico se clasifican como espectro determinado, espectro libre, espectro protegido y espectro reservado.

¹⁸ Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, “Espectro radioeléctrico. Forma parte del espacio aéreo, que constituye un bien nacional de uso común sujeto al régimen de dominio público de la federación, para cuyo aprovechamiento especial se requiere concesión, autorización o permiso”, México, diciembre de 2007, p. 987, <http://sjf.scjn.gob.mx/sjfsist/Documentos/Tesis/170/170757.pdf>

En el marco internacional, el informe de la UIT “Orientaciones sobre el marco reglamentario para la gestión nacional del espectro”¹⁹, resalta como principio de utilización nacional que el espectro radioeléctrico pertenece al dominio público del Estado y, por tanto, se sujeta a las determinaciones del Estado y su gestión se enmarca en la legislación nacional, lineamientos y políticas públicas en la materia.

Ahora bien, como se ha mencionado en la sección anterior, la Constitución establece que, para hacer uso, aprovechamiento o explotación del espectro radioeléctrico, es necesario contar con una concesión de espectro. Al respecto, la LFTyR indica que a través de la concesión de espectro el IFT confiere el derecho para usar, aprovechar o explotar las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico o recursos orbitales, en los términos establecidos en la misma ley.

Sin embargo, la concesión de espectro radioeléctrico no confiere al titular la propiedad del mismo y, por tanto, su titularidad no puede ser reclamada por particulares. Esto es consistente también en el entorno internacional pues la UIT establece que: “La autorización (o licencia) no confiere a su detentor la propiedad de una parte del espectro, sino sólo el derecho de utilizarla durante el periodo de tiempo especificado en la licencia y de conformidad con las reglas recogidas en los términos y condiciones correspondientes.”²⁰

1.4 Estado actual de las redes móviles de banda ancha en México

1.4.1 Tenencia actual de espectro para banda ancha

Una vez que se han esbozado los conceptos básicos del espectro radioeléctrico, vale la pena plasmar el diagnóstico de asignación de espectro radioeléctrico en México. Si bien a través del espectro radioeléctrico se pueden prestar una gran variedad de servicios de radiocomunicaciones, en este caso particular y, por ser

¹⁹ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Orientaciones sobre el marco reglamentario para la gestión nacional del espectro”, *Informe SM.2093-2*, 2015, <http://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2093-2-2015/es>

²⁰ *Ibidem*, p. 23.

materia del presente análisis, el diagnóstico de asignación se centrará en la asignación de espectro para servicios móviles de banda ancha.

Lo anterior tiene sustento en el hecho que las bandas de frecuencias que serán utilizadas para las redes móviles de quinta generación, comúnmente conocidas como redes 5G, se encuentran dentro de la categoría de servicios móviles de banda ancha.

Actualmente existen en el mercado redes de telecomunicaciones a través de las cuales se prestan servicios móviles de banda ancha. Las redes móviles comerciales con mejores prestaciones tecnológicas al día de hoy son las redes de cuarta generación o 4G. Estas redes han crecido exponencialmente en todo el mundo y, a consecuencia de esto, el volumen de información que se cursa por las redes ha incrementado en proporciones exponenciales. Como consecuencia, la demanda de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico también ha incrementado en los últimos años. En los capítulos posteriores se ahondará en esta materia.

En este contexto, la UIT encamina parte de su labor a la identificación de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico que se consideran apropiadas para la operación de sistemas móviles de banda ancha. Para esto, la misma UIT ha acuñado el término Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT, por sus siglas en inglés).

La Recomendación de la UIT “Vocabulario de términos de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT)”²¹ establece que los sistemas IMT ofrecen acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones a través de redes de acceso inalámbrico móvil y fijo, las cuales utilizan tecnología de paquetes y soportan una amplia gama de velocidades de transferencia de datos con mejoras importantes en el rendimiento y la calidad de servicio.

²¹ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Vocabulario de términos de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT)”, *Recomendación M.1224-1*, 2012, <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1224-1-201203-I/es>

En particular, el espectro radioeléctrico para banda ancha ha sido uno de los recursos más relevantes no solo en México sino en todo el mundo, pues es el pedestal fundamental de una política integral en materia de conectividad inalámbrica. Lo anterior se confirma a través de lo que señala la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, en adelante, OCDE en el manual para la economía digital: “Las redes de banda ancha son el pilar fundamental de las economías digitales. La mayor disponibilidad y el uso eficaz de los servicios facilitados a través de las mismas fomentan la inclusión social, la productividad y el buen gobierno.”²²

En relación con lo anterior, durante diversas etapas en el sector de telecomunicaciones en México se han llevado a cabo diversos procedimientos a través de los cuales se han otorgado concesiones para el uso, aprovechamiento o explotación del espectro radioeléctrico a distintas personas físicas o morales como parte de acciones que han buscado coadyuvar en la conectividad digital.

Así pues, antes de la creación del IFT en México se había asignado un total de 222 MHz en las bandas de frecuencias reconocidas internacionalmente para las IMT. Dichas bandas son conocidas comúnmente como 850 MHz, AWS (siglas del idioma inglés para Advanced Wireless Systems) y PCS (siglas del idioma inglés para Personal Communication Systems) como se muestra en el Gráfico 1.

²² OCDE/BID, *Políticas de banda ancha para América Latina y el Caribe: Un manual para la economía digital*, París, OECD Publishing, 2016.

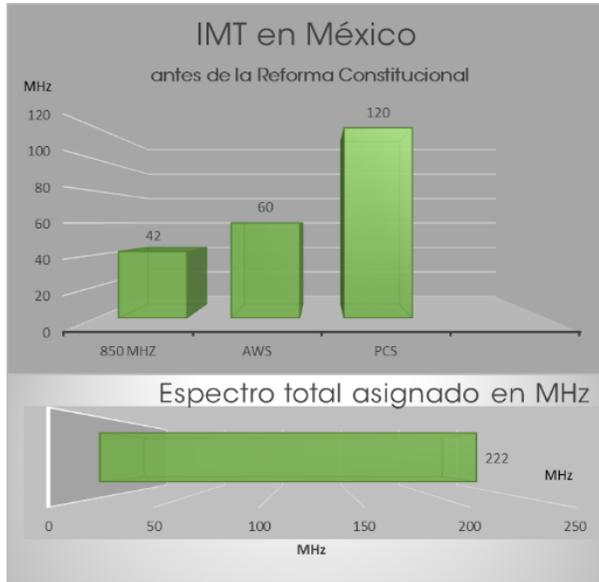


Gráfico 1. Espectro asignado en México antes de la Reforma constitucional
 Fuente: *Elaboración propia con datos del IFT. IMT en México. Más espectro para aplicaciones de banda ancha móvil. 2019*

Además, como se ha mencionado, el IFT cuenta con facultades para llevar a cabo los procesos de licitación pública, por tal motivo, el IFT realizó diversos procedimientos administrativos a partir del año 2015, dando como resultado un incremento en el espectro asignado para banda ancha y telefonía móvil de 222 MHz a 584 MHz en las bandas de frecuencias conocidas como 700 MHz, 800 MHz, 850 MHz, AWS, PCS y 2.5 GHz, tal como se muestra en el Gráfico 2.

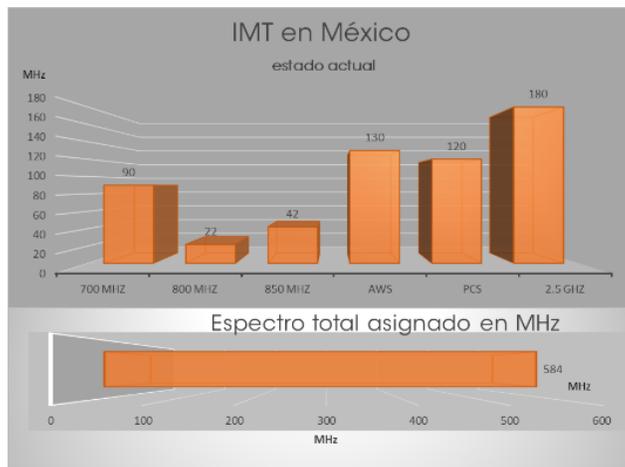


Gráfico 2. Espectro asignado en México a febrero de 2019

Fuente: *Elaboración propia con datos del IFT. IMT en México. Más espectro para aplicaciones de banda ancha móvil. 2019*

Por otro lado, la tenencia de espectro por operador en las bandas de frecuencias listadas anteriormente a febrero de 2019 se puede observar en el gráfico siguiente.

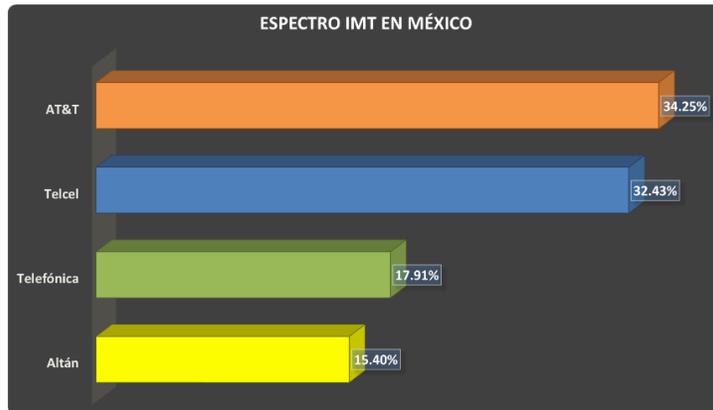


Gráfico 3. Espectro asignado en México por operador a febrero de 2019

Fuente: *Elaboración propia con datos del IFT. IMT en México. Más espectro para aplicaciones de banda ancha móvil. 2019*

Por último, en el Gráfico 4 se plasman las estimaciones de crecimiento en cuanto a la cantidad de espectro radioeléctrico a asignar en nuestro país en los próximos años. Del análisis de los datos se observa que en el mediano plazo México podría crecer hasta en un 163 % en comparación con lo asignado previo a la Reforma constitucional en materia de Telecomunicaciones y Radiodifusión.

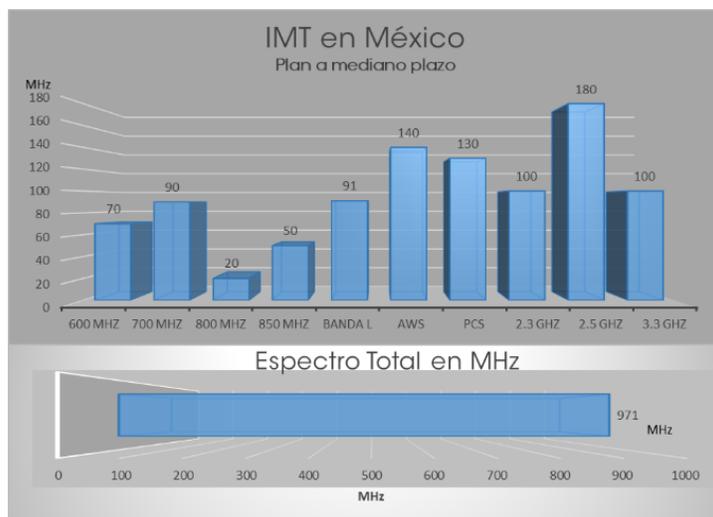


Gráfico 4. Plan de asignación de espectro en México a mediano plazo
Fuente: *Elaboración propia con datos del IFT. IMT en México. Más espectro para aplicaciones de banda ancha móvil. 2019*

1.4.2 Estado de las redes móviles de banda ancha

El IFT publica informes estadísticos de manera trimestral en los que proporciona de manera gráfica y amigable los datos de los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión. Estos informes permiten obtener una idea puntual del estado que guardan las telecomunicaciones en el país. Así mismo, a través del banco de información de telecomunicaciones (BIT)²³, el IFT pone a disposición del público en general información detallada de estos dos sectores.

Por ejemplo, al tercer trimestre de 2018, el número de líneas del servicio de telefonía era de 117,367,219. La participación de mercado a nivel nacional en el servicio de telefonía móvil por número de líneas era liderada por Telcel, seguido por Telefónica y AT&T como se muestra en el gráfico siguiente.



Gráfico 5. Participación de mercado del servicio de telefonía al tercer trimestre 2018 con base en el número de suscriptores

Fuente: *Elaboración propia con datos del IFT. Banco de información de telecomunicaciones*

²³ Instituto Federal de Telecomunicaciones, “Banco de información de Telecomunicaciones”, <https://bit.ift.org.mx/BitWebApp/informacionEstadistica.xhtml>

En cuanto al servicio móvil de acceso a Internet, al tercer trimestre del 2018 se tenía registro de un total de 83,423,891 líneas que contaban con este servicio. La participación de mercado por operador se muestra en el Gráfico 6 siguiente.



Gráfico 6. Participación de mercado del servicio móvil de acceso a Internet al tercer trimestre 2018

Fuente: *Elaboración propia con datos del IFT. Banco de información de telecomunicaciones*

En cuanto al tráfico de datos o la cantidad de información que se cursó en las redes de los operadores, en el Gráfico 7 se observan los datos recuperados del BIT.



Gráfico 7. Proporción del tráfico de datos por operador al tercer trimestre 2018

Fuente: *Elaboración propia con datos del IFT. Banco de información de telecomunicaciones*

Por otro lado, en México actualmente existen tres operadores de red que proveen servicios comerciales de banda ancha móvil, Telcel, AT&T y Movistar. Así mismo, Altán a través de la red compartida mayorista, provee servicios mayoristas

de banda ancha móvil. Estos cuatro operadores cuentan con instrumentos habilitantes para el uso del espectro radioeléctrico a través de los cuales proveen servicios comerciales de banda ancha móvil en cada una de las modalidades mencionadas previamente.

A febrero de 2019, la cantidad de espectro asignada para servicios comerciales de acceso inalámbrico de banda ancha se encontraba distribuida de la siguiente manera: AT&T con el 34.25 %, TELCEL con el 32.43 %, Telefónica con el 17.91 % y Altán con el 15.40 %.²⁴

Así mismo, el total de espectro asignado en México a febrero de 2019 para servicios comerciales de acceso inalámbrico de banda ancha móvil se puede observar en el siguiente gráfico.



Gráfico 8. Espectro asignado para servicios de banda ancha móvil en MHz
 Fuente: *Elaboración propia con datos del IFT. IMT en México. Más espectro para aplicaciones de banda ancha móvil. 2019*

²⁴ Instituto Federal de Telecomunicaciones, “IMT en México. Más espectro para aplicaciones de banda ancha móvil” México, febrero de 2019, http://www.ift.org.mx/sites/default/files/imt_en_mexico_febrero_2019.pdf

Finalmente, los operadores que cuentan con concesiones de espectro radioeléctrico para proporcionar servicios comerciales al usuario final lo hacen a través de diversas tecnologías, esto es:

- Telcel: 2G, 3G, 4G y 4.5 G
- AT&T: 2G, 3G y 4G.
- Telefónica: 2G, 3G y 4G.

En el caso de la red compartida mayorista, si bien no está habilitada para proporcionar servicios a usuarios finales, los servicios mayoristas que proporciona a terceros los realiza a través de una red con tecnología 4G.

1.5 Conclusiones del capítulo

El resultado de las actividades que realiza el Estado como representante de una agrupación puede dotar a la sociedad de bienestar y prosperidad o pobreza y carencias, en consecuencia, las acciones que ejecute el Estado a través de la administración pública u ordenamientos jurídicos se vuelven fundamentales en la vida cotidiana de los seres humanos.

Como se ha expresado en el presente capítulo, la doctrina de la separación de poderes del Estado ha evolucionado con la inclusión de los organismos autónomos, los cuales reciben facultades para realizar una función administrativa del Estado con el fin de obtener una mayor especialización, agilización, control y transparencia para atender eficazmente las demandas sociales sin seguir intereses partidistas o situaciones coyunturales. No obstante, no se puede dejar de lado que para que los organismos autónomos puedan cumplir con sus objetivos planteados, deben tener una coordinación cercana con los Poderes del Estado.

Para el caso que nos ocupa, con la creación del IFT en 2013 derivado de la Reforma constitucional realizada al artículo sexto en materia de telecomunicaciones, así como con la emisión de la Ley secundaria en 2014 se establecieron diversos aspectos que han reforzado la autonomía del organismo regulador en aras de fomentar el desarrollo y la sana competencia de los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión en el país.

El estado actual de las redes móviles de banda ancha ha presentado el panorama de asignación de espectro radioeléctrico, las participaciones de mercado y los operadores involucrados que cuentan con concesiones de espectro radioeléctrico para proporcionar servicios comerciales, lo cual permite contar por un lado con un indicativo de espectro asignado para 2G, 3G y 4G y, por el otro, considerar el contexto particular del mercado mexicano que servirán de base en los capítulos subsecuentes.

En general, los conceptos básicos asociados al espectro radioeléctrico abordados en este capítulo parecieran estar diametralmente separados de las cuestiones de normatividad y política pública, sin embargo, son una piedra angular que permitirá comprender la importancia de este recurso como una potencial herramienta para la transformación de la vida social y la economía del país.

En este sentido, el contexto, bases y conceptos desarrollados en el presente capítulo están estrechamente relacionados con el contenido del capítulo 4, por ejemplo, el concepto de Estado se tomará como base para abordar el apartado del rol del Estado en la promoción del desarrollo tecnológico; la importancia de contar con un organismo regulador autónomo del sector y la coordinación que se debe tener con otros poderes del Estado será referencia para la sección titulada actores sociales en el desarrollo tecnológico; los aspectos generales del espectro radioeléctrico servirán como antesala para la parte de banda ancha y crecimiento económico, así como para abordar los retos en el uso del espectro para redes de nueva generación; el panorama de asignación de espectro radioeléctrico asignada para 2G, 3G y 4G servirá para contrastar la cantidad de espectro que será necesaria para 5G y por ende, ayudar en la comprensión de la importancia de 5G en materia de asignación; las participaciones de mercado, así como los operadores involucrados en el despliegue de infraestructura para servicios móviles de banda ancha dotará de contexto del mercado mexicano para abordar la sección del entorno que contribuye al desarrollo tecnológico en el país.



Capítulo 2

Generalidades tecnológicas de las redes móviles de telecomunicaciones



Capítulo 2. Generalidades tecnológicas de las redes móviles de telecomunicaciones

En términos generales, las redes móviles de telecomunicaciones han revolucionado la forma en que las sociedades se desenvuelven. Este tipo de redes se ha desarrollado a tal grado que se han vuelto una herramienta de uso diario para las personas. Hoy en día es común que en las ciudades urbanizadas cualquier persona cuente con un teléfono celular y, hasta cierto grado, los sistemas de comunicaciones inalámbricas han llegado a formar parte de la vida cotidiana de las personas. Recuerda también guiarte sobre un estilo bibliográfico para tus citas y referencias.

Si bien este capítulo no aborda en profundidad las redes móviles y las tecnologías asociadas a ellas, el objetivo es presentar un bosquejo que permita al lector comprender de manera general lo que son las tecnologías móviles de banda ancha y su estado actual desde el punto de vista tecnológico.

Así, este capítulo abordará desde los antecedentes de las tecnologías móviles de banda ancha hasta el estado actual que guardan este tipo de redes en México.

A través del capítulo se describe la historia y los principios de funcionamiento de las redes móviles. También se narra la evolución de los dispositivos móviles a lo largo del tiempo, las velocidades de transmisión y las evoluciones de los estándares, para posteriormente hacer un resumen de las principales características de las tecnologías móviles, desde 1G hasta 4G.

El capítulo finaliza describiendo, a través de una serie de datos, el estado actual de las redes móviles de banda ancha con la finalidad de poner en antecedente al lector sobre el uso de este tipo de redes en México.

2.1 Antecedentes de las tecnologías móviles de banda

2.1.1 Tenencia actual de espectro para banda ancha

Las telecomunicaciones, en particular las redes móviles inalámbricas, se han vuelto fundamentales en las sociedades ya que son un elemento de conectividad que

impulsa el progreso de las personas e incide en el crecimiento económico de los países alrededor del mundo, además de ser un elemento adicional en la conformación de la sociedad de la información y del conocimiento actual.

Las redes móviles inalámbricas han resultado una solución tecnológica de las más utilizadas en la actualidad para la provisión de servicios de banda ancha derivado de las propias características y prestaciones observadas.

Cabe aclarar que el término “banda ancha” ha cambiado a lo largo del tiempo desde el punto de vista tecnológico; no obstante, existe un consenso general en el sector en relación a que este término está relacionado directamente con las velocidades de transmisión, con la disponibilidad permanente de conexión de los usuarios, así como con la capacidad o volumen de las redes para el intercambio de información de un punto a otro.

Los cambios en la acepción del término banda ancha se deben a la evolución tecnológica, ya que los desarrollos e innovaciones tecnológicas han mejorado la eficiencia espectral de las tecnologías, es decir, la evolución tecnológica ha incrementado y mejorado la capacidad para mandar información a través de un canal determinado.

En este sentido, las velocidades de transmisión de información de las redes inalámbricas también han cambiado, pues al tener mayor capacidad para mandar información en un mismo canal, también se obtiene una mayor velocidad para la transmisión y recepción de información, como lo pueden ser archivos, videos, correos electrónicos, etc. Así pues, las velocidades de transmisión en las redes de banda ancha han crecido desde 2.4 kbps para las primeras tecnologías móviles (AMPS), hasta 1 Gbit/s para las más actuales (LTE)²⁵.

El término banda ancha, desde el punto de vista de la prestación de servicios, también puede considerarse como un conjunto de tecnologías de red avanzadas

²⁵ GSMA, “The spectrum policy dictionary”, *Spectrum primer series*, febrero de 2017, <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2017/04/Spectrum-Policy-Dictionary.pdf>

que permite la provisión de servicios de telecomunicaciones móviles, los cuales habilitan la prestación de servicios digitales innovadores.

Bajo esta tesis, los servicios de banda ancha se han convertido en un mecanismo que impacta directamente en el desarrollo tecnológico de los países, pues, como lo señala la propia UIT: "... La banda ancha es también una herramienta para alcanzar nuestra meta común, las sociedades del conocimiento, donde el acceso a la información y la creatividad humana son vitales".²⁶

En relación con lo anterior, cabe señalar la relevancia de la UIT en materia de banda ancha móvil, ya que es el organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), y punto de convergencia internacional de gobiernos, el sector privado, la academia y actores relevantes en el sector en donde se identifican las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico apropiadas para la provisión de servicios de banda ancha móvil.

La UIT cuenta con tres sectores que tratan materias distintas de las TIC, en particular el sector de radiocomunicaciones, en adelante UIT-R, se concentra en regular, coordinar y establecer los principios internacionales del uso del espectro radioeléctrico a nivel internacional a través del RR²⁷. Dicho reglamento tiene un nivel de tratado internacional por lo que los países firmantes deben dar cumplimiento al mismo.

