

Informe de estandarización y despliegue de 5G

Una iniciativa de



**MOBILE
WORLD CAPITAL
BARCELONA**



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

red.es

Sobre ON5G

El Observatorio Nacional 5G (ON5G) es una iniciativa público-privada impulsada por Mobile World Capital Barcelona, la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales y Red.es con el objetivo de analizar el ecosistema 5G en España e identificar a sus principales actores, así como las iniciativas en desarrollo a nivel nacional e internacional. El ON5G comparte conocimiento a través de informes, mejores prácticas y eventos, todo ello para avanzar en la creación e impulso del ecosistema 5G en España

Una iniciativa de



Aviso legal y derechos de autor

Este informe ha sido elaborado por expertos independientes y dirigido por el Observatorio Nacional 5G. El contenido del informe representa las opiniones de los autores.

Reservados todos los derechos. Se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras y no se realice ninguna modificación de las mismas.

Madrid © Observatorio Nacional 5G 2020

Índice

1	Introducción a los servicios 5G	8
2	Regulación y uso del espectro radioeléctrico	16
	El marco regulatorio del espectro radioeléctrico	17
	La gestión del dominio público radioeléctrico	17
	Atribución, adjudicación y asignación de frecuencias	19
	El Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)	20
	Servicios Móviles e IMT en entorno Unión Internacional de Telecomunicaciones	21
	La influencia de la propagación radioeléctrica en las distintas bandas de frecuencia	22
	Necesidades de espectro para servicios móviles 5G	24
	Mecanismos de asignación del espectro radioeléctrico	26
	Mercado secundario del espectro	33
	Mutualización de los derechos de uso del dominio público radioeléctrico	34
	Provisión de servicios mayoristas relevantes	34
	Acaparamiento de recursos de dominio público radioeléctrico	35
	Compartición de espectro	35
	Espectro de uso común (Autorización general)	36
	Bandas de frecuencias candidatas para su uso 5G	37
	Políticas públicas y regulación	42
	Aspectos de Seguridad 5G	55
	Regulación relativa a la neutralidad de la red	59
	Planes nacionales sobre 5G	60
	España	60
	Unión Europea	61
	Comité Europeo de Comunicaciones Electrónicas (ECC)	67
	Alemania	70
	Francia	71
	Reino Unido	72
	Consideraciones generales sobre gestión del espectro	72

Estado actual de las asignaciones de espectro en bandas 5G	74
España	74
Alemania	75
Francia	76
Reino Unido	77
Italia	78
Portugal	79
Resumen comparativo de las asignaciones de espectro en los principales países europeos	80
Asignaciones de frecuencias 5G en otros países a nivel mundial	85
Impacto de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de noviembre de 2019	90
CMR en su punto 1.13.	90
3 Normalización técnica de la tecnología 5G	92
Actores que influyen en la normalización técnica del 5G	94
Principales organismos de normalización en relación al 5G	94
Organismos nacionales de Estados Unidos, China, Corea del Sur y Japón	96
Impulso a la Normalización técnica desde la Comisión Europea	97
Descripción del proceso de normalización técnica de 5G	99
Descripción de la evolución del proceso de normalización 5G	99
Evolución esperada: Release 17 y siguientes	105
Resumen hoja de ruta normalización técnica de 5G	106
Evolución de la tecnología: desde 4G a la Release 17	107
Propiedad Intelectual, royalties y patentes esenciales	110
Propiedad intelectual y patentes 5G	110
Procedimientos de fijación de royalties	114
Relación entre las bandas de frecuencia candidatas para 5G y normas técnicas	115
4 Despliegue de redes 5G	116
Planes de despliegue y estado actual del despliegue 5G en España	117
Proveedores de red móvil por operador en España	118
Comparativa de precios y terminales móviles disponibles en el mercado español	119
Pilotos 5G. Experiencias relevantes en España	119
Resumen del estado del despliegue 5G en España	121
Principales despliegues 5G en la UE	122
Alemania	122
Francia	122

Italia	123
Reino Unido	123
Otros despliegues relevantes en Europa	124
Resumen del estado del despliegue 5G en los principales países de la UE	126
Estado del despliegue 5G en otros países en el mundo	128
Estados Unidos	128
China	129
Corea del Sur	130
Japón	131
Otros países	131
Resumen comparativo estado de despliegue 5G	132
Despliegue en las ciudades 5G y corredores digitales transfronterizos identificados en la UE	133
Ciudades 5G	133
Corredores digitales transfronterizos	137
Problemática asociada al despliegue de redes 5G	138
Problemática de carácter general	138
Problemática específica	140
Resumen de problemática relacionada con el despliegue	142
Importancia de la coordinación de hojas de ruta para el despliegue	144
Variedad de verticales y despliegues	144
Impacto del coste del espectro en el despliegue.	155
Integración con otros servicios. Contribución de otras redes de radiocomunicaciones al despliegue de infraestructuras 5G (fibra óptica y satélite)	158
Importancia de disponibilidad de fibra óptica	158
Contribución de soluciones basadas en sistemas de satélites	160
5 Conclusiones	166
Disponibilidad de espectro	167
Normas técnicas	168
Despliegue	168
Políticas públicas	169
Fuentes de información, metodología y agradecimientos	170
Fuentes de Información consultadas	171
Metodología aplicada en la elaboración del Informe	179
Abreviaturas y acrónimos	182
Agradecimientos	185



Introducción a los servicios 5G

Introducción a los servicios 5G

Este Informe se elabora por el Observatorio Nacional de 5G (ON5G), plenamente consciente de la importancia de los aspectos relativos a la regulación del uso del espectro para 5G tanto en lo relativo a disponibilidad de espectro así como la regulación aplicable para su uso. Igualmente, se aborda la relevancia que tienen la disponibilidad de normas técnicas industriales de las tecnologías asociadas al 5G así como la importancia de analizar y comprender la problemática asociada a la introducción de nuevas redes de comunicaciones electrónicas vía radio.

El Informe está elaborado en el marco del alcance de las competencias del Observatorio Nacional de 5G (ON5G), como una iniciativa público-privada MWCcapital, Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital y Red.es con el objetivo de analizar el ecosistema 5G en España, identificar a sus principales actores, así como las iniciativas en desarrollo a nivel nacional e internacional. El ON5G comparte conocimiento a través de informes, mejores prácticas y eventos, todo ello para avanzar en la creación e impulso del ecosistema 5G en España. El ON5G tiene como actividad la publicación de informes y dossiers periódicamente, así como en la celebración de reuniones, sesiones de trabajo y un evento anual que reúne a los actores más relevantes del ecosistema del 5G.

Este Informe específico trata sobre regulación de espectro, normalización técnica y despliegue de redes 5G y tiene además un alcance internacional e incluye en su análisis los siguientes países:

- **España y resto de Europa.** El Informe aborda el conjunto de los países de la Unión Europea. El análisis cubre detalladamente los países líderes o más importantes desde el punto de vista económico y de población: España, Alemania, Francia, Reino Unido, Italia
- **Otros países: Estados Unidos, China, Japón y Corea del Sur.** La información y el análisis también incluye a estos cuatro países que son especialmente relevantes en la normalización técnica y el despliegue de 5G.

Tal como opina BEREC (*Body of European Regulators for Electronic Communications*)¹, las generaciones de red anteriores se han diseñado como redes de comunicación de uso general con capacidades de diferenciación limitadas en casos de uso. Se espera que 5G cree un ecosistema para la innovación técnica y comercial que involucre mercados verticales como energía, agricultura, administración de la ciudad, gobierno, atención médica, fabricación o transporte público, por citar algunos campos de aplicación. También se prestarán servicios a un campo más amplio de aplicaciones con requisitos que van desde alta fiabilidad de red hasta latencia ultrabaja o aplicaciones que demanden un gran ancho de banda y movilidad.

¹ Opinión de BEREC (Cuerpo de Reguladores Europeos)

Asimismo, SETELECO prevé que la tecnología 5G no sólo constituye el nuevo paradigma de las comunicaciones inalámbricas, sino que será el componente tecnológico esencial en la transformación digital de la sociedad y de la economía en los países más avanzados, durante la próxima década. El internet de las cosas, el “big data”, la robótica, la realidad virtual o la ultra alta definición convivirán gracias a la tecnología 5G, como principales soluciones que habilitarán la transformación digital.

También apunta BEREC que es probable que el ecosistema 5G se convierta en la piedra angular de la conectividad digital, que es un importante impulsor del crecimiento económico y que satisface las necesidades sociales. Muchos de los servicios y casos de uso 5G propuestos y sus respectivos proveedores son parte de un mercado vertical particular (es decir, servicios que son específicos de una industria o un grupo de clientes), algunos de los cuales han sido ampliamente clasificados por la Asociación Público Privada de Infraestructura 5G (5G-PPP) como ‘verticales’, pero que BEREC considera empresas con requisitos de conectividad. Se espera que las empresas con requisitos de conectividad y las industrias verticales sean el principal impulsor de hacer sostenible el ecosistema 5G. Dado que la tecnología 5G está diseñada para admitir una amplia gama de casos de uso, es probable que el ecosistema 5G sea más amplio que las generaciones anteriores de sistemas de comunicaciones móviles, ya que las necesidades de diferentes usuarios pueden ser específicas para sectores particulares. Además, pueden surgir diferentes modelos de negocio en 5G, con nuevos actores económicos en el mercado. Por ejemplo, en algunos casos, los operadores de redes móviles pueden tener una relación directa con el cliente en vertical. En otros casos de uso, pueden surgir una o más partes intermedias que estén especializadas en satisfacer las necesidades específicas de conectividad de un vertical.

En este nuevo gran ecosistema donde los proveedores múltiples buscan satisfacer las necesidades de comunicación de los casos de usos múltiples, se prevé que las Autoridades Nacionales de Regulación (ANR) desempeñarán un papel relevante en muchos aspectos, por ejemplo, en el suministro de información sobre cobertura disponible y calidad de servicio (QoS).

El GSMA caracteriza los ciclos de tecnologías móviles como la siguiente tabla:

	1G	2G	3G	4G	5G
Comercialización	1980s	1990s	2000s	2010s	2020s
Aplicaciones	Voz	Voz, SMS, MMS, navegación limitada	Navegación alta velocidad, nuevas aplicaciones	Video-conferencia, TV en movilidad	Aplicaciones Multipropósito, Internet de las cosas, etc.
Velocidades típicas de transmisión	14,4 kbps	56,115 kbps	5,8 - 14,4 Mbps	100 - 300 Mbps	100 - 5.000 Mbps

Tabla 1. Evolución redes móviles

5G es la próxima generación de tecnología móvil, la cual continúa el desarrollo de las generaciones anteriores de tecnología móvil 3G y 4G. En este sentido, los sistemas 5G traen consigo nuevas posibilidades que incluyen mayor ancho de banda, mayor capacidad de transmisión de datos y menor tiempo de espera o latencia, las cuales, en su conjunto, crearán nuevas oportunidades de acceso inalámbrico para todo tipo de usuarios y diferentes necesidades de comunicación.

Es importante mencionar que, para los fines que se buscan en este documento, entenderemos por 5G al conjunto de tecnologías, sistemas y servicios que reúne la evolución de las redes móviles de “Quinta Generación” y que harán uso del espectro radioeléctrico para cubrir los fines que persiguen.

Los servicios móviles de quinta generación serán bastante diferentes a los servicios actuales de tercera y cuarta generación, ya que permitirán llevar a cabo comunicaciones de gran fiabilidad y baja latencia (URLLC, *Ultra Reliable Low Latency Communications*), banda ancha móvil mejorada (eMBB, *Enhanced Mobile Broadband Access*), así como comunicaciones masivas tipo máquina (mMTC, *Massive Machine Type Communications*).

La siguiente figura relaciona las necesidades de velocidad de transmisión, equipos conectados y latencia en función de la característica principal de la red utilizada:

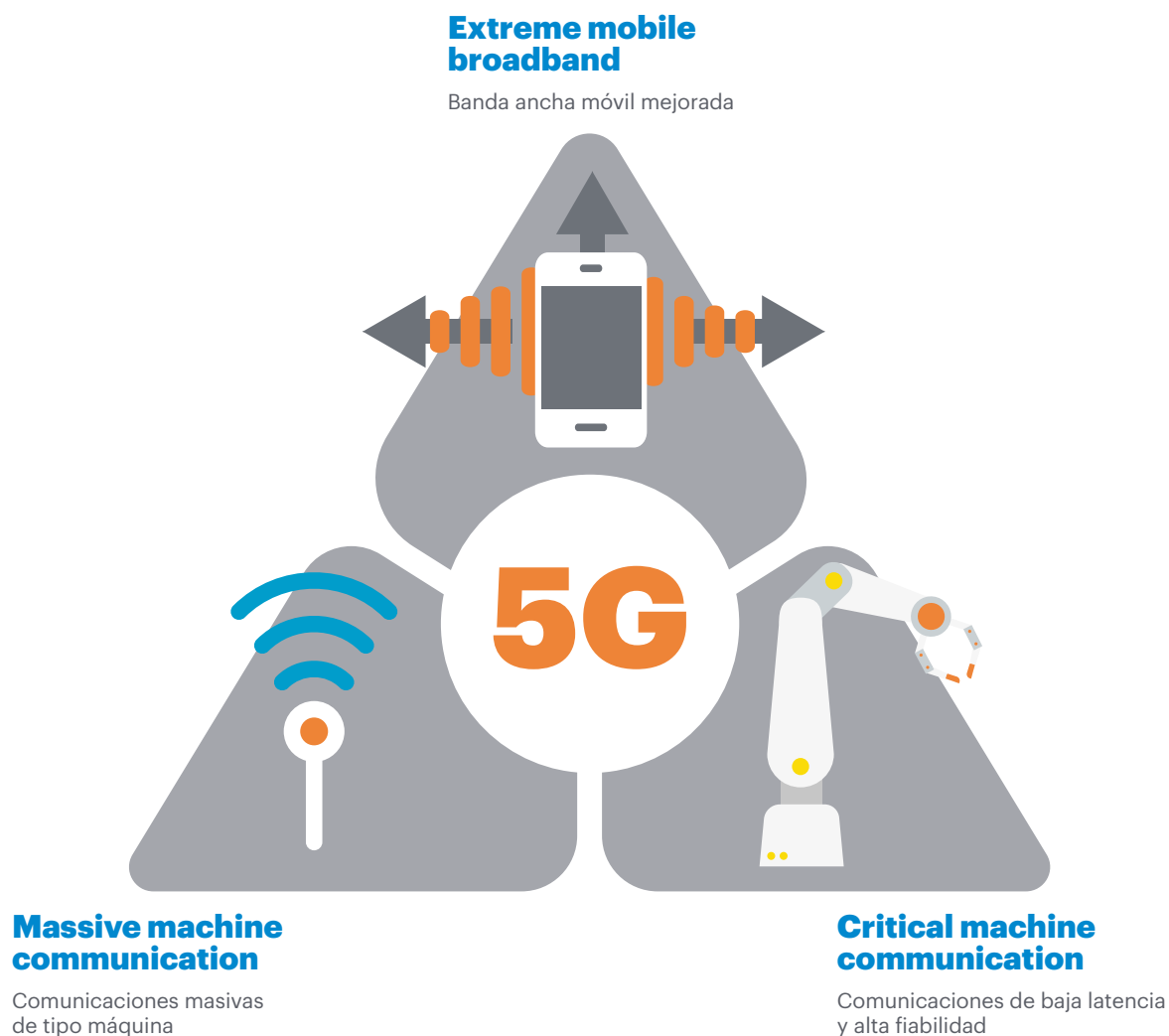


Ilustración 1. Características 5G. Fuente: 5G-PPP

Una de las consideraciones de las redes de quinta generación es el permitir que millones de dispositivos puedan estar conectados al mismo tiempo en áreas densamente pobladas y con la posibilidad de mantener altas tasas de transferencia de datos. Además, estas redes tendrán la capacidad de que toda la gama de dispositivos de quinta generación se pueda conectar entre sí, convirtiendo el ecosistema de radiocomunicaciones móvil en un mundo "todo conectado".

En el futuro, las nuevas necesidades que implican las redes 5G estarán relacionadas con un mayor volumen de tráfico, mayor número de dispositivos con diversos requisitos de servicio, una mejor percepción de calidad por el usuario y mayor asequibilidad gracias a la reducción progresiva del costo; tanto de los sistemas de red, como de la amplia gama de dispositivos que se esperan.

En este mismo orden de ideas, el UIT-R emitió la Recomendación UIT-R M.2083 “Concepción de las IMT - Marco y objetivos generales del futuro desarrollo de las IMT para 2020 y en adelante”, de donde se desprenden las características básicas de 5G, entre las cuales destacan precisamente comunicaciones de gran fiabilidad y baja latencia; banda ancha móvil mejorada; así como comunicaciones masivas tipo máquina.

La Recomendación UIT-R M.2083 incluye algunos escenarios de uso para 5G que contienen las nuevas características de desempeño previstas para las redes de quinta generación (IMT-2020). Dichas características incluyen las características de eMBB, mMTC y URLLC mencionadas anteriormente y representadas en la Ilustración siguiente:

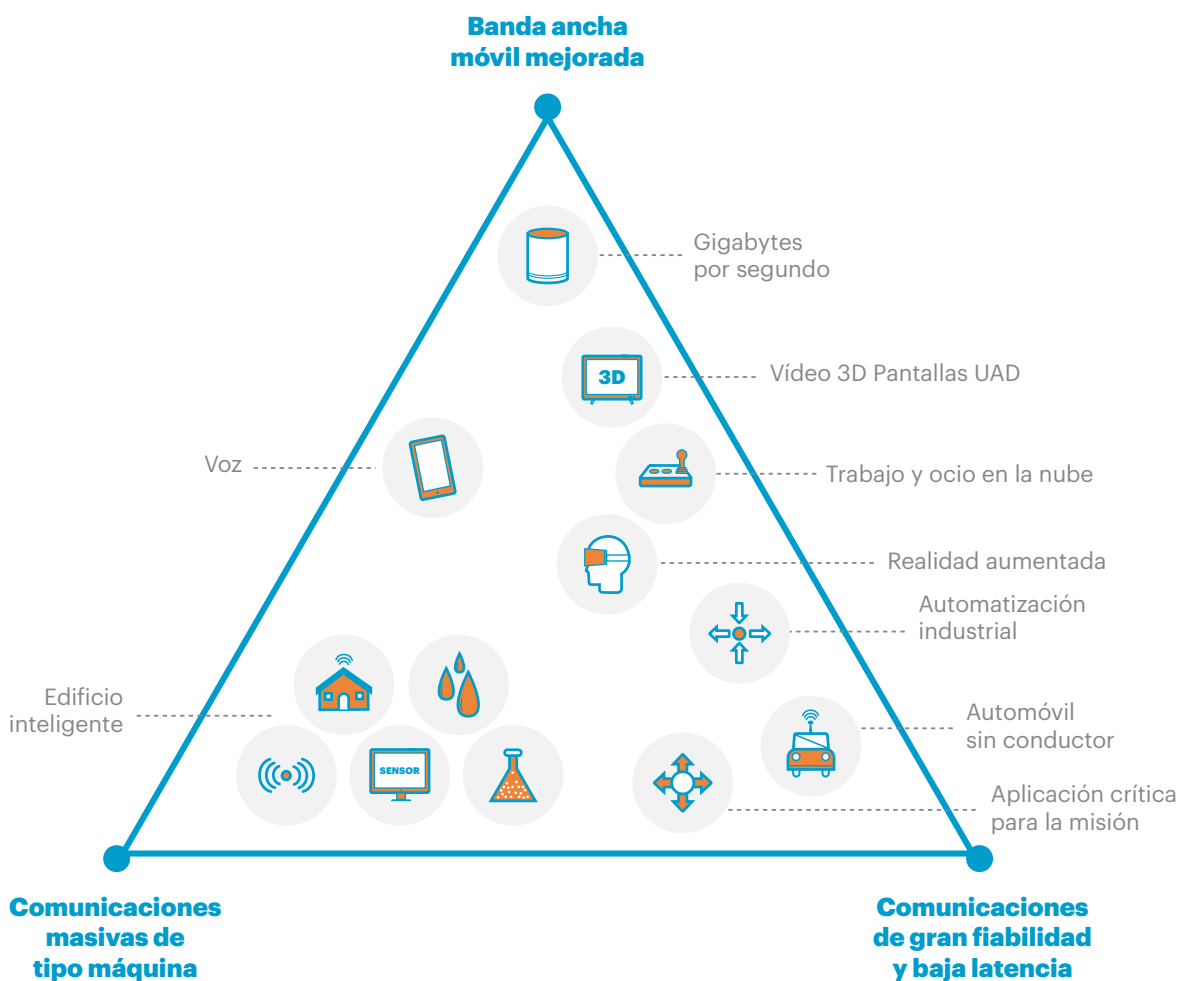


Ilustración 2. Escenarios de uso 5G. Fuente: UIT-R M-2083²

² <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083-0-201509-I/es> (aprobada el 29-sep-2015))-

La estrategia de la Comisión para el Mercado Único Digital (estrategia MUD)³ y la Comunicación *Connectivity for a Competitive Digital Single Market: Towards a European Gigabit Society*⁴ (Conectividad para un mercado único digital competitivo: Hacia una sociedad europea del gigabit) subrayan la importancia de redes de muy alta capacidad, por ejemplo la 5G, como un activo fundamental para que Europa pueda competir en el mercado mundial. Los ingresos mundiales procedentes de la 5G deberían alcanzar el equivalente a 225.000 millones de euros en 2025⁵. Otra fuente indica que los beneficios de la introducción de la 5G en cuatro sectores industriales clave pueden alcanzar los 114.000 millones de euros al año⁶.

Como se observa, el futuro de las IMT, a través de la concreción de las IMT-2020, prevé la conexión de un número de dispositivos significativamente alto que a su vez utilizarán grandes volúmenes de datos. Si bien se espera que los primeros despliegues de 5G estén enfocados sobre la mejora de banda ancha móvil, también se prevé la proliferación de nuevas aplicaciones que, a su vez, provocará un incremento de la demanda de ancho de banda. Tal es el caso del aprovechamiento del potencial del Internet de las cosas (IoT), realidad virtual, automóviles autónomos y ciudades inteligentes. 5G será pieza fundamental de la economía digital del futuro.

En el marco de los trabajos del UIT-R, el Grupo de Trabajo 5D (GT 5D) es el encargado de todos los aspectos relacionados con las IMT y trata los temas relativos a las comunicaciones móviles de banda ancha. Entre los temas abordados se encuentra la definición de las condiciones técnico-operativas para el desarrollo e implementación de los sistemas IMT, la revisión de información actualizada de las tecnologías candidatas para los componentes terrestres de la interfaz de radio para las IMT-2020 y los informes de evaluación recibidos para las tecnologías candidatas. Dichos trabajos son vitales para impulsar el crecimiento de economías de escala relativas a los equipos que conforman las redes inalámbricas para servicios de banda ancha móvil a nivel mundial.

En lo que respecta a disponibilidad de espectro en el futuro, la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del año 2019 (CMR-19) que se celebró en Egipto del 28 de octubre al 22 de noviembre de 2019 llevó a cabo estudios tendientes a garantizar la coexistencia de las IMT-2020 con otros servicios y la subsecuente armonización de espectro radioeléctrico para su despliegue en el futuro.

³ La 5G debería ofrecer conexiones de datos muy por encima de los 10 gigabit por segundo, una latencia por debajo de los 5 milisegundos y la capacidad de explotar los recursos inalámbricos disponibles (desde wifi hasta 4G) y de manejar simultáneamente millones de dispositivos conectados

⁴ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/connectivity-european-gigabit-society>

⁵ <https://www.abiresearch.com/press/abi-research-projects-5g-worldwide-service-revenue/>

⁶ Estudio sobre los sectores de la automoción, sanidad, transporte y energía: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/study-identification-and-quantification-key-socio-economic-data-strategic-planning-5g>

Las redes 5G facilitarán:

- Banda ancha móvil de muy alta velocidad y capacidad, con velocidades en movilidad superiores a 100 Mbit/s y picos de 1 Gbps.
- Comunicaciones ultra fiables y de baja latencia, en torno a 1 milisegundo (ms) frente a 20-30 ms propios de las redes 4G. Esta condición podría hacerlas apropiadas para aplicaciones que tengan requerimientos específicos en este ámbito, como el vehículo conectado o el autónomo, servicios de telemedicina, sistemas de seguridad y otros como la fabricación inteligente.
- Comunicaciones masivas tipo máquina a máquina (M2M), entre las que se encuentra el Internet de las cosas (Internet of Things, IoT). Se incrementará la capacidad para gestionar conexiones simultáneas, lo que permitirá, entre otras cosas, el despliegue masivo de sensores.
- Nuevas capacidades de la tecnología 5G
- Mayor ancho de banda en movilidad.
- Alta densidad de dispositivos conectados.
- Recursos de computación en red.
- Comunicación en tiempo real.
- Virtualización de infraestructuras de red.

2

Regulación y uso del espectro radioeléctrico

Regulación y uso del espectro radioeléctrico

El marco regulatorio del espectro radioeléctrico

La gestión del dominio público radioeléctrico

La referencia en España sobre la materia de gestión del dominio público radioeléctrico (el espectro radioeléctrico) se tiene en la Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones, que constituye la norma básica que desarrolla a nivel nacional los objetivos de la Agenda Digital para España del año 2013 estableciendo un marco legal armonizado que facilite el desarrollo de las infraestructuras de las telecomunicaciones y la puesta a disposición de los ciudadanos de servicios de calidad a precios competitivos. La Ley indica que, en la consecución de estos objetivos, el espectro radioeléctrico, como soporte de las radiocomunicaciones, tanto para aplicaciones fijas como, y especialmente, de banda ancha en movilidad, constituye un recurso cada día más estratégico, valioso y demandado, que precisa de una regulación que compatibilice un acceso más flexible al mismo por parte de operadores y usuarios en general, con un aprovechamiento efectivo y con máxima eficiencia.

Se considera dominio público radioeléctrico el espacio por el que pueden propagarse las ondas radioeléctricas. Se entiende por espectro radioeléctrico las ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3.000 Giga hertzios que se propagan por el espacio sin guía artificial. El término frecuencia debe entenderse referido tanto a un valor concreto como a la identificación de la porción de espectro necesario para efectuar una determinada comunicación radioeléctrica (ancho de banda en un canal radioeléctrico).

La Ley 9/2014 dedica su título V a la regulación del espectro radioeléctrico, declarándolo bien de dominio público, cuya titularidad y administración corresponden al Estado. La ley recoge los principios aplicables a la administración del espectro radioeléctrico y las actuaciones que abarca dicha administración, clarifica los diferentes usos y los correspondientes títulos habilitantes para el uso del dominio público radioeléctrico. Asimismo, introduce una simplificación administrativa para el acceso a determinadas bandas de frecuencias y consolida las últimas reformas en materia de duración, modificación, extinción y revocación de títulos y en relación al mercado secundario del espectro y la transferencia de los títulos habilitantes para el uso del dominio público radioeléctrico. Además, la ley introduce medidas destinadas a evitar el uso del espectro por quienes no disponen de autorización para ello, obtenida tras las correspondientes autorizaciones administrativas para la aprobación del proyecto técnico y el reconocimiento satisfactorio de las instalaciones, garantizando así la disponibilidad y uso eficiente de este recurso escaso.

La Ley prevé su ampliación mediante un Reglamento regulador del dominio público radioeléctrico, que es el marco legal que proporciona las bases de la gestión del espectro radioeléctrico. El Reglamento regulador, aprobado mediante Real Decreto 123/2017, de 24 de febrero, desarrolla los principios y objetivos que deben inspirar la planificación, administración y control del dominio público radioeléctrico y establece las diferentes actuaciones que abarcan dichas facultades. También aborda los diferentes tipos de uso (común, especial o privativo) y los distintos títulos habilitantes para el uso del dominio público radioeléctrico necesarios para cada uno de dichos usos, incluido, por ejemplo, la figura de la autorización general para el uso especial, que habilita a su titular para el uso compartido, sin limitación de número de operadores o usuarios de determinadas bandas de frecuencias, siendo suficiente para su obtención una mera notificación.

Es importante distinguir entre el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y el Reglamento regulador del dominio público radioeléctrico español. El Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la UIT recoge la normativa internacional al respecto del uso del espectro radioeléctrico, incluidas las atribuciones y adjudicaciones, así como los procedimientos para la asignación de bandas de frecuencias y su inscripción en el Registro Internacional de Frecuencias.

La administración del dominio público radioeléctrico le corresponde al Estado, al amparo del artículo 149.1. 21.^a de la Constitución, y tiene como objetivo el establecimiento de un marco jurídico que asegure unas condiciones armonizadas para su uso y que permita su disponibilidad y uso eficiente, y abarca un conjunto de actuaciones entre las cuales se incluyen las siguientes:

- a. **Planificación:** Elaboración y aprobación de los planes de utilización del dominio público radioeléctrico.
- b. **Gestión:** Establecimiento, de acuerdo con la planificación previa, de las condiciones técnicas de explotación y otorgamiento de los derechos de uso.
- c. **Control:** Comprobación técnica de las emisiones radioeléctricas y su adecuación a los derechos de uso otorgados y a los parámetros técnicos de utilización, localización y eliminación de interferencias perjudiciales, infracciones, irregularidades y perturbaciones de los sistemas de radiocomunicaciones, la verificación del uso efectivo y eficiente del dominio público radioeléctrico por parte de los titulares de derechos de uso, análisis de los niveles de exposición radioeléctrica, inspección técnica de instalaciones, equipos y aparatos radioeléctricos, así como el control de la puesta en el mercado de éstos últimos.
- d. **Aplicación del régimen sancionador.**

Para usar el dominio público radioeléctrico, es preciso que el Estado otorgue el correspondiente título habilitante de uso del dominio público radioeléctrico, salvo en los casos de uso común. Los títulos habilitantes mediante los que se otorguen derechos de uso del dominio público radioeléctrico revestirán la forma de autorización general, autorización individual, afectación o concesión administrativa.

La gestión del espectro tiene igualmente el objetivo de evitar las interferencias perjudiciales. Tienen derecho a protección frente a interferencias perjudiciales, causadas por cualquier otra estación o equipo, los titulares habilitados para el uso del dominio público radioeléctrico

que lo utilicen en las condiciones autorizadas en el correspondiente título o, en su caso, en las condiciones establecidas en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, y dispongan de la autorización para la puesta en servicio cuando resulte exigible.

Entre las disposiciones del Reglamento, se incluye también aspectos relativos a algunas bandas de frecuencias que tienen limitación de número de títulos habilitantes para el uso del dominio público radioeléctrico. La relación de bandas de frecuencias para redes terrestres en las que, por ser precisa la garantía del uso eficaz y eficiente del dominio público radioeléctrico, se limita el número de concesiones para su uso es, inicialmente, la siguiente:

- | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| a. 790 – 862 MHz | d. 1710 – 1785 /
1805 – 1880 MHz | f. 2500 – 2690 MHz |
| b. 880 – 915 /
925 – 960 MHz | e. 1900 – 2025 /
2110 – 2200 MHz | g. 3,4 – 3,8 GHz |
| c. 1452 – 1492 MHz | | |

El Reglamento también identifica una serie de bandas y servicios cuyos derechos pueden ser susceptibles de cesión a terceros de los derechos de uso del dominio público radioeléctrico:

- | | | |
|--------------------|-----------------------------------|---|
| a. 68 – 87,5 MHz | 915 – 921 MHz | 2110 – 2170 MHz |
| b. 146 – 174 MHz | h. 880-915 /
925 – 960 MHz | m. 2010 – 2025 MHz |
| c. 223 – 235 MHz | i. 1452 – 1492 MHz | n. 3400 – 3800 MHz |
| d. 306,1 – 430 MHz | j. 1710 – 1785 /
1805-1880 MHz | o. 2500 – 2690 MHz |
| e. 440 – 470 MHz | k. 1900 – 1920 MHz | p. 24,5 – 26,5 GHz |
| f. 790 – 862 MHz | l. 1920 – 1980 / | q. 28332,5-28444,5 /
29340,5 – 29452,5 MHz |
| g. 870 – 876 / | | |

Atribución, adjudicación y asignación de frecuencias

Los servicios de radiocomunicaciones del CNAF relevantes para 5G son:

- servicio móvil: Servicio de radiocomunicación entre estaciones móviles y estaciones terrestres o entre estaciones móviles.
- servicio móvil por satélite: Servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas móviles y una o varias estaciones espaciales o entre estaciones espaciales utilizadas por este servicio; o entre estaciones terrenas móviles por intermedio de una o varias estaciones espaciales.
- servicio móvil terrestre: Servicio móvil entre estaciones base y estaciones móviles terrestres o entre estaciones móviles terrestres.
- servicio móvil terrestre por satélite: Servicio móvil por satélite en las que las estaciones terrenas móviles están situadas en tierra.
- Servicio de comunicaciones electrónicas: servicio prestado en general bajo remuneración, que consiste total o principalmente en la transmisión de información a través de redes de comunicaciones electrónicas, incluyendo los servicios de telecomunicación y los de transporte de señal para las redes de radiodifusión

El Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)

La Ley 9/2014⁷, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones, establece en su artículo 60 que el espectro radioeléctrico es un bien de dominio público, cuya titularidad y administración corresponden al Estado. Dicha administración se ejercerá de conformidad con lo dispuesto en este título y en los tratados y acuerdos internacionales en los que España sea parte, atendiendo a la normativa aplicable en la Unión Europea y a las resoluciones y recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de otros organismos internacionales.

Por su parte, el artículo 6 del Reglamento de desarrollo de la Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones, en lo relativo al uso del dominio público radioeléctrico, aprobado por el Real Decreto 123/2017⁸, de 24 de febrero, establece que a fin de lograr la utilización coordinada y eficaz del dominio público radioeléctrico, el entonces Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, aprobará el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias para los diferentes tipos de servicios de radiocomunicación, de acuerdo con las disposiciones de la Unión Europea, de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT), y del Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), definiendo la atribución de bandas, sub-bandas, frecuencias y canales, así como las demás características técnicas que pudieran ser necesarias.

Asimismo, el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias⁹, de acuerdo con la reglamentación internacional sobre atribución y adjudicación de bandas y asignaciones de frecuencia, las disponibilidades nacionales e internacionales del espectro de frecuencias radioeléctricas y la demanda social, podrá establecer, entre otras, las siguientes previsiones:

- La reserva de parte del espectro para servicios determinados.
- Preferencias de uso por razón del fin social del servicio a prestar.
- Delimitación de las bandas de frecuencia que se reservan a las administraciones públicas o entes públicos de ellas dependientes para la gestión directa de sus servicios.
- Previsión respecto de la explotación en el futuro de las distintas bandas de frecuencias, fomentando la neutralidad tecnológica y de los servicios.

El CNAF comprende en primer lugar las notas del Artículo 5 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) que complementa la Constitución y el Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), seguidas de las tablas de atribución de bandas de frecuencias según dicho artículo, esta atribución se indica para las tres regiones en las que ha sido dividido el mundo a efectos de atribución de bandas de frecuencias según la nota 5.2 del RR.

A efectos de comprender la jerga usada en el CNAF, e incluso comparación con otros idiomas, existe una diferente relevante entre los conceptos de atribución, adjudicación y asignación de frecuencias. Se realizan atribuciones de espectro para los servicios, se adjudica el espectro en zonas y países y finalmente, se asigna el espectro a estaciones transmisoras y receptoras que utilizan el espectro.

7 <https://www.boe.es/buscar/pdf/2014/BOE-A-2014-4950-consolidado.pdf>

8 https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-2460

9 <https://avancedigital.gob.es/espectro/Paginas/cnaf.aspx>

Distribución de frecuencias entre	En español	En francés	En inglés
Servicios	Atribución (attribuir)	Attribution (attribuer)	Allocation (to allocate)
Zonas o países	Adjudicación (adjudicar)	Allotissement (allotir)	Allotment (to allot)
Estaciones	Asignación (asignar)	Assignment (assigner)	Assignment (to assign)

Tabla 2. Nomenclatura

Servicios Móviles e IMT en entorno Unión Internacional de Telecomunicaciones

En la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones celebrada en España en 1992, la UIT introdujo el término IMT como las Telecomunicaciones Móviles Internacionales. Este término se ha venido manteniendo en el contexto regulatorio, aunque el mundo de los servicios móviles ha utilizado la jerga 2G, 3G, 4G, 5G.

Los sistemas IMT son sistemas móviles de alta calidad, cuyas elevadas velocidades de transmisión de datos permiten el funcionamiento de diversas aplicaciones de banda ancha móvil a gran escala. El término acuñado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), representa un tipo de normalización técnica que incluye una gran densidad de redes, acceso a espectro propicio y tecnologías móviles disruptivas.

La UIT en su Recomendación UIT-R M.1224¹⁰ ha definido a las IMT como: “Los sistemas de telecomunicaciones móviles internacionales (IMT), son sistemas móviles que ofrecen acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicación y en particular a servicios móviles avanzados, soportados por las redes móviles y fijas que cada vez más utilizan tecnología de paquetes. Los sistemas IMT soportan aplicaciones de baja a alta movilidad y una amplia gama de velocidades de datos con arreglo a las exigencias de los usuarios y los servicios en múltiples entornos de usuario. Las IMT también tienen capacidades para aplicaciones multimedia de alta calidad dentro de una amplia gama de servicios y plataformas, y ofrecen mejoras importantes de rendimiento y calidad de servicio.”

