

Mecanismos de asignación de espectro radioeléctrico para redes privadas 5G

Maria Isabel Reza Meneses, José Luis Cuevas Ruiz

Centro de Estudios

Fecha: octubre 2024

El contenido, las opiniones y las conclusiones o recomendaciones vertidas en este documento son responsabilidad exclusiva de la persona autora y no necesariamente reflejan el punto de vista oficial del Instituto Federal de Telecomunicaciones, de su Centro de Estudios ni de ninguna de sus unidades administrativas.

Reporte sobre mecanismos de asignación de espectro radioeléctrico para redes privadas 5G

Maria Isabel Reza Meneses¹, José Luis Cuevas Ruíz²

Resumen

Se presenta una recopilación sobre la experiencia internacional respecto de los modelos de licenciamiento y las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para redes privadas 5G, además de algunas estadísticas que revelan la importancia de las redes privadas móviles para avanzar en la implementación de la industria 4.0. Finalmente, se incluye un análisis sobre el marco regulatorio nacional y se sugiere un posible cambio en este, de tal forma que sea posible el licenciamiento de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para redes privadas.

¹ La autora es Ingeniera en Telecomunicaciones, Maestra en Ingeniería Eléctrica por la Universidad Nacional Autónoma de México y actualmente está en proceso de titulación de la Maestría en Regulación y Competencia Económica en Telecomunicaciones en INFOTEC, es Investigadora en Tecnologías y Regulación del Centro de Estudios del IFT. Es experta en regulación de la red y agentes económicos preponderantes, además de evaluación de la conformidad, disposiciones técnicas y neutralidad de la red. Ha tenido a su cargo proyectos como el de los lineamientos de neutralidad de la red y la separación funcional de Telmex. Anteriormente, fue Directora de Desarrollo Digital y Subdirectora de Criterios Normativos en la Unidad de Política Regulatoria del IFT.

² Doctor en Teoría de la Señal y Comunicaciones por la Universidad Politécnica de Cataluña, UPC. Barcelona, España. Maestría en Ciencias por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo, CENIDET, México. Ingeniero Industrial en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Veracruz. Investigador en el Centro de Estudios del IFT y coordinador del Grupo de Trabajo de Ciberseguridad en el Comité 5G que coordina el IFT. Colaboró con la SCT en la dirección de Comunicaciones Rurales. Experiencia como consultor en el desarrollo de redes de Telecomunicaciones por más de 15 años. Es autor de dos libros, artículos de investigación publicados en Congresos y Revistas; docente universitario en la Universidad Iberoamericana y el Tec de Monterrey, habiendo dirigido tesis de maestría y doctorado.

Contenido

1. Glosario.....	3
2. Introducción	6
2.1 Marco regulatorio mexicano	7
3. Las redes privadas 4G y 5G para usos industriales en números	10
3.1 Industrias que han solicitado espectro radioeléctrico para redes privadas móviles a nivel internacional.....	14
Redes 5G privadas en la fabricación – Mercedes-Benz	14
Redes 5G privadas en el sector sanitario – <i>Rush Medical Center</i>	15
Redes 5G privadas en instalaciones inteligentes – <i>Groupe ADP</i>	15
Redes 5G privadas en logística – Puerto de Amberes.....	16
Redes 5G privadas en el transporte – Centro de pruebas de movilidad de NEC	16
4. Experiencia internacional y mejores prácticas sobre los mecanismos de asignación de espectro radioeléctrico para redes privadas inalámbricas	17
4.2 Iniciativa CBRS (<i>Citizens Broadband Radio Service</i>) de la FCC Estados Unidos de América 21	
4.3 Canadá.....	24
4.4 Autoridad Regulatoria de Comunicaciones (CRA) del Estado de Qatar	25
4.5 Reino Unido	26
Licenciamiento de acceso a espectro compartido.....	26
Licencia de acceso a espectro compartido	26
Términos y condiciones de los esquemas de licenciamiento	29
Licencias de acceso local	30
Términos y condiciones de las licencias de acceso local:.....	30
Frecuencias disponibles para las licencias de acceso local:	31
4.6 Japón	32
4.7 Australia.....	33
4.8 Francia	36
4.9 Alemania.....	38
Redes 5G privadas en las bandas de 3.7 GHz y 26 GHz	38
4.9.1 Solicitud para operar una red 5G privada.....	39

4.9.2	Modelos de operación de las redes privadas.....	40
4.9.3	Condiciones de operación	41
4.10	España	42
4.11	Chile.....	42
5.	Resultado de la aplicación de esquemas de gestión del espectro en casos internacionales	43
5.1	<i>Network slicing</i> y aplicaciones verticales	47
5.2	Compartición de espectro y gestión dinámica de acceso a recursos.....	52
6.	Propuesta del Comité 5G para la modificación de ley y recomendaciones del VII CCIFT	55
6.1	Contribución de las Mesas III y VI del Comité 5G. Despliegue de Redes Privadas 5G.....	61
6.1.1	Propuestas de mejora a través de los Lineamientos de Autorización de Uso Secundario 62	
6.1.2	Propuestas de mejora a través de una concesión de uso privado con fines de experimentación.....	63
6.1.3	Propuestas para la creación de un marco regulatorio que sustente las redes privadas 63	
6.1.4	Propuestas sobre el ámbito administrativo del IFT.....	63
7.	Conclusiones.....	64
8.	Bibliografía.....	70

1. Glosario

Término	Definición
5G	Quinta generación de tecnología móvil
ACAS	<i>All-come, all-served</i> ; en español, “Todos los que llegan, todos son atendidos”
ACMA	<i>Australian Communications and Media Authority</i> ; en español, Autoridad Australiana de Comunicaciones y Medios
AFC	<i>Automated Frequency Coordination</i> ; en español, Coordinación de Frecuencia Automatizada
Arcep	<i>Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse</i> ; en español: Autoridad de regulación de las comunicaciones electrónicas, de correos y de la distribución de la prensa (Francia)
AWL	<i>Area-Wide Licence</i> ; en español, licencia para toda área
BNetzA	<i>Bundesnetzagentur</i> ; en español, Agencia Federal de Redes de Alemania
CBRS	<i>Citizens Broadband Radio Service</i> ; en español, Servicio de Radio Ciudadana de Banda Ancha (de la FCC)
CNMC	Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia
CPEUM	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
CRA	<i>The Communications Regulatory Authority</i> ; en español, Autoridad Regulatoria de Comunicaciones (Qatar)
dBm	Decibel-miliwatt
dB μ V	Decibel-microvolt
DOF	Diario Oficial de la Federación
DSA	<i>Dynamic Spectrum Access</i> ; en español, Acceso Dinámico al Espectro
FCC	<i>The Federal Communications Commission</i> ; en español, Comisión Federal de Comunicaciones (Estados Unidos de América)
FCFS	<i>First-come, first-served</i> ; en español, primero en llegar, primero en ser atendido

Término	Definición
GAA	<i>General Authorized Access</i> ; en español, Acceso General Autorizado
GSA	<i>Global mobile Suppliers Association</i> ; en español, Asociación Global de Proveedores Móviles
GSM	<i>Global System for Mobile Communication</i> ; en español, Sistema Global de Comunicaciones Móviles
IA	Inteligencia Artificial
IFT/Instituto	Instituto Federal de Telecomunicaciones
ISED	<i>Innovation, Science and Economic Development</i> ; en español, Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico (Canadá)
IoT	<i>Internet of Things</i> , en español, internet de las cosas
LFTR	Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión
LTE	<i>Long Term Evolution</i> ; en español, Evolución a Largo Plazo
M2M	<i>Machine to Machine</i> ; en español, Máquina a Máquina
MHz	MegaHertz
MIC	Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones de Japón
MTT	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile
NaaS	<i>Network as a Service</i> ; en español, red como servicio
NCL	<i>Non- Competitive local Licensing</i> ; en español, licencias locales no competitivas
NEC	<i>Nippon Electric Company</i>
NS	<i>Network Slicing</i> ; en español, segmentación de red
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
Ofcom	<i>Office of Communications</i> ; en español Oficina de Telecomunicaciones (Reino Unido)
OMV	Operador Móvil Virtual
PAL	<i>Priority Access License</i> ; en español, Licencia de Acceso Prioritario
PIRE	Potencia Isótropa Radiada Equivalente
PLMN	<i>Public Land Mobile Network</i> ; en español, red móvil pública terrestre

Término	Definición
RALI	<i>Radiocommunications Licensing and Assignment Instructions</i> ; en español, instructivo para la concesión de licencias y asignaciones de radiocomunicaciones
RAN	<i>Radio Access Network</i> ; en español, red de acceso por radio
RSPG	<i>Radio Spectrum Policy Group</i> ; en español, Grupo de Política del Espectro Radioeléctrico
SAS	<i>Spectrum Access System</i> ; en español, Sistema de Acceso al Espectro
SLA	<i>Service Level Agreement</i> ; en español, acuerdos de nivel de servicio
SUBTEL	Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile
TDD	<i>Time Division Duplex</i> ; en español, duplexación por división de tiempo
TI	Tecnologías de la Información
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones

2. Introducción

El desarrollo y potencial de nuevas tecnologías móviles, tales como 4G y 5G ofrecen una oportunidad para abordar las necesidades de comunicación y de conectividad de diversas industrias, entre las que destacan, la manufactura, minería, energía eléctrica, térmica, química, automotriz, transporte, seguridad pública, medios y entretenimiento, salud y educación. La conectividad inalámbrica se está convirtiendo cada vez más en una necesidad para los servicios críticos para el negocio en la industria.

A medida que las industrias se digitalizan, su dependencia de la conectividad aumenta y plantea exigencias en materia de disponibilidad y fiabilidad, es por ello que, existen diferentes necesidades en cuanto al tipo de conectividad requerida. Por ejemplo, una fábrica de componentes electrónicos podría necesitar alimentar miles de sensores simples de una manera energéticamente eficiente y, al mismo tiempo, requerir dirección de brazos robóticos de baja latencia y basada en la nube. Una solución de conectividad en este caso deberá atender diversas necesidades de red simultáneamente y satisfacer de manera rentable *casos de uso* y servicios como acceso a internet con propósito general, así como, servicios de voz y de seguimiento y localización. (Ericsson, 2020)

Así las cosas, para muchas industrias en México al igual que en otros países, los acuerdos de nivel de servicio³ (SLA) atenderán y regularán las necesidades de comunicación para garantizar el tiempo de actividad y la calidad de la red. Sin embargo, la industria requiere de *redes altamente confiables*, por lo que busca acceso a espectro radioeléctrico licenciado dedicado con el argumento de que es fundamental para sus operaciones y una parte esencial de su sistema de gestión de riesgos. Por lo anterior, la industria (manufacturera, minera, entre otras) considera que, sin espectro radioeléctrico propio otorgado con licencia local, tendría que exigir a los proveedores externos de servicios y espectro radioeléctrico el cumplimiento de responsabilidades, por ejemplo, jurídicas en el caso de fallas en la red. En tal caso, los operadores de telecomunicaciones tendrían que hacer frente a responsabilidades por la provisión de servicios, que abarquen los tiempos de inactividad, por ejemplo, de la línea de montaje causados por fallas de conectividad en la red, exposición al robo de datos, incluso lesiones personales.

Al respecto, algunas empresas en México y en otros países han solicitado el desarrollo de modelos regulatorios flexibles para poder construir y operar redes privadas móviles, ya que consideran que los modelos actuales no son adecuados para el desarrollo de estas redes. De manera previsible, solicitan que se les garantice certeza jurídica en el largo plazo, que existan mecanismos de protección contra interferencias perjudiciales que no tienen cuando acceden a espectro cuyo servicio está

³ Se refiere a un contrato que define el nivel de servicio que un proveedor se compromete a brindar al cliente.

atribuido a título secundario o que es de uso libre, e incluso solicitan exclusividad en el uso del espectro al menos en una zona o área definida. (CCIFT, 2023)

En este contexto, los principales argumentos que la industria presenta, giran alrededor del esquema legal y regulatorio de acceso y uso del espectro radioeléctrico. Aunque los esquemas regulatorios en esta materia son diversos, la problemática es muy parecida en todo el mundo:

- Las concesiones generalmente son otorgadas a través de un proceso de licitación pública;
- El espectro de uso libre no está sujeto a protección contra interferencias perjudiciales al no haber en la práctica mecanismos que garanticen el cumplimiento de ciertos parámetros técnicos que las impidan;
- La utilización en un esquema de uso secundario pone a los usuarios como segundos en prioridad de uso, y también otorga poca certeza sobre el uso de las frecuencias en el mediano-largo plazo, y
- El arrendamiento de espectro concesionado está supeditado a la suerte del título de concesión de quien lo arrienda, disminuyendo la certeza en cuanto al plazo de utilización. (CCIFT, 2023)

En tal contexto, los reguladores del mundo se han visto en la necesidad de encontrar una forma “fácil y expedita” para crear un marco normativo que permita, por ejemplo, el licenciamiento local para fines industriales, al mismo tiempo que garantiza que dicho espectro será empleado de forma eficiente.

2.1 Marco regulatorio mexicano

En México, actualmente existen tres opciones⁴ para usar, aprovechar y/o explotar bandas del espectro radioeléctrico, a saber:

- a. A través de una concesión en términos de la LFTR;
- b. A través de las bandas de frecuencias de uso libre, y
- c. A través de la autorización de uso secundario.

⁴ También existe la figura de arrendamiento como una forma de usar, aprovechar y/o explotar bandas del espectro radioeléctrico. No obstante, esta figura está condicionada en la LFTR al establecer los supuestos siguientes: a) que el arrendatario cuente con concesión única del mismo uso o que la haya solicitado al Instituto, y b) que el arrendatario se constituya en obligado solidario del concesionario, respecto de las obligaciones derivadas de la concesión de la banda de frecuencia arrendada; lo que en la práctica la vuelve poco atractiva para su uso por los concesionarios.

En el primer caso, inciso a, para el otorgamiento de una concesión para el uso, aprovechamiento o explotación del espectro radioeléctrico para uso comercial o privado⁵, es necesario llevar a cabo un procedimiento de licitación pública, lo que implica el desarrollo de una gestión con plazos administrativos conforme a un calendario, procedimiento que no necesariamente se ajusta a la velocidad con la que se deben implementar las redes privadas móviles. Aunado a lo anterior, el Comité 5G en su propuesta de modificación al Marco Regulatorio de las Concesiones de Uso privado (5G, 2024), señala que:

- El uso y aprovechamiento que se pretende dar a las bandas de frecuencias para redes privadas móviles ***no tiene como finalidad prestar servicios de telecomunicaciones con fines comerciales***, es decir, únicamente pretende satisfacer necesidades específicas de comunicación, o actividades productivas que no están sujetas a las condiciones de competencia, calidad, pluralidad, cobertura universal, interconexión, convergencia, continuidad, entre otras, establecidas en las fracciones II y III del apartado B) del artículo 6o. de la CPEUM;
- Es importante considerar que en la asignación de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, los plazos de las licitaciones resultan ser muy largos, al considerar la programación y administración de las bandas de frecuencias para su correspondiente incorporación y publicación en el programa anual de bandas de frecuencias; la elaboración de la convocatoria y las bases de licitación; la publicación en la página de Internet del Instituto, así como en el DOF, el proceso de presentación de ofertas, el análisis de la documentación, el fallo y, en su caso, la fecha para el otorgamiento del título de concesión. Por lo que, la figura de licitación pública está prevista en la ley para el otorgamiento de bandas de frecuencias de uso comercial y privado (uso determinado), por lo tanto, resulta impráctica y poco conveniente, de acuerdo con el Comité 5G, para atender las solicitudes específicas de uso y aprovechamiento de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para redes móviles privadas, en virtud de no otorgar certeza para su asignación a los requirentes que solicitan el uso específico de dichas bandas, precisamente por la libertad de concurrencia que existe en el procedimiento de licitación, ya que de no resultar ganadores los solicitantes en los procedimientos licitatorios, sólo se provocaría la existencia de un intermediario entre los solicitantes de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico y el Instituto. (5G, 2024)

Particularmente, la licitación pública resulta un procedimiento para conceder el uso, aprovechamiento y explotación de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico. Sin embargo, existe la necesidad de explorar nuevos mecanismos de asignación para la implementación de redes privadas, debido a que el procedimiento de licitación otorga el uso, aprovechamiento y explotación de bandas de frecuencias por regiones o zonas de cobertura, e incluso se establecen compromisos

⁵ Exceptuado los propósitos de experimentación, comprobación de viabilidad técnica y económica de tecnologías en desarrollo, pruebas temporales de equipo o radioaficionados, así como para satisfacer necesidades de comunicación para embajadas o misiones diplomáticas que visiten el país.

de cobertura para los ganadores, lo que no aplica en los de redes privadas, toda vez que el uso de dicho bien del dominio público sólo se requiere en áreas geográficas determinadas, específicas y delimitadas, por lo tanto, no se requiere de un análisis de compromisos de cobertura para tal caso. (5G, 2024) Por lo anterior, el Comité 5G señala que la licitación pública no se considera conveniente para otorgar el uso y aprovechamiento del espectro radioeléctrico para satisfacer las necesidades particulares de las redes privadas; lo anterior toda vez que esta puede implicar plazos extensos, además de no otorgar certidumbre a los solicitantes respecto a la asignación del espectro radioeléctrico y generar compromisos de cobertura para los ganadores, utilizar este mecanismo podría imposibilitar el *uso oportuno y eficiente del espectro radioeléctrico* por no atender las necesidades requeridas. (5G, 2024)

En el segundo caso, inciso b, las bandas de espectro libre no requieren de la autorización del regulador para emplearlas, por lo que los usuarios de dicha banda no son exclusivos, lo que genera un escenario de incertidumbre y de poca viabilidad para aplicaciones de uso industrial altamente confiable.

El tercer caso, inciso c, el Instituto emitió en el 2018 los Lineamientos para el otorgamiento de la constancia de autorización para el uso y aprovechamiento de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para uso secundario (Lineamientos de uso secundario), los cuales fueron modificados en 2020 y 2024. Al respecto, el objetivo de los lineamientos consiste en que, a través de la emisión de constancias de autorización, cualquier persona interesada que no buscara prestar servicios públicos de telecomunicaciones o radiodifusión sonora, pudiera satisfacer necesidades particulares de radiocomunicaciones. (Moreno, 2022)

Al respecto, los Lineamientos de uso secundario prevén dos tipos de autorizaciones de uso secundario, **a)** para eventos específicos y **b)** para las instalaciones destinadas a actividades comerciales o industriales. En ambos casos, los autorizados están condicionados a no causar interferencias perjudiciales a servicios públicos de telecomunicaciones y/o radiodifusión, además de que no pueden reclamar protección contra interferencias perjudiciales causadas por otros concesionarios de uso primario.

En este sentido, si bien es cierto que bajo el régimen de uso secundario del espectro radioeléctrico el Instituto ha permitido a diversas empresas (mayoritariamente de la industria minera) obtener espectro de manera rápida y eficiente, también resulta importante resaltar que el uso secundario del espectro viene aparejado con la limitante de que no se pueden reclamar interferencias perjudiciales, salvo que sean causadas por otro autorizado de uso secundario.

Esta última opción ha sido útil hasta hoy para sectores que operan redes terrestres en zonas de difícil acceso, así como aquellas que operan redes subterráneas como es el sector minero ya que sus condiciones de uso bajo tierra, en sitios aislados y distantes de las poblaciones, les permiten minimizar los riesgos de causar interferencias perjudiciales. Sin embargo, este modelo de uso secundario enfrentará mayores retos en las industrias que deseen operar redes terrestres en

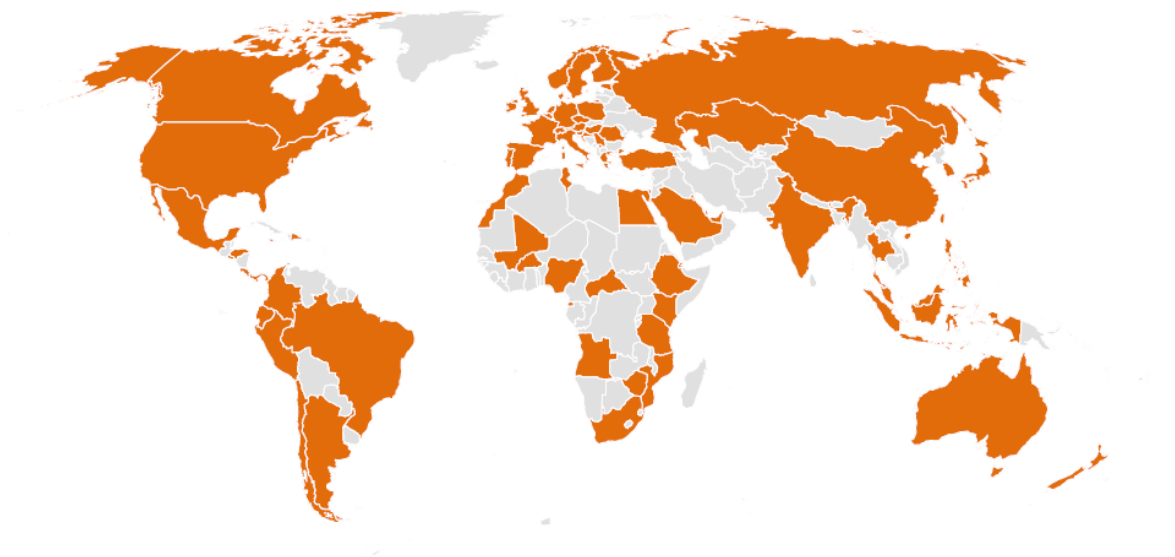
ambientes urbanos y suburbanos donde la probabilidad de interferencias perjudiciales entre concesionarios de uso primario con autorizaciones de uso secundario haría poco factible la implementación de redes privadas.

3. Las redes privadas 4G y 5G para usos industriales en números

Algunos países iniciaron su evolución por el 5G de forma determinante hace algunos años. Como es el caso de Alemania, en 2019, la industria de automóviles (Volkswagen, Daimler y BMW) solicitó al regulador de telecomunicaciones -*Bundesnetzagentur*- licencia de espectro para atender la producción de sus plantas. De la misma forma lo realizaron empresas como Siemens o Bosch. (Anon., 2024) En consecuencia, ese mismo año la autoridad reguladora alemana reservó un espectro de 100 MHz en la banda contigua de 3.7 a 3.8 GHz para las compañías que quisieran operar redes privadas 5G dentro del perímetro de sus instalaciones industriales. (Anon., 2020)

Esta situación supuso una auténtica revolución en la industria de telecomunicaciones a nivel mundial. En febrero de 2024, la GSA presentó un informe en el que refiere que ha identificado 77 países y territorios en los que se han desplegado redes privadas basadas en tecnologías LTE o 5G.