Es el propio RR el que establece las atribuciones de los servicios, es decir, los servicios habilitados en una banda de frecuencias determinada. Por tanto, dentro

²⁶ Foro Mundial de Política de las Telecomunicaciones/TIC, "Banda ancha", Suiza, mayo de 2013, <https://www.itu.int/en/wtpf-13/Documents/background-er-wtpf-13-broadband-es.pdf>

²⁷ Unión Internacional de Telecomunicaciones, "Reglamento de Radiocomunicaciones", 2016, <http://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.43.48.es.301.pdf>

del RR establece el servicio móvil como el “servicio de radiocomunicación entre estaciones móviles y estaciones terrestres o entre estaciones móviles”²⁸

En adición a lo anterior, dentro de la UIT-R las IMT²⁹ se han desarrollado desde la década de los noventa del siglo pasado como un término aplicable a nivel mundial a los sistemas móviles de banda ancha. La UIT-R propone e identifica bandas de frecuencias como un paso de planeación y prospectiva para el desarrollo de estándares y tecnologías móviles de banda ancha por parte de gobiernos e industria.

En consecuencia, es el propio RR el que establece cuales son las bandas propicias para la prestación de las IMT con el objeto de armonizar e identificar bandas de frecuencias particulares a nivel mundial para la prestación de comunicaciones de banda ancha inalámbricas.

En otro orden de ideas, según datos publicados por la UIT, desde la creación de la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (CMSI), el acceso y uso de las TIC ha aumentado, particularmente por medio de los servicios de telefonía móvil celular e Internet. Por ejemplo, el número de usuarios de servicio móviles ha pasado de 2.200 a 7.100 millones de 2005 a 2015. En lo que respecta a los servicios móviles y con datos al 2015 de la CMSI, se observa que un poco más del 95 % de la población a nivel mundial cuenta con cobertura de estos servicios³⁰. En el Gráfico 9 se observan los cambios e incremento del uso de las TIC a nivel mundial.

²⁸ *Idem*

²⁹ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “ITU-R FAQ on International Mobile Telecommunications (IMT)”, <https://www.itu.int/en/ITU-R/Documents/ITU-R-FAQ-IMT.pdf>

³⁰ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Informe sobre Medición de la Sociedad de la Información”, *Resumen Ejecutivo*, 2015, https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/ind/D-IND-ICTOI-2015-SUM-PDF-S.pdf

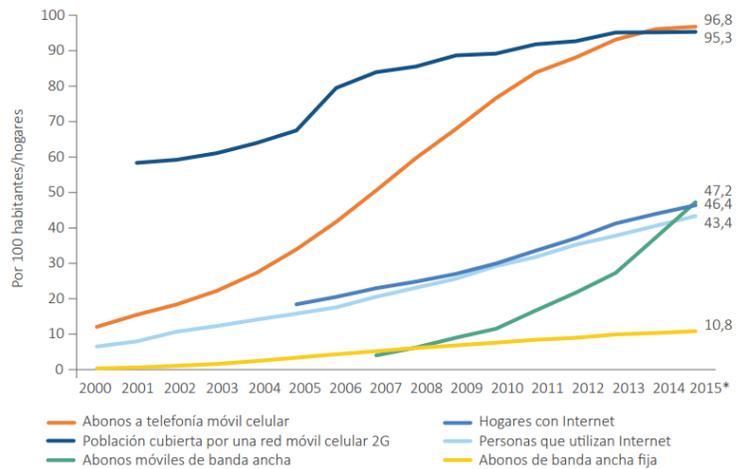


Gráfico 9. Cambios en las principales TIC a nivel mundial, 2000-2015

Fuente: UIT. *Informe sobre Medición de la Sociedad de la Información. Resumen Ejecutivo. 2015*

Así mismo, en el reporte de la asociación *Global System for Mobile Communications Association*, en adelante GSMA por su siglas en inglés, titulado “La Economía Móvil América Latina 2016”³¹, se observa que la industria móvil aportó 5 % al Producto Interno Bruto, en adelante PIB, en América Latina en 2015 y estima que para el 2020 aporte el 5.5 %. Otros datos interesantes del mismo reporte se pueden observar en la Figura 1 resalta el dato sobre la aceleración en la adopción de redes de banda ancha y teléfonos inteligentes, así como el incremento esperado de las conexiones móviles.

³¹ GSMA, “La Economía Móvil América Latina 2016”, https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2016/09/ME_LATAM_2016-Spanish-Report-FINAL-Web-Singles-1.pdf



Figura 1. Desarrollo del ecosistema móvil en América Latina

Fuente: GSMA. *La Economía Móvil América Latina 2016*

De lo anterior se desprende que las conexiones inalámbricas, a través de las cuales se proveen servicios telefonía, acceso a Internet, video, etc., continuarán con la tendencia creciente de manera exponencial. Dado que estas conexiones utilizan el espectro radioeléctrico, es primordial garantizar el acceso a este recurso natural con la finalidad de promover una cobertura universal que proporcione elementos, tanto regulatorios como tecnológicos, que coadyuven en la generación y fortalecimiento de una sociedad de la Información.

2.1.2 Historia y conceptos básicos de las redes móviles

Las comunicaciones a distancia han sido elementos que han cambiado con el paso de los años. Antes de 1837 la comunicación a distancia se limitaba al uso de medios visuales uno de los métodos más antiguos de este tipo de comunicaciones fueron las señales de humo.

A partir de 1837 la telegrafía eléctrica comenzó a desarrollarse en varios países, dando paso a los inicios de las telecomunicaciones. Posteriormente se desarrollaron diversos métodos de telecomunicación como el cable submarino, los cables submarinos trasatlánticos, el teléfono, la fibra óptica, las comunicaciones inalámbricas, las comunicaciones satelitales, así como el Internet.

En el caso de las comunicaciones a distancia que no utilizan un medio físico como medio de transmisión para efectuar la comunicación, tenemos a la

radiodifusión sonora en AM y FM, la radiodifusión de televisión y las comunicaciones de voz y datos (incluidos los sistemas de radiocomunicaciones tanto terrestres como espaciales).

Particularmente en lo que respecta a las comunicaciones de voz inalámbricas, tenemos a las redes de telefonía celular, conocidas también como redes de telefonía móvil o redes móviles. Estas redes surgieron a finales de la década de los años 70 e iniciaron a expandirse a principios de la década de los 80, permitiendo una comunicación bidireccional entre los usuarios y contaban, como una de sus características principales, con movilidad en las terminales de usuario.

Las redes de telefonía celular tomaron este nombre en virtud de que se basaban en el concepto de células o celdas para la provisión de conectividad de los usuarios a la red. Por tal motivo, en el diseño y planeación de coberturas de servicio se establecían áreas geográficas determinadas bajo la figura de celdas y a cada una de éstas se les asignaban equipos transmisores distintos. La principal ventaja de este concepto era el re-uso de frecuencias, es decir, los operadores de red podían seccionar el espectro radioeléctrico con el que contaban y asignarlo por partes a cada una de las celdas de la red.

En la Figura 2 se esquematiza el concepto de las celdas en una red de telefonía móvil, en la cual se puede observar que a cada una de las celdas se le asigna una frecuencia distinta identificadas con f_x , de tal forma que las frecuencias asignadas pueden ser re-utilizadas dentro de la propia red de comunicación inalámbrica.

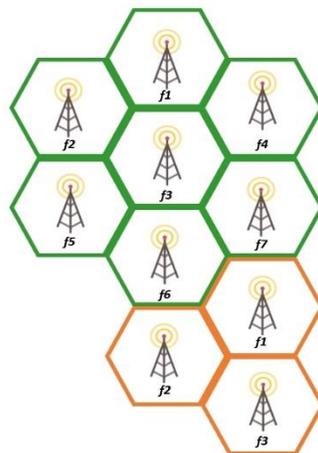


Figura 2. Concepto de celdas en una red de telefonía móvil

Fuente: *Elaboración propia*

Adicionalmente, otro concepto que se tiene en las redes celulares es el de sectores. Un sector es un equipo transceptor (equipo de transmisión y recepción) cuya función principal es comunicar a los equipos terminales de los usuarios con la red. En un principio básico, cada celda cuenta con tres sectores, esto es, cada sector puede cubrir un ángulo total de 120 grados, de tal forma que tres sectores pueden cubrir los 360 grados de cada celda.

En la práctica, las celdas de las redes inalámbricas se comportan de manera distinta ya que se agregan otros factores que inciden en el comportamiento de la cobertura en la red, como lo son: potencias de transmisión, morfología del terreno, niveles de interferencia en la zona, clases de servicio, banda de frecuencias a utilizar, zona geográfica en la que se presta el servicio, número de usuarios, entre otros.

En la Figura 3 se muestra un ejemplo de la cobertura de una red celular que retoma los conceptos de celdas y sectores. La imagen se asemeja mucho más al comportamiento de una red celular en la práctica. Los triángulos en color naranja representan el punto de transmisión de cada celda y cada uno de los lados del triángulo representa un sector. Asimismo, la cobertura de cada sector de la celda está representado con un color distinto.

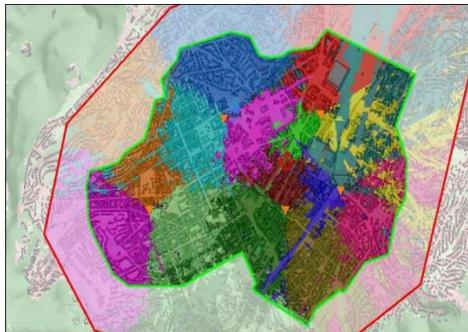


Figura 3. Cobertura de una red celular en operación en la que se muestra el concepto de sectores

Fuente: *Elaboración propia*

En otro orden de ideas, en México se han designado diversos segmentos del espectro radioeléctrico para la operación de las redes móviles. Las bandas de frecuencias en las que se operan actualmente las redes son:

- 700 MHz (703-748/758-803 MHz)
- 800 MHz (814-824/859-869 MHz)
- 850 MHz (824-849/869-894 MHz)
- 1900 MHz (1850-1910/1930-1990 MHz)
- 1700/2100 MHz (1710-1780/2110-2180 MHz)
- 2.5 GHz (2500-2570/2620-2690 MHz y 2575-2615 MHz)

En las secciones subsecuentes se abordará cada una de las generaciones de la telefonía móvil con más detalle; sin embargo, no sobra tratar de manera general la evolución de las terminales móviles de usuario, las velocidades de transmisión en cada generación celular, así como los diferentes estándares que se han desarrollado al respecto.

En lo que hace a los dispositivos móviles, al inicio se presentaron en el mercado teléfonos robustos y de gran tamaño con pantallas pequeñas a dos colores que contenían a su vez diversas pantallas conocidas como *displays* de 16 segmentos, en los que se apreciaban solo letras y números. Después, los dispositivos fueron más compactos con características similares a los anteriores, pero con funciones adicionales como, por ejemplo, mensajes de texto.

La tendencia de los teléfonos cambió con la inclusión de pantallas que permitían mostrar colores e iconos en un formato más amigable para el usuario. Los primeros teléfonos con este tipo de pantallas mantuvieron los tamaños pequeños y agregaron nuevas características, la más relevante fue la conexión a Internet. Asimismo, la interacción entre los dispositivos y el usuario fue incrementando por lo que las pantallas también ampliaron su tamaño con el paso del tiempo. La evolución de los teléfonos móviles puede apreciarse visualmente en la Figura 4 siguiente.

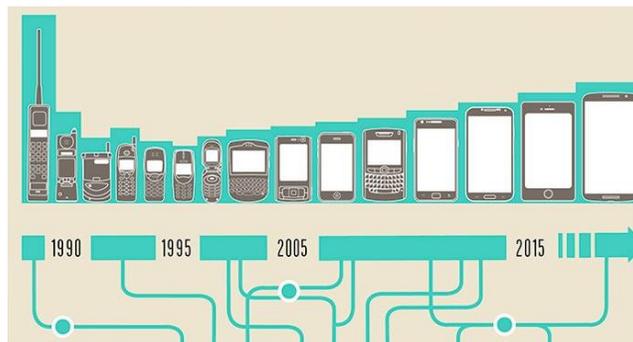


Figura 4. Evolución de las terminales móviles en la telefonía celular

Fuente: *Valor top. La evolución de los móviles. 2015*

En relación con las velocidades de transferencia, es preciso mencionar que se han presentado diversos valores desde la primera generación hasta la quinta generación. Estas variaciones dependen de diversos factores como la clase de terminal, el tipo de modulación utilizada, el fabricante de equipo, las técnicas y tipos de antenas, etc.

Sin embargo, para apreciar el avance que se ha tenido en las velocidades de transmisión durante las diversas generaciones de telefonía celular, a continuación, se presenta un resumen de las velocidades máximas promedio por tecnología.

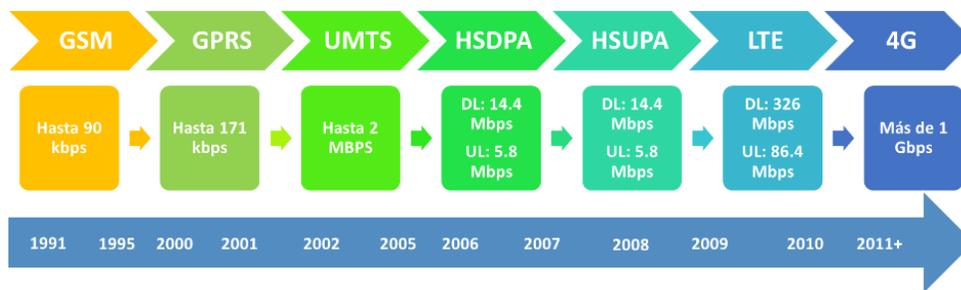


Figura 5. Evolución de las velocidades de transferencia por tecnología móvil

Fuente: *Elaboración propia*

Como se aprecia en la imagen anterior, es claro que se han incrementado las velocidades de transmisión en las redes móviles, pasando desde 90 kbps en la segunda generación, hasta más de 1 Gbps en la cuarta generación.

En cuanto a los estándares se refiere, el organismo de estandarización 3GPP (3rd Generation Partnership Project, por sus siglas en inglés) ha desarrollado las especificaciones técnicas para la interfaz de aire de las diferentes tecnologías móviles que han existido en el mercado. En la Figura 6 se pueden observar las diferentes versiones de las interfaces de aire conocidas como *Release* o *Rel* para las tecnologías desde 2G hasta 5G, así como las fechas aproximadas en las que se pusieron en operación.

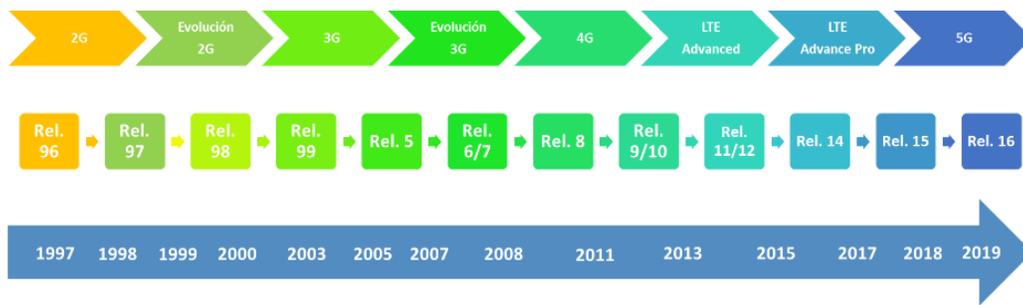


Figura 6. Evolución de las versiones de las interfaces de aire

Fuente: *Elaboración propia*

2.2 Evolución de las redes móviles

2.2.1 Primera generación (1G)

Actualmente las redes de telecomunicaciones inalámbricas son redes que han evolucionado a tecnologías digitales, pero las primeras construcciones y desarrollos de infraestructura de telecomunicaciones inalámbricas alrededor del mundo se dieron por medio de tecnologías analógicas. La evolución de las redes de telefonía móvil ha sido diversa y ha cambiado con el paso del tiempo, por tal motivo, la evolución de una tecnología a otra es conocida comúnmente como “generación de red celular”.

Así, la primera generación de las redes de telefonía móvil o telefonía celular se conoce como 1G. Estas redes estuvieron disponibles al público durante la primera etapa de la década de los ochenta con cobertura mínima, principalmente en algunas partes de las ciudades más pobladas.

Si bien existieron diversas soluciones tecnológicas como parte de la primera generación, en América se pusieron en operación redes con la tecnología analógica AMPS (por sus siglas en inglés de *Advanced Mobile Phone System*). En Europa se desplegaron redes con tecnologías como TACS (por sus siglas en Inglés de *Total Access Communications System*), Radiocom 2000 o RTMI (por sus siglas en Italiano *Radio Telefono Mobile Integrato*). Los precursores de 1G fueron los

operadores NTT en Japón en 1979 y NMT en Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia, en 1981³².

Estas redes analógicas cursaban únicamente servicios de voz permitían ubicuidad para los usuarios, no obstante, al utilizar sistemas y soluciones distintas alrededor del mundo, no permitían continuidad en la conexión internacional (*roaming*).

Las redes 1G típicamente operaron en las bandas de frecuencias 800 MHz, 850 MHz y 900 MHz. Estas bandas de frecuencias fueron las primeras utilizadas a nivel internacional para aplicaciones de comunicaciones de voz inalámbricas en todo el mundo.

Algunas de las características principales de la primera generación se enlistan a continuación:

- Ancho de banda por canal de 30 kHz
- Comunicaciones de voz analógicas a través de frecuencia modulada (FM)
- Multiplexación conocida como FDMA (por sus siglas en inglés de Frequency Division Multiple Access)
- Podía hacer re uso de frecuencias
- Permitía movilidad de usuarios a través del proceso de cambio de celda (Handoff)
- Niveles de potencia ajustables en la red de acceso
- Las celdas tenían un rango de cobertura de hasta 40 km
- Separación de 45 MHz entre las frecuencias de transmisión y recepción

2.2.2 Segunda generación (2G)

La segunda generación de tecnologías celulares es conocida como 2G. Estas soluciones tecnológicas fueron completamente digitales y fueron desplegadas comercialmente entre 1980 y 1990. Esta tecnología fue una evolución de las redes de primera generación y una de sus características principales fue que habilitó los

³² GSMA, *op. cit.*, p. 35.

mensajes de texto, llamados comúnmente como SMS (por sus siglas en inglés de *Short Message Service*) y transferencia de datos de baja velocidad.

Al igual que sucedió con 1G, las primeras redes 2G se construyeron en Europa y Estados Unidos con diferentes soluciones tecnológicas. La tecnología más utilizada en el mundo fue GSM (por sus siglas en inglés de *Global System for Mobile communications*).

No obstante lo anterior, también existieron otras tecnologías como la evolución digital de 1G D-AMPS, iDEN (por sus siglas en inglés de *Integrated Digital Enhanced Network*), PDC (por sus siglas en inglés de *Personal Digital Celular*) y CDMAOne (por sus siglas en inglés de *Code División Multiple Access*).

La red 2G habilitó el concepto de continuidad en la conexión internacional conocido como *roaming*, por lo que los usuarios que viajaban a ciertos países y bajo ciertas circunstancias podían utilizar la misma terminal para realizar llamadas de voz o enviar mensajes de texto.

Las redes 2G operan u operaron en las bandas de frecuencias 850 MHz, 900 MHz, 1800 o DCS (por sus siglas en inglés de *Digital Celular System*) y 1900 o PCS (por sus siglas en inglés de *Personal Communications Service*).

Algunas de las características principales de GSM se enlistan a continuación:

- Llamadas tripartitas y de conferencia
- Anchos de banda de canal de 200 kHz
- Multiplexación TDMA (por sus siglas en inglés de Time División Multiple Access) y CDMA.
- Niveles de potencia ajustables en la red de acceso
- Velocidades de transferencia de datos desde 9.6 kbps hasta 90 kbps
- Separación de 45 MHz entre las frecuencias de transmisión y recepción

Algunas de las características principales de CDMAOne se enlistan a continuación:

- Anchos de banda de canal de 1.25 MHz
- Sistema conocido como IS-95 CDMA
- Canales diferenciados por códigos ortogonales específicos
- Velocidades de transferencia de datos desde 14.4 kbps hasta 64 Kbps

- Codificación de canales de voz y datos

Ahora bien, previamente a la aparición de la tercera generación de tecnologías móviles se realizaron mejoras a las redes 2G. Estas mejoras son conocidas de manera distinta; una de ellas y, para efectos del presente documento, las denominaremos como redes 2.5G.

Básicamente lo que se pretendía con las mejoras a 2G era el incremento en las velocidades de transferencia de datos entre los usuarios y la red. En esta evolución surge el concepto de banda ancha móvil, el cual, como se ha explicado en un apartado anterior, ha cambiado de acepción con el cambio de tecnología.

La generación 2.5G se desplegó alrededor de los años 2000 a 2003. De la misma forma que para 1G y 2G, existen diversas tendencias en cuanto estándares se refiere, de conformidad con la zona geográfica en la que se desplegaron. Los estándares más conocidos son GPRS (por sus siglas en inglés de *General Packet Radio Service*), EDGE (por sus siglas en inglés de *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) que en ciertas literaturas lo ubican como una tecnología de generación 2.75G y CDMA 1xRTT (por sus siglas en inglés de *Radio Transmission Technology*).

Estas tecnologías utilizaban las bandas de frecuencias que utilizaban las redes 2G y las velocidades que podían alcanzar variaban en relación al tipo de características de las redes y los dispositivos. En términos generales GPRS alcanzaba velocidades de hasta 171 kbps, EDGE iba hasta 384 kbps y CDMA 1xRTT hasta 153.6 kbps.

Estos estándares utilizan conmutación de paquetes, además, gracias a las modulaciones utilizadas, se habilitó la navegación en páginas web, consulta de correo electrónico y videoconferencias.

2.2.3 Tercera generación (3G)

GSM fue una generación que revolucionó el mercado de las comunicaciones móviles por las prestaciones que ofreció en el mercado en su momento. A pesar de esto, la tercera generación permite la prestación de todos los servicios que se prestan por medio de las redes 1G y 2G, de tal forma que se posicionó rápidamente

en el mercado gracias a que ofreció capacidades mejoradas y nuevas funcionalidades para los usuarios.

Las redes de tercera generación iniciaron su despliegue y comercialización de servicios en América Latina aproximadamente en 2007, permitiendo mayores velocidades de transmisión de datos, servicios de voz mejorados, una navegación en Internet más rápida, sistemas de georreferenciación o GPS (por sus siglas en inglés de *Global Positioning System*), mapas de navegación, video llamadas, servicios bancarios, entre otros.

La evolución a 3G para las bases de GSM fue desarrollada por el organismo 3GPP y se le conoce como UMTS (por sus siglas en inglés de *Universal Mobile Telecommunications System*) o WCDMA (por sus siglas en inglés de *Wideband Code Division Multiple Access*). Estas redes se extendieron entre los años 2000 y 2003 con velocidades de hasta 2 Mbps, utilizando portadoras con un ancho de canal de 5 MHz.