El UIT-R ha desarrollado nuevas definiciones y características para las IMT a medida que han surgido nuevas tecnologías, necesidades del usuario y/o nuevas e innovadoras características de los sistemas móviles. De esta manera, el UIT-R diseñó el primer conjunto de las normas técnicas IMT aproximadamente a partir del año 2000: las IMT-2000, las cuales integraron sistemas móviles de tercera generación; luego se estandarizaron las IMT- Avanzadas, cuya principal característica fue la implementación de aplicaciones multimedia de elevada calidad y la integración de servicios móviles de cuarta generación; finalmente, a medida que el consumidor ha venido demandado un mayor volumen de tráfico, mejor calidad en la experiencia del usuario y una mejor asequibilidad respecto del costo del servicio y de los equipos terminales, el UIT-R determinó la inclusión de las IMT-2020, con el objeto de dar cabida a los sistemas 5G.

¹⁰ Recomendación UIT-R M.1224-1 “Vocabulario de términos de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT)”. Serie M, Servicios móviles, de radio determinación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos. 2013. Disponible en el siguiente enlace: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1224-1-201203-1!!PDF-S.pdf

La identificación de espectro para las IMT permite, entre otras cosas, la armonización de bandas de frecuencias ya sea a nivel regional o global. Dicha armonización se refiere a la homogeneidad, en la medida de lo posible, por utilizar los mismos planes, canales y bandas de frecuencias en un segmento del espectro radioeléctrico con la finalidad de reducir la interferencia perjudicial a lo largo de las fronteras, así como facilitar la itinerancia internacional, la interoperabilidad y uso de equipos/dispositivos (de red y de usuario) en múltiples regiones del mundo. Esto deriva en la reducción de los costos de la red y de los precios de los equipos, aportando a la generación de economías de escala, lo cual no sólo es deseable, sino necesario para una economía en desarrollo como la de nuestro país.

Según algunas administraciones, el espectro previsto para aplicaciones de servicios IMT está asignado en un 60% aproximadamente¹¹.

Es importante precisar que existe una diferencia entre la identificación de una banda de frecuencias para las IMT y la asignación de esta para la provisión de servicios. La implementación y despliegue de sistemas IMT en ciertas bandas de frecuencias no sólo depende de la identificación por parte del UIT-R. Esto es parte de un proceso que conlleva el desarrollo de Tecnologías de Interfaces Radioeléctricas (RIT, Radio Interface Technologies), propuestas por parte de organismos de normalización técnica a nivel mundial, como el Proyecto Asociación de Tercera Generación (3GPP, 3rd Generation Partnership Project) en atención a las convocatorias lanzadas por la UIT.

Lo anterior brinda mayor flexibilidad a las administraciones para que las acciones de planificación del espectro se ajusten a los marcos regulatorios particulares de cada administración, y que favorezcan el desarrollo tecnológico en el país de interés para el despliegue de sistemas de última generación.

La influencia de la propagación radioeléctrica en las distintas bandas de frecuencia

El espectro radioeléctrico no tiene las mismas características de propagación y depende de la banda de frecuencias en concreto. Es por ello, que algunas bandas de frecuencias tienen mejores características de propagación y por tanto permiten mayores áreas de cobertura y servicio que otras bandas de frecuencias.

La cobertura de una estación base viene determinada por el alcance de la señal radioeléctrica que transmite la información. Según la Recomendación UIT-R P.525¹², la atenuación de una señal que se propaga en el espacio libre depende de dos factores: la frecuencia y la distancia, según la ecuación:

$$L_{BF} = 32,4 + 20 \log f + 20 \log d$$

Esto quiere decir que la atenuación aumenta proporcionalmente (de manera logarítmica) al cuadrado de la frecuencia. Las pérdidas por propagación de espacio libre en la banda de 700 MHz a 10 kilómetros de distancia son 103 dB, en 3,5 GHz son 123 dB, y en 26 GHz 141 dB.

11 Informe del Instituto Federal de telecomunicaciones de México en consulta pública sobre espectro 5G (2019).

12 https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.525-2-199408-1!!PDF-S.pdf

Además de las pérdidas por la propagación de la señal en el espacio libre, existen las atenuaciones causadas por los gases y vapores atmosféricos y las atenuaciones producidas por la lluvia. Para calcular la atenuación causada por los gases y vapores atmosféricos en trayectos terrenales y oblicuos se debe acudir a la Recomendación UIT-R P.676. En la última versión de esta recomendación se facilita una estimación aproximada de la atenuación causada por los gases en la gama de frecuencias 0-1000 GHz.

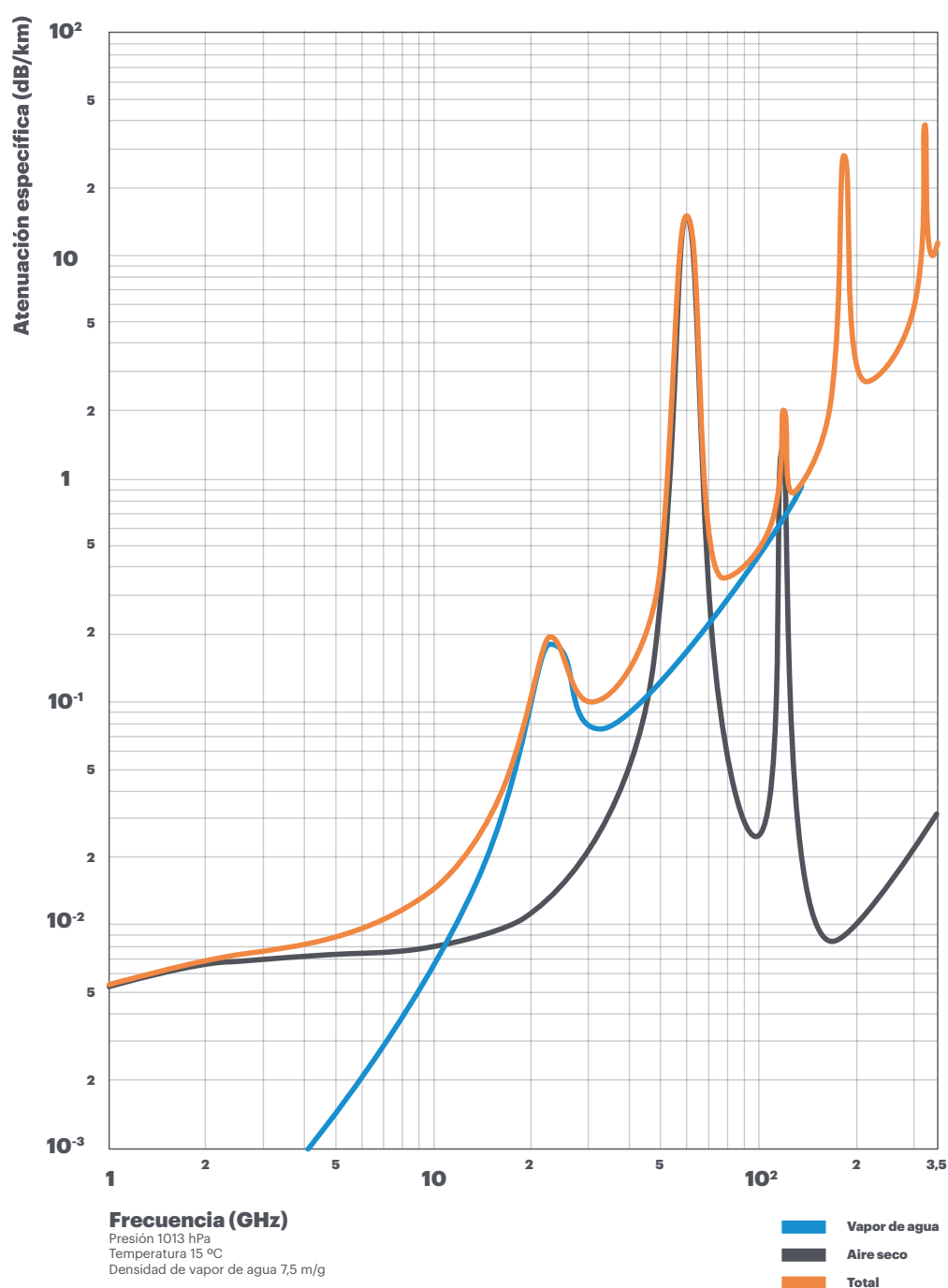


Ilustración 3. Atenuación por propagación. Fuente: Rec. UIT-R P.676

Por ejemplo, por debajo de los 10 GHz, la atenuación se mantiene más o menos constante y por debajo de los 0,02 dB/km, mientras que en el entorno de 26 GHz puede llegar a 0,1 dB/km y en los 60 GHz puede llegar a casi los 20 dB/km. Nótese las diferencias de propagación, que se traducen bien en la necesidad de multiplicar los niveles de potencia transmitida en las bandas más altas o bien de sacrificar el área de cobertura.

Necesidades de espectro para servicios móviles 5G

Dado que los sistemas 5G serán flexibles y heterogéneos, con características tecnológicas aptas para brindar conectividad simultánea a una gama amplia de usuarios con diferentes demandas y requisitos, es necesario que existan segmentos disponibles de espectro en diferentes bandas de frecuencias, dado que las características físicas y de propagación de las ondas radioeléctricas varía según la frecuencia: las bandas más bajas proporcionan mejor cobertura, mientras que las bandas más altas generan mayor capacidad de transmisión de datos.

De esta manera, algunas aplicaciones 5G requerirán un desempeño altamente robusto a lo largo de una amplia zona de cobertura, otras aplicaciones necesitarían una velocidad de transmisión muy alta y latencias muy bajas en áreas geográficas específicas, y algunas otras necesitarán la combinación de ambas propiedades. En este sentido, el espectro idóneo para sistemas 5G se puede dividir en tres grandes rangos de frecuencias de manera general:

- Frecuencias bajas (inferiores a 1 GHz) brindan mayor cobertura y capacidad limitada.
- Frecuencias medias (entre 1 y 6 GHz) la cobertura se reduce y la capacidad aumenta, en comparación con las frecuencias bajas.
- Frecuencias altas (superiores a 6 GHz) brindan corto alcance con muy alta capacidad y muy baja latencia.

Las bandas de frecuencias inferiores a 1 GHz serán valiosas para permitir una migración gradual de sistemas 4G hacia sistemas 5G, lo que se traduce en que se tendrá una evolución continua para los servicios de banda ancha móvil, empleando técnicas como modulaciones de mayor orden y agregación de portadoras¹³ para ampliar las capacidades de ancho de banda actuales.

Las bandas de frecuencias entre 1 GHz y 6 GHz brindarán la cobertura y capacidad suficientes para atender el constante incremento de tráfico de datos y video en zonas abiertas, a la vez que permitirá el despliegue de nuevas tecnologías que sean compatibles con las bandas asignadas actualmente y con las nuevas bandas de frecuencias para 5G.

Finalmente, las bandas de frecuencias por encima de 6 GHz se utilizarán en mayor medida para grandes cantidades de usuarios y con canales con anchos de banda de varios cientos de MHz. Debido a la potencial disponibilidad de grandes anchos de banda, las bandas de

¹³ La técnica a través de la cual se pueden utilizar bandas de frecuencias de manera complementaria se llama "Agregación de portadoras", en inglés Carrier Aggregation. Esta técnica es utilizada para aumentar el ancho de banda y, por lo tanto, aumentar la tasa de bits, agregando frecuencias portadoras de componentes contiguos en la misma banda de frecuencias o no contiguos dentro de la misma banda de frecuencia o portadoras pertenecientes a diferentes bandas de frecuencia, permitiendo un mejor uso de estas portadoras y entregar un mayor ancho de banda. Para mayor referencia: <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/101-carrier-aggregation-explained>

ondas milimétricas¹⁴ (por encima de 24 GHz) ofrecen la promesa de brindar altas tasas de transferencias de datos en áreas específicas donde las demandas de tráfico son muy altas.

Banda RSPG	Límites	Ventajas	Desventajas	Espectro contiguo típico por operador
700 MHz	703 – 733 MHz y 758 – 788 MHz	Amplias zonas de cobertura y gran penetración en interiores	Baja velocidad de transmisión	2x10 MHz
3,5 GHz	3,4 – 3,8 GHz	Compromiso entre cobertura y capacidad	Necesita ser complementada por las otras bandas	100 MHz
26 GHz	24.25 – 27.5 GHz	Gran velocidad de transmisión	Alcance limitado a unos pocos km	200 - 500 MHz

Tabla 3. Características generales bandas 5G

Desde el punto de vista de los trabajos de armonización, el organismo de normalización técnica 3GPP se encarga de cubrir los aspectos de tecnologías de redes celulares en telecomunicaciones, incluyendo el acceso de radio, las redes de transporte, capacidad-calidad del servicio y especificaciones técnicas de los sistemas. Particularmente, el Grupo de Especificaciones Técnicas (TSG, por sus siglas en inglés) del 3GPP acordó en junio del 2016 un plan de trabajo detallado para el desarrollo del estándar 3GPP Release-15, el cual fue el primer lanzamiento o “Release” de especificaciones 5G.

La opinión de algunos operadores con respecto a la banda de 26 GHz (que es la que se considera como susceptible para realizar reservas específicas) es que se considera que en el momento actual debe asignarse al menos 1 GHz de espectro (26,5 - 27,5 GHz) para que los operadores lo utilicen indistintamente para todo tipo de aplicaciones. Esta banda será óptima para la prestación de servicios relacionados con aplicaciones verticales, pero más allá de las aplicaciones concretas para las que se utilice el espectro, el modelo de gestión del mismo debe ser tal que no se comprometa su uso eficiente. Por este motivo algunos operadores son partidarios de la atribución de reservas de espectro para usos específicos, y considera que la asignación de espectro a los operadores mediante concesiones demaniales en licencias de ámbito nacional garantiza el mejor uso del espectro a medio-largo plazo, tanto en términos técnicos como económicos.

En relación al mínimo ancho de banda contiguo para la prestación de servicios con calidades adecuadas, los operadores opinan que es el siguiente:

- En la banda 700 MHz, con tecnología FDD, 2 x 10 MHz.
- En la banda 3,4 – 3,8 GHz, con tecnología TDD, 100 MHz.
- En la banda 26 GHz, con TDD, siendo recomendable poder disponer de 500/600 MHz.

¹⁴ Teóricamente se consideran bandas milimétricas a aquellas por encima de los 30 GHz y hasta los 300 GHz; sin embargo, para fines comerciales, la industria considera bandas milimétricas a partir de los 24 GHz.

Mecanismos de asignación del espectro radioeléctrico

Los procedimientos de asignación del espectro están también previstos en el Artículo 38 del Reglamento regulador. El Ministro de Energía, Turismo y Agenda Digital aprueba la convocatoria y el pliego de bases del procedimiento de licitación para el otorgamiento de los títulos. En el citado pliego deberá establecerse:

- a. La cantidad de dominio público reservada, las características de su utilización, el plazo de vigencia de los títulos y cualquier otra característica o condición para su uso efectivo.
- b. El plazo para la presentación de las ofertas, que no podrá ser inferior a un mes.
- c. Los requisitos y condiciones que hayan de cumplir los licitadores y los posibles adjudicatarios que, en su caso, deberán ostentar la condición de operador en el momento de finalización del plazo de presentación de solicitudes, y no incurrir en alguna de las prohibiciones de contratar reguladas en el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, aprobado mediante el Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre.
- d. Las posibles medidas para promover la competencia en la prestación de los servicios o evitar comportamientos especulativos o acaparamiento de derechos de uso del dominio público radioeléctrico, en particular estableciendo límites a la cantidad de espectro cuyos derechos de uso podrá ostentar un mismo titular.
- e. La cuantía de la garantía provisional y la garantía definitiva cuya constitución pueda exigirse en función de la naturaleza de la red o del servicio.
- f. Las condiciones en que deba prestarse el servicio o explotarse la red de comunicaciones electrónicas a que esté destinado el dominio público radioeléctrico reservado. En particular, se recogerá la posible obligación de que los adjudicatarios proporcionen oferta de servicios mayoristas de acuerdo con lo que establezca la normativa comunitaria.

El procedimiento de licitación respetará en todo caso los principios de publicidad, concurrencia, no discriminación y transparencia. Cuando en la adjudicación hayan de tenerse en cuenta criterios distintos del precio, podrán tenerse en cuenta, entre otros criterios de valoración según la naturaleza del servicio, los siguientes:

- a. La cobertura y los plazos de despliegue de la red.
- b. Las cantidades por destinar en inversión nueva.
- c. El número de estaciones radioeléctricas a desplegar.
- d. Las técnicas que permitan hacer un uso más eficaz y eficiente del dominio público radioeléctrico.
- e. El compromiso voluntario de los licitadores de ofrecer el servicio a mayoristas.

Es importante resaltar, por su impacto en otra regulación o su sensibilidad social, que los proyectos de las estaciones fijas, con potencia isotrópica radiada equivalente máxima superior a 10 vatios, deberá incorporar un estudio detallado, realizado por un técnico competente, que indique los niveles de exposición radioeléctrica en áreas cercanas a sus instalaciones que se encuentren en entorno urbano o donde puedan permanecer habitualmente personas, en los casos de redes públicas de comunicaciones que presten servicios de radio, incluidos los servicios de comunicaciones electrónicas en las bandas de frecuencias con limitación de número de títulos. Los niveles de exposición, valorados teniendo en cuenta el entorno radioeléctrico, deberán cumplir los límites establecidos en el anexo II del Reglamento regulador que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, aprobado por el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre.

Junto con la solicitud de autorización para la puesta en servicio de una estación o red de estaciones, se deberá incluir una certificación de niveles de exposición radioeléctrica, en el entorno urbano o donde haya permanencia habitual de personas, para cada estación fija con potencia isotrópica radiada equivalente superior a 10 vatios. El certificado de niveles considerará la exposición simultánea de los campos emitidos por todas las posibles estaciones radioeléctricas que influyan en cada uno de los puntos de medida, incluida la estación que se pretende poner en servicio, bien provengan de estaciones que presten servicios del mismo titular de derechos de uso del dominio público radioeléctrico o de titulares diferentes.

- a. En la planificación de todas las instalaciones radioeléctricas, los titulares deberán tener en consideración, entre otros criterios, los siguientes:
- b. La ubicación, características y condiciones de funcionamiento de las estaciones radioeléctricas deben minimizar los niveles de exposición del público en general a las emisiones radioeléctricas con origen tanto en éstas como, en su caso, en los terminales asociados a las mismas, manteniendo una adecuada calidad del servicio.
- c. En el caso de instalación de estaciones radioeléctricas en cubiertas de edificios residenciales, los titulares de instalaciones radioeléctricas procurarán, siempre que sea posible, instalar el sistema emisor de manera que el diagrama de emisión no incida sobre el propio edificio, terraza o ático, ni sobre los colindantes.
- d. La compartición de emplazamientos podría estar condicionada por la consiguiente concentración de emisiones radioeléctricas. Los operadores que compartan un mismo emplazamiento se facilitarán mutuamente, o a través del gestor del emplazamiento, los datos técnicos necesarios para realizar el estudio de que el conjunto de las instalaciones no supera los límites de exposición radioeléctrica.
- e. De manera particular, la ubicación, características y condiciones de funcionamiento de las estaciones radioeléctricas debe minimizar, en la mayor medida posible, los niveles de emisión sobre espacios considerados sensibles.

Debido a la singularidad de uso del espectro radioeléctrico por los servicios 5G, desde grupo de reguladores europeos BEREC se recomienda a los Estados Miembros que proporcionen información sobre las elecciones de espectro disponibles para uso bajo autorización individual o uso compartido (que se espera podrá realizarse en el futuro) o espectro exento de licencia.

A continuación, se abunda sobre los distintos procedimientos de otorgamiento de concesiones de uso del espectro.

Procedimientos de otorgamiento de concesiones de uso privativo de espectro. Subastas

La asignación de espectro radioeléctrico se realiza a nivel nacional por los Estados. Este procedimiento ha permitido conseguir la operación de los servicios mediante la planificación previa y evitación de entornos de interferencias, con la consiguiente expectativa de calidad de servicio para los usuarios finales. Sin embargo, el nuevo entorno de 5G podría requerir nuevas formas de autorización en tanto que los usos de cada banda de frecuencia serán distintos y variados. Estos procedimientos pueden estar basados en:

- Autorización general sin necesidad de licencia
- Autorizaciones compartidas de licencias para uso por varios usuarios, compartición de licencias según entornos geográficos o
- Incluso autorizaciones más dinámicas e innovadoras como la compartición de espectro en tiempo y lugar usando sistemas de bases de datos geográficas.

Según BEREC, se puede plantear que vaya a haber autorizaciones generales en las bandas más altas (66-71 GHz) y autorizaciones individuales en las bandas intermedias (26 GHz). En tanto que los entornos finales de uso puedan no estar plenamente definidos, los mecanismos de mercado secundario del espectro aportarán mayor flexibilidad para que las autorizaciones se adecúen a las necesidades específicas de cada mercado asociado a los servicios 5G.

Los procedimientos de otorgamiento de derechos de uso han estado muy ligados a los procedimientos de subastas con limitación del número de participantes a fin de evitar situaciones de acaparamiento de espectro. Las subastas suelen estar basadas en rondas públicas múltiples de puja creciente que permite otorgar bloques de espectro, sobre los que no se imponen más restricciones¹⁵ que las derivadas de máxima capacidad que acapare un determinado operador en una determinada zona geográfica. El objetivo de estos límites fijados inicialmente no era otro que garantizar una mayor competencia en el mercado de los servicios de comunicaciones móviles, evitar una situación de “acaparamiento” de espectro y contribuir así a neutralizar los potenciales efectos distorsionadores de la competencia, evitando que un número limitado de operadores con mayor capacidad financiera limitase el número de agentes que pudieran optar a prestar servicios de comunicaciones móviles con infraestructuras propias.

Un ejemplo de reglas de subasta: “La licitación se desarrollará a través del mecanismo de subasta a sobre cerrado de doble ronda. Se fija un precio de salida para cada uno de los bloques licitados. En caso de ausencia de licitadores o de que no se haya admitido a ningún licitador, la subasta se declarará desierta. Del mismo modo, si lo que ocurre es que para alguna de las concesiones demaniales licitadas no se ha formulado oferta económica o ninguna haya sido admitida, la subasta de esa concesión se declarará desierta, pudiendo adjudicarse las restantes. Cada licitador podrá presentar una única solicitud de participación en la subasta en la que identificará las concesiones demaniales para las que presenta oferta. Sólo se podrá formular una oferta económica en cada ronda por cada concesión demanial solicitada, que será individualizada e independiente para cada concesión solicitada”.

¹⁵ Ejemplo de restricciones en subastas: artículo 8.1 del Real Decreto 458/2011

En la última subasta realizada en España para la banda 3,6 – 3,8 GHz, culminada en Julio del 2018, los cuatro operadores que se presentaron a la última subasta -Telefónica, Vodafone, MásMóvil y Orange- que se celebró organizada por el entonces Ministerio de Economía y Empresa para la adjudicación de concesiones de uso privativo de dominio público radioeléctrico en la banda 3600 – 3800 MHz alcanzaron un importe total acumulado por el conjunto de las concesiones que asciende a 428.388.204,84 euros. La subasta constó de siete rondas con una actividad requerida que fue del 80% para todas ellas y se enmarcó en el Plan Nacional 5G 2018-2020, que incluye también la reordenación de la parte ya ocupada de la banda de 3,5 GHz (3,400 MHz-3,600 MHz). En total se subastaron 200 MHz en la banda de frecuencias de 3,6 – 3,8 GHz. Estas concesiones tienen una vigencia de 20 años y finalizarán en 2038.

Si bien el sistema de subastas para el otorgamiento de derechos de uso del espectro es el más utilizado por las autoridades de gestión del espectro, al tomar referencias objetivas económicas, también tiene dificultades. Se recogen a continuación opiniones de los operadores y de GSMA¹⁶ sobre las mejores prácticas en el otorgamiento de licencias de uso de espectro para servicios móviles.

GSMA opina que los siguientes principios fundamentales pueden ser utilizados como guía por las entidades encargadas de otorgar licencias:

1

Las subastas pueden ofrecer beneficios sociales sólidos, siempre que se diseñen correctamente. No existe un único modelo de adjudicación del espectro que aplique a todos los mercados. Las subastas han comprobado ser el medio utilizado para adjudicar espectro a aquellos que tienen la mayor posibilidad de utilizarlo de la mejor manera. Sin embargo, si la subasta presenta deficiencias en su diseño, puede resultar en una asignación ineficiente del espectro o limitar la competencia efectiva. En determinadas circunstancias, la asignación administrativa puede ofrecer ventajas respecto de las subastas, como es el caso cuando las entidades desean asignar licencias en base a una determinada variedad de criterios.

2

Un marco que establezca la presunción de renovación de licencias estimula las inversiones en las redes a largo plazo, con lo cual se evitan posibles demoras causadas por la incertidumbre respecto de los derechos de uso a futuro. La decisión de no renovar automáticamente una licencia solo debe ser tomada en aquellos casos en que exista una expectativa razonable de que los beneficios de dicha reasignación serán superiores a los costos.

3

Los altos precios del espectro afectan la entrega efectiva de los servicios inalámbricos. Si el objetivo de una subasta de espectro es maximizar la recaudación pública, el costo socioeconómico puede ser negativo, ya que la competencia en los mercados de telecomunicaciones se puede ver socavada además de correr el riesgo de causar un aumento en los precios minoristas y una caída de las inversiones en redes. Las entidades encargadas de otorgar licencias deben ser conservadoras a la hora de fijar los precios de reserva para permitir que el mercado determine un precio justo y así reducir el riesgo de dejar espectro sin asignar. En los casos de subasta de espectro, los cargos

en curso deberían restringirse a la recuperación del costo de la gestión del espectro. Cualquier tasa adicional asociada con la renovación de las licencias no debe impedir la razonabilidad de los rendimientos y aumentar los riesgos en las inversiones, ya que esto desalienta la innovación tecnológica.

4

El otorgamiento previsible y oportuno de licencias para uso de espectro fomenta la inversión en las redes a largo plazo. La previsibilidad es posible cuando los gobiernos publican (i) planes nacionales de banda ancha que establecen cómo se alcanzarán las metas de generalizar la banda ancha y (ii) una hoja de ruta para el espectro destinada al cumplimiento del plan de banda ancha del gobierno y otras demandas relativas al espectro, con el correspondiente cronograma que incluya las futuras liberaciones de espectro.

5

Las licencias para el espectro deben cumplir con la neutralidad red tecnológica y de servicio. Esto permite que los operadores móviles utilicen el espectro en forma eficiente y que no se encuentren atados a tecnologías y servicios en desuso. Además, los altos cargos que genera el corregir esta situación podrían crear el riesgo de un atraso en el aprovechamiento de los beneficios que ofrecen las nuevas tecnologías

6

La imposición de obligaciones en las licencias debe realizarse con cautela. En general, toda obligación que no esté relacionada con evitar interferencias debería ser minimizada o eliminada por completo. Los objetivos importantes, tales como requisitos y obligaciones de cobertura, por lo general, pueden ser abordados eficazmente a través de medidas directas de políticas públicas.

7

La duración de las licencias debe ser de 20 años, como mínimo, para así crear un incentivo a la inversión en redes. El uso de plazos indefinidos de licencia, más allá del período mínimo, puede aumentar aún más la previsibilidad al igual que la existencia de un marco normativo que establezca la presunción de renovación de dichas licencias.

8

La competencia puede estimularse a través del licenciamiento de la mayor cantidad de espectro posible así también como de la reducción de las cargas y las demás barreras a los servicios. Estimular la expansión de los servicios de la banda ancha móvil y que sean accesibles, asequibles y de mejor calidad, es esencial, por lo que se debe contar con la disponibilidad de espectro adicional que ofrezca mayor capacidad y más bandas de cobertura. Toda medida específica para aumentar la competencia, como topes o reservas de espectro, solo debe ser introducida después de que los beneficios y los costos de las demás alternativas hayan sido evaluadas. En muchos casos, el espectro adicional puede ofrecer mayores beneficios a la sociedad cuando se pone a disposición de los operadores existentes, dado que sus necesidades son mayores debido al rápido crecimiento del tráfico de datos en sus redes.

9

Para promover el uso eficiente del espectro, se debe fomentar la comercialización voluntaria de espectro. Permitir la transferencia eficiente del espectro no utilizado, o poco utilizado, a aquellos operadores que lo podrán

utilizar de mejor manera contribuye a la mejora de los servicios móviles.

Como alternativa a la subasta, la autoridad competente puede utilizar el concurso abierto o restringido. Mediante el cual puede seleccionar las propuestas de los postulantes que mejor cumplen con los objetivos de políticas públicas, los cuales pueden ser de cobertura, calidad de servicio y, posiblemente, una variedad de otros objetivos sociales y económicos más generales. Sin embargo, para que una asignación administrativa consecuencia de un concurso funcione correctamente, los criterios de selección y el correspondiente proceso deben ser claros, como también la ponderación asignada a cada objetivo debe reflejar su importancia para la sociedad (respecto de otras herramientas alternativas más específicas que podrían ser utilizadas para lograr dichos objetivos más específicos a menores costo). El uso de criterios poco claros y subjetivos, junto con la falta de transparencia, aumentan los riesgos de favoritismos y corrupción y el potencial de que el resultado sea objetado ante los tribunales.

Principales modelos de subastas de espectro		
Tipo de subasta		
Múltiples rondas simultáneas ascendentes (Simultaneous multipleround ascending auction, SMRA) Los lotes se subastan individualmente en forma simultánea, en rondas de licitación discretas con precios ascendentes para cada lote de espectro y la subasta continúa hasta que no se presenten más ofertas	En este caso, la asignación eficiente de espectro se logra en base a la información revelada durante la subasta y la posibilidad de que los oferentes que tengan las valoraciones más altas sean capaces de superar la oferta de sus rivales	La estrategia de los oferentes puede ser compleja e intentar concentrar múltiples lotes
	Formato relativamente simple	Puede dar lugar a que los oferentes se pongan de acuerdo
	Funciona mejor en el caso de licencias de espectro que sustituyen a las existentes ya que no dan lugar a optar solo por las bandas más bajas	Los lotes se asignan en forma independiente, presentando el riesgo de obtener lotes no deseados por no haber obtenido aquellos lotes complementarios
	Los precios que se pagan por licencias similares no resultan discriminatorios ya que para los oferentes dominantes representaría un costo muy alto impedir la entrada de oferentes más pequeños a la vez que se aumentan las posibilidades de que estos últimos no tengan que pagar precios promedio más altos	No se puede esperar un resultado eficiente de una SMRA si hay riesgo de concentración, que éste último tiene un efecto distorsionados sobre los incentivos y las fuertes sinergias entre lotes (para mitigar este fenómeno se debe permitir el retiro de los participantes o que los grandes oferentes realicen cambios en lo demandando)

Principales modelos de subastas de espectro

Tipo de subasta		
Subasta con sobres sellados Cada oferente presenta una única oferta y la licencia se adjudica al mejor postor. El oferente paga el valor de su oferta, o conforme a la regla del segundo precio, el valor de la segunda mejor oferta.	Menos vulnerable a colusión y puede atraer la entrada de más oferentes	La información a disposición de los oferentes es limitada ya que desconocen los valores de los rivales
	Administración relativamente fácil y rápida	El uso de la regla del primer precio puede llevar a los operadores a sufrir la maldición del ganador cuando se sobreestima el valor real de la licencia
	Puede recaudar más ingresos que la subasta de rondas múltiples en aquellos casos en los que la competencia por las licencias sea más alta	Puede llevar a una asignación ineficiente del espectro

Principales modelos de subastas de espectro		
Tipo de subasta	✓	⚠
Subasta de reloj combinatoria (Combinatorial Clock Auction, CCA) Subasta de múltiples rondas que permite ofertar por paquetes de lotes más que por licencias individuales. Cada paquete de bloques de espectro genérico tiene una fase de reloj ascendente inicial, la cual continúa hasta eliminar el exceso de demanda para cada grupo, y es seguida de una ronda final de subasta con sobres sellados para determinar las asignaciones específicas.	Ideal para estructuras de lotes flexibles que ayudan a evitar riesgos de concentración. Es decir, que los oferentes terminen con una combinación de lotes no deseados (contribuyendo así a lograr una asignación eficiente)	Menos revelación de precios que en una SMRA
	La regla del segundo precio, por la cual el precio pagado por el ganador se establece en base al monto hipotético de la oferta siguiente más aja con la cual se hubiera podido ganar la asignación, promueve una licitación directa en base a las propias valoraciones	Complejidad en la administración y la participación, ya que requiere que los oferentes desarrollen valoraciones de varios paquetes antes de la subasta
	Formato flexible que permite el uso de limitaciones de la cantidad de espectro por operador y otras restricciones	La CCA funciona bien solo si los oferentes pueden evaluar todas las opciones de ofertas a su disposición
		Puede dar lugar a especulación, permitiéndose así a los participantes elevar los costos de los rivales y obligando a los oferentes a pagar precios muy diferentes por el espectro.

Tabla 4. Principales modelos de subastas de espectro

Existe una opinión mayoritaria entre los operadores nacionales consultados, según el cual el procedimiento idóneo para la asignación de frecuencias es la subasta multi-ronda simultánea ascendente (SMRA), con precios de salida e incrementos razonables que fomenten un entorno favorable a la inversión que propicie el despliegue. Resulta fundamental para el éxito del despliegue de la nueva tecnología que el procedimiento de licitación de este espectro no favorezca a unos agentes frente a otros (es decir, que no haya bloques reservados ni procedimientos discriminatorios).

En este sentido, tanto los precios de salida de los distintos bloques de frecuencias, como la tasa por reserva de espectro que se fije para esta banda de frecuencias, como las reglas que se aprueben para dicho proceso (caps, incrementos, etc.) desempeñarán un papel importante en el resultado final que se alcance en el proceso de licitación.

Método híbrido de renovación de derechos de uso del espectro

Merece la pena revisar algún caso mixto de otorgamiento de derechos de uso del espectro en la fase de renovación de licencias. Tanto la Oficina de la Autoridad de Comunicaciones (OFCA, por sus siglas en inglés) en Hong Kong como la Unidad de Gestión del Espectro Radioeléctrico (RSM, por sus siglas en inglés) de Nueva Zelanda adoptaron modelos híbridos para resolver la situación planteada por el vencimiento de las licencias de espectro existentes.

En Hong Kong, a medida que se acercaba la fecha de vencimiento de las licencias de 2,1 GHz, se decidió renovarlas empleando una combinación de reasignación administrativa y de subasta. A los cuatro titulares de licencias se les ofreció la opción de mantener dos terceras partes de su espectro actual, y el tercio restante se debía subastar. En abril de 2014, CSL fue adquirida por HKT, con la condición de que la entidad combinada liberara una parte adicional de sus tenencias combinadas totales de espectro en la banda de 2,1 GHz, la cual también se incluyó en la subasta. Si bien la participación de la entidad combinada CSL/HKT quedó excluida de la subasta, el espectro se adjudicó a los otros dos participantes incumbentes, SmarTone y Hutch, junto al nuevo entrante, China Mobile HK, quien ganó 2x19,6 MHz. De esta manera, el mercado volvió a tener cuatro operadores.

Cuando vencieron las licencias de las bandas de espectro en 800 MHz y 900 MHz en Nueva Zelanda, la RSM garantizó la renovación de una parte del espectro a los participantes incumbentes, Telecom y Vodafone. No obstante, la RSM les dio dos opciones sobre la cantidad de espectro a renovar:

- Telecom y Vodafone podían individualmente vender 2x5 MHz cada uno a un tercero y renovar el resto de sus derechos.
- No renovar 2x7,5 MHz de los permisos de uso de cada compañía para que la Corona los asigne a un tercero. Ambos incumbentes optaron por vender el espectro a un nuevo entrante, 2Degrees, y esta estructura de mercado con tres operadores resultó ser sostenible, ya que ésta última obtuvo una participación de mercado de casi 24%.

Mercado secundario del espectro

El mercado secundario del espectro está regulado en el Artículo 65 del Reglamento del espectro. Su objeto es la regulación de los negocios jurídicos relativos al mercado secundario del espectro, cuyo fin es potenciar un uso más flexible y eficiente del dominio público radioeléctrico. Los negocios jurídicos relativos al mercado secundario del espectro son los siguientes:

- a. la transferencia de títulos habilitantes para el uso privativo del dominio público radioeléctrico,
- b. la cesión de derechos de uso privativo del dominio público radioeléctrico,
- c. la mutualización de los derechos de uso privativo del dominio público radioeléctrico,
- d. la provisión de servicios mayoristas relevantes.

Todo negocio jurídico relativo al mercado secundario del espectro debe ser autorizado previamente por el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital y Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales, según corresponda.

El negocio jurídico de transferencia, de cesión, de mutualización o de provisión de servicios mayoristas relevantes efectuado que no hubiera obtenido dicha autorización administrativa previa será nulo de pleno derecho y se tendrá por no celebrado.

Mutualización de los derechos de uso del dominio público radioeléctrico

Es interesante mencionar aquí el Artículo 80 del Reglamento regulador del espectro que aborda el concepto de la mutualización de derechos de uso del espectro. En la mutualización o puesta en común de derechos, dos o más titulares de derechos de uso del dominio público radioeléctrico, o uno o más titulares de derechos de uso con uno o más operadores que no disponen de derechos de uso objeto de la mutualización, comparten en una determinada zona geográfica los derechos individuales de uso. Las frecuencias mutualizadas pasan a ser de utilización conjunta de los participantes en el acuerdo de mutualización, manteniendo los mutualistas la titularidad jurídica de sus derechos de uso objeto de la mutualización.

La mutualización de frecuencias puede conllevar tanto la compartición de elementos de la red como el uso de la infraestructura desplegada por cada uno de los mutualistas a través de los oportunos mecanismos de coordinación técnica.

La gestión técnica de las frecuencias objeto de mutualización puede ser realizada por uno o varios de los operadores que mutualizan sus frecuencias, o bien ser encomendada a un tercer agente, diferente a los operadores que participan en la mutualización, sin que este tercer agente ostente los derechos de uso de las frecuencias para la prestación de servicios.