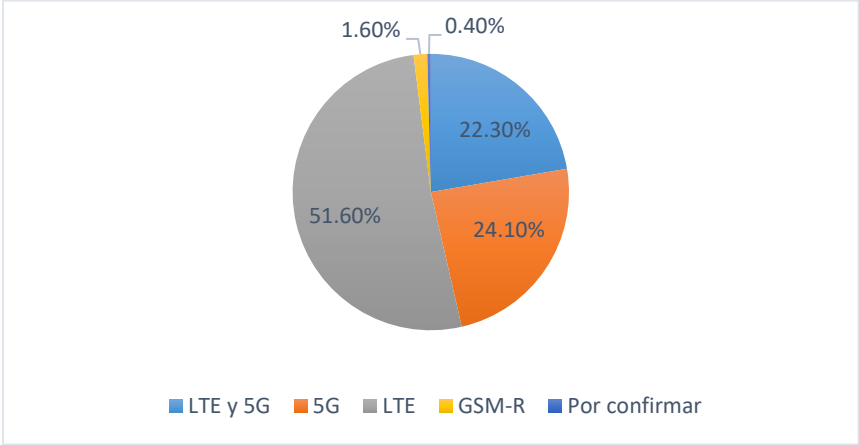
Ilustración 1. Países y territorios con despliegues de redes móviles privadas



Fuente: (GSA, 2024a)

En enero de 2024, GSA había identificado a **1384 entidades/empresas** desplegando redes móviles privadas en todo el mundo, de las cuales **1022** implementan **LTE**, mientras que **643** implementan **5G**. (GSA, 2024a)

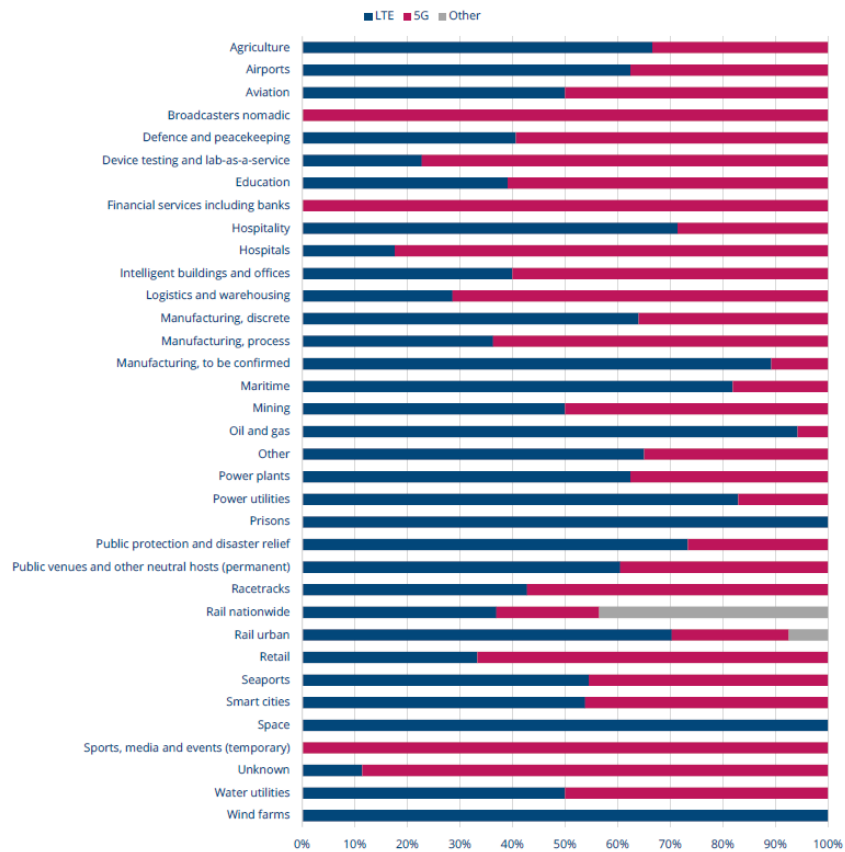
Ilustración 2. Tecnologías de las redes móviles privadas



Fuente: elaboración propia con información de (GSA, 2024a)

De acuerdo con información de GSA, algunas industrias, como los hospitales y la banca favorecen el despliegue de 5G, mientras que la tecnología LTE es la que predomina en sectores de minería, gas y petróleo, por su parte la tecnología GSM-R es la más empleada en la industria ferroviaria, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

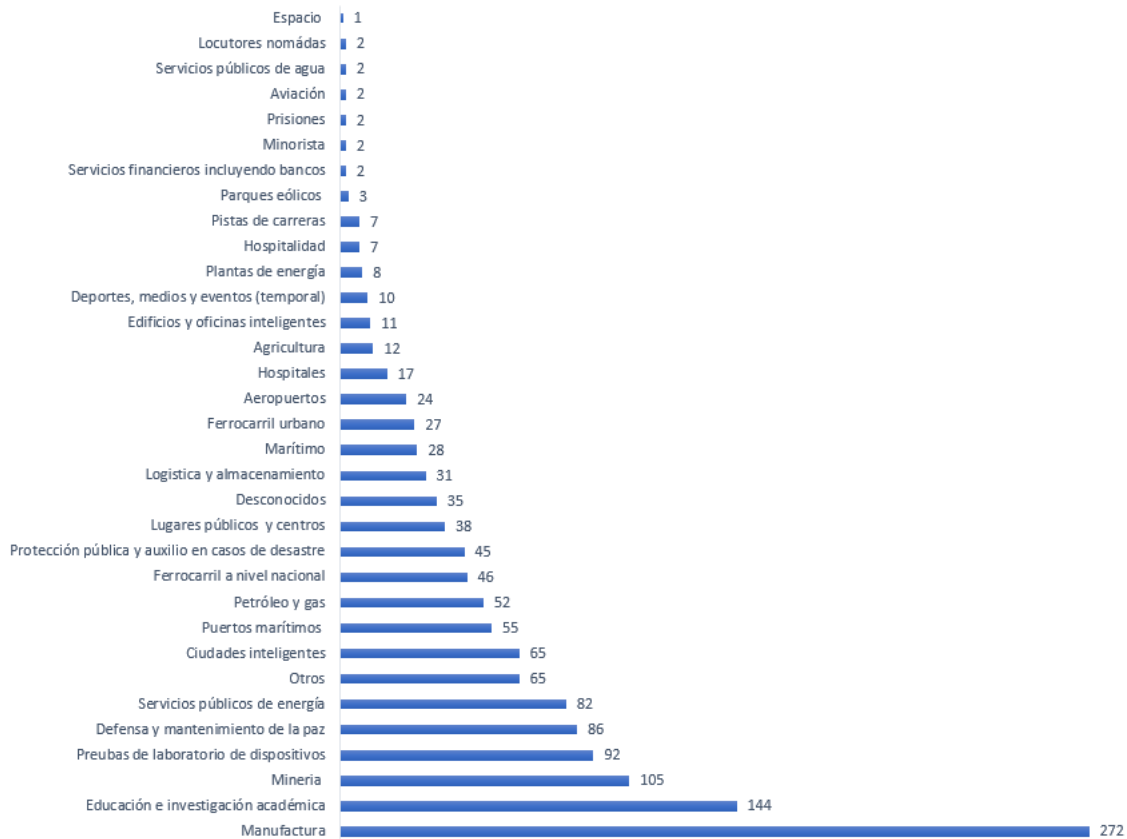
Ilustración 3. Tecnologías de las redes móviles privadas por industria



Fuente: (GSA, 2024a)

Adicionalmente, la GSA ha identificado que el sector con mayor adopción de redes privadas móviles es el de la manufactura, seguido por el sector educativo y la minería, tal como se aprecia en la siguiente ilustración.

Ilustración 4. Número de entidades identificadas que están desplegando redes móviles privadas para pruebas de concepto o para su uso, por industria⁶



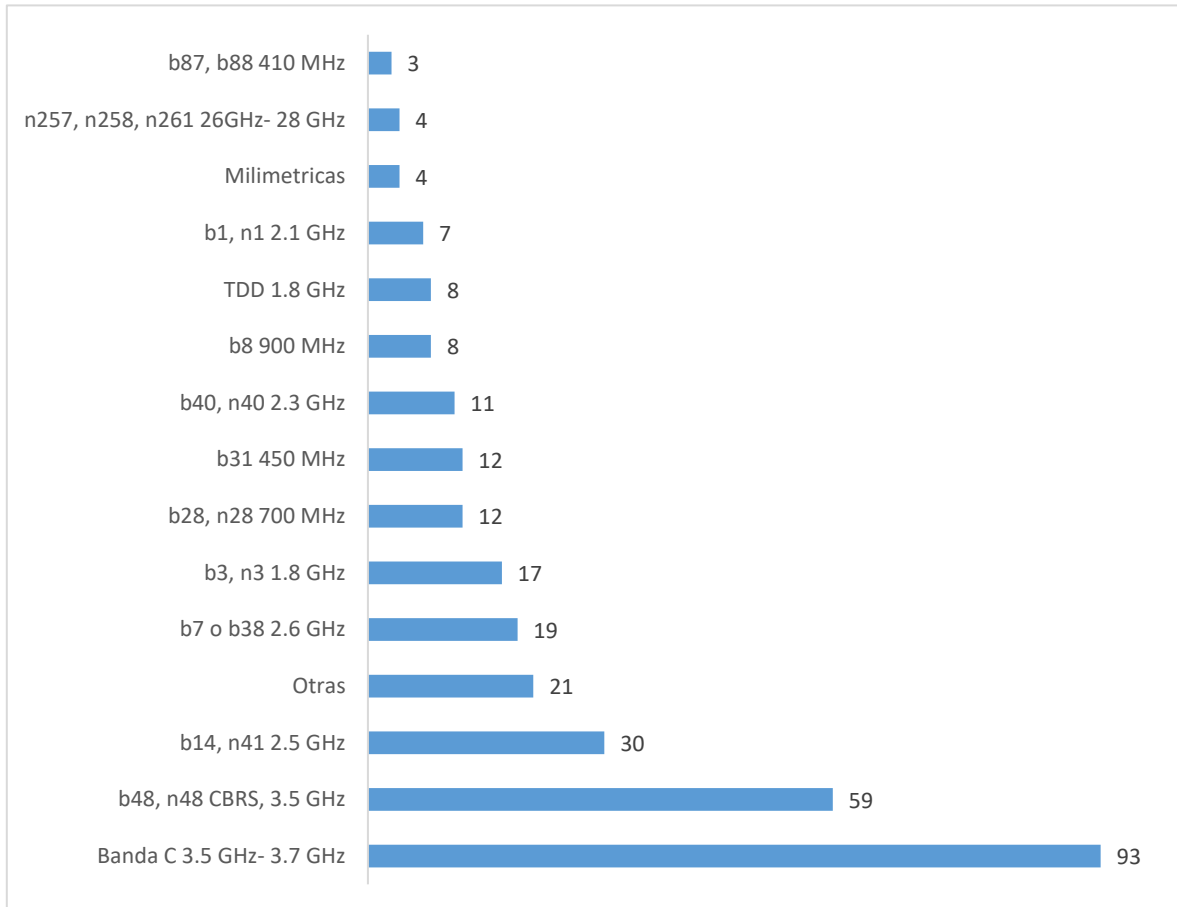
Fuente: elaboración propia con información de (GSA, 2024a)

En línea con lo anterior, la GSA también realiza un seguimiento de las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico empleadas para los desarrollos de redes privadas locales, siendo la banda C⁷ la más usada. De acuerdo con la GSA, los reguladores de telecomunicaciones están buscando hacer mayores asignaciones de espectro para redes móviles privadas (generalmente pequeños tramos en ubicaciones específicas). Dicho espectro podría ser adquirido por las empresas en lugar de los operadores móviles, dando a la industria una alternativa de modelo de implementación. (GSA, 2024a)

⁶ De una base de 1384 organizaciones implementando redes inalámbricas privadas con ganancias por arriba de 100,000 Euros.

⁷ Banda del espectro radioeléctrico que va de 4 a 8 GHz.

Ilustración 5. Bandas de espectro radioeléctrico⁸ usadas para redes móviles privadas por número de agentes económicos



Fuente: elaboración propia con información de (GSA, 2024a)

3.1 Industrias que han solicitado espectro radioeléctrico para redes privadas móviles a nivel internacional

Redes 5G privadas en la fabricación – Mercedes-Benz

La fabricación es uno de los sectores en los que las redes privadas 5G están ganando terreno, ya que muchas empresas buscan construir sus propias redes para llevar el concepto de Industria 4.0 al siguiente nivel. Mercedes-Benz es uno de los grandes fabricantes de automóviles que busca operar su propia red y, de hecho, ha estado trabajando con la empresa de telecomunicaciones alemana

⁸ Algunas de las bandas usadas para redes móviles privadas podrían no estar disponibles para México, derivado de los diferentes usos y acciones de planeación del espectro radioeléctrico del IFT.

Telefónica/O2 para integrar una red privada 5G como parte de una misión mayor para continuar promoviendo la transformación digital dentro de sus operaciones.

La compañía ya ha comenzado a instalar redes 5G privadas en sus instalaciones de fabricación en Alemania y afirmó que su red en la "Fábrica 56" en *Sindelfingen* fue la primera red 5G privada del mundo diseñada específicamente para ayudar a la fabricación de automóviles y cubre más de 20,000 metros cuadrados. Mercedes-Benz operará esta red por sí misma y ayudará a optimizar la conexión de datos a través de varias máquinas conectadas y a realizar un seguimiento de los productos de la línea de montaje en tiempo real. La compañía ha citado varias razones que llevaron a su decisión de implementar una red privada: la necesidad de una mayor agilidad y tiempos de respuesta más cortos en el proceso de fabricación, y la protección de datos, ya que debido a que los datos se almacenan internamente, ya no es necesario compartir datos confidenciales con terceros. (NEC, 2024)

Redes 5G privadas en el sector sanitario – *Rush Medical Center*

Una de las áreas de más rápido crecimiento para las redes privadas es el espacio de la atención médica, particularmente porque la pandemia de COVID-19 ejerció una presión increíble sobre la infraestructura médica de muchos países. El repentino aumento de la demanda de servicios médicos generó una demanda de conectividad y esta a su vez jugó un papel crucial tanto en la construcción de nuevas instalaciones sanitarias como en el mantenimiento continuo de las existentes, lo que ha llevado a algunos hospitales a optar por desplegar redes privadas.

Un ejemplo de una red privada utilizada por un hospital incluso antes de la pandemia de COVID-19 se puede encontrar en el Centro Médico Rush de Chicago, Estados Unidos. En 2019, la instalación comenzó a desplegar una red inalámbrica privada que ha ido incorporando poco a poco la tecnología 5G, para eliminar la necesidad de cables físicos en sus edificios, que son muy costosos de reemplazar. La red 5G del Rush Medical Center también destaca, ya que incorpora aspectos de una red 5G pública y privada. Esto es, una parte del tráfico se asigna a dar servicio al público en general, pero también hay una asignación dedicada a los socorristas y al personal médico, por lo tanto, se puede garantizar la calidad de sus conexiones móviles. (RCRWirelessNews, 2024)

Redes 5G privadas en instalaciones inteligentes – *Groupe ADP*

Las redes 5G privadas pueden ayudar a las instalaciones a ser "más inteligentes" al ofrecer una conectividad móvil significativamente mejor que puede servir como motor para impulsar la transformación digital y, por lo tanto, existe un gran interés en implementar estas redes en lugares como aeropuertos, estadios y edificios de oficinas. Al hacerlo, estos lugares pueden actualizar rápidamente la conectividad, especialmente en interiores, donde es mucho más difícil lograr señales móviles de alta calidad, y luego se puede implementar un nuevo conjunto de soluciones de TIC avanzadas de una manera mucho más rápida y segura. La actualización de 4G a 5G también permite que estas instalaciones inteligentes pasen a servicios más intensivos en ancho de banda y baja latencia, como transmisiones de video de alta definición y monitoreo de análisis en tiempo real.

Los aeropuertos son uno de esos sectores, y recientemente Groupe ADP y su filial Hub One anunciaron que construirán una red 5G privada que cubrirá los tres aeropuertos del área metropolitana de París: los aeropuertos de París-Charles de Gaulle, París-Orly y París-Le Bourget en cooperación con Air France. Esta red proporcionará conectividad de alta calidad a los más de 120,000 empleados que trabajan en estas instalaciones a diario y se utilizará para comunicaciones de voz, datos y video, servicios de emergencia y servicios más avanzados, como el seguimiento de equipajes, y ayudará al objetivo DX a largo plazo de Air France de tener todos sus dispositivos de comunicación conectados a esta red. (ADP, 2024)

Redes 5G privadas en logística – Puerto de Amberes

El sector logístico es otro segmento que tiene un gran potencial para las redes privadas 5G, ya que lugares como almacenes, centros de distribución y puertos tienen un flujo constante de entrada y salida de mercancías que deben ser rastreadas y cuentan con una gama muy diversa de dispositivos conectados que van desde paquetes, contenedores marítimos, cámaras conectadas y maquinaria pesada, entre otros. El crecimiento del comercio electrónico ha llevado a aumentar los esfuerzos para automatizar muchas funciones logísticas con robots que también tienen altos requisitos de conectividad. Por lo tanto, las redes privadas 5G pueden ofrecer importantes beneficios a las instalaciones logísticas que buscan acelerar sus planes de transformación digital.

Por lo tanto, los puertos son uno de los primeros en moverse en el espacio de la red 5G privada y, por ejemplo, el puerto de Amberes, Bélgica, ha comenzado a crear su propia red 5G privada. La compañía que opera la administración portuaria está desplegando una red 5G que cubrirá toda el área del puerto y se utilizará para aplicaciones como la automatización, logística, seguridad y protección. Curiosamente, el puerto se está asociando con otros organismos gubernamentales, como la policía local y las autoridades de extinción de incendios, que utilizan la misma red con tecnología 5G (*network slicing*) para desarrollar soluciones de seguridad pública, como drones y monitoreo de cámaras de seguridad de alta definición. (Management, 2024)

Redes 5G privadas en el transporte – Centro de pruebas de movilidad de NEC

La industria del transporte global es otra área en la que las redes privadas 5G desempeñarán un papel importante, especialmente cuando se trata de vehículos autónomos. Para que un mundo verdaderamente sin conductor llegue a concretarse, las tecnologías como la computación perimetral, la IA y las comunicaciones "Vehicle to X"⁹ deberán operar con poco o ningún margen de error. Pueden pasar muchos años antes de que las redes 5G sean lo suficientemente robustas como para permitir que los vehículos operen de manera autónoma, y las redes 5G privadas contribuir a esa función. De hecho, ya existen redes privadas 5G que están gestionando vehículos autónomos a nivel local en lugares como fábricas e instalaciones portuarias.

⁹ Entendido como una tecnología de comunicación inalámbrica entre un vehículo y cualquier entidad que pueda afectar, o pueda ser afectada por el vehículo.

En noviembre de 2020, NEC presentó su nuevo centro de pruebas de movilidad en la ciudad de Gotemba, Japón, que utiliza una red privada 5G, esta demuestra el potencial que tiene 5G en la industria del transporte. El sitio tiene muchos dispositivos conectados a 5G, incluidos semáforos y cruces de peatones, terminales de borde¹⁰, unidades de carretera C-V2X¹¹, y cámaras IoT basadas en el borde y dispositivos de procesamiento de IA. Mediante el uso de una red 5G privada, NEC es capaz de operar todos estos dispositivos conectados con altos niveles de precisión en un entorno controlado y podrá continuar con sus esfuerzos de investigación y desarrollo mientras trabaja para llevar estas soluciones al mercado. (Anon., 2024)

4. Experiencia internacional y mejores prácticas sobre los mecanismos de asignación de espectro radioeléctrico para redes privadas inalámbricas

Algunos gobiernos de todo el mundo han comenzado a designar espectro para la construcción de redes privadas locales 5G; estas asignaciones se muestran en la tabla 1. Ahora bien, en la mayoría de los casos el espectro radioeléctrico asignado para redes privadas móviles se ha concesionado a través de **licencias locales de espectro**, que suelen concederse por períodos de tiempo relativamente cortos (por ejemplo, cinco años) y por orden de llegada. De acuerdo con la investigación realizada para la integración de este reporte, Australia, Alemania, Japón, Reino Unido y Estados Unidos se encuentran entre los países que han decidido otorgar licencias de espectro de uso flexible a nivel local para satisfacer la creciente demanda de espectro para redes móviles privadas, tal como se muestra en la tabla 2.

¹⁰ Los dispositivos de borde pueden incluir enrutadores, firewalls y otros dispositivos de redes de área amplia pero también están surgiendo dispositivos más inteligentes (como sensores, actuadores y *gateways* IoT con procesamiento integrado, que incluye IA y capacidades analíticas). Estos dispositivos pueden implementarse dentro de tu infraestructura de TI, por ejemplo, infraestructura de red en una sucursal, tienda minorista o planta de producción. (empresas, 2024)

¹¹ Un elemento clave para el desarrollo del concepto de movilidad inteligente son las comunicaciones de vehículo a vehículo (V2V) y de vehículo a infraestructura (V2I), denominadas globalmente vehículo a todo (V2X), estando basadas en tecnologías inalámbricas destinadas a permitir el intercambio de información entre los vehículos y su entorno. (Abellón, 2024)

Tabla 1. Países que han empezado a designar espectro radioeléctrico para redes privadas según banda de frecuencia

	2.3 GHz	3.4-3.8 GHz	3.8 -4.2 GHz	26 GHz	Otras bandas
Esquema de licenciamiento disponible	Finlandia Eslovenia España Reino Unido	Dinamarca Alemania Países Bajos Eslovenia Suecia Suiza	Bélgica Dinamarca Francia Polonia Reino Unido	Dinamarca Finlandia Francia Alemania España Suecia Reino Unido	1800 MHz: Reino Unido 2.6 GHz: Francia
Esquema de licenciamiento propuesto			Finlandia	Austria Países Bajos	40 GHz: Reino Unido

Fuente: elaboración propia con corte al mes de mayo de 2024 con información de (Kronegger, 2024)

Tabla 2. Mecanismos de licenciamiento para redes privadas móviles

País	Espectro asignado para redes locales 5G	Mecanismos de atención de solicitudes de licenciamiento	¿Licencias locales o regionales?
Alemania	3.7-3.8 GHz 24.25-27.5 GHz	Por orden de llegada	Local
Austria	24.3-24.9 GHz (propuesto)	Por orden de llegada	Local
Bélgica	3800-3840 MHz y 3880-3960 MHz (para un total de 120 MHz)	Por orden de llegada	Local

Dinamarca	3400—3410 MHz 24.25-25.1 GHz	Por orden de llegada	Local
Eslovenia	2300-2320 y 2390- 2400 MHz (propuesto) 3400-3420 MHz (propuesta)	Subasta	Local
España	2.37-2.39 GHz 24.24-24.70 GHz	Sin definición, existen modificaciones legales, sin que sea claro el mecanismo o procedimiento de asignación	Sin definición
Finlandia	Asignado: 2300-2320 MHz 24.25-25.1 GHz Previsto: 3.8-4.2 GHz	Por orden de llegada	Local
Francia	2575-2615 MHz 3.8-4.0 GHz (licencias de prueba) 26.5-27.5 GHz (licencias de prueba)	Por orden de llegada	Regional
Países Bajos	1780-1785 / 1875-1880 MHz	Por orden de llegada	Local

	3400-3450 y 3750-3800 MHz 26 GHz (banda)		
Polonia	3.8-4.2 GHz	Por orden de llegada	Local
Reino Unido	1781-1785 / 1876.7-1880 MHz 2390-2400 MHz 3.8-4.2 GHz 26 GHz (disponibilidad planeada para 2024) 40 GHz (disponibilidad planeada para 2028)	Por orden de llegada	Local
Suecia	1780-1785 / 1875-1880 MHz 3720-3800 MHz 24.25-25.1 GHz	Por orden de llegada	Local
Suiza	3.4-3.5 GHz	Por orden de llegada	Local

Fuente: elaboración propia con corte al mes de mayo de 2024 con información de (Herrera, 2024)

En general, la forma de licenciamiento de bandas de espectro radioeléctrico para redes privadas inalámbricas se otorga de forma local (compartición del espectro) y cada solicitud se atiende en el orden de llegada (*first come, first served*). No obstante, a continuación, se presentan algunos casos de la experiencia internacional que se consideran relevantes.