Por otro lado, la evolución a 3G de las redes CDMA fue desarrollada por el organismo de estandarización 3GPP2. Estas tecnologías de tercera generación son identificadas como CDMA2000 y fueron desplegadas principalmente en Estados Unidos y Asia. La velocidad de transmisión de datos alcanza, al igual que para UMTS, hasta 2 Mbps con tres portadoras de un ancho de canal de 1.25 MHz o con una portadora de 5 MHz.

Ambas redes de tercera generación fueron la preparación por parte de la industria para una convergencia tecnológica en materia de estándares de redes móviles, pues como se ha mencionado, hasta 3G habían existido diversas soluciones tecnológicas en el mercado.

Por su parte, como resultado de los trabajos realizados en la UIT, se definió por consenso el término IMT-2000, el cual está asociado directamente a las redes de tercera generación y sus evoluciones.

En materia de espectro radioeléctrico, vale la pena decir que las redes 3G operan en las bandas de frecuencias 800 MHz, 850 MHz, 900 MHz, DCS 1800 MHz, PCS 1900 MHz y AWS 1700/2100 MHz. De lo anterior se puede apreciar que para las red 3G ya se contaba con más espectro disponible en el mercado para la

provisión de servicios de banda ancha. La disponibilidad de este espectro no fue global, sino que fue distinta en cada país como resultado de las actividades relativas a planes de reordenamiento y uso eficiente del espectro.

Ahora bien, al igual que lo acontecido con 2G, cabe mencionar que en 3G también se realizaron mejoras a estas redes, tanto para las que se basan en GSM como para las que se basan en CDMA. Las mejoras son representadas de manera distinta en la literatura, pero de manera general se puede hablar de evoluciones de 3G hacia 3.5G, 3.75G y 3.9G, todas ellas previamente al surgimiento de lo que se conoce como la cuarta generación de redes móviles.

Ejemplos de las evoluciones de 3G son: CDMA2000 3X, EV-DO, EV-DO Rev A, EV-DO Rev B, DO-Advanced, HSDPA, HSUPA, y HSPA+. Las mejoras a las redes 3G mencionadas permiten velocidades de transferencia de datos que oscilan desde 14.1 Mbps hasta 42 Mbps³³. Estas mejoras fueron el inicio de la navegación por Internet, que permitía una interacción en tiempo real con diferentes medios y contenidos en la red.

2.2.4 Redes de cuarta generación (4G/LTE)

Durante la creación de especificaciones para la tercera generación de tecnologías móviles de banda ancha, la industria inició con la discusión respecto a las complejidades de tener varios estándares. Esta diversidad complicaba la interoperabilidad de las redes y, por tanto, las funcionalidades que podrían ofrecer a los operadores de red y en consecuencia a los usuarios.

Lo anterior fue bastante relevante ya que, para la cuarta generación de redes inalámbricas, la industria generó un consenso para crear un único estándar que pudiera ser compatible e interoperable entres redes, fabricantes, operadores y usuarios de los servicios de telecomunicaciones.

³³ Wannstrom, Jeanette, “HSPA”, 3GPP, <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/99-hspa>

En este sentido, el organismo de estandarización 3GPP fue el encargado de establecer las características técnicas para la tecnología de red de cuarta generación. Por tal motivo, 4G cuenta con un solo protocolo de comunicación y con una sola arquitectura de red, lo que en términos generales ha permitido mayor interoperabilidad entre las redes de todo el mundo.

Ahora bien, ante las diversas acepciones de banda ancha y estándares móviles, la UIT, por medio de un consenso mundial, definió el concepto *IMT-Advanced* en el cual se englobaron las especificaciones y los requisitos mínimos necesarios para que un estándar sea considerado como parte de esta familia de cuarta generación (4G).

El espíritu de mejora en las capacidades tecnológicas se mantiene para el estándar 4G y además se agregan aplicaciones de seguridad en la red. En términos generales se puede decir que las redes 4G optimizan las velocidades de transmisión, calidad de servicio, así como la seguridad en las aplicaciones de voz, datos, e Internet.

En 4G las velocidades de transmisión se encuentran entre 100 Mbps y 1 Gbps y utilizan el protocolo IP completamente. La puesta en servicio de estas redes inició en 2010 y se observa que hasta la fecha se siguen construyendo redes basadas en esta tecnología.

Las redes LTE cuentan con dos métodos de acceso para las comunicaciones de los usuarios. El primero es conocido como FDD (por sus siglas en inglés de *Frequency Division Duplex*) en el cual se realiza una separación simultánea de la transmisión ascendente y descendente en el dominio de la frecuencia. El segundo es conocido como TDD (por sus siglas en inglés de *Time Division Duplex*) por medio del cual se establece una separación de la transmisión ascendente y descendente en el dominio del tiempo, pero utilizando la misma frecuencia.

En cuanto a los estándares se refiere, tanto la UIT como el 3GPP han desarrollado una gran variedad de disposiciones de frecuencias con base en los cuales los fabricantes y desarrolladores de tecnología han creado el ecosistema 4G. En el caso de la UIT, estas disposiciones de frecuencias se encuentran en la

Recomendación 1036³⁴. Respecto al 3GPP, existe una especificación técnica identificada como 36.101³⁵ en la que se exponen las bandas de operación de los sistemas 4G, también conocidos en el 3GPP como E-UTRAN (por sus siglas en inglés de *Evolved Universal Terrestrial Radio Access*).

Por otro lado, los canales de frecuencias o anchos de banda para la tecnología 4G son considerablemente mayores a los que utilizaban las generaciones predecesoras. En este sentido, se han habilitado bandas de frecuencias adicionales a las que se utilizaban con anterioridad para 1G, 2G y 3G. Si bien todas las bandas de frecuencias con disponibilidad tecnológica para 4G pueden ser consultadas en la especificación técnica 36.101 del 3GPP, vale mencionar las siguientes bandas utilizadas en México: 700 MHz (703-748/758-803 MHz), 1700/2100 MHz (1710-1780/2110-2180 MHz), 2.5 GHz (2500-2570/2620-2690 MHz y 2575-2615 MHz) y 3.5 GHz (3400-3600 MHz).

Es preciso señalar que el estándar 4G también ha tenido evoluciones que principalmente se han enfocado, a grandes rasgos, en tres materias, a saber: el incremento en velocidades, seguridad en las aplicaciones y la preparación para la evolución a 5G. Estas evoluciones son conocidas como *LTE-Advanced* o 4.5 G y *LTE-Advanced Pro* o 4.9 G.

³⁴ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en las bandas determinadas para las IMT en el Reglamento de Radiocomunicaciones”, *Recomendación M.1036*, 2015, <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1036/es>

³⁵ 3GPP, “3GPP TS 36.101” V16.0.0, 2018, http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36_series/36.101/36101-g00.zip

2.3 Conclusiones del capítulo

Las redes móviles de telecomunicaciones se han convertido en una herramienta de conectividad y desarrollo social del mundo contemporáneo por medio de las cuales se proveen servicios de banda ancha móvil. Como se ha expresado en este capítulo, la tendencia en el uso de este tipo de redes aumenta de manera exponencial, lo que las hace un tema en auge, tanto a nivel nacional como internacional.

Las redes móviles han evolucionado desde su presentación comercial masiva en la década de los 80 a la actualidad. Las principales características se presentan en el Cuadro 1 siguiente.

Familia de red celular	Velocidades máximas de transferencia	Tecnologías o estándares asociadas	Bandas de frecuencias típicas de operación	Tipo de multiplexación	Anchos de banda las portadoras
1G	Solo voz	AMPS, TACS y RTMI	800 MHz, 850 MHz y 900 MHz	FDMA	30 kHz
2G	Hasta 384 kbps	GSM, D-AMPS, iDEN, PDC, CDMAone, GPRS, EDGE, CDMA1xRTT	800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz	TDMA y CDMA	200 kHz y 1.25 MHz
3G	Hasta 42 Mbps	UMTS, WCDMA, CDMA2000, EV-DO, EV-DO Rev A y Rev B, DO-Advanced, HSPA y HSPA+	800 MHz, 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz y AWS.	CDMA, FDMA	5 MHz
4G	Hasta 1 Gbps	E-UTRAN	700 MHz, 800 MHz, 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz, AWS, 2.5 GHz y 3.5 GHz.	OFDMA, SC-FDMA	1.4 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz y 20 MHz.

Cuadro 1. Resumen de características principales de las tecnologías móviles

Fuente: *Elaboración propia*

Una vez que se han planteado los antecedentes, la evolución y el estado actual de las redes móviles se podrá entrar en la materia relacionada con el futuro, las tendencias y el ecosistema de las redes móviles de quinta generación que se abordarán en el siguiente capítulo, toda vez que esta información servirá como un

antecedente que permitirá una mejor comprensión de la evolución y mejora de las nuevas tecnologías.

Asimismo, las consideraciones ingenieriles y técnicas de las redes móviles reflejadas anteriormente, tales como las velocidades de transmisión, los anchos de banda y las bandas de frecuencias de operación, dotan de elementos técnicos generales que permitirán visualizar de una manera accesible su relación con el precio del espectro radioeléctrico y el estado que guardan con la regulación en la materia.



Capítulo 3

La evolución de las redes móviles de banda ancha



Capítulo 3. El futuro de las redes móviles de banda ancha

A través de este capítulo se describe de manera enunciativa el futuro de las redes móviles de banda ancha, los desarrollos recientes en el sector, así como la tendencia observada para aplicaciones de usuario final tomando como base los acontecimientos observados desde las redes de cuarta generación hasta los tópicos esperados para las redes de nueva generación en los próximos años, tales como el IoT, comunicaciones máquina a máquina, vehículos conectados, estándares esperados, infraestructura, seguridad de las redes, entre otros.

Asimismo, se plantean las bandas de frecuencias factibles de ser utilizadas por los nuevos sistemas, el estado actual, las hojas de ruta más relevantes y, se esbozan de manera general, las características de los sistemas de quinta generación.

Por último, se presenta un panorama internacional en relación a los desarrollos, avances, así como la demanda de espectro esperada de las redes de quinta generación.

3.1 Tendencia de las redes móviles de banda ancha

Los sistemas 4G como base para las tecnologías móviles de nueva generación. Como se ha descrito previamente, la demanda de recursos espectrales para la implementación de redes de banda ancha móvil ha crecido exponencialmente en todo el mundo en virtud de las bondades técnicas demostradas para la conectividad y comunicación de personas.

Actualmente las redes de cuarta generación han sido las que mayores capacidades tecnológicas han brindado para la prestación de servicios de banda ancha móvil en comparación con sus predecesoras, por tal motivo, los operadores han destinado grandes inversiones en el despliegue de infraestructura para redes 4G con el objeto de incrementar o mejorar la prestación de servicios móviles de banda ancha.

Al mismo tiempo, diversos organismos internacionales se han dado a la tarea de realizar esfuerzos para armonizar técnicamente tanto las tecnologías móviles de

nueva generación, como el espectro radioeléctrico para el despliegue de redes de este tipo.

Lo anterior se vuelve relevante ya que las redes predecesoras a 4G, desde 1G hasta 3G, contaban con disponibilidad de diferentes interfaces y tecnologías, lo que resultó en una deficiencia en la interoperabilidad de redes. Por tal motivo, la suma de esfuerzos que se observan para la estandarización de una tecnología única para las redes de nueva generación son reflejo de los resultados probados con las redes 4G.

Como consecuencia, hoy en día se observan cuantiosas inversiones enfocadas en la investigación y desarrollo de las redes de nueva generación por parte de los desarrolladores de tecnología, los fabricantes de equipos de red y dispositivos, organismos de estandarización, operadores de redes móviles y algunos gobiernos.

Así mismo, se estima que los operadores comerciales de servicios de banda ancha móvil continúen con las actualizaciones de las redes 4G LTE a evoluciones tecnológicas de la misma generación, es decir, hacia sistemas 4.5 G LTE-Advanced y 4.9 G LTE-Advanced Pro, como parte de decisiones de negocio estratégicas previo a migrar totalmente a redes de nueva generación.

Tendencias en las aplicaciones de las redes móviles. Las tecnologías móviles de nueva generación, al igual que las de cuarta generación, buscan mejorar la prestación de servicios de banda ancha móvil, dar cabida a un mayor número de aplicaciones en diversas áreas, así como optimizar la calidad del servicio (QoS) y la experiencia de usuario (QoE).

Particularmente, las redes de nueva generación buscan ampliar el abanico de aplicaciones que se podrían prestar a los usuarios finales, tal es el caso de las aplicaciones conocidas como IoT por medio de comunicaciones máquina a máquina (M2M) o comunicación del tipo máquina (MTC), por ejemplo, aparatos electrónicos del hogar o automóviles, así como aplicaciones que permiten la prestación de servicios ultra fiables y de baja latencia, como aplicaciones científicas o médicas.

Para que lo descrito anteriormente pudiera ser cubierto, dentro del 3GPP se discutieron dos alternativas. La primera fue la mejora a las tecnologías conocidas

como LTE-Advanced y LTE-Advanced Pro. La segunda fue la introducción de una nueva tecnología, particularmente para el acceso de radio, conocida como NR, por sus siglas en inglés de *New Radio*.

Después de diversas deliberaciones y para cubrir con las características esperadas para la quinta generación (5G), finalmente se decidió por la creación y estandarización del NR como método de acceso de radio. Por tal motivo, las compañías desarrolladoras de tecnología y los organismos internacionales trabajan en la definición del NR para 5G.

Si bien hoy en día ya se encuentran operando algunas redes que cumplen con las características de los sistemas de 5G, es preciso señalar que estas contienen aún componentes o protocolos propietarios. Derivado de esto, el 3GPP continúa con los esfuerzos para sumar a la industria y Gobiernos para concluir con un protocolo único de comunicación de los sistemas 5G que permita una coexistencia e interoperabilidad con independencia de la marca o fabricante de la tecnología y equipos de red o dispositivos.

Otra de las tendencias que se observan en el sector, es las aplicaciones relacionadas con la industria automotriz, en particular las que se refieren a los vehículos conectados, nombrados comúnmente como V2X. Estas comunicaciones forman parte de lo que la UIT identifica como comunicaciones tipo máquina (MTC) y podrían establecer conexiones entre vehículos (V2V), vehículos a peatones (V2P) o vehículos a infraestructura (V2I).

La seguridad en las redes y los dispositivos. Algo que no se puede dejar de lado es el tema de la seguridad en las redes, sobre todo en esta nueva era en la que se espera que un gran número de dispositivos se encuentren conectados de manera permanente a redes inalámbricas de comunicación. Actualmente ya hay dispositivos que pueden estar conectados a las redes inalámbricas sin la necesidad de que el ser humano les dé una instrucción y, en otros casos, los dispositivos intercambian información con otros dispositivos sin la interacción con los humanos.

Sin embargo, se ha probado que los dispositivos referidos anteriormente no cuentan necesariamente con niveles de seguridad apropiados y pueden ser intervenidos, lo que es una muestra de que la seguridad de los dispositivos debe

ser aumentada, máxime si se espera que haya millones de dispositivos conectados a la red por medio de los sistemas de quinta generación.

En este sentido, los gobiernos y la industria ya trabajan en protocolos de seguridad, no solo para las redes de telecomunicaciones, sino también para los dispositivos y terminales que estarán conectadas de manera permanente. Por supuesto, la seguridad será fundamental en todos los ámbitos en los que las aplicaciones puedan funcionar, y es por eso que se observa una inversión en el corto y largo plazo en la investigación y desarrollo con miras a mejorar las capacidades de la seguridad en las redes y dispositivos.

Infraestructura para las redes móviles de nueva generación. Un tema que también es tendencia en este sector es el de la infraestructura para las redes 5G. En este campo, una de las discusiones que está sobre la mesa es la creación de infraestructura compartida o mayorista para que los operadores puedan hacer más eficiente el despliegue de servicios de nueva generación.

De hecho, existen visiones alrededor del mundo respecto de que las nuevas redes de telecomunicaciones móviles serán compartidas, ya no se desplegaría infraestructura por operador, sino todo lo contrario, se desplegaría una red con infraestructura común a la cual tendrían acceso todos los operadores.

Lo anterior tiene sustento en que las bandas de frecuencias milimétricas que serán utilizadas para 5G tendrán coberturas muy pequeñas, particularmente debido a las capacidades de propagación de este tipo de frecuencias. Por tal motivo, será necesario desplegar infraestructura más robusta, como por ejemplo torres o sitios de transmisión cada kilómetro, lo que implica que el despliegue de infraestructura se convierta en una gran carga económica para todos los operadores.

En términos generales existen dos opciones para minimizar las inversiones en infraestructura. La primera se basa en despliegue de infraestructura común. Es decir, si cada operador tuviera que incrementar su infraestructura exponencialmente para poder dar servicios a sus usuarios, habría costos asociados a cada uno de ellos. En consecuencia, sería más eficiente el despliegue de una red común, que puede ser auspiciada por todos los operadores, para que, sobre esa red común, cada uno de los operadores monte sus antenas y pueda dar servicio.

La segunda opción toma en consideración que, si la cantidad de espectro radioeléctrico que se asignará a 5G será tan amplia, a través de una sola red se podrían compartir tanto los recursos espectrales como los de red entre diferentes operadores, ya que pareciera no hacer sentido económico el despliegue de múltiples redes con infraestructura propia para los sistemas de nueva generación.

Para la segunda opción descrita anteriormente también hay dos aproximaciones. Una consiste en que un operador mayorista sea el que tenga el espectro y la infraestructura para que los otros operadores que ya cuentan con redes *legacy* desplegadas y los operadores móviles virtuales puedan proporcionar servicios a sus clientes por medio de convenios comerciales con este operador mayorista sin necesidad de desplegar infraestructura. La segunda aproximación es que el propio gobierno despliegue la infraestructura como parte de una política pública y que, a través de esta red de redes, los operadores, tanto de red como virtuales, puedan proporcionar servicios a los usuarios finales. En el corto plazo se observarán más discusiones respecto a la viabilidad de la compartición de infraestructura para redes 5G y se evaluarán cuáles serán las mejores opciones para atacar esta materia.

3.2 El ecosistema de las redes de quinta generación (5G)

3.2.1 Estado actual

Es claro que las redes 5G han sido foco de análisis y tendencia no solo en el sector de las telecomunicaciones, sino también en otros sectores. Si bien ya se ha hablado de manera general de 5G, para entrar en la materia es relevante cuestionarnos sobre ¿qué es 5G? 5G es la evolución tecnológica de las redes de cuarta generación con un alcance que va más allá de los servicios tradicionales de telecomunicaciones. Se espera que las redes 5G sean un detonante de conectividad alrededor del mundo que podría mejorar los servicios tanto de telecomunicaciones como de otras industrias verticales, tales como la energética, automotriz, transportes, agricultura, manufactureras, ciudades conectadas, entre otras.

Adicionalmente, se espera que las redes 5G expandan las posibilidades para transmitir mayores cantidades de información a velocidades mucho mayores y que cuenten con latencias muy bajas que permitan la implementación de aplicaciones

ultra confiables que requieren de respuestas y comandos en tiempo real, como lo son aperturas de puertas, cierres de válvulas, apagado de circuitos eléctricos en casos de emergencia, aplicaciones médicas, etc.

El mundo entero se encuentra explorando cuáles serán las capacidades de las redes 5G; sin embargo, lo que ya es un hecho es que los desarrollos que se están planeando consideran que estas redes podrán transmitir datos con velocidades que serán mayores en al alrededor de 20 veces³⁶ a las que se proveen actualmente en las redes de cuarta generación.

Anteriormente se han descrito diversas aplicaciones que están previstas como una tendencia para las redes 5G; sin embargo, cabe retomar en esta sección las que se han probado al momento. Por ejemplo, el caso de las aplicaciones de IoT combinadas con un componente fundamental de las redes 5G, la baja latencia.

Al respecto, vale retomar lo que sucedió a finales de 2018 en Alemania. Las empresas Ericsson, Intel, Vodafone y e.GO MOOVE colaboraron para realizar una prueba mediante una red 5G³⁷. La prueba consistió en conectar un carro eléctrico autónomo con un periodista como pasajero que entrevistó al director ejecutivo de Vodafone Alemania representado por un holograma en el mismo vehículo, puesto que en realidad el director se encontraba físicamente a 70 kilómetros de distancia.

La prueba demostró que a través de 5G era posible dirigir un vehículo autónomo (aplicaciones V2X), conectar un video en alta definición en movimiento (aplicaciones de transferencia de datos masivos) y realizar una entrevista en tiempo real representada con el holograma (aplicaciones de baja latencia). Esto, es solo una muestra del punto en donde nos encontramos en cuanto avances tecnológicos se refiere.

³⁶ Unión Internacional de Telecomunicaciones, "IMT Vision - "Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond"", *Recomendación M.2083*, 2015, <https://www.itu.int/rec/r-rec-m.2083>

³⁷ Isak, Christopher, "First 5G Hologram Interview in Self-Driving EV", <https://techacute.com/first-5g-hologram-interview-in-self-driving-ev/#>

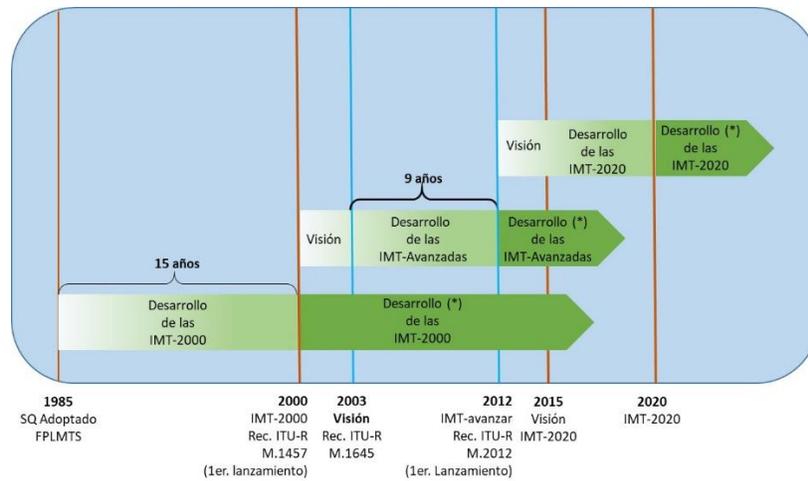
Hasta aquí, se han descrito algunas de las acciones que se observan como tendencia para las tecnologías de banda ancha móvil de nueva generación. Sin embargo, todo lo descrito anteriormente requerirá de mejoras en la asignación de recursos de red y, por supuesto, de recursos espectrales que puedan proporcionar, por un lado, transmisiones eficientes de difusión simultánea a diversos usuarios y, por el otro, aplicaciones de baja o ultra baja latencia que permitan cumplir con altos estándares de seguridad, como es el caso de las aplicaciones de vehículos conectados relacionadas con la seguridad de la vida.