Son susceptibles de mutualización, o puesta en común, los derechos de uso privativo del dominio público radioeléctrico correspondientes a las bandas de frecuencias habilitadas para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas.

Provisión de servicios mayoristas relevantes

Un servicio mayorista relevante consiste (según Art 83 del Reglamento sobre el uso del dominio público radioeléctrico) en cualquier acuerdo entre dos operadores de comunicaciones electrónicas que sean titulares de derechos de uso del dominio público radioeléctrico en bandas de frecuencia con limitación de número otorgadas mediante procedimiento de licitación para prestación de servicios a terceros, en virtud del cual uno de los operadores, que actúa como prestador del servicio, permite a los clientes del otro operador, que actúa como prestatario del servicio, recibir servicios en cuya prestación se hace uso del espectro y los elementos de la red del primero.

En virtud de un servicio mayorista relevante el operador prestador del servicio comparte el derecho de uso del dominio público radioeléctrico del que es titular entre sus propios clientes y los clientes del operador prestatario del servicio. Un caso particular de servicio mayorista relevante lo constituyen los acuerdos de itinerancia entre operadores.

Un servicio mayorista relevante no supone transferencia de títulos habilitantes para el uso del dominio público radioeléctrico de los operadores intervinientes manteniendo cada uno de ellos la titularidad de los mismos, de manera que el operador que presta el servicio sigue siendo el encargado de la gestión real y efectiva de las frecuencias utilizadas.

La prestación de un servicio mayorista relevante podrá comprender todas o parte de las frecuencias cuyos derechos de uso corresponden al prestador, en toda o parte del área geográfica a que habilita el uso del título habilitante para el uso del dominio público radioeléctrico del prestador y por todo o una parte del tiempo que reste de vigencia del título del prestador.

Acaparamiento de recursos de dominio público radioeléctrico

En el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias o en los pliegos reguladores de los procedimientos de licitación para el otorgamiento de títulos habilitantes para el uso del dominio público radioeléctrico se podrán establecer cautelas para evitar comportamientos especulativos o acaparamiento de derechos de uso del dominio público radioeléctrico. En particular, estas cautelas podrán consistir, entre otras, en:

- a. la fijación de límites en la cantidad de frecuencias a utilizar por un mismo operador o grupo empresarial.
- b. la fijación de plazos estrictos para la explotación de los derechos de uso por parte de su titular.

Estas cautelas se establecerán y aplicarán de manera que sean proporcionadas, no discriminatorias y transparentes. Para asegurar el cumplimiento de las cautelas establecidas en el artículo anterior, el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, de manera motivada, proporcionada, no discriminatoria y transparente podrá ordenar la venta o la cesión de derechos de uso de radiofrecuencias.

Los titulares de derechos de uso del dominio público radioeléctrico deberán cumplir los límites en la cantidad de frecuencias a utilizar por un mismo operador o grupo empresarial que puedan haberse establecido normativamente, en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias o en los pliegos reguladores de los procedimientos de licitación para el otorgamiento de títulos habilitantes para el uso del dominio público radioeléctrico.

Compartición de espectro

Se aborda este tema por cuando la disponibilidad de espectro radioeléctrico es limitada y varios servicios operan en bandas que son deseadas por otros servicios (normalmente los nuevos servicios donde se enmarca el 5G). Las autoridades competentes en la gestión del espectro radioeléctrico vienen recomendando sobre la explotación del espectro radioeléctrico con la máxima eficiencia posible, incluyendo la operación del mismo espectro radioeléctrico por varios operadores incluso de servicios distintos.

La compartición de espectro conlleva probablemente restricciones o requisitos tecnológicos adicionales, pero abre la posibilidad de operación de mayor número de bandas de frecuencias, las cuales pueden estar siendo usadas en la actualidad por otros servicios. La compartición puede verse favorecida por las condiciones específicas de propagación radioeléctrica de las señales de frecuencias en bandas más altas, como en las bandas milimétricas de 26 GHz, por cuando los servicios 5G en estas bandas se concentren en pequeñas células de cobertura.

Los nuevos sistemas de antena de los transmisores y receptores 5G podría ayudar a conformar haces de cobertura que permitan la compartición mediante eliminación de emisiones o recepción sobre determinadas direcciones, lo que mitigaría los niveles de señales interferentes creados o recibidos. Estos aspectos tecnológicos deben ser tenidos en cuenta en los organismos de normalización técnica, así como los proyectos de investigación del 5G-PPP, con el fin de fomentar la compartición de espectro. Sin estas técnicas de mitigación de señales interferentes, la utilización tradicional del espectro se ha basado en la

segmentación de bandas de frecuencias a cada servicio, con el consiguiente desperdicio del recurso limitado del espectro, por cuanto cada servicio tiene zonas de utilización y zonas de sombra que podrían ser usadas por otro servicio.

En el marco de la UIT y la CEPT, se discuten las posibilidades los estudios técnicos de compartición de frecuencias que permitan identificar técnicas de mitigación de interferencias. Sin embargo, dichos estudios aún se siguen realizando sobre criterios de protección en caso peor y sin explotar las posibilidades tecnológicas de cada uno de los servicios a fin de reconfigurarse según el marco dinámico de interferencias. Así, los servicios móviles IMT tratan de compatibilizar sus usos con otros servicios como la radiodifusión, los aficionados, los servicios de investigación del espacio, los servicios satelitales, etc. Tras los estudios de la UIT, se suelen adoptar normas genéricas sobre máximos niveles de potencia radiada por los servicios móviles en términos de potencia por ancho de banda (por ejemplo, la resolución 212 de la UIT que limita¹⁷ los niveles de potencia).

Espectro de uso común (Autorización general)

En este apartado se aborda la problemática acerca de los usos alternativos del espectro como el no licenciado o el uso compartido. Para algunas de las bandas de frecuencias previstas para 5G, sobre todo las más altas, es muy probable que este mecanismo de espectro no licenciado pueda dar satisfacción a una serie de casos de uso donde varios operadores desarrollen aplicaciones y proporcionen servicios sobre la base de un espectro común que no requiere licencia o autorización individual.

El CNAF español prevé este tipo de uso común, o uso compartido sin licencia, en los artículos 13 y 19 del Reglamento sobre el uso del dominio público radioeléctrico, de tal manera que permite el uso de una banda o rango de frecuencias por parte de varios usuarios, a los que se otorgan derechos de uso de dichas frecuencias en un mismo ámbito geográfico. Los titulares de derechos de uso de frecuencias, bandas o subbandas del dominio público radioeléctrico que, en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, se establezcan como de uso compartido con otros titulares, habrán de aceptar las limitaciones y restricciones inherentes a dicho régimen de asignación de frecuencias, incorporando a sus redes los dispositivos técnicos pertinentes.

El uso común del dominio público radioeléctrico es el que se realiza sin precisar ningún título habilitante, sin limitación de número de operadores o usuarios, y con las condiciones técnicas que se determinen en el CNAF. El uso común del dominio público radioeléctrico no precisará de título habilitante y se ejercerá con sujeción a lo dispuesto en este reglamento. Los servicios que efectúen un uso común del dominio público radioeléctrico no deberán producir interferencias perjudiciales a otros servicios de radiocomunicaciones autorizados, ni podrán solicitar protección frente a ellos. La utilización de estaciones radioeléctricas correspondientes a este tipo de uso se considerará autorizada con carácter general, siempre que se cumpla con los términos y condiciones técnicas establecidas en el CNAF y las señaladas con carácter general en este reglamento.

¹⁷ La CMR-19 está estudiando niveles de potencia máximos de servicios móviles, en el entorno de 20 dBm/5 MHz para las estaciones base, en el contexto de la agenda 9.1.1

El espectro de uso común sin licencia¹⁸ puede ser un complemento para estos servicios, dado que permitiría a los operadores garantizar cierta calidad de servicio mediante el uso de espectro licenciado y luego mejorar la experiencia del usuario utilizando, en forma simultánea, las bandas sin licencia.

Los operadores españoles consideran que los servicios 5G deben estar basados en espectro licenciado en exclusiva para garantizar la calidad requerida, y no consideran en la actualidad la ocupación de espectro en bandas de uso común. Una vez dicho esto, no descartan en el futuro el uso de bandas de uso común (como la de 6 GHz o bandas milimétricas) para despliegues concretos en situaciones determinadas siempre y cuando el análisis riesgos / beneficios fuera favorable, no fuese en perjuicio de los restantes despliegues y se abordase desde un enfoque holístico.

Igualmente, algunos países como Francia están considerando también el posible uso sin necesidad de autorización individual en bandas bajas como en 5 GHz. El Reino Unido, por su parte, ha adecuado la regulación de la banda de 57 – 71 GHz¹⁹ para ponerla a disposición de los operadores como banda de uso común y consideran que el equipamiento en esta banda estará disponible relativamente pronto.

Bandas de frecuencias candidatas para su uso 5G

Tal y como se indica en el Plan Nacional 5G, en 2016 el Grupo de Políticas Sobre Espectro Radioeléctrico²⁰ (Radio Spectrum Policy Group) de la Comisión Europea identificó las siguientes bandas de frecuencia para ser utilizadas por la tecnología 5G en Europa:

- Por debajo de 1 GHz, se identifica la **banda de 700 MHz**. Esta banda de frecuencias tiene más alcance que las demás, por lo que servirá para la extensión de cobertura en zonas rurales, así como para mejorar la cobertura en el interior de los edificios en zonas urbanas.
- La **banda de 3,4 – 3,8 GHz** se considera la banda más importante para la introducción de tecnologías 5G en Europa. Este rango de frecuencias presenta un buen compromiso entre alcance de la señal (cobertura), y capacidad (alta tasa binaria de bits).
- La **banda de 26 GHz (24,25 – 27,5 GHz)** se señala como la más idónea de entre aquellas bandas por encima de 24 GHz. En esta banda más alta es donde más espectro hay disponible, aunque el alcance es menor.

Además de estas bandas identificadas como pioneras o candidatas a corto plazo por el RSPG, las bandas de frecuencia que utilizan los operadores móviles para prestar servicios de comunicaciones móviles vienen siendo atribuidas al Servicio de comunicaciones electrónicas, y se asignan bajo el principio de neutralidad tecnológica. Esto abre la puerta a que estas bandas de frecuencia puedan ser utilizadas en el medio y largo plazos para el 5G, ya que ya se encuentran ya asignadas a los operadores y están siendo utilizadas para prestar los servicios de 2G, 3G y 4G.

¹⁸ <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2017/02/Espectro-5G-Posici%C3%B3n-de-la-GSMA-sobre-pol%C3%A-Dticas-p%C3%ABlicas.pdf>

¹⁹ <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-3/implementing-decisions-57-71-ghz-band>

²⁰ https://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/RPSG16-032-Opinion_5G.pdf

Hay otra serie de bandas de frecuencia que también se señalan como candidatas a ser utilizadas por las redes 5G, aunque hoy en día por lo general tienen otros usos. El futuro de estas bandas se ha debatido en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019. Por último, existen otras bandas candidatas, en consideración más a largo plazo.

La tabla siguiente presenta una panorámica global de las bandas de frecuencias susceptibles de ser usadas para servicios 5G en la actualidad y en el futuro.

Bandas iniciales 5G a nivel europeo	Bandas 4G, susceptibles de incorporarse al 5G	Bandas identificadas IMT por la CMR19	Otras bandas candidatas en identificar en futuras conferencias (CMR23)
700 MHz (703 – 733 – 758 – 788 MHz)	800 MHz (832 – 862 – 791 – 821 MHz) 900 MHz (880 – 915 – 925 – 960 MHz) 1800 MHz (1710 – 1785 – 1805 – 1880 MHz) 1900 MHz ²¹ (1900 – 1920 MHz) 2,1 GHz (1920 – 1980 – 2110 – 2170 MHz) 2,6 GHz (2500 – 2570 – 2620 – 2690 MHz FDD y 2595 – 2615 MHz TDD)		HIPS ²² , por debajo de 2,7 GHz
3,5 GHz (3,4 – 3,8 GHz)			3,3 – 3,4 GHz, Regiones 1 y 2 6,425 – 7,025 GHz, Region 1 7,025 – 7,125 GHz 10 – 10,5 GHz, Region 2

²¹ Esta banda está atribuida a comunicaciones electrónicas en España, pero no está armonizada en Europa y no se la considera candidata 5G

²² HIBS: high-altitude platform stations for IMT

Bandas iniciales 5G a nivel europeo	Bandas 4G, susceptibles de incorporarse al 5G	Bandas identificadas IMT por la CMR19	Otras bandas candidatas en identificar en futuras conferencias (CMR23)
26 GHz (24,25 – 27,5 GHz)		24,25 – 27,5 GHz 37,0 – 43,5 GHz 45,5–47,0 GHz (nacional) 47,2 – 48,2 GHz (nacional) 66,0 – 71,0 GHz.	
3,71 GHz en total mundial	590 MHz en total	14,75 GHz mundial 17,25 GHz nacional	1,3 GHz en total

Tabla 5. Resumen general de Bandas de frecuencia 5G

Para el caso de España, se incluye a continuación cuál es el estado de las siguientes bandas, así como el ancho de banda disponible en cada una de ellas:

Tipo de banda	Banda	Subida	Bajada	BW total [MHz]	Estado
Bandas 5G	700 MHz	703 – 733 MHz	758 – 788 MHz	60	Ya atribuida pendiente asignación. Subasta planificada para 2020
	3,4 – 3,6 GHz	3400 – 3600 MHz (3400 – 3480 MHz y 3500 – 3580 MHz)		180	Ya asignada a comun. Electrónicas
	3,6 – 3,8 GHz	3600 – 3800 MHz		200	Ya asignada a comun. Electrónicas
	26 GHz	24,25 – 27,5 GHz		3 250	Atribuida al S. Fijo aunque no se admiten más asignaciones en la banda
Bandas 4G	800 MHz	832 – 862 MHz	791 – 821 MHz	60	Ya asignada a comun. electrónicas
	900 MHz	880 – 915 MHz	925 – 960 MHz	70	Ya asignada a comun. electrónicas
	1800 MHz	1710 – 1785 MHz	1805 – 1880 MHz	150	Ya asignada a comun. electrónicas
	1900 MHz	1900 – 1920 MHz		20	Ya asignada
	2100 MHz	1920 – 1980 MHz	2110 – 2170 MHz	120	Ya asignada a comun. electrónicas
	2600 MHz - TDD	2570 – 2620 MHz		30	Ya asignada
	2600 MHz - FDD	2500 – 2570 MHz	2620 – 2690 MHz	140	Ya asignada a comun. electrónicas

Tipo de banda	Banda	Subida	Bajada	BW total [MHz]	Estado
Bandas identificadas IMT por la CMR19	38 GHz	37 – 40 GHz		3.000	Atribuida a otros servicios
	40 / 50 GHz	40 – 42 GHz		2.000	Atribuida a otros servicios
		42 – 43,5 GHz		1.500	Atribuida a otros servicios
		47,2 – 48,2 GHz		1.000	Atribuida a otros servicios
	60 GHz	64 – 71 GHz		7.000	Atribuida a otros servicios
Otras bandas candidatas en futuras Conferencias	3,3 – 3,4 GHz	3,3 – 3,4 GHz		100	Atribuida a otros servicios
	6,4 – 7,1 GHz	6,425 – 7,025 GHz		600	Atribuida a otros servicios
	7,025 – 7,125 GHz	7,025 – 7,125 GHz		100	Atribuida a otros servicios
	10 – 10,5 GHz	10 – 10,5 GHz		500	Atribuida a otros servicios

Tabla 6. Detalle de las bandas de frecuencia 5G a finales de 2019

Por su parte, representantes de los operadores de red españoles consideran relevante señalar que es imprescindible superar la tradicional asociación entre bandas de frecuencias y tecnologías. Además de la neutralidad tecnológica ya existente en multitud de bandas, en el corto plazo se va a activar el uso dinámico del espectro, de forma que consideran urgente abordar una revisión de la normativa que permita certificar el despliegue en base a bandas de frecuencias y no por tecnologías.

En relación a las bandas pioneras, en España se ha licitado la banda de 3,4- 3,8 GHz (con excepción de un bloque de 2x20 MHz que está asignado al Ministerio de Defensa. Dicho Ministerio ha expresado²³ su intención de liberar esta banda y migrar los equipos que operan en ella a otras bandas, con lo que este bloque podría ser objeto de subasta en el corto plazo).

²³ https://www.vozpopuli.com/economia-y-finanzas/Defensa-Economia-Gobierno-servicio-5G-radares_0_1293471796.html

La subasta de la banda de 700 MHz se producirá en 2020, y no hay planes todavía para la banda de 26 GHz. La siguiente figura ilustra este hecho:

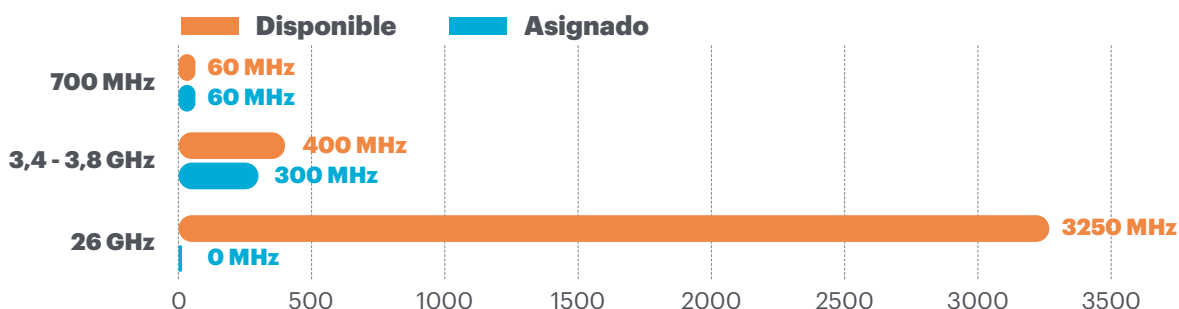


Ilustración 4. Bandas de 700 MHz, 3,5 GHz y 26 GHz

La siguiente gráfica muestra la cantidad de espectro atribuido y asignado a comunicaciones electrónicas (incluyendo 2G, 3G, 4G y 5G) en España:

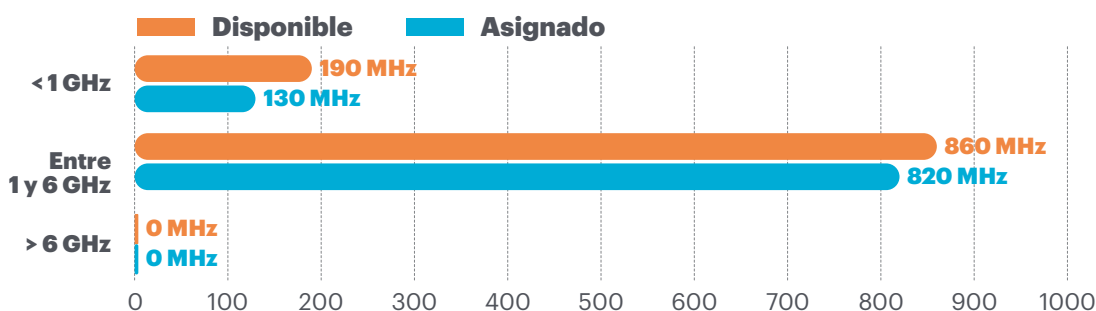


Ilustración 5. Espectro asignado en España en las bandas debajo de 1 GHz, entre 1 y 6 GHz y por encima de 6 GHz

Y a continuación, se muestra el detalle de espectro asignado (en color oscuro) sobre el total de la banda (en color claro) por banda de frecuencias:

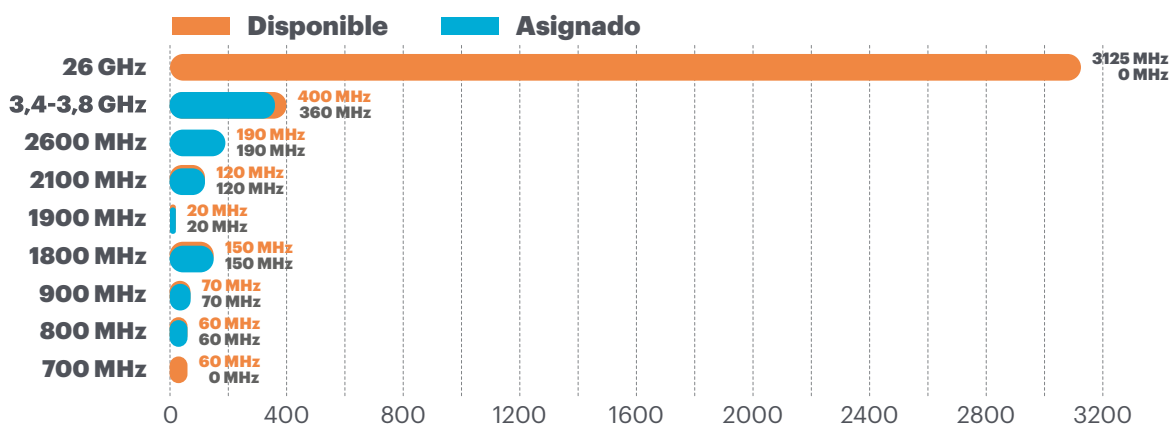


Ilustración 6. Espectro asignado en España por bandas de frecuencias

Políticas públicas y regulación

Un organismo de referencia sobre políticas públicas en la gestión de los servicios de Comunicaciones electrónicas y el Espectro en Europa es BEREC (*Body of European Regulators for Electronic Communications*). BEREC emite opiniones regularmente que son fuente de referencia para las políticas públicas nacionales en Europa. BEREC ha considerado que es importante que las autoridades regulatorias nacionales adopten decisiones que estimulen el despliegue de los servicios 5G, mediante suministro de información, como por ejemplo, datos de cobertura de las redes de comunicaciones electrónicas, calidad de servicio, incluyendo si es posible mapas de cobertura donde se pueda disponer de referencias claras sobre la calidad del servicio de las redes 5G asociadas a publicaciones y plazos de despliegue.

Esta información pública permitiría el despliegue de servicios asociados a los verticales, a los integradores de aplicaciones de tal manera que puedan optimizar sus conectividades, naturalmente sobre la base de información coherente sobre la cobertura disponible o la disponibilidad de espectro. Esta información también beneficiará las negociaciones y acuerdos entre operadores de redes y desarrolladores de servicios y aplicaciones en los verticales. Todo ello, fomentará la competencia entre proveedores de servicios y aplicaciones.

Naturalmente, la información anterior permitirá a los usuarios y consumidores ganar confianza en los servicios 5G disponibles. Evidentemente, dicha información también permitirá a los reguladores realizar el seguimiento del cumplimiento de las condiciones asociadas a las autorizaciones a los operadores y proveedores.

Compartición de Infraestructuras

La administración española ha llevado a cabo estudios previos sobre las oportunidades de compartición de infraestructuras de telecomunicaciones y posible necesidad de su regulación. En dicho estudio se han identificado acuerdos voluntarios entre operadores de tal manera que la compartición se ha venido realizando de manera voluntaria entre operadores de telecomunicaciones y proveedores de infraestructuras.

La compartición de infraestructuras se ha demostrado como necesaria en los últimos años, debido fundamentalmente a:

- la consecución de un despliegue masivo de redes GSM con lo que la diferencia de cobertura de cada sistema ya no es un elemento crucial de oferta comercial
- las dificultades creadas por las administraciones locales para otorgar licencias de construcción y apertura de instalaciones, con la justificación de evitar la proliferación indiscriminada de instalaciones múltiples que aparentemente podría optimizar recursos técnicos, mecánicos, etc.
- la mayor preocupación de autoridades y administradores para evitar polución visual innecesaria.
- la compartición de infraestructuras consiste en el uso común por varios operadores de elementos de transmisión y recursos adicionales mecánicos, físicos, eléctricos, energéticos, etc., de tal manera que el número de instalaciones (torres de transmisión independientes) sea menor.

El uso compartido de la red puede implicar diversos niveles de cooperación, y el grado de independencia conservado por los operadores depende de los elementos de la red que se compartan. Pueden distinguirse los siguientes niveles de uso compartido:

- uso compartido de emplazamientos, que va desde los mástiles hasta la propia red (lo que requiere una configuración uniforme de las redes) y puede incluir la infraestructura de apoyo del emplazamiento, tal como las casetas;
- uso compartido de estaciones de base (nodos B), antenas y reguladores de red radioeléctrica (RNC), también llamados redes de acceso de radio (RAN), es decir, el equipo inicial de transmisión;
- uso compartido de redes de base, incluidos centros de comunicaciones móviles (MSC) y diversas bases de datos, es decir, la parte inteligente de la red;
- uso compartido de frecuencias de radio.

Los operadores españoles entienden que la compartición de infraestructuras es tan sólo un modelo más para acometer el despliegue, el cual siempre ha de responder a acuerdos celebrados libremente entre las partes en régimen de competencia sin poder ser impuesta la misma en ningún tipo de entorno. Es más, en atención del grado de despliegue en España, así como la oferta mayorista MARCo, se hace del todo desaconsejable desarrollar ningún tipo de regulación al respecto.

Un operador español es partidario del establecimiento de la figura del operador neutro de infraestructuras urbanas. Los requisitos 5G de ancho de banda, latencia y número de dispositivos conllevarán una densificación de estaciones base, que transitarán de las azoteas a las farolas o quioscos. Disponer de un operador neutro que gestione las infraestructuras urbanas a nivel de municipio puede racionalizar el proceso, acelerar el despliegue, hacer realidad casos de negocio dudosos y minimizar el impacto negativo sobre las ciudades y los ciudadanos.

– **Acuerdo entre Orange y Vodafone relativo a la compartición de infraestructuras**

Orange²⁴ y Vodafone²⁵ anunciaron en abril de 2019 la ampliación de sus acuerdos de despliegue y compartición de redes móviles y fijas en España. El objetivo es promover un modelo de inversión sostenible que permita acelerar la llegada de nuevas redes como 5G a los clientes ubicados en áreas geográficas más extensas y de una forma más eficiente.

El nuevo acuerdo, que renueva acuerdos existentes, consiste en la de compartición activa sobre las redes 2G, 3G y 4G de ambas compañías y alcanzará a 14.800 emplazamientos ubicados en localidades de entre los 1.000 y los 175.000 habitantes, y se extenderá en el futuro a las redes 5G, lo que permitirá que un mayor número de clientes disfruten antes de las nuevas funcionalidades de la nueva tecnología, tales como su menor latencia o sus mayores velocidades. Este acuerdo permitirá a ambas compañías mantener sus propias estrategias de red en las grandes ciudades, donde las eficiencias de la compartición son limitadas. Además, preservarán la utilización independiente del espectro de cada compañía, y cada una gestionará la optimización y calidad de su servicio de red de forma diferenciada, así como las funcionalidades de sus respectivas redes principales. Con respecto a las redes fijas, se facilita mutuamente el acceso a nuevas áreas geográficas a través de acuerdos

²⁴ <http://blog.orange.es/noticias/orange-y-vodafone-amplian-acuerdos-comparticion-de-redes-moviles-y-fijas/>

²⁵ https://www.saladeprensa.vodafone.es/c/notas-prensa/np_acuordoredes/

mayoristas y de compartición. El nuevo acuerdo mayorista permitirá a Vodafone llevar sus ofertas de fibra y servicios convergentes a 1 millón de unidades inmobiliarias adicionales sobre la red de Orange.

En octubre, se anunció²⁶ que Movistar mantiene negociaciones con Orange y Vodafone para sumarse a este acuerdo de compartición de infraestructura. El objetivo es ahorrar en los costes de despliegue de red: “es necesario preservar la red cuando supone una ventaja competitiva, pero no tiene sentido invertir en siete tecnologías a la vez porque afecta significativamente al capital empleado”, señaló José María Álvarez-Pallete en Julio, y puso como ejemplo de esa voluntad de compartir redes el acuerdo alcanzado con Vodafone en Reino Unido y con la italiana TIM en Brasil, así como con el grupo Millicom en Colombia. Si las negociaciones entre los tres principales operadores españoles llevaran a buen puerto, un 20% de la población española contaría con una sola red móvil física a su disposición, aunque con pluralidad de oferta comercial.

– **Acuerdo entre Orange y MásMóvil relativo a la compartición de infraestructuras**

Gracias a este acuerdo²⁷, MásMóvil se garantiza el acceso a la nueva tecnología 5G, aumenta de forma significativa su red de fibra óptica - propia y derechos de uso- hasta los 14,2 millones de hogares en 2020 (cerca de 2/3 de los hogares actuales con fibra en España) y genera ahorros relevantes (40M€ al año) que permitirán a la compañía mejorar de forma sustancial sus previsiones para 2019 y 2020.

El acuerdo, que concluirá en 2028 aunque es prorrogable 5 años más, incluye el acceso de MásMóvil a la tecnología 5G en toda la red de Orange y la conversión en un modelo de compartición de la capacidad de la red. Además, MásMóvil se beneficiará del despliegue en modo Compartición Activa Virtual de la red 5G de Orange. Este acuerdo va a suponer un gasto operativo adicional de 10M€ hasta 2023 y permanecerá estable de 2024 en adelante.

Influencia de la regulación en el despliegue

En relación al éxito de otras generaciones de comunicaciones móviles, la armonización de frecuencias fue un factor clave. En el 2G, Europa tuvo éxito armonizando una tecnología (GSM) y unas bandas de frecuencia (900 y 1800 MHz). Japón, por ejemplo, perdió el paso en 2G porque adoptó un estándar (PDC) y una banda de frecuencia (1,5 GHz) que no estaban disponibles fuera de Japón. Esta es una de las razones por las que Japón se aseguró de que la tecnología 3G fuera armonizada globalmente por parte del 3GPP y la UIT, así como la banda de 2 GHz por parte del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

Una ventaja de España en la carrera 5G es el importante despliegue de fibra realizado en nuestro país, que servirá como base para la introducción de la tecnología 5G. Hoy, los países asiáticos están liderando el 5G, Corea por tráfico y China por interés estratégico, mientras que Estados Unidos está realizando importantes esfuerzos en la misma dirección con un especial foco en el FWA Fixed Wireless Access gracias a marcos favorables a la inversión, una liberación significativa de espectro, precios ajustados del mismo y facilidades para el despliegue.

²⁶ <https://www.expansion.com/empresas/tecnologia/2019/10/01/5d930a43468aeb8c2a8b46b0.html>

²⁷ https://www.grupomás Móvil.com/wp-content/uploads/2019/10/011019_Grupo-MÁSMÓVIL-alcanza-un-acuerdo-global-de-re-des-con-Orange.pdf

Un factor diferenciador de 5G con respecto a tecnologías móviles anteriores es la necesidad de desarrollar un ecosistema de entidades que colaboran entre sí: empresas privadas, Administraciones Públicas, pymes, desarrolladores, integradores, operadores, fabricantes de equipos y usuarios, sin el desarrollo del cual es muy difícil que una sola entidad tenga éxito.

Operadores españoles resaltan la necesidad de modificación de la Ley General de Telecomunicaciones así como el Reglamento para facilitar el despliegue macro, además de las SAWAPs (Small Area Wireless Access Points), de acuerdo al Código Europeo de Comunicaciones Electrónicas, minimizando las barreras al despliegue, agilizando la autorización y licencias administrativas, y eliminar o modificar las restricciones administrativas de tipo urbanístico, tan gravosas para el despliegue, como son las alturas máximas o número de mástiles, siempre cumpliendo con la exigente normativa de emisiones.

Requisitos y obligaciones de los poseedores de las licencias 5G

Según BERECE, la cobertura móvil ha llegado a ser una necesidad social dado su impacto en la economía. Las obligaciones de cobertura se han utilizado en el pasado para prestar servicio en aquellas zonas en las que el Mercado por sí solo podría no haber proporcionado estos beneficios sociales. La creciente relevancia de los servicios móviles podría llevar a los reguladores a pensar en diferentes obligaciones para asegurar estos beneficios cuando se liciten nuevas bandas de espectro.

De manera general, existen dos enfoques:

- **Obligaciones de cobertura:** se establecen obligaciones de cobertura dentro de un marco temporal, obedeciendo a políticas públicas relativas a la disponibilidad de banda ancha en zonas sin cobertura previa, o a la disponibilidad de servicios avanzados para empresas. Las obligaciones de cobertura son caras y en última instancia son pagadas directa o indirectamente por los contribuyentes o por los usuarios.
- **Obligaciones de despliegue:** se asegura que las redes se despliegan efectivamente en un rango de frecuencia y que se desarrolla un ecosistema en un tiempo determinado. De esta manera, se asegura que la inversión temprana se realiza en zonas donde se obtendrá un rendimiento económico, en lugar de invertir en zonas donde el proveedor no invertiría por sí mismo.

Aunque los operadores tengan obligaciones de cobertura, las administraciones podrían considerar establecer obligaciones de despliegue para asegurar que todas las licencias y todo el espectro es utilizado en la práctica. Esto podría ser un mecanismo para evitar el acaparamiento de espectro con fines especulativos o para evitar que la competencia tenga acceso al mismo. Otra medida para evitar el acaparamiento de espectro con fines especulativos podría ser establecer un margen temporal, de unos cuantos años, en los que no se pueda comerciar con el espectro en el mercado secundario.

Ambos tipos de obligaciones pueden tener diversos criterios asociados, por ejemplo:

- Intensidad de campo mínima
- Calidad de servicio determinada
- Tasa binaria de subida o de bajada.

Un aspecto relevante es la aplicación de estas obligaciones. Si el criterio o la metodología

para medirlo no están claramente definidos, será muy complicado para las administraciones asegurar el cumplimiento de estas.

En relación a la armonización de obligaciones en los países europeos, la opinión del RSPG es que cada país debe encargarse de establecer sus propios mecanismos, al tiempo que reconoce la importancia de compartir mejores prácticas e información entre los Estados Miembros.

– **Desafíos particulares de la cobertura de redes 5G**

- Las bandas bajas, como la de 700 MHz, proporcionarán cobertura tanto geográfica como en interiores con mejores prestaciones que el resto de bandas. Sin embargo, proporcionar cobertura 5G a través de diferentes bandas es particularmente importante para el Mercado mMTC.
- En algunos países, la introducción de servicios 5G en bandas por debajo de 1 GHz será una evolución gradual de LTE más que una nueva asignación de espectro. En estos casos, será difícil introducir obligaciones de cobertura específicas para 5G, ya sea para acelerar el despliegue o para incrementar la cobertura. Los reguladores deberán considerar si la migración a 5G ocurrirá como fruto de la competencia entre operadores o si será necesaria la intervención del regulador.
- Las obligaciones de cobertura, hasta el momento, han sido establecidas típicamente a nivel nacional. Dado el tamaño de las small cells y la capacidad objetivo de las estaciones 5G en bandas milimétricas, no es razonable pensar que esto sea posible en 5G. Por lo tanto, podría ser más apropiado que los países consideren obligaciones locales que el Mercado es difícil que cumpla, por ejemplo, ubicaciones interiores y exteriores rurales y redes de transporte en lugar de porcentajes de población cubierta.
- Las obligaciones de cobertura tradicionalmente han beneficiado a todos los usuarios de las redes móviles. Sin embargo, se espera que 5G sea diseñado para dar servicio a diferentes verticales, con slices de red proporcionando redes privadas virtuales, que potencialmente ofrecen diferentes niveles de servicio a diferentes segmentos de usuarios basados en características como la tasa binaria, la latencia, la disponibilidad, la fiabilidad o la velocidad.
- La industria definirá estos niveles de desempeño y requisitos de disponibilidad y los Estados Miembros tendrán que considerar las consecuencias en términos de obligaciones de cobertura. En el caso de los servicios transfronterizos, será de ayuda la definición de niveles de desempeño comunes para toda la UE.
- Existen múltiples zonas rurales con población dispersa en la UE que dependen completamente de la cobertura móvil proporcionada por bandas de frecuencia por debajo de 1 GHz. En muchas de estas áreas, la densificación necesaria para disponer de cobertura en bandas altas supondrá un alto coste en términos de nuevos emplazamientos. Por lo tanto, existe el riesgo de que los usuarios de estas áreas no disfruten de las mismas prestaciones de las redes 5G urbanas.
- Es necesario investigar soluciones ya sean regulatorias o tecnológicas para las áreas menos pobladas, considerando el satélite como un medio para llegar al 100% de cobertura.

–

– La visión de los operadores

El modelo de despliegue del 5G va a ser diferente al del 4G, primando el caso de uso y las demandas del cliente, de forma que no se centrará tanto en la cobertura sino en la potencial demanda de los servicios en los distintos entornos, por lo que son necesarias concesiones de ámbito nacional para poder prestar servicios de calidad allá donde vaya surgiendo la demanda. Es importante recordar que los niveles de cobertura alcanzados en España son de los más altos de Europa, máxime tras la aprobación del Plan para proporcionar cobertura que permita el acceso a 30 Mbps en entidades de menos de 5.000 habitantes antes de 1 de enero de 2020 por parte de los operadores que disponen de espectro en la banda de 800 MHz.

Orange considera razonable que existan obligaciones de cobertura comunes a los operadores que resulten adjudicatarios de espectro en bandas identificadas para 5G, especialmente en la banda de 700 MHz, siempre que estén acordes con las prestaciones propias del ancho de banda adquirido. Sin embargo, esas obligaciones no deberían añadir una carga económica excesiva a los ya de por sí altos costes del despliegue. Hay que definir cuidadosamente las condiciones, ya que hacer un despliegue geográficamente extenso de soluciones de muy alta velocidad y baja latencia es muy costoso, y previsiblemente las necesidades de retardo se resolverán con la introducción del edge computing²⁸, por lo que se debe tener en cuenta al fijar las obligaciones para evitar sobredimensionamientos innecesarios de la red.