4.2 Iniciativa CBRS (*Citizens Broadband Radio Service*) de la FCC Estados Unidos de América

La iniciativa CBRS de la FCC es un marco para la compartición de espectro para hacer uso de 150 MHz en la banda de 3.5 GHz¹² (3.550-3.700 GHz) para diversos servicios de comunicaciones inalámbricas. Aunque las discusiones iniciales se dieron desde 2012, no fue sino hasta 2017 que fueron publicadas las primeras reglas. La última modificación fue realizada en 2022.

De acuerdo con la FCC, la iniciativa CBRS tiene como objetivo promover la eficiencia del espectro, fomentar la innovación y ampliar el acceso a la banda ancha en los Estados Unidos, toda vez que permite que varios proveedores de servicios inalámbricos, empresas y organizaciones utilicen la banda de 3.5 GHz para una variedad de aplicaciones, incluidos datos móviles, IoT, banda ancha inalámbrica fija y más. Para el uso de ese espectro, se estableció un marco con tres niveles de licenciatarios— *usuarios actuales* (sistemas de radar del gobierno y operaciones satelitales), *licenciatarios con acceso prioritario* (PAL) y *acceso autorizado general* (GAA) – para permitir el acceso de nuevos usuarios protegiendo a los usuarios que ya ocupaban la banda. La asignación en cada momento se hace a través de un sistema de coordinación automático de frecuencias (AFC) llamado SAS, siguiendo la priorización de los 3 niveles de licenciatarios. ***Los usuarios de la banda pagan por este servicio.***

En este contexto, la iniciativa tiene su parte más innovadora en la asignación de las licencias PAL. Cada licencia PAL consta de 10 MHz en la sub-banda de 3.55 a 3.65 GHz para cada área geoestadística básica, pudiendo asignar en cada área un máximo de 7 licencias, restringiendo a un máximo de 4 para un mismo postor. Originalmente se consideró que serían licencias con una vigencia de 3 años, pero ésta fue extendida a 10 años. En la subasta 105 (FCC *Auction 105*) llevada a cabo del 23 de julio al 25 de agosto de 2020, en 76 rondas, se presentaron 271 postores, 228 de los cuales obtuvieron al menos una licencia. Fueron asignadas 20,625 licencias de un total de 22,631 puestas a disposición. Fueron recaudados 4,545 millones de dólares. (CCIFT, 2023)

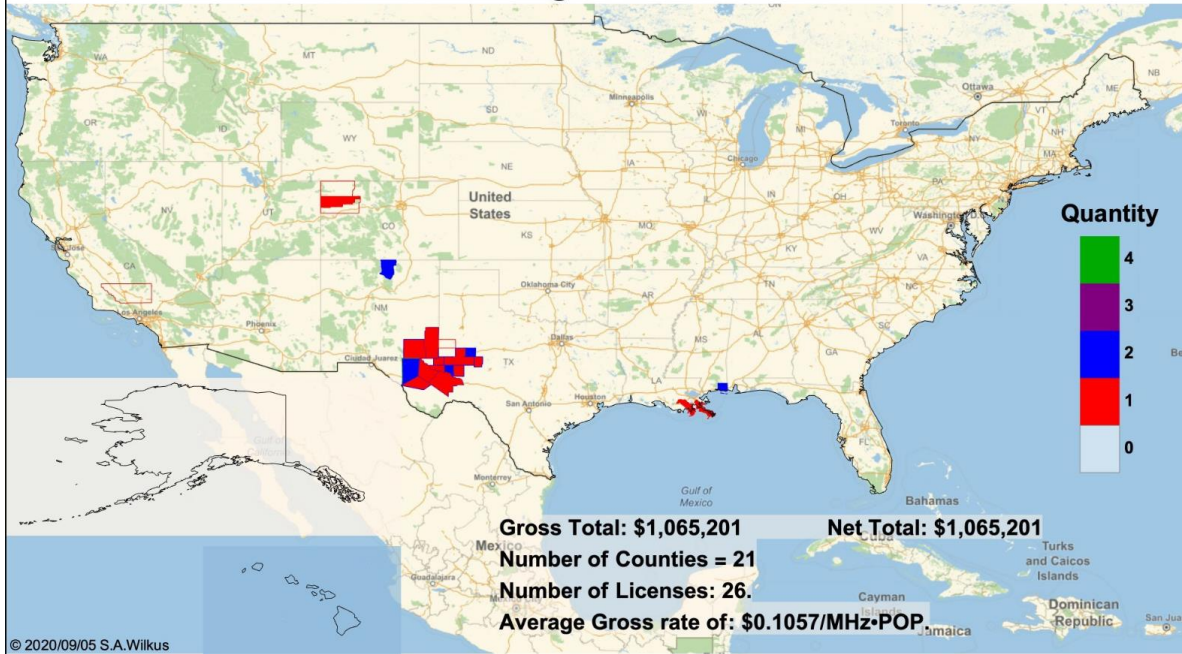
En el resultado de la subasta 105, se destaca que los principales ganadores fueron empresas de telecomunicaciones; de los 20 mayores ganadores, 16 son empresas de servicios móviles y servicios por cable. No obstante, la asignación de cerca de 500 licencias del tipo PAL se dio a otras entidades pertenecientes a ramos diferentes a las telecomunicaciones que previsiblemente emplearían este espectro para implementar redes privadas móviles, algunos ejemplos son:

- Empresas petroleras y químicas: **Chevron** obtuvo 26 licencias con un costo de 1,065,201 USD.

¹² Banda también conocida como n48, designada para el estándar 5G NR.

Ilustración 6. Licencias tipo PAL Chevron

Auction 105 Winnings for Chevron U.S.A. Inc.



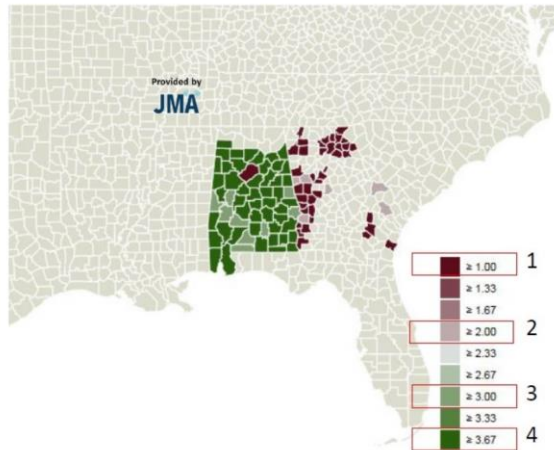
Fuente: (Dano, 2020)

— Empresas eléctricas: Una empresa eléctrica, **Alabama Power** obtuvo 271 licencias PAL en 103 condados por 18,878,278 USD

Ilustración 7. Alabama Power licencias PAL

Alabama Power

	Alabama Power		National Total
Counties	103	3.2%	3214
Population	6,236,350	2.0%	312,800,000
Sq Miles	60,040	1.7%	3,536,372
Pop Density	103.87	117.4%	88.45
PALs	271	1.3%	20,625
Avg PAL/Cnty	2.63	65.8%	4
Spend (\$M)	\$ 19	0.4%	\$ 4,585



Fuente: (Dano, 2020)

- Empresas de maquinaria para agricultura: John Deere & Company gastó 545,999 USD por 5 licencias en 5 condados

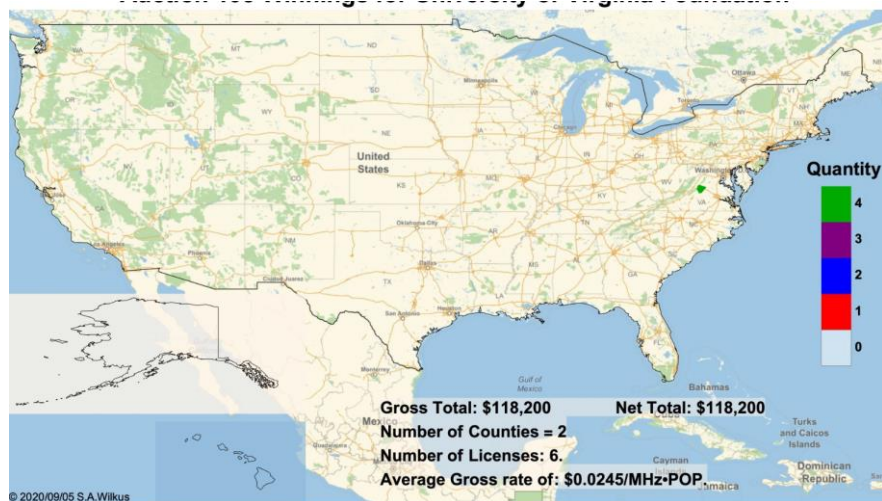
Ilustración 8. Deere & Company 5 licencias



Fuente: (Dano, 2020)

- Instituciones educativas: La Universidad de Virginia gastó 118,200 USD por 6 licencias para dos condados

Ilustración 9. Universidad de Virginia obtuvo 6 licencias PAL



Fuente: (Dano, 2020)

4.3 Canadá

Canadá ha reconocido la importancia de las redes privadas y la necesidad de poner espectro a disposición de potenciales usuarios. El departamento de Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico de Canadá (ISED o ISDE), parte del Ministerio de Innovación, Ciencia e Industria, sometió en 2022 a consulta pública¹³ un proceso de asignación de 80 MHz de espectro en la banda de 3,900-3,980 MHz y bandas milimétricas (26 GHz, 28 GHz y 38 GHz) con el objetivo de facilitar el acceso de manera flexible a este recurso escaso a un amplio grupo de potenciales usuarios, entre los cuales se encuentran empresas de telecomunicaciones y pequeños proveedores (p.ej., WISP), así como para negocios e industrias verticales, tales como agricultura, minería, manufactura, servicios de salud, seguridad pública y transporte. (CCIFT, 2023)

El gobierno de Canadá sometió a consulta pública un proceso de licenciamiento local no competitivo (NCL) para el cual delineó tres opciones, a saber:

1. **Todos servidos (ACAS – *all-come all-served*):** Es un método de compartición de espectro en el que ningún operador tiene prioridad sobre el resto; no existe restricción para obtener licencias en diferentes áreas geográficas. Se reconoce la importancia de la interferencia, sin que para ello se dé una solución. Sus ventajas serían la baja carga administrativa para ISED y los operadores, la reducción de las barreras de entrada y la maximización del número de operadores que pueden utilizar el espectro. Sus desventajas son la posibilidad de interferencia y el congestionamiento, lo que impacta la calidad de servicio.
2. **Primero en llegar, primero en ser atendido (FCFS – *first-come first-served*):** Es un modelo de licenciamiento para permitir la compartición de espectro que sería gestionado por ISED. Como ventajas tiene que habría un nivel preespecificado de protección de interferencias y mitigaría el posible congestionamiento e interferencia que pueden ocurrir con ACAS. Daría, además, cierto grado de certidumbre para la planeación de inversiones. Como desventaja, se destaca que disminuiría el número de operadores que podrían obtenerse con ACAS, además de que implicaría una carga administrativa mayor tanto para ISED como para los operadores, aunque potencialmente podría reducirse automatizando algunos de los procesos asociados al licenciamiento.
3. **Acceso espectral dinámico (DSA – *dynamic spectrum access*):** Es un sistema de compartición de espectro que soporta un uso intensivo del espectro, asignando frecuencias basado en disponibilidad y necesidad inmediata. El espectro es asignado por la duración deseada de uso, quedando disponible para otros usuarios una vez que ha sido dejado de usar. Sus ventajas con respecto al modelo FCFS están en la versatilidad y eficiencia en el uso del espectro, la disminución de barreras de entrada, la reducción en la carga administrativa y la

¹³ “Consultation on a Non-Competitive Local Licensing Framework, Including Spectrum in the 3900-3980 MHz Band and Portions of the 26, 28 and 38 GHz Bands”

posibilidad de que los operadores paguen por el uso del espectro sólo cuando realmente lo están utilizando. (CCIFT, 2023)

Como resultado de la consulta, ISED decidió utilizar un sistema de FCFS. Adicionalmente, dado que reconoce que el espectro tendrá al menos tres tipos de potenciales interesados (nueva capacidad para sistemas inalámbricos fijos en áreas rurales y remotas, redes privadas de banda ancha en complejos empresariales tales como campus universitarios, estadios, centros comerciales y edificios de oficinas, así como redes privadas para servir de soporte a usos industriales tales como agricultura, manufactura y minería), decidió definir las áreas de licenciamiento de manera flexible, utilizando un sistema basado en vectores (*custom vector-based license areas*), de tal manera que las áreas de licenciamiento tendrían una frontera definida por el usuario y no estaría predeterminadas por ISED. Los precios fueron fijados en términos de área cubierta y tipo de área (área urbana: C\$1.80/MHz/km²; rural: C\$0.45/MHz/km²; remota: C\$0.01/MHz/km²). (CCIFT, 2023)

4.4 Autoridad Regulatoria de Comunicaciones (CRA) del Estado de Qatar

El 26 de noviembre de 2023, el Presidente de la Autoridad Regulatoria de Comunicaciones de Qatar (CRA) aprobó la emisión del documento denominado *Policy statement on Private Mobile Networks Using 5G Technology*, en dicho documento se establecen las políticas para que las industrias interesadas en adquirir espectro radioeléctrico para operar redes privadas 5G puedan acceder a dicho recurso (Qatar, 2023).

Las principales políticas se describen a continuación:

- La CRA alienta a las industrias a usar las redes 5G y servicios de los operadores móviles públicos en Qatar;
- Si una empresa desea establecer y operar su servicio móvil privado 5G (en el marco de la licencia para poseer y/u operar una red privada de telecomunicaciones) dentro de un grupo cerrado de usuarios) y solicita a la CRA una licencia de espectro para estar en condiciones de llevarlo a cabo, la CRA está dispuesta a examinar tales casos excepcionales, siempre que la solicitud de licencia cumpla, al menos, con lo siguiente:
 - i. Prueba de que la empresa seriamente ha intentado adquirir la red/servicios de un operador público móvil en Qatar. Esto puede incluir, documento de petición de la empresa para adquirir las redes 5G deseadas del operador móvil;
 - ii. Pruebas sólidas de que los operadores móviles no pueden cumplir con los requisitos razonables de la empresa. Esto puede incluir, por ejemplo, las propuestas de los operadores móviles, actas oficiales de las reuniones entre la empresa y el operador móvil, entre otros;
 - iii. Los precios que ofrece el operador móvil a la empresa, en comparación con las regiones e índices de referencia internacionales;
 - iv. El alcance geográfico y ubicaciones de la red prevista;

- v. El alcance de los servicios previstos (casos de uso);
 - vi. La banda de espectro deseada, y
 - vii. El ancho de banda del espectro con la respectiva justificación.
- La CRA evaluará la solicitud de licencia de espectro de la empresa y tomará la decisión apropiada (es decir, aprobar, rechazar o solicitar más información/documentación).
 - La CRA también tendrá en cuenta el interés público y nacional al momento de decidir si se otorga la licencia de espectro a una empresa para establecer y operar su propia red privada 5G.

En tal sentido, la CRA privilegia que las empresas que buscan implementar redes privadas móviles adquieran los servicios de los operadores móviles públicos y sólo en el caso de que dicho operador no se ajuste a las necesidades de la empresa, la CRA valorará el otorgamiento de una licencia local.

4.5 Reino Unido

Licenciamiento de acceso a espectro compartido

A mediados del 2019, Ofcom emitió un pronunciamiento respecto de la necesidad de permitir la innovación inalámbrica a través de un esquema de licenciamientos locales. En este sentido, Ofcom reconoce que existe un interés creciente en el uso de tecnologías móviles, particularmente 5G, para desarrollar soluciones de conectividad local y para hacer frente a dichas necesidades, señaló la introducción de un nuevo modelo de licenciamiento para acceder a bandas del espectro radioeléctrico. (Ofcom, 2024)

En tal contexto, Ofcom puso a disposición el espectro compartido de 1.8 GHz, 2.3 GHz, 24.25 -26.5 GHz, y 3.8-4.2 GHz para nuevos usuarios. La gestión del acceso a dichas bandas se realiza por ubicación, y por orden de llegada.

Los dos nuevos tipos de licenciamiento establecidos por Ofcom para atender las necesidades de espectro radioeléctrico para redes locales 5G son:

- a) **Licencia de acceso a espectro compartido**, que da acceso a cuatro bandas del espectro que soportan tecnologías móviles, y
- b) **Licencia de acceso local**, que proporciona una opción para que otros usuarios accedan al espectro que ya ha sido licenciado para los operadores de redes móviles del Reino Unido en ubicaciones en las que los operadores no están usando dicho espectro.

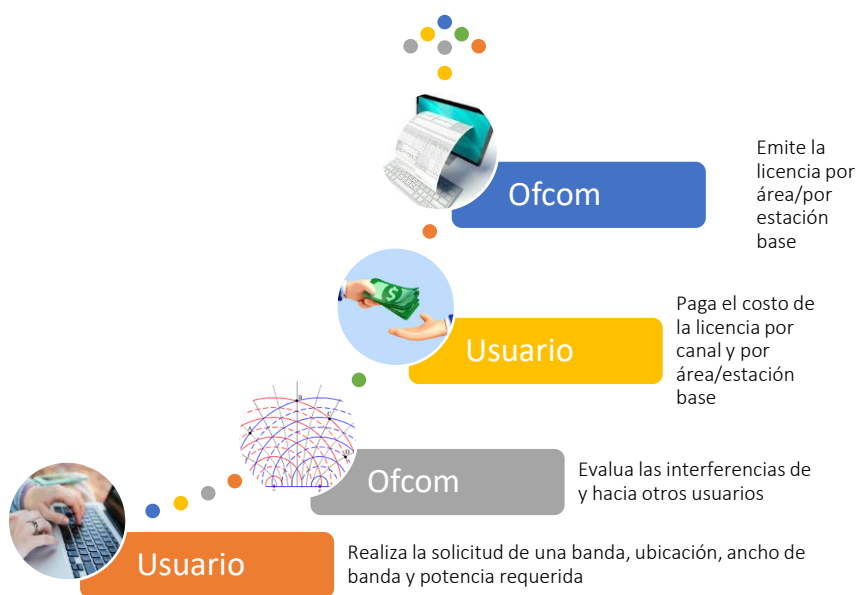
Licencia de acceso a espectro compartido

Existen 4 bandas de espectro diferente disponibles para el uso bajo una licencia de acceso compartido, a saber:

1. 1781.7-1785 MHz aparejados con 1876.7-1880 MHz (banda de 1800 MHz) En el Reino Unido esta porción de la banda de 1800 MHz no ha sido licenciada para la red nacional de servicios móviles. Hay un total de 2 canales de 3.3 MHz en la banda;
2. 2390-2400 MHz con 10 MHz disponibles en la banda;
3. 3.8-4.2 GHz, con 390 MHz disponibles en la banda, y
4. 24.25-26.5 GHz disponible para licencias (interiores de baja potencia).

El proceso para acceder a una licencia de acceso compartido a alguna de las bandas antes mencionadas es el siguiente:

Ilustración 10. Proceso de aplicación para obtener una licencia de acceso compartido



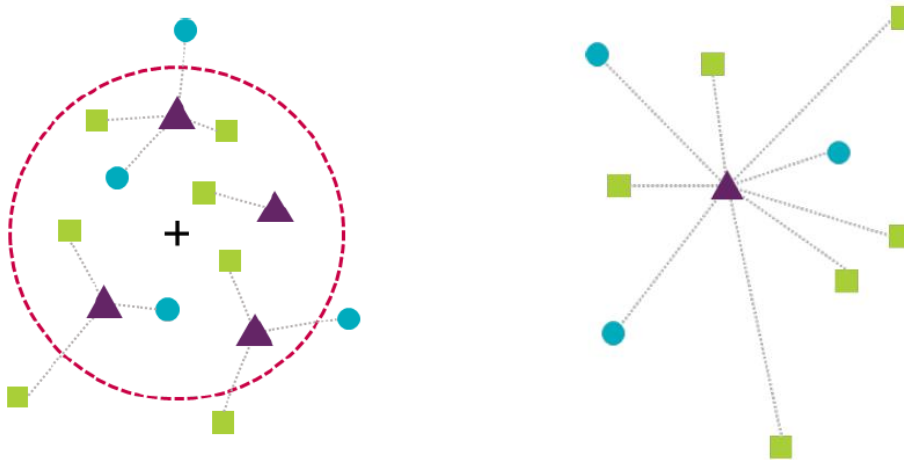
Fuente: elaboración propia con información de (Ofcom, 2022a) Imágenes de internet.

Ahora bien, existen dos formas de licenciamiento de espectro compartido para las bandas de frecuencias antes mencionadas:

- a) **Licenciamiento de baja potencia** (licencia por área): permite a los usuarios desplegar el número de estaciones base en una zona circular con un radio de 50 metros. En el caso de sitios grandes, se pueden solicitar varias áreas de licencia para lograr el área de cobertura requerida. Este tipo de licencia podría ser adecuado para usuarios industriales y empresariales que buscan implementar sus propias redes privadas. Esto podría ser para admitir aplicaciones de voz y texto u otras aplicaciones de datos inalámbricos en sus sitios; también podría utilizarse para planes de extensión de cobertura móvil en interiores, por ejemplo, a través de un modelo de *host neutral*. (Ofcom, 2022a)

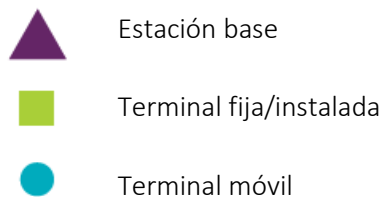
b) **Licencia de potencia media** (licencia por estación base); dada la mayor potencia de transmisión y mayor área de interferencia potencial, esta licencia se expide por estación base y, en general, para los despliegues únicamente en zonas rurales, cuando es poco probable que limite a los usuarios de bajo consumo. Este tipo de licencia podría ser adecuada para usuarios que requieren un rango de transmisión más largo desde su estación base, sin que se requiera cambiar la ubicación de las estaciones bases una vez que estén implementadas. Lo anterior, podría ser adecuado para los proveedores de servicios de acceso inalámbrico fijo (FWA) en zonas rurales, junto con usuarios industriales o empresariales con sitios repartidos en un área más grande, como puertos, agricultura o silvicultura. (Ofcom, 2022a)

Ilustración 11. Licencias de acceso compartido de baja y media potencia



Baja potencia. Este tipo de licencia autoriza todas las estaciones base dentro de un radio de 50 metros de una ubicación determinada (PIRE máxima de 24dBm) y cualquier terminal conectado.