3.2.2 Hojas de ruta para 5G

Diversos organismos internacionales ya han iniciado con trabajos en relación a 5G y han emitido sus estimaciones de los tiempos que tomará el desarrollo de esta nueva generación. Por ejemplo, la UIT-R, que ha denominado a los sistemas de nueva generación como IMT-2020 ha emitido la Recomendación 2083³⁸ en la cual se establecen las características que deben cumplir los sistemas para que sean considerados como de nueva generación. Si bien se espera que algunos requisitos de las IMT-2020 se cumplan con LTE- Advanced y LTE-Advanced Pro, en la realidad se estima que solo 5G cumplirá completamente por lo establecido por la UIT-R para las IMT-2020.

En este orden de ideas, la UIT-R estableció la hoja de ruta que se muestra en la Figura 7, por medio de la cual se establece que durante el periodo de 2012 a 2020 se desarrollarán las IMT-2020 y que el despliegue de las redes se llevará a cabo a partir del 2020. En adición, como lo dice la nota de la figura, los tiempos de despliegue de este tipo de redes dependerán de las condiciones particulares de cada país.

³⁸ Unión Internacional de Telecomunicaciones, "IMT Vision - "Framework and..." *cit.*, p. 58.



(*) La implementación puede variar de un país a otro.

Figura 7. Hoja de ruta de la UIT-R para las IMT-2020

Fuente: *UIT. IMT Vision - "Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond". 2015*

Por otro lado, el organismo de estandarización 3GPP también ha emitido sus consideraciones de línea de tiempo respecto a los sistemas 5G. La Figura 8 muestra las actividades que se realizaron durante el año 2018, así como las que se realizarán entre 2019 y 2020.

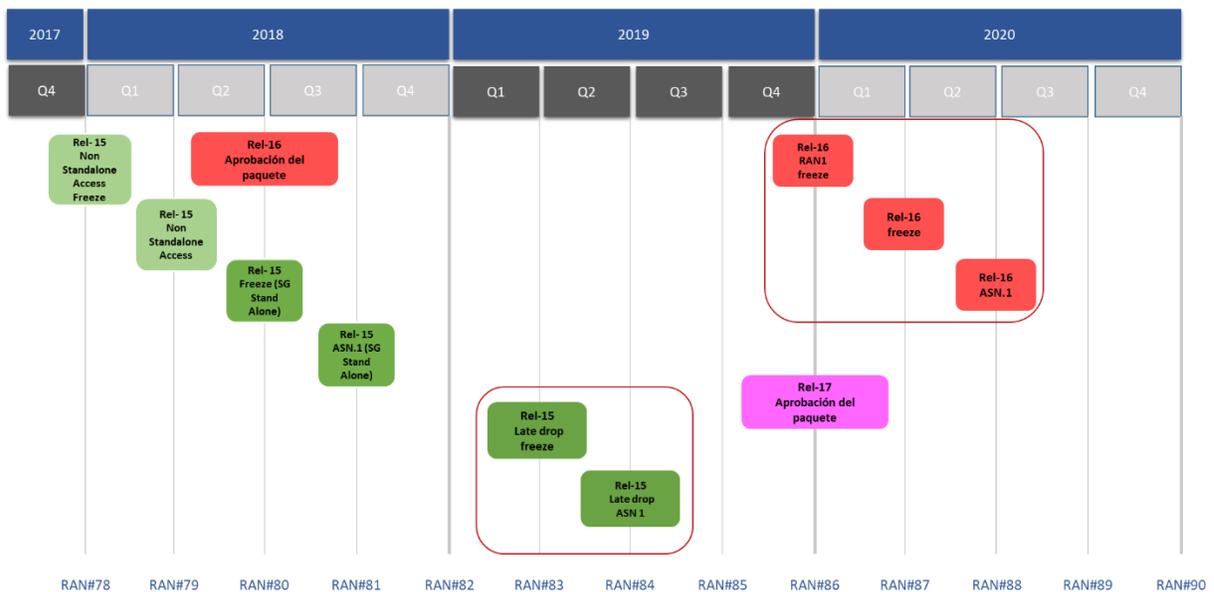


Figura 8. Hoja de ruta del 3GPP para 5G

Fuente: *Elaboración propia con datos del 3GPP. RAN adjusts schedule for 2nd wave of 5G specifications. 2018*

Las actividades del 3GPP giran en torno al desarrollo de la nueva tecnología de acceso de radio NR, la cual busca generar el mejor rendimiento posible para los usuarios y al mismo tiempo ser compatible con tecnologías anteriores definidas en los *releases* del 3GPP correspondientes. Asimismo, se busca que NR sea capaz de trabajar en bandas bajas, medias y altas del espectro radioeléctrico³⁹. Por otro lado, el NR deberá cumplir con todas las características mencionadas previamente por la UIT-R para las IMT-2020 y eventualmente se espera que sustituya a las tecnologías anteriores.

Cabe mencionar que las actividades del 3GPP consideran que para el *Release* 15 se concluya con primera fase de 5G. Posterior a esto, los trabajos han continuado y actualmente se presenta una segunda ola de proyectos para la definición de las especificaciones 5G a través del *Release* 16 en donde se definirá la segunda fase de 5G.

Por tanto, en los próximos años se observará una continuidad en la expansión de las redes de cuarta generación, así como una tendencia en el inicio del despliegue de redes de quinta generación.

3.2.3 Capacidades del ecosistema 5G

La industria móvil ha promovido a la quinta generación de redes móviles como una de las más potentes en materia de conectividad. Algunos, incluso, hablan acerca de que 5G detonará una cuarta revolución industrial que cambiará completamente el modo de vida de la humanidad.

³⁹ Existe una convención a nivel internacional respecto a la definición de las bandas bajas, medias y altas. Las bandas bajas son las que se encuentran por debajo de 1 GHz, estas brindan grandes coberturas y capacidades moderadas en velocidad de transferencia de datos. Las bandas medias se encuentran entre 1 y 6 GHz, la cobertura se reduce y la capacidad aumenta en comparación con las bandas bajas. Las bandas altas se encuentran por encima de 6 GHz y brindan coberturas pequeñas, pero con muy alta capacidad en velocidad de transferencia de datos y latencias muy bajas.

Las redes móviles se convirtieron en uno de los métodos de comunicación más exitosos de los últimos años, sustituyendo rápidamente a las comunicaciones cableadas de manera asombrosa. Con el paso del tiempo y la creciente interacción hombre-máquina, la proliferación de teléfonos inteligentes y tabletas ha generado un crecimiento exponencial en el tráfico de datos en las redes. En consecuencia, 5G pretende atender las necesidades de conectividad inalámbrica esperadas en los próximos años.

Al igual que para otras tecnologías, cualquiera que sea su tipo, las características de estas dependen de los fabricantes. Sin embargo, con la finalidad de homologar las características base de 5G, la UIT-R ha emitido la Recomendación ITU-R M.2083-0 "*Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond*"⁴⁰. Este documento es el más relevante hasta el momento para la industria y el ecosistema ya que contiene diversas directrices respecto de los sistemas de quinta generación.

Más allá de los progresos a la calidad de la voz o a las mejoras en la capacidad de transferencia de datos que se esperan en la nueva generación celular, 5G se centrará en tres escenarios de uso, los cuales se observan en la siguiente figura.

⁴⁰ Unión Internacional de Telecomunicaciones, "IMT Vision - "Framework and..."
cit., p. 58.

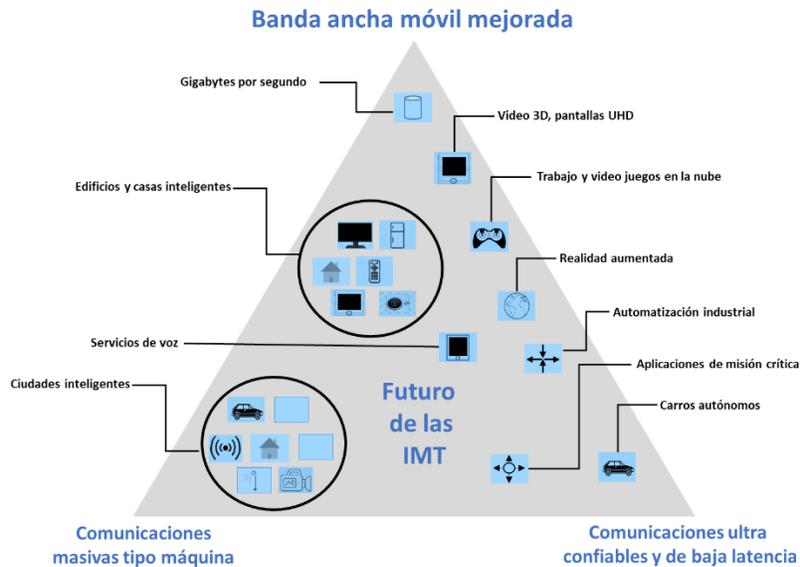


Figura 9. Casos de uso de las IMT-2020

Fuente: *Elaboración propia con datos de UIT. IMT Vision - "Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond". 2015*

El primer caso de uso que se presenta en la Figura 9 es el de banda ancha móvil mejorada o eMBB, por sus siglas en inglés *enhanced Mobile Broad Band*. Para este caso, la UIT-R manifiesta que los sistemas 5G, tanto para países desarrollados como para los que están en vías de desarrollo, debieran soportar en primera instancia una gran cantidad de dispositivos conectados demandando tráfico de alta densidad.

La segunda directriz general considerada es la de las comunicaciones masivas tipo máquina o mMTC, por sus siglas en inglés *massive Machine-Type Communication*. Estas comunicaciones incluyen las aplicaciones del Internet de las cosas, tanto para comunicaciones centradas en el humano, como para comunicaciones máquina a máquina (M2M) o comunicación del tipo máquina (MTC) de manera masiva, por ejemplo, casas inteligentes, cámaras de vigilancia, medidores de corriente eléctrica inteligentes y electrodomésticos como hornos, refrigeradores o televisores.

El tercer caso de uso es el de las comunicaciones ultra confiables y de muy baja latencia o URLLC, por sus siglas en inglés *Ultra Reliable Low Latency*

communications. Algunas aplicaciones que se explotarán con este caso son los relacionados con la seguridad de la vida, por ejemplo, los vehículos automatizados (V2X), las operaciones médicas o la automatización industrial, cuyo componente fundamental será el de la latencia muy baja y la ultra confiabilidad para evitar accidentes.

Ahora bien, en la Figura 10 se pueden apreciar las mejoras que representan las IMT-2020 en comparación con su predecesora. Estos elementos son: eficiencia del espectro, movilidad, latencia, conexiones por densidad, eficiencia energética de la red, capacidad de tráfico por área, máxima tasa de transmisión y tasa de datos experimentada por el usuario.

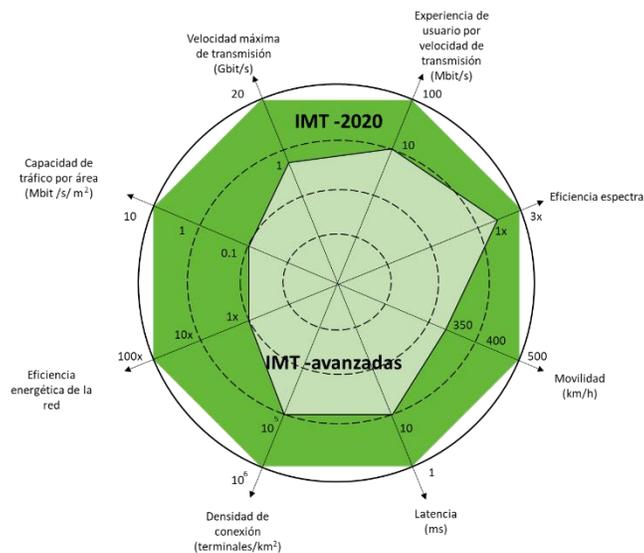


Figura 10. Capacidades clave de las IMT-2020

Fuente: *Elaboración propia con datos de UIT. IMT Vision - "Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond". 2015*

Por otro lado, 5G se basará en la forma de onda OFDM con algunas variaciones técnicas, ya que se deberán considerar las operaciones de la tecnología en bandas de frecuencias bajas, medias y altas. En adición, 5G deberá mantener características comunes con 4G a efectos de proporcionar escalabilidad con las redes existentes.

En relación con lo anterior, la Figura 11 muestra el concepto de integración esperado entre 4G y 5G. El reto principal es la convivencia tanto de tecnologías como de bandas de frecuencias.

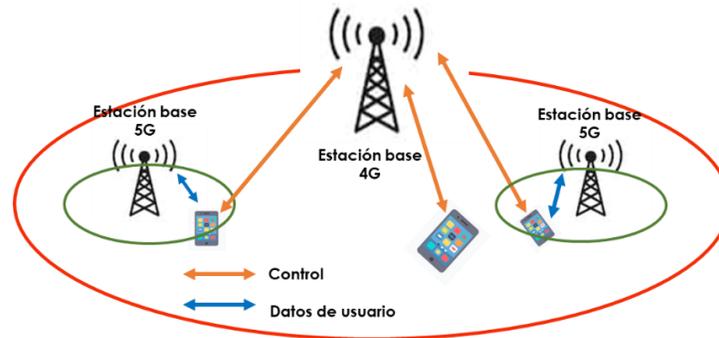


Figura 11. Integración de 4G y 5G

Fuente: *Elaboración propia con datos de Falong Luo, Charlie Zhang. Signal Processing for 5G: Algorithms and Implementations. First Edition. John Wiley & Sons, Ltd. 2016*

De la figura resalta básicamente que las propiedades de cobertura serán atendidas principalmente con 4G y las propiedades de capacidad serán explotadas con 5G. No obstante, cabe mencionar que 5G también considera operar en bandas de frecuencias bajas, las cuales representan facilidades de cobertura, como por ejemplo las bandas de 600 MHz y 700 MHz.

3.2.4 Entorno internacional

Los desarrollos y las redes que se empiezan a desplegar alrededor del mundo buscan demostrar las capacidades de los sistemas de última generación. En términos generales, existen dos vertientes tecnológicas para 5G, a saber, los equipos de red y los equipos terminales.

En cuanto a las redes desplegadas, en 2018 había 72 operadores que realizaban pruebas de concepto en 5G. Para finales de 2019 se espera que 25 operadores pongan en operación redes 5G, ya sea para pruebas de concepto o de manera comercial. Finalmente, se prevé que para 2020 otros 26 operadores

alrededor del mundo también inicien lanzamientos con esta nueva tecnología, de hecho, la mayoría de la industria considera que a partir de 2020 el ecosistema esté listo para iniciar con despliegues de manera intensiva⁴¹.

En lo que hace a los equipos terminales, se espera que alrededor de 20 proveedores de teléfonos móviles cuenten con dispositivos 5G en 2019. Asimismo, para finales del año se esperan alrededor de un millón de dispositivos disponibles y se espera que se comercialicen un millón de puntos de acceso fijos (*modems*) 5G.⁴²

Adicionalmente, según datos de la industria móvil, la tecnología 5G está en camino de representar el 15% de las conexiones móviles globales para 2025, ya que la cantidad de lanzamientos de redes 5G y dispositivos compatibles aumentará sustancialmente para ese año.⁴³

Ahora bien, la asociación global de proveedores móviles, GSA por sus siglas en inglés *Global mobile Suppliers Association*, publicó en febrero de 2019 el estudio *Global Progress to 5G-Trials, Deployments and Launches*⁴⁴, en el cual señala que 201 operadores en 83 países están operando redes 5G a través de pruebas de concepto o están implementando redes 5G para iniciar con la prestación de servicios comerciales. La Figura 12 muestra gráficamente los países en los que se tiene registro de iniciativas de 5G.

⁴¹ Deloitte, “Technology, Media, and Telecommunications Predictions 2019”, https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ua/Documents/technology-media-telecommunications/DI_TMT-predictions_2019.pdf

⁴² *Idem*.

⁴³ GSMA, “The Mobile Economy 2019”, <https://www.gsma.com/r/mobileeconomy/>

⁴⁴ GSA “5G - 5G Investments: Trials, Deployments, Launches – Updated March 2019”, <https://gsacom.com/paper/5g-investments-global-progress-feb19/>

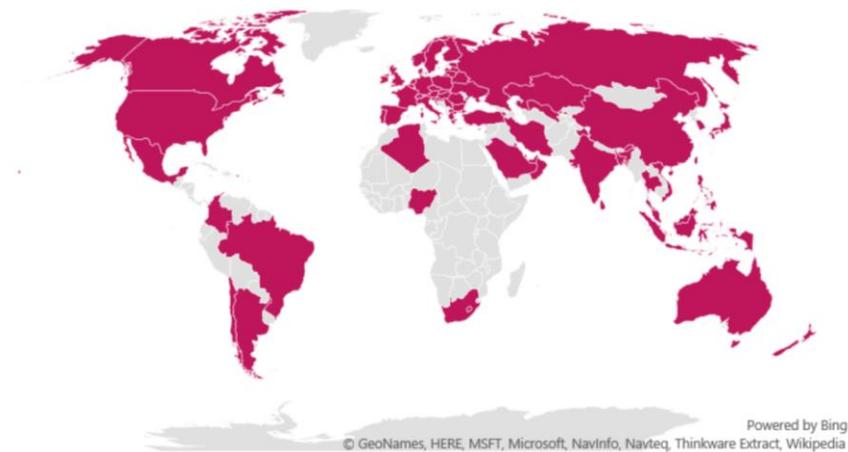


Figura 12. Redes 5G alrededor del mundo

Fuente: GSA. *5G - 5G Investments: Trials, Deployments, Launches – Updated March 2019. 2019*

Las pruebas o despliegues realizados para 5G que han sido más mediáticos se centran en los Estados Unidos de América, Corea del Sur, Japón, Australia y Reino Unido.

En cuanto a las acciones que realizan gobiernos y reguladores, se observa el inicio de diversos procesos de asignación de espectro para 5G por medio de asignaciones directas o procedimientos de licitación. Las bandas de frecuencias más utilizadas se observan en la Figura 13.

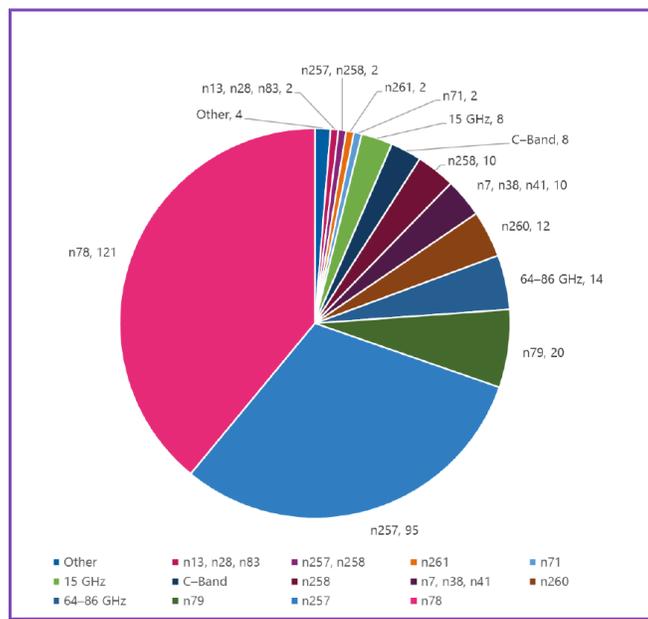


Figura 13. Bandas de frecuencias utilizadas para 5G

Fuente: GSA. *5G - 5G Investments: Trials, Deployments, Launches – Updated March 2019. 2019*

De la Figura 13 se desprende que la banda n78 que va desde 3300 MHz hasta 3800 MHz ha sido la banda de frecuencias más utilizada para el despliegue de redes 5G.

Finalmente, cabe señalar que el 3GPP finalizó en diciembre de 2017 la inclusión del modo no independiente para 5G que funciona con redes 4G, NSA por sus siglas en inglés *Non Standalone*. En junio de 2018 se liberó la versión 15 (*Release 15*) con la tecnología de acceso NR independiente, SA por sus siglas en inglés *Standalone*. Para diciembre de 2019 se espera una evolución adicional de los estándares 5G en la versión 16 del mismo organismo de estandarización.

3.3 Demanda de espectro para redes 5G

Como se ha expresado a lo largo de este capítulo, las redes de quinta generación buscan dotar de más capacidad de transmisión de datos, así como de dar cabida a múltiples aplicaciones de telecomunicaciones e industriales. Para cumplir con esto, la disponibilidad de espectro en grandes cantidades y de manera continua es primordial para habilitar redes con ultra velocidades de transmisión.

Por tal motivo, para poder explotar de manera adecuada las redes 5G se ha observado que se debe contar con un ancho de banda de al menos en el orden de los 100 MHz por portadora en bandas de frecuencias medias. Para las bandas de frecuencias altas, se estima que los operadores deberán contar con al menos 500 MHz de ancho de banda para la prestación de servicios, lo cual sería difícil de alcanzar en las bandas bajas.

En este sentido, si un país quiere hacer disponible espectro en bandas medias y cuenta con tres operadores, la cantidad mínima a hacer disponible es de al menos 300 MHz. En el caso de las bandas altas y considerando el mismo caso hipotético de un país con tres operadores, se deberían contar con al menos 1500

MHz o 1.5 GHz de espectro para poder cubrir con la demanda de espectro para el despliegue de redes de 5G.

En el caso de las bandas de frecuencias bajas, lo que se está ponderando es la característica de propagación en el medio, es decir, no se buscan anchos de banda grandes como para las bandas medias y altas, dado que se pondera que las coberturas que se pueden obtener con estas frecuencias son mayores. Así, las bandas bajas servirán para proporcionar niveles de cobertura más grandes haciendo posible que en el futuro, todas las redes migren a 5G con un balance apropiado entre cobertura y capacidad.

Cabe resaltar que las actuales redes 4G funcionan con portadoras de espectro de hasta 20 MHz y, a través de la técnica de agregación de portadoras, se podrían agregar más portadoras o canales de 20 MHz de espectro.

Ahora bien, si las redes 5G requieren de 100 MHz de espectro en bandas medias y 500 MHz de espectro en bandas altas, la cantidad de espectro adicional que se necesita poner a disposición del mercado para las redes 5G, en comparación con las redes 4G, es del orden de 400% en bandas medias y de 2400% en bandas altas, algo que hoy en día parece difícil de conseguir.

De conformidad con todo lo anterior, existe un gran interés en los trabajos que lleva a cabo la UIT-R para las IMT-2020 en las bandas altas, no solo de industrias móviles, sino también de gobiernos y organizaciones regionales relacionadas con el espectro, por lo que la CMR-19 identificará las bandas de frecuencias milimétricas que serán apropiadas para el despliegue de redes 5G. En consecuencia, se trabaja en dos vertientes, la primera está relacionada con las bandas de frecuencias en las que actualmente ya operan sistemas de banda ancha y la segunda para bandas de frecuencias en las que aún no se prestan servicios de banda ancha móvil.