Es fundamental que existan condiciones para evitar comportamientos especulativos o acaparamiento de derechos de uso del dominio público radioeléctrico. Una de las condiciones que se pueden imponer es la fijación de un límite en la cantidad de frecuencias que se pueden adquirir. Existen otras herramientas que resultan también eficaces, como es la prohibición de poder transferir el título habilitante de uso privativo del espectro o la cesión del espectro en la banda de 700 MHz durante un plazo y la fijación de compromisos de inversión. En cuanto a la fijación de un plazo durante el cual se prohíba la transferencia de títulos habilitantes de uso privativo del espectro o la cesión del espectro del que un titular resulte adjudicatario en la próxima subasta se debe tener en consideración el hecho de que en las bandas clave para prestar servicios 5G, este hecho necesariamente sería un incentivo para posibles especuladores, ya que su precio se incrementará a medida que se vayan desplegando las redes 5G y se incrementen las necesidades de espectro en esta banda para los operadores. Orange considera que este plazo debería ser al menos de diez años. También podría requerirse haber realizado inversiones en los años anteriores en redes móviles, tal y como se fijó en la subasta de la banda de 3600-3800 MHz en España.

Por su parte, Vodafone y Telefónica se muestran contrarios a la imposición de obligaciones de cobertura: “Vodafone está convencido de que la manera óptima para incrementar la cobertura de las redes móviles no pasa por la inclusión de nuevas obligaciones en las futuras concesiones de espectro, sino por la promoción de subsidios públicos, con procedimientos que promuevan la competitividad y que garanticen la igualdad de oportunidades para todos los operadores interesados. No hay que olvidar que los despliegues de última generación 4G-LTE dirigidos únicamente por el interés comercial, no distorsionados por la necesidad de cumplir con obligaciones, alcanzan el 90-95% de la población, y que, para dar cobertura con nuevas tecnologías al porcentaje de población restante, es necesario que existan

²⁸ Recibe este nombre la característica según la cual, los servicios, las aplicaciones y el procesamiento no tienen lugar en el núcleo principal de la infraestructura de la red sino cerca de los usuarios.

subsidios públicos, dado que la dispersión poblacional hace claramente deficitario cualquier despliegue incremental.

En caso de que no se opte por la alternativa de las ayudas públicas, cualquier obligación, y en especial potenciales obligaciones de extensión de cobertura en zonas rurales, que son en nuestra opinión las únicas que podrían tener sentido en el Estado español, tienen un impacto directo e inmediato sobre el valor económico del espectro en cuestión, y este hecho tiene que ser considerado en la foto global.

En el caso de que se decidiera imponer obligaciones, es importante considerar lo siguiente:

- 1** En primer lugar, y a diferencia de lo que ocurrió en 2011 con las concesiones de 800 MHz, las concreciones técnicas de las obligaciones de cobertura deben estar perfectamente especificadas en la convocatoria de las concesiones y no dejarse a posterior desarrollo, pues solo así podrán ser efectivamente analizadas y evaluadas por los sujetos que finalmente tendrán la responsabilidad de su cumplimiento.
- 2** En segundo lugar, esas características técnicas tienen que ser realistas en todos sus términos, exigiendo parámetros de velocidad, de nivel de señal y de capacidad alcanzables de forma razonable con el espectro en licitación (y teniendo en cuenta las distintas cantidades del mismo que finalmente puedan obtener los operadores).
- 3** En tercer y último lugar, deben buscarse formas de reconocer a los operadores el esfuerzo realizado y el impacto económico que tienen estas obligaciones, y que un mecanismo justo y sencillo podría ser el del ajuste de los coeficientes de la tasa de la banda de espectro en cuestión (en este caso 700 MHz), que se verían reducidos para recoger el efecto que estas nuevas obligaciones tienen sobre el valor económico del espectro.”

– **La visión de los fabricantes de equipos**

Ericsson remarca que los considerandos (99, 134, 135) y articulado (artículos 53 y 54 entre otros), del Código Europeo de Comunicaciones Electrónicas, establecen que las condiciones de autorización conducentes a la inversión en el despliegue de 5G deben evitar extraer capital excesivo del mercado, promover ambiciosos objetivos de despliegue de infraestructura (incluso a lo largo del ferrocarril y carreteras), habilitar servicios innovadores, crear oportunidades para que los servicios verticales accedan al espectro, no limitar o distribuir artificialmente el suministro de espectro, en particular en la banda de 3,4-3,8 GHz donde grandes bloques de espectro deben ponerse a disposición de los operadores para liberar todo el potencial de 5G. Ericsson comparte y coincide plenamente con esta apuesta del legislador europeo como medida idónea para promover la digitalización de Europa gracias a la extensión del 5G.

Son varios los países europeos que ya están apostando por este modelo, como Italia que en banda 700 MHz ha impuesto obligaciones de cobertura del 80% en 2021, y del 99,4% en 2023 con el compromiso de desplegar en las principales carreteras y vías férreas en 2022. O Suecia que ha impuesto la obligación de llegar al 100% de la población en 2024.

Por otro lado, en relación a la ausencia de una industria lo suficientemente consolidada, el 5G permitirá desarrollar los llamados servicios Critical Machine-Type Communication (cMTC), con prestaciones de altísima calidad y baja latencia, que serán cruciales para la digitalización de los sectores industriales. Abogamos también por extender los evidentes beneficios de la tecnología 5G a la industria de nuestro país. En este caso la banda de 26 GHz es la clave. Consideramos beneficioso que se siga reservando la asignación de espectro en esta banda a los operadores de telecomunicaciones a cambio de su compromiso cierto y también ambicioso de proporcionar ofertas a todos los sectores verticales a medida que los demanden. Existen distintos modelos para fomentar la demanda desde la política regulatoria que se establezca: desde fomentar la comercialización de servicios especializados a empresas por parte de los operadores, regular modelos contractuales de Leasing de espectro ya existentes en otros países o incluso regular la entrada de operadores móviles virtuales con foco industrial. Por ejemplo, el fabricante Ericsson no se pronuncia sobre el modelo a seguir.

Y para conseguir todo lo anterior, la puesta a disposición del mercado de espectro radioeléctrico armonizado en cantidad suficiente constituye la base imprescindible de los futuros despliegues. De ello dependerá el éxito de los despliegues de infraestructuras de acceso de banda ancha ultrarrápida basados en las tecnologías 5G, infraestructuras que ya permiten disponer de servicios de acceso a Internet con velocidades de hasta 1 Gbit/s y 2 Gbit/s al final del año (según anunciaba un operador) con latencias inferiores a 1 ms.

Por ello, consideramos oportuno recordar los principios generales que entendemos deben regir estos procesos de gestión del espectro y que ya fueron reconocidos en su día por el Plan 5G adoptado por la Comisión Europea.

- Certidumbre y predictibilidad con un calendario claro y realista
- Con una duración de las concesiones suficiente tal y como recoge la LGTel que lo fija en 20 años. Por ello consideramos clave que se garantice el máximo tras la aprobación del nuevo Código de Comunicaciones Electrónicas Europeo, de 15 años + 5 de renovación, estableciendo las condiciones y criterios claros que garanticen la renovación.
- evitar que la licitación de las distintas bandas de frecuencias se centre en objetivos recaudatorios y por el contrario promuevan a cambio compromisos de cobertura ambiciosos
- Evitar la fragmentación excesiva del espectro tanto geográfica como de bloque mínimos a asignar.

Granularidad de subastas por zonas geográficas

En 2011 tuvo lugar la primera subasta de espectro en España²⁹, en la que se licitaron porciones de espectro en las bandas de 800 MHz, 900 MHz y 2,6 GHz. Con respecto a esta última banda, la subasta presentó la particularidad de que las licencias fueron de ámbito autonómico. En particular, se licitaron un bloque de 2x10 MHz y un bloque de 2x5 MHz en cada Comunidad Autónoma, y en las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla. Todos estos bloques se adjudicaron, con la excepción del bloque de 2x10 MHz correspondiente a Extremadura.

La existencia de estos bloques permitió que operadores autonómicos como Castilla – La Mancha Telecom, Euskaltel, Jazztel, ONO, R y Telecable tuvieran acceso al espectro necesario para prestar servicios de comunicaciones electrónicas 4G en sus respectivas Comunidades Autónomas.

Alemania ha sido la única de las grandes economías europeas donde se ha realizado una reserva de espectro para atender la demanda por parte de los verticales 5G mediante licencias locales, la banda de 3,7 – 3,8 GHz ha sido designada. La demanda de este tipo de licencias sectoriales en Alemania parece ser alta en el país en sectores como la industria y la agricultura: las compañías interesadas en 5G hoy usan Wi-Fi para soluciones industriales, y desean acceder a espectro licenciado para evitar interferencias y garantizar la calidad del servicio. Además, en los casos en que los operadores móviles nacionales no hagan uso del espectro en la banda de 3,4 – 3,7 GHz, los operadores locales con licencia local pueden hacer uso de este espectro adicional. De manera recíproca, los operadores nacionales podrán emitir en 3,7 – 3,8 GHz si los operadores locales no hacen uso de estas bandas.

El Reino Unido, por su parte, fomenta que usuarios alternativos puedan tener acceso al espectro en aquellas ubicaciones en las que hay acuerdo en que el incumbente poseedor de la licencia no se verá afectado³⁰.

Influencia de la regulación de ámbito local en el despliegue 5G

Expertos en gestión urbanística (caso de Ayuntamiento de Madrid) indican que:

- La instalación de una estación macro en el dominio privado requiere una declaración responsable donde se acredite el cumplimiento de la normativa local a partir de la Ley 12/2012, de 26 de diciembre, de medidas urgentes de liberalización del comercio y de determinados servicios. Por tanto, no es necesaria autorización previa.
- No obstante, la instalación de una estación macro en el dominio público suele ser problemática. El reglamento de bienes de entidades locales instalaciones (artículo 75 y siguientes del Real Decreto 1372/1986, de 13 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Bienes de las Entidades Locales) y la Ley 33/2003, de 3 de noviembre, del Patrimonio de las Administraciones Públicas (artículo 84 y siguientes) no resuelven adecuadamente la autorización de éstas. Esta ley de bienes hace una calificación de usos – común vs privativo, normal vs especial – que no encajan con las necesidades de despliegue, pues remiten a un procedimiento de concesión, en el caso de instalaciones que usen el dominio más de 4 años, que en general es muy gravoso.

²⁹ https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2011-15023

³⁰ https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf

En lo relativo al uso del subsuelo la cuestión es pacífica, es simplemente una cuestión de autorización de las obras (y pago de las correspondientes tasas). En cambio, en lo relativo al uso del suelo y edificios municipales, no hay un mecanismo claro para realizarlo, y son bastante escasas.

Podría ser conveniente desarrollar normativamente un procedimiento específico más adecuado a las necesidades del despliegue, por ejemplo, permitir la posibilidad de autorizaciones de mayor duración o permitir la posibilidad de concesionar a un operador de infraestructuras de forma genérica.

Algunos operadores nacionales indican que el despliegue de la tecnología móvil se ha encontrado con tres barreras principales:

- Por una parte, la compleja regulación asociada a las emisiones radioeléctricas con costosos mecanismos para la instalación y puesta en servicio de las estaciones radioeléctricas, que se ha visto simplificada en cierta medida tras la aprobación del último Reglamento en materia de espectro, pero que no ha sido suficiente para permitir desplegar la tecnología 4G con la debida rapidez y mínima carga administrativa. Por ello, con la finalidad de facilitar el despliegue, la CE está desarrollando, a raíz de la aprobación del CECE y su artículo 57, un régimen simplificado para el despliegue de lo que pueda considerarse como Small Area Wireless Access Points (SAWAPs). No obstante, con carácter previo al despliegue de las SAWAPs para 5G, el despliegue de esta tecnología en sus primeros años se focalizará en el entorno macro. En este sentido, se incide en la necesidad de simplificar al máximo el despliegue, siempre cumpliendo la exigente normativa de emisiones, de forma que, en lugar de pasar por costosos y burocráticos procesos de autorización, se sustituyan por regímenes de certificaciones sustitutivas.
- Por otra parte, la distinta normativa local en lo que respecta a planificación urbanística, en diversas ocasiones establece trabas artificiales que hacen además de más costoso y complejo, más largo el proceso para desplegar las estaciones radioeléctricas. Así, pese que a la última LGTel ha conseguido simplificar el régimen, es necesario profundizar en los incipientes avances de la misma. Asimismo, es especialmente relevante facilitar el acceso a las infraestructuras públicas, como son las gestionadas por ADIF, en condiciones razonables y no discriminatorias, para poder dotar de cobertura a las principales vías de transporte.
- Por último, directamente la negativa de varios ayuntamientos a permitir la ocupación del dominio público por parte de los operadores para la instalación de redes que permitan ofrecer servicios de alta velocidad.

En relación a la influencia de la regulación local en el despliegue del 5G, la Fundación Institut Cerdá ha llevado a cabo en octubre de 2019 el estudio *Densificación y racionalización de redes móviles 5G en el territorio*³¹, que concluye con una serie de recomendaciones a efectos de considerar adecuadamente la integración de las redes 5G en el territorio urbano:

1

Racionalización en la ocupación del espacio público y privado. El despliegue provocará un cambio en la fisonomía de las ciudades para garantizar las funcionalidades del 5G. Resultará necesario minimizar los posibles impactos de los nuevos componentes del 5G, realizando una buena planificación, compartiendo infraestructuras y haciendo partícipes a todos los agentes implicados en el proceso. En este contexto, se deben garantizar las competencias de la administración local en la planificación e impulsar procedimientos ágiles y homogéneos de despliegue, que establezcan de manera clara los requerimientos técnicos, urbanísticos y ambientales.

2

Mejora de los servicios públicos y oportunidad para el desarrollo de los territorios. Las mejoras de conectividad deben auspiciar la ya iniciada cuarta revolución industrial y deben redundar en mejoras en la funcionalidad urbana, el medio ambiente y en el día a día de la ciudadanía. El 5G es una oportunidad para posicionar a las ciudades como líderes de la transformación digital. Es necesario que la Administración continúe fomentando las inversiones por parte de los distintos actores del ecosistema para garantizar que el 5G sea tractor de desarrollo para diversos sectores económicos.

3

Equilibrio territorial y apuesta por modelos de despliegue integrales y equitativos. Es necesario desarrollar herramientas desde la Administración, en colaboración con el sector privado, para asegurar la equidad de los ciudadanos en el acceso a los servicios y la dinamización de los territorios con menor demanda, como los rurales y periurbanos.

4

Fomentar la coinversión y garantizar la libre competencia. Los altos costes de inversión iniciales en infraestructura, con cifras por encima de los 300.000 millones de euros, deberán ser asumidos por los operadores. Por lo tanto, la Administración deberá alentar la coinversión, flexibilizando las reglas de competencia en aquellas nuevas redes en las que participen varios operadores

5

Compartición de red o infraestructura. La Administración debe plantearse exigir acuerdos de compartición como medio de eficiencia en la implantación territorial, la minimización de externalidades y la ubicuidad de cobertura. Los operadores neutros pueden ser los posibles líderes del modelo de gestión multi-operador.

³¹ <https://www.icerda.org/media/files/Densificaci%C3%B3n%20y%20racionalizaci%C3%B3n%20de%20las%20redes%205G%20en%20el%20territorio.pdf>

6

Desarrollar los retos tecnológicos del 5G. El 5G es actualmente una tecnología pre-comercial. No se prevé alcanzar la madurez tecnológica hasta 2021. En los próximos años, por lo tanto, deberán ofrecerse respuestas claras a retos no resueltos, como pueden ser los hándicaps de la compartición activa, la forma de los dispositivos, su autonomía, el reto de la última milla, las exigencias de procesamiento de los nuevos equipos -small cells-, el encaje del network slicing con la neutralidad de la red, etc.

7

Importancia de la I+D para potenciar casos de uso de la tecnología. Es indispensable el rol de los principales actores del ecosistema, como son los fabricantes, los operadores, los centros de investigación y los proveedores de servicios, para investigar y colaborar en el desarrollo y desbloqueo de nuevos servicios y aplicaciones.

8

Divulgación de la tecnología y participación de los grupos sociales. El pleno desarrollo de la tecnología dependerá del uso y de las aplicaciones que le den los usuarios. La promoción y divulgación de las nuevas funcionalidades adquiridas por parte de los actores del 5G es esencial. Además, es fundamental crear espacios de participación operativa, consultiva y de consenso para evitar el bloqueo de proyectos. El desarrollo de la tecnología debe dar respuesta a las expectativas de la ciudadanía

9

Conocimiento sobre sus efectos. La preocupación histórica social sobre los riesgos en la salud de los campos electromagnéticos es ya histórica. Por ello, es importante la divulgación de datos científicos disponibles que combatan esta preocupación, siendo transparentes. Igualmente, se deberían iniciar acciones de concienciación.

10

Datos, privacidad, ética y seguridad digital. Debe trabajarse en impulsar un marco de derechos digitales claro, que garantice la neutralidad de la red y la privacidad, así como la protección de los usuarios y de sus datos. También es importante garantizar la ciberseguridad de las soluciones digitales de los proveedores de servicios.

Las entidades involucradas en gestión urbana consideran que sería probablemente acertado el desarrollo de regulación general sobre despliegue de infraestructuras en entornos urbanos de tal manera que dicha regulación represente una guía y criterio general que a su vez puedan combinarse con regulación y normas específicas de cada entorno urbano.

En el caso francés, existen dos tipos de regulación relativa al despliegue de estaciones: un acuerdo con la ANFR cuando la p.i.r.e. es superior a 5 W y un proceso consultivo que concierne a los ayuntamientos. En 2017 / 2018 se llevó a cabo en el país vecino un análisis sobre la carga administrativa del despliegue, que implicó revisiones de la ley con la intención de agilizar el proceso consultivo en determinados casos. En este sentido, se espera una decisión a nivel de Unión Europea para mediados de 2020 en relación a la regulación de los SAWAP. Ello permitiría que las estaciones que entren en la definición de SAWAP estén

excluidas de las regulaciones que afectan al resto de estaciones.

– **Problemática en relación a la compartición de infraestructuras en entornos urbanos**

A nivel municipal, la compartición de infraestructuras municipales, con la excepción de las galerías de servicios que son infraestructuras especialmente diseñadas para la compartición entre diferentes servicios, es más una excepción que la regla. Generalmente los supuestos de compartición aparecen cuando hay situaciones en las que no existe una infraestructura privada alternativa o cuando existen dificultades extraordinarias para construir la nueva infraestructura, como por ejemplo en calles en garantía o cuando la infraestructura muy costosa.

Desde el punto de vista de la entidad municipal cualquier obligación de compartición es problemática:

- Salvo excepciones, suele ser una infraestructura diseñada para atender otras necesidades y dimensionada sin tener en cuenta la posibilidad de compartición, por ejemplo, red semafórica, cámaras o alimentación eléctrica.
- Salvo excepciones, no existe una infraestructura de personal, jurídica y técnica para atender en tiempo y forma los requerimientos de compartición de infraestructuras. La fórmula de concesión a un gestor de infraestructura que realice esta función está prohibida en la actual ley de telecomunicaciones.
- Algunas de estas infraestructuras son críticas (red semafórica, cámaras de vigilancia, elementos de la red de suministro de agua, etc.). Se plantean cuestiones sobre la compatibilidad de los diferentes equipamientos. Existen fuertes reticencias de las unidades responsables de estas infraestructuras en la compartición por los riesgos que las mismas suponen.
- Habitualmente, el interés de la compartición para el despliegue no es tanto en la infraestructura de telecomunicaciones como en otras infraestructuras de soporte, como el suministro eléctrico.
- La compartición ha de ser adecuadamente retribuida, como mínimo cubriendo la totalidad de los costes que se derivan de la compartición. Estos costes son muy difíciles de estimar para las entidades locales que desconocen el negocio.

El interés fundamental de los operadores es garantizar el despliegue de las redes de telefonía móvil, tanto macro estaciones en zonas de sombra donde no es posible conseguir un emplazamiento como para las “small cells” en zonas de alta densidad de tráfico.

La acometida de abonado, especialmente en zonas antiguas, suele incumplir la normativa de paisaje urbano o equivalente de las ciudades. Es una cuestión que no es pacífica, que en algunas circunstancias excepcionales en casos históricos puede suponer una sanción o la retirada de la instalación, pero por la vía de hecho se ha ido solucionando el despliegue.

Aspectos de Seguridad 5G

Las redes 5G serán más seguras que sus predecesoras: ha habido aspectos de seguridad relativos desde el interfaz aire hasta el core de red que han sido objeto de discusiones en el proceso de normalización técnica 5G. Sin embargo, las nuevas tecnologías, la manera en la que será utilizada y los nuevos servicios crean nuevas vulnerabilidades. Se identifican a continuación cuatro áreas a considerar, que han sido identificadas en estudio reciente de *Access partnership*³²:

- **Network slices.** Las capas de red permitirán a los operadores crear redes virtuales a la medida de los requisitos de los usuarios. Estas redes basadas en software pueden ser creadas y modificadas fácilmente. Se han identificado amenazas potenciales como la seguridad entre slices o aspectos operativos a resolver, como, por ejemplo, que una slice utilice toda la capacidad del equipamiento de red compartido.
- **Amenaza superficial.** 5G tendrá multitud de estaciones base, y una miríada de dispositivos conectados. Esto aumenta el dominio de cosas que pueden ser atacadas y que necesitan seguridad, con especial foco en los dispositivos IoT que a menudo disponen de normas técnicas de seguridad bajas y de poca capacidad de computación para implementarlas. Dado que parte de la red 5G se albergará en el mobiliario urbano, se debe prestar más atención a la seguridad física.
- **Redes heterogéneas (HET).** 5G permitirá que redes distintas operadas por distintos operadores trabajen conjuntamente, como por ejemplo redes terrestres (5G, Wi-Fi...), redes satelitales y HAPS. El problema radica en que todas las redes deben tener sistemas de seguridad consistentes, es decir: toda la red es tan segura como el elemento menos seguro de la misma.
- **Aplicaciones de alto impacto.** La inclusión de aplicaciones relativas a la salud, los vehículos autónomos, las smart cities y los procesos de fabricación soportados por redes 5G hará que la interrupción del servicio o el mal funcionamiento de las redes pueda tener consecuencias dramáticas.

La regulación desempeñará un papel clave en la seguridad de las redes 5G, dentro de estas cuatro categorías:

- **Normas técnicas.** ¿Son las normas técnicas actuales suficientes para garantizar la seguridad, o deben establecerse normas técnicas más restrictivas a nivel nacional o regional?
- **Innovación.** Una regulación asfixiante puede ahogar la innovación. ¿Sería conveniente la creación de sandboxes³³ regulatorios (campo de pruebas para nuevos modelos de negocio que no recoge la regulación vigente, supervisados por las instituciones regulatorias) en este ámbito, para acompañar la velocidad de la innovación con la de la regulación?
- **Consumidores.** La carga sobre los consumidores de la responsabilidad de la seguridad debe limitarse al máximo. ¿Cuál debe ser el papel de la Administración y/o de los operadores en educar a los ciudadanos acerca del uso seguro de la tecnología 5G?
- **Aplicación.** ¿Debe recaer toda la responsabilidad de la seguridad de las redes 5G en los operadores 5G?

³² 5G Network Security: New Technology, New Risks, New Regulatory Questions. Octubre 2019. Chris Adams, Director, Infrastructure, Access Partnership

³³ <https://www.bbva.com/es/que-es-un-sandbox-regulatorio/>

Las leyes y protocolos internacionales exigen a los proveedores que instalan, mantienen y explotan infraestructuras y servicios de redes de telecomunicaciones que garanticen la existencia de soluciones adecuadas para proteger las redes contra los ataques de agentes malintencionados. Los vectores de ataque de alto nivel de 5G incluyen denegación de servicio, explotación de puertas traseras, explotación de fallos en los procedimientos operativos y otros. Algunos riesgos potenciales provienen de “personas con información privilegiada maliciosa” (que pueden aprovechar su acceso a una red de telecomunicaciones, sus componentes o sus elementos de gestión para realizar o facilitar los ataques), así como su conocimiento al respecto.

5G se basa en medidas de seguridad por capas y conceptos de defensa en profundidad para lograr redes resistentes. En la actualidad, la seguridad de las redes se basa en las normas técnicas y las funciones adicionales ofrecidas por los proveedores. Las funciones de red especificadas por 3GPP se crean con un alto grado de escrutinio que proporciona un diseño de seguridad robusto. Sin embargo, su implementación y uso no siempre está habilitado. Los operadores también tienen a su disposición medidas como la protección del perímetro de red, la zonificación de la red, la separación del tráfico y las topologías seguras de red, y la operación y mantenimiento seguros. Los centros de datos y la infraestructura en la nube necesitan ser protegidos por los operadores para evitar la exposición de 5G al tráfico malicioso. Sin embargo, una vez más, estas medidas adicionales son opcionales y no siempre se aplican. La mera existencia de consideraciones de seguridad adecuadas en las normas y de características de seguridad adicionales ofrecidas por los proveedores puede no ser suficiente para lograr la garantía de seguridad exigida por la criticidad de las aplicaciones 5G. Las evaluaciones periódicas de los riesgos de la seguridad de la red y la presentación de informes sobre las principales decisiones adoptadas deberían ser algo a implementar de cara a minimizar estos problemas.

Fabricantes de equipos han señalado que se requiere una cooperación activa con los reguladores nacionales europeos para crear un mecanismo de intercambio y coordinación que permita a los gobiernos fomentar la seguridad de las redes a nivel nacional. La Recomendación (UE) 2019/534 sobre ciberseguridad de las redes 5G es un buen paso para coordinar una caja de herramientas europea de medidas de mitigación de la seguridad 5G. Se necesita coherencia y un enfoque uniforme en toda la UE, que debería fomentar la “seguridad desde el diseño”. Muchos proveedores y operadores implementan el diseño de procesos de seguridad como parte del ciclo de vida del producto/solución y del servicio. Es comprensible que los gobiernos consideren la certificación obligatoria por parte de terceros de los procesos de diseño para la seguridad. Esta medida de garantía de seguridad debería basarse en normas mundiales para promover la innovación y el crecimiento de los mercados 5G y evitar la fragmentación y el aumento de los costes derivados de la divergencia de los requisitos nacionales. Además, los gobiernos deben emitir una orientación clara sobre los criterios de evaluación para distinguir qué organizaciones son dignas de confianza, ya que los daños también pueden ser causados o facilitados por “personas con información privilegiada maliciosa”. El riesgo de acciones maliciosas por parte de personas con información privilegiada no puede ser evitado de manera eficiente con medios técnicos.

Un fabricante anunció en 2019 una inversión extraordinaria de 2.000 millones de dólares a lo largo de los próximos cinco años para mejorar las capacidades de ingeniería de software.

En junio de 2019 elaboró el Libro blanco sobre la seguridad en redes 5G³⁴. El informe analiza la posición de los expertos de la industria y las organizaciones de estándares internacionales, quienes aseguran que los riesgos de seguridad de las redes 5G pueden gestionarse, de manera efectiva, gracias a protocolos y estándares de seguridad, así como a mecanismos que garanticen la confidencialidad, integridad de la información de los usuarios y la disponibilidad del servicio. Estas son las siguientes recomendaciones a los diferentes actores del ecosistema:

- **Proveedores de soluciones y equipos:** deben contribuir en el trabajo de definición de normas técnicas de seguridad de la industria, cumplir con dichas normas técnicas, e integrar tecnologías de seguridad para construir equipos seguros. Junto con clientes y otros miembros del ecosistema, deben proporcionar la capacidad y funcionalidad necesaria para que los operadores puedan garantizar una operación segura y la ciberseguridad de sus redes.
- **Operadores:** son responsables de la operación segura y de la ciberseguridad de sus propias redes. Los operadores deben prevenir ataques externos con firewalls y pasarelas de seguridad. Para las amenazas internas, los operadores pueden gestionar, monitorizar y auditar a todos sus proveedores y socios para asegurarse de que sus elementos de red son seguros.
- **Reguladores:** Como industria, es necesario trabajar de forma conjunta en normas técnicas de ciberseguridad; es una responsabilidad compartida. En términos de tecnología, es necesario contextualizar los riesgos de seguridad en redes 5G (slicing, edge Computing, IoT masivo, y otros escenarios) y mejorar la seguridad basada en protocolos. En términos de garantías de la seguridad, es fundamental estandarizar los requisitos de ciberseguridad y asegurar que estas normas técnicas sean aplicables y verificables para todos los actores de la industria.

A este respecto, el Reino Unido ha elaborado el documento *UK telecoms supply chain review report*³⁵. Una de las recomendaciones de este documento es desarrollar un conjunto de requisitos de seguridad relativos a la cadena de valor de las aplicaciones y servicios de telecomunicaciones. El último paso del Reino Unido en este ámbito ha sido el establecimiento de restricciones para proveedores de alto riesgo.

Normativa relativa a la seguridad

En la actualidad, los operadores de redes y servicios de comunicaciones electrónicas se encuentran ya regulados en materia de seguridad por normativa diversa, enumerando al menos las siguientes disposiciones:

- Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones.
- Ley 8/2011, de 28 de abril por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas.
- Real Decreto 12/2018 que transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva (UE) 2016/1148 de 6 de julio de 2016 relativa a las medidas destinadas a garantizar un elevado nivel común de seguridad de las redes y sistemas de información en la Unión.

³⁴ <http://www-file.huawei.com/-/media/CORPORATE/PDF/white%20paper/2019/huawei-5g-security-white-paper-4th-en.pdf>

³⁵ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/819469/CCS001_CCS0719559014-001_Telecoms_Security_and_Resilience_Accessible.pdf

- Ley 36/2015, de 28 de septiembre, de Seguridad Nacional.
- Real Decreto 3/2010, de 8 de enero, por el que se regula el Esquema Nacional de Seguridad en el ámbito de la Administración Electrónica.
- Estrategia de Seguridad Nacional del año 2017.
- Estrategia de Ciberseguridad Nacional del año 2013, que el RD12/2018 establece que el Consejo de Seguridad Nacional impulsará la revisión de la misma.

Además, la SETELECO lanzó en 2019 una consulta pública sobre normativa de ciberseguridad 5G.

En el ámbito nacional³⁶, la protección de los ciudadanos es el objetivo que ha guiado iniciativas legislativas como la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y Derechos Digitales y el recientemente convalidado Real Decreto-Ley por el que se adoptan medidas urgentes por razones de seguridad pública en materia de administración digital, contratación del sector público y telecomunicaciones, así como la puesta en marcha del Digital Future Society, un foro de reflexión y propuesta para una digitalización humanista.

En diciembre de 2019 finalizó la Consulta pública³⁷ previa relativa a elaborar un proyecto de norma relativa a la seguridad de las redes y servicios 5G, llevada a cabo por la Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial.

A nivel europeo, la Directiva 2002/21/CE requiere que los Estados miembros garanticen el mantenimiento de la integridad y la seguridad de las redes de comunicaciones públicas, con la obligación de garantizar que las empresas que proporcionan redes o servicios de comunicaciones públicas tomen medidas técnicas y organizativas para gestionar adecuadamente los riesgos que plantea la seguridad de las redes y servicios. Por su parte, el Reglamento general de protección de datos (UE) 2016/679 establece la obligación de procesar datos personales de una manera que garantice su seguridad, incluso para prevenir el acceso no autorizado o el uso de datos personales y el equipo utilizado para el procesamiento. Además, la Comisión Europea aprobó con fecha 26 de marzo de 2019 una Resolución sobre la ciberseguridad en las redes 5G, que requiere a cada estado miembro la realización de un análisis de riesgo antes del 30 de junio.

Posteriormente, los Estados miembros de la UE, con el apoyo de la Comisión Europea y la Agencia Europea para la Ciberseguridad, publicaron un informe³⁸ de alto nivel sobre la evaluación coordinada del riesgo de las redes 5G en octubre de 2019. Esto marca la finalización de otro paso importante de la Recomendación de la Comisión para un enfoque común de la UE sobre la seguridad de las redes 5G.³⁹

³⁶ https://www.eldiario.es/tribunaabierta/sociedad-digital_6_975412480.html

³⁷ <https://advancedigital.gob.es/es-es/Participacion/Paginas/Cerradas/proyecto-seguridad-redes-y-servicios-5G.aspx>

³⁸ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eu-wide-coordinated-risk-assessment-5g-networks-security>

³⁹ A su vez, ya en enero de 2020, se ha creado una toolbox o caja de herramientas europea de medidas para mitigar riesgos de seguridad en redes 5G. Los objetivos de esta caja de herramientas son identificar un posible conjunto común de medidas que puedan mitigar los principales riesgos de ciberseguridad de las redes 5G, y proporcionar orientación para la selección de medidas que deben priorizarse en los planes de mitigación a nivel nacional y de la Unión. Lo hace para crear un marco sólido de medidas con el fin de garantizar un nivel adecuado de ciberseguridad de las redes 5G en toda la UE y enfoques coordinados entre los Estados miembros.

Regulación relativa a la neutralidad de la red

En 2015, BEREC hizo público el reglamento ⁴⁰ por el que se establecen medidas en relación con el acceso a internet y se modifica la Directiva 2002/22/CE relativa al servicio universal y los derechos de los usuarios en relación con las redes y los servicios de comunicaciones electrónicas. Este Reglamento tiene por objeto *establecer normas comunes destinadas a garantizar un trato equitativo y no discriminatorio del tráfico en la prestación de servicios de acceso a internet y a salvaguardar los derechos de los usuarios finales. Su finalidad no es solo proteger a los usuarios finales, sino garantizar simultáneamente el funcionamiento continuado del ecosistema de internet como motor de innovación. Las reformas en el ámbito de la itinerancia deben dar a los usuarios finales la confianza para seguir conectados cuando viajan dentro de la Unión y deben convertirse, con el tiempo, en un motor de convergencia de los precios y otras condiciones en la Unión.*

En 2016, diecisiete operadores europeos entre los que se encuentra Telefónica respondieron con un manifiesto⁴¹ en el que indican que la UE y los Estados miembros deben aunar la necesidad de un Internet abierto con leyes pragmáticas que fomenten la innovación, advirtiendo de que la guía para la neutralidad de la red tal y como la propone BEREC crea incertidumbres significativas acerca del retorno de la inversión en 5G. Así, las verticales de Telecomunicaciones e Industria coinciden en que la implementación de estas leyes debería permitir tanto los servicios innovadores que requieren las aplicaciones industriales como el acceso a Internet con la calidad esperada por los usuarios. 5G ofrece la posibilidad de ofrecer capas de red (network slicing) para acomodar una gran variedad de modelos de negocio de distintas verticales en una misma plataforma: la conducción autónoma, el control de las smart grids, la realidad virtual y los servicios de seguridad pública, por ejemplo, son casos de uso con distintas características que demandan una configuración flexible y dependiente de la demanda. En este contexto, los operadores firmantes del manifiesto consideran que el Reglamento de BEREC es excesivamente normativo y podría provocar una aversión de los operadores a la explotación del 5G, ignorando la característica clave del slicing para adaptar la red en tiempo real a la demanda o al servicio. El objetivo de crear nuevos modelos de negocio podría ponerse en peligro con una regulación que no es coherente con la evolución de la demanda del mercado.

⁴⁰ Regulation (Eu) 2015/2120 Of The European Parliament And Of The Council Of 25 November 2015: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/8fdf5d08-93fc-11e5-983e-01aa75ed71a1/language-en>

⁴¹ 5G Manifesto for timely deployment of 5G in Europe: <http://telecoms.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2016/07/5GManifestofortimelydeploymentof5GinEurope.pdf>

Planes nacionales sobre 5G

España

España dispone de un Plan Nacional 5G. La Secretaría de Estado para el Avance Digital (anterior Secretaría de Estado para la Sociedad de la Información y la Agenda Digital) desarrolló el Plan Nacional 5G para el periodo 2018-2020 como una palanca clave de los ecosistemas 4.0 enmarcado dentro de la “Estrategia Digital para una España Inteligente”. Este plan pretende impulsar una implantación temprana de las redes 5G en España y el desarrollo de la I+D+i en este ámbito. Se resumen a continuación las actuaciones más relevantes previstas en el Plan Nacional 5G de España.

Actuaciones relevantes Plan Nacional 5G en España	
Año	Actuaciones
2017	Consulta Pública Plan 5G y Banda 700 MHz
	Plan Nacional 5G
	Oficina Técnica del Plan
	Licitación de primeras bandas de frecuencias (Banda 3,6- 3,8 GHz)
2018	Orden ETU/531/2018.
	Convocatoria de pilotos y acciones I+D+i.
	Publicación Hoja de Ruta nacional banda 700 MHz.
2019	Desarrollo proyectos piloto y casos de uso.
	Proceso de liberación de segundo dividendo digital.
	Evaluación de medio plazo y posibles nuevas acciones.
	Consulta pública sobre una norma relativa a la seguridad de las redes y servicios 5G.
2020	Despliegue de Redes 5G.

Tabla 7. Actuaciones relevantes Plan Nacional 5G

El Plan Nacional 5G nace con el objetivo de situar a España entre los países más avanzados en el desarrollo de esta nueva tecnología. De este modo, cuando la 5G alcance su madurez tecnológica y comercial, España estará preparada para aprovechar al máximo las oportunidades de este nuevo paradigma tecnológico.

Las medidas que se prevén llevar a cabo dentro del Plan Nacional 5G se han estructurado en los siguientes ejes de actuación:

- Gestión y planificación del espectro radioeléctrico, para garantizar la disponibilidad en los plazos adecuados de las diferentes bandas de frecuencias necesarias para la prestación de los servicios de comunicaciones sobre redes 5G.