Potencia media. Esta licencia autoriza una estación base en una ubicación determinada (PIRE máxima de 42dBm) y cualquier terminal conectada.



Fuente: (Ofcom, 2022a)

De forma general, las licencias de acceso compartido están disponibles en todo el Reino Unido. Sin embargo, hay algunas excepciones, a saber:

- a) Las licencias de potencia media generalmente sólo están disponibles en zonas rurales;
- b) El espectro compartido de 2300 MHz no está disponible actualmente en Irlanda del Norte;
- c) El espectro compartido de 2300 MHz inicialmente solo estará disponible para licencias interiores de baja potencia;
- d) En la banda de 3.8-4.2 GHz, inicialmente Ofcom no acepta solicitudes dentro de un radio de 5 Km de los siguientes sitios:
 - a. GCHQ Bude, Cornwall (estación terrestre satelital)
 - b. RAF Nenwith Hill, North Yorkshire (base del ejército británico)
- e) En la banda inferior de 26 GHz, Ofcom no acepta solicitudes dentro de un radio de 1 Km de la estación terrena del servicio satelital de exploración de la tierra Harwell, Oxfordshire.
- f) Algunas ubicaciones de las dependencias de la corona están restringidas. (Ofcom, 2022a)

Adicionalmente, Ofcom establece una serie de condiciones técnicas para las licencias de acceso compartido de baja potencia y de potencia media asociadas con los niveles de potencia máxima de la estación base por banda de frecuencia.

Términos y condiciones de los esquemas de licenciamiento

- I. El costo anual de las licencias de baja potencia se realiza por área base, mientras que el costo de las licencias de potencia media es por estación base y los precios son los siguientes:
 - a) £ 80 por cada 10 MHz de 3.8-4.2 GHz;
 - b) £ 80 por 10 MHz de la banda 2300 MHz de espectro compartido y para la banda de espectro compartido 1800 MHz (2x 3.3 MHz)

Las tarifas están bajo constante revisión a medida que Ofcom recopila mayor información sobre la demanda.

- II. El esquema de licenciamiento incluye ciertas condiciones, entre estas, la posibilidad de que el equipo transmisor cambie de frecuencia (entre 3.8-4.2 GHz) de vez en cuando, con el propósito de planificación del espectro;
- III. El equipo también tiene que comenzar a transmitir en un plazo de 6 meses a partir de la fecha de la licencia y continuar la operación. Si el espectro no es usado en los primeros 6 meses o deja de ser usado, Ofcom puede revocar la licencia;
- IV. Las licencias de acceso compartido tienen una vigencia indefinida; en tanto el usuario siga pagando las tarifas de licencia y no infrinja ninguno de los términos y condiciones de la licencia, el usuario puede conservarla el tiempo que lo desee, y
- V. Es posible transferir los derechos y obligaciones de la licencia de acceso compartido comerciándola con un tercero, este caso es sumamente importante si una empresa es adquirida o comprada por otra. Particularmente, Ofcom permite la comercialización de la licencia si la transacción significa:
 - a) **Operaciones totales absolutas**, donde todos los derechos y obligaciones de la licencia se transfieren completamente a un usuario; o

- b) **Operaciones totales concurrentes**, donde todos los derechos y obligaciones de la licencia se transfieren íntegramente a dos o más usuarios.

Licencias de acceso local

La otra forma de licencias que ofrece Ofcom como opción para los usuarios de redes privadas 5G, es la licencia de acceso local, la cual provee una forma para que otros usuarios accedan a espectro que ya fue licenciado a un operador móvil de Reino Unido, en ubicaciones en donde el referido operador no está usando dicho espectro. (Ofcom, 2022b)

Para este tipo de licencias, Ofcom considera solicitudes de acceso a corto plazo a bandas móviles con licencia en ubicaciones específicas. Una vez que se tiene la solicitud, Ofcom se pone en contacto con el operador de telecomunicaciones correspondiente. Al respecto y a menos que el operador presente una objeción razonable (por ejemplo, está utilizando el espectro en esa ubicación, o planea hacerlo dentro del período de tiempo solicitado, o el transmisor causaría interferencias en implementaciones cercanas), Ofcom emite la licencia solicitada. (Ofcom, 2022b)

El período de vigencia de la licencia es de **tres años**, aunque también Ofcom considera solicitudes por períodos más cortos que el período predeterminado de tres años, si se desea renovar se requiere realizar una nueva solicitud, sin que haya garantía de la emisión de una nueva licencia. Sin embargo, en algunos casos, puede ser deseable y posible negociar (mediante un acuerdo con el licenciataria existente) una licencia a más largo plazo. En esos casos, Ofcom emite la licencia por el período acordado. El costo de este tipo de licencia es de una tarifa única de £ 950.

Ahora bien, los derechos de los usuarios titulares para implementar servicios no se ven diluidos por la concesión de una licencia de acceso local. El enfoque de concesión de licencias de acceso local consiste en permitir que se utilice el espectro que no se utilizará en un futuro previsible. Sin embargo, cuando Ofcom concede una licencia, todas las partes deben cooperar y no causar interferencias en las redes de cada una, ya que esta es una condición incluida en las licencias de ambas partes. (Ofcom, 2022b)

Términos y condiciones de las licencias de acceso local:

- I. Está disponible para cualquier banda de frecuencia cubierta por las Regulaciones de Comercio Móvil;
- II. Tendrá un límite de tiempo (el período predeterminado es de tres años, pero hay otras duraciones disponibles);
- III. Es para una única ubicación o área;
- IV. Puede transferirse de forma total o totalmente simultánea a otra parte;
- V. Exige que los licenciataria notifiquen a los clientes los límites de tiempo de la autorización;

- VI. Requiere del cumplimiento de los términos estándar de Ofcom sobre acceso, inspección y otros términos estándar, y
- VII. Tiene un costo único de £950 por licencia.

Frecuencias disponibles para las licencias de acceso local:

- 791-821 MHz aparejada con 832-862 MHz (“banda de 800 MHz”);
- 880-915 MHz y 925-960 MHz (“banda 900 MHz”);
- 1452-1492 MHz (“banda de 1400 MHz”);
- 1710-1781.7 MHz y 1805-1876.7 MHz (“banda 1800 MHz”);
- 1900-1920 MHz (“banda de 1900 MHz”);
- 1920-1980 MHz y 2110-2170 MHz (“banda de 2100 MHz”);
- 2350-2390 MHz (“banda 2300 MHz”);
- 2500-2690 MHz (“banda 2600 MHz”); y
- 3410 -3600 MHz (“banda de 3.4 GHz”).

Aunado a lo anterior, Ofcom fija condiciones técnicas para cada licencia de acceso local en función de la tecnología móvil existente, asimismo coordina acciones para reducir posibles interferencias, a saber:

- El nuevo licenciatario debe establecer enlaces y cooperar con otros titulares de licencias en la(s) misma(s) banda(s) de frecuencia. Esto puede requerir ajustar la potencia de transmisión y otros parámetros técnicos de transmisión de tal manera que el despliegue de una red no cause interferencias perjudiciales a la de otro licenciatario dentro de la banda (esta condición también se incluye en las licencias de acceso compartido), y
- Cuando un licenciatario esté implementando un servicio móvil, se espera que siga los límites de energía apropiados dentro y fuera del bloque.

Al respecto, Ofcom señala que los derechos de despliegue del operador (licenciatario inicial), incluso después de que se haya expedido una licencia a un nuevo usuario, no se ven afectados. Toda vez que, en la práctica, se espera que las partes acuerden términos de coordinación entre sí de acuerdo con sus obligaciones de licencia para evitar interferencias.

Adicionalmente, Ofcom permite la comercialización de las licencias de acceso local para dos casos particulares:

- a) Operaciones totales absolutas, donde todos los derechos y obligaciones de la licencia se transfieren íntegramente a un solo usuario; o
- b) Operaciones totales concurrentes, donde todos los derechos y obligaciones de la licencia se transfieren íntegramente a dos o más usuarios.

La siguiente ilustración resume el proceso de emisión de licencias de acceso local.

Ilustración 12. Proceso de emisión de licencias de acceso local



Fuente: Elaboración propia con información de (Ofcom, 2022b)

4.6 Japón

El Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones (MIC) de Japón puso a disposición espectro radioeléctrico en las bandas de 4.6- 4.8 GHz y 28 GHz a nivel local para el establecimiento de redes privadas de área local 5G¹⁴, incluso para usos industriales en diferentes sectores económicos. Uno de los primeros en adoptarlo fue la empresa japonesa de tecnología de la información y electrónica NEC. (Scaramuzzi, 2021a)

En Japón, las licencias locales para redes privadas 5G están siendo asignadas desde 2019, otorgadas previa solicitud. Entre los licenciarios locales se encuentran Fujitsu, Mitsubishi Electric y Sumitomo Corp., un grupo industrial altamente diversificado. En este contexto, Mitsubishi Electric anunció, en

¹⁴ En términos generales, dos operadores pueden usar la misma banda de espectro, pero en ubicaciones diferentes.

junio de 2021, la apertura de un entorno de pruebas de laboratorio que utiliza el espectro de la banda de 4.8 a 4.9 GHz. La compañía señaló que su objetivo es colaborar con clientes y empresas asociadas en investigaciones y demostraciones de prueba de sistemas locales de comunicación móvil privada 5G.

Por su parte, NEC de Japón fue uno de los primeros en recibir licencias locales de espectro 5G para uso industrial en Japón, de acuerdo con dicha empresa, el creciente argumento a favor de las redes privadas 5G se debe a las características únicas que ofrecen, incluida su sólida seguridad, ya que no necesitan estar conectadas a la red de telecomunicaciones más grande, su mayor idoneidad para la personalización y el hecho de que los datos pueden ser gestionados y analizados internamente. (Scaramuzzi, 2021b)

De acuerdo con información de NEC, la industria del transporte global es un área donde las redes privadas 5G desempeñarán un papel importante, particularmente cuando se trata de vehículos autónomos. La compañía estableció un centro de pruebas de movilidad en la ciudad de Gotemba, Japón, que utiliza una red 5G privada para demostrar el potencial de 5G en la industria del transporte. (Scaramuzzi, 2021a)

La solicitud de una licencia de espectro local 5G se realiza en línea, cubriendo una serie de requisitos técnicos, entre los que se encuentra el cumplimiento de las normas relacionadas con las emisiones de las estaciones base, así como comprobación de la propiedad del terreno en el que se quiera colocar la estación. Las tarifas por la licencia son anuales y pueden ir desde los 360 yenes, hasta los 6400 yenes (3.3 a 58.7 USD¹⁵), para la banda de 4.6 a 4.9 GHz, mientras que para la banda de 28.2-29.1 GHz van desde los 60 yenes hasta los 3100 yenes (0.6 a 28.5 USD). Este tipo de licencia tiene una validez máxima de 5 años, con posibilidad de ser prorrogable. (Comunicaciones, 2019)

4.7 Australia

En noviembre de 2020, la Autoridad Australiana de Comunicaciones y Medios (ACMA) emitió el documento *Radiocommunications Licence Conditions (Area-Wide Licence) Determination 2020*, en el que autoriza a la banda de frecuencias de 25.1 a 27.5 GHz para operar licencias de área amplia (AWL, por sus siglas en inglés *Area-Wide Licence*). Posteriormente, en junio de 2023, la ACMA modificó este documento para autorizar la banda de frecuencias de 3.4 a 4 GHz para operar AWL.

La AWL tiene como objetivo otorgar a los titulares bloques de frecuencia y zonas agrupadas en una sola licencia, capaces de adaptarse a diferentes tamaños de redes o topografías. Se permite la operación de uno o más dispositivos de radiocomunicaciones dentro de una zona geográfica específica, utilizando las frecuencias indicadas en la licencia, y está sujeta a las condiciones

¹⁵ Conversión de yenes a dólares americanos usando el tipo de cambio promedio del año 2019 del Banco de México, disponible en <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=6&accion=consultarCuadroAnalitico&idCuadro=CA113&locale=es>

establecidas en esta. (ACMA, 2020) Las AWL pueden ser utilizadas para una variedad de casos de uso, como la banda ancha móvil inalámbrica, acceso inalámbrico fijo, redes privadas en áreas limitadas, redes de banda ancha inalámbrica dedicadas, el Internet de las cosas y las comunicaciones máquina a máquina. (DITRDCA, 2020)

Las características clave de las AWL incluyen:

- Enfoque basado en área: Una licencia autoriza dispositivos de radiocomunicaciones dentro de un área específica, en lugar de en ubicaciones específicas. La interferencia con otros servicios se gestiona principalmente mediante el uso de condiciones técnicas que se aplican a los límites geográficos y de frecuencia de la licencia, en lugar de mediante especificaciones técnicas detalladas para los dispositivos de radiocomunicaciones autorizados bajo la licencia. (ACMA, 2020)
- Aplicación amplia: Las licencias pueden utilizarse para una amplia gama de propósitos, usos, servicios, aplicaciones y tecnologías, sujeto al marco técnico para la banda relevante establecido en el instructivo para la concesión de licencias y asignaciones de radiocomunicaciones (RALI) y las condiciones de la licencia. (ACMA, 2020)
- Agregable: Varias AWL, adyacentes en geografía, frecuencia o ambas, pueden consolidarse en una sola licencia de transmisor, con condiciones de límites aplicando al límite de la licencia agregada. (ACMA, 2020)
- Responsabilidades del manejo de interferencias: El titular de una AWL debe gestionar la interferencia entre: dispositivos de radiocomunicaciones operados bajo la licencia; y dispositivos de radiocomunicaciones operados bajo cualquier otra licencia del titular, u operados por el titular bajo una licencia de clase. (DITRDCA, 2020) (DITRDCA, 2023)
- Interferencia perjudicial: El titular de una AWL debe garantizar que la operación de un transmisor de bajo riesgo no cause interferencia perjudicial a un dispositivo de radiocomunicaciones operado bajo una licencia de espectro o una licencia de aparato mantenida por cualquier otra persona. (DITRDCA, 2020) (DITRDCA, 2023)

Una AWL en la banda de 26 GHz podría otorgarse en el segmento de 24.7–25.1 GHz o en el segmento de 25.1–27.5 GHz, fuera de las 29 áreas especificadas que ACMA ha designado para la concesión de licencias de espectro. (ACMA, 2020) En cambio, en la banda de 3.4 GHz una AWL puede ser emitida en áreas remotas y en la banda de 3.8 GHz en áreas metropolitanas y regionales. (ACMA, 2024a).

Para las AWL en la banda de 26 GHz, ACMA considera que una duración de 5 años con la posibilidad de renovación permite que se despliegue la tecnología y garantiza que el espectro no utilizado pueda devolverse al mercado en lugar de estar bloqueado durante un período prolongado. (ACMA, 2020) De manera similar para las AWL en la banda de 3.4 GHz se limita la tenencia al 13 de diciembre de 2030, con el fin de proporcionar una mayor flexibilidad en las actividades de replanificación que afectan a la banda. (ACMA, 2024a)

La ACMA autoriza las AWL en canales agregables para su operación en células también agregables. Por ejemplo, en la banda de 26 GHz, el espectro se asigna en canales de 50 MHz con células de 500 x 500 metros, excepto cuando no se aplica la canalización, en cuyo caso no hay un ancho de banda mínimo. (ACMA, 2020) Por otro lado, para las AWL en la banda de 3.4 GHz el espectro se asigna en canales de 10 MHz con células de 1800 x 1800 metros. (ACMA, 2024b) No obstante, aunque el espectro está disponible en celdas geográficas agregables, no se garantiza necesariamente la existencia de grandes áreas contiguas.

Para obtener una AWL en las bandas de frecuencias de 3.4 y 26 GHz, es necesario seguir los siguientes pasos:

- 1** Determinar las necesidades y luego solicitar una licencia: El solicitante primero debe verificar la disponibilidad de áreas geográficas y rangos de frecuencia deseados en el Registro de Licencias de Radiocomunicaciones de ACMA. Una vez seleccionados, se solicita la licencia a ACMA, que, tras su aprobación, requiere el pago del impuesto correspondiente para su emisión. Los licenciatarios pueden operar un transmisor solo si cumplen con todas las condiciones y requisitos de registro establecidos.
- 2** Coordinar y registrar el transmisor: Se debe cumplir con los requisitos de coordinación establecidos en el RALI. Esto implica coordinarse con servicios existentes, implementar restricciones operativas para garantizar la coexistencia con otros servicios y cumplir con los requisitos detallados en otros documentos antes del registro. Además, el licenciatario debe registrar su transmisor antes de la operación, a menos que esté exento, asegurándose de cumplir con todos los requisitos detallados en el RALI para el registro del equipo.
- 3** Seguir las condiciones de funcionamiento: La operación de todas las estaciones transmisoras, incluso las exentas de registro, debe cumplir con las condiciones establecidas en la Determinación 2020, la licencia y el RALI. Estas condiciones pueden incluir restricciones en los niveles de potencia y obligaciones para los licenciatarios para abordar y resolver interferencias según sea necesario. Específicamente para los transmisores en la banda de 26 GHz, se aplican limitaciones en las emisiones sobre el horizonte, requisitos de apuntamiento de antenas en ciertos rangos de frecuencia y áreas geográficas, restricciones en la operación en áreas específicas y ciertos tipos de transmisores, así como coordinación requerida para transmisores exteriores con potencia radiada total superior a 23 dBm por ancho de banda ocupado con estaciones terrenas de servicio de investigación espacial. Para los transmisores en la banda de 3.4 GHz, se exige la convivencia con radio altímetros. (ACMA, 2024c) (ACMA, 2024d)

Los costos aplicables al otorgamiento de una AWL se componen de tarifas administrativas para recuperar los costos directos de la gestión del espectro, y de impuestos anuales bajo el esquema de licencias de aparatos para recuperar los costos indirectos de la gestión del espectro y ofrecer incentivos para el uso eficiente del espectro. Los costos indirectos son aquellos que no pueden atribuirse directamente a los licenciatarios individuales. Los impuestos anuales de las licencias de aparatos se determinan multiplicando la tarifa por un MHz de espectro por persona (0.0003 dólares

australianos por MHz por persona) por el ancho de banda y por la población del área geográfica. (ACMA, 2020)

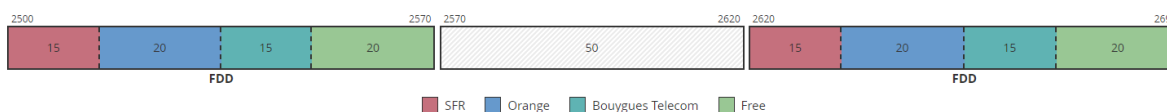
4.8 Francia

Ante el creciente interés en implementar soluciones de conectividad local mediante tecnologías móviles de última generación, como el 5G, la Autoridad de regulación de las comunicaciones electrónicas, de correos y de la distribución de la prensa (Arcep) de Francia ha puesto a disposición de empresas e instituciones de diversos sectores (incluyendo manufactura, logística, energía, salud y ciudades inteligentes) segmentos de las bandas de espectro radioeléctrico de 2.6 GHz, 3.8 – 4.0 GHz y 26 GHz para para el despliegue de redes 5G privadas. Estas dos últimas bandas se encuentran a prueba. (Arcep, 2024a)

Para probar los nuevos casos de uso que ofrece, y para beneficiarse de una variedad de comentarios, las partes interesadas pueden solicitar a Arcep autorizaciones de uso de frecuencia de cobertura local únicamente en zonas geográficas donde la empresa o institución justifique la necesidad de cobertura para el desempeño de sus actividades.

- 2.6 GHz: Arcep identificó la banda TDD de 2.6 GHz en el segmento de 2570 - 2620 MHz como una oportunidad para apoyar las nuevas generaciones de estas redes y el surgimiento de nuevos usos. Arcep asigna licencias por bloques de 5, 10, 15 o 20 MHz, según la disponibilidad de las frecuencias de 2575- 2615 MHz por una duración máxima de diez años. Con el objetivo de impulsar las redes 5G privadas a pequeña escala para permitir experimentos con nuevos casos de uso. (Arcep, 2024b). Hay 31 licencias de prueba en uso hasta mayo de 2024.

Ilustración 13. Licencias en la banda de 2.6 GHz



Fuente: (Cullen, 2024)

- 3.8 - 4 GHz (licencias de prueba): El esquema está dirigido a actores que deseen experimentar con nuevos casos de uso de 5G: actores industriales o logísticos, actores verticales en los sectores de la energía, la salud o las ciudades inteligentes. Los interesados podrán solicitar el suministro de un máximo de 100 MHz de espectro por empresa o institución situados entre 3.8 y 4.0 GHz, en forma de autorización local para el uso de frecuencias con fines experimentales, durante un período de tres años. Las licencias para el uso de frecuencias se otorgarán respetando las limitaciones de coexistencia con los usos presentes dentro de esta banda y en bandas adyacentes. Para garantizar esto, Arcep puede solicitar limitaciones técnicas. (Arcep, 2022). Hay 68 licencias de prueba de uso hasta mayo de 2024.

- 26.5–27.5 GHz (licencias de prueba): Redes de prueba 5G a pequeña escala para permitir experimentos con nuevos casos de uso. Licencias concedidas por una duración máxima de tres años con la provisión de un máximo de 800 MHz de espectro por actor. (Kronegger, 2024). Se cuenta con registro de 14 licencias de prueba en uso a mayo de 2024. (Arcep, 2024c).