En cuanto a las bandas destinadas actualmente a servicios móviles, existe una tendencia a escoger solo algunas de la gama disponible en todo el mundo para el desarrollo e implementación de tecnologías nueva generación. Esto es, la industria ha analizado cuáles son las bandas candidatas en las que se pudieran prestar servicios a través de sistemas 5G. Como resultado, se puede decir que solo

el 30 %, del total de las bandas actuales, son candidatas para la construcción y desarrollo de terminales de usuario y elementos de red.

Un ejemplo de lo anterior es la banda de frecuencias conocida como 3.5 GHz (3300 MHz a 4200 MHz) identificada como la primera banda de frecuencias con disponibilidad de dispositivos 5G, la cual también cuenta en la actualidad con economías de escala suficientes para 4G.

Por su parte, respecto a las bandas propicias para la prestación de servicios móviles de banda ancha de nueva generación, la UIT-R trabaja en la determinación de las mismas. Estas nuevas bandas de frecuencias que son analizadas se encuentran por encima de los 24 GHz y son conocidas comúnmente como bandas milimétricas.

La lista de bandas de frecuencias que se encuentran en análisis son: 24.25-27.5 GHz, 31.8-33.4 GHz, 37-40.5 GHz, 40.5-42.5 GHz, 42.5-43.5 GHz, 45.5-47 GHz, 47-47.2 GHz, 47.2-50.2 GHz, 50.4-52.6 GHz, 66-76 GHz y 81-86 GHz.

Al respecto, se espera que la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019, en adelante CMR-19, de la UIT-R, que se llevará a cabo en noviembre de 2019, tomé las decisiones finales sobre la identificación de bandas propicias para el despliegue de sistemas IMT-2020.

En el marco de estas actividades, cabe resaltar que se presentan esfuerzos coordinados en todo el mundo por parte de Gobiernos, industria y la academia para identificar estas nuevas oportunidades de espectro para sistemas IMT-2020 o sistemas 5G.

Una vez que las nuevas bandas de frecuencia sean determinadas por la CMR-19, se espera que el 3GPP continúe con el desarrollo del estándar NR que, por un lado, cumpla con los requisitos de las IMT-2020 y, por el otro, considere las bandas de frecuencias identificadas.

3.4 Conclusiones del capítulo

De conformidad con los planteamientos descritos hasta el momento, es claro que se buscará evitar que los desarrollos tecnológicos de las redes móviles de banda

ancha sigan el camino de las tecnologías 1G, 2G y 3G con una multiplicidad de estándares. Hasta el momento, es difícil pensar que cada desarrollador creará un estándar propio, los desarrollos de 5G pretenden la creación de un estándar único en virtud de la gran variedad de aplicaciones que se pronostican en el futuro.

Como ha sucedido con la evolución tecnológica de las redes móviles, 5G buscará mejorar las prestaciones que se tienen hasta el momento con 4G e incluirá nuevas aplicaciones o casos de uso como conectados de manera permanente a una red de telecomunicaciones como aparatos electrónicos del hogar, aplicaciones científicas, aplicaciones médicas, mMTC, eMBB, URLLC, V2P, V2V, V2X, entre otras. Por tal motivo, la seguridad y confiabilidad de la red y los dispositivos se vuelve un eje fundamental del que dependerá éxito de 5G, toda vez que se estima que un gran número de dispositivos estarán conectados de manera permanente a las redes móviles.

Por otro lado, como aquí se ha planteado, la infraestructura para 5G influirá directamente en los costos de los operadores de telecomunicaciones para la provisión de servicios de banda ancha móvil. Por el momento, la discusión sigue adelante, los operadores que han realizado o están realizando pruebas de concepto con tecnologías de nueva generación, así como los operadores que ya han desplegado servicios comerciales con 5G han optado por el concepto tradicional de despliegue de infraestructura. Lo anterior forma parte del entorno regulatorio asociado al espectro radioeléctrico y es relevante para abordar el tema de desarrollo tecnológico del país que será tratado en el siguiente capítulo.

Las redes 5G concluirán con su primera etapa de desarrollo completa para el año 2020 y tendrán velocidades de transmisión de hasta 20 veces mayores a las prestaciones vistas para 4G con tres escenarios de uso que definirán una la cuarta revolución industrial. Los datos de despliegue presentados en el presente capítulo indican que las redes comerciales de manera masiva se darán en 2020, de aquí la relevancia de que el Estado, a través de todos sus poderes, realice acciones tendientes a preparar el entorno regulatorio para facilitar la introducción de este tipo de tecnología en el país.

Finalmente, el incremento de espectro radioeléctrico de 400% en bandas medias y 2400% para bandas altas para el correcto despliegue de redes 5G es un indicativo de la necesidad de evaluar el entorno regulatorio del precio del espectro radioeléctrico pues con el escenario actual pareciera imposible la introducción de 5G en el país.



Capítulo 4

Con miras a la implementación de redes 5G en México



Capítulo 4. Con miras a la implementación de redes 5G en México

Las redes de quinta generación plantean un potencial que transformara la vida social y las economías en una revolución industrial y tecnológica sin precedentes por lo que el tema es cada vez más relevante en el ámbito nacional y global.

La información y datos presentados hasta ahora dan cabida a cuestionarse ¿la regulación es apropiada para los desarrollos tecnológicos? ¿el Estado está preparado para hacer frente a la economía digital? ¿el valor del espectro radioeléctrico y la estructura de cobro genera incentivos o desincentivos para su uso eficiente y para los operadores?

Por tanto, el presente capítulo considera lo esbozado en capítulos previos y, en primera instancia, describe a los actores sociales que participan en el desarrollo tecnológico del país. En segundo lugar, se abordará cual es el rol del Estado y por qué éste es uno de los actores más relevante en la promoción del desarrollo tecnológico.

Así mismo, se presentan algunos de los elementos relacionados con la contribución de la banda ancha en el crecimiento del producto interno bruto de los países y la relación que existe entre la banda ancha y el crecimiento económico.

Por otro lado, en la sección 4.2 se presentan algunos de los retos en el uso del espectro para redes de quinta generación, tales como el pago actual por el uso del espectro radioeléctrico en el país, el entorno internacional y el despliegue de infraestructura.

En la última sección de este capítulo se pretenden resaltar las implicaciones, impacto y retos que representa la introducción de nuevas tecnologías en el país desde la perspectiva del gobierno, de la sociedad y de los operadores tomando como base la información provista en las secciones anteriores.

4.1 El entorno que contribuye al desarrollo tecnológico en México

4.1.1 Actores sociales en el desarrollo tecnológico

El desarrollo tecnológico de los países está relacionado directamente con la forma en que se crean e implementan las políticas públicas. En este campo tan especializado participan diversos actores sociales, tanto públicos como privados, en diferentes niveles, por lo que la coordinación entre estos actores es primordial desde la creación hasta la implementación de las políticas públicas en beneficio de la sociedad.

Cabe hacer mención que el desarrollo tecnológico no se da por medio de esfuerzos aislados, sino todo lo contrario, es común que existan condiciones globales en donde cada uno de los actores involucrados tenga clara la meta a cumplir. En la actualidad, estas metas u objetivos de desarrollo tecnológico se conciben en la política pública y deben considerar como base la economía digital.

Si bien los actores clave del ecosistema digital comparten objetivos estratégicos de alto nivel, los intereses de todos los actores no siempre están alineados. En línea con lo anterior, resalta lo indicado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en el documento titulado la gobernanza de las telecomunicaciones: hacia la economía digital, que a la letra dice: “El sector público dispone de herramientas para diseñar mecanismos legales y regulatorios que permiten alinear en lo máximo posible los intereses de los actores del sector privado con los del público y los de los consumidores.”⁴⁵

Por tanto, el sector público debe tener en mente que su papel es global, es decir, juega un rol de diseñadores de políticas públicas, reguladores, inversionistas y promotores, siempre de conformidad con sus competencias y bajo una visión

⁴⁵ Prats Cabrera, Joan Oriol, Puig Gabarró, Pau. *La gobernanza de las telecomunicaciones: hacia la economía digital*. Banco Interamericano de Desarrollo, 2017.

integral que esté delineada por la propia política pública y el marco legal a efectos de llegar al cumplimiento de las metas planteadas.

En consecuencia, se considera fundamental la participación de los actores públicos siguientes con criterios alineados entre ellos. El Gobierno Federal a través de diversas secretarías de Estado, tales como la Secretaría de Gobernación, la SHCP y la SCT, así como de los Gobiernos Estatales y Municipales de todo el país. Así mismo, el IFT como autoridad reguladora y de competencia de los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión juega un rol fundamental en el ecosistema. Finalmente, el poder Legislativo como una parte relevante que puede contribuir en la transformación digital con la emisión de Leyes.

Por otro lado, se estima que la participación de actores de índole privado también es fundamental en la política y regulación del desarrollo tecnológico. Las cámaras y asociaciones que representan a los privados e industria son una fuente valiosa que puede proveer los insumos recolectados de este sector, los cuales pueden girar en torno a sus preocupaciones, necesidades y visión.

Adicionalmente, por la propia visión empresarial, hay situaciones en las que los privados puedan no sentirse representados por una cámara o asociación, en consecuencia, la participación de la industria y operadores de manera individual también genera dividendos, desde la construcción hasta la implementación de las políticas públicas.

Otro de los actores relevantes en el ecosistema es la academia. Los integrantes de este sector cuentan con cuadros de experiencia sobresalientes que pueden aportar insumos esenciales con una visión neutral para la elaboración de una política pública, tales como diagnósticos, evaluaciones, investigaciones y técnicas de innovación.

Finalmente, la creación e implementación de las políticas públicas no solo debe tener participación de los grupos expertos en la materia, la sociedad civil también debe ser parte de este ecosistema. Asociaciones, organizaciones y particulares interesados en la materia cerrarían el ciclo virtuoso de presentación de

propuestas e insumos con enfoques particulares que, por supuesto, no serían expresados por los actores mencionados previamente.

Si en un primer paso se logra la participación de todos los actores sociales citados y se considera la inclusión de los insumos que pueda proporcionar cada actor social, se podrían trazar objetivos socioeconómicos inclusivos en la política y regulación, los cuales podrían permear en todos los niveles y sectores, que podría propiciar un cambio hacia la nueva era de la economía digital.

4.1.2 El rol del Estado en la promoción del desarrollo tecnológico

Sociedades y economías están siendo impactadas con la aparición de nuevas formas de comunicación tanto entre humanos, como entre dispositivos, tal es el caso de 5G, de la inteligencia artificial, del IoT, entre otros. Ante este cambio tecnológico y social, se presentan diversos retos y oportunidades que deben ser atendidos de manera oportuna y anticipada.

Si bien es cierto que la participación intersectorial es relevante ante estos nuevos modelos de comunicación, el primer paso debe ser dado por el Estado, quien es uno de los actores sociales más relevantes en la promoción del desarrollo tecnológico. Esta relevancia radica en que el Estado, a través del gobierno, es el que sienta las bases para este desarrollo tecnológico.

Existen diversas acepciones del concepto de Estado, como las abordadas en el capítulo uno, sin embargo, retomaré dos adicionales que me parecen relevantes para el objeto del presente capítulo. Narciso Sánchez considera que “el Estado es una organización social y política, integrada de gobernantes y gobernados, con un régimen jurídico, un territorio específico, y una población que vienen a constituir su razón de ser y la causa principal de su creación.”⁴⁶

⁴⁶ Sánchez Gómez, Narciso, *Primer curso de derecho administrativo*, 7a. Ed., México, Editorial Porrúa, 2015.

Así mismo, en el diccionario jurídico mexicano de Rolando Tamayo se puede apreciar que “el Estado no es una mera realidad natural, sino que constituye un conjunto de funciones jurídicas cuya comprensión es necesaria para entender el comportamiento de la comunidad política. El Estado crea derecho, aplica una Constitución; el Estado contrata, representa a sus nacionales, tiene jurisdicción, ejecuta sanciones; el Estado celebra tratados, es sujeto del derecho internacional; el Estado en suma, es titular de derechos y obligaciones.”⁴⁷

En relación con los dos conceptos mencionados previamente, se puede agregar que el Estado en gran medida se debe a la población y, por tanto, el Estado se vuelve parte de la sociedad. En ese sentido, el Estado representa a la sociedad por medio de la gestoría de acciones comunes en el marco de un régimen jurídico en beneficio de la sociedad. Por tanto, el Estado mismo es una representación de regulación y planificación unificada en torno a un fin común.

Cabe resaltar que el Estado reconoce el derecho, esto es fundamental para el tema que nos atañe. Al respecto, con base en el Decreto de Reforma de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de telecomunicaciones y radiodifusión del año 2013, se estableció en el artículo sexto que el Estado garantizará el derecho de acceso a las tecnologías de la información y comunicación, así como a los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión, incluido el de banda ancha e Internet. Estos servicios son catalogados como servicios públicos de interés general, por lo que el Estado deberá garantizar su prestación a la sociedad en condiciones de competencia efectiva, calidad, pluralidad y continuidad.

A la luz de lo anterior, es claro que desde la Constitución se establece que el papel del Estado es garantizar en primera instancia el servicio de banda ancha a través de acciones encaminadas, en este caso que nos ocupa, a la proliferación de

⁴⁷ Tamayo y Salmorán, Rolando, *Diccionario jurídico mexicano*. México, Editorial Porrúa, S. A., 1985, t. IV, p. 103.

los servicios móviles de última generación. Si bien es cierto que aún existen deficiencias de conectividad en el país y que aún existe una gran parte de la población que no tiene acceso a estas plataformas digitales, la labor del Estado también es anticiparse al rápido desarrollo de las tecnologías de comunicación y preparar el camino para la introducción de nuevas tecnologías que, por un lado, eviten rezago en el desarrollo tecnológico y que, por el otro, maximicen la economía digital.

Las comunicaciones de banda ancha inalámbrica se han convertido en una herramienta esencial en la vida de los seres humanos, puesto que a través de estas se pueden obtener derechos esenciales de los seres humanos como el derecho a la información y el derecho a la libertad de pensamiento y de expresión, los cuales son clave para el bienestar de las personas. En este sentido, la Convención Americana de derechos humanos suscribió en la conferencia especializada interamericana sobre derechos humanos que el derecho a la información forma parte de los derechos esenciales de los seres humanos por lo cual se convierte en un elemento relevante en el desarrollo tecnológico.

El artículo 13 de la Convención, mismo que reconoce la libertad de pensamiento y de expresión como uno de los derechos humanos, establece en el numeral primero que “Toda persona tiene derecho a la libertad de pensamiento y de expresión. Este derecho comprende la libertad de buscar, recibir y difundir informaciones e ideas de toda índole, sin consideración de fronteras, ya sea oralmente, por escrito o en forma impresa o artística, o por cualquier otro procedimiento de su elección.”⁴⁸

En adición, el mismo artículo en su numeral tercero indica que “No se puede restringir el derecho de expresión por vías o medios indirectos, tales como el abuso

⁴⁸ Organización de los Estados Americanos, “Convención Americana sobre Derechos Humanos (Pacto de San José)”, https://www.oas.org/dil/esp/tratados_b-32_convencion_americana_sobre_derechos_humanos.htm

de controles oficiales o particulares de papel para periódicos, de frecuencias radioeléctricas, o de enseres y aparatos usados en la difusión de información o por cualesquiera otros medios encaminados a impedir la comunicación y la circulación de ideas y opiniones.”⁴⁹

Así, lo establecido por la Convención Americana de derechos humanos es consistente con lo establecido en el ámbito local en la Constitución. Ambos instrumentos convergen en los derechos esenciales de los seres humanos por lo que se puede decir que, la esencia del Estado tiene como misión generar *potentia*⁵⁰ en los diferentes servicios que se prestan a la comunidad, gestiona y coordina a los privados y actúa cuando los servicios no existen en una actuación que busca generar un bien común que beneficie a los individuos en estas épocas de desarrollo tecnológico.

4.1.3 Banda ancha y crecimiento económico

El ecosistema y la economía digital tienen asociado de manera natural un efecto dinámico impresionante. Como se menciona en el documento Políticas de banda ancha para América Latina y el Caribe, emitido por el BID⁵¹, los sectores y mercados tradicionales asociados a la tecnología tienden cada vez más a la convergencia y, en la mayoría de los casos, la banda ancha tanto fija como móvil son el eje central.

⁴⁹ *Idem.*

⁵⁰ La *potentia*, según Joaquín Ordoñez, representa la posibilidad de que el Estado constitucional se concrete y se desarrolle con base en una Constitución que sirva para algo más que recoger y dar forma normativa (en lenguaje jurídico) a las decisiones políticas fundamentales, a la estructura y organización del Estado y a los derechos fundamentales: que sea un verdadero instrumento para la acción social, para darle *potentia* a la vida colectiva que la dinamice y revolucione.

⁵¹ OCDE/BID, *op. cit.*, p. 25.

Cabe destacar que a través de las redes de banda ancha se cursa prácticamente toda la información que se crea en el mundo actual, por tal motivo existen grandes inversiones dedicadas a la tecnología. En las últimas décadas se ha observado que gobiernos, organismos, asociaciones, investigadores y privados han dedicado recursos para el análisis del impacto económico que trae consigo el despliegue de servicios de banda ancha.

Si bien es cierto que existen distintos modelos para realizar análisis econométricos⁵² que evalúen la efectividad de ciertas acciones y que el método a seleccionar depende de la materia a analizar, también es cierto que en términos generales diversos análisis apuntan a que la banda ancha contribuye en el crecimiento económico de los países. Los resultados de los estudios realizados varían en el nivel de contribución de la banda ancha al crecimiento económico, pero todos apuntan a que la banda ancha contribuye de manera positiva en el crecimiento del PIB.

Por ejemplo, la UIT realizó un análisis del impacto de la banda ancha en el PIB el cual arrojó los resultados mostrados en la Cuadro 2 siguiente.

⁵² Un modelo econométrico es una representación simplificada y en símbolos matemáticos de cierto conjunto de relaciones económicas. Algunos ejemplos de modelos econométricos son: estocásticos, deterministas o exactos, uniecuacionales, multiecuacionales, lineales, no lineales, dinámicos, entre otros.

País	Autores-Institución	Datos	Efecto
Estados Unidos	Crandall et al. (2007) - Institución de Brookings.	48 Estados de los Estados Unidos durante el período 2003-2005.	Sin resultados estadísticos significativos.
	Thompson y Garbacz (2008) - Universidad de Ohio.	46 Estados de los Estados Unidos durante el período 2001-2005.	Un incremento del 10% en la penetración de banda ancha se asocia con 3.6 % de incremento en la eficiencia.
OCDE	Czernich et al. (2009) - Universidad de Munich	25 países de la OCDE durante el periodo de 1996 y 2007.	Un incremento del 10% en la penetración de banda ancha eleva el crecimiento del PIB per cápita entre 0.9-1.5 puntos porcentuales.
	Koutroumpis (2009) - Colegio Imperial.	2002-2007 para 22 países de la OCDE.	Un aumento en la penetración de banda ancha del 10% produce 0.25% de crecimiento del PIB.
Economías de altos ingresos.	Qiang et al. (2009) - Banco Mundial.	1980-2002 para 66 países de altos ingresos.	Un aumento del 10% en la penetración de banda ancha produjo una ganancia adicional de 1.21 puntos porcentuales en el PIB.
Economías de ingresos bajos y medios.	Qiang et al. (2009) - Banco Mundial	1980-2002 para los 120 países restantes (ingresos medios y bajos).	El aumento del 10% en la penetración de banda ancha produjo un aumento adicional de 1,38 puntos porcentuales en el PIB.

Cuadro 2. Impacto de la banda ancha en el crecimiento del PIB

Fuente: *Elaboración propia con datos de UIT. Impact of broadband on the economy. 2012*

En la tabla anterior se aprecia que, de los seis estudios recolectados, cinco muestran un crecimiento positivo en el PIB. Estos cinco estudios toman como referencia un incremento en la penetración de los servicios del 10%. También se puede observar que las ganancias porcentuales varían de conformidad con la base de datos utilizada y los escenarios analizados.

De lo anterior se desprende que existe una relación directa entre el porcentaje de penetración de los servicios de banda ancha con el porcentaje de incremento en el PIB. Ahora bien, no existe una correspondencia lineal en esta relación, no obstante, de lo indicado en la Tabla 2, se observa como efecto una tendencia positiva en el sentido de que mientras más aumenta el porcentaje de penetración, más aumenta el incremento del PIB en los países.

Adicionalmente, según datos de la asociación GSMA, las operaciones que se ejecuten sobre el espectro que será utilizado para las IMT-2020 o 5G en el 2034 generarán un impacto del 1.2% de incremento del PIB en los países de Latinoamérica y el Caribe como se muestra en la Figura 14.

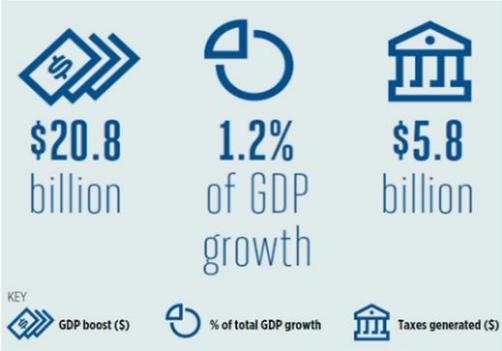


Figura 14. Impacto regional proyectado para las IMT-2020 en 2034 (Latinoamérica y el Caribe)

Fuente: GSMA. *The WRC series Study on Socio-Economic Benefits of 5G Services Provided in mmWave Bands. 2018*

Asimismo, la propia GSMA ha publicado información que estima el nivel de contribución de las bandas milimétricas al PIB por medio de un comparativo entre aquellos países que adopten de manera anticipada las nuevas tecnologías inalámbricas y los que las adopten de manera tardía. La comparación toma como referencia un horizonte de tiempo del año 2024 al 2034 y puede ser observada en el Gráfico 10 siguiente.



Gráfico 10. Contribución de las bandas milimétricas entre los años 2024 y 2034

Fuente: GSMA. *The WRC series Study on Socio-Economic Benefits of 5G Services Provided in mmWave Bands. 2018*

En la gráfica anterior se puede apreciar que los países que realicen una adopción temprana de los sistemas de quinta generación en las bandas de frecuencias milimétricas podrán obtener mayores dividendos en relación con el incremento en el crecimiento del PIB. De tal manera que solo los países que hayan visualizado la relevancia de las tecnologías de quinta generación de manera anticipada y preparen el ecosistema para la introducción de estos servicios, podrán obtener el mayor beneficio económico que traerá la cuarta revolución industrial con las redes 5G.