- Informe resumen de la Consulta pública sobre la hoja de ruta del proceso de autorización de la banda de frecuencias de 700 MHz para la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas de banda ancha inalámbrica. Orden ETU/416/2018, de 20 de abril, por la que se modifica la Orden ETU/1033/2017, de 25 de octubre, por la que se aprueba el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.
- Otorgamiento de derechos de uso del espectro.
 - Orden ETU/531/2018, de 25 de mayo, por la que se aprueba el pliego de cláusulas administrativas particulares y de prescripciones técnicas para el otorgamiento por subasta de concesiones de uso privativo del dominio público radioeléctrico en la banda 3600-3800 MHz y se convoca la correspondiente subasta.
 - Resultados de la subasta de espectro 3600-3800 MHz
- Impulso a la tecnología 5G: Pilotos de red y servicios para experimentar con la nueva tecnología, y Actividades I+D+i que faciliten la creación de un núcleo español de provisión de servicios, contenidos, aplicaciones y plataformas 5G.
- Coordinación del Plan y cooperación internacional.
- Oficina Técnica del Plan Nacional 5G que se encarga de la coordinación del Plan, encuadrada en la Dirección General de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información de la SEAD.

Como complemento del Plan Nacional 5G, la Secretaría de Estado para el Avance Digital y Red.es crearon el Observatorio Nacional 5G⁴² como una iniciativa público-privada impulsada por Mobile World Capital Barcelona, con el objetivo de analizar el ecosistema 5G en España e identificar a sus principales actores, así como las iniciativas en desarrollo a nivel nacional e internacional. ON5G comparte conocimiento a través de informes, mejores prácticas y eventos, todo ello para avanzar en la creación e impulso del ecosistema 5G en España.

Unión Europea

Plan de Acción de la Comisión Europea para 5G

La Unión Europea ha adoptado medidas para desarrollar conocimientos especializados de primer orden sobre tecnología 5G. El plan de acción de la Comisión Europea para 5G adopta un enfoque ambicioso y requiere un compromiso más firme y común de todas las partes: las instituciones de la UE, los Estados miembros, la industria, los centros de investigación y las entidades financieras. El impacto del plan propuesto se verá reforzado por el efecto combinado de los objetivos de «conectividad» establecidos en la Comunicación *Connectivity for a Competitive Digital Single Market: Towards a European Gigabit Society*⁴³ y las medidas propuestas del Código Europeo de Comunicaciones Electrónicas⁴⁴.

⁴² Más detalles en <https://on5g.es/>

⁴³ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/communication-connectivity-competitive-digital-single-market-towards-european-gigabit-society>.

⁴⁴ DIRECTIVE (EU) 2018/1972 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 establishing the European Electronic Communications Code.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L1972&from=EN>

La Unión Europea adoptó en abril de 2016 el Plan de Acción de 5G para Europa⁴⁵. El objetivo es favorecer la coordinación entre los Estados Miembros para mejorar la competitividad europea en el desarrollo de esta tecnología emergente. En el mismo se plantean objetivos a corto plazo que deberían realizarse antes de 2020, y un enfoque más amplio con vistas a 2025. En concreto, anima a los Estados miembros a desarrollar planes de trabajo nacionales para el despliegue de 5G como parte de los planes nacionales de banda ancha. En dichos planes, señala que han de ser de especial relevancia los pilotos de red y de aplicaciones.

La importancia estratégica del despliegue de la tecnología 5G en Europa ha sido refrendada en diversas ocasiones por los máximos responsables de los Estados miembros. En particular, en julio de 2017, se suscribió la Declaración Ministerial de Tallin sobre 5G, en la que se identifican los pasos necesarios para alcanzar el éxito en el despliegue de 5G en Europa. Los mismos se enumeran a continuación:

- Poner a disposición del sector una mayor cantidad de espectro de un modo predecible y rápido. Estimular a los agentes pioneros y facilitar el aprendizaje y adopción de las mejores prácticas de modo transparente.
- Reforzar los principios básicos de la gestión del espectro.
- Las obligaciones de cobertura y conectividad en un primer momento se focalizarán en grandes ciudades y a lo largo de las principales vías de comunicación.
- Mantener la interoperabilidad global 5G.
- Facilitar el despliegue de la fibra óptica.
- Facilitar los despliegues de las “small cells” (emplazamientos de pequeño tamaño y cobertura limitada).
- Iniciar un diálogo estratégico con todos los agentes.

Todo ello ha resultado en un acuerdo sobre una hoja de ruta común para alcanzar un despliegue homogéneo de 5G en la Unión. El acuerdo político para el despliegue del 5G en Europa es plenamente compatible con el Plan Nacional 5G en España.

Además de las medidas de corto plazo, pensando en el medio y largo plazo, y teniendo en cuenta que las atribuciones de bandas de espectro destinadas al uso para los servicios 5G se acuerdan en las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, debe indicarse que dentro de la Unión Europea, el Grupo de Política del Espectro Radioeléctrico (*Radio Spectrum Policy Group*, RSPG) ha aprobado la Opinión de RSPG en la que identifican las bandas de frecuencias para ser utilizadas en el lanzamiento del 5G en la Unión Europea.

El grupo RSPG ha aprobado una segunda opinión respecto de las redes 5G titulada *Strategic spectrum roadmap towards 5G for Europe*, el cual fue objeto de consulta pública en 2018.

⁴⁵ COM(2016) 588 final. Bruselas, 14.9.2016. COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES. La 5G para Europa: un plan de acción

Por otro lado, la Comisión Europea ha puesto en marcha el Observatorio Europeo de 5G con el objetivo de monitorizar la evolución del mercado, incluyendo experiencias piloto y otras acciones llevadas a cabo por la Industria y los estados miembros en el contexto de la implantación de 5G en Europa y más allá. El Observatorio permite evaluar el progreso del Plan de Acción 5G europeo, así como tomar medidas para asegurar su implementación en su totalidad.

Se revisa brevemente a continuación el marco del Plan europeo 5G y sus acciones y objetivos en relación con el propósito de este Informe orientado a la regulación, normalización técnica y despliegues.

Plan europeo 5G	
Objetivo general Un calendario común de la UE para la introducción de la 5G	Europa debe tener una posición de liderazgo y para aprovechar rápidamente las nuevas oportunidades del mercado que permite la 5G, no solo en el sector de las telecomunicaciones, sino en el conjunto de la economía y la sociedad La digitalización de la industria europea debería iniciarse hoy sobre la base de los recursos disponibles (en concreto, satélite, WiFi o 4G/LTE) y se verá favorecida por la adopción gradual de la 5G a partir de 2018 La Comisión ayudará a los Estados miembros, en el marco de sus planes nacionales de banda ancha y del Foro de la Internet del Futuro (FIF) y en colaboración con la industria a través del 5G-PPP, a establecer objetivos comunes y medidas concretas para los ensayos y el despliegue de la 5G
Acción 1: Lanzamiento de pilotos y servicios comerciales iniciales	La Comisión Europea trabajará con los Estados miembros y las partes interesadas de la industria para lograr el establecimiento voluntario de un calendario común para la puesta en marcha de las redes 5G tempranas antes de finales de 2018 Puesta en marcha de servicios plenamente comerciales de 5G en Europa antes de finales de 2020 Promover pruebas preliminares, con arreglo al acuerdo 5G-PPP Promover pruebas preliminares, pruebas pre-comerciales que tengan una clara dimensión transfronteriza de la UE a partir de 2018 Animar a los Estados miembros a desarrollar, a finales de 2017, planes de trabajo nacionales para el despliegue de 5G como parte de los planes nacionales de banda ancha⁴⁶. Garantizar que cada Estado miembro designe al menos una gran ciudad «habilitada para soportar 5G» antes de finales de 2020⁴⁷ Garantizar que todas las zonas urbanas y las principales vías de transporte terrestre tengan cobertura 5G ininterrumpida antes de 2025⁴⁸.
Acción 2: Necesidades de espectro radioeléctrico	La Comisión trabajará con los Estados miembros para determinar, para finales de 2016, una lista provisional de las bandas espectrales pioneras en el lanzamiento inicial de los servicios de la 5G Habida cuenta del dictamen del RSPG⁴⁹, la lista debe incluir tres frecuencias de al menos tres gamas del espectro: por debajo de 1 GHz, entre 1 GHz y 6 GHz y por encima de 6 GHz, para representar los diversos requisitos de aplicación de la 5G

⁴⁶ Tal como se establece en la Comunicación Connectivity for a Competitive Digital Single Market: Towards a European Gigabit Society.

⁴⁷ Como medio de promover el establecimiento efectivo de todas las condiciones previas necesarias en todos los Estados miembros antes de 2020.

⁴⁸ Este el mismo objetivo de conectividad de 2025 establecido en la Comunicación Connectivity for a Competitive Digital Single Market: Towards a European Gigabit Society.

⁴⁹ Documento RSPG 16-031final, véase <http://rspg-spectrum.eu/public-consultations>

Plan europeo 5G	
Acción 3	Bandas espectrales adicionales. Identificar las bandas espectrales de la 5G situadas por encima de los 6 GHz, con especial atención a las bandas de la orden del día de la CMR-19 La Comisión trabajará con los Estados miembros a fin de acordar, antes de finales de 2017, la totalidad de las bandas espectrales (por encima y por debajo de los 6 GHz) para una armonización con la implantación inicial de las redes 5G comerciales en Europa, sobre la base de un dictamen del RSPG planificado sobre el espectro de 5G. La armonización final del espectro a nivel de la UE estará sometida al habitual proceso regulador Trabajar en pos de un enfoque recomendado para la autorización de las bandas espectrales de 5G específicas situadas por encima de los 6 GHz, habida cuenta de los dictámenes del ORECE y del RSPG. Antes de finales de 2017. Deberá estar disponible una primera indicación de las opciones técnicas y de la viabilidad a través de estudios de la CEPT
Acción 5⁵⁰: Objetivos en la normalización técnica (normalización técnica) Interoperabilidad global de los equipos 5G	Garantizar la disponibilidad de las primeras normas globales relativas a la 5G a más tardar a finales de 2019, con objeto de permitir un lanzamiento comercial de la 5G a tiempo, y allanar el camino para una gran cantidad de futuros escenarios de conectividad más allá de la banda ancha ultrarrápida Estimular los esfuerzos para apoyar un enfoque holístico de la normalización técnica que abarque tanto los desafíos del acceso radioeléctrico como de la red básica, y teniendo en cuenta los casos de uso conflictivos y la innovación abierta. Las normas deben abordar la futura evolución de la arquitectura global de la red y la necesidad de «flexibilidad», sobre todo para responder a nuevos ejemplos de uso surgidos en sectores industriales clave. Estos aspectos requieren que se tenga en cuenta la innovación abierta y las oportunidades de las empresas de nueva creación Establecer las asociaciones intersectoriales pertinentes, antes de finales de 2017, a fin de respaldar la oportuna definición de las normas fijadas por los experimentos industriales de los usuarios, incluso a través del aumento de asociaciones de cooperación internacional concretamente para la digitalización de la industria

Tabla 8. Plan de acción 5G - Comisión Europea

En abril de 2019 se hace pública la comunicación Shaping Europe's digital future⁵¹, en la que se menciona la necesaria inversión en el despliegue de redes 5G y en las futuras 6G, así como la necesaria estandarización global de estas redes, además de incidir en la importancia de la seguridad.

Opinión del Grupo de Políticas del Espectro (RSPG)

El 30 de noviembre de 2018, El Grupo de políticas sobre el espectro radioeléctrico de la Unión Europea emitió opinión actualizada⁵², tras su primera opinión emitida en 2016⁵³.

En su opinión inicial, el RSPG orientó sus posicionamientos para favorecer el lanzamiento rápido de los servicios inalámbricos de la nueva generación. Es por ello, que se centró en las bandas de 3,6 GHz (3400-3800 MHz) como pionera para 5G con suficiente capacidad, 26 GHz (24,25-27,5 GHz) como primera banda en milimétricas con ultra alta capacidad para nuevos servicios, a la vez que RSPG abría la opción de que los servicios 5G también se

⁵⁰ La Acción 4 no es relevante para este Informe sobre regulación.

⁵¹ https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-shaping-europes-digital-future-feb2020_en_4.pdf

⁵² RSPG18-005 FINAL. RADIO SPECTRUM POLICY GROUP. STRATEGIC SPECTRUM ROADMAP TOWARDS 5G FOR EUROPE. RSPG Second Opinion on 5G networks

⁵³ http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/RPSG16-032-Opinion_5G.pdf

puedan lanzar en bandas por debajo de 1 GHz (en banda 700 MHz), lo que permitiría mejorar la cobertura a alcanzar de los servicios 5G.

La Opinión actualizada del RSPG del 2018 se centra en la hoja de ruta para facilitar el lanzamiento del 5G a gran escala a partir del 2020, con el objetivo de ofrecer servicios 5G a todos los ciudadanos de Europa, en el momento más temprano posible a la vez que fomentando el desarrollo económico e industrial y la transformación social.

En resumen, la opinión del RSPG se explica en una serie de puntos para fomentar el cumplimiento de las expectativas del 5G de provisión de un conjunto diverso de nuevas aplicaciones y servicios en diferentes mercados, aportando novedades más allá de los servicios móviles tradicionales.

1

El RSPG opina que la disponibilidad de la banda 5G 3,4-3,8 GHz es primordial en Europa y será clave para el éxito de 5G en Europa. Los Estados miembros deberían considerar medidas apropiadas para desfragmentar esta banda a tiempo para autorizar bloques de espectro suficientemente grandes para 2020.

2

El RSPG considera que los Estados miembros necesitarán flexibilidad en la forma en que autorizan el acceso al espectro, por ejemplo: áreas geográficas apropiadas (nacional, regional, urbana o de barrio (por ejemplo, para uso en una fábrica), bajo licencia tipo individual o bajo un marco de autorización general.

3

El RSPG es de la opinión de que la Comisión, junto con los Estados miembros, debe tomar medidas para apoyar plenamente los objetivos de política relacionados con 5G en las zonas rurales y una amplia cobertura, teniendo en cuenta el papel del satélite en el logro de una conectividad ubicua.

4

El RSPG es de la opinión de que la Comisión, junto con los Estados miembros, deben tomar medidas para apoyar plenamente los objetivos de política relacionados con 5G en las zonas rurales y una amplia cobertura, teniendo en cuenta el papel del satélite en el logro de una conectividad ubicua.

5

El RSPG recomienda que la Comisión, en sus programas de trabajo de investigación, estudie soluciones para mejorar la conectividad 5G sobre grandes áreas de cobertura, especialmente en áreas rurales, facilitando y progresando en los desarrollos tecnológicos dirigidos al cumplimiento de los objetivos de política relacionados con 5G.

6

El RSPG es de la opinión de que los requisitos de disponibilidad y rendimiento del servicio pueden ser relevantes para que algunos servicios transfronterizos 5G funcionen plenamente y que la industria deba definirlos de manera oportuna. En algunos casos, un enfoque coordinado de la UE podría ser útil a este respecto para apoyar una solución europea común.

7

El RSPG considera que las obligaciones de cobertura solo pueden derivarse como consecuencia de los objetivos y características de la política nacional (es decir, distribución de la población, morfología geográfica, necesidades industriales y sociales) y, por lo tanto, no pueden armonizarse a nivel de la UE.

8

El RSPG señala que se espera que se resuelvan los problemas relacionados con

la facilitación del despliegue eficiente de redes ultradensas.

9

El RSPG es de la opinión de que los Estados miembros deben evaluar la necesidad de decisiones y normativa nacionales que permitan una autorización e instalación más fácil de los equipos, en particular para celdas pequeñas, a fin de hacer posible el despliegue oportuno de 5G.

10

El RSPG opina que todas las licencias comerciales en las bandas de frecuencia identificadas para 5G en los Estados miembros deben permitir la negociación o arrendamiento para permitir nuevas oportunidades de mercado (mercado secundario del espectro).

11

El RSPG opina que en relación con la banda pionera de 26 GHz (24,25 – 27,5 GHz):

- a. el enfoque de las autorizaciones 5G en la banda de 26 GHz debe ser sobre un régimen de licencia individual. Sin embargo, no se excluye la posibilidad de un régimen de autorización general en condiciones de uso compartido que proteja a los demás usuarios del espectro en esta banda (por ejemplo, EESS / SRS).
- b. la Comisión debería incluir como parte de cualquier armonización técnica para la banda de 26 GHz, en términos de alto nivel, los requisitos para mantener la posibilidad de un desarrollo continuo de los servicios satelitales establecidos (FSS y EESS / SRS). Las futuras estaciones terrenas se deben autorizar sobre la base de criterios transparentes, objetivos y proporcionados para salvaguardar sus operaciones futuras y asegurar que sea poco probable que tengan un impacto significativo en el despliegue y cobertura de 5G
- c. Los Estados miembros seguirán siendo plenamente responsables de otorgar o rechazar la autorización a una nueva aplicación de estación terrena de satélite.
- d. Los Estados miembros deberían asegurar la disponibilidad en 2020 de una parte suficientemente grande de la banda, por ejemplo, alrededor de 1 GHz de ancho de banda, disponible para 5G en respuesta a la demanda del mercado, teniendo en cuenta que se espera que la implementación de 5G en este rango de frecuencia se use para cobertura local.
- e. La flexibilidad regulatoria para la utilización progresiva de la banda de 26 GHz facilitará una introducción eficiente de 5G sin tener un impacto negativo innecesario en los usuarios actuales de la banda. Los Estados miembros deben planificar cualquier migración de enlaces fijos necesaria para garantizar la disponibilidad de la banda para 5G, teniendo en cuenta la dimensión geográfica de la demanda del mercado de 5G.

12

El RSPG es de la opinión de que el uso de autorización general puede ser fundamental para la innovación y contribuir a un entorno de mercado dinámico. Se prevé la aplicación de un régimen de autorización general en la banda de 66-71 GHz, que podría ser una banda importante para 5G.

Comité Europeo de Comunicaciones Electrónicas (ECC)⁵⁴

El comité europeo de comunicaciones electrónicas (ECC) también ha considerado las políticas públicas relativas a la gestión del espectro en relación con los servicios 5G.

El comité ECC elaboró un plan estratégico 2015-2020⁵⁵ resaltando la importancia de la disponibilidad de espectro para 5G. Este plan se elaboró considerando opiniones y participación de entidades reguladoras, organismos de normalización técnica, industria, universidad. Según ECC se espera que los servicios 5G proporcionen cobertura amplia interconectada, velocidades de transmisión altas, baja latencia, potencias pequeñas y comunicaciones altamente fiables. Además, se prestarán servicios 5G en gran variedad de entornos de usuarios, incluyendo para aplicaciones que requieran banda ancha móvil mejorada (embebido), comunicaciones masivas entre máquinas (M2M), Internet de las cosas (IoT), sanidad, automatismos domésticos, automatismos industriales, sensores, etc.

La base técnica del plan del ECC se encuentra en la Recomendación ITU-R M.2083⁵⁶, cuyo resumen se traduce en:

- Velocidades de transmisión de hasta decenas de Gbps.
- Velocidades de transmisión para el usuario entre 100 Mbps y 1 Gbps.
- Alta densidad de conectividad: del orden de 1 millón de conexiones por km²
- Retardo de Comunicación extremo a extremo (latencia) del orden de milisegundos.
- Volumen de densidad de tráfico del orden de 10 Mbps por m²
- Comunicaciones con dispositivos en movilidad con velocidades de hasta 500 km/h.

El ECC aprobó también en 2016 (actualizado en marzo de 2019) una serie de acciones relativas al 5G, lo que se conoce como Hoja de Ruta⁵⁷ del ECC para 5G. Esta hoja de ruta aborda cuestiones sobre armonización de espectro para 5G, preparación de la CMR-19 para bandas por encima de 24 GHz, consideración sobre las necesidades de los casos de uso verticales y otros retos sobre el espectro radioeléctrico.

En resumen, la armonización de bandas del ECC se centra en:

- Banda 3,4-3,8 GHz. Decisión ECC (11)06, soportada por el Informe ECC 281, Informe ECC 281 (autorizaciones existentes a fecha de octubre 2018), Informe ECC 296, con guía a las administraciones sobre opciones regulatorias para la sincronización de disponibilidad de espectro.
- Banda 24,25-27,5 GHz. Decisión ECC (18)06, apoyada por Recomendación ECC (19)01, Informe ECC 303 Informe ECC 307, Recomendación ECC (20)01

⁵⁴ <https://www.cept.org/ecc/topics/spectrum-for-wireless-broadband-5g>

⁵⁵ <https://www.cept.org/files/18334/ECC%20Strategic%20Plan%202015-2020%20web-ready.pdf>

⁵⁶ Recommendation ITU-R M.2083-0 (09/2015) IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond

⁵⁷ ECC(19)042 Annex 32_CEPT Roadmap 5G.docx

Los trabajos del ECC se han basado en el Mandato que la Comisión Europea remitió al ECC, que permitió al ECC elaborar los Informes CEPT 67 sobre 3,6 GHz y CEPT 68 sobre 26 GHz.

La CEPT (Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones) desempeña a su vez un papel fundamental para la coordinación de las actividades europeas de cara a la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones sobre disponibilidad de bandas de frecuencias por encima de 24 GHz, que incluyen las siguientes bandas de frecuencias como candidatas: 24,25-27,5 GHz, 31,8-33,4 GHz, 37-43,5 GHz, 45,5-50,2 GHz, 50,4-52,6 GHz, 66-76 GHz, 81-86 GHz. Las bandas que se consideran como prioritarias por la CEPT son: 24,25-27,5 GHz, 40,5-43,5 GHz y 66-71 GHz.

Adicionalmente, el grupo especializado de la CEPT, FM-44, sobre sistemas de satélites también ha elaborado el Informe ECC 280 sobre casos de uso donde las redes de satélites pueden jugar un papel en la prestación de servicios o desarrollo de redes 5G.

La tabla siguiente resume el conjunto global de acciones en el contexto de la hoja de ruta 5G del ECC⁵⁸:

Lista de acciones (según lo aprobado el 18 de noviembre de 2016, revisadas en Julio de 2018)	Actividades relevantes del ECC (actualizado el 8 de marzo de 2019)
A. Armonización	
A.1 Revisar las medidas armonizadoras para hacer disponible la banda 3,4-3,8 GHz para servicios 5G	• Revisión de ECC/DEC/(11)06 aprobada en ECC#49 . • Trabajos relativos al Mandato de la Comisión Europea para 5G: Informe CEPT 67 publicado en Julio de 2018.
A.2 Proporcionar guía a las administraciones para evitar la fragmentación de la banda 3,4-3,8 GHz band.	• Desfragmentación de la banda 3400-3800 MHz, Informe ECC 287 • Tarea PT1-17 sobre opciones de sincronización entre MFCN. Informe ECC 296
A.3.1 Desarrollar la decisión para la armonización de las condiciones para la introducción de servicios 5G en la banda de 26 GHz, considerando la debida protección de servicios existentes dentro de la banda y en bandas adyacentes.	• Decisión ECC (18)06 publicada en Julio 2018 • Trabajos relativos a la respuesta al Mandato de la CE sobre 5G: Informe CEPT 68 publicado en Julio de 2018
A.3.2 Desarrollar guías adicionales para la implementación de la Decisión ECC (18)06.	• Mecanismos para la coexistencia de IMT y Servicios Fijos: borrador de Informe ECC 303 • Recomendación ECC (19)01 • Borrador de Recomendación sobre compatibilidad con servicios fijos por satélite; • Guía sobre opciones para mecanismos de sincronización de los procesos nacionales; • Cuestionario CEPT a las administraciones sobre estrategia de Espectro para el Servicio fijo en la banda en la banda de 26 GHz.

⁵⁸ CEPT roadmap for 5G (Version 8, Revised 8 March 2019)

Lista de acciones (según lo aprobado el 18 de noviembre de 2016, revisadas en Julio de 2018)	Actividades relevantes del ECC (actualizado el 8 de marzo de 2019)
A.4 Revisión de las decisiones ECC en las bandas móviles (MFCN) para asegurar su adecuación al 5G.	• 3,4-3,8 GHz: Ver A.1. • 700 MHz, 800 MHz y 1.5 GHz. Decisiones ECC ya disponibles para 5G (neutralidad tecnológica). • 2,1 GHz: revisada la Decisión ECC (06)01 y el Informe ECC 298. • 2,6 GHz: Decisión ECC (05)05. • 1800 (and 900 MHz): Decisión ECC (06)13 y el Informe asociado ECC 297. • Trabajos adicionales en respuesta al Mandato de la CE sobre bandas armonizadas 5G en redes MFCN: Informe CEPT 72
B. Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2019 (IMT>24 GHz)	
B.1 Apoyo a la identificación IMT en la CEPT para la banda 24,25 – 27,5 GHz	• Acordado en la CMR 2019
B.2 Apoyo para la identificación adicional de las bandas 40.5-43,5 GHz y 66-71 GHz.	• Acordado en la CMR 2019
B.3 Decisión de no apoyar la banda 27,5-29,5 GHz para 5G.	• Acordado en la CMR 2019
C. Verticales	
C.1 Monitorización de usos comunes en los verticales para definir requisitos funcionales comunes en los verticales (PPDR, industrial automación, automoción, infraestructuras varias de servicios, trenes, ...) que requerirán medidas de armonización del espectro	Lo considera CEPT en el Grupo FM monitorizando las actividades de los organismos de normalización técnica (ETSI, 3GPP). Talleres y reuniones especializadas de CEPT
C.2 Considerar cómo la normalización de 5G acomodará los requisitos específicos de los verticales	Considerado por grupos CEPT: ECC/PT1 and WGFM.
C.3 Investigar la posibilidad de que algunos verticales puedan compartir plataformas comunes (ejemplo: compartición de redes privadas o ubicadas por un operador de red móvil)	Se le encarga al grupo WGFM de la CEPT
C.4 Investigar el impacto de aplicación de regímenes de exención de licencias para ciertas aplicaciones críticas de algunos verticales (ejemplo: Automoción)	Se le encarga al grupo WGFM de la CEPT (ejemplo: Informe CEPT 71 sobre ITS bajo Mandato CE en 5,9 GHz)
C.5 Revisión de la regulación de Espectro aplicable a los verticales para examinar si son “5G compatible”	Se les encarga a los grupos ECC/PT1 y WGFM
D. Otros retos sobre el Espectro radioeléctrico	
D.1 Considerar el papel que puede jugar las soluciones basadas en sistemas de satélites	Informe ECC 280 sobre soluciones satelitales para 5G, publicada en mayo 2018
D.2 Investigar nuevos mecanismos y oportunidades de compartición de espectro y los retos que las nuevas tecnologías (como AAS) pueden traer.	Se le encarga al grupo ECC/PT1 sobre todo para las bandas 24,25-27,5 GHz y 3,4-3,8 GHz. También relevante es la acción A.3.2 anterior
D.3 Estudiar las canalizaciones del Servicio Fijo, que puedan ser útiles para soporte a las redes 5G (backhauling).	Informe ECC 282, Recomendación ECC (18)01 para la banda 130-175 GHz. Recomendación ECC(14)01 y Recomendación ECC /18(02). Trabajos adicionales por el Grupo SE19 de la CEP para aumentar el ancho de banda en ciertas bandas del Servicio Fijo desde 11 a 38 GHz. Recomendaciones ERC (01)02, 12-03, (12)06, T/R 13-02 y T/R 12-01

Lista de acciones (según lo aprobado el 18 de noviembre de 2016, revisadas en Julio de 2018)	Actividades relevantes del ECC (actualizado el 8 de marzo de 2019)
D.4 Considerar las mejores opciones menos restrictivas y flexibles en la banda 57-71 GHz que puedan acomodar tecnologías 5G y WiGig teniendo en cuenta también las necesidades ITS en este rango de frecuencias	Informe ECC 288 sobre condiciones de coexistencia entre Servicios Fijo y otras aplicaciones de uso exterior en la banda 57-66 GHz. Informe Técnico del ETSI: TR 103 583
D.5 Investigar el impacto del uso de Espectro para 5G en bandas superiores a 24 GHz en relación con posible aplicación de régimen regulatorio de autorización general.	Encargado al grupo ECC/PT1. Relacionado también con la actividad anterior D.4

Tabla 9. Lista de acciones 5G. Fuente: ECC

Alemania

El Gobierno germano publicó en septiembre de 2017 el documento *Iniciativa 5G para Alemania*, en el que estableció su estrategia 5G hasta 2025. En él se definen cinco ámbitos de actuación: despliegue, frecuencias, ecosistema, investigación y ciudades, se establecen una serie de hitos hasta el presumible despliegue en 2020, y se identifican los centros de investigación repartidos en 13 ciudades que recibirán hasta 80 millones de euros para financiar iniciativas de investigación en el ámbito 5G.

Esta estrategia nacional 5G fue actualizada en septiembre de 2019. [Esta actualización](#) se centra en evitar zonas sin cobertura. En concreto, los operadores móviles nacionales han acordado

- proveer de servicios de voz y datos fiables al 99% de los hogares antes del fin de 2020, y al 99% de hogares de cada estado alemán antes de 2021, especialmente en las zonas rurales,
- incrementar la cooperación nacional y construir al menos 1.400 torres de comunicaciones accesibles a cualquier operador,
- proveer de tasas binarias de bit de al menos 100 Mbps en las principales líneas de transporte, e
- instalar estaciones base en zonas rurales sin cobertura.

Por su parte, se dedicarán fondos para la contribución activa de los ayuntamientos a la mejora de la cobertura.

En 2018 se establecieron las condiciones para la subasta en las bandas de 2 y 3,4-3,7 GHz. En la banda de 2 GHz se subastaron 2x40 MHz que estarán disponibles el 1 de enero de 2021, y 2x20 MHz que lo estarán el 1 de enero de 2026.

En junio de 2019, la agencia alemana para la gestión del espectro Bundesnetzagentur licitó espectro para 5G en las bandas de 2,1 GHz y 3,4 – 3,7 GHz, en licencias de ámbito nacional destinadas a operadores de red móvil. Todo el espectro disponible se adjudicó, todos los licitadores obtuvieron alguna porción de espectro, y se asignó espectro también a un nuevo cuarto operador.

Alemania es un referente en la imposición de obligaciones de cobertura asociadas con las nuevas licencias de espectro. Estas son las obligaciones de cobertura asociadas a parámetros de calidad establecidas en las subastas de 2,1 GHz y 3,4 – 3,7 GHz:

- cobertura con una tasa binaria de al menos 100 Mbps de al menos el 98% de los hogares de cada Estado Federal al final de 2022,
- cobertura con una tasa binaria de al menos 100 Mbps y una latencia máxima de 10 ms para todas las carreteras federales con niveles de función de conectividad 0 y 1 al final de 2022,
- cobertura con una tasa binaria de al menos 100 Mbps y una latencia máxima de 10 ms para el resto de las carreteras federales al final de 2024,
- cobertura con una tasa binaria de al menos 50 Mbps de todas las carreteras estatales al final de 2024,
- cobertura con una tasa binaria de al menos 50 Mbps de los puertos estatales y la red troncal de vías fluviales navegables al final de 2024,
- cobertura con una tasa binaria de al menos 100 Mbps de las vías ferroviarias con más de 2.000 pasajeros diarios al final de 2022,
- cobertura con una tasa binaria de al menos 50 Mbps del resto de vías ferroviarias al final de 2024.

Adicionalmente, la banda 3,7 – 3,8 GHz se destina a las necesidades industriales – verticales, en licencias de ámbito local.

Los operadores Deutsche Telekom and Vodafone criticaron la subasta por los altos precios alcanzados, tildando el CEO de Vodafone Germany de “catastrófica”⁵⁹ la subasta. Hannes Ametsreiter dijo que Alemania estaba perdiendo un tiempo precioso en relación al desarrollo digital, y que el país no estará entre los de cabeza en Europa en desplegar servicios 5G. Sugirió, incluso, que el Estado germano debería devolver parte del dinero obtenido en la subasta en forma de ayudas al despliegue 5G. El análisis de los costes de las subastas pueden consultarse en el apartado de este documento.

Francia

Francia ha publicado su propio Plan de acción⁶⁰, ejecutado por ARCEP⁶¹. La ANFR, por su parte, se encarga de la armonización a nivel europeo y mundial, así como de la disponibilidad del espectro por parte de ARCEP / operadores móviles.

⁵⁹ <https://www.telcotitans.com/vodafonewatch/vodafone-germany-slams-german-5g-auction-as-catastrophic/51.article>

⁶⁰ <https://www.entreprises.gouv.fr/numerique/mise-oeuvre-de-la-feuille-de-route-5g>

⁶¹ https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1570120300/user_upload/grands_dossiers/5G/plan-bataille-5G-arcep-300119.pdf

Reino Unido

OFCOM ha hecho público el documento *Enabling 5G in the UK*⁶² en marzo de 2018. El Gobierno británico tiene la ambición de convertirse en un líder mundial de 5G, ambición recogida en este documento y objetivo similar al de otros países, junto con las acciones diseñadas para facilitar el despliegue del 5G en el país. Estas acciones se engloban en diferentes ámbitos:

- puesta a disposición de espectro para 5G y otros servicios inalámbricos,
- asegurar la conectividad apropiada entre las estaciones base 5G (red de transporte o backhaul).
- colaborar con el Gobierno y otros legisladores para asegurar que el acceso a los sites no es una barrera para el despliegue de 5G,
- asegurar que la neutralidad de red no es una barrera para el despliegue,
- actuar como un facilitador, colaborando con diferentes actores y con otros países para entender las aplicaciones potenciales de 5G.

El Reino Unido está desarrollando un programa de compromiso con las industrias verticales, con el objetivo de entender sus necesidades de conectividad para casos de uso innovadores en distintos sectores, incluyendo 5G. Estos trabajos se recogen en el documento *Supporting the expanding role of wireless innovation in UK industry*⁶³.

En junio de 2019, se anunció la obligación a BT de permitir que otros operadores puedan desplegar su propia red gracias a la infraestructura física de BT, incluyendo el uso para la red de transporte móvil.

Consideraciones generales sobre gestión del espectro

Se comentan a continuación algunas consideraciones y opiniones expresadas por la industria al respecto de la gestión del espectro para 5G:

- **Liberación de espectro y reorganización del mismo:** Un aspecto crítico para poder desplegar una nueva tecnología con la mayor eficiencia es la disponibilidad, en el momento adecuado, de la mayor cantidad de espectro posible para prestar servicios de comunicaciones electrónicas. Así, en los dos últimos años, en USA, Japón, Corea y China se ha asignado, o se está en vías de hacerlo, una muy relevante cantidad de espectro a unos precios, en ciertos casos, muy ajustados que permitirá a los operadores acometer las inversiones necesarias además de desarrollar el ecosistema del 5G. En este sentido, los operadores deben contar con la mayor certidumbre posible en el calendario de asignación del espectro, así como la reorganización de este en los casos en los que actualmente esté adjudicado a otros actores o asignado para usos diferentes al de comunicaciones electrónicas.

⁶² https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0022/111883/enabling-5g-uk.pdf

⁶³ <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/spectrum-management/supporting-role-wireless-innovation-uk-industry>

- **Licitaciones:** La correcta planificación del mecanismo o modelo de asignación es crucial para poder acometer las necesarias inversiones en el despliegue de la tecnología 5G, pues una licitación definida de forma incorrecta puede llevar a los operadores a pagar ingentes sumas por el espectro, reduciendo los recursos disponibles para las inversiones en la nueva tecnología. Por ello, es imprescindible establecer mecanismos y procesos de asignación eficientes y racionales que no pretendan drenar artificialmente recursos financieros de los operadores. Asimismo, es especialmente crítico que no se realicen reservas de espectro para ninguno de los actores en el mercado, así como no establecer limitaciones artificiales en la cantidad de espectro que se puede disponer. Asimismo, los operadores observan dos cuestiones cada vez más relevantes que cada administración debe responder, sobre las que no existe una aproximación común:
 - Hay variedad de respuestas posibles a las demandas de espectro dedicado por parte de los verticales para construir redes privadas 5G. La más drástica, que ha tenido como resultado unos precios elevados pagados por el espectro que irán en detrimento del despliegue, es la elegida por Alemania que consiste en reservar espectro en bandas armonizadas y asignarlo directamente a verticales. Otras opciones, sirva de ejemplo, menos intrusivas son incentivar que los operadores hagan un “leasing” de frecuencias a los verticales cuando las redes públicas 5G no satisfagan sus necesidades (como por ejemplo en UK o Finlandia), o dedicar nuevo espectro a bandas no licenciadas sobre las que construir las redes privadas en bandas distintas a las identificadas como relevantes para el futuro despliegue de 5G.
 - El pago por los derechos de uso del espectro debe ser balanceado correctamente entre obligaciones de cobertura y el precio del espectro, sin olvidar la fiscalidad, como se explicará a continuación.
- **Fiscalidad:** No sólo es crítico para el desarrollo de una nueva tecnología el disponer de una cantidad adecuada de espectro, en el momento preciso y con la debida certidumbre temporal además de la asignación de acuerdo al mejor mecanismo posible, sino que las tasas a pagar por el mismo son una parte muy relevante a la hora de valorar el mismo, los casos de negocio y análisis del espectro a adquirir por los operadores. Así, España tradicionalmente es un mercado en el que las tasas del espectro son significativas respecto a otros países en los que las mismas no existen (ej. UK hasta el año 20 de la concesión o Alemania) o son muy inferiores, de forma que es imprescindible abordar una revisión del planteamiento de cara al establecimiento de las tasas para las futuras bandas que se usarán para el 5G.
- **Duración de las concesiones:** por último, cobra especial relevancia para poder realizar un plan de negocio, la duración de las concesiones. El marco actualmente vigente en España supone licencias de validez hasta 20 años. El nuevo Código Europeo de Comunicaciones Electrónicas establece un mínimo de 15 años con posibilidades de prórrogas de 5 años. Los operadores opinan que estos períodos podrían ser insuficientes frente a las concesiones que se vienen adjudicando recientemente en USA o en Reino Unido, las cuales son ilimitadas y revocables de acuerdo a un numerus clausus predefinido, lo cual dota de una certidumbre muy superior respecto al mínimo fijado en el marco europeo para acometer cualquier plan de despliegue y desarrollo de las nuevas tecnologías.