En la Ilustración 14, se muestra el mapa del regulador donde se localizan las licencias de experimentación para redes 5G privadas. En color azul se encuentran las licencias en la banda de 2.6 GHz, en color rojo las licencias en el segmento de 3.8 – 4.0 GHz y en color morado las licencias en la banda de 26 GHz. (Arcep, 2024c)

Ilustración 14. Mapa de redes 5G privadas en Francia



Fuente: (Arcep, 2024c)

4.9 Alemania

Alemania fue el primer país que reservó 100 MHz de la banda 3.7 GHz para redes 5G en noviembre de 2019. El regulador *Bundesnetzagentur* (BNetzA) adoptó en diciembre de 2020 las normas definitivas, los formularios de solicitud y los precios para las licencias locales en la banda de 26 GHz. Las licencias se expiden por orden de llegada. Si varios solicitantes quieren espectro para la misma zona, deben negociar posibles soluciones. (Kronegger, 2021) A fin de asegurar un uso eficiente del espectro, las frecuencias en la banda de 3.7 GHz pueden asignarse a más de una parte para su uso compartido. Por lo tanto, los titulares de licencias en esta banda deben negociar el arrendamiento local o regional con las partes adecuadas que lo soliciten, en condiciones no discriminatorias. (Kronegger, 2024) No obstante, los licenciarios no están obligados a arrendar espectro a ninguna parte interesada, independientemente de los términos, ya que esto podría obstaculizar el despliegue flexible de 5G. Además, cualquier arrendamiento requiere el consentimiento de la BNetzA, que evalúa posibles preocupaciones de competencia y asegura el uso eficiente y sin interferencias del espectro. (BNetzA, 2018)

Redes 5G privadas en las bandas de 3.7 GHz y 26 GHz

La BNetzA aprobó la banda de 3.7-3.8 GHz para servicios para usos locales del espectro, incluyendo en particular asignaciones para instalaciones comerciales, empresariales e industriales (por ejemplo, redes 5G industriales). El término “instalaciones” se entiende como una sección de la superficie terrestre que forma una unidad debido a la naturaleza de su uso económico o su apariencia externa, incluso si comprende más de una unidad básica de propiedad en términos de bienes raíces (es decir, un predio individual). Esta definición abarca, por ejemplo, parques industriales y recintos de exposiciones, así como terrenos agrícolas y forestales. (BNetzA, 2023a) El servicio puede cubrir más de un predio, pero la solicitud debe ser presentada por los propietarios o usuarios de todos los predios en el área de servicio, y estarán obligados a cubrir toda el área en un máximo de 12 meses. Aunque esta norma permite cubrir un parque industrial, no es adecuada para un caso típico de negocio de punto de acceso. (Kronegger, 2021)

Tabla 3. Características del licenciamiento en las bandas de 3.7 GHz y 26 GHz

	Banda de 3.7 GHz	Banda de 26 GHz
Tamaños de canal	Múltiplos de 10 MHz	Múltiplos de 200 MHz. Sin embargo, es posible asignar bloques de espectro de 50, 100 o 150 MHz si es necesario para un uso eficiente de la banda. Por consiguiente, se debe proporcionar una justificación clara de cuántas frecuencias son

	Banda de 3.7 GHz	Banda de 26 GHz
		necesarias para el servicio planificado
Tipo de duplexación	TDD	TDD
Espectro disponible por solicitante	100 MHz	800 MHz
Duración de la licencia	A elección del solicitante, sin embargo, todas las licencias expirarán el 31 de diciembre de 2040	A elección del solicitante, sin embargo, todas las licencias expirarán el 31 de diciembre de 2040
Condición de úselo o piérdalo	El espectro no utilizado debe ser devuelto al regulador dentro de los 12 meses posteriores a la emisión de la licencia o, en caso contrario, será retirado después de dicho período	El espectro no utilizado debe ser devuelto al regulador dentro de los 12 meses posteriores a la emisión de la licencia, o más tarde por un período superior a 12 meses. Los solicitantes de áreas de licencia que exceden un predio individual también deben informar sobre el despliegue de su red después de 6, 9 y 12 meses

Fuente: elaboración propia con información de (Kronegger, 2021)

4.9.1 Solicitud para operar una red 5G privada

Para operar una red 5G privada, es necesario solicitar a la BNetzA una licencia para utilizar las frecuencias correspondientes. Dado que esta licencia solo se concede para el uso del espectro en un lugar específico, la red 5G privada debe operarse siempre en un lugar fijo. Si la red 5G privada se va a utilizar en diferentes ubicaciones, se debe solicitar una licencia separada para cada una de estas ubicaciones.

A diferencia de las redes móviles 5G públicas, las redes 5G privadas en Alemania no están reguladas por la Ley de la Oficina Federal de Seguridad de la Información ni por la Ley de Telecomunicaciones. Por lo tanto, las empresas o autoridades públicas que utilizan o planean utilizar redes 5G privadas no están obligadas a aplicar directrices técnicas ni a utilizar la certificación. Sin embargo, con el fin de

proteger sus datos y garantizar la disponibilidad de la red 5G privada, existe una gran demanda de seguridad desde el diseño para asegurar la solución de conectividad elegida en su propia red de información. (BNetzA, s.f.)

El cálculo del costo del espectro se realiza en función del ancho de banda solicitado, la duración de la licencia y la superficie de la zona cubierta. Para una red privada 5G el cálculo se lleva a cabo de acuerdo con lo siguiente:

$$\text{Costo del espectro (€)} = 1000 + B * t * f * (6 * a)$$

Donde:

B: ancho de banda en MHz

t: periodo de asignación en años

f: factor básico de la banda, 5 para la banda de 3.7 GHz y 0.63 para la banda de 26 GHz

a: superficie de la zona cubierta en km² (BNetzA, 2023a) (BNetzA, 2023b)

4.9.2 Modelos de operación de las redes privadas

La BNetzA establece dos modelos de operación para las redes privadas, a fin de facilitar que el usuario aclare con el potencial proveedor de servicios la forma adecuada de operación y la división de responsabilidades asociada. Estas responsabilidades van desde la externalización completa de todas las tareas operativas al proveedor de servicios, incluida la plena soberanía de la red, hasta la organización e implementación de la propia red por parte de la institución usuaria, y todas las demás opciones intermedias:

- **Operación interna:** En el caso de la operación interna, el usuario (institución) de la red 5G privada es también el operador. El hardware y el software de la red 5G pertinentes se adquirirán a través de un proveedor de servicios o directamente del fabricante. Cualquier configuración, así como el despliegue de la propia red (por ejemplo, la distribución de unidades de radio) es responsabilidad del usuario y puede ser soportada por un proveedor de servicios. La solicitud para el uso de las frecuencias correspondientes es presentada por la institución usuaria directamente a la BNetzA. El usuario tiene la soberanía de la red y también es responsable de la fuente de alimentación. El hardware utilizado es propiedad exclusiva del usuario. Las tarjetas SIM (físicas o eSIM) son proporcionadas en su mayoría por proveedores de servicios.
- **Operación de terceros:** La operación de terceros sucede cuando un proveedor de servicios se hace cargo de toda la operación y el mantenimiento de la red 5G privada. Estos proveedores de servicios suelen especializarse en redes 5G privadas. Algunos operadores de redes móviles también tienen una oferta de este tipo. El proveedor de servicios asume el papel de operador de red y, por lo tanto, tiene soberanía de red. Por lo general, las frecuencias utilizadas siguen siendo solicitadas a la BNetzA por el usuario. Si se utiliza una red de acceso compartido,

también pueden ser proporcionados por el proveedor de servicios. Cualquier configuración, suministro de tarjetas SIM y distribución de unidades de radio es realizada por el proveedor de servicios. Incluso con la operación de terceros, siempre existe la opción de alojar el núcleo en la nube o usar una red de acceso por radio (RAN) alojada en la nube. Los diferentes proveedores de servicios ofrecen diferentes modelos operativos (BNetzA, s.f.).

4.9.3 Condiciones de operación

Los titulares de las asignaciones son libres en la planificación de sus redes dentro de las instalaciones acordadas. Por lo general, la BNetzA no define una intensidad de campo máxima admisible en el límite de la zona de asignación. No obstante, los titulares de las licencias están obligados a garantizar un uso eficiente y sin interferencias de sus redes, por ejemplo, a diseñar y construir sus redes de manera que se reduzcan al mínimo las interferencias de sus utilidades del espectro. Esto puede lograrse, por ejemplo, con potencias de transmisión bajas, alturas de antena bajas y diagramas direccionales de antena adecuados. (BNetzA, s.f.)

Los operadores de redes inalámbricas geográficamente adyacentes están sujetos a un requisito de negociación para establecer acuerdos entre operadores. La planificación óptima del espectro debe tomar en cuenta las condiciones locales (como la topografía y los edificios) relevantes para la propagación de las ondas de radio. La BNetzA parte de la base de que los operadores encontrarán entre ellos una solución adecuada; una vez convenidos los acuerdos correspondientes deben ser presentados ante el regulador. En caso de que los operadores adyacentes no lleguen a un acuerdo, la BNetzA puede establecer medidas para garantizar un uso eficiente del espectro con el mínimo de interferencias para todos los operadores afectados. (BNetzA, s.f.)

La BNetzA define un límite de intensidad de campo de $32 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}/5 \text{ MHz}$ a una altura de tres metros para la banda de 3.7 GHz y $65 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}/200 \text{ MHz}$ a una altura de tres metros para la banda de 26 GHz en el borde de la zona de asignación y más allá de esta. Los costos de cualquier reconfiguración necesaria de las redes inalámbricas deberán ser cubiertos por los titulares de las licencias. Además, deben cumplirse los límites de exposición del público a los campos electromagnéticos procedentes de los equipos radioeléctricos. (BNetzA, 2023a) (BNetzA, 2023b)

Por último, es importante mencionar que tanto la banda de 3.7 GHz y la banda de 26 GHz son utilizadas por otros servicios de radiocomunicaciones, por lo que la BNetzA requiere la entrega de ciertos parámetros técnicos con el fin de poder llevar a cabo los cálculos de compatibilidad radioeléctrica necesarios. (BNetzA, s.f.)

4.10 España

El Consejo de Ministros, a propuesta del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, aprobó el Real Decreto en el que se destina parte de la banda de frecuencias de 26 GHz para que los títulos habilitantes se puedan otorgar a redes privadas en régimen locales de **autoprestación**. (Redes&Telecom, 2023) Es decir, no es que se entregarán las porciones existentes en su totalidad, sino que se compartimentarán las frecuencias disponibles para que los distintos sectores industriales cuenten con la posibilidad de implementar redes privadas móviles que les ayuden a avanzar en la transformación digital. (Catalano, 2023)

La norma modifica también el Reglamento sobre el uso de dominio público radioeléctrico, que permite la reorganización de la banda de 26 GHz, prioritaria para el despliegue de la tecnología 5G. El cambio normativo establece que una parte de las frecuencias de la banda de 26 GHz se otorgará **sin licitación** y se abre el camino a que se destine a usos industriales en determinadas ubicaciones de ámbito reducido en régimen de **autoprestación**. Esta modificación supone dar un paso más para la creación, a modo de ejemplo, de redes 5G privadas para la automatización de fábricas y centros de producción. (Redes&Telecom, 2023)

Esta modificación se enmarca en el Plan de impulso al 5G y está alineada con los objetivos establecidos en el Plan de Recuperación y la Agenda España Digital 2026, y complementa la licitación de las frecuencias de la banda de 26 GHz que finalizó en diciembre de 2022. (Redes&Telecom, 2023)

En este contexto, la CNMC señala que, aunque las expectativas respecto al despliegue de redes privadas 5G han sido altas en los últimos años, la demanda real de estos servicios aún es limitada. Es importante precisar que si bien, España cuenta con un mecanismo de licenciamiento para una porción de la banda de 26 GHz a través de la figura de autoprestación para redes privadas inalámbricas, no se tiene certeza del procedimiento para acceder a dichas licencias, de hecho, a la fecha se desconoce el número de licencias que la CNMC ha otorgado bajo este modelo.

4.11 Chile

En noviembre de 2019 se publicó la Resolución 2400: “APRUEBA NORMA TÉCNICA QUE FIJA EL USO DE LA BANDA DE FRECUENCIAS 3.750 - 3.800 MHZ PARA LA INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y/O EXPLOTACIÓN DE SERVICIOS LIMITADOS DE TELECOMUNICACIONES QUE UTILICEN REDES INALÁMBRICAS CON TECNOLOGÍA DE QUINTA GENERACIÓN (5G), Y MODIFICA LAS RESOLUCIONES QUE INDICA, por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT)”; Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL) de Chile, en la que se asigna la banda de frecuencias 3,750 – 3,800 MHz para la instalación, operación y/o explotación de servicios limitados de telecomunicaciones que utilicen redes inalámbricas con tecnología de quinta generación (5G) o superior mediante la operación y/o explotación de estas redes en modo TDD. Sin embargo, la Resolución en comento dicta que los respectivos permisos serán asignados mediante uno o más concursos públicos que convoque la SUBTEL. Tanto la zona de servicio como el método de asignación de frecuencias serán señalados

en las bases del o los concursos públicos que se realicen de acuerdo con el artículo 13C de la Ley General de Telecomunicaciones. Con todo, la zona de servicio de cada permiso podrá abarcar la superficie de una o más comunas del territorio nacional. (MTT, 2019)

El artículo 13C de la citada Ley, menciona que el MTT deberá llamar a concurso público para otorgar concesiones o permisos para servicios de telecomunicaciones. El concurso se resolverá asignándose la concesión o permiso al postulante cuyo proyecto, ajustándose cabalmente a las bases del concurso, ofrezca las mejores condiciones técnicas que asegure una óptima transmisión o excelente servicio. Si hubiere dos o más postulantes en igualdad de condiciones, se resolverá la asignación entre éstos, mediante licitación. Se procederá de igual manera en aquellos casos en que, en virtud de una solicitud de concesión o de permiso, la Subsecretaría estime que debe emitirse una norma técnica para el servicio respecto del cual se solicita la concesión o permiso. (MTT, 2024) Por lo tanto, se decidirá caso por caso en las bases de adjudicación. (Herrera, 2024)

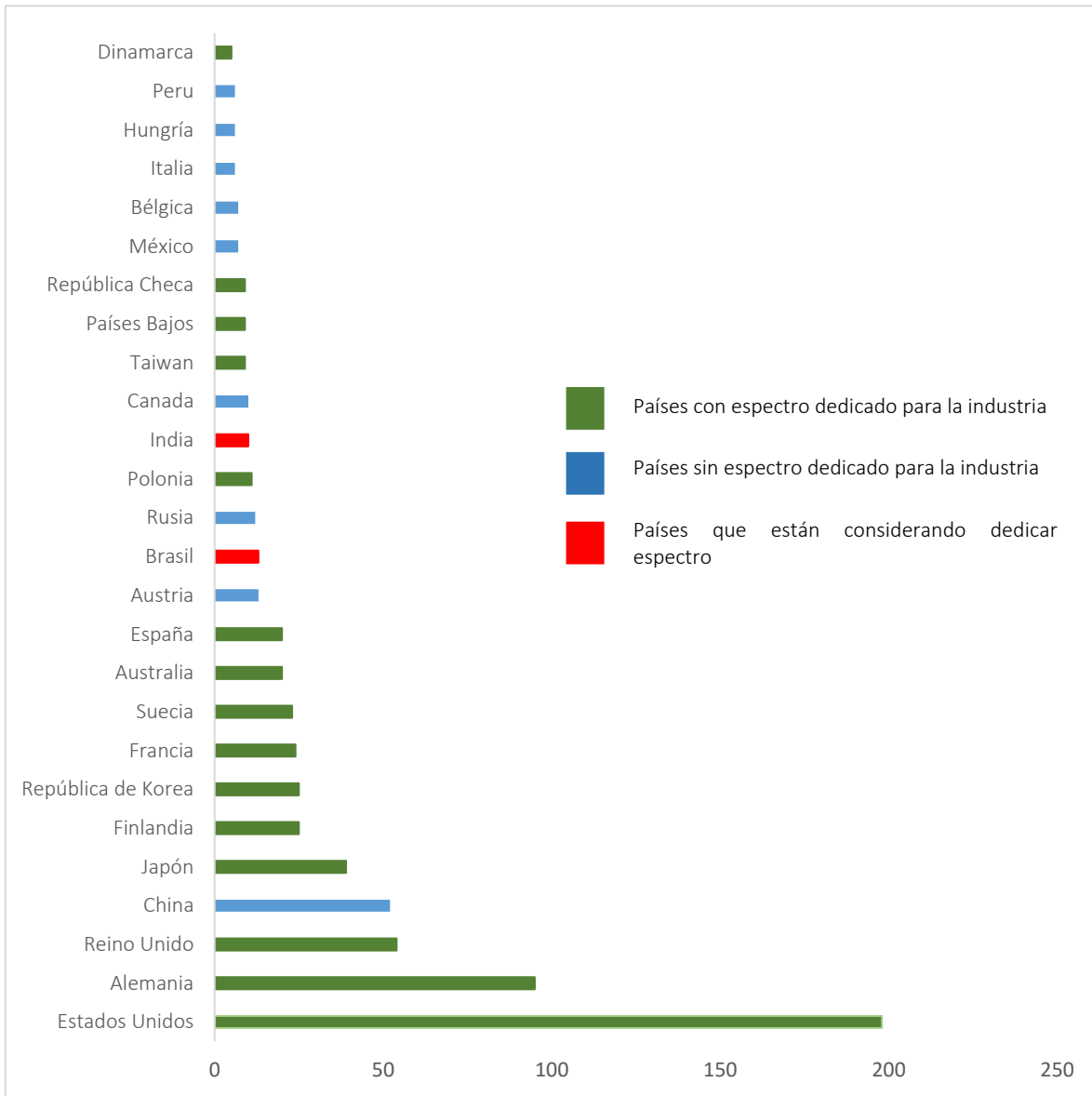
A pesar de los esfuerzos realizados, la asignación del segmento de 3.750 - 3.800 MHz para el uso de redes 5G privadas en Chile ha sido pospuesta. (GSA, 2024b)

5. Resultado de la aplicación de esquemas de gestión del espectro en casos internacionales

Como se ha dado cuenta en la experiencia internacional revisada, los cambios en los modelos de licenciamiento del espectro radioeléctrico para redes móviles privadas son relativamente nuevos, por lo que difícilmente se puede advertir si algún esquema de licenciamiento ha sido mejor que otro. No obstante, existen algunos datos que podrían ser indicativos respecto a que la existencia de algún tipo de mecanismo de licenciamiento para asignar espectro para dichas redes, así como de forma inicial la designación del espectro radioeléctrico para dichos fines ha favorecido el despliegue de redes privadas móviles.

Sobre el particular, la siguiente ilustración muestra el total de empresas con despliegues de redes privadas LTE o 5G por país, Estados Unidos tiene el mayor número de empresas con despliegues 198, Alemania con 95, Reino Unido con 54, China con 52 y Japón con 39.

Ilustración 15. Número de empresas con redes privadas inalámbricas por país¹⁶



Fuente: elaboración propia con información de (GSA, 2024a)

En tal sentido, es posible subrayar que 9 de los 10 países ubicados en el top 10, tienen espectro radioeléctrico dedicado para redes privadas inalámbricas, y dicho espectro puede ser adquirido por empresas privadas diferentes a los operadores tradicionales de telecomunicaciones, bajo un tipo de licenciamiento específico.

¹⁶ Base de empresas 770, con ganancias mayores a los 100,000 Euros.

Ahora bien, de acuerdo con información de la GSA, se advierte que, aunque Alemania ocupa el segundo lugar en número de referencias de clientes, muchas de estas implementaciones aún se encuentran en etapa de prueba en lugar de implementaciones comerciales completas.

Los últimos países en dedicar espectro a las redes privadas son Polonia, que liberará de 3.8 GHz a 4.2 GHz a partir de septiembre de 2023, y Suiza, que asignará 100 MHz en 3.4 GHz a 3.5 GHz a partir de 2024.

Globalmente, se puede advertir que en los países en los que, primero, se ha designado espectro para redes privadas móviles y, segundo, se cuenta con algún tipo de licenciamiento para la asignación de dicho espectro, se han desarrollado e implementado más redes privadas móviles que en los países en los que no se cuenta con las condiciones normativas antes señaladas, con la excepción del caso de China. Lo anterior pareciera sumamente obvio, sin embargo, no lo es, puesto que existen casos como el de España en los que aun contando con un marco normativo que permite a la industria acceder a espectro radioeléctrico en el régimen de autoprestación, la demanda no ha sido la esperada por la CNMC.

Al respecto, los modelos de acceso compartido son una forma en la que los reguladores están abriendo paulatinamente el espectro a más usuarios y facilitan el uso de bandas de espectro, especialmente cuando un uso exclusivo no es posible en el corto plazo. El uso compartido del espectro puede ser parte de un régimen con licencia o sin licencia. Bajo el acceso compartido con licencia, el uso está autorizado mediante una licencia para un conjunto de diferentes tipos de servicios o entre usuarios, bajo condiciones definidas en la licencia para evitar interferencias perjudiciales. En un régimen sin licencia o exento de licencia, no se requiere licencia y el regulador no limita el número de usuarios. Sin embargo, los usuarios deben cumplir con restricciones técnicas (por ejemplo, límites de potencia, niveles máximos de transmisiones fuera de banda, entre otras).

Por un lado, de acuerdo con la UIT¹⁷, los acuerdos de acceso compartido con licencia pueden ayudar a los reguladores a lograr un equilibrio entre hacer disponible la mayor cantidad de espectro y al mismo tiempo salvaguardar el acceso al espectro para los servicios existentes (Platform, 2022). Este enfoque puede fomentar la eficiencia del espectro aprovechando el espectro que puede estar infrautilizado al brindar acceso cuando el espectro no puede liberarse en todas las áreas o dentro de un tiempo razonable. También, la UIT señala que los reguladores suelen adoptar un enfoque de acceso con licencia cuando es necesario gestionar el uso del espectro para mitigar la interferencia perjudicial, lo que puede hacerse mediante enfoques de coordinación dinámicos o estáticos. (Platform, 2022)

De igual modo, la UIT (Platform, 2022) sugiere el uso de un modelo de licencia de acceso compartido en los siguientes casos:

¹⁷ <https://digitalregulation.org/use-of-shared-spectrum-at-the-national-level/>

- Cuando el espectro no puede ser liberado en un periodo razonable, o en todas las áreas,
- El uso debe ser coordinado/regulado entre los usuarios para asegurar que todos pueden hacer uso del espectro sin interferencias perjudiciales.

Lo anterior, sugiere la UIT, debe ir acompañado de un enfoque de coordinación entre los usuarios, el cual puede ser dinámico o estático, de acuerdo con lo siguiente:

- **Coordinación dinámica:** gestiona el uso del espectro a través de bases de datos, geolocalización, sistemas de acceso al espectro u otras herramientas para asignar espectro en función del uso actual y la priorización de los usuarios en la banda, o
- **Coordinación estática:** define los términos de uso en la licencia para gestionar la interferencia, independientemente del uso actual por parte de otros usuarios de la banda (por ejemplo, restringir a ciertas áreas o para uso únicamente en interiores). (Platform, 2022)

Hay que tener en cuenta que el establecimiento de los marcos de licenciamiento requiere la definición de la priorización de usuarios en la banda propuesta y las condiciones que cada nivel de usuario puede esperar para acceder al espectro. Además, se deben definir los términos y condiciones técnicos de operación que gestionarán las interferencias entre diferentes usuarios, y un plan de mitigación en caso de interferencias perjudiciales.