Por otro lado, también se ha observado que las telecomunicaciones han evolucionado y no solo se comportan como una herramienta de comunicación, sino que ahora tiene alcances de desarrollo social, tales como banca en línea, gobierno electrónico, comercio electrónico, salud, educación a distancia, entretenimiento, entre otros.

Según datos de la empresa Deloitte⁵³, el impacto en el bienestar del Internet se ve reflejado en casos tales como:

- Reducción del 7% en mortalidad infantil
- Crecimiento del 33% en ganancias para agricultores
- Crecimiento del 25% en la productividad
- Comercio electrónico de bienes y servicios superior al 4% del PIB⁵⁴

En adición a lo anterior, hay que tener en cuenta que también existen estudios que documentan la relación entre la penetración de los servicios de banda

⁵³ Deloitte. *Value of connectivity. Economic and social benefits of expanding internet access*. February 2014.

⁵⁴ INEGI, “Tecnologías de la información y comunicaciones”, *Comercio Electrónico*, <https://www.inegi.org.mx/temas/vabcoel/>

ancha con: a) la productividad del país; b) la generación de empleos, esto es, empleos directos, empleos indirectos e ingresos adicionales generados; c) el incremento de los promedios de escolaridad; d) generación de excedentes del consumidor e) inversiones nacionales y extranjeras; e) el impacto en la productividad; f) la eficiencia gubernamental, y g) las mejoras en las eficiencias de las empresas, los cuales complementan y confirman el impacto positivo de la banda ancha en la economía.

Otro tópico que es relevante para que el desarrollo de la banda ancha móvil pueda contribuir de manera positiva en el PIB del país, es el entorno regulatorio, pues este debe ser el más apropiado. La regulación no solo debe ser aplicada en el ámbito de las telecomunicaciones, también debe ser considerada para los mercados verticales en donde se espera que 5G tenga un impacto con la finalidad de que se consolide un solo mercado digital.

Esto es consistente con lo expresado por la OCDE en el documento titulado *Perspectivas de la OCDE sobre la Economía Digital 2017* que a la letra dice: “El impulso detrás de estas políticas generalmente implica un deseo de alentar la innovación, mejorar los servicios públicos y la eficiencia dentro de las agencias gubernamentales, o promover un gobierno abierto.”⁵⁵

En tal sentido, políticas públicas y regulaciones que no se adapten a las innovaciones tecnológicas y al nuevo entorno tecnológico se convertirán en una barrera que detendrá el crecimiento económico, lo cual traerá consigo un costo en el mediano plazo para la sociedad e inclusive para las empresas privadas.

La planeación, prospectiva e implementación de marcos regulatorios apropiados a las nuevas tecnologías coadyuvará en una transformación hacia la economía digital. Además, favorecerá materias adicionales como difusión de ideas,

⁵⁵ OCDE, “Digital Economy Outlook 2017”, *Asociación Mexicana de Internet, A.C.*, 2018, <https://economicon.mx/ec0n0/wp-content/uploads/2018/06/libro-perspectivas-ocde-economia-digital-2017.pdf>

libertad de expresión, acceso a la información, conocimiento, cultura, competitividad nacional, comercio electrónico, educación, salud, telemedicina, seguridad, entre otros.

4.2 Retos en el uso del espectro para el desarrollo de redes 5G

4.2.1 Pagos por el uso del espectro radioeléctrico en México

Para abordar esta sección, se hace necesario describir brevemente los elementos nacionales relacionados con los pagos por el uso de bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico. En primera instancia, es pertinente señalar que dichos pagos tienen dos componentes que corresponden a un pago inicial, en una sola exhibición, previamente al otorgamiento de la concesión de espectro, y pagos anuales por su uso, para lo cual se aborda, a continuación, lo relativo al marco jurídico vigente.

El artículo 78 de la LFTyR establece que las concesiones que utilicen el espectro radioeléctrico para uso comercial, o privado con propósitos de comunicación privada, se otorgarán únicamente a través de un procedimiento de licitación pública previo pago de una contraprestación, por lo que corresponde al IFT fijar el monto de las contraprestaciones tanto por el otorgamiento de las concesiones, como por la autorización de servicios adicionales vinculados a éstas, previa opinión no vinculante de la SHCP.⁵⁶

En México el valor total del espectro radioeléctrico está establecido mediante dos cobros a los cuales están sujetos los concesionarios, estos son:

Cuotas de derechos anuales. Los pagos anuales por el por concepto de uso, goce, aprovechamiento o explotación del espectro se encuentran determinados

⁵⁶ Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment_data/file/447072/132-_LEY_Federal_de_Telecomunicaciones_y_Radiodifusi_n..pdf

en el Capítulo XI del Título II de la Ley Federal de Derechos, en adelante LFD, y son calculados por el tipo de servicio, banda de espectro concesionada, cobertura, cantidad de espectro, entre otros factores.

Asimismo, las cuotas anuales forman parte de una de las obligaciones establecidas en los títulos de concesión con los que cuenta cada empresa, por lo que año con año deben realizar el pago correspondiente.

Pago de Contraprestación por otorgamiento. El pago de Contraprestación o coloquialmente conocido en México como “guante”, es el monto que cada empresa debe pagar por el otorgamiento de una concesión y se encuentra fundamentado en el artículo 100 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTyR). En este sentido, la Contraprestación es el monto que cada ganador de una subasta debe pagar para que pueda ser acreedor al título de concesión correspondiente, ya sea como resultado de un proceso de licitación, por una prórroga o por concepto de servicios adicionales. La LFTyR indica que, para fijar el monto de las contraprestaciones el IFT deberá considerar la banda de frecuencia del espectro radioeléctrico de que se trate, cantidad de espectro, vigencia de la concesión, referencias nacionales e internacionales del valor de mercado, entre otras.⁵⁷

En lo que respecta a los derechos, la LFD establece que para ciertas bandas de frecuencias los concesionarios deben realizar pagos anuales de manera obligatoria por concepto de uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico. Particularmente, las bandas de frecuencias a través de las cuales se proporcionan servicios de banda ancha, así como los pagos anuales se establecen en los artículos 244, 244-A, 244-B, 244-D, 244-E y 244-E-1.⁵⁸

⁵⁷ *Idem.*

⁵⁸ Ley Federal de Derechos,
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/107_281218.pdf

En este sentido, el artículo 73 constitucional establece las facultades del Congreso de la Unión, pero para el caso que nos ocupa, vale la pena señalar que éste cuenta con la facultad para emitir leyes en materia hacendaria.⁵⁹ Particularmente en lo que respecta a lo establecido en la LFD, en la Cuadro 3 se presentan los montos que los concesionarios tienen que pagar por concepto de derechos anuales a nivel nacional por cada kilo Hertz concesionado en las bandas de frecuencias en las que se prestan servicios de banda ancha móvil.

Banda	Pago de derechos por kHz (pesos mexicanos)
700MHz	\$4,481.00
800MHz	\$45,141.00
850MHz	\$45,141.00
1900MHz	\$45,141.00
AWS	\$45,141.00
2.5GHz	\$18,506.00

Cuadro 3. Pago de derechos anuales por kHz para distintas bandas de frecuencias

Fuente: *Elaboración propia con datos de la Ley Federal de Derechos*

⁵⁹ Cámara de Senadores, “Proceso legislativo en México” http://www.senado.gob.mx/64/sobre_el_senado/proceso_legislativo

4.2.2 Análisis Internacional del valor del espectro

El análisis internacional del espectro que se expone a continuación tomó como base otros países⁶⁰ que cuentan con la misma estructura del valor total de una banda como en el caso de México, es decir, pago de derechos y monto de contraprestación. Asimismo, esta sección ha sido integrada con información proporcionada por el IFT mediante la solicitud Información Pública del “Estudio de Valuación y de Derechos”.

En este sentido, los datos analizados en el estudio fueron ajustados a la paridad del poder adquisitivo, en adelante PPA, el cual es un indicador económico que permite comparar el poder adquisitivo de la moneda entre distintos países y al producto interior bruto (PIB) per cápita de cada país, con el fin de poder tener cifras comparables de acuerdo a las condiciones socioeconómicas de México, con respecto a los países incluidos en la muestra.

En este sentido, el Cuadro 4 presenta los resultados de la comparación de derechos anuales y pagos de contraprestación en subastas para algunas bandas IMT en México en relación con el promedio y la mediana de diversos países alrededor del mundo ajustados por PIB per cápita.

⁶⁰ Los países considerados en el estudio son: México, Argentina, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Honduras, Hungría, Islandia, Irlanda, Países Bajos, Noruega, Paraguay, Perú, Polonia, Portugal, Rumanía, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza y Turquía.

Banda	Derecho anual México	Sin ajuste		Ajustado por PIB per cápita y PPA	
		Media	Mediana	Media	Mediana
700MHz	90	453	143	400	81
850MHz	903	475	515	255	266
1900MHz	903	214	102	95	50
AWS	903	294	116	334	117
2.5GHz FDD	370	120	53	74	25
2.5GHz TDD	370	126	72	85	26

Cuadro 4. Relación internacional de los derechos anuales de referencias internacionales (datos en millones de pesos por bloque de 20 MHz)

Fuente: *Elaboración propia con datos del IFT. Estudio sobre valuación y determinación de derechos para bandas IMT en México. 2018*

Del cuadro anterior se puede observar que solo la banda de frecuencias 700 MHz se encuentra por debajo del promedio de los países analizados. Esto deriva de la definición particular que se realizó en México como consecuencia de lo establecido en la Constitución para la red compartida mayorista⁶¹. Así mismo, se puede observar que en las bandas de frecuencias restantes los derechos en México se encuentran muy por encima de los establecidos en otros países.

Ahora bien, con relación a la comparativa internacional del costo total de las bandas, esto es, pago de derechos anuales y pagos de contraprestación que han resultado de subastas para algunas de las bandas IMT. Los valores presentados en las gráficas corresponden a 20 MHz de espectro, tanto en FDD como para TDD.

Por tal motivo, a continuación, se presentan los datos que han resultado de esta comparación de las bandas de frecuencias asignadas para las IMT en México.

⁶¹ El concesionario de la red compartida no puede prestar servicios minoristas y está sujeto a obligaciones de cobertura especiales.

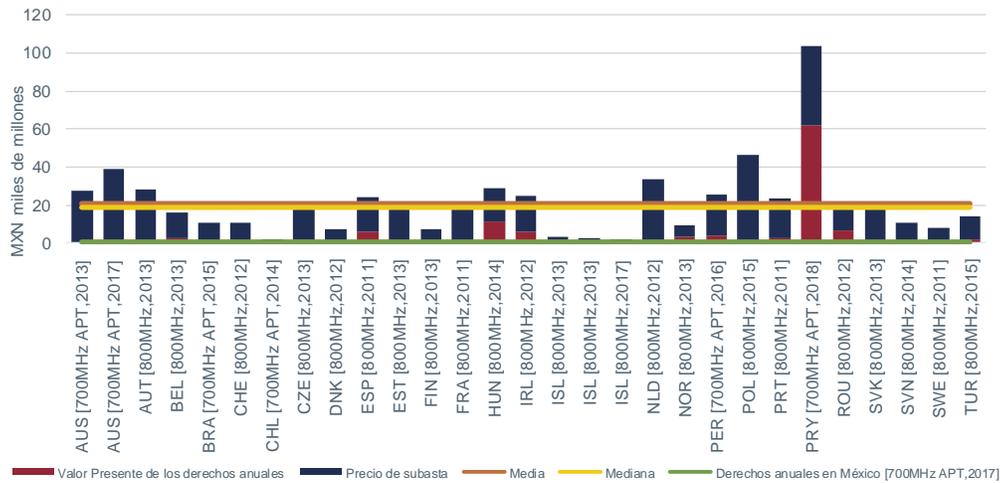


Gráfico 11. Costo total de la banda 700 MHz ajustados a la población de México y al PIB per cápita

Fuente: *IFT. Estudio sobre valuación y determinación de derechos para bandas IMT en México. 2018*

Del gráfico anterior se observa que la banda de 700 MHz México se encuentra por debajo en razón de que, como se comentaba anteriormente, se han establecido precios particulares del espectro radioeléctrico para la red compartida mayorista. Por lo que hace a la banda 850 MHz, el Gráfico 12, muestra la comparación correspondiente.

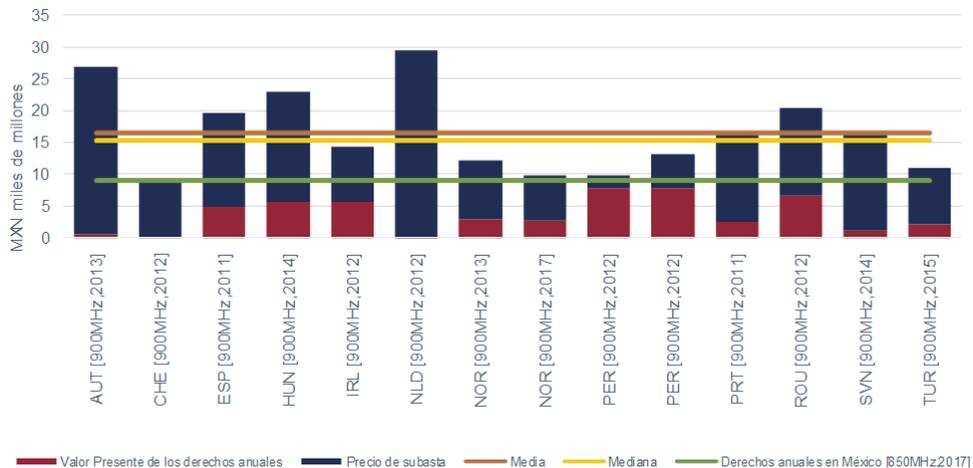


Gráfico 12. Costo total de la banda 850 MHz ajustado a la población de México con ajuste en base al PIB per cápita PPA

Fuente: *IFT. Estudio sobre valuación y determinación de derechos para bandas IMT en México. 2018*

En el gráfico anterior, podemos visualizar que, de la muestra de países, no hay algún país donde los derechos sean más del 50% del valor total de banda.

En el caso de la banda 1900, conocida como PCS, los derechos se encuentran por encima de la media y la mediana del costo total de espectro en las referencias internacionales. Esto se puede apreciar en el Gráfico 13 siguiente.

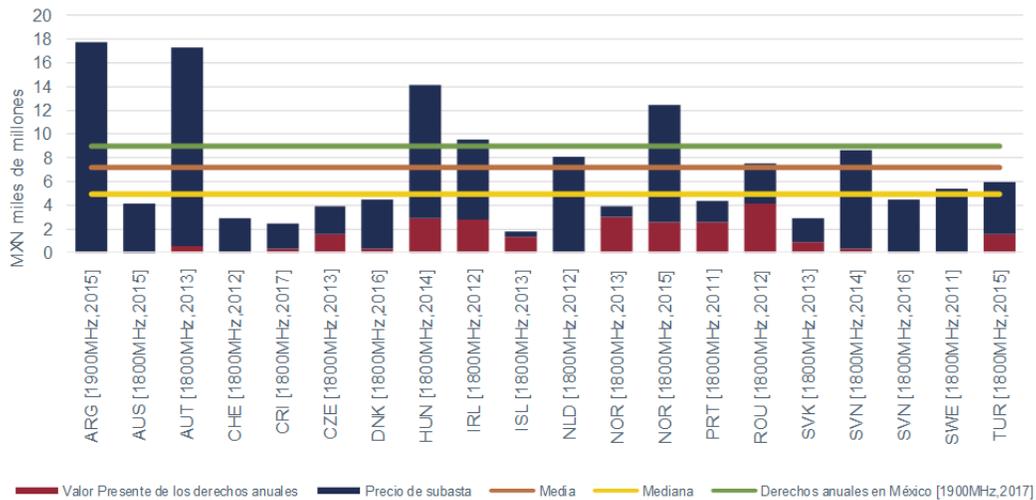


Gráfico 13. Costo total de la banda 1900MHz ajustado a la población de México con ajuste en base al PIB per cápita PPA

Fuente: *IFT. Estudio sobre valuación y determinación de derechos para bandas IMT en México. 2018*

Ahora bien, en la banda conocida como AWS, que considera segmentos de frecuencias en 1700 MHz y 2100 MHz, se observa que los derechos anuales en México son más altos en comparación con los países de referencia, a excepción del caso particular de Paraguay, que resulta ser un caso atípico tal como aprecia en el Gráfico 14 siguiente.

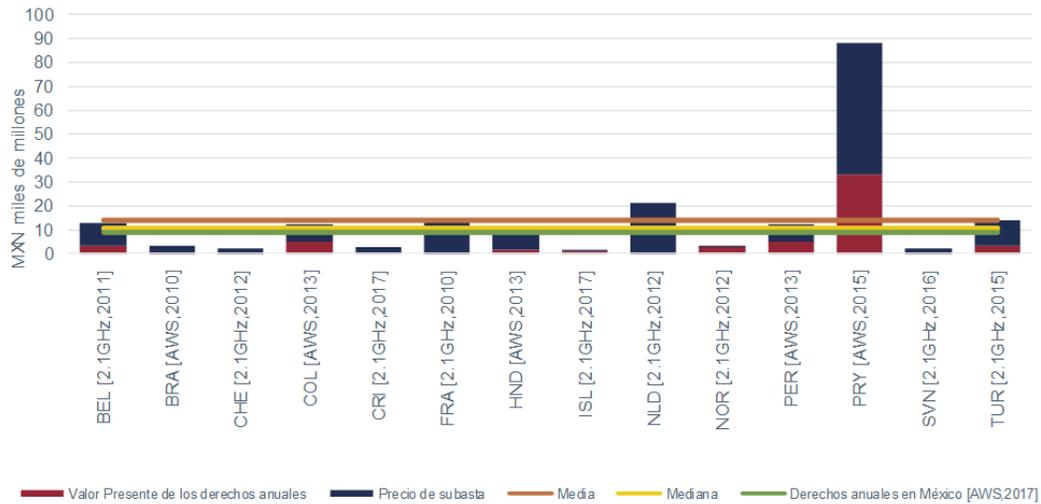


Gráfico 14. Costo total de la banda AWS ajustado a la población de México con base al PIB per cápita y PPA

Fuente: *IFT. Estudio sobre valuación y determinación de derechos para bandas IMT en México. 2018*

La banda de 2.5 GHz resulta un caso particular, ya que este cuenta con asignaciones tanto en FDD como en TDD. El Gráfico 15 muestra la información del comparativo internacional del segmento FDD y, por su parte, el Gráfico 16 muestra lo correspondiente para TDD.

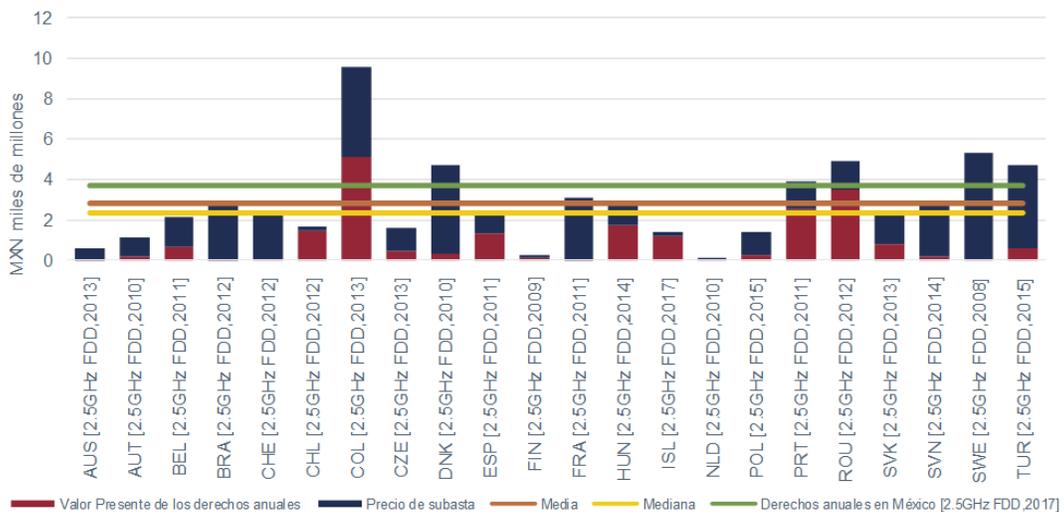


Gráfico 15. Costo total de la banda 2.5GHz FDD ajustado a la población de México con base al PIB per cápita y PPA

Fuente: *IFT. Estudio sobre valuación y determinación de derechos para bandas IMT en México. 2018*

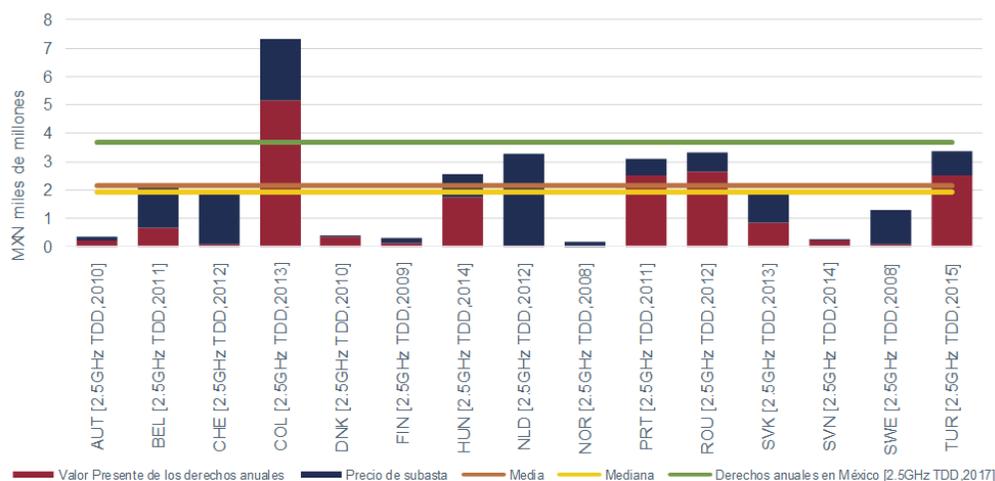


Gráfico 16. Costo total de la banda TDD de 2.5 GHz ajustado a la población de México con base al PIB per cápita y PPA

Fuente: *IFT. Estudio sobre valuación y determinación de derechos para bandas IMT en México. 2018*

Ambos gráficos relacionados con la banda 2.5 GHz exponen que los derechos que se pagan en México están muy por encima de los países analizados, con excepción de Colombia.

Por otro lado, la GSMA indica que: “los precios finales del espectro en los países en desarrollo son, en promedio, 3 veces mayores que en los países desarrollados si se tienen en cuenta los ingresos”⁶², tal como se observa en el gráfico siguiente.