Estado actual de las asignaciones de espectro en bandas 5G

En este apartado se describe la panorámica actual de las asignaciones de bandas de espectro a comunicaciones electrónicas en la UE y en el resto de los países de estudio. Comunicaciones electrónicas es la designación de la Comisión Europea a todas aquellas bandas empleadas por los operadores móviles en las que reina el principio de neutralidad tecnológica, por lo que pueden ser utilizadas con tecnología 2G, 3G, 4G o 5G. Entre ellas, se encuentran las bandas de frecuencia “clásicas” de la telefonía móvil, la de los sucesivos dividendos digitales, y las bandas pioneras para el 5G. Estas bandas pioneras son la banda de 700 MHz, la banda de 3,4 -3,8 GHz y la banda de 26 GHz.

España

España llevó a cabo una primera gran subasta de espectro destinado a comunicaciones electrónicas en 2011, donde se subastó espectro en las bandas de 800, 900 y 2600 MHz. La subasta de 3,4 – 3,6 GHz se realizó parcialmente en 2016 (el resto estaba previamente asignada), y la de 3,6 – 3,8 en 2018. La licitación de la banda de 700 MHz se prevé que tenga lugar a partir de 2020, mientras que todavía no hay planes de tiempos para nuevas subastas en la banda de 26 GHz. Por su parte, el Plan Nacional 5G fue publicado en 2018.

La siguiente tabla muestra la asignación de bandas de espectro a comunicaciones electrónicas a nivel nacional en España.

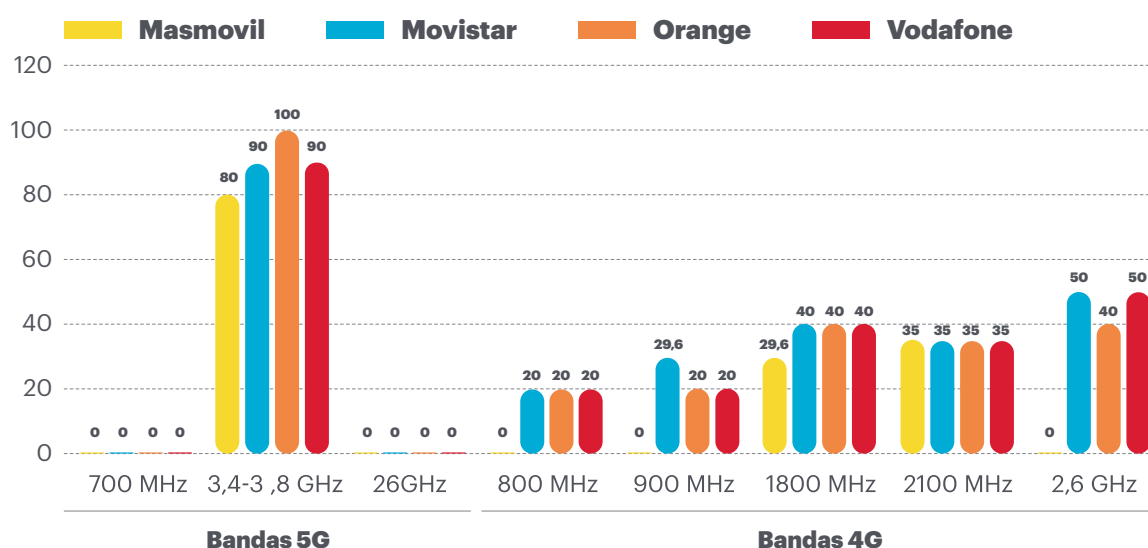


Ilustración 7. Asignación de espectro. España

En la banda de 3,4 – 3,8 GHz, la situación es la siguiente: la banda de 3,4 – 3,6 GHz se ha asignado en FDD, con espectro pareado entre las subbandas 3,4 – 3,5 GHz y 3,5-3,6 GHz, mientras que la banda de 3,6 – 3,8 GHz se ha asignado en TDD. La Ilustración 8. Detalle de la asignación actual de la banda de 3,4-3,8 GHz en España ilustra este hecho. El resultado es que Telefónica y Orange poseen porciones de espectro disjuntas. Por ello, es previsible que

se realice un refarming o reordenación de la banda, para que los operadores dispongan de espectro continuo. Esto genera incertidumbre entre los operadores, que todavía desconocen qué porción exacta de espectro podrán utilizar, lo cual desincentiva las inversiones en equipamiento.

Dado que en algunos países de nuestro entorno (Italia, Reino Unido) la asignación de la banda de 3,4-3,8 GHz no se ha completado, quedando alguna porción de la banda por licitar, es posible que esta situación de bloques de espectro discontinuos y la consiguiente necesidad de refarming se repita en estos países.

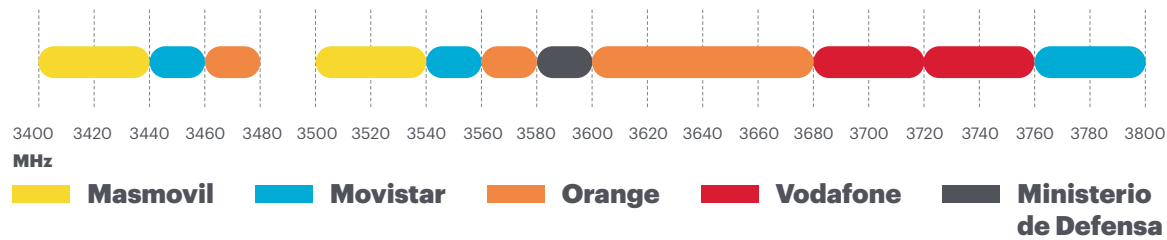


Ilustración 8. Detalle de la asignación actual de la banda de 3,4-3,8 GHz en España

Alemania

Alemania actualizó su estrategia 5G en septiembre de 2019, centrado en aumentar la cobertura 4G (y consecuentemente 5G en el futuro). Tanto la banda de 700 MHz en 2015 como la banda de 3,4-3,6 GHz en 2019 han sido asignadas, mientras que se han iniciado el proceso de asignación de la banda 26 GHz mediante licencias locales o regionales.

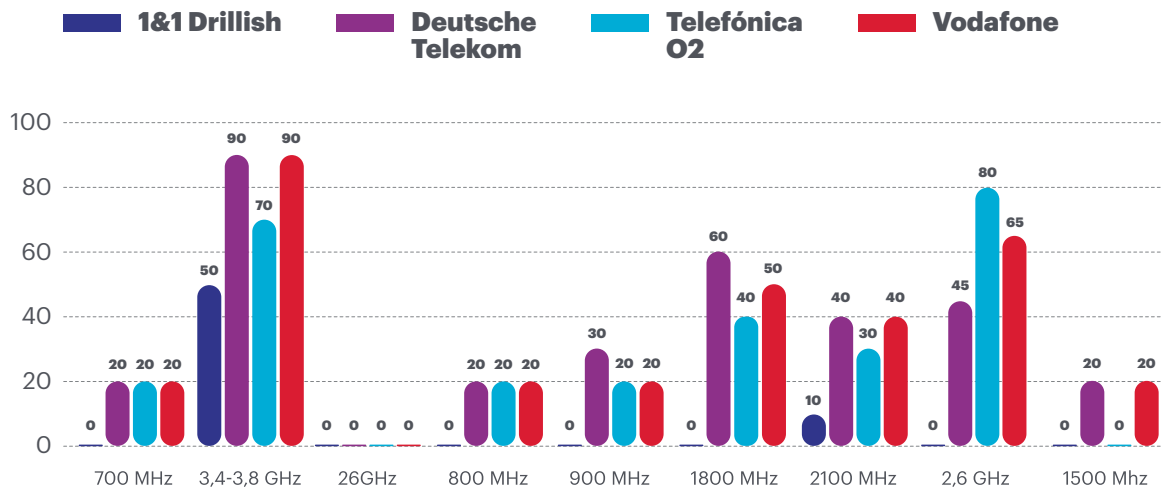


Ilustración 9. Asignación de espectro. Alemania^{64 65}

La banda de 3,7 – 3,8 GHz se reserva para asignaciones regionales 5G.

⁶⁴ https://www.bundesnetzagentur.de/EN/Areas/Telecommunications/Companies/FrequencyManagement/ElectronicCommunicationsServices/ElectronicCommunicationServices_node.html

⁶⁵ <https://www.spectrummonitoring.com/frequencies/#Germany>

Francia

El Ministerio francés publicó una hoja de ruta 5G⁶⁶, la cual el regulador audiovisual ARCEP ha aplicado⁶⁷. Según reporta el propio regulador del espectro francés ANFR, todas las bandas adjudicadas a los operadores móviles estarán disponibles para 5G a excepción de la banda de 1500 MHz, que se encuentra bajo consideración de ARCEP. En relación a la banda de 2,6 GHz, se encuentra pareada con multiplexación dúplex y la porción no pareada, 2570-2620 MHz, se reserva para redes privadas⁶⁸ (espectro para verticales).

La subasta de 700 MHz se realizó en 2015 y la de 3,4-3,8 GHz se prevé a partir de 2020. Sobre la banda de 26 GHz, la ARCEP ha llevado a cabo una consulta pública en 2018. La banda 26,5-27,5 GHz ya está disponible, compartida con estaciones terrenas para uso científico, y ARCEP está analizando la demanda del Mercado. El resto de la banda es utilizada por otros servicios, principalmente Servicio Fijo, y se está analizando la manera y el momento en el que se realizará el refarming⁶⁹ de esta banda.

La ANFR coincide en señalar las bandas 40,5-43,5 GHz y 66-71 GHz como candidatas para ser armonizadas, aunque la banda 66-71 GHz se etiquetó para su uso por parte de SRD (Short Range Devices) por parte de la UE, en decisión adoptada el verano de 2018.

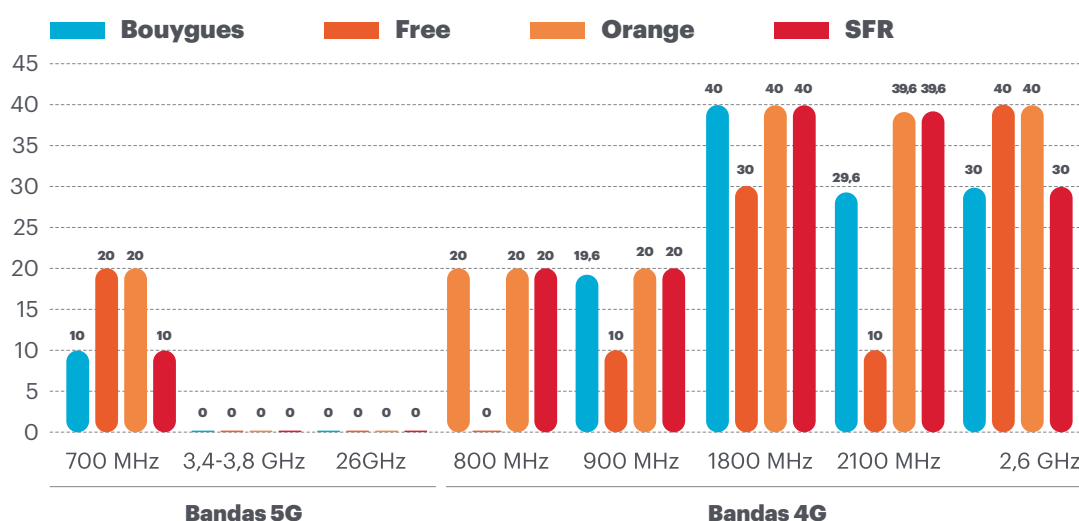


Ilustración 10. Asignación de espectro. Francia⁷⁰

La banda de 3,4 – 3,6 GHz se reserva para asignaciones regionales 5G.

⁶⁶ <https://www.entreprises.gouv.fr/numerique/mise-oeuvre-de-la-feuille-de-route-5g>

⁶⁷ https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1570120300/user_upload/grands_dossiers/5G/plan-bataille-5G-arcep-300119.pdf

⁶⁸ <https://www.arcep.fr/demarches-et-services/professionnels/transformation-numerique-des-entreprises/guichet-frequences-2-6-tdd.html>

⁶⁹ Refarming se refiere al proceso de migrar ciertos servicios desde una determinada banda a otra

⁷⁰ <https://www.spectrummonitoring.com/frequencies/#France>

Reino Unido

La agencia británica de gestión del espectro OFCOM planea introducir mecanismos novedosos en la gestión del mismo, como la compartición de espectro en las bandas de 1800 MHz, 2,3 GHz y 3,8-4,2 GHz⁷¹, y la posibilidad de establecer redes 5G privadas por parte de entidades distintas de los operadores en aplicaciones verticales de 5G, basándose en el principio de primero llegado primero servido. La compartición de espectro también se considera para la banda de 26 GHz, aunque en este caso sólo en interiores.

La subasta en la banda de 3,4 - 3,6 GHz tuvo lugar⁷² en abril de 2018, y las de 700 MHz y 3,6 - 3,8 GHz tendrán lugar antes de la primavera⁷³ de 2020. A su vez, se han establecido mecanismos de licencias de espectro a nivel local⁷⁴ en las bandas de 3,8 - 4,2 GHz y 24,25 - 27,5 GHz⁷⁵ y la banda de 57 - 71 GHz ha sido declarada como de uso común⁷⁶. Actualmente, OFCOM está explorando la posibilidad de designar bandas de uso común por encima de los 100 GHz.

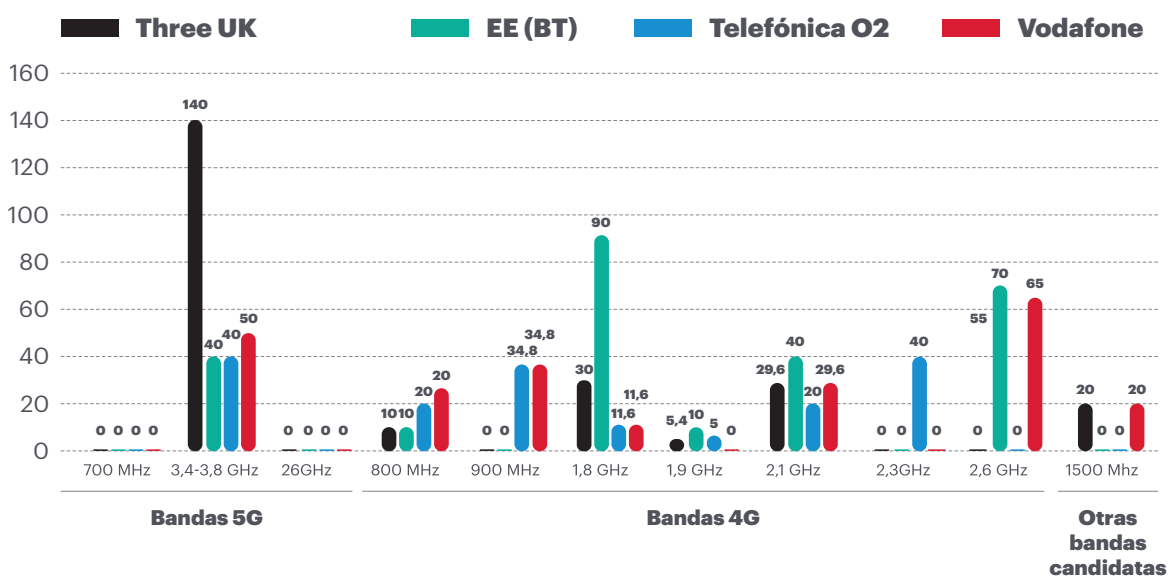


Ilustración 11. Asignación de espectro. Reino Unido⁷⁷

⁷¹ <http://5gobservatory.eu/5g-spectrum/national-5g-spectrum-assignment/#1533313745961-d2a5cc14-241a>

⁷² <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/spectrum-management/spectrum-awards/awards-archive/2-3-and-3-4-ghz-auction>

⁷³ <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/award-700mhz-3.6-3.8ghz-spectrum>

⁷⁴ https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf

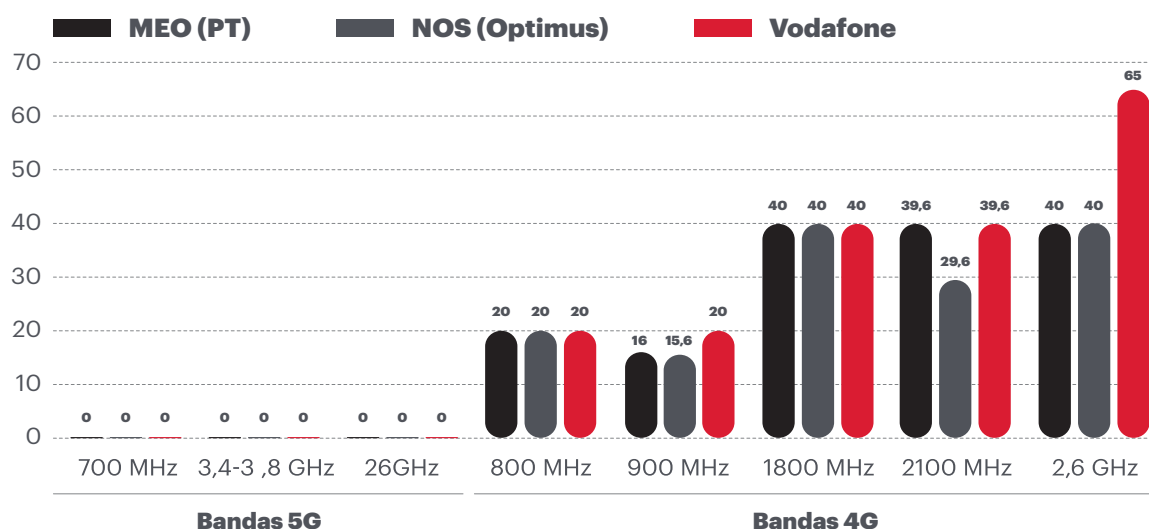
⁷⁵ <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/enabling-opportunities-for-innovation>

⁷⁶ <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-3/implementing-decisions-57-71-ghz-band>

⁷⁷ <https://www.spectrummonitoring.com/frequencies/#UK>

Los cuatro operadores británicos ofrecen en la actualidad servicios 5G: Vodafone⁷⁸, Telefónica⁷⁹, BT/EE⁸⁰ y Three⁸¹.

Se da la circunstancia de que todos los bloques en la banda de 3,4-3,8 GHz son contiguos a excepción de los de 3 UK, que posee un bloque de 40 MHz y otro de 100 MHz.



Italia

Italia realizó una ambiciosa subasta en 2018 en la que se asignaron la banda de 700 MHz, la de 3,6 - 3,8 GHz y la porción 26,5 – 27,5 GHz de la banda de 26 GHz, siendo esta última banda la que menos interés despertó entre los operadores.

Italia ha impuesto obligaciones de cobertura del 80% en 2020 en la banda de 700 MHz, y del 99,4% en 2023 con el compromiso de desplegar en las principales carreteras y vías férreas en 2022.

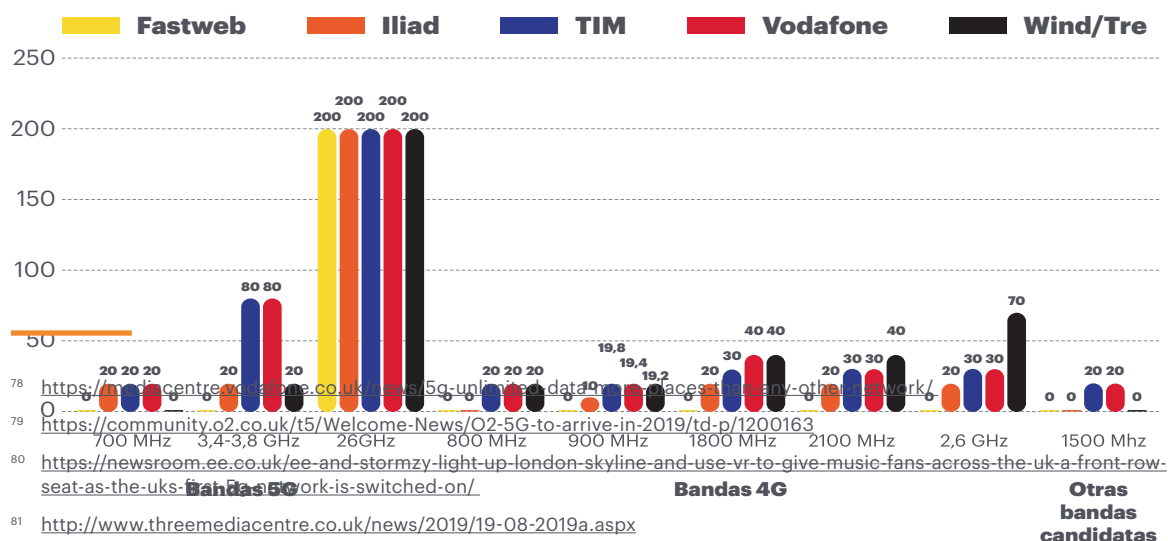
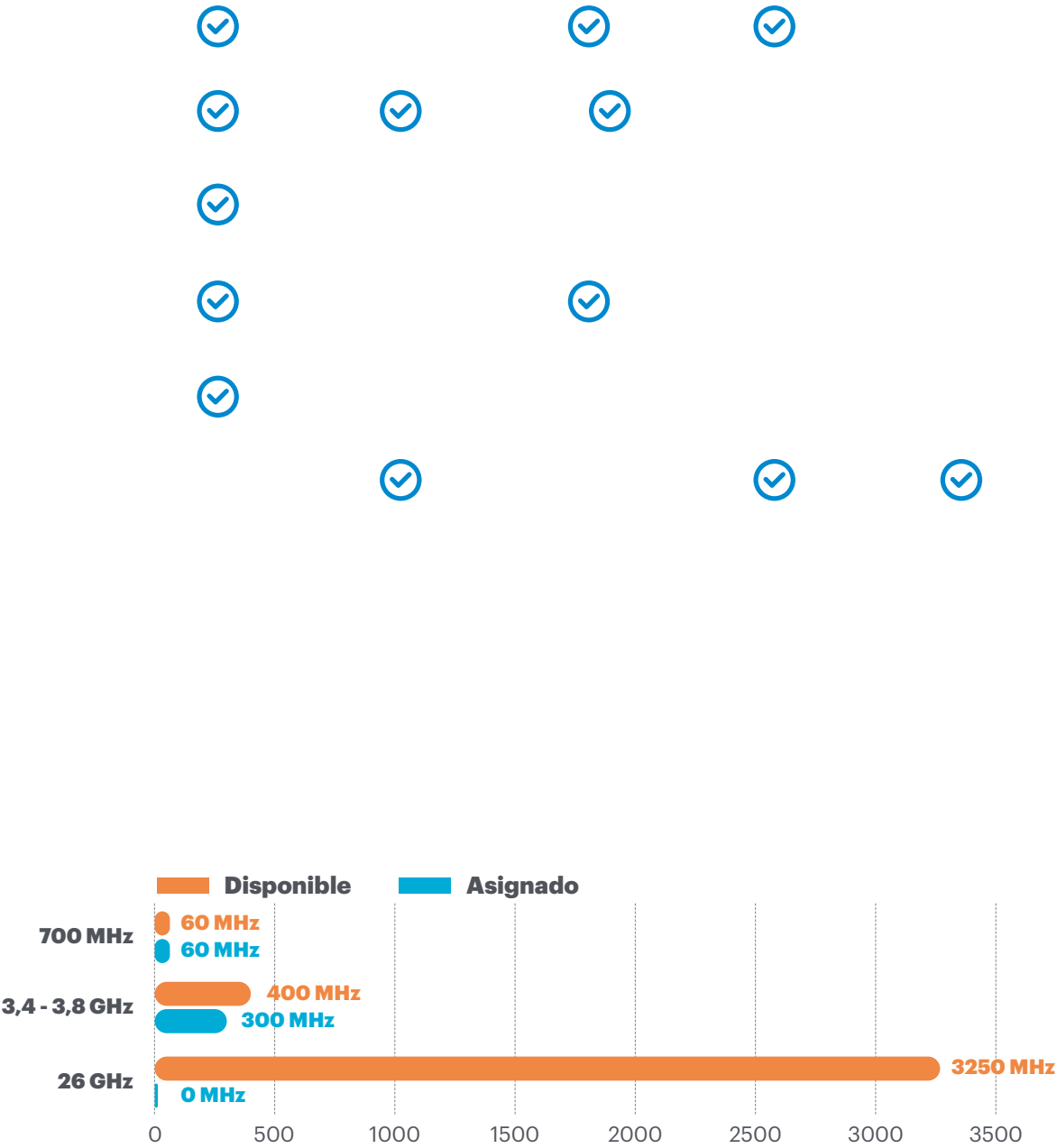
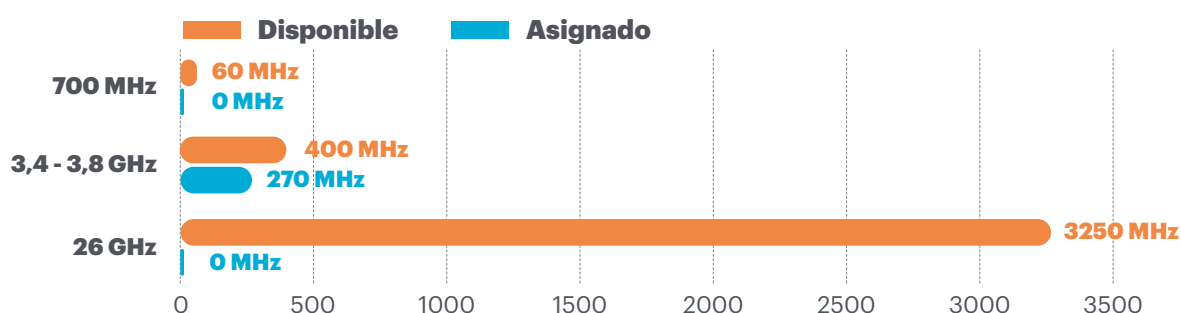
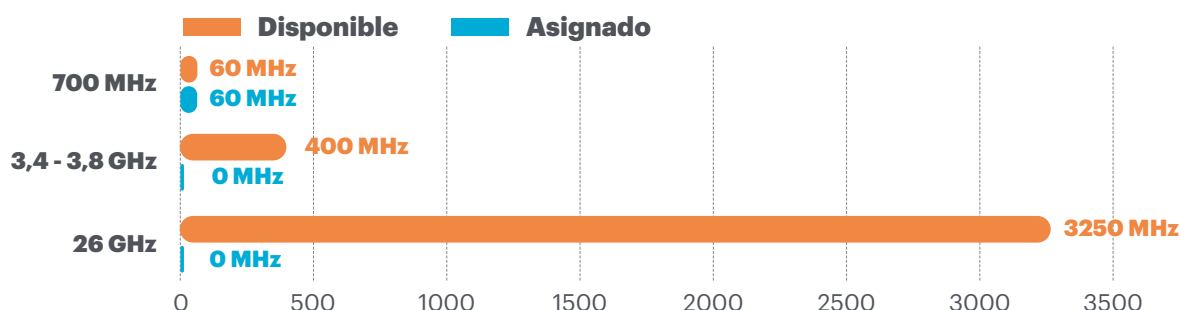


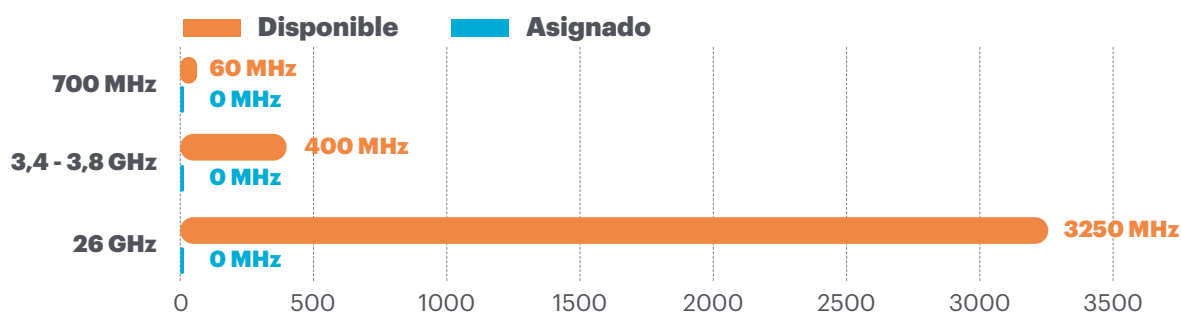
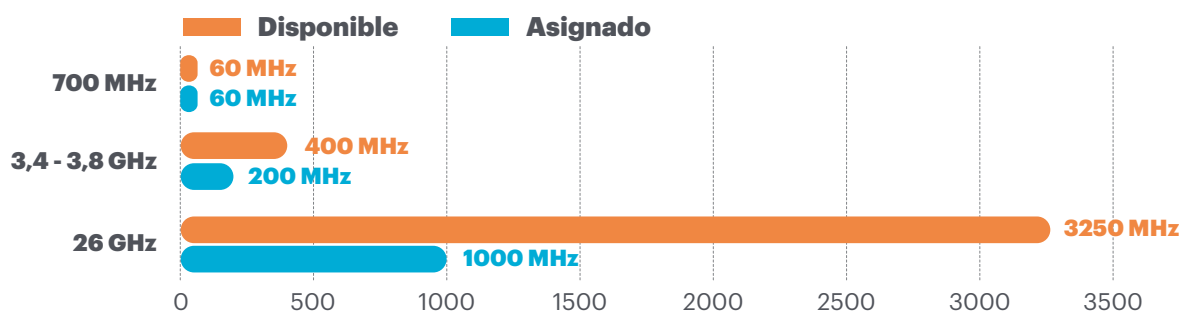
Ilustración 12. Asignación de espectro. Italia⁸²



⁸² <https://www.spectrummonitoring.com/frequencies/#Italy>



Portugal



Portugal ha llevado a cabo una consulta pública en relación al espectro 5G, en el que ha introdujo otras bandas además de las bandas pioneras como 450 MHz, 900 MHz, 1500 MHz,

1800 MHz, 2100 MHz y 2,6 GHz. No obstante, todavía no ha licitado las bandas de 700 MHz, 3,4-3,8 GHz ni 26 GHz.

Ilustración 13. Asignación de espectro. Portugal⁸³



⁸³ <https://www.spectrummonitoring.com/frequencies/#Portugal>

Resumen comparativo de las asignaciones de espectro en los principales países europeos

A modo de resumen, se incluye la siguiente tabla relativa a las licitaciones de las bandas pioneras en los principales países europeos según información disponible a finales de 2019:

País	Estrategia 5G	Subasta 700 MHz	Subasta 3,4 – 3,6 GHz	Subasta 3,6 – 3,8 GHz	Subasta 26 GHz
España		prevista 2020			Sin planes
Alemania			(3,4 – 3,7 GHz)		Proceso iniciado
Francia		prevista 2020	prevista 2020	prevista 2020	Consulta pública. Asignaciones a pilotos
Reino Unido		prevista 2020		prevista 2020	Compartición de espectro en interiores
Portugal		no realizada	no realizada	no realizada	no realizada
Italia	-		no realizada		

Tabla 10. Tabla comparativa sobre asignaciones de espectro a nivel europeo

Este es el estado de la asignación de espectro a 5G en aquellas bandas designadas como pioneras a nivel europeo en los países de estudio. En las siguientes ilustraciones se puede apreciar que Italia lleva lidera la asignación de espectro, habiendo licitado toda la banda de 700 MHz, la de 3,6 – 3,8 GHz y la mitad de la banda de 26 GHz, mientras que Alemania y Francia han licitado únicamente la banda de 700 MHz y España ha hecho lo propio en la banda de 3,4 – 3,8 GHz, junto con el Reino Unido, aunque éste parcialmente. Portugal, sin embargo, no ha asignado ningún MHz a 5G.

Ilustración 14. Estado actual de la asignación de espectro 5G en Alemania

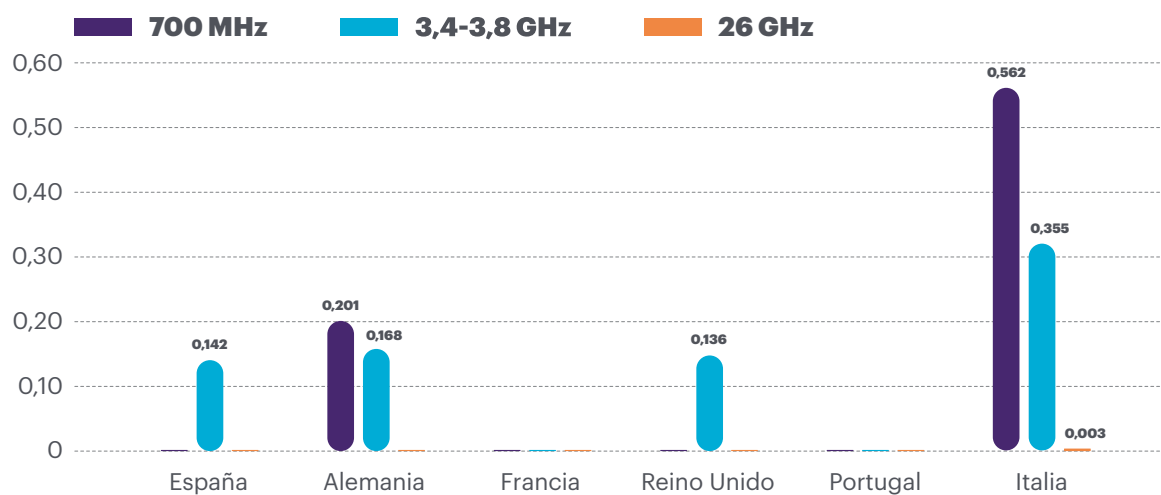


Ilustración 15. Estado actual de la asignación de espectro 5G en Francia

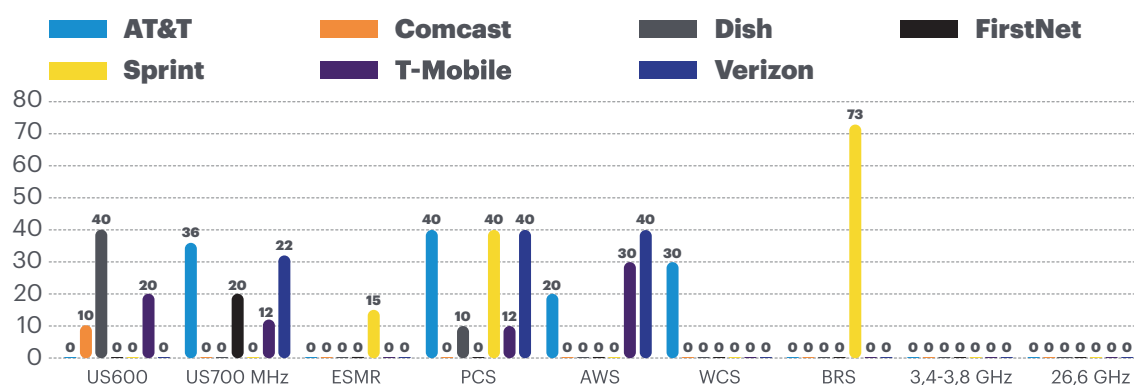
Ilustración 16. Estado actual de la asignación de espectro 5G en el Reino Unido

Ilustración 17. Estado actual de la asignación de espectro 5G en Italia

Ilustración 18. Estado actual de la asignación de espectro 5G en Portugal

Este es el coste al que han ascendido las subastas de espectro 5G realizadas en los países de estudio:

País	700 MHz	3,4 – 3,6 GHz	3,6 – 3,8 GHz	26 GHz
España	--	--	437,6 M€ (200 MHz)	--
Alemania	1.000,5 M€ (60 MHz) ⁸⁴	4.175,2 M€ (300 MHz) ⁸⁵		--
Francia	--	--	--	--
Reino Unido	--	1.345 M€ ⁸⁶ (150 MHz)	--	--



País	700 MHz	3,4 – 3,6 GHz	3,6 – 3,8 GHz	26 GHz
Portugal	--	--	--	--
Italia	2.040 M€ (60 MHz) ⁸⁷	--	4.300 M€ (200 MHz) ⁸⁸	167,3 M€ (1 GHz) ⁸⁹

Tabla 11. Tabla comparativa del coste de las subastas de espectro 5G

No obstante, el coste de la obtención de la licencia no es el único coste al que se enfrentan los operadores. En España, el principal de ellos es la tasa anual por reserva de dominio público radioeléctrico. Esta tasa a satisfacer anualmente está motivada por la reserva en exclusiva de las frecuencias subastadas, de manera análoga a la satisfecha por cualquier otro usuario del espectro (radiodifusores, usuarios del Servicio Fijo, de comunicaciones

⁸⁴ <https://frankrayal.com/2015/06/20/german-spectrum-auction-overview/>

⁸⁵ <https://www.commsupdate.com/articles/2019/06/13/german-5g-spectrum-auction-ends-raising-eur6-5bn/>

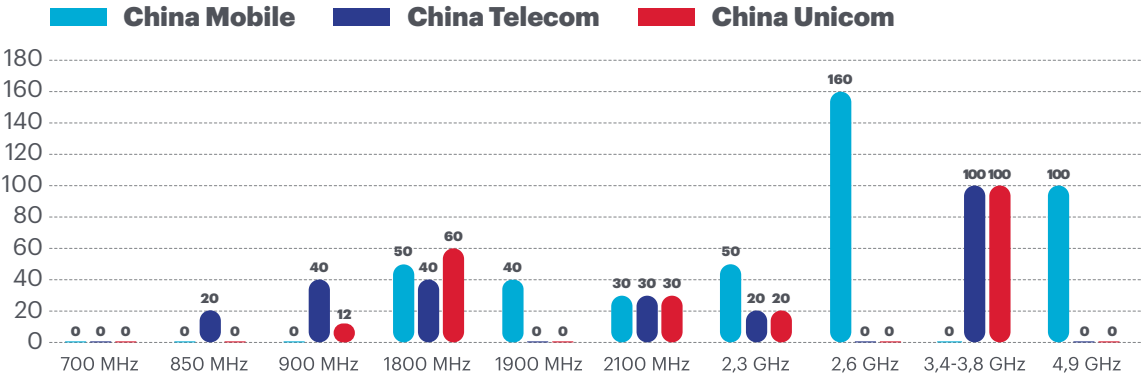
⁸⁶ <https://5g.co.uk/guides/5g-uk-auction/>

⁸⁷ <https://5gobservatory.eu/italian-5g-spectrum-auction-2/>

⁸⁸ <https://5gobservatory.eu/italian-5g-spectrum-auction-2/>

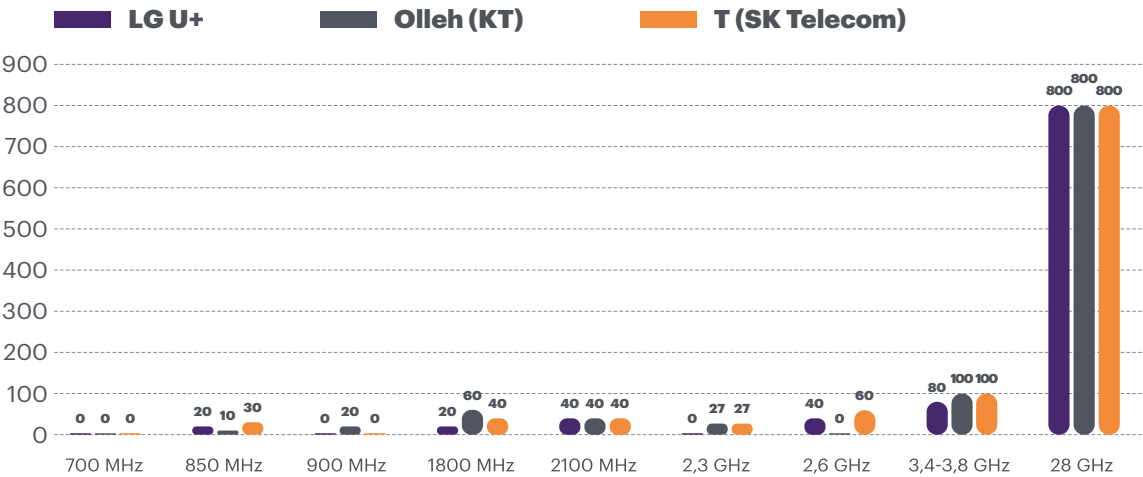
⁸⁹ <https://5gobservatory.eu/italian-5g-spectrum-auction-2/>

por satélite o de Redes Privadas Móviles) al que se le reserven frecuencias en exclusiva. Se



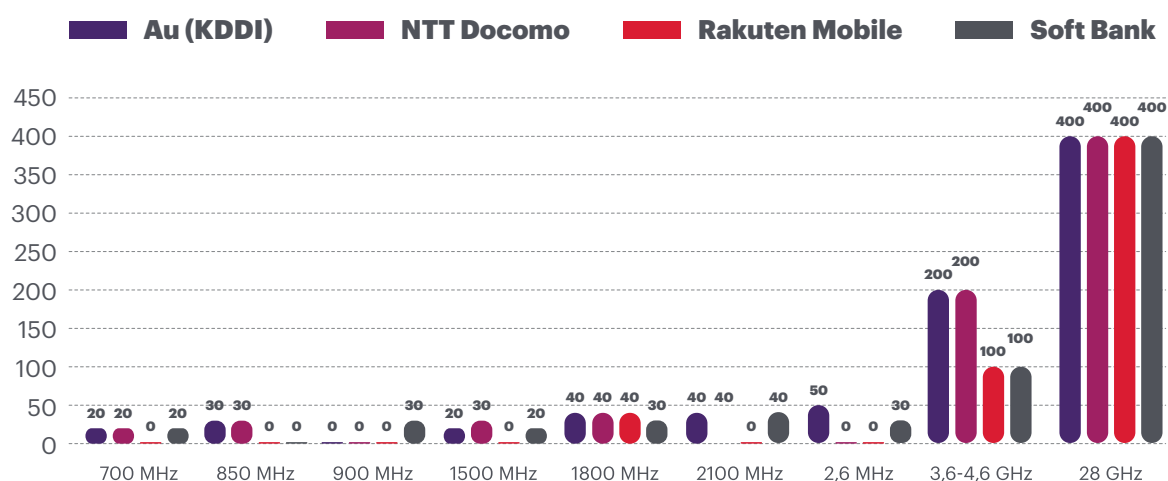
trata de una tasa que existe en determinados países: en Alemania y en el Reino Unido, por ejemplo, los operadores no están obligados a pagar esta tasa.