No resulta óbice señalar que el acceso compartido del espectro radioeléctrico también tiene implicaciones en el mercado. De acuerdo con la UIT (Platform, 2022), un número cada vez mayor de operadores de redes móviles se están asociando con competidores para compartir infraestructura y costos de inversión. Lo anterior surgió de la necesidad de densificar las redes en los centros urbanos y también cumplir con las obligaciones de cobertura en zonas menos pobladas. En estos términos, la cooperación se centra más comúnmente en infraestructura pasiva, como mástiles, torres y sitios, aunque algunos acuerdos incluyen la compartición de infraestructura activa, como transmisores y antenas.

En este contexto, los acuerdos de la RAN definen los términos en que los operadores compartirán la red, dichos acuerdos pueden incluir la compartición de elementos activos de RAN o incluso la compartición de recursos de espectro. De acuerdo con la UIT, los operadores móviles de Dinamarca, Finlandia, Francia, Polonia y Suecia han firmado acuerdos de compartición que incluyen espectro, bajo términos definidos que especifican el área geográfica de compartición y/o el plazo del acuerdo de compartición. (Platform, 2022)

En particular, en mayo de 2020, China Mobile Communications y China Broadcasting Network Corporation firmaron un acuerdo marco para compartir espectro para facilitar el despliegue y la cobertura de 5G. (Platform, 2022)

Estos acuerdos de compartición permiten a los operadores dividir la carga de la inversión en redes y acelerar el tiempo necesario para desplegar redes nacionales. De acuerdo con la UIT (Platform, 2022),

algunos reguladores están a favor de acciones que fomenten el despliegue y la inversión de redes, lo que se alinea con los objetivos de los modelos de uso compartido del espectro. Sin embargo, este modelo tiene riesgos potenciales para la competencia, dependiendo de muchas variables, incluidas las condiciones de los acuerdos de participación, el alcance de las actividades conjuntas y la competitividad del mercado. Específicamente, los reguladores supervisan dichos acuerdos para mitigar estos riesgos y mantener la competencia en el mercado. Por ejemplo, se podría permitir compartir espectro sólo durante un período específico o en determinadas áreas, o hasta que se libere suficiente espectro.

Adicionalmente, se podrían implementar otras medidas regulatorias para evitar que las partes actúen como una entidad fusionada, obtengan dominio en el mercado o disminuyan la competencia en los mercados mayorista o minorista. En resumen, la UIT señala que los reguladores deberían considerar permitir el intercambio activo de infraestructura para fomentar un despliegue más rápido de redes y una carga de inversión compartida entre los operadores, al tiempo que establecen salvaguardas para proteger la competencia.

Ante este escenario complejo, existen nuevas formas de hacer uso del espectro radioeléctrico, tales como el *network slicing*. Este proceso de segmentación del espectro depende de la gestión y configuración del operador que cuenta con la concesión del espectro.

5.1 *Network slicing* y aplicaciones verticales

El mecanismo de *network slicing* (NS) permite el desarrollo de aplicaciones verticales y se considera uno de los pilares principales para el uso y aprovechamiento de las redes 5G. Este mecanismo permite la creación de redes virtuales individuales soportadas por una infraestructura física común (red móvil pública), que brinda soporte a servicios o aplicaciones específicas, permitiendo garantizar la optimización y uso de los recursos disponibles, al tiempo que satisface los requerimientos particulares de conectividad de manera dinámica de cada una de las aplicaciones.

Desde este punto de vista, las aplicaciones verticales pueden definirse como el uso del espectro de manera exclusiva para proporcionar las soluciones de conectividad para el desarrollo de un servicio o aplicación en particular, promovido por una empresa o sector, sin pretender ofrecer servicios de comunicaciones a terceros.

Este mecanismo provee un modelo *NaaS* (*Network as a Service*) para una empresa, mediante el cual se definen las condiciones para asignar de manera dinámica los recursos espectrales necesarios para satisfacer los requerimientos de conectividad, de modo que estas redes se diseñen *ad hoc* para cada uno de los escenarios y aplicaciones que las redes 5G plantean (Xin, et al., 2017). Este mecanismo puede ser ideal para aplicaciones y usos críticos, como salud (*e-health*) y energía. Las aplicaciones verticales en la industria se promueven como uno de los pilares para el desarrollo de lo que se define como industria 4.0.

En la Conferencia Europea de 5G llevada a cabo a inicios del 2022, varios reguladores, organizaciones y empresas vertieron sus opiniones y posiciones respecto al uso de espectro para aplicaciones verticales. No existe una postura unificada respecto al tema. El Grupo de Políticas de Radio Espectro (RSPG) de la Unión Europea, reiteró algunas de las opiniones relacionadas con el despliegue de las redes 5G y publicadas en su documento *Additional spectrum needs and guidance on the fast rollout of future wireless broadband networks*. Dentro de estas se identifican las siguientes relacionadas con las aplicaciones verticales:

- Reconoce que existe una demanda específica para brindar acceso al espectro por medio de aplicaciones verticales, tanto en bandas medias como en bandas milimétricas;
- Reconoce también que la existencia de diferentes tipos de métodos de autorización del uso de espectro facilita la innovación y el desarrollo de nuevas de tecnologías;
- Hace énfasis en la necesidad de profundizar en el estudio y análisis del uso de la banda de 3.8-4.2 GHz para aplicaciones verticales, tanto en media como en baja potencia, de modo que se garanticen las condiciones que permitan la continuidad de uso del espectro a las estaciones satelitales terrenas y otros servicios y aplicaciones existentes, sin causar interferencias perjudiciales. Se recomienda seguir las pautas y resultados de organizaciones como ECO (European Communications Office), que de manera continua publica decisiones, recomendaciones y reportes de sus grupos de trabajo, que abordan temas como la armonización y operación de equipos en esta banda. (p.ej. ECC/DEC/(14)02, ECC/DEC/(00)02)¹⁸.

Dentro de los aspectos técnicos y retos a tomar en cuenta en el desarrollo de aplicaciones verticales, a mediano y/o largo plazo, se recomienda considerar lo siguiente:

- En un escenario donde se cuente con acceso a fibra óptica en la totalidad de los hogares y las empresas, el cuello de botella se podría presentar en las conexiones en interiores, por lo que es necesario considerar también una estrategia que permita robustecer la capacidad de redes como WiFi.
- En un hipotético caso de un desarrollo masivo de aplicaciones verticales, se debe considerar desde este momento una revisión de la normatividad de modo que se cuente con una cantidad suficiente de códigos de red móviles¹⁹.

El impulso al despliegue de las redes 5G en el mundo está considerando la asignación de espectro para aplicaciones industriales en varios países, según se muestra en la Tabla 4. Los usos de las

¹⁸ https://docdb.cept.org/document/category/ECC_Decisions?status=ACTIVE

¹⁹ El MNC es un código único de dos o tres dígitos usados para identificar una red móvil pública terrestre (PLMN). Este código se usa con otros tipos de identificadores de la red para identificar unívocamente a un usuario.

aplicaciones verticales son diversas y pueden incluir la automatización en fábricas, centros de negocios, redes locales en aeropuertos, vehículos conectados, proyectos relacionados con la agricultura, etc.

Tabla 4. Espectro para redes industriales 5G y acciones para promover estrategias de compartición de espectro en Europa

País	Banda (GHz)	Modelo de Licencia	Licencia local o regional	Acciones para promover compartición de espectro entre operadores móviles y redes 5G en la industria
Bélgica	3.8-4.2	<i>Por orden de llegada</i>	Local	No
Austria	26 GHz (en preparación para 2023)	N/A	N/A	No
Rep. Checa	No	N/A	N/A	La subasta en 2020 ofertó 2 bloques de 20 MHz en la banda de 3.4-3.6 GHz, con la condición de que sea arrendado para aplicaciones verticales solicitadas
Dinamarca	3.8-4.2, 24.25-24.65	<i>Por orden de llegada</i>	Local	Los acreedores del bloque de 60 MHz en la banda de 3.5 GHz tendrán que arrendar el espectro a para aplicaciones verticales de empresas o instituciones públicas.
Finlandia	2.3-2.32, 24.5-25.1	<i>Por orden de llegada</i>	Local	Si un concesionario en la banda de 3.5 GHz no está en condiciones de proveer el servicio de red en la zona y con las condiciones demandadas por una empresa o institución para el desarrollo de una red privada, este

País	Banda (GHz)	Modelo de Licencia	Licencia local o regional	Acciones para promover compartición de espectro entre operadores móviles y redes 5G en la industria
				deberá arrendar el derecho el uso del mismo a la empresa o institución, o a otro operador elegido por el usuario.
Francia	2.575-2.615, 3.8-4.0, 26.5-27.5	<i>Por orden de llegada</i>	Regional	En el proceso para asignar espectro en la banda de 3.4-3.8 GHz, el regulador ofrece un primer bloque de 50 MHz a un precio fijo, con el compromiso de que el operador provea soluciones específicamente diseñadas para satisfacer las necesidades de aplicaciones verticales, en términos de cobertura y rendimiento.
Alemania	3.7-3.8, 24.25-27.5	<i>Por orden de llegada</i>	Local	Los concesionarios en la banda de 3.4-3.7 GHz deben negociar el arrendamiento de espectro a petición de interesados, bajo criterios de no discriminación.
Grecia	3.7-3.8, 24.25-27.5	<i>Por orden de llegada</i>	N/A	No
Irlanda	No	N/A	N/A	El regulador ofrece un régimen especial de licencias denominado <i>Test & Trial</i> , para promover y robustecer

País	Banda (GHz)	Modelo de Licencia	Licencia local o regional	Acciones para promover compartición de espectro entre operadores móviles y redes 5G en la industria
				el desarrollo de nuevas tecnologías o servicios.
Italia	No	N/A	N/A	Los operadores que posean por lo menos 80 MHz en la banda de 3.4-3.8 GHz están obligados a dar acceso a proveedores de servicio, fortaleciendo el desarrollo de servicios 5G. Esta obligación está dirigida al fortalecimiento de aplicaciones verticales para el desarrollo de casos de negocio innovadores.
Holanda	No especificado (puede ser 1.8, 3.5 o 26)	Otro	Local	No
España	2.37-2.39	Sin decidir	Sin decidir	No
Suecia	1.78-1.785/1.875-1.88, 3.72-3.8, 24.25-25.1	<i>Por orden de llegada</i>	Local	No
Reino Unido	3.8-4.2, 1.787-1.785/1.8767-1880, 2.390-2.4	<i>Por orden de llegada</i>	Local	No

Fuente: elaboración propia con información de (Kronegger, 2024)

En este contexto, y desde el punto de vista de muchas de las regulaciones actuales y en varias publicaciones (Ovando, 2019), se plantea que el esquema de concesión vía subasta puede ser un impedimento para el desarrollo de aplicaciones verticales. Uno de los obstáculos es el tiempo y la oportunidad para acceder al recurso espectral, ya que, si para el desarrollo de una aplicación vertical innovadora el acceso al espectro implicara esperar a la subasta de la banda de interés para participar en la misma sin la garantía de obtenerlo, el emprendedor pudiera desistir de su proyecto. Varios de los países mencionados en la Tabla 4 emprendieron adecuaciones que permitieron el desarrollo de estas. En estos países, desde la integración de la subasta misma, se impone la condición de desarrollar

aplicaciones verticales; así también se permite asignar de manera directa espectro para las mismas. Incluso, Alemania asignará a las partes interesadas espectro para uso industrial, sin necesidad de una subasta. (DPL, 2019)

Por su parte en Estados Unidos de América, AT&T está desarrollando aplicaciones verticales en sectores como el energético, educativo, ventas y fabricantes de baterías. Adicionalmente, en el 2020 y por medio de uno de sus *carriers*, inició una estrategia para impulsar soluciones en 14 industrias más, promoviendo soluciones M2M y aplicaciones móviles.

5.2 Compartición de espectro y gestión dinámica de acceso a recursos

El modelo de negocio tradicional de las redes móviles está centrado en los operadores que adquieren licencias para el uso del espectro radioeléctrico, construyendo su propia infraestructura y controlando la asignación de recursos en función de las necesidades demandadas. En la actualidad este modelo se enfrenta a la oportunidad de cambiar y evolucionar de modo que pueda enfrentar los diferentes retos (económicos, tecnológicos, regulatorios) que la innovación trae consigo, que está generando cambios radicales en las comunicaciones móviles terrestres. Uno de los principales retos que enfrenta consiste en incrementar su capacidad para dar respuesta a la creciente demanda de nuevos servicios. Para atender a este desafío, los operadores están implementando una actualización tecnológica que les permita a sus redes actuales evolucionar hacia los sistemas 5G, disminuyendo la cobertura de las celdas actuales (incrementado con esto la densidad de usuarios) en las zonas de cobertura y/o haciendo uso de nuevas bandas del espectro. Así mismo, también se está haciendo uso de la banda de 600 MHz, sobre todo para atender necesidades de cobertura.

El modelo actual también enfrenta la problemática de que los ingresos promedio por usuario no presentan incrementos, llegando incluso en algunos países a decrementarse. Con tasas de cobertura en muchos países cercana o por arriba al 90%, la viabilidad del modelo tampoco puede basarse en la incorporación de nuevos subscriptores. En varios países, la cobertura de servicios de comunicación móvil en zonas rurales también ha sido un tema pendiente por atender bajo este mismo modelo. (Hernández, 2023)

Las ventajas y características de los esquemas de acceso dinámico al espectro han sido abordadas en diversos estudios (Martínez Cruz, et al., 2017), donde se enlistan las ventajas y beneficios que estas presentan. Partiendo del hecho de que las redes 5G posibilitarán el desarrollo de esquemas de compartición de recursos (no solo el espectral), se presentan retos y oportunidades desde el punto de vista regulatorio.

Dentro de las mejoras tecnológicas que brinda 5G, estas redes ofrecen adicionalmente la posibilidad de desarrollar aplicaciones verticales bajo la misma red, haciendo uso del *network slicing*. Las aplicaciones verticales permiten la asignación de recursos de acuerdo con los requerimientos de cada caso particular, incluyendo diferentes demandas de tráfico, latencias mínimas, disponibilidad y consumo de energía, entre otros. Una manera de distribuir los recursos de la red a los diferentes

segmentos del espectro dedicados para aplicaciones verticales es hacerlo mediante una asignación fija. De este modo cada red segmentada contará con una cantidad fija de recursos para satisfacer los requerimientos de la aplicación vertical específica. Sin embargo, esto puede llevar a ineficiencias en el uso de los recursos. Una alternativa que permita alcanzar una mayor eficiencia debe contemplar un mecanismo de asignación dinámica de recursos. Esta asignación dinámica consiste en contar con esquemas flexibles de acceso a los recursos, de modo que se pongan a disposición en el momento en que son necesarios y se pueden reasignar cuando ya no requieran.

Los operadores de las redes segmentadas (*tenants*), pueden adquirir recursos espectrales de los operadores tradicionales o acceder a estos recursos por los medios que la regulación permita. Desde el punto de vista regulatorio, el uso de NS para el desarrollo de aplicaciones verticales se presenta como una oportunidad para desarrollar soluciones específicas para el mercado y explorar nuevas estrategias para la asignación de licencias de uso espectral. Los retos que esto implica dependen de la regulación presente en cada país, de las condiciones de cobertura, así como las condiciones que las concesiones vigentes presentan, que pudieran favorecer u obstaculizar el desarrollo de las aplicaciones verticales.

La estrategia de compartición de activos es considerada como la manera más eficiente para compartir costos, de acuerdo con lo establecido por la OCDE (OECD/IDB, 2016). Dentro de los activos a compartir se incluyen los recursos espectrales.

De acuerdo con las características de implementación y operación de una red segmentada, una empresa que integra una red segmentada tiene la alternativa de gestionar por sí misma su red, o ceder esta gestión a una empresa especializada para que lo lleve a cabo. Esta segunda alternativa pudiera ser la que mejores perspectivas presenta, ya que permitiría que la empresa enfocara recursos y esfuerzos al 100% a su modelo de negocio, y hacer uso de los recursos de la red en un esquema similar al NaaS (*Network as a Service*).

En este sentido, un escenario para el desarrollo de aplicaciones verticales puede incluir a un proveedor único de infraestructura, incluyendo espectro, y un conjunto de Operadores Móviles Virtuales (OMV), que adquieren los recursos para dar servicios a los usuarios finales. Los OMV adquieren capacidad de parte del operador y la comercializan. Como parte de las estrategias de promoción de redes segmentadas, los OMV pueden impulsar las aplicaciones verticales también, desarrollando mecanismos que permitan la compartición dinámica de recursos (incluido el espectro) con su proveedor de capacidad y se convierta en el ente que gestiona la red segmentada para las industrias.

No obstante que la implementación de redes segmentadas mediante NS haciendo uso de esquemas estáticos de asignación de recursos presenta ciertos beneficios, los modelos estáticos no pueden alcanzar el nivel de eficiencia que las estrategias dinámicas pudieran proporcionar. Esto es, los modelos de compartición presentados (Tabla 4) contemplan condiciones preestablecidas y negociadas con antelación, donde las partes involucradas definen específicamente la fracción

asignada de los recursos. Es decir, se determina la cantidad de espectro asignada para cada red segmentada en particular. Esta asignación estática de los recursos puede representar un obstáculo al uso eficiente de éstos. Por ejemplo, en un escenario de asignación estática de recursos, si un usuario demanda diferentes cantidades de espectro en cierto intervalo de tiempo, y el proveedor le asigna siempre una cantidad fija (normalmente la cantidad máxima), entonces se generarían condiciones de uso ineficiente en aquellos momentos que la demanda de recursos necesarios sea menor a la proporcionada. En un esquema de gestión dinámica, los recursos no utilizados pudieran ser asignados a otros usuarios que los pudieran requerir.

De este modo, las estrategias de compartición dinámica de recursos se presentan como un elemento clave en el desarrollo de las redes segmentadas que hacen uso de NS para el desarrollo de aplicaciones verticales. Por lo anterior, y con el objeto de alcanzar los beneficios que las redes 5G ofrecen, es necesario que se fortalezca la flexibilidad en la gestión de los recursos mediante la implementación de una asignación dinámica de recursos dentro de la banda concesionada para la operación de una red de telecomunicaciones.

La compartición dinámica espectral presenta una oportunidad para habilitar el acceso al espectro a nuevos usos y aplicaciones, permitiendo al mismo tiempo incrementar la eficiencia en su uso. Esto requiere de una revisión y planeación detallada del proceso de implementación, considerando estrategias y mecanismos para mitigar las interferencias a los usuarios primarios. El marco jurídico actual en México impide la operación de esquemas que incluyen mecanismos de compartición espectral como el CBRS que opera en EE. UU.

Adicionar una estrategia de compartición de espectro para las concesiones vigentes no es un tema menor. Sin embargo, dado el entorno de innovación y evolución tecnológica se presenta una oportunidad para analizar junto con los concesionarios, las ventajas y desventajas de la implementación de estos mecanismos. Se deben analizar estrategias que estimulen la compartición de espectro a los tenedores actuales de concesiones, por medio de acciones que promuevan la inversión y la penetración de servicios móviles de calidad. Si bien los concesionarios podrían ver en su concesión un recurso habilitador de utilidades que no desearan compartir, estrategias como la disminución en los pagos anuales de derechos, disminución de la carga regulatoria o la implementación de esquemas piloto que muestren los beneficios que la compartición y acceso dinámico ofrecen, pueden ser recursos y estrategias que impulsen estas acciones.

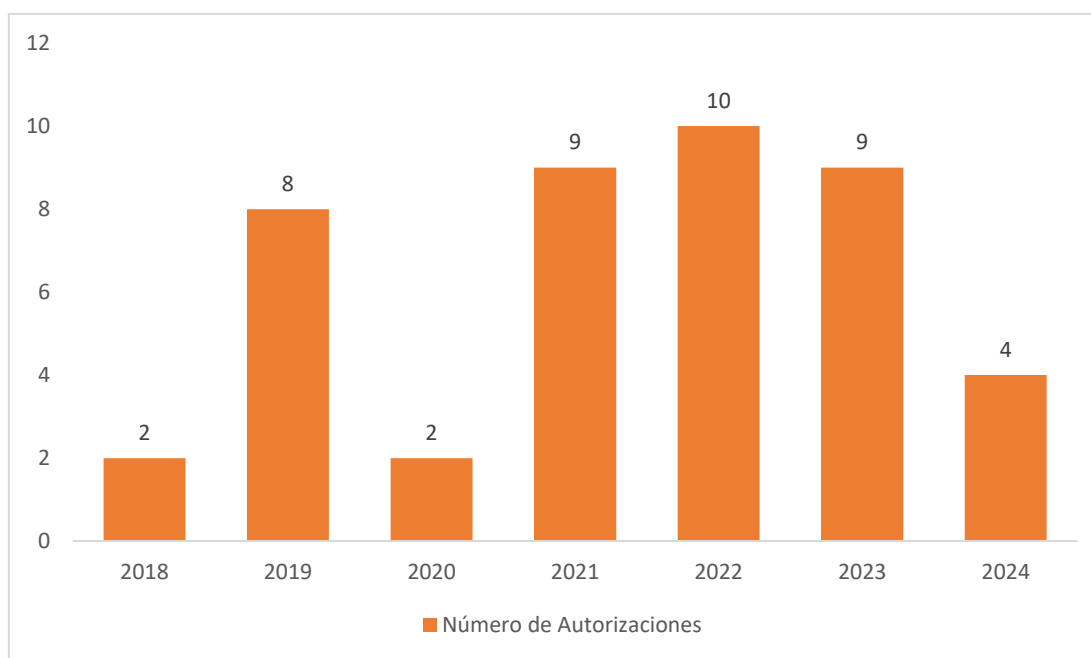
Desde el Instituto se pueden promover estrategias de compartición de espectro en las bandas utilizadas por el gobierno (en bandas que no sean de seguridad nacional), y que previo estudio y análisis se validara la viabilidad del desarrollo de estrategias de compartición espectral. La asignación exclusiva no necesariamente implica que se hará uso de toda la capacidad del medio, mientras que su compartición tampoco representará necesariamente una degradación del servicio primario implementado. Analizar la conveniencia de llevar a cabo concesiones locales y regionales cuando el uso y aplicación no requiera necesariamente una cobertura nacional se presenta como otro insumo para llevar a cabo una concesión eficaz.

6. Propuesta del Comité 5G para la modificación de ley y recomendaciones del VII CCIFT

Como se mencionó en el numeral 2.1, en el contexto nacional, actualmente los interesados en operar una red privada móvil cuentan con mecanismos para el acceso al espectro radioeléctrico. Entre estos, la concesión para uso privado con fines de radiocomunicación privada, que como ya se ha mencionado, está sujeta a un proceso de licitación pública, o bien la autorización de uso secundario o la figura de arrendamiento de espectro radioeléctrico, previa autorización del Instituto.