⁶² Garbellini, Chiara, et al., *La política de fijación de los precios del espectro en países en desarrollo. Consideraciones clave para fomentar una mejor calidad y mayor asequibilidad de los servicios móviles*, GSMA, Julio de 2018.



Gráfico 17. Agregado de precios finales del espectro en países en desarrollo en países desarrollados y en vías de desarrollo

Fuente: *Garbellini, Chiara, et al. La política de fijación de los precios del espectro en países en desarrollo. Consideraciones clave para fomentar una mejor calidad y mayor asequibilidad de los servicios móviles. GSMA. 2018*

4.2.3 Despliegue de infraestructura para redes de 5G

Como se ha mencionado en el capítulo tres, actualmente existe un debate respecto a cuál sería la forma más adecuada para desplegar infraestructura de redes de nueva generación. Más allá del mecanismo que se adopte en el país o a nivel internacional, es una realidad que se tendrá que desplegar infraestructura para la provisión de servicios de quinta generación.

El mundo entero se encuentra explorando los casos de uso que explotarán las capacidades de las redes 5G. El hecho de que la nueva generación de comunicaciones móviles no solo se esté planeada para el mercado de las telecomunicaciones reconfigurara el concepto de las comunicaciones y redes.

Este nuevo concepto para las redes de quinta generación sin lugar a dudas estará basado en una combinación de despliegue de infraestructura y prestación de servicios o aplicaciones. Gobierno y regulador deben considerar los costos

asociados al despliegue de infraestructura para servicios de banda ancha móvil durante la creación de políticas públicas y actividades de regulación.

Según datos de la OCDE, existe una tendencia creciente para crear nuevas rutas de acceso, esto, fundamentalmente trae consigo nuevos costos e inversiones para los operadores en el despliegue de infraestructura. Las tendencias en la creación de rutas de accesos se presentan a continuación en el Gráfico 18.

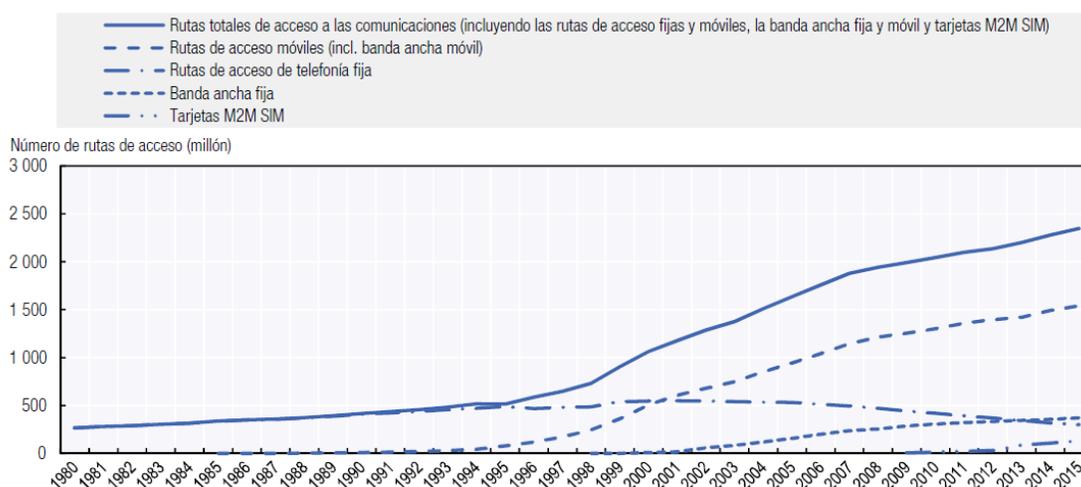


Gráfico 18. Tendencias en la creación de rutas de accesos en telecomunicaciones

Fuente: OCDE. *Digital Economy Outlook 2017*. Asociación Mexicana de Internet, A.C. 2018

Del propio gráfico se observa que hasta el 2015 la tendencia en la creación de nuevas rutas de acceso iba en aumento para las rutas de acceso móvil, banda ancha fija y tarjetas M2M. Esta tendencia no está nada alejada de lo que se espera para 5G y las comunicaciones máquina a máquina.

Adicionalmente, los datos de la OCDE reflejan que los países miembros invirtieron más en porcentaje de ingresos en 2015 que en lo relativo a 2013, como se observa en el Gráfico 19.

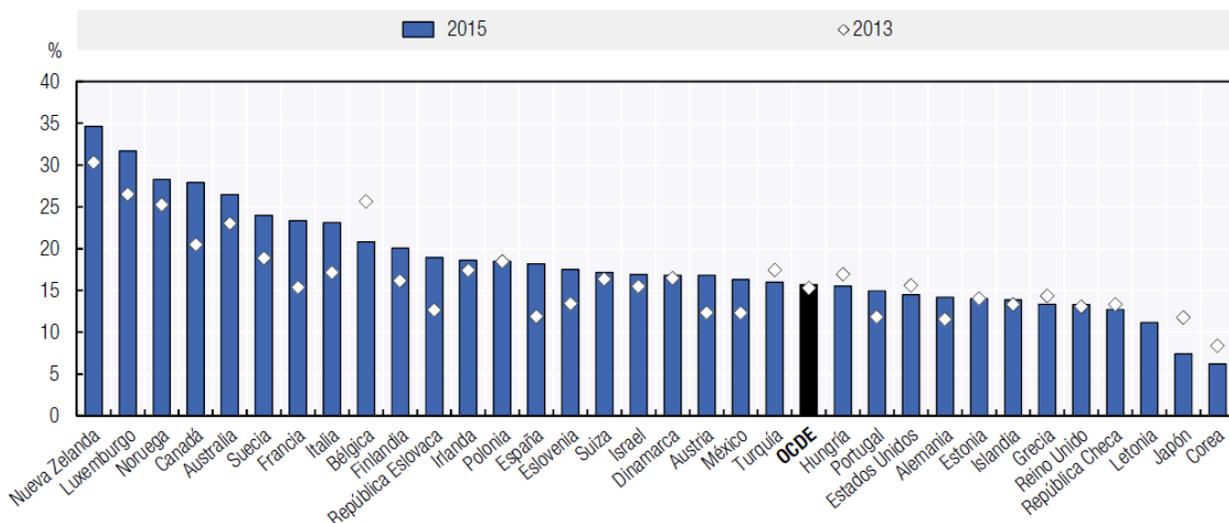


Gráfico 19. Inversión en telecomunicaciones como porcentaje de ingresos
Fuente: OCDE. *Digital Economy Outlook 2017*. Asociación Mexicana de Internet, A.C. 2018

Asimismo, al igual que diversas fuentes, la OCDE señala que: “En esos países, es probable que el próximo aumento de la inversión general sea el resultado de las próximas redes móviles 5G.”⁶³ Aunado a lo anterior y de conformidad con los datos presentados en la sección 4.2.2, salta a la vista que los derechos que se pagan en México en las bandas 850 MHz, 1900 MHz, AWS y 2.5 GHz son más altos que la media y mediana de los países analizados.

En síntesis, se considera fundamental que las políticas públicas a desarrollar con miras a la implementación de redes de quinta generación consideren los aspectos económicos que se han esbozado de manera general en este apartado.

⁶³ OCDE, “Digital Economy...”, *cit.*, p.83

4.2.4 Impacto económico de la estructura del valor del espectro radioeléctrico en el país

Derivado de la estructura actual del valor del espectro (derechos y contraprestación), se ha reducido de manera significativa la flexibilidad y capacidad de la industria para determinar el valor del espectro en las licitaciones, ya que los derechos han llegado a representar hasta el 90% de su valor, afectando directamente el descubrimiento de precios durante el proceso de asignación, considerando que los pagos anuales son un componente fijo.

A la luz de lo anterior, a manera de ejemplo, la Tabla 5 muestra la relación de pago de derechos y contraprestación de acuerdo a la última licitación de servicios móviles de banda ancha realizada en México para servicios móviles (Licitación IFT-7) para la banda de 2.5 GHz.

	Montos (pesos mexicanos)	Relación
Pago anual de derechos (120 MHz)	\$2,277,799,889	90%
Pago anual de Contraprestación (120 MHz)	\$253,016,711	10%
Total	\$2,530,816,600	100%

Cuadro 5. Relación pago de derechos y contraprestación en la banda de 2.5 GHz

Fuente: *Elaboración propia con datos del IFT. Estudio sobre valuación y determinación de derechos para bandas IMT en México. 2018*

Los altos niveles de derechos que han sido presentados anteriormente, se han convertido en una razón para que los operadores hayan reducido su nivel de participación en las licitaciones o para que puedan considerar renunciar al espectro concesionado durante la vigencia de una concesión con el fin de, en la medida de lo posible, disminuir el pago de derechos que tienen a lo largo de la vigencia de la

concesión. Esto va en detrimento de los ingresos públicos, del beneficio social y de la misma gestión del espectro.

Asimismo, los altos niveles de derechos podrían tener implicaciones negativas sobre la sana competencia en el sector, ya que representan una barrera de entrada y un porcentaje cada vez mayor de los ingresos de los agentes económicos que compiten actualmente con el agente preponderante o que quisieran entrar al mercado mexicano. Esto deja poco margen de maniobra tanto para el regulador como para los posibles interesados en relación a los costos al momento de las nuevas licitaciones de espectro radioeléctrico.

El escenario en donde los derechos representan alrededor del 90% del valor total de la banda, como se observó en la Tabla 5 del presente documento, puede llegar afectar a las empresas pequeñas que cuentan con menores ingresos. Esta combinación da lugar a que, en la práctica, los operadores más pequeños no adquieran espectro.

Ahora bien, vale la pena señalar brevemente que en los procesos de licitación es necesario establecer un valor mínimo de referencia, en adelante VMR. Diversas fuentes como la GSMA indican que el precio del VMR está eliminando una gran proporción de las inversiones de los operadores⁶⁴.

Los VMR altos desalientan la participación y pueden provocar que exista espectro sin asignar al final de la licitación, como el caso de la IFT-3 en México para la banda AWS⁶⁵. Esto provoca una asignación ineficiente del espectro y niveles de inversión inferiores y, por tanto, puede tener implicaciones en la competencia entre agentes económicos y los precios finales al consumidor, así como reducir los beneficios sociales a largo plazo.

⁶⁴ Garbellini, Chiara, et al., *op. cit.*, p 91.

⁶⁵ IFT, “Acta de fallo”, *Licitación No. IFT-3*, febrero de 2016, http://www.ift.org.mx/sites/default/files/acta_de_fallo_ift-3_0.pdf

Por otra parte, es importante mencionar que el monto que se paga en las licitaciones de espectro por la adquisición del espectro, no es considerado en la proyección económica que realizan las empresas ya que este costo es conocido en la literatura económica como un costo hundido. Sin embargo, los costos anuales, como el pago de derechos sí son considerados en los flujos financieros, lo cual tiene un alto impacto en las finanzas de las compañías.

4.2.5 Retos para los operadores

En esta etapa del documento vale la pena retomar algunas de las ideas plasmadas en los diferentes capítulos con el objeto de indicar cuáles son los incentivos o desincentivos actuales que tienen los operadores para participar como actores sociales en el desarrollo de redes 5G.

Por ejemplo, un tema que se vuelve relevante para el desarrollo tecnológico en México está relacionado con la estructura del valor del espectro radioeléctrico, especialmente lo relativo al pago de derechos. De lo observado previamente en las gráficas, los derechos, tal como están determinados actualmente, son un mecanismo inflexible que no reconoce los cambios en el mercado y desincentiva a las empresas en la adquisición de espectro y a invertir en este país.

De las mismas gráficas se puede observar que el pago de derechos se encuentra muy por encima del valor observado en muchos países desarrollados. Los derechos en México son tan altos que representan casi la totalidad del costo absoluto del espectro. En ciertas bandas en México se cobra por el espectro más de lo que se cobra en los países desarrollados, lo cual desincentiva la adquisición de espectro por parte de los privados y, por lo tanto, las inversiones en el país.

El hecho de que los derechos representen hasta un 90% del precio total del espectro significa que los operadores no pueden descubrir el precio final del bien a través de procesos de licitaciones y por tanto, se deben enfrentar a una especie de costo fijo que ellos no pueden determinar a través de una licitación, tal como ocurre

a nivel internacional. Este problema deriva en una presión financiera que no podrá ser soportada por las empresas en el mediano plazo.

Lo anterior ha sido manifestado por la empresa Telefónica en diferentes ocasiones. Parte de estos argumentos son:

“(…) Preciso que, lo que busca Telefónica es equidad: “Pagar lo mismo por el espectro que pagan otros agentes del mercado y fomentar mejores condiciones para las inversiones móviles en México.

(…)

Destacó que es una realidad que el costo del espectro en México es de los más caros del mundo, porque lo importante no es sólo lo que se paga por la subasta: 350 millones de pesos por cada bloque que es lo que vamos a pagar por las frecuencias en la banda de 2.5 GHz, lo que lo hace caro son los derechos anuales y eso es lo que limita mucho la competencia.

(…)

Según cálculos de Telefónica en el 2019, el agente económico preponderante (Telcel) va a gastar 4% máximo de ingresos en el pago de espectro mientras que Telefónica y AT&T pagaremos alrededor de 12 o 15% de nuestros ingresos por el pago del espectro (…).⁶⁶

Además, existen algunas implicaciones derivadas de la actual estructura del precio del espectro radioeléctrico en México. En el Cuadro 6 se muestran algunas de las implicaciones del caso mexicano.

⁶⁶ Juárez Escalona, Claudia, “Espectro más barato fomentaría inversiones: Telefónica”, *El Economista*, Ciudad de México, agosto de 2018, <https://www.economista.com.mx/empresas/Espectro-mas-barato-fomentaria-inversiones-Telefonica-20180812-0078.html>

Situación	Efectos
Pago de licitación con “guante” muy bajo respecto al costo total	1) Nulo descubrimiento de precios 2) Diseño de las licitaciones poco efectivo
Derechos anuales altos	1) Margen reducido de gestión de costos de espectro e inversión para los operadores 2) Costo fijo que no está determinado por el mercado
Preservación de asimetrías en el mercado	Debido a la mayor capacidad financiera del operador preponderante, la combinación de los derechos altos y del pago del “guante” provoca un mayor perjuicio a los operadores no preponderantes del mercado.

Cuadro 6. Diferencias marcadas de la problemática del Valor del Espectro en el caso mexicano

Fuente: *Elaboración propia*

Asimismo, en el Gráfico 20 se pueden apreciar las diferencias que existen del caso mexicano en comparación con datos internacionales, en donde se puede observar que las marcadas diferencias que existen por empresa.

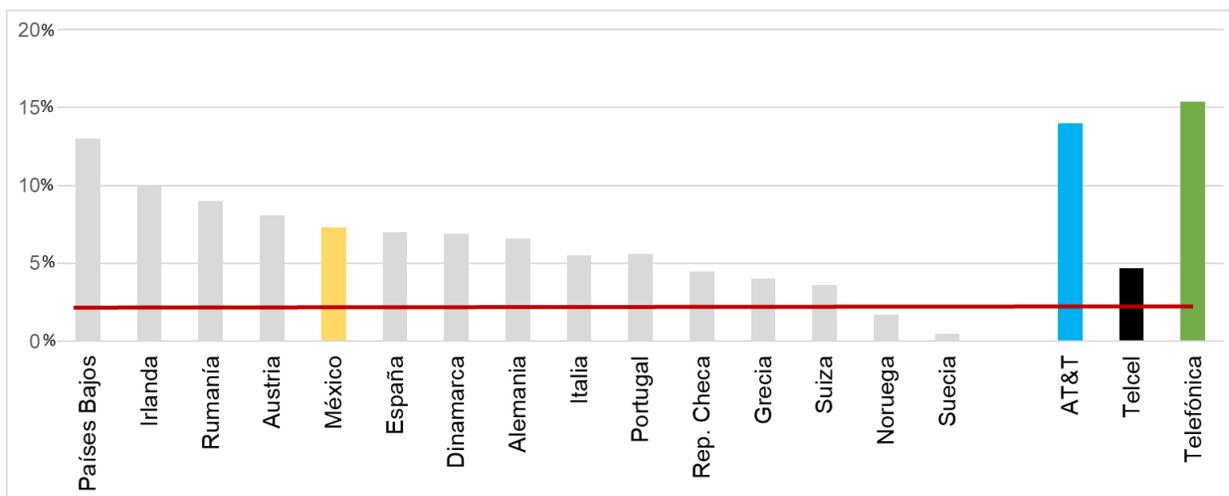


Gráfico 20. Referencias internacionales del costo total del espectro como porcentaje de los ingresos del servicio móvil

Fuente: *Elaboración propia con datos del Economista y Estudio sobre valuación y determinación de derechos para bandas IMT en México. 2018*

En resumen, tal como se mencionó anteriormente, las obligaciones por concepto del espectro representan 4% para el agente preponderante y entre el 12 % y 15 % para AT&T y Telefónica. Este porcentaje representa una gran inversión para pago de derechos en relación con los ingresos anuales, lo que desincentiva a que las empresas no quieran seguir invirtiendo en el país. Esto produciría afectaciones en la economía del país y a la competencia, pero, sobre todo, en los servicios que se brindan al usuario final.

Además, si consideramos el factor por concepto de derechos, así como la necesidad de despliegue de infraestructura necesaria para los próximos años, se puede concluir que los operadores no tendrán ningún incentivo para participar en el desarrollo tecnológico y en la introducción de nuevas tecnologías. Si bien no se cuenta aún con datos concretos de cómo será el modelo de despliegue de infraestructura para redes 5G, lo que sí es un hecho es que los recursos económicos asociados a la adquisición de espectro no estarán disponibles para el despliegue de infraestructura.

Otro tema que puede incidir en el interés de los operadores para invertir en el país depende del nivel de coordinación que exista entre los diversos actores sociales en el desarrollo tecnológico, particularmente lo que se refiere a las labores de coordinación del Estado. Por tal motivo, la asignación de funciones y competencias debe ser clara con la finalidad de evitar duplicidades o ineficiencias y así poder concretar los objetivos de política pública que pueda incrementar el interés de los particulares para la inversión en el país. A efectos de mejorar lo anterior, es necesario adaptar el ecosistema de política pública con el objeto de contar con un diseño transversal que permita la participación de todos los actores sociales involucrados.

Por otro lado, como se ha mencionado anteriormente, se observa un crecimiento exponencial, tanto en el número de suscriptores de banda ancha, como

en la demanda de tráfico. Aunado a esto, según datos del IFT⁶⁷, los precios en el sector de telecomunicaciones disminuyeron un 28.9 % y los servicios de telefonía móvil bajaron en un 42.7 % entre 2013 y 2017.

Por tanto, si estas tendencias continúan como hasta ahora, habrá más usuarios de servicios de banda ancha con menos ingresos para los operadores, lo cual, para el análisis que nos ocupa, significa que los operadores tendrán que brindar servicios para más usuarios con costos operativos adicionales, lo que representa costos adicionales a considerar respecto al modelo financiero actual de las empresas.

En relación con lo anterior, los operadores de red se encuentran analizando cómo hacer frente a los nuevos modelos de negocio. El primer caso es el de los proveedores de servicios conocidos como OTT, por sus siglas en inglés *over the top*. Este tipo de proveedores ofrecen una amplia gama de servicios, normalmente a precios competitivos sin tener que incurrir en gastos de despliegue y operación de la red. El segundo caso es el de las MTC y los modelos de negocio planteados por la industria para estas aplicaciones en redes 5G, dado que consideran un precio por servicio más bajo en comparación con los precios de los servicios de banda ancha móvil y, una vez más, se estima un crecimiento en la conexión de dispositivos para comunicaciones máquina a máquina y hombre a máquina en las redes de quinta generación.

4.3 Conclusiones del capítulo

Para que se promueva el desarrollo tecnológico del país y éste no se convierta en una barrera que detenga el crecimiento económico deben participar de manera coordinada, la Secretaría de Gobernación, la SHCP, la SCT, Gobiernos Estatales y

⁶⁷ Instituto Federal de Telecomunicaciones, “Banco de información de Telecomunicaciones”, <https://bit.ift.org.mx/BitWebApp/Reportes.xhtml>

Municipales, el IFT, las cámaras y asociaciones que representan a los privados e industria del país, la industria, la academia y la sociedad civil. En este caso en particular, el Estado juega un rol fundamental pues en el recaen atribuciones en diversos ámbitos que permitirán una adaptación adecuada al entorno regulatorio con miras a la implementación de redes 5G.

De conformidad con la información presentada en este capítulo, se observa que la banda ancha contribuye de manera positiva en el crecimiento del PIB y se observa que mientras más aumenta el porcentaje de penetración, más aumenta el incremento del PIB en los países. En este sentido, se puede concluir que los servicios de banda ancha son una herramienta tecnológica que cuenta con potencial para generar desarrollo económico y bienestar para la sociedad.

Con base en el análisis internacional de la estructura del valor de una banda de frecuencias, se puede observar que, con excepción de la banda de 700 MHz, el caso de Paraguay en AWS y el caso de Colombia en 2.5 GHz, en México todas las bandas de frecuencias restantes se encuentran muy por encima en los pagos de derechos anuales establecidos en otros países, inclusive de los países desarrollados. Los derechos han llegado a representar hasta el 90% de su valor, lo que afecta directamente el descubrimiento de precios durante los procesos de asignación, lo cual desincentiva a las empresas en la adquisición de espectro y a invertir en este país.

El crecimiento exponencial en el número de suscriptores de banda ancha móvil, la caída de precios observados hasta el momento, proveedores de servicios OTT, los modelos de aplicaciones estimadas para 5G y los costos asociados al despliegue de infraestructura indican que los operadores tendrán costos operativos adicionales al disminuir los ingresos de los servicios, de tal forma, que es probable que los modelos financieros actuales de las empresas tengan que evolucionar para adaptarse a estos cambios.



Conclusiones finales



Conclusiones finales

Una vez plasmados los elementos que se querían resaltar sobre el estado del arte en la materia de interés, los actores relevantes en el desarrollo tecnológico, el componente tecnológico de las redes móviles de banda ancha en el país, la estructura del precio del espectro radioeléctrico, el rol del Estado en el desarrollo tecnológico, así como los aspectos socioeconómicos en el desarrollo de redes de quinta generación en México, se pueden concluir diversos aspectos interrelacionados de los efectos socioeconómicos asociados a la introducción de tecnologías móviles de quinta generación.

El primer punto a resaltar es que, de las evidencias presentadas en relación al crecimiento exponencial tanto de conexiones móviles, como de transferencia de datos en las redes inalámbricas de telecomunicaciones, es inminente que la adopción y el uso de la banda ancha seguirá incrementando en el futuro, lo cual, sustenta el concepto de que la sociedad está migrando a un mundo completamente digital. En este sentido, las tecnologías actuales y futuras jugarán un papel bastante relevante en materia de conectividad.