En España, la tasa por reserva de dominio público radioeléctrico es una de las tasas establecidas en la Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones y la ecuación para su cálculo, los valores de los coeficientes aplicables y el importe mínimo de percepción se recogen en las Leyes de Presupuestos Generales del Estado vigentes en cada momento. Existen otras tasas en la misma Ley: la general de operadores, por numeración, direccionamiento y denominación y tasas de telecomunicaciones a nivel nacional, además



de otras tasas autonómicas y locales.

El cálculo de la tasa correspondiente a cada reserva se realiza multiplicando el número de unidades de reserva radioeléctrica (NURR) por el valor que se asigne a cada unidad (VURR). La unidad de reserva radioeléctrica (URR) es un patrón convencional de medida, referido a la reserva, durante el periodo de un año, de un ancho de banda de 1 KHz sobre una superficie de 1 Km². El valor de la unidad de reserva radioeléctrica (VURR) varía de una reserva a otra y depende de los parámetros que sirven como base para el cálculo del valor de mercado y



de la rentabilidad. Para tener en cuenta estas variaciones, se crean los llamados “códigos de modalidad”, a los que se asocian unos coeficientes (C1, C2, C3, C4 y C5) que recogen el efecto de dichos parámetros.

El código de modalidad que aplica a la banda de 3.4 – 3.8 GHz en España es la 1323. Considerando los coeficientes de los Presupuestos Generales del Estado⁹⁰ de 2019, la tasa anual por reserva de espectro equivalente a los 200 MHz subastados en 2018 es de 43,4 millones de euros. Por tanto, en el total de los 20 años de vigencia de la licencia, es de esperar que los operadores españoles pagarán al Estado más de 868 millones de euros (los coeficientes C1, C2, C3, C4 y C5 se actualizan año a año), que habría que sumar a los 438 millones de euros del coste de la subasta.

La siguiente gráfica muestra una comparativa entre el valor alcanzado por el espectro en las subastas 5G en los principales países de Europa. De cara a establecer una comparación entre los distintos países, se ha optado por normalizar el total del importe alcanzado por el espectro subastado más una estimación del importe a satisfacer por reserva de espectro durante el tiempo de duración de la licencia entre los megahertzios en licitación, y a su vez entre los millones de habitantes de cada uno de los países, ya que se estima que el coste del espectro es proporcional a la población a la que puede dar servicio. De esta manera, para esta comparación se emplea el indicador normalizado de euros por MHz por habitante, considerado uno de los indicadores más utilizados en este tipo de comparaciones por su objetividad y replicabilidad.

Como es de esperar, este indicador no considera la complejidad de la comparación entre países al 100%, ya que existen otros factores que influyen en la comparación, como por ejemplo:

⁹⁰ http://www.congreso.es/public_oficiales/L12/CONG/BOCG/A/BOCG-12-A-38-1.PDF

- la duración de la licencia,
- el importe de otras tasas nacionales,
- el PIB del país, o
- las obligaciones inherentes a la concesión de la licencia.

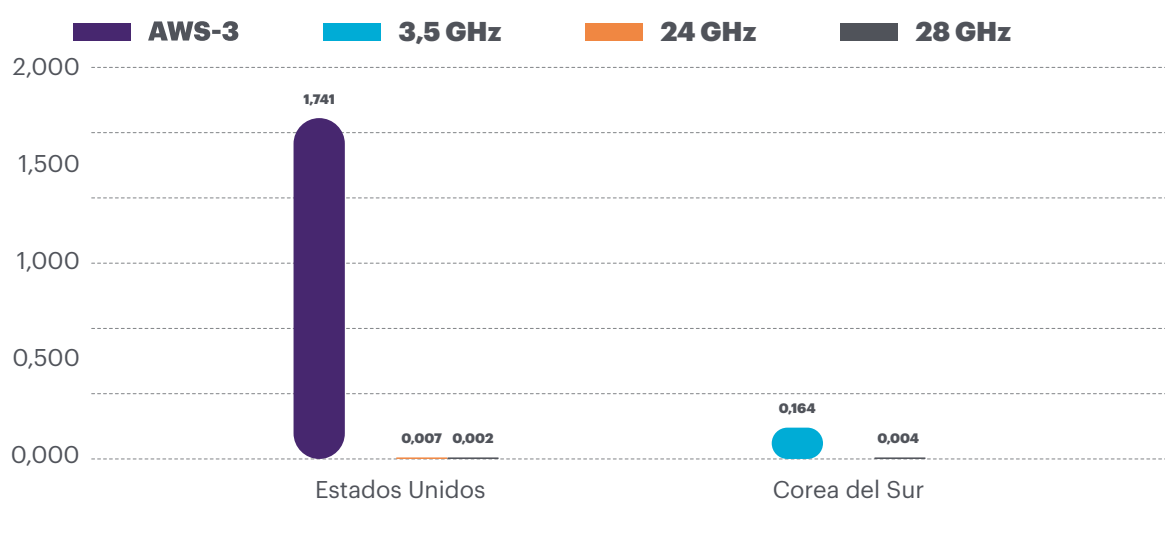
Aunque los valores varían de un país a otro, en ella se puede apreciar que el mayor valor se corresponde con la banda de 700 MHz, seguida de la de 3,4 – 3,8 GHz, mientras que los operadores no han encontrado valioso el espectro de la banda de 26 GHz en la subasta italiana, alcanzando un valor excesivamente bajo de 0,003.

Ilustración 19. Coste del MHz/habitante en las distintas bandas candidatas 5G incluyendo el coste de la tasa anual de espectro⁹¹.
Fuente: elaboración propia

El periodo de duración de las licencias varía de un país a otro: por ejemplo, en el Reino Unido las licencias en las bandas 5G se otorgan por duración ilimitada, siguiendo el razonamiento de que cuando se acerca el periodo de finalización de las licencias, se crea una incertidumbre en los operadores que desincentiva la inversión y el despliegue. En la mayoría de los países, sin embargo, se mantiene un límite de vigencia en las licencias en torno a los 20 años, en concordancia con la propuesta de la Comisión Europea de que las licencias se alarguen hasta 2045 o 2050. La siguiente tabla muestra la duración de las licencias de espectro 5G concedidas recientemente en los países en estudio:

País	700 MHz	3,4 – 3,6 GHz	3,6 – 3,8 GHz	26 GHz
España	--	--	31.12.2038	--
Alemania	--	31.12.2040 ⁹²		--
Francia	--	--	--	--
Reino Unido	--	Duración ilimitada ⁹³	--	--
Portugal	--	--	--	--
Italia	31.12.2038 ⁹⁴	--	31.12.2038	31.12.2038

Tabla 13. Comparativa acerca de la duración de las licencias



⁹¹ En el momento de la redacción de este informe se desconoce el importe de la tasa por reserva de espectro en Italia, por lo que no se tiene en consideración en esta Ilustración

⁹² https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/EN/Areas/Telecommunications/Companies/TelecomRegulation/FrequencyManagement/ElectronicCommunicationsServices/FrequencyAward2018/20180613_Decision_I_II.pdf?__blob=publicationFile&v=3

⁹³ https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0022/114268/SA-3.4-GHz-LICENCE-EE-1151563-25-06-19w.pdf

⁹⁴ <https://www.corrierecomunicazioni.it/telco/frequenze/5g-leuropa-trova-un-accordo-chiave-la-gestione-delle-frequenze/>

Asignaciones de frecuencias 5G en otros países a nivel mundial

Los países que se encuentran en otras regiones del mundo utilizan bandas de frecuencia para comunicaciones electrónicas que en algunos casos son distintas a las utilizadas en la Región 1 en la que se encuentra la Unión Europea. Por ello, las bandas designadas como candidatas 5G a nivel europeo pueden no serlo en el resto de los países del mundo. Se incluye a continuación las asignaciones a comunicaciones electrónicas en Estados Unidos, China, Corea del Sur y Japón sin la determinación de cuáles son o serán las bandas utilizadas para prestar servicios 5G.

Estados Unidos⁹⁵

En Estados Unidos, las asignaciones de espectro varían a nivel de Estado. Se incluyen a continuación las asignaciones en el Estado de Nueva York:

Ilustración 20. Asignación de espectro. Estados Unidos (Estado de Nueva York)⁹⁶

En Estados Unidos⁹⁷, las bandas de frecuencias 5G son ligeramente distintas. Como bandas por debajo de 6 GHz se consideran la de 600 MHz, 3100 – 3550 MHz y 3700 – 4200 MHz, mientras que las bandas milimétricas son 27,5 – 28,35 GHz, 37-40 GHz y 64-71 GHz.

⁹⁵ Estos son los rangos de frecuencia que aplican en Estados Unidos: US700 MHz (698 – 805 MHz). US600 (617–652 – 663–698 MHz). ESMR (816,5–824 – 861,5–869 MHz). 850 MHz (824 – 849 – 869 – 894 MHz). PCS (1850 - 2000 MHz). AWS (1695 - 1780 MHz – 2095 – 2180 MHz). WCS (2305 – 2320 – 2345 – 2360 MHz). BRS (2496 – 2690 MHz)

⁹⁶ <https://www.spectrummonitoring.com/frequencies/frequencies2.html#USA>

⁹⁷ <https://www.rfpage.com/what-are-5g-frequency-bands/>

China⁹⁸

Ilustración 21. Asignación de espectro. China⁹⁹

En China¹⁰⁰, las bandas de frecuencias 5G son ligeramente distintas. Como bandas por debajo de 6 GHz se consideran la de 3300 – 3600 MHz, 4400 – 4500 MHz y 4800 – 4990 MHz, mientras que las bandas milimétricas son 24,25 – 27,5 GHz y 37,25 – 43,5 GHz. Se han asignado 100 MHz a cada operador para la realización de proyectos piloto, tal y como se describe en el apartado del despliegue.

Corea del Sur¹⁰¹

Ilustración 22. Asignación de espectro. Corea del Sur¹⁰²

En Corea del Sur¹⁰³, las bandas de frecuencias 5G son ligeramente distintas. Como bandas por debajo de 6 GHz se considera la de 3400 – 3700 MHz, mientras que la banda milimétrica es 26,5 – 29,5 GHz.

Japón¹⁰⁴

Ilustración 23. Japón¹⁰⁵

En Japón¹⁰⁶, las bandas de frecuencias 5G son ligeramente distintas. Como bandas por debajo de 6 GHz se considera la de 3600 – 4200 MHz y 4400 – 4900 MHz, mientras que la banda milimétrica es 27,5 – 28,25 GHz.

⁹⁸ El espectro asignado en las bandas de 3,4 – 3,8 GHz, 2,6 GHz y 4.9 GHz está ligado a pilotos 5G. Estos son los rangos de frecuencia que aplican en China: 850 MHz (825–835 – 870–880 MHz). 900 MHz (889–915 – 934–960 MHz). 1800 MHz (1710–1785 MHz – 1805–1880 MHz). 1900 MHz (1880 – 1920 MHz). 2100 MHz (1920–1980 – 2115–2170 MHz). 2.3 GHz (2300 – 2400 MHz). 2,6 GHz (2500 – 2690 MHz)

⁹⁹ <https://www.spectrummonitoring.com/frequencies/frequencies3.html#China>

¹⁰⁰ <https://www.rfpage.com/what-are-5g-frequency-bands/>

¹⁰¹ Estos son los rangos de frecuencia que aplican en Corea del Sur: 850 MHz (819–849 – 864–894 MHz). 900 MHz (900–915 – 945–960 MHz). 1800 MHz (1710–1785 – 1805–1880 MHz). 2100 MHz (1920–1980 – 2115–2170 MHz). 2,3 GHz (2300 – 2400 MHz). 2,6 GHz (2500 – 2690 MHz)

¹⁰² <https://www.spectrummonitoring.com/frequencies/frequencies3.html#Korea>

¹⁰³ <https://www.rfpage.com/what-are-5g-frequency-bands/>

¹⁰⁴ Estos son los rangos de frecuencia que aplican en Japón: 850 MHz (815–845 – 860–890 MHz). 900 MHz (900–915 – 945–960 MHz). 1800 MHz (1710–1785 – 1805–1880 MHz). 2100 MHz (1920–1980 – 2115–2170 MHz). 2,6 GHz (2500 – 2690 MHz). 1500 MHz (1427.9–1462.9 – 1475.9–1510.9 MHz)

¹⁰⁵ <https://www.spectrummonitoring.com/frequencies/frequencies3.html#Japan>

¹⁰⁶ <https://www.rfpage.com/what-are-5g-frequency-bands/>

3

Normalización técnica de la tecnología 5G

Resumen de bandas 5G en el mundo

Como se ha visto, en cada región del mundo se utilizan distintas bandas de frecuencia, que se pueden consultar en la siguiente tabla:

Europa	Estados Unidos	China	Corea del Sur	Japón
700 MHz	600 MHz			
3,4 – 3,8 GHz	3,1 – 3,55 GHz 3,7 – 4,2 GHz	3,3 – 3,6 GHz 4,4 – 4,5 GHz 4,8 – 4,99 GHz	3,4 – 3,7 GHz	3,6 – 4,2 GHz 4,4 – 4,9 GHz
24,25 – 27,5 GHz		24,25 – 27,5 GHz 37,25 – 43,5 GHz	26,5 – 29,5 GHz	27,5 – 28,25 GHz

Tabla 14. Bandas de frecuencias candidatas 5G en las distintas regiones del mundo.¹⁰⁷

Resumen comparativo de asignaciones de espectro 5G en otros países del mundo

En Estados Unidos se han subastado recientemente diversas bandas de frecuencia destinadas a 5G. En 2015 obtuvo 41.330 millones de dólares¹⁰⁸ (unos 37.036 M€) a través de la subasta de 65 MHz en las bandas 1695-1710 MHz, 1755-1780 MHz y 2155-2180 MHz conocidas como AWS-3 (Advanced Wireless Services). Posteriormente, se subastaron 850 MHz en la banda de 28 GHz¹⁰⁹, con lo que se recaudaron 702,6 M\$ (unos 630 M€). En la banda de 24 GHz¹¹⁰ la recaudación ascendió a un total de 2.022,7 M\$ (unos 1.815 M€) por 750 MHz. Por su parte, la subasta de 150 MHz¹¹¹ en 3550-3650 MHz comenzará el 25 de junio de 2020.

Las autoridades chinas anunciaron¹¹² en junio de 2019 que se concederían licencias para su uso comercial en breve, sumadas a las licencias que los operadores chinos poseen para uso experimental.

¹⁰⁷ <https://gsacom.com/5g-spectrum-bands/>

¹⁰⁸ <https://www.fcc.gov/auction/97>

¹⁰⁹ <https://www.fcc.gov/auction/101>

¹¹⁰ <https://www.fcc.gov/auction/102>

¹¹¹ <https://www.fcc.gov/auction/105>

¹¹² <http://www.idcnova.com/html/1/59/69/721.html>

Corea del Sur¹¹³, por su parte, subastó simultáneamente 280 MHz en la banda de 3,5 GHz (3420 – 3700 MHz) y 2400 MHz en la banda de 28 GHz (26,5 - 28,9 GHz) en junio de 2018, recaudando el equivalente a unos 2352,1 M€ en el primer caso y a unos 478,1 M€ en el segundo.

Por último, Japón¹¹⁴ asignó espectro en 3,7 GHz (3,6 – 4.2 GHz), 4,5 GHz (4,5 – 4,6 GHz) y 28 GHz (27 – 28.2 GHz y 29,1 – 29,5 GHz) mediante concurso público a los cuatro operadores japoneses en abril de 2019. Estos se comprometieron a distintos grados de cobertura poblacional 5 años después de la obtención de la licencia, y a distintos niveles de inversión en redes 5G: NTT DoCoMo a un >90% de cobertura y 7.000 M\$ de inversión (unos 6.280 M€), KDDI a un >90% de cobertura y una inversión de 4.100 M\$ (unos 3.678 M€), Softbank a 64% de cobertura y 1.800 M\$ de inversión (unos 1615 M€), y Rakuten a un 56% de cobertura y 1.700 M\$ de inversión (unos 1525 M€).

La siguiente tabla resume el valor alcanzado en aquellos países donde ha habido subastas:

País	AWS-3	3.5 GHz	24 GHz	28 GHz
Estados Unidos	37.036 M€ (65 MHz)		1.815 M€ (750 MHz)	630 M€ (850 MHz)
Corea del Sur		2.352 M€ (280 MHz)		478 M€ (2400 MHz)

Tabla 15. Resumen de subastas 5G en otros países del mundo

De manera análoga a lo mostrado en el apartado anterior, la siguiente ilustración muestra una comparativa entre el valor alcanzado por el espectro (normalizado para su comparación en euros por MHz por habitante) en las subastas 5G en estos países.

Ilustración 16. €/MHz/pob. en subastas 5G en otros países

Impacto de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de noviembre de 2019

La CMR19, que celebró en Egipto la Comunidad de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, tendrá impacto enorme en la disponibilidad de bandas para el 5G y en la aceleración del despliegue a nivel mundial a medio y largo plazo.

CMR en su punto 1.13.

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de la UIT se suele celebrar cada cuatro años y revisa el Reglamento de Radiocomunicaciones. En el caso de la Conferencia del 2019, se incluye un trabajo relativo a la revisión de disponibilidad de bandas de frecuencias para aplicaciones IMT por encima de 24 GHz.

Las bandas candidatas fueron: 24,25-27,5 GHz, 31,8-33,4 GHz, 37,0-40,5 GHz, 40,5-43,5

¹¹³ <https://www.commsupdate.com/articles/2018/06/19/msit-announces-results-of-5g-spectrum-auction/>

¹¹⁴ <https://5gobservatory.eu/japan-assigns-5g-spectrum-to-four-operators/>

GHz, 47,0-47,5 GHz, 47,2-50,2 GHz, 50,4-52,6 GHz, 66-71 GHz, 71-76 GHz y 81-86 GHz. El punto de la agenda de la Conferencia que estudió nuevas identificaciones IMT fue el 1.13. La Conferencia se celebró en Sharm El-Sheikh (Egipto) del 28 de octubre al 22 de noviembre de 2019, en la que participaron más de 3,400 delegados representando a más de 165 países. España estuvo representada oficialmente con delegados de la Dirección General de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información, Telefónica, Ministerio de Defensa, Cellnex e Hispasat.

De estas bandas candidatas, la Conferencia acordó identificar Espectro para IMT en las siguientes bandas:

- Identificación IMT mundial en las bandas: 24,25-27,5 GHz, 37,0-43,5 y 66,0-71,0 GHz (14,75 GHz de ancho de banda)
- Identificación IMT a nivel nacional en ciertos países (principalmente fuera de Europa) en las bandas 45,5-47,0 GHz y 47,2-48,2 GHz (2,5 GHz de ancho de banda).

En las bandas 24,25-27,5 GHz y 36,0-37,0 GHz, se han establecido condiciones técnicas especiales para evitar interferencias sobre servicios de exploración de la Tierra por Satélite y servicios pasivos con un límite de -33 dBm/200MHz hasta septiembre de 20027 y de -39 dBm/200MHz a partir de esta fecha.

Además, se abre un nuevo período de estudio para que la nueva Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones a celebrar en 2027 se analice la idoneidad de identificación IMT en otras bandas de frecuencias: 3,3 – 3,4 GHz (Regiones 1 y 2), 3,6 – 3,8 GHz (Región 2), 6,425-7,025 GHz (Región 1), 7,025 – 7,125 GHz (a nivel mundial) y 10,0-10,5 GHz (Región 2), totalizando posible nueva ancho de banda de hasta 1,5 GHz. También se estudiará la posibilidad de identificación de espectro IMT en todas las bandas que están actualmente atribuidas al Servicio Fijo, así como la posibilidad de extender la utilización de Plataformas de Alta Altitud para IMT en bandas por debajo de 2,7 GHz (HIPS), con el siguiente segmentado de espectro:

- 694-960 MHz
- 1710-1885 MHz (1710-1815 MHz para uso como enlaces ascendentes solo en la Región 1).
- 2500-2690 MHz (2500-2535 MHz para uso como enlaces ascendentes solo en la Región 3, excepto el rango 2655-2690 MHz en la Región 3).

Estas decisiones de la UIT deben compararse con la disponibilidad actual de espectro susceptible de ser usado para 5G que alcanza escasamente 1,9 GHz.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones ha valorado¹¹⁵ muy positivamente la decisión de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2019 en tanto que ha identificado un gran ancho de banda para aplicaciones 5G. Se abre una gran oportunidad para que una enorme variedad de actores económicos pueda colaborar en la puesta en marcha de productos y servicios 5G a través de varios sectores de manera armonizada internacionalmente. La UIT considera que los servicios 5G van a contribuir positivamente para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas. Las claves son la disponibilidad de normas técnicas y espectro.

¹¹⁵ Discurso del Vicesecretario General de la UIT, Sr Malcom Johnson en Riga, noviembre 2019

Normalización técnica de la tecnología 5G

La actividad de normalización técnica es el proceso por el cual se definen normas técnicas, que son documentos que definen cómo funcionan e interactúan las redes de telecomunicaciones. Las normas técnicas no son vinculantes per se, sino que para que sean obligatorias es necesario la correspondiente regulación nacional (o europea) que obligue al uso de dichas normas técnicas. No obstante, los niveles de uso de las normas y su cumplimiento son elevados debido a su aplicabilidad internacional. Las normas técnicas se desarrollan en organismos especializados en los que hay una variedad amplia de perfiles de experiencia con una participación muy relevante del sector industrial afectado o interesado en cada norma técnica. En el caso del 5G, los organismos más relevantes son 3GPP, ETSI, UIT.

Aunque ha habido casos de éxito en la historia de las telecomunicaciones sobre interfaces, redes y equipos que funcionan sobre la base de sistemas propietarios y no normalizados por ninguna entidad internacional o nacional, la mayor parte de los servicios que gozan de amplia aceptación por los operadores de redes y servicios y los usuarios son aquellos que están basado en normas técnicas aprobadas por organismos de reconocido prestigio.

La normalización técnica tiene un doble objetivo¹¹⁶: ofrecer servicios universales a los usuarios manteniendo o aumentando la rentabilidad. Los retos que debe afrontar la normalización con respecto al sistema de comunicación inalámbrica 5G son múltiples. Dependerán de la complejidad de las nuevas situaciones de utilización, para las cuales la 5G deberá proporcionar servicios de alta calidad. A diferencia de los sistemas inalámbricos anteriores, la red 5G tendrá la ardua tarea de hacer funcionar un número cada vez mayor de dispositivos heterogéneos interconectados para satisfacer las exigencias dinámicas y de alto nivel de los usuarios.

La normalización 5G debe disipar dudas sobre las nuevas amenazas contra la ciberseguridad, la confianza o la privacidad, las tendencias del crecimiento económico desigual en todo el mundo, la aceptación por el público de las tecnologías inalámbricas y sus campos de aplicación, y las limitaciones legislativas.

¹¹⁶ <https://itunews.itu.int/Es/4834-Retos-de-la-normalizacion-de-la-5G.note.aspx>

Actores que influyen en la normalización técnica del 5G

Principales organismos de normalización en relación al 5G

La normalización técnica es llevada a cabo por las principales compañías que intervienen en la cadena de valor de 5G, es decir: fabricantes de componentes, desarrolladores de software, fabricantes de equipos, operadores, Universidades, desarrolladores de aplicaciones o representantes de verticales. Estos actores debaten, intercambian información, realizan contribuciones y llegan a acuerdos en el ámbito de los organismos internacionales de normalización, en los que se toman las decisiones que finalmente forman parte del estándar.

Existen varios organismos de estandarización y normalización técnica, de alcance global y regional, generalmente especializados en alguna componente del estándar. La siguiente tabla recoge a los organismos de normalización más importantes, así como su principal contribución al estándar:

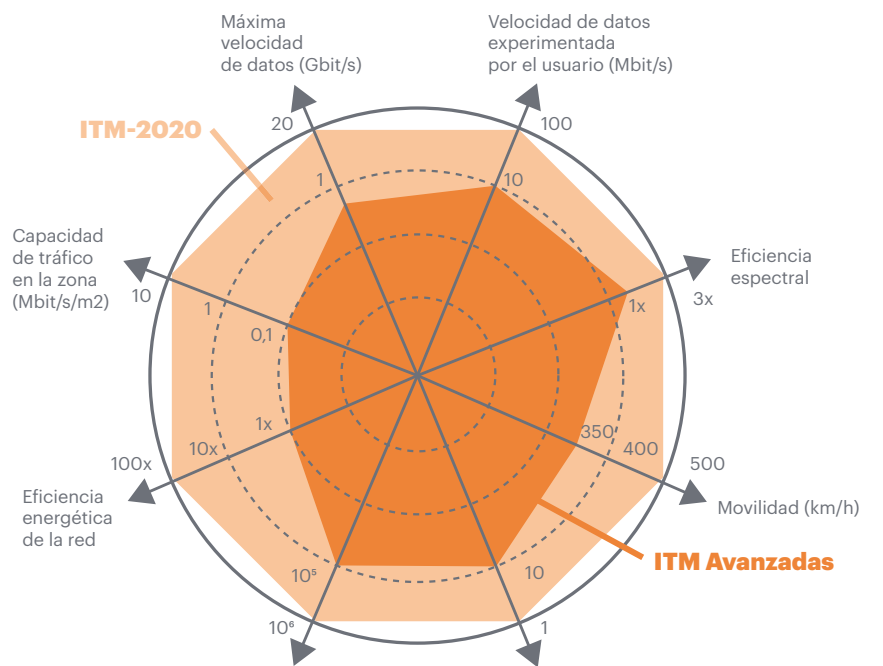
Entidad	Definición	Ámbito	Contribución al 5G	Miembros
3GPP	El Proyecto de Alianza de la 3ª Generación (3rd Generation Partnership Project - 3GPP) surge de la colaboración entre 7 organizaciones de desarrollo de normas técnicas, conocidos como “los socios organizadores”, y provee a sus miembros con un entorno estable para la producción de Informes y Especificaciones para definir las tecnologías 3GPP en relación a las comunicaciones móviles. 3GPP proporciona especificaciones técnicas, que sirven como referencia para que sus socios desarrollen las normas técnicas convenientes.	Mundial	A cargo de las especificaciones técnicas del 5G, que se convertirán en normas técnicas (estándares)	Socios fundadores: ARIB y TTC - Japón, ATIS - USA, CCSA - China, ETSI - Europa, TSDSI -India, y TTA - Corea. Además, existen socios en representación del mercado y Observadores.
ITU	La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU por sus siglas en inglés) es el organismo especializado en telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas, encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras. La UIT se organiza sobre dos sectores: Radiocomunicaciones (UIT-R) y Normalización (UIT-T)	Mundial	UIT-R está a cargo de la coordinación de las bandas de espectro a nivel mundial. UIT-T desarrolla las normas e interfaces de telecomunicaciones.	193 estados miembros y más de 900 empresas, universidades y otras entidades públicas y privadas
ETSI	European Telecommunications Standards Institute (ETSI) o Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones es una organización de normalización técnica independiente, sin fines de lucro de la industria de las telecomunicaciones. El ETSI produce normas técnicas de aplicación mundial para sistemas, aplicaciones y servicios TIC desplegados en cualquier industria	Europeo, con proyección mundial	ETSI ha elaborado normas técnicas para una serie de componentes que forman parte de 5G: funciones de virtualización de red (NFV), Multi-access Edge Computing (MEC), transmisión por ondas milimétricas, (mWT) y protocolos de nueva generación (NGP).	Más de 850 organizaciones de 65 países en los 5 continentes, entre las que hay pymes, grandes empresas, centros de investigación, universidades y entidades públicas.

Entidad	Definición	Ámbito	Contribución al 5G	Miembros
GSMA	GSMA representa los intereses de los operadores móviles e industrias asociadas de todo el mundo. Es el organizador de los eventos Mobile World Congress (MWC) en Barcelona, Los Ángeles y Shanghai.	Mundial	Representación de los intereses de los operadores, elaboración de informes, recomendaciones	Más de 750 operadores de telefonía móvil y más de 400 empresas relacionadas en todo el mundo
IEC	La Comisión Internacional de Electrotecnia (International Electrotechnical Commission) es la organización líder en la preparación y publicación de normas técnicas mundiales para las tecnologías eléctricas y electrónicas. IEC proporciona una plataforma para que compañías, gobiernos e industrias se reúnan, discutan y desarrollen las normas técnicas que necesitan	Mundial	Pruebas relativas a la seguridad de estaciones base, terminales y sistemas de comunicaciones	62 miembros y 24 miembros asociados
IEEE	El IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) es la mayor organización profesional técnica dedicada al avance de la tecnología. Constituye una comunidad mundial de profesionales técnicos reconocida mundialmente por sus contribuciones a la tecnología y a la mejora de las condiciones de vida en el planeta	Mundial	Remote Radio Head (RRH) y Base Band Unit (BBU)	En 2010, la comunidad constaba de 395,000 miembros en 160 países
IETF	El Internet Engineering Task Force (IETF) desarrolla normas técnicas abiertas en el ámbito de internet. Su misión es hacer que Internet funcione mejor mediante la producción de documentos técnicos relevantes y de alta calidad que influyan en la forma en que las personas diseñan, usan y administran Internet.	Mundial	A cargo de las especificaciones relativas a la virtualización de la red	No existe una membresía formal; cualquiera puede contribuir
ISO	La Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization, ISO) es una organización independiente fundada en 1947 que promueve el uso de normas técnicas propietarias, industriales y comerciales a nivel mundial, compuesta por diversas organizaciones nacionales de normalización técnica	Mundial		Casi todos los países del mundo forman parte de la ISO, a través de sus respectivas entidades nacionales de normalización técnica

Tabla 16. Principales organismos de normalización técnica

Organismos nacionales de Estados Unidos, China, Corea del Sur y Japón

Se presentan brevemente en este apartado los organismos nacionales de normalización

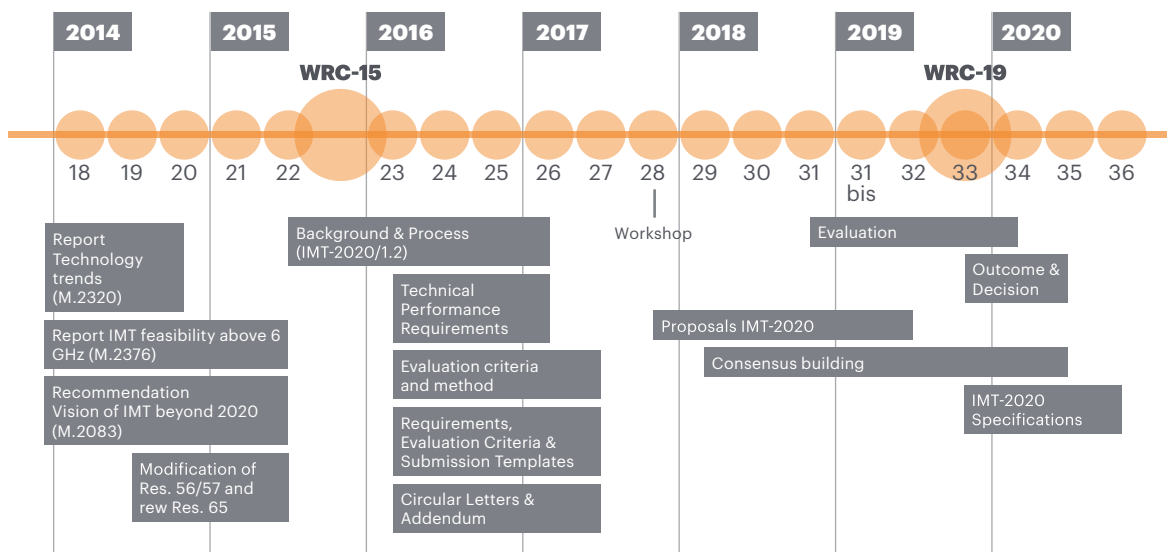


técnica de Estados Unidos, China, Corea del Sur y Japón. Muchos de estos organismos son socios fundadores del 3GPP, entidad de referencia en el estándar 5G, tal y como se describe en la Tabla 16. Principales organismos de normalización técnica:

Entidad	País	Descripción
ATIS	USA	ATIS (<i>Alliance for Telecommunications Industry Solutions</i>) es el lugar donde las industrias TIC se reúnen para establecer prioridades comunes. Sus prioridades actuales incluyen: - Redes 5G, con especial foco en los requisitos estadounidenses de cara a la norma técnica. - La mitigación del problema de llamadas telefónicas automatizadas y no deseadas - El desarrollo de la Inteligencia Artificial para hacer avanzar la innovación y los objetivos de la industria TIC - La generación de nuevas oportunidades de negocio a través del Intercambio de Datos de Smart Cities - El desarrollo de soluciones en el marco de la industria de cara a las amenazas de seguridad cibernéticas - El avance en la nueva generación de comunicaciones de emergencia según demanda el mercado



Entidad	País	Descripción
ANSI	USA	El ANSI (<i>American National Standard Institute</i>) es una organización sin ánimo de lucro que supervisa el desarrollo de normas técnicas para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. Es miembro del IEC y del ISO. Fundado en 1918, está comprometido con la mejora de la competitividad de las compañías y de la calidad de vida estadounidenses, a través de la promoción y del desarrollo del consenso voluntario en normas técnicas. Representa los intereses de más de 1.200 entidades.