Sobre el uso secundario, a la fecha el Instituto ha emitido 44 constancias de autorización para el uso y aprovechamiento de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para uso secundario. En la gráfica 2, se muestra el histórico de autorizaciones de uso secundario emitidas por año.

Gráfica 1. Autorizaciones para el uso y aprovechamiento de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para uso secundario 2018-2024²⁰



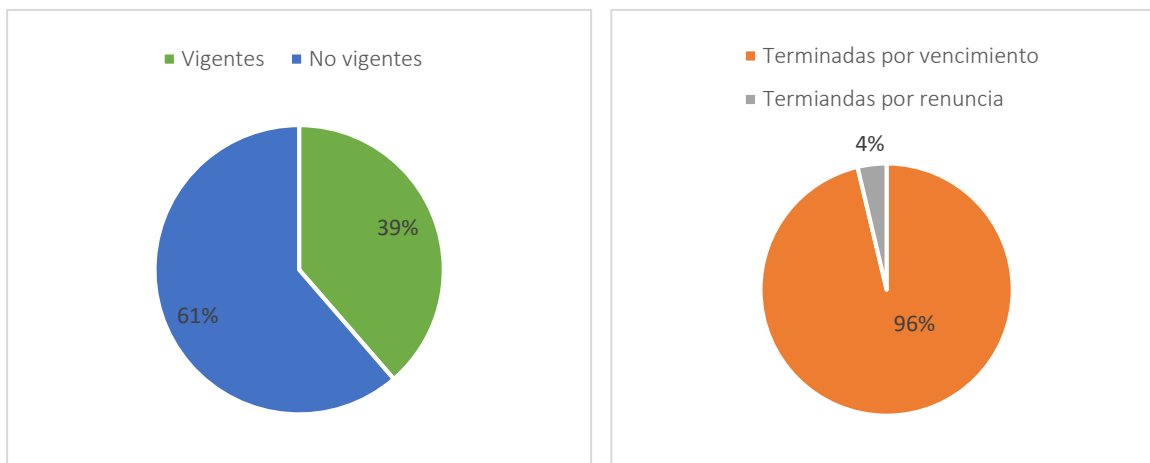
Fuente: elaboración propia con información de (RPC, 2024)

En la gráfica 3a), se puede apreciar que únicamente el 39% de las autorizaciones se encuentran vigentes. Por lo que hace al término de la vigencia, en la gráfica 3b) se muestra que en el 96% de los

²⁰ Información al 13 de junio de 2024.

casos se dio fin debido a la finalización del periodo de vigencia otorgado, resaltando que sólo en el 4% de las autorizaciones se presentó una renuncia.

Gráfica 2. Autorizaciones vigentes y no vigentes



3 a)

3b)

Fuente: elaboración propia con información de (RPC, 2024)

Este escenario pareciera poco claro para indicar si en este momento existe una demanda importante o no de espectro radioeléctrico para la operación de redes privadas móviles, lo cierto es que el Instituto ha establecido un marco normativo, a través de la figura de autorización para uso secundario, que ha permitido el otorgamiento de licencias de espectro para redes privadas móviles.

No obstante, el fenómeno conocido como *nearshoring* que consiste en la externalización de una empresa al transferir parte de su producción a terceros que, a pesar de ubicarse en otros países, están localizados en destinos cercanos al mercado de Norte América y con una zona horaria semejante (Reuters, s.f.), podría potenciar la demanda de espectro radioeléctrico para la operación de redes privadas móviles, particularmente en las zonas fronterizas de nuestro país.

Así las cosas, México tiene una oportunidad histórica para llevar al siguiente nivel a la industria tecnológica en su territorio, de acuerdo con datos del Consejo de Empresas Globales, el *nearshoring* podría generar entre 2 a 4 millones de empleos en territorio mexicano para 2030, recibiendo entre 30 y 50 mil millones de dólares anuales. (Globales, 2023)

En consecuencia, resulta de suma importancia que el Instituto prevea otros mecanismos para que los sectores industriales interesados en acceder a espectro radioeléctrico para la operación de redes privadas móviles, lo puedan hacer en condiciones que aseguren el uso más eficiente de dicho recurso.

En tenor de lo anterior, el Comité 5G a través de la mesa de trabajo 1, elaboró las “Propuestas de modificación al marco regulatorio de las concesiones de uso privado”. La propuesta concretamente consiste en la modificación al Título cuarto, Régimen de Concesiones, Capítulo III, De las Concesiones del Espectro Radioeléctrico y los Recursos Orbitales de la LFTR en los siguientes términos:

Artículo	Texto actual	Texto propuesto para la modificación	Justificación
76	<p>Artículo 76. De acuerdo con sus fines, las concesiones a que se refiere este capítulo serán:</p> <p>I. Para uso comercial: (...)</p> <p>II. Para uso público: (...)</p> <p>III. Para uso privado: Confiere el derecho para usar y aprovechar bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico de uso determinado o para la ocupación y explotación de recursos orbitales, con propósitos de:</p> <p>a) Comunicación privada, o</p> <p>b) Experimentación, comprobación de viabilidad técnica y económica de tecnologías en desarrollo, pruebas temporales de equipo o radioaficionados, así como para satisfacer necesidades de comunicación para embajadas o misiones diplomáticas que visiten el</p>	<p>Artículo 76. De acuerdo con sus fines, las concesiones a que se refiere este capítulo serán:</p> <p>I. Para uso comercial: (...)</p> <p>II. Para uso público: (...)</p> <p>III. Para uso privado: Confiere el derecho para usar y aprovechar bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico de uso determinado o para la ocupación y explotación de recursos orbitales, con propósitos <u>de comunicación privada</u>, experimentación, comprobación de viabilidad técnica y económica de tecnologías en desarrollo, pruebas temporales de equipo o radioaficionados, así como para satisfacer necesidades de comunicación para embajadas o misiones</p>	<p>Al proponerse un mismo mecanismo de asignación para todo tipo de concesiones para uso privado, resulta innecesaria la separación de los propósitos de comunicación privada del resto de los propósitos de las concesiones para uso privado, de la misma forma en que se establece en el artículo 67, fracción III para las concesiones únicas para uso privado. En su caso, la diferencia entre cada uno de los propósitos, así como los requisitos para su obtención, se establecerán por el Pleno del Instituto en los <i>Lineamientos para el otorgamiento de las concesiones a que se refiere el Título Cuarto de la Ley Federal de</i></p>

Artículo	Texto actual	Texto propuesto para la modificación	Justificación
	país. En este tipo de concesiones no se confiere el derecho de usar, aprovechar y explotar comercialmente bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico de uso determinado ni de ocupar y explotar recursos orbitales, y IV. Para uso social: (...)	diplomáticas que visiten el país. En este tipo de concesiones no se confiere el derecho de usar, aprovechar y explotar comercialmente bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico de uso determinado ni de ocupar y explotar recursos orbitales, y IV. Para uso social: (...)	<i>Telecomunicaciones y Radiodifusión.</i>
78	Artículo 78. Las concesiones para el uso, aprovechamiento o explotación del espectro radioeléctrico para uso comercial o privado, en este último caso para los propósitos previstos en el artículo 76, fracción III, inciso a), se otorgarán únicamente a través de un procedimiento de licitación pública previo pago de una contraprestación, para lo cual, se deberán observar los criterios previstos en los artículos 6o., 7o., 28 y 134 de la Constitución y lo establecido en la Sección VII del Capítulo III del presente Título, así como los siguientes: (...)	Artículo 78. Las concesiones para el uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico para uso comercial se otorgarán únicamente a través de un procedimiento de licitación pública previo pago de una contraprestación, para lo cual, se deberán observar los criterios previstos en los artículos 6o., 7o., 28 y 134 de la Constitución y lo establecido en la Sección VII del Capítulo III del presente Título, así como los siguientes: (...)	Se elimina “o privado, en este último caso para los propósitos previstos en el artículo 76, fracción III, inciso a),” con el objetivo de acotar los efectos del artículo 78 referente a los procedimientos de licitación pública de espectro radioeléctrico, únicamente a las concesiones para uso comercial y ya no a las de uso privado con propósitos de comunicación privada.

Artículo	Texto actual	Texto propuesto para la modificación	Justificación
82	<p>Artículo 82. El espectro radioeléctrico para uso privado para los propósitos previstos en el artículo 76, fracción III, inciso b), se concesionará directamente sujeto a disponibilidad, hasta por un plazo improrrogable de dos años, excepto cuando se trate de radioaficionados, en cuyo caso se podrán otorgar hasta por cinco años prorrogables conforme lo establecido en el Capítulo VI de este Título. En cualquier supuesto, serán intransferibles las concesiones a que se refiere este artículo.</p> <p>Los lineamientos para el otorgamiento de la concesión a los que se refiere este artículo serán establecidos por el Instituto, mediante reglas de carácter general sobre la base de resolver la solicitud en el orden en que se hubiere presentado e incluirán el pago previo de una contraprestación a favor del Gobierno Federal en términos de la presente Ley.</p>	<p>Artículo 82. El espectro radioeléctrico para uso privado se concesionará directamente sujeto a disponibilidad, hasta por un plazo improrrogable de dos años, excepto cuando se trate <u>de comunicación privada, que se podrá concesionar hasta por diez años, y de radioaficionados, en cuyo caso se podrán otorgar hasta por cinco años, ambos plazos</u> prorrogables conforme lo establecido en el Capítulo VI de este Título. En cualquier supuesto, serán intransferibles las concesiones a que se refiere este artículo.</p> <p>Los lineamientos para el otorgamiento de la concesión a los que se refiere este artículo serán establecidos por el Instituto, mediante reglas de carácter general sobre la base de resolver la solicitud en el orden en que se hubiere presentado e incluirán el pago previo de una contraprestación a favor del Gobierno Federal en</p>	<p>Se elimina “para los propósitos previstos en el artículo 76, fracción III, inciso b),” a efecto de no hacer distinciones entre los diversos propósitos de las concesiones para uso privado y así extender los efectos del concesionamiento directo a las concesiones para uso privado con propósitos de comunicación privada.</p> <p>Asimismo, se establece un plazo para las concesiones de uso privado con propósitos de comunicación privada de hasta diez años, prorrogables.</p>

Artículo	Texto actual	Texto propuesto para la modificación	Justificación
		términos de la presente Ley.	

En el mismo sentido, el VII Consejo Consultivo del IFT se pronunció a través de la “Opinión que emite el VII Consejo Consultivo del Instituto Federal de Telecomunicaciones sobre la evolución de las redes privadas, retos legales y regulatorios²¹” (CCIFT, 2023). En dicho documento, el CCIFT resalta algunas problemáticas asociadas al marco normativo para la asignación de espectro radioeléctrico para redes privadas móviles, entre estas:

- La incompatibilidad con el marco legal, especialmente con respecto a la necesidad de un proceso licitatorio (artículos 69 y 78 de la LFTR) cuando se asigna espectro radioeléctrico. Bajo el entendimiento generalizado, si se plantea una asignación de espectro para el desarrollo de redes privadas con procedimientos distintos a la licitación, se estaría en abierta contradicción con el artículo 78 primer párrafo y fracción I de la LFTR;
- La necesidad de contar con un plazo largo preestablecido para utilización del espectro, para con ello dar certidumbre a las inversiones. Las concesiones pueden darse hasta por 30 años, con posibilidad de prórroga. Un plazo tan largo podría ser innecesario para muchos proyectos asociados a redes privadas, especialmente con la velocidad del cambio tecnológico, por lo que probablemente los plazos deberían estar asociados a criterios basados en variables objetivas (p.ej., inversión, amortización, relevancia al proceso para el cual se pretende construir una red privada, etc.). Asimismo, cualquier concesión debe estar sujeta a condiciones de terminación anticipada (p.ej., *use it or lose it*);
- El potencial conflicto o riesgo de interferencias perjudiciales con otros usos y usuarios actuales por el interés manifestado para la identificación de bandas específicas para uso empresarial (uso privado para comunicación privada);
- En caso de arrendamiento de espectro, existiría dependencia de la concesión de un tercero, lo que disminuye la certeza a las inversiones, a los plazos y a las interferencias;
- Eficiencia espectral y administración eficiente del uso del espectro; licitaciones que otorgan uso exclusivo impiden el acceso de terceros interesados al uso del espectro, lo que puede llevar a un uso ineficiente del recurso;
- Utilización de redes existentes (operadores actuales) y casos en los que no es posible o no satisfacen adecuadamente las necesidades demandadas por el usuario potencial de una red

21

Disponible en: https://consejoconsultivo.ift.org.mx/docs/recomendaciones/2023/opinion_sobre_la_evolucion_de_las_redes_privadas__retos_legales_y_regulatorios.pdf

privada; esto está íntimamente ligado a la existencia de potenciales reservas de mercado, que no deberían existir;

- Conflicto con derechos adquiridos. Cuando una red privada opera en uso secundario, generalmente puede zanjarse el conflicto potencial de derechos adquiridos, además de poder prevenir una gama importante de conflictos a través de condiciones técnicas (i.e., áreas de cobertura, límites de potencia, especificaciones de los equipos, entre otras);
- Posible conflicto con el precio (guante+derechos) del espectro. La motivación para desplegar una red privada no debe ser el arbitraje que podría existir debido al costo del espectro que pagan los operadores móviles y lo que pagarían por el uso del espectro. Sin embargo, la variable precio, dada la distorsión existente en el modelo de cobro por el uso del espectro en México, no debería inhibir el desarrollo de las redes privadas, ya que potencialmente podrán traer enormes beneficios en productividad como consecuencia de la transformación digital;
- Necesidad de información detallada actualizada en un sistema informático de administración del espectro (previsto en el artículo 62 de la LFTR), para así poder acceder a información oportuna para el diseño de redes e identificación del origen de posibles interferencias, e
- Importancia de la supervisión y resolución de conflictos. Dada la naturaleza de los dueños de las redes privadas, la supervisión de cumplimiento de condiciones puede ser, en la mayoría de los casos, relativamente laxa, ya que son los usuarios y propietarios de las redes que comparten espectro los que estarán proactivamente verificando que la red funciona correctamente. Sin embargo, esto sólo es eficiente si existe un proceso de recepción de quejas, resolución de conflictos e imposición de multas realmente expedito y certero. En caso contrario, será necesario que el IFT cuente con los recursos para llevar a cabo monitoreo y las verificaciones.

6.1 Contribución de las Mesas III y VI del Comité 5G. Despliegue de Redes Privadas 5G

En octubre de 2022, en colaboración de las Mesas de trabajo III. Aplicaciones y servicios vinculados a 5G (casos de uso e innovación tecnológica, y VI. Experimentación y pruebas con 5G, se publicó la contribución titulada *Despliegue de Redes Privadas 5G*. En este documento se analizan los diferentes mecanismos disponibles actualmente para la operación de redes privadas 5G, así como las áreas de mejora respectivas. Se presentan propuestas en el contexto de la creación de un marco regulatorio que permita identificar y asignar espectro radioeléctrico exclusivo para redes privadas 5G. (Cárdenas Moreno, 2022)

El documento se centra principalmente en dos mecanismos para utilizar el espectro radioeléctrico en redes privadas 5G: a través de los lineamientos de uso secundario y mediante una concesión de uso privado con fines de experimentación, en los términos de la LFTR.

Las propuestas contenidas en el documento consisten en la modificación de los Lineamientos de uso secundario, para contemplar la valoración y adición de otros elementos que faciliten el uso más eficiente de las concesiones de uso experimental, el uso de *sandboxes* regulatorios para pruebas y

experimentación de cualquier tipo de redes, y la creación de un marco regulatorio que permita identificar y asignar espectro exclusivo para redes privadas 5G.

6.1.1 Propuestas de mejora a través de los Lineamientos de Autorización de Uso Secundario

- **Mecanismos de asignación del espectro radioeléctrico.** Evaluar el otorgamiento de espectro para uso primario, brindando certidumbre jurídica a largo plazo para empresas, permitiendo servicios de mayor calidad y disponibilidad, sin afectaciones por interferencias, como lo requiere la tecnología 5G.
- **Acceso a diversas bandas de frecuencias.** Evaluar el otorgamiento de espectro radioeléctrico en casos donde el servicio buscado no coincida con la atribución del espectro establecida, permitiendo autorizaciones en áreas geográficas específicas sin riesgo de interferencias perjudiciales.
- **Ampliar la vigencia de las autorizaciones.** Contemplar una vigencia de hasta 20 años para las autorizaciones de actividades comerciales o industriales.
- **Brindar certeza jurídica a los autorizados en la solicitud de una posible prórroga.** Incorporar un articulado que garantice la posibilidad de prórroga por un plazo igual o mayor a la vigencia original.
- **Dar certeza jurídica a los autorizados respecto del posible otorgamiento de espectro bajo la modalidad de uso secundario dentro de la cobertura efectiva de los concesionarios de telecomunicaciones y/o radiodifusión.**
 - a. Evaluar el posible otorgamiento de espectro para autorizados que deseen operar dentro de la cobertura efectiva de un concesionario, garantizando la no interferencia mediante mecanismos de compartición de espectro.
 - b. Regular la coexistencia de una red privada con un concesionario ya establecido en la misma cobertura, asegurando una convivencia armoniosa.
- **Renovación de la autorización.** Establecer la opción de renovación automática al final de la vigencia, con la posibilidad de notificar al IFT si no se desea renovar.
- **Adición/modificación de frecuencias en las autorizaciones previamente otorgadas.** Permitir que se puedan solicitar/modificar frecuencias sobre una autorización originalmente concedida sin necesidad de tramitar una nueva.
- **Sistemas/aplicaciones de misión prioritaria.** Considerar un apartado especial para aquellos sistemas o aplicaciones industriales que sean indispensables para salvaguardar la integridad física de las personas y comunidades, así como para la protección y conservación del medio ambiente.

6.1.2 Propuestas de mejora a través de una concesión de uso privado con fines de experimentación

- **Acceso a diversas bandas de frecuencias.** Considerar la inclusión de distintas bandas de frecuencia para probar equipos de diferentes fabricantes o escenarios de pruebas variados.
- **Vigencia de la concesión.** Considerar la posibilidad de ampliar la vigencia de la concesión de uso experimental hasta por un plazo de 10 años.
- **Esquema de fácil transición a uso secundario.** Simplificar el proceso para obtener la autorización de uso secundario de las bandas de frecuencias, basándose en resultados exitosos de pruebas experimentales y utilizando informes de resultados como insumo para la valoración en dicho proceso.

6.1.3 Propuestas para la creación de un marco regulatorio que sustente las redes privadas

- **Unidades avaladas como verificadores, revisores, evaluadores de proyectos de implementación de tecnologías 5G en operaciones industriales.** Crear unidades especializadas en temas normativos y técnicos de tecnologías 5G para revisar y evaluar proyectos de implementación en industrias, garantizando la conformidad con los lineamientos técnicos.
- **Interoperabilidad entre las redes privadas y los servicios comerciales de redes 5G.** Establecer un marco normativo para regular la interoperabilidad entre redes privadas y públicas, definiendo derechos, obligaciones y condiciones técnicas para una integración eficiente.
- **Elaboración de un marco regulatorio que sustente las redes privadas e identifique diferentes bandas de frecuencias que las posibiliten.**
 - a. Crear un marco regulatorio que permita identificar y asignar espectro para el uso de redes privadas, y/o la modificación de la LFTR con el propósito de crear una concesión o autorización específica para redes privadas, con un marco regulatorio específico.
 - b. Analizar las siguientes bandas de frecuencias para la identificación de espectro dedicado a las redes privadas: 410-430 MHz, 450-470 MHz, Banda L (1427-1518 MHz), 2300 MHz, 2483.5-2495 MHz (B53), 2570-2620 MHz (2.6 GHz TDD), 3.7-3.8 GHz, una parte de 26 GHz y 28 GHz, entre otras.
- **Sandbox regulatorio.** Se recomienda analizar y utilizar el concepto de *sandbox* regulatorio para evaluar los requerimientos de los diferentes sectores de la economía, respecto de estas redes privadas y el mejor marco regulatorio a ser aplicado.

6.1.4 Propuestas sobre el ámbito administrativo del IFT

- **Interferencias externas por emisiones no autorizadas**
 - a. Agilizar la intervención de la Unidad de Cumplimiento del IFT para lograr la resolución de casos de interferencia prejudicial.

- b. En caso de afectación de sistemas de telecomunicaciones por interferencias externas provenientes de emisiones no autorizadas, permitir el ajuste transitorio de frecuencias en los equipos de los concesionarios o autorizados para no interrumpir las operaciones. Posteriormente en un plazo no mayor a 5 días naturales se notificaría al IFT de esta modificación.
- **Tiempos de respuesta del IFT.** Retomando las recomendaciones que emitió la OCDE en un estudio de 2017²² (OCDE, 2017) , se proponen las siguientes acciones:
 - a. Implementar un sistema interoperable de digitalización de trámites para compartir información entre unidades administrativas y evitar solicitar la misma información múltiples veces.
 - b. Mantener un sistema electrónico flexible que permita la adición de información al expediente conforme se realicen trámites.
 - c. Considerar el mapeo y posible reingeniería de los procesos de gestión interna de trámites para establecer un sistema digital de trámites interoperable, además de ofrecer opciones de pago en línea.

En tenor de lo anterior, el Instituto se encuentra en proceso de análisis de las recomendaciones del Comité 5G.

7. Conclusiones

Como se ha dado cuenta a lo largo del presente reporte, existen **diversos mecanismos y modelos de licenciamiento** para asignar espectro para la implementación de redes privadas móviles. Consistentemente y de acuerdo con los datos analizados, en 9 de los 10 países que conforman el top 10 en donde las empresas están desarrollando dichas redes, se cuenta con un marco normativo que les ha permitido acceder al recurso espectral. Al respecto, se hace énfasis respecto a que el marco regulatorio nacional para la asignación de espectro radioeléctrico para redes privadas, no es lo suficientemente flexible y por ello, tendría que ser revisado.

Ahora bien, de la experiencia internacional, también se da cuenta de que, por ejemplo, el Regulador de Qatar antes de emitir una licencia para redes privadas móviles, favorece que la empresa solicitante adquiera los servicios de un operador público de telecomunicaciones. Esto, por un lado, permite identificar por qué la oferta de los operadores tradicionales no estaría cubriendo las necesidades específicas de las industrias y cómo sí podría satisfacer dichas necesidades, en específico, desde el

²² Disponible en: <https://www.oecd.org/publications/estudio-de-la-ocde-sobre-telecomunicaciones-y-radiodifusion-en-mexico-2017-9789264280656-es.htm>

punto de vista regulatorio. Este escenario regulatorio pareciera esbozarse como una forma para conocer a profundidad las necesidades de las industrias/empresas solicitantes.