Particularmente, la introducción y el uso de tecnologías móviles de quinta generación representarán, en el futuro, un área de oportunidad para el desarrollo de las telecomunicaciones en México. Sin embargo, este entorno también traza nuevos retos y desafíos. El entorno regulatorio de las redes de 5G será un tema fundamental en los próximos años en virtud de que aún es un tema novedoso y poco explorado, por tal motivo, la regulación para las nuevas tecnologías debe ser abierta, sin sobre regular a los operadores o a las redes.

Así mismo, con base en los estudios presentados a través de este documento, se concluye que existe una relación directa entre el porcentaje de penetración de los servicios de banda ancha con el porcentaje de incremento en el PIB. Las redes 4G y 5G serán tecnologías que soporten estos crecimientos en el futuro en la medida que se hagan disponibles al público en general y asequibles.

Lo anterior solo se podrá lograr si se modifica el entorno regulatorio y la estructura del precio del espectro radioeléctrico ya que, si no existen las condiciones

adecuadas, los privados y empresas no estarán en posición de coadyuvar con el desarrollo tecnológico en el país, lo que generará retrasos en el despliegue e implementación de nuevas tecnologías inalámbricas de banda ancha en el país.

El desarrollo tecnológico de los países requiere de un ecosistema apropiado que promueva la introducción de tecnologías de nueva generación. Existen razones políticas, sociales y económicas que respaldan la necesidad de generar un ecosistema apropiado que atienda las áreas de oportunidad que aún existen en materia de conectividad.

Vale la pena destacar también cuál es la función del Estado en el desarrollo tecnológico. Las funciones del Estado son fundamentales para la vida cotidiana de las personas, ya que éste es el principal promotor del desarrollo económico y social de un país. Una de las actividades primordiales del Estado recae en su función administrativa, lo cual se puede dar a través de la regulación de una actividad concreta del Estado, en este caso, el sector de las telecomunicaciones y, en particular, lo que se refiere al espectro radioeléctrico.

En virtud de que el espectro radioeléctrico es un bien de dominio público del Estado, entonces, es necesario que el propio Estado intervenga para propiciar que los actores sociales en el desarrollo tecnológico participen de tal manera que México no quede excluido de la economía digital.

Por tal motivo, con base en la teoría política del Estado moderno, así como con las necesidades planteadas en esta obra, el Estado, a través del Gobierno, es la primera instancia que debe realizar acciones proactivas y de prospectiva que propicien un escenario en el que los actores sociales se involucren en la introducción de nuevas tecnologías en el país. Asimismo, el Estado debe establecer las condiciones necesarias para el desarrollo de las actividades económicas en general, como son el orden jurídico, su cumplimiento, certidumbre (garantizar el estado de derecho y el debido cumplimiento de los contratos), la equidad, prevenir la existencia de monopolios e intervenir cuando existan fallas de mercado que afecten el interés público dado que el Estado es el timón del desarrollo tecnológico del país.

En adición, la composición y acciones del Estado dependen totalmente de las necesidades, por lo que se puede concluir que se observan tres ejes principales conectados entre sí. El primero está relacionado con la estructura actual del precio del espectro, el segundo radica en la necesidad de modificar el marco regulatorio y el tercero atañe a la coordinación de los actores sociales del desarrollo tecnológico.

En relación con el primer eje mencionado anteriormente y como se planteó en el documento, la estructura actual del precio del espectro incide de forma negativa en el desarrollo de infraestructura en el país dado que, los derechos en México son tan altos que representan casi la totalidad del costo absoluto del espectro. Es decir, existen algunos países en los que se paga más que en México por el uso del espectro radioeléctrico, no obstante, los pagos derivan de precios obtenidos de procesos de licitación y no solo por concepto de derechos. Esto representa una gran diferencia respecto del comparativo internacional observado y la peor inequidad económica que tenemos en el país en materia de espectro radioeléctrico.

Derivado de lo anterior, las compañías enfrentan una problemática para la adquisición de espectro, ya que actualmente los derechos son un mecanismo inflexible que no reconoce los cambios en el mercado y desincentiva a las compañías a adquirir espectro y a invertir en el país. En adición a lo anterior, se encuentran los costos asociados por el despliegue de infraestructura. Si las predicciones de crecimiento de tráfico se cumplen, las empresas necesitarán invertir para robustecer las capacidades de sus redes, lo cual necesitará de grandes inversiones. Lo anterior, sumado a los pagos por el espectro, en términos generales, provoca que: a) no haya interés por parte de los operadores para llevar servicios de telecomunicaciones a las zonas del país en donde actualmente no se cuenta con cobertura, b) las empresas quieran recuperar costos, lo cual puede llevar a aumentar precios a los usuarios finales, c) el nivel de inversión y despliegue de infraestructura en el país disminuya.

Ahora bien, desde el punto de vista económico, se puede concluir que el mecanismo más apropiado para asignar espectro radioeléctrico de uso comercial es a través de licitación pública, sin embargo, es necesario la modificación de la

estructura actual con el objetivo fundamental de que sea el propio mercado el que establezca el precio de este recurso mediante el descubrimiento de precios como resultado del proceso licitatorio. No obstante, una vez más, la carga de derechos que enfrentan actualmente los operadores no permite que se cuente con flexibilidad para pujar por el espectro de manera correcta.

La evidencia presentada en relación al porcentaje que representa la contraprestación y los derechos en el país demuestra que no ha existido un descubrimiento de precios por parte de los operadores en las licitaciones, ya que el valor inicial en las subastas de espectro, abarca tan solo el 10% del costo total de la banda y por tal motivo los valores finales observados estuvieron muy cercanos a los valores mínimos de referencia (precio de salida).

En relación con lo anterior, actualmente para las compañías de telecomunicaciones móviles, el pago por concepto del uso del espectro radioeléctrico representa en promedio un 12% de sus ingresos anuales. Si se considera que para redes de quinta generación se necesitará al menos un 400% de espectro adicional en bandas medias y 2400% en bandas altas, por lógica se puede concluir que los operadores no tendrán ningún incentivo para adquirir espectro y desplegar redes 5G. Como consecuencia, habría un impacto negativo en la competencia al existir una barrera a la entrada e incluso la posibilidad de generar monopolios en el mercado.

A esto hay que agregar que las inversiones esperadas para despliegues de este tipo de servicios serán muy superiores en comparación con las observadas al día de hoy, en razón de que para las bandas milimétricas las coberturas serán muy pequeñas y, por tanto, el costo relacionado al despliegue de equipos de red para contar con una cobertura suficiente para la provisión de servicios 5G tendrá que ser mucho mayor en comparación con las inversiones realizadas al día de hoy.

Por otro lado, se observa que existen tres áreas de oportunidad que deben ser atendidas por el Estado, a través del Gobierno en relación al marco regulatorio. La primera está relacionada con la necesidad de modificar la estructura del precio del espectro radioeléctrico. En este caso, la autoridad con atribuciones en la materia, esto es, el Congreso de la Unión, en coordinación con la SHCP, el IFT y la

SCT, debería realizar acciones para modificar la estructura actual del espectro radioeléctrico en México con la finalidad de que se permita que el mercado descubra el valor de la banda de frecuencias en México derivado de un proceso competitivo de licitación pública. Desde el punto de vista de la política regulatoria, la maximización de ingresos por concepto de uso del espectro radioeléctrico no debe ser el objetivo del Estado.

La segunda versa sobre preparar las bases de un entorno regulatorio con enfoque global que permita la introducción de los sistemas de quinta generación, incluidas las aplicaciones de IoT, MTC, M2M, V2V, V2P, V2I, eMBB, mMTC, URLLC, entre otras. En una materia innovadora, en donde los alcances y posibilidades de 5G aún no están finiquitados, es necesario estudiar la materia desde el punto de vista de política regulatoria, inclusive destinando recursos públicos, con la finalidad de construir políticas que promuevan la inversión.

La tercera es que no se debe perder de vista que, la conectividad se ha distribuido de forma desigual y no necesariamente ha llegado a todos los rincones del país. Las zonas rurales representan un reto en materia de conectividad derivado de las complejidades relativas a la obtención de permisos federales, estatales y municipales para la construcción de la infraestructura, a los costos de despliegue de infraestructura y a planes de negocio inviables por el nivel de consumo o gasto esperado por parte de las comunidades rurales. Por tanto, las acciones de política pública que proponga el Estado deben buscar disminuir la brecha digital de manera efectiva y eficiente.

El Estado, a través del Gobierno y las entidades competentes, deben anticiparse y establecer una visión estratégica de largo plazo que promueva la conectividad, la innovación y las inversiones. Inclusive, se podría considerar hasta la adopción y enseñanza en el campo de las TIC para que los usuarios de los servicios de telecomunicaciones cuenten con las habilidades necesarias para sacar provecho de todas las posibilidades que brinda Internet y maximizar así la economía digital.

De conformidad con las mejores prácticas, las acciones que realice el Gobierno, estarán relacionadas directamente con el crecimiento económico del

sector del que se trate. En temas de innovación tecnológica, los marcos regulatorios deben cambiar rápidamente al mismo ritmo que la tecnología. En este sentido, la simplificación de la regulación, procesos administrativos o normas incidirán directamente en la innovación, el desarrollo tecnológico, la competencia y la inversión.

Lo anterior no puede ser considerado de manera aislada, de conformidad con el alcance que se prevé tenga 5G, se debe pensar en un mercado integrado con las industrias verticales, tales como, la energética, agricultura, automotriz, transportes, agricultura, manufactureras, ciudades conectadas, comercio electrónico, educación, salud, telemedicina, seguridad, entre otras. En este ecosistema transversal en donde habrá una conexión permanente a las redes móviles de banda ancha, el marco regulatorio también debe considerar la existencia de una coordinación cercana entre todos los actores sociales implicados en el desarrollo tecnológico, tanto públicos, como privados. Esta coordinación debe ser multisectorial y con una dirección estratégica muy bien definida, con miras a estar preparado para los grandes retos que representará la cuarta revolución industrial detonada por los sistemas de quinta generación.

Si el Estado lograra consolidar las condiciones mencionadas anteriormente, se estaría en posibilidad de facilitar el desarrollo tecnológico, la introducción de nuevas tecnologías y, en general, propiciar un avance social en el país.

Bibliografía

- BOBBIO, Norberto, *Estado, Gobierno y Sociedad. Por una teoría general de la política*, México, Fondo de Cultura Económica, 1989.
- CAVE, Martin y WEBB, William, *Administración del espectro. El uso de las ondas radiofónicas para el máximo beneficio social y económico*, 1a. ed., México, CIDE, 2018.
- COLOMBO, Clelia. “Innovación democrática y TIC, ¿hacia una democracia participativa?”, *Revista de Internet, Derecho y Política*, Segundo Congreso sobre Internet, derecho y política: análisis y prospectiva, IDP, núm. 3, 2006.
- DELGADILLO GUTIÉRREZ, Luis Humberto, *Elementos de derecho administrativo*, 1a., ed., México, Editorial Limusa, 2010.
- DELOITTE, *Value of connectivity. Economic and social benefits of expanding internet access*, Febrero de 2014.
- GARBELLINI, Chiara, et al., *La política de fijación de los precios del espectro en países en desarrollo. Consideraciones clave para fomentar una mejor calidad y mayor asequibilidad de los servicios móviles*, GSMA, julio de 2018.
- GONZÁLEZ URIBE, Héctor, *Teoría política*, 8va., ed., México, Editorial Porrúa, 1992.
- GSMA, *Study on Socio-Economic Benefits of 5G Services Provided in mmWave Bands*, The WRC series, diciembre 2018.
- ISTEPANIAN, Robert y WOODWARD, Bryan, *m-Health and Mobile Communication Systems*, IEEE, Inc., 2016.
- KATZ, Raul, *The Impact of Broadband on the Economy: Research to Date and Policy Issues*, ITU Broadband Series, ITU, Geneva, 2012.
- KSHITIJ KUMAR, Singh, *Human Rights in Information Age: Emerging Issues and Challenges*, mayo de 2015.
- LUO, Falong y ZHANG Charlie, *Signal Processing for 5G: Algorithms and Implementations*, 1a. ed., John Wiley & Sons, Ltd, 2016.
- OCDE, *Digital Economy Outlook 2017*, Asociación Mexicana de Internet, A.C., 2018.

- OCDE/BID, *Políticas de banda ancha para América Latina y el Caribe: Un manual para la economía digital*, París, OECD Publishing, 2016.
- OEA, *Nuestra democracia / Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos*, México, FCE, PNUD, OEA, 2010.
- ORDOÑEZ, Joaquin, “Kratos y potentia: otra categoría constitucional del estado”, *Revista de Direito da Cidade*, Brasil, Vol. 10, N°3, 2018.
- PORRÚA PÉREZ, Francisco, *Teoría del Estado*, 19a. ed., México, Editorial Porrúa, 1984.
- PRATS CABRERA, Joan Oriol y PUIG GABARRÓ, Pau, *La gobernanza de las telecomunicaciones: hacia la economía digital*, Banco Interamericano de Desarrollo, 2017.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, Narciso, *Primer curso de derecho administrativo*, 7a. ed., México, Editorial Porrúa, 2015.
- Suprema Corte de Justicia de la Nación, *Manual del justiciable: materia administrativa*, 1a., ed., México, Poder judicial de la Federación, 2003.
- TAMAYO Y SALMORÁN, Rolando, *Diccionario jurídico mexicano*. México, Editorial Porrúa, S. A., 1985, t. IV.
- Tesis P./J. 65/2007, *Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta*, Novena Época, t. XXVI, diciembre de 2007, p. 987.
- VAN WELSUM, Desirée, et al., *Unlocking the ICT growth potential in Europe: Enabling people and businesses. Using Scenarios to Build a New Narrative for the Role of ICT in Growth in Europe*, European Union, European Commission DG Communications Networks, Content & Technology, 2013.

Fuentes de consulta digitales

- “Declaración de Derechos del Buen Pueblo de Virginia”, junio de 1776,
<https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/6/2698/21.pdf>.
- 3GPP, “3GPP TS 36.101” V16.0.0, 2018,
http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36_series/36.101/36101-g00.zip

3GPP, "The Mobile Broadband Standard", <http://www.3gpp.org/>

Cámara de Diputados, "Iniciativas del titular del Poder Ejecutivo", Gaceta Parlamentaria, México, Año XVI, núm. 3726-II, marzo de 2013, <http://legislacion.scjn.gob.mx/Buscador/Paginas/wfProcesoLegislativoCompleto.aspx?q=b/EcoMjefuFeB6DOaNOimNPZPsNLFqe0s7fey1FqriekAcWnHkufxYMo7PRpB2GWYOhLr5+2kOhF8VHzzyFPiJQ==>

Cámara de Diputados, *Procesos legislativos, exposición de motivos, iniciativa del ejecutivo federal*, México, Gaceta No. 3726-II, 12 de marzo de 2013, <http://legislacion.scjn.gob.mx/Buscador/Paginas/wfProcesoLegislativoCompleto.aspx?q=b/EcoMjefuFeB6DOaNOimNPZPsNLFqe0s7fey1FqriekAcWnHkufxYMo7PRpB2GWYOhLr5+2kOhF8VHzzyFPiJQ==>

Cámara de Senadores, "Proceso legislativo en México" http://www.senado.gob.mx/64/sobre_el_senado/proceso_legislativo

Conjunto de textos fundamentales de la Unión Internacional de Telecomunicaciones adoptados por la Conferencia de Plenipotenciarios, "Convenio de la UIT, No. 1005 de su Anexo", p. 126, <http://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/5.16.61.es.300.pdf>

Deloitte, "Technology, Media, and Telecommunications Predictions 2019", https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ua/Documents/technology-media-telecommunications/DI_TMT-predictions_2019.pdf

Diario Oficial de la Federación, "Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal De Telecomunicaciones actualiza el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.", http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5539626&fecha=01/10/2018

Diario Oficial de la Federación, "Decreto por el que se crea la Comisión Federal de Telecomunicaciones", México, 9 de agosto de 1996, http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4895322&fecha=09/08/1996

Foro Mundial de Política de las Telecomunicaciones/TIC, “Banda ancha”, Suiza, mayo de 2013, <https://www.itu.int/en/wtpf-13/Documents/backgroundunder-wtpf-13-broadband-es.pdf>

GSA “5G - 5G Investments: Trials, Deployments, Launches – Updated March 2019”, <https://gsacom.com/paper/5g-investments-global-progress-feb19/>

GSMA, “La Economía Móvil América Latina 2016”, https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2016/09/ME_LATAM_2016-Spanish-Report-FINAL-Web-Singles-1.pdf

GSMA, “The Mobile Economy 2019”, <https://www.gsma.com/r/mobileeconomy/>

GSMA, “The spectrum policy dictionary”, *Spectrum primer series*, febrero de 2017, <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2017/04/Spectrum-Policy-Dictionary.pdf>

GUERRA REYES, Laura Isabel, “Órganos constitucionales autónomos. Naturaleza jurídica y notas distintivas”, agosto 2014, <http://www.eumed.net/rev/cccss/29/estado-constitucional.html>

IFT, “Acta de fallo”, *Licitación No. IFT-3*, febrero de 2016, http://www.ift.org.mx/sites/default/files/acta_de_fallo_ift-3_0.pdf

INEGI, “Tecnologías de la información y comunicaciones”, *Comercio Electrónico*, <https://www.inegi.org.mx/temas/vabcoel/>

Instituto Federal de Telecomunicaciones, “Acta de fallo Licitación No. IFT-3”, http://www.ift.org.mx/sites/default/files/acta_de_fallo_ift-3_0.pdf

Instituto Federal de Telecomunicaciones, “Banco de información de Telecomunicaciones”, <https://bit.ift.org.mx/BitWebApp/informacionEstadistica.xhtml>

Instituto Federal de Telecomunicaciones, “Banco de información de Telecomunicaciones”, <https://bit.ift.org.mx/BitWebApp/Reportes.xhtml>

Instituto Federal de Telecomunicaciones, “IMT en México. Más espectro para aplicaciones de banda ancha móvil” México, febrero de 2019, http://www.ift.org.mx/sites/default/files/imt_en_mexico_febrero_2019.pdf

Instituto Federal de Telecomunicaciones, “Licitación No. IFT -7 (servicio de acceso inalámbrico)”, <http://www.ift.org.mx/industria/espectroradioelectrico/telecomunicaciones/2018/licitacion-no-ift-7-servicio-de-acceso-inalambrico>

ISAK, Christopher, “First 5G Hologram Interview in Self-Driving EV”, <https://techacute.com/first-5g-hologram-interview-in-self-driving-ev/#>

JUÁREZ ESCALONA, Claudia, “Espectro más barato fomentaría inversiones: Telefónica”, *El Economista*, Ciudad de México, agosto de 2018, <https://www.economista.com.mx/empresas/Espectro-mas-barato-fomentaria-inversiones-Telefonica-20180812-0078.html>

Ley Federal de Derechos, http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/107_281218.pdf

Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment_data/file/447072/132-_LEY_Federal_de_Telecomunicaciones_y_Radiodifusi_n..pdf

OCDE, “Digital Economy Outlook 2017”, *Asociación Mexicana de Internet, A.C.*, 2018, <https://economicon.mx/ec0n0/wp-content/uploads/2018/06/libro-perspectivas-ocde-economia-digital-2017.pdf>

Organización de los Estados Americanos, “Convención Americana sobre Derechos Humanos (Pacto de San José)”, https://www.oas.org/dil/esp/tratados_b-32_convencion_americana_sobre_derechos_humanos.htm

ORTIZ MAYAGOITIA, Guillermo, “La creación de órganos constitucionales autónomos en los Estados de la República”, junio de 2006, https://www.ijf.cjf.gob.mx/publicaciones/revista/22/22_8.pdf

PEDROZA DE LA LLAVE, Susana Thalía, “Los órganos constitucionales autónomos en México”, *Instituto de Investigaciones Jurídicas*, 2002, <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/1/306/7.pdf>

Reforma en materia de telecomunicaciones, “Resumen ejecutivo” https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment_data/file/66463/12_Telecomunicaciones.pdf

RUIZ, José Fabián “Los órganos constitucionales autónomos en México: una visión integradora” *Cuestiones Constitucionales. Revista Mexicana de Derecho*

Constitucional, México, Volumen 37, julio-diciembre de 2017, <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1405919318300362?token=3CDC CF9183C0337CD02D2A9BF8286357FF4A86EB84DA3D9C0BF456E8986E1136E42102C4E9BF3B73835BA551591C851B>.

Secretaria de Relaciones Exteriores, “Pacto por México”, diciembre de 2012, https://embamex.sre.gob.mx/bolivia/images/pdf/REFORMAS/pacto_por_mexico.pdf

Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, “Espectro radioeléctrico. Forma parte del espacio aéreo, que constituye un bien nacional de uso común sujeto al régimen de dominio público de la federación, para cuyo aprovechamiento especial se requiere concesión, autorización o permiso”, México, diciembre de 2007, <http://sjf.scjn.gob.mx/sjfsist/Documentos/Tesis/170/170757.pdf>

Senado de la República, “Proceso legislativo”, http://www.senado.gob.mx/64/sobre_el_senado/proceso_legislativo

UGALDE CALDERÓN, Filiberto Valentín, “Órganos constitucionales autónomos”, *Revista del Instituto de la Judicatura Federal*, México, núm. 29, 2010, <https://portalanterior.ine.mx/archivos2/portal/servicio-profesional-electoral/concurso-publico/2016-2017/primera-convocatoria/docs/Otros/37-org-constitucionales-autonomos.pdf>.

Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en las bandas determinadas para las IMT en el Reglamento de Radiocomunicaciones”, *Recomendación M.1036*, 2015, <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1036/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones, “IMT Vision - "Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond"”, *Recomendación M.2083*, 2015, <https://www.itu.int/rec/r-rec-m.2083>

Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Informe sobre Medición de la Sociedad de la Información”, *Resumen Ejecutivo*, 2015, https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/ind/D-IND-ICTOI-2015-SUM-PDF-S.pdf

Unión Internacional de Telecomunicaciones, “ITU-R FAQ on International Mobile Telecommunications (IMT)”, <https://www.itu.int/en/ITU-R/Documents/ITU-R-FAQ-IMT.pdf>

Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Orientaciones sobre el marco reglamentario para la gestión nacional del espectro”, *Informe SM.2093-2*, 2015, <http://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2093-2-2015/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Reglamento de Radiocomunicaciones”, 2016, <http://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.43.48.es.301.pdf>

Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Vocabulario de términos de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT)”, *Recomendación M.1224-1*, 2012, <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1224-1-201203-I/es>

ValorTop, “La evolución de los móviles [infografía]”, <http://www.valortop.com/blog/la-evolucion-de-los-moviles-infografia>

WANNSTROM, Jeanette, “HSPA”, 3GPP, <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/99-hspa>

Wi-Fi Alliance, “Who We Are”, <https://www.wi-fi.org/who-we-are>