Otro elemento que se observó en el análisis de la experiencia internacional es que **la definición del tamaño de las áreas de servicio es fundamental para una potencial asignación del espectro**. Actualmente, el territorio nacional está dividido en 65 Áreas Básicas de Servicio, así como en 9 regiones PCS/Celulares, adicionalmente en la licitación IFT-12 en proceso, el Instituto consideró una nueva distribución geográfica de 320 zonas, cada una conformada por dos o más municipios o demarcaciones territoriales dentro del país. Aunado a lo anterior, en las autorizaciones de uso secundario se ha observado flexibilidad para la asignación del espectro radioeléctrico, conforme a los polígonos específicos requeridos por los solicitantes. No obstante, poder satisfacer la necesidad de espectro para redes privadas, la extensión de las áreas de la unidad básica de concesionamiento puede ser considerablemente menor a las definiciones utilizadas actualmente, por ejemplo, Ofcom otorga licencias de acceso local para ubicaciones únicas y bien delimitadas y licencias de acceso compartido en radios de 50 m. Otro ejemplo es el de CBRS en Estados Unidos que utilizó como bases de la licitación 105, las 85,000 zonas censales (*census tracts*), o el caso de Japón que otorga licencias locales para ubicaciones específicas en las que el solicitante debe comprobar la propiedad de dicha ubicación.

Por su parte, el caso de Australia destaca por su flexibilidad, ya que prevé que el licenciamiento se realice por bloques de frecuencia y zonas agrupadas en una sola licencia, capaces de adaptarse a diferentes tamaños de redes o topografías, además de que contempla diferentes servicios: banda ancha móvil inalámbrica, acceso inalámbrico fijo, redes privadas en áreas limitadas, redes de banda ancha inalámbrica dedicadas, el Internet de las cosas y las comunicaciones máquina a máquina. En este mismo sentido, Canadá decidió definir las áreas de licenciamiento de manera flexible, utilizando un sistema basado en vectores (*custom vector-based license areas*), de tal manera que las áreas de licenciamiento tendrían una frontera definida por el usuario y no estarían predeterminadas por ISED.

Por lo que hace al **método de asignación**, la mayoría de los países han recurrido a la **asignación directa** en la modalidad de primero en línea, primero en servicio. Solo dos países (EUA y Chile) eligieron asignar a través de licitación; específicamente el caso de Estados Unidos se ha concretado. Además, la posibilidad de asignación de espectro para la implementación de redes privadas móviles se dio de manera generalizada a través de la modificación de los marcos normativos existentes, motivados por la necesidad de crear acciones para la concreción de planes y programas de desarrollo digital, así como para promover la adopción de la industria 4.0. Así las cosas y de acuerdo al contexto nacional, si el Instituto plantea la asignación de recursos espectrales para operar redes privadas móviles a través de figuras diferentes a la licitación o autorización de uso secundario de espectro, se requeriría la adecuación del artículo 78 de la LFTR y otros artículos en concordancia con las modificaciones realizadas al 78.

Ahora bien, si se piensa en un esquema de licitación, pero con zonas geográficas considerablemente menores a las usuales, podría seguir existiendo un alto costo del espectro dado por la combinación

(guante, derechos). En consecuencia, será necesario observar el comportamiento de la industria interesada en adquirir espectro radioeléctrico en dicho esquema para servicios específicos.

Cabe señalar que, en la mayoría de los casos analizados, se identificó un costo por la emisión de la licencia, dicho costo está asociado con la cantidad de espectro asignado, por ejemplo, en Canadá se fijaron C\$1.80/MHz/km² en zonas urbanas, mientras que para zonas rurales el costo fue de C\$0.45/MHz/km²³; y para áreas remotas fue de C\$0.01/MHz/km²¹. En el caso del Reino Unido, el costo de las licencias de potencia media fue de £ 80²⁴ por cada 10 MHz para las bandas de 3.8-4.2 GHz y 2300 MHz. En Japón por su parte, los precios de las licencias pueden ir desde 360 yenes, hasta los 6400 yenes (3.3 a 58.7 USD), para la banda de 4.6 a 4.9 GHz, mientras que para la banda de 28.2-29.1 GHz van desde los 60 yenes hasta los 3100 yenes (0.6 a 28.5 USD).

Por otra parte, también se encontraron casos en los que el costo del espectro se compone de tarifas administrativas para recuperar los costos directos de la gestión del espectro y de impuestos anuales bajo el esquema de licencias, como el caso de Australia o en Alemania en donde el costo del espectro se determina a través de una fórmula en la que se asocia el ancho de banda, el periodo de asignación, el factor de banda y la superficie de la zona cubierta (por ejemplo, para la banda de 3.7 GHz, una licencia de 5 años y un área de cobertura de 10 km² es de 3,775 Euros y para 10 años es 6,550 Euros).

De lo anterior, se advierte que el “costo” del espectro asignado para redes privadas es mucho menor al costo del espectro que pagan los operadores de servicios públicos de telecomunicaciones en condiciones de licitación. No obstante, el espectro asignado para redes privadas móviles **no es gratuito** y requiere de observación y ajustes para poder asegurar que el costo es el correcto.

Aunado a lo anterior, no debe pasar por alto que, si bien el costo del espectro asignado para redes privadas es menor, el uso eficiente se asegura a través de la segmentación de las áreas en las que será usado dicho espectro. Por otro lado, se considera que el modelo que permite generar mayor recaudación por la asignación de espectro, pero que, al mismo tiempo, permite que la industria diferente a la tradicional de telecomunicaciones acceda a espectro para redes privadas es el modelo de licitación en el que las áreas geográficas son casi del tamaño localidades/condados.

Ahora bien, sobre el **tamaño de los bloques de espectro asignado**, en la mayoría de los casos se observó que los canales asignados tienen un ancho de banda en múltiplos de 5 MHz, esto debido a las características de los canales estándar para 5G, específicamente los canales van desde 5 MHz a 100 MHz para bandas por debajo de 6 GHz, y tamaños de canal de 50 MHz a 400 MHz en bandas por encima de 24 GHz, sin que para ello existe un límite respecto a la cantidad máxima de canales o licencias agregadas para crear zonas de cobertura mayores, -como en el caso de Australia-, más allá del total del espectro designado para tales efectos. Sin embargo, en Francia existe un tope de 100 MHz por empresa o institución situado entre 3.8 y 4.0 GHz, mientras que en el caso de la banda de

²³ El dólar canadiense se cotiza al 12 de julio de 2024 en 12.94 pesos M.N.

²⁴ La libra esterlina se cotiza al 12 de julio de 2024 en 22.90 pesos M.N.

26.5-27.4 GHz el tope por actor es de 800 MHz. En este sentido, también se observa que en el contexto nacional deberá existir algún mecanismo/criterio para determinar la cantidad de espectro que pudiera ser asignado a un solicitante, teniendo en mente el uso eficiente del recurso espectral.

Por otro lado, respecto al tema de flexibilidad regulatoria, pensar en esquemas regulatorios como los conocidos “*sandboxes*” resulta complejo en un país como el nuestro, principalmente porque dichos mecanismos requieren de “flexibilidad regulatoria” o “eliminación de cierta regulación” para favorecer la implementación de un proyecto que fue exitoso en su etapa de prueba. Ahora bien, dicha flexibilidad regulatoria debe estar siempre comprendida en el marco regulatorio aplicable, esto es, en lo establecido en la LFTR.

No obstante, el Comité 5G ha presentado algunas recomendaciones encaminadas a impulsar el desarrollo de estos escenarios de pruebas; estas recomendaciones pudieran ser la base para considerar la implementación de un *Sandbox* regulatorio para Telecomunicaciones, que esté dentro de las capacidades, competencia y alcance de la regulación actual.

No resulta óbice reiterar que el Instituto está obligado a administrar de la forma más eficiente posible el espectro radioeléctrico en un escenario por demás complejo, ya que los precios del bien del dominio público se encuentran 60% por encima del promedio internacional, ahora bien, el costo total del espectro está asociado con dos competentes, uno de ellos refiere al pago de derechos por el uso anual de dicho espectro y cuyo monto es fijado por el Congreso en turno, sin que el regulador pueda incidir en dicha determinación. Cualquier escenario de asignación de espectro radioeléctrico bajo esas condiciones se encuentra supeditado a un proceso de incertidumbre jurídica por parte de los solicitantes.

Al momento, el marco regulatorio existente ha dado respuesta a las necesidades de espectro radioeléctrico para redes privadas, pero a mediano plazo resulta necesario realizar varios ejercicios de consulta a los diferentes sectores de actividad económica y al público en general para conocer de mejor forma la demanda y a las industrias que, en su caso, estarían interesadas en adquirir espectro para operar sus propias redes de telecomunicaciones. Con esos insumos de información se estaría en la posibilidad de generar y proponer esquemas combinados como un proceso de licitación pública con áreas geográficas sustancialmente menores e incorporar la figura de coordinación de frecuencia automatizada a cargo de los licenciarios. Al mismo tiempo que se promueve un esquema de licencias de acceso local en las que se favorezca la utilización más eficiente del espectro licenciado a operadores tradicionales de telecomunicaciones.

A nivel mundial, aún es muy pronto para poder determinar qué mecanismos de asignación de espectro radioeléctrico ha dado los mejores resultados, primero porque las condiciones de cada país son esencialmente diferentes a nuestra realidad nacional. No obstante, se puede observar una generalidad en términos de asignar espectro radioeléctrico a través de la figura de licencias locales,

atendidas por orden de llegada y con vigencias flexibles con mediana de 6 años, con opciones a extensión sin garantía de una nueva asignación.

Finalmente, y con la intención de mejor proveer un mejor análisis se presenta la tabla resumen de la experiencia internacional analizada.

Tabla 5. Resumen de la experiencia internacional analizada

País	Esquema de licenciamiento	Bandas de frecuencias atribuidas	Vigencia de las licencias
Alemania	Licencias locales	3.7-3.8GHz 24.25-27.5 GHz	A elección del solicitante, sin embargo, todas las licencias expirarán el 31 de diciembre de 2040
Australia	Licencias de área amplia	3.4 - 4 GHz	Hasta el 13/12/2030
		24.7 - 25.1 o 25.1- 27.5 GHz	5 años (prorrogable)
Austria	Licencias locales	24.3-24.9 GHz	Hasta el 31/12/2046
Bélgica	Autorizaciones locales	3.8-3.84 GHz y 3.88-3.96 GHz	10 años
Canadá	Licencias locales no competitivas	3.90 – 3.980 GHz y bandas milimétricas (26 GHz, 28 GHz y 38 GHz)	1 año (renovable)
Chile (pospuesto)	Licencias locales	3.75 GHz-3.80 GHz 26 GHz	30 años
Dinamarca	Licencias locales	3.40-3.41 GHz 24.25-25.1 GHz	Hasta el 31/01/2042
Eslovenia	Licencias locales	2.30-2.32 GHz y 2.39-2.40 GHz 3.40-3.42 GHz	Hasta el 15/06/2041
España	Sin definición para las bandas 2.37-2.39GHz Licencias locales de <i>autoprestación</i> para parte de la banda de 26GHz	2.37-2.39 GHz 24.24-24.70 GHz 26 GHz	20 años con la posibilidad de prórrogas adicionales

País	Esquema de licenciamiento	Bandas de frecuencias atribuidas	Vigencia de las licencias
Estados Unidos de América	Licencias de acceso prioritario	3.55 - 3.65 GHz	10 años
Finlandia	Licencias locales	2.30-2.32 GHz 24.25-25.1 GHz 3.8-4.2 GHz	6 años para 2.30-2.32 GHz y 24.25-25.1 GHz Por definir para 3.8-4.2 GHz
Francia	Licencias locales	2.57 – 2.62 GHz	10 años
	Licencias locales de prueba	3.8 - 4 GHz 26.5 - 27.5 GHz	3 años
Japón	Licencias locales	4.6 - 4.8 GHz y 28 GHz	Máximo 5 años (prorrogable)
Países Bajos	Uso libre	1.780-1.785 GHz/ 1.875-1.880 GHz	
	Licencias locales	3.40-3.45 GHz y 3.75-3.80 GHz Propuesta: 26 GHz (banda)	20 años para 3.40-3.45GHz y 3.75-3.80 GHz Por definir para la banda de 26 GHz
Polonia	Licencias locales	3.8-4.2 GHz	Hasta el 31/12/2028
Reino Unido	Licencias de acceso compartido	1781.7-1785 MHz /1876.7-1880 MHz	Indefinido
	Licencias de acceso local	2.39-2.40 GHz 3.8-4.2 GHz 24.25-26.5 GHz	3 años (prorrogable)
Suecia	Uso libre	1.780-1.785 GHz/ 1.875-1.880 GHz	
	Licencias locales	3.720-3.800 GHz 24.25-25.1 GHz	Hasta el 31/12/2026
Suiza	Licencias locales	3.4-3.5 GHz	5 años

8. Bibliografía

5G, C., 2022. *Despliegue de Redes Privadas 5G*. [En línea]
Available at: https://comite5g.ift.org.mx/vendor/descarga_archivo.php?id_archivo=22631

5G, C., 2024. *Propuestas de modificación al Marco regulatorio de las Concesiones de Uso Privado*, s.l.: s.n.

Abellón, C. B., 2024. *gmv*. [En línea]
Available at: <https://www.gmv.com/es-es/node/228/printable/print>
[Último acceso: 27 junio 2024].

ACMA, 2020. *Applicant information pack Allocation of apparatus licences in the 26 GHz and 28 GHz*, s.l.: Australian Government.

ACMA, 2024a. *Area-wide licences in th 3.4-4.0 GHz band in remote areas*, s.l.: Australian Government.

ACMA, 2024b. *Product description Area-wide licences in the 3.4–4.0 GHz band in remote areas*. [En línea].

ACMA, 2024c. *Area-wide apparatus licensing in the 26 and 28 GHz bands*. [En línea]
Available at: <https://www.acma.gov.au/area-wide-apparatus-licensing-26-and-28-ghz-bands>

ACMA, 2024d. *Area-wide apparatus licensing in the 3.4–4.0 GHz band*. [En línea]
Available at: <https://www.acma.gov.au/area-wide-apparatus-licensing-34-40-ghz-band>

ADP, G., 2024. *GROUPE ADP*. [En línea]
Available at: <https://presse.groupeadp.fr/4g5g-network/?lang=en>

Anon., 2020. *5G private licences spectrum in Europe*, s.l.: 5G Observatory.

Anon., 2024. *Elevate México*. [En línea]
Available at: <https://www.elevatemexico.com/el-beneficio-de-las-redes-privadas-5g/>

Anon., 2024. *NECb*. [En línea]
Available at: https://www.nec.com/en/press/202011/global_20201106_01.html

Arcep, 2022. *Plataformas de experimentación 5G en la banda de 3,8 - 4,0 GHz para empresas e industrias*. [En línea]
Available at: <https://www.arcep.fr/mes-demarches-et-services/entreprises/fiches->

[pratiques/transformation-numerique-des-entreprises/plateformes-dexperimentation-5g-dans-la-bande-38-40-ghz-pour-les-entreprises-et-industriels.html](https://www.arcep.fr/pratiques/transformation-numerique-des-entreprises/plateformes-dexperimentation-5g-dans-la-bande-38-40-ghz-pour-les-entreprises-et-industriels.html)

Arcep, 2024a. *Panel de control de los experimentos industriales e innovadores de 5G en Francia*. [En línea]

Available at: <https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/experimentations-5g-en-france/tableau-de-bord-des-experimentations-5g-en-france.html#c20576>

Arcep, 2024b. *Ventana de atribución de frecuencias DDT de 2,6 GHz*. [En línea]

Available at: <https://www.arcep.fr/mes-demarches-et-services/entreprises/fiches-pratiques/transformation-numerique-des-entreprises/guichet-dattribution-des-frequences-de-la-bande-26-ghz-tdd.html>

Arcep, 2024c. *Mapa de Experimentos 5G*. [En línea]

Available at: <https://exp5g.arcep.fr/>

BNetzA, 2018. *Decision of the President's Chamber of the Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen of 26 November 2018 on the determinations and rules in detail (award rules) and on the determinations and rules for conduct of the*, Berlín: s.n.

BNetzA, 2023a. *Administrative rules for spectrum assignments for local spectrum usages in the 3700-3800 MHz band (Administrative rules for local broadband applications)*, s.l.: s.n.

BNetzA, 2023b. *Administrative rules for spectrum assignments for local broadband spectrum usages in the 24.25-27.5 GHz band*, s.l.: s.n.

BNetzA, s.f. *Securing private 5G networks*, s.l.: s.n.

Cárdenas Moreno, C. A., 2022. *Despliegue de Redes Privadas 5G*, s.l.: s.n.

Catalano, A., 2023. *TeleSemana.com*. [En línea]

Available at: <https://www.telesemana.com/blog/2023/01/17/espana-destina-una-parte-del-espectro-de-26-ghz-para-redes-privadas-mientras-telefonica-y-nokia-anuncian-solucion-de-altisima-velocidad/>

CCIFT, V., 2023. *Opinión que emite el VII Consejo Consultivo del IFT sobre la evolución de las redes privadas, retos legales y regulatorios*, s.l.: s.n.

Comunicaciones, M. I. d., 2019. *Directrices para la implementación local 5G*, s.l.: s.n.

Cullen, 2024. *Licences in France in the 2.6 GHz band*. [En línea]

Available at: <https://www.cullen-international.com/spectrum/licences/country/FR/band/2-6GHz?regionCode=EU#graphic>

Dano, M., 2020. CBRS spectrum auction maps: Who won what, and where. *LightReading*.

DITRDCA, 2020. *Radiocommunications Licence Conditions (Area-Wide Licence) Determination 2020*. [En línea]
Available at: <https://www.legislation.gov.au/F2020L00070/2020-11-25/text>

DITRDCA, 2023. *Radiocommunications Licence Conditions (Area-Wide Licence) Determination 2020*. [En línea]
Available at: <https://www.legislation.gov.au/F2020L00070/latest/text>

DPL, N., 2019. *DPL News*. [En línea]
Available at: <https://dplnews.com/alemania-asignara-espectro-local-5g-para-uso-industrial/>

empresas, T.-M. p., 2024. *T-mobile*. [En línea]
[Último acceso: 10 junio 2024].

Ericsson, 2020. *5G spectrum for local industrial networks*, s.l.: Ericsson White Paper.

Globales, C. d. E., 2023. [En línea]
Available at: <https://empresasglobales.com/wp-content/uploads/2023/06/Nearshoring-DIGITAL.pdf>

GSA, 2024a. *Private Mobile Networks*, s.l.: s.n.

GSA, 2024b. *Private Mobile Networks: Member report February 2024*, s.l.: s.n.

Hernández, C., 2023. *Telecomunicaciones Móviles al 1T-2023*, s.l.: The Competitive Intelligence Unit.

Herrera, P., 2024. *Spectrum for industrial 5G networks*, s.l.: Cullen International.

Kronegger, D., 2021. *Local licences in the 26 GHz band*, s.l.: Cullen International.

Kronegger, D., 2024. *Spectrum for local 5G networks*, s.l.: Cullen International.

Management, C., 2024. [En línea]
Available at: <https://container-mag.com/2020/10/21/antwerp-tests-and-develop-new-private-5g-network/>

Martínez Cruz, G., Castro Jaramillo, R. C. & Castañeda Álvarez, R., 2017. *IFT*. [En línea]
Available at: https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/tecnologiasdeaccesodinamicoyusocompartidodelespectro_0.pdf
[Último acceso: 2024].

Ministerio de Energía, T. y. A. D., 2017. *Boletín Oficial del Estado*. [En línea]
Available at: <https://www.boe.es/boe/dias/2017/03/08/pdfs/BOE-A-2017-2460.pdf>

Moreno, C. A. C., 2022. *Despliegue de redes privadas 5G*, s.l.: Comité Técnico en Materia de Despliegue de 5G en México.

MTT, 2019. *RESOLUCIÓN 2400 APRUEBA NORMA TÉCNICA QUE FIJA EL USO DE LA BANDA DE FRECUENCIAS 3.750 - 3.800 MHZ PARA LA INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y/O EXPLOTACIÓN DE SERVICIOS LIMITADOS DE TELECOMUNICACIONES QUE UTILICEN REDES INALÁMBRICAS CON TECNOLOGÍA DE QUINTA GENERAC*, Santiago de Chile: s.n.

MTT, 2024. *LEY 18168 LEY GENERAL DE TELECOMUNICACIONES*, Santiago de Chile: s.n.

NEC, 2024. *NEC*. [En línea]
Available at: <https://www.nec.com/en/global/insights/article/2021030002/index.html>

OCDE, 2017. *Estudio de la OCDE sobre telecomunicaciones y radiodifusión en México 2017*, París: OCDE.

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

Ofcom, 2022a. *Shared Access licence*, s.l.: s.n.

Ofcom, 2022b. *Local Access Licence*, s.l.: s.n.

Ofcom, 2024. *Statement: Enabling wireless innovation through local licensing*. [En línea]
Available at: <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/enabling-opportunities-for-innovation>

ONU, 2024. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. [En línea].

Ovando, C., 2019. Retos de la primera asignación de espectro radioeléctrico para 5G en México
Challenges of the first 5G radio spectrum assignment in Mexico. *STRATEGY, TECHNOLOGY & SOCIETY*, Volumen 9, pp. 32-59.

Platform, U. D. R., 2022. *Digital Regulation*. [En línea]
Available at: <https://digitalregulation.org/use-of-shared-spectrum-at-the-national-level/>
[Último acceso: 13 junio 2024].

Qatar, T. C. R. A., 2023. *Policy Statement on Private Mobile Networks Using 5G Technology*, s.l.: s.n.

RCRWirelessNews, 2024. *RCRWirelessNews*. [En línea]
Available at: <https://www.rcrwireless.com/20210201/5g/interview-telefonica-seeks-expand-5g-footprint-germany-2021>

Redes&Telecom, 2023. *El gobierno destina una parte de la banda de 26 GHz para redes privadas*. [En línea]
Available at: <https://www.redestelecom.es/infraestructuras/el-gobierno-destina-una-parte-de-la-banda-de-26-ghz-para-redes-privadas/>

Reuters, T., s.f. *Nearshoring: La solución actual para el comercio exterior*. [En línea]
Available at: <https://www.thomsonreutersmexico.com/es-mx/soluciones-de-comercio-exterior/blog-comercio-exterior/nearshoring-la-solucion-actual-para-el-comercio-exterior>

RPC, 2024. *Registro Público de Concesiones*. [En línea]
Available at: <https://rpc.ift.org.mx/vrpc/>
[Último acceso: 13 junio 2024].

Scaramuzzi, E., 2021a. *Private 5G networks growing in Japan*, s.l.: Cullen International.

Scaramuzzi, E., 2021b. *Who is deploying private 5G networks, and why?*, s.l.: Cullen International.

VII Consejo Consultivo del IFT, 2023a. *Opinión que emite el VII Consejo Consultivo del Instituto Federal de Telecomunicaciones sobre la evolución de las redes privadas, retos legales y regulatorios*, s.l.: s.n.

Xin, L. y otros, 2017. Network Slicing for 5G: Challenges and Opportunities. *IEEE Internet Computing*, 21(5), pp. 20-27.