Entidad	País	Descripción
ARIB	Japón	ARIB (<i>Association of Radio Industries and Businesses</i>) se fundó en 1995 con el objetivo de promover la I+D en nuevos sistemas radio que contribuyan al desarrollo socioeconómico, como las telecomunicaciones o la radiodifusión, y para servir de interfaz con la ISO. Su propósito inicial fue proporcionar respuestas adecuadas y rápidas a las tendencias de la época como la globalización, la convergencia de las telecomunicaciones y la radiodifusión y la necesidad de promover el uso del espectro radioeléctrico en el ámbito de los negocios. Cuenta con 197 miembros.
TTC	Japón	TTC es una entidad privada sin ánimo de lucro acreditada por la Administración japonesa para ser la organización de normas técnicas japonesa en 1985, a raíz de la privatización del operador NTT. Su misión consiste en desarrollar y divulgar las normas técnicas TTC y sus aplicaciones en entornos TIC tanto en Japón como en la región de Asia – Pacífico
CCSA	China	CCSA (<i>China Communication Standards Association</i>) es una entidad sin ánimo de lucro establecida en China para llevar a cabo actividades de normalización técnica en el ámbito de las TIC. La membresía de CSA es abierta y está formada por centros de investigación, fabricantes, operadores, universidades y empresas. CCSA está comprometida con el desarrollo de la industria TIC en China a través del establecimiento de sistemas orientados al mercado que incorporan a la industria, universidades y centros de I+D que conducen a la normalización técnica, siguiendo los principios de apertura, juego limpio, justicia y consenso.
TTA	Corea del Sur	TTA (<i>Telecommunications Technology Association</i>) es la entidad coreana que desarrolla y establece normas técnicas en el ámbito de las TIC, a la vez que ofrece servicios de certificación y prueba de productos TIC.

Tabla 17. Organismos nacionales de USA, China, Corea y Japón

Impulso a la Normalización técnica desde la Comisión Europea

Se reproducen a continuación los aspectos más relevantes de la Acción 5 del Plan de Acción de la Comisión Europea sobre 5G: la Comisión solicita a los estados miembros y a la industria que se comprometan a cumplir los siguientes objetivos en relación con el enfoque de normalización técnica:

- Garantizar la disponibilidad de las primeras normas técnicas globales relativas a la 5G a más tardar a finales de 2019, con objeto de permitir un lanzamiento comercial de la 5G a tiempo, y allanar el camino para una gran cantidad de futuros escenarios de conectividad más allá de la banda ancha ultrarrápida.
- Estimular los esfuerzos para apoyar un enfoque holístico de la normalización técnica que abarque tanto los desafíos del acceso radioeléctrico como de la red básica, y teniendo en cuenta los casos de uso más difíciles y la innovación abierta.
- Establecer las asociaciones intersectoriales pertinentes, a fin de respaldar la oportuna definición de las normas técnicas fijadas por los experimentos industriales de los usuarios, incluso a través del aumento de asociaciones de cooperación internacional, concretamente para la digitalización de la industria.

Las normas técnicas son de vital importancia para garantizar la competitividad y la interoperabilidad de las redes de telecomunicaciones a escala mundial. Las prioridades de normalización técnica en el sector de las TICs para el Mercado Único Digital¹¹⁷ establecen una trayectoria clara para fomentar la aparición de normas técnicas industriales globales bajo el liderazgo de la UE en las tecnologías 5G (red de acceso radioeléctrico y red básica) y las arquitecturas de redes. También reconoce los retos propios de la necesidad de reunir

¹¹⁷ COM(2016) 176 final

comunidades de partes interesadas con culturas muy diferentes en cuanto a normalización técnica para permitir los casos de uso innovadores de las industrias clave.

La agenda internacional de normalización técnica de la 5G ha avanzado rápidamente. La primera fase aborda la disponibilidad de normas técnicas para soluciones de banda ancha móvil ultrarrápida¹¹⁸. Una segunda fase deberá facilitar rápidamente normas técnicas de otros casos de uso, como los correspondientes a aplicaciones industriales, y, sobre todo, facilitar normas técnicas que fomenten la innovación abierta y oportunidades para las empresas de nueva creación.

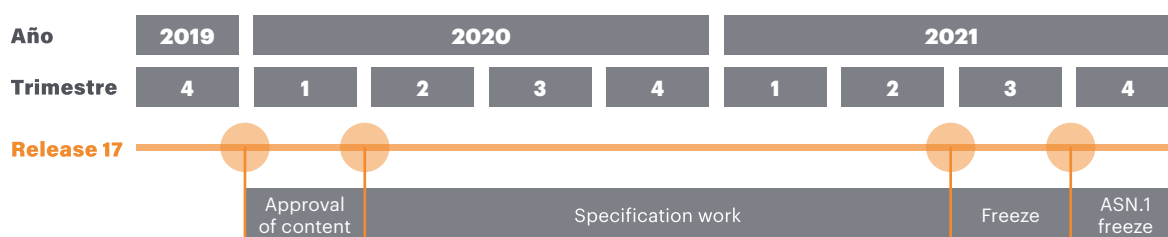
¹¹⁸ El proyecto de asociación de tercera generación (3GPP) clasifica la banda ancha móvil ultrarrápida como un sistema móvil capaz de ofrecer velocidades de 20 gigabits/segundo, al menos de manera unidireccional, y sin requisitos específicos de latencia

En términos de la estrategia de la UE, los principales retos identificados son:

- La disponibilidad oportuna de normas técnicas de 5G aceptadas mundialmente, que incluyan una posible aceleración de los trabajos en 3GPP.
- La atención inicial dirigida a los servicios de banda ancha ultrarrápida debe garantizar la compatibilidad con la elaboración de nuevas normas técnicas para casos de uso innovadores relacionados con el despliegue masivo de objetos conectados y la Internet de los objetos. Debe evitarse la aparición de especificaciones paralelas y potencialmente contradictorias, desarrolladas fuera de los organismos de normalización mundiales.
- El desarrollo de normas técnicas para abordar necesidades específicas deberá promoverse sobre la base de pruebas experimentales, aprovechando la cooperación internacional y un enfoque multilateral.
- Las normas técnicas deben abordar la futura evolución de la arquitectura global de la red y la necesidad de «flexibilidad», sobre todo para responder a nuevos ejemplos de uso surgidos en sectores industriales clave. Estos aspectos requieren que se tenga en cuenta la innovación abierta y las oportunidades de las empresas de nueva creación.
- Por lo tanto, los Estados miembros y la industria deben apoyar y fomentar un enfoque global e integrador de la normalización técnica de 5G.

Descripción del proceso de normalización técnica de 5G.

La norma técnica 5G es global y es esa la garantía de la interoperabilidad entre servicios y redes en distintos países, similar a la tecnología 4G. Las especificaciones de la norma técnica 5G serán las mismas en cualquier lugar del mundo, y los fabricantes diseñan los equipos en base a dichas especificaciones. De este modo se garantiza la compatibilidad entre los diferentes fabricantes y entre las diferentes versiones de la norma técnica, independientemente del lugar del mundo donde nos encontremos. Dentro de la especificación técnica, hay partes que son de obligado cumplimiento y otras partes que son de uso opcional para servicios más específicos: cada operador decidirá en el contexto de su servicio, qué agentes y en qué ubicaciones deben usar de forma consistente la misma



funcionalidad opcional.

Dado que se trata de una norma técnica a nivel mundial, desde todos los ámbitos geográficos se comparte un punto de partida común y a la vez lo suficientemente abierto y flexible para dar cabida a las diferentes especificidades que se puedan dar en diversas regiones a nivel mundial, como pueden ser las diferencias en las bandas de frecuencia en uso, potencias de funcionamiento u otros.

La norma técnica 5G es backwards compatible, lo que quiere decir que equipos desarrollados de acuerdo con versiones posteriores soportan las funciones especificadas en versiones precedentes y pueden interoperar con equipos basados en las versiones precedentes.

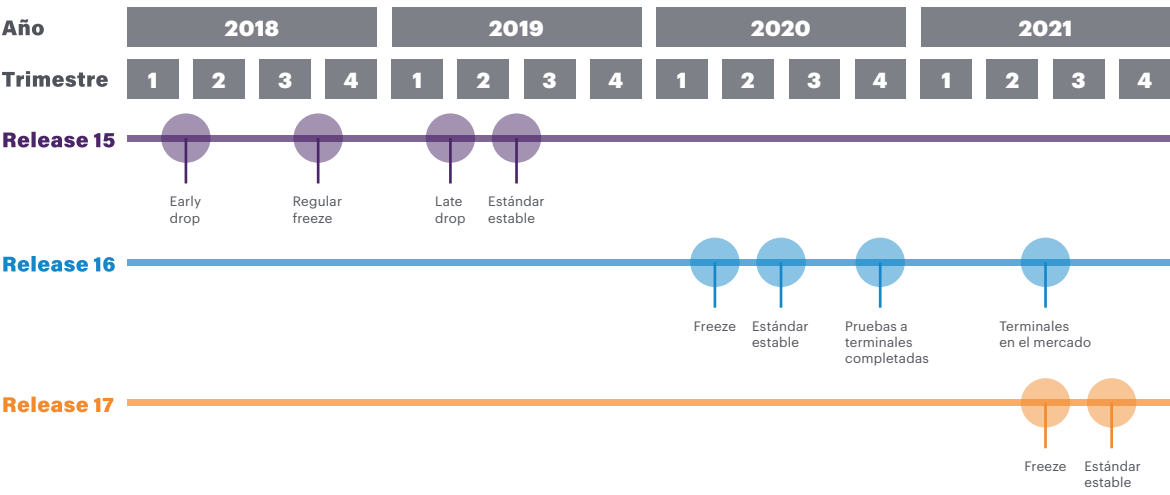
En diciembre de 2019, la norma técnica 5G se basa en la especificación técnica conocida como Release 15, sobre el que se han hecho varias versiones, hasta la 15.4.

Descripción de la evolución del proceso de normalización 5G

Existen dos entidades a cargo de la definición de especificaciones técnicas de sistemas 5G:

- UIT, a través del estándar IMT-2020.
- 3GPP, a cargo, entre otros aspectos, del desarrollo de la tecnología de acceso radio NR (New Radio), diseñada para ser el estándar global del interfaz aire de 5G.

Inicialmente¹¹⁹, el término 5G se asoció al estándar IMT 2020 de la UIT, que ya en 2015 incluía por ejemplo el requisito de 20 Gbps de bajada y 10 Gbps de subida. Posteriormente, el grupo de normas técnicas industriales 3GPP desarrolló las especificaciones técnicas del 5G NR junto con las de LTE, con la intención de que estas especificaciones técnicas formen parte del estándar IMT 2020.



¹¹⁹ <https://en.wikipedia.org/wiki/5G>

A continuación se comparan las capacidades entre las tecnologías de comunicaciones móviles de 4ª generación (IMT– avance) y las de 5ª generación (IMT – 2020), tal y como se describen en la Recomendación¹²⁰ UIT.R M-2083: Concepción de las IMT –Marco y objetivos generales del futuro desarrollo de las IMT para 2020 y en adelante:

Ilustración 25. Requisitos 5G. Fuente: UIT.R M-2083

Esta recomendación incluye tres grandes funcionalidades y entornos de utilización (según la nomenclatura de la propia UIT en la Rec. UIT.R M-2083) del 5G:

- Banda ancha móvil mejorada (eMBB): La banda ancha móvil se emplea en casos de utilización centrados en el ser humano para el acceso a contenido multimedia, servicios y datos.
- Comunicaciones de gran fiabilidad y baja latencia (URLLC): Este caso de utilización tiene requisitos muy estrictos en cuanto a capacidades tales como el caudal, la latencia y la disponibilidad.
- Comunicaciones masivas de tipo máquina (mMTC): Este caso de utilización se caracteriza por un muy elevado número de dispositivos conectados que, por lo general, transmiten un volumen relativamente bajo de datos no sensibles al retardo. Los dispositivos deben ser de bajo coste y con una prolongada duración de la batería.



¹²⁰ https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-!!PDF-S.pdf

Cada uno de estos entornos de utilización tiene sus propias capacidades fundamentales, como puede verse en la siguiente Ilustración:

Ilustración 26. Casos de uso 5G y su importancia. Fuente: UIT.R M-2083



El IMT2020 realizó la planificación temporal de la Ilustración 27. Cronograma 5G. Fuente: UIT. Una primera fase de informes y la terminación de la Rec. UIT M.2083 se hizo en 2015.

Entre 2015 y 2019, se avanzó en los requisitos técnicos, en los criterios de evaluación y la



construcción de un consenso internacional, dejando para 2020 las especificaciones finales de IMT2020.

Ilustración 27. Cronograma 5G. Fuente: UIT

En 2015, el 3GPP desarrolló su propia planificación sobre cómo contribuir a la quinta generación de comunicaciones móviles, alineándose con la planificación de la UIT y definiendo tres grandes líneas de trabajo: especificación técnica y soluciones, sistema de trabajo para la solución), y la evolución del LTE/HSPA.

Dentro del 3GPP, las especificaciones técnicas para las comunicaciones 5G se han elaborado de forma colaborativa, mediante la selección de las mejores tecnologías de quienes han contribuido con toda una gama de innovaciones. Ambas entidades, 3GPP y UIT, han venido colaborando en el desarrollo conjunto, realimentándose mutuamente.

En 2016, la Recomendación UIT.M R.2410¹²¹ definía los requisitos mínimos del sistema, entre los que se encontraban los siguientes:

- Tasas binarias máximas de 20 Gbps en la bajada y 10 Gbps en la subida.
- Eficiencia espectral de 30 bits/s/Hz en la bajada y 15 bits/s/Hz en la subida.
- Latencia de 4 ms para eMBB y 1 ms para URLLC para un único usuario y paquetes pequeños.
- Latencia en el plano de control (inactivo -> activo) de 10-20 ms.
- Máximo ancho de banda agregado del sistema: al menos 100 MHz, y 1 GHz en frecuencias por encima de 6 GHz.
- Velocidad del terminal móvil de hasta 500 km/h en eMBB rural.

También en 2016, el 3GPP¹²² comenzó un grupo de estudio acerca de la tecnología de acceso NR (*Study on New Radio (NR) Access Technology*) con el objetivo de identificar y desarrollar los componentes de la tecnología para dar respuesta a los tres casos de uso principales. Este estudio se completó en el grupo RAN del ETSI en 2017, dando lugar a la Release¹²³ 14. Esta Release contiene un conjunto de características de las tecnologías de acceso NR junto con un estudio sobre su viabilidad y otras capacidades.

¹²¹ <https://www.itu.int/pub/R-REP-M.2410-2017>

¹²² <https://www.etsi.org/technologies/5g>

¹²³ En el contexto de la norma técnica 5G, se conoce como Release a la versión de la especificación técnica

A continuación, comenzó la redacción del work ítem relacionado con la Release 15: New Radio Access Technology. La Release 15¹²⁴ se corresponde con la Fase 1 del estándar 5G NR. De acuerdo con las demandas de los operadores, esta release se dividió en tres fases:

- **Early Rel-15 drop:** centrada en proporcionar mayor ancho de banda, también llamada non-standalone NR (NSA NR), que podría considerarse un primer paso en el despliegue de estaciones base NR (llamadas gNB) soportado por estaciones base LTE (eNB), juntamente con un núcleo de red evolucionado (EPC), sin llegar a tener un núcleo de red puramente 5G (5GC). Esta fase finalizó en marzo de 2018, y fue relevante para asegurar la existencia de un ecosistema global único.
- **Regular Rel-15 freeze (septiembre de 2018):** centrada en la arquitectura standalone NR, con estaciones base gNB y el núcleo de red 5G (5GC), sin ninguna involucración de la tecnología LTE.
- **Late Rel-15 drop (marzo de 2019):** en este caso, una estación LTE podría conectarse a una red SA NR en la que el control de red es llevado a cabo a través de la estación 5G o bien a través de la estación LTE. Contiene las especificaciones para todas las opciones de migración.

En esta fase, la norma técnica del 5G convive con LTE y presentan características comunes como la multiplexación OFDM, aunque presenta diferencias¹²⁵. Las principales diferencias entre la tecnología 4G y la 5G pueden consultarse en el apartado .

Existen distintos escenarios de despliegue, en función de si un NodoB LTE se comunica con un gNB (equivalente a un Nodo B LTE en 5G) a través del núcleo de red 4G o 5G. En esta coexistencia LTE – 5G NSA, debe establecerse un plan de frecuencias para disponer de conectividad dual, en el que una banda LTE determinada se comunica con una banda de frecuencias 5G NSA en concreto.

Además de las mejoras relativas al estándar 5G y al propio LTE, la Release 15 también incluye resultados acerca de las Comunicaciones Tipo Máquina (MTC) y el Internet de las Cosas (IoT), mejoras en el protocolo V2x (comunicaciones vehículo a cualquier otro vehículo o infraestructura), mejoras en misiones críticas, análisis acerca de las WLANs y el espectro no licenciado.

¹²⁴ <https://www.3gpp.org/release-15>

¹²⁵ <https://spectrum.ieee.org/telecom/wireless/3gpp-release-15-overview>

En materia de frecuencias, la Release 15 de 3GPP especifica dos requisitos de rendimiento de radio separados para dos rangos de frecuencia: uno (FR1) por debajo de los 6 GHz (450 MHz a 6 000 MHz), y otro (FR2) entre 24,250 MHz y 52,600 MHz. Se definieron 3 bandas para el FR1 y 4 bandas para el FR2 como nuevas bandas para 5G, considerando el plan de asignación de espectro radioeléctrico en cada región y/o país, como muestra la ilustración siguiente:

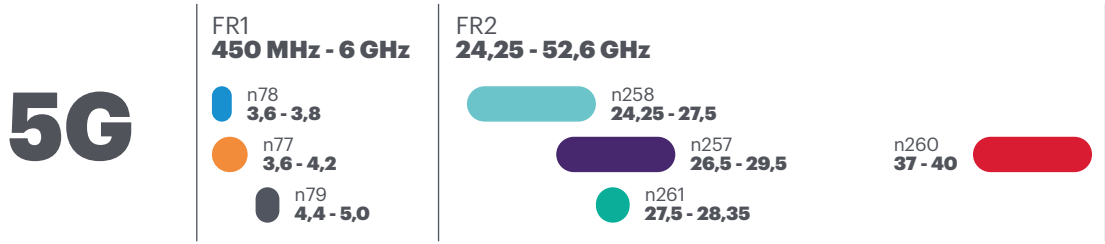
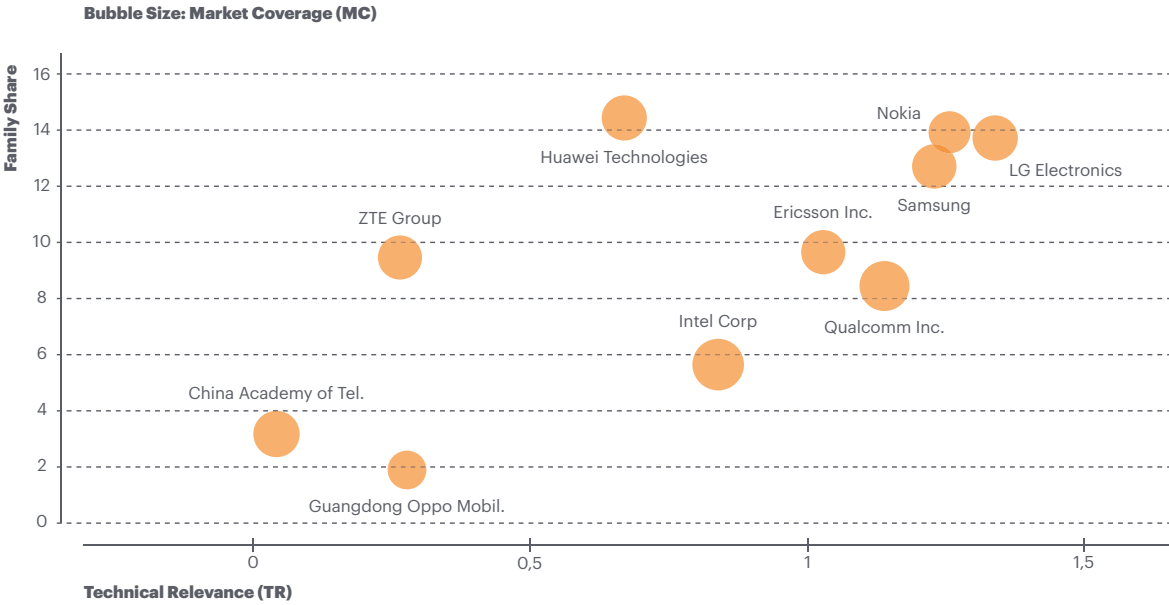


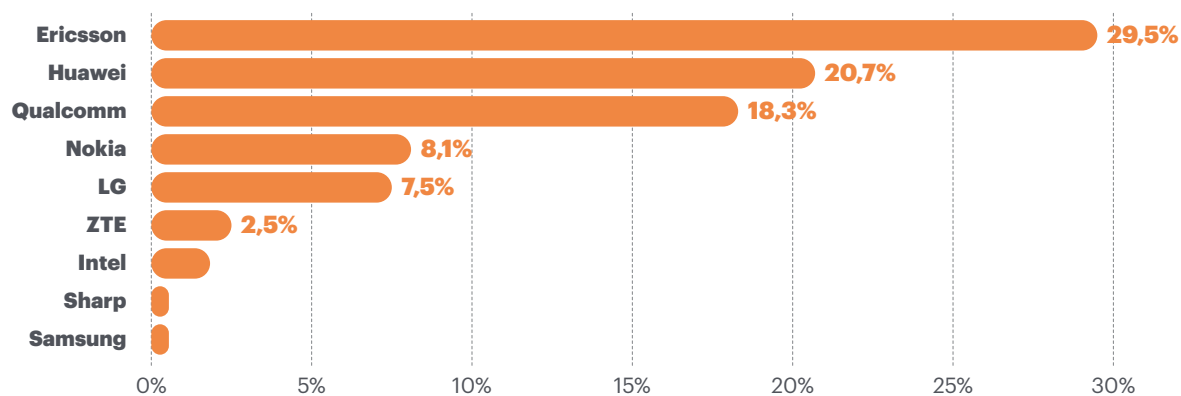
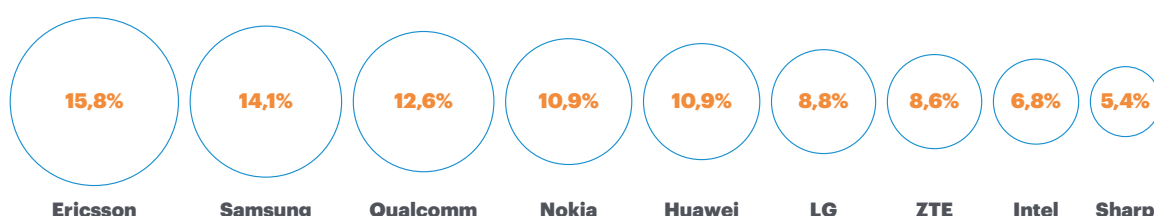
Ilustración 28. Bandas FR1 y FR2 incluidas en la Release 15. Fuente: 3GPP

Una versión inicial de la Release 16 se ha hecho pública en septiembre de 2019, mientras que como puede verse en la Ilustración siguiente, la versión final de la misma se esperaba que estuviera terminada en 2020 y completada para junio de 2020. Ilustración 29. Cronograma Release 16. Fuente: 3GPP Las especificaciones de pruebas para terminales están previstas para octubre de 2020. Esta Release¹²⁶ es fundamental en el proceso, ya que será la primera que contiene una descripción completa del sistema 5G, además de estar destinada a ser



entregada al IMT 2020.

¹²⁶ <https://www.3gpp.org/release-16>



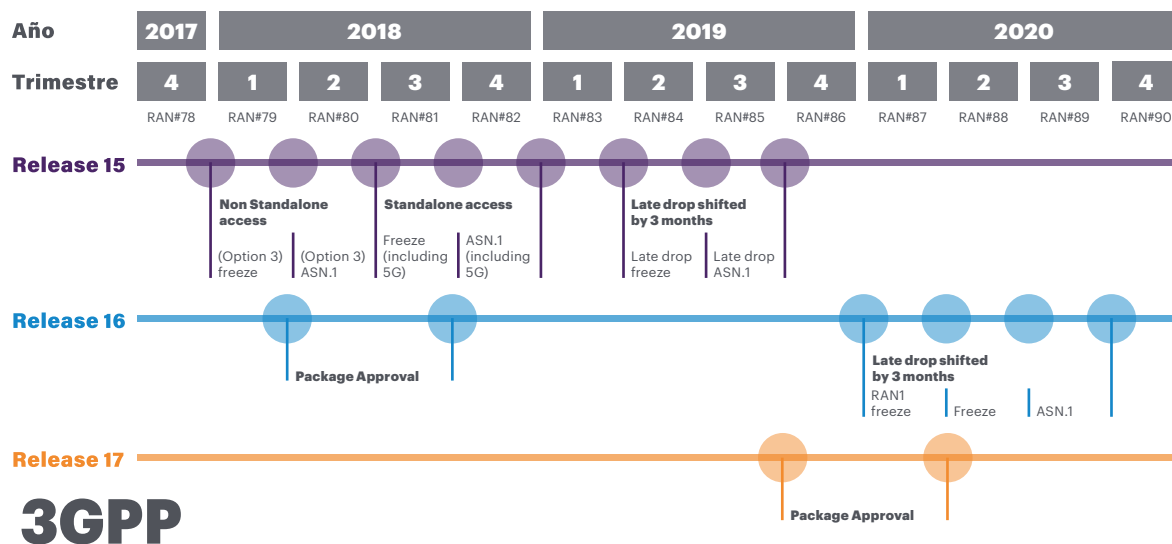


Ilustración 29. Cronograma Release 16. Fuente: 3GPP

Los avances que representan las funcionalidades que incorpora la Release 16¹²⁷ frente a la Release 15 pueden consultarse en el apartado . Tal y como ocurrió con las anteriores generaciones de tecnologías móviles, es de esperar que 5G evolucione según las demandas de los usuarios.

Evolución esperada: Release 17 y siguientes

Ya se está trabajando en la Release 17¹²⁸, con mejoras adicionales. Durante 2019 se aborda el contenido y las materias de estudio que abarcará esta Release, cuya terminación debería estar lista hacia finales de 2021. Las áreas candidatas a formar parte de esta Release actualmente pueden consultarse en el capítulo Evolución de la tecnología: desde 4G a la Release 17.

Ilustración 30. Cronograma Release 17

Cabe mencionar que en octubre de 2019 la Universidad de Oulu en Finlandia publicó el primer documento científico relativo a la siguiente generación de comunicaciones móviles, 6G: Key Drivers and Research Challenges for 6G Ubiquitous Wireless Intelligence¹²⁹. En él se recogen las opiniones que 70 expertos compartieron en el primer 6G Wireless Summit¹³⁰, que tuvo lugar en Finlandia en marzo de 2019. La publicación introduce el concepto de inteligencia inalámbrica ubicua para el año 2030, en el que los servicios y la conectividad serán ubicuos, y la inteligencia la proporcionarán servicios y aplicaciones inteligentes que detectan el entorno en el que están.

¹²⁷ <https://5globalnews.com/release-16-what-will-the-5g-standard-be/>

¹²⁸ <https://www.3gpp.org/release-17>

¹²⁹ <http://jultika.oulu.fi/Record/isbn978-952-62-2354-4>

¹³⁰ <http://www.6gsummit.com/2019/>

4

Despliegue de redes 5G

Resumen hoja de ruta normalización técnica de 5G

Esta es la planificación temporal de Releases 5G en el corto plazo:

- La Release 15 quedó cerrada y estable a mediados de 2019
- La fecha prevista para que la Release 16 esté cerrada, de acuerdo a la información aportada por el 3GPP, es el 30 de marzo de 2020, y se espera que esté completado en 2020. Las primeras implementaciones de producto de red y terminales cumpliendo con las especificaciones de Release 16 no se esperan antes de la primera mitad de 2021.
- Los trabajos para aprobar el contenido de la Release 17 ya han comenzado, y se espera una primera versión de la release para mediados de 2021.

Ilustración 31. Hoja de ruta 5G a finales de 2019

Evolución de la tecnología: desde 4G a la Release 17

En las siguientes Ilustraciones se muestra de manera funcional y no exhaustiva las principales diferencias entre LTE y 5G¹³¹, así como entre la Release 16 y la 15¹³², y comparativa similar entre la Release 17 y la 16¹³³:

Evolución tecnológica 4G - 5G

	✓	✓	4G - LTE	5G - Release 15
 Frecuencia de operación	✓	✓	< 6 GHz	< 6 GHz 28 GHz 39 GHz >52 GHz
 Ancho de banda de la portadora	✓	✓	< 20 MHz	De 10 MHz a 1 GHz
 Agregación de la portadora			< 32	< 16
 Conformado de haz analógico			✗	
 Conformado de haz digital			Hasta 8 capas	Hasta 12 capas
 Codificación de canal			Datos: turbo Control: convolucional	Datos: LDPC Control: polar
 Espaciado de sub-portadoras			15 kHz	15 kHz, 30 kHz, 60 kHz, 120 kHz, 240 kHz
 Sub-marco autocontenido			✗	
 Ocupación de espectro			< 90% BW	< 98% BW

Ilustración 32. Evolución tecnológica 4G - 5G

¹³¹ <https://spectrum.ieee.org/telecom/wireless/3gpp-release-15-overview>

¹³² <https://5globalnews.com/release-16-what-will-the-5g-standard-be/>

¹³³ <https://www.3gpp.org/release-17>

Mejoras de Release 16 frente a Release 15

Ilustración 33. Mejoras Release 16 frente a Release 15

Mejoras de Release 17 frente a Release 16

Ilustración 34. Mejoras Release 17 frente a Release 16

En el futuro, a medida que se vayan definiendo con mayor precisión las necesidades de los casos de uso verticales, será importante identificar las características de cada versión de la norma técnica con la satisfacción de requisitos de cada vertical, aunque se asume que el desarrollo industrial de los fabricantes de equipos de red y de usuario, permitirá la disponibilidad de las más últimas versiones de la norma técnica que se irán imponiendo sobre versiones anteriores.

Propiedad Intelectual, royalties y patentes esenciales

Propiedad intelectual y patentes 5G

La propiedad intelectual del 5G es un asunto relevante, por cuanto los titulares de derechos de patentes relativas pueden controlar en la práctica el desarrollo del 5G. Sin embargo, en el caso del 5G, además de la industria de la tecnología móvil, también se implica a otras industrias verticales: salud, movilidad, audiovisual, ciudades inteligentes, etc. En general, es de esperar que cualquier sector susceptible de obtener ventajas por el hecho de estar conectado hará uso de 5G. Es razonable pensar, por tanto, que los poseedores de las patentes 5G se conviertan en actores fundamentales también en estos mercados.

El proceso de patentes es complejo. El reconocimiento de una patente requiere de unos trámites que duran años, y es necesario disponer de un conocimiento profundo tanto técnico como de las últimas tendencias y patentes en 5G. A su vez, se pueden proteger invenciones a nivel nacional, regional o mundial. No se cuenta todavía con el input del mercado y no se sabe cuáles de las funcionalidades de 5G tendrán más impacto, lo cual implica que es pronto para conocer cuáles serán las patentes determinantes o más utilizadas.

Una patente fundamental o SEP (Standard Essential Patent por sus siglas en inglés) es un tipo de patente sobre una invención que debe ser utilizada para cumplir con una determinada norma técnica. Es decir, son patentes que cualquier empresa tendría obligatoriamente que utilizar al desarrollar equipos que cumplan con la norma técnica 5G.

Se incluyen a continuación dos análisis acerca de las patentes 5G en la actualidad.

Análisis de IPLytics, de Julio de 2019

La siguiente tabla muestra los poseedores de familias de patentes esenciales en Julio de 2019¹³⁴, según el estudio de IPLytics. La columna Patentes 5G declaradas hace referencia a aquellas familias en las que al menos una patente ha sido presentada en un organismo internacional de patentes, pudiendo potencialmente resultar en una patente concedida. La columna Patentes concedidas contabiliza las patentes efectivamente reconocidas por alguna entidad nacional de gestión de patentes.

¹³⁴ Who is leading the 5G patent race? IPLytics, Julio de 2019

Compañía	Familias de patentes declaradas	Familias de patentes concedidas	% Declaradas	% concedidas
Huawei Technologies	2,16	608	17,89%	5,04%
Nokia¹³⁵ (más Alcatel-Lucent)	1,516	1,134	12,56%	9,39%
ZTE Corporation	1,424	74	✓ 11,80%	0,61%
LG Electronics	1,359	1,1	11,26%	9,11%
Samsung Electronics	1,353	1,015	✓ 11,21%	8,41%
Ericsson	1,058	525	✓ 8,76%	4,35%
Qualcomm	921	536	7,63%	4,44%
Sharp Corporation	660	374	5,47%	3,10%
Apple (más Intel Corp.)	633	65	5,24%	0,53%
CATT	552	47	4,57%	0,39%
Guangdong	222	36	1,84%	0,30%
Interdigital Technology	48	17	0,40%	0,14%
KT Corporation	42	5	0,35%	0,04%
ETRI	30	10	0,25%	0,08%
Blackberry	20	20	0,17%	0,17%
Fujitsu	20	18	0,17%	0,15%
Sony Corporation	14	14	0,12%	0,12%
Mediatek	14	12	0,12%	0,10%
ITRI	11	9	0,09%	0,07%
Asustek Computer	8	5	0,07%	0,04%
Nec Corporation	7	1	0,06%	0,01%

Tabla 18. Distribución de patentes SEP 5G. Fuente: IPLytics

¹³⁵ Fuentes de Nokia cifran en más de 2.000 sus patentes SEP

Analizando la tabla, se puede decir que las compañías chinas Huawei y ZTE lideran este ámbito, seguidas de las europeas Nokia y Ericsson y de las coreanas LG y Samsung. Les siguen Estados Unidos con Qualcomm y Apple, que en verano de 2019 adquirió el negocio de chips para móviles de Intel adquiriendo a su vez los activos de propiedad intelectual¹³⁶, y Japón con Sharp. Los centros de investigación chinos CATT y Guangdong cierran la lista de entidades con más de 100 patentes, y la influencia del resto de entidades es residual.

Si se analiza la columna de las familias de patentes concedidas, sin embargo, las compañías líderes son Nokia, LG y Samsung. Esta disparidad aparente tiene su explicación en que la tecnología 5G aún está en fase de desarrollo y el procedimiento de patente suele durar unos 3 años de media y en algunos casos más, con lo que las patentes que se han presentado recientemente aún deben estar en proceso de análisis. Es habitual, además, presentar solicitudes de patente provisionales sobre un año antes de presentar la definitiva, y durante su periodo de vida muchas solicitudes sufren modificaciones, actualizaciones o divisiones.

A la vista de esta gran diferencia¹³⁷ entre solicitudes de patentes y patentes concedidas en 2019, y sin un estándar cerrado definitivamente, es muy difícil predecir hoy cuál será el escenario final de las entidades dominadoras de las patentes en el 5G.

En cuanto a la relevancia de las patentes, las SEP de LG, Nokia y Samsung tienen mayor relevancia, seguidas de Ericsson y Qualcomm, y de Intel y Huawei, como puede verse en la siguiente ilustración:

Ilustración 35. Relevancia técnica de SEPs 5G. Fuente: IPlytics

Análisis de Bird&Bird, de abril de 2019

Otro estudio llevado a cabo por Bird&Bird¹³⁸ ha analizado que cuando se amplía el rango de métricas o de factores a considerar, el ranking de estadísticas de titulares de las patentes también queda modificado.

Los informes relativos a solicitudes de patentes SEP se basan en informes hechos públicos por oficinas de patentes nacionales, las cuales poseen cierto grado de “sobre-solicitud”. Si del total de las patentes declaradas se aplica el filtro de esencialidad definido en la causa *Unwired Planet vs Huawei*¹³⁹, se obtiene el siguiente resultado:

Ilustración 36. Distribución de patentes SEP 5G según Bird&Bird. Fuente: Bird&Bird

La Ilustración 36. Distribución de patentes SEP 5G según Bird&Bird. Fuente: Bird&Bird muestra la cuenta de especificaciones técnicas exclusivas de 5G por grupo empresarial, filtradas a 1 de octubre de 2018 según la fecha de declaración, utilizando como fuente la

¹³⁶ <https://www.apple.com/newsroom/2019/07/apple-to-acquire-the-majority-of-intels-smartphone-modem-business/>

¹³⁷ <https://www.ericsson.com/4a79f3/assets/local/patents/estimating-the-future-5g-patent-landscape.pdf>

¹³⁸ <https://www.twobirds.com/-/media/pdfs/who-is-leading-5g-development.pdf?la=en&hash=AB57AC4B01AD1F8BE641A-590222DE8BDA1D8B082>

¹³⁹ <https://www.judiciary.uk/wp-content/uploads/2017/04/unwired-planet-v-huawei-20170405.pdf>. Unwired Planet demandó a Huawei por infracción de una serie de patentes esenciales (SEPs) necesarias para implementar las tecnologías 2G, 3G y 4G. Dichas patentes habían sido, principalmente, adquiridas por Unwired Planet de Ericsson y, aunque ambas partes estaban de acuerdo en firmar un contrato de licencia, existían discrepancias entre los términos. Algunos de los desacuerdos estaban referidos al objeto de la licencia y a su ámbito geográfico. Más información aquí: <http://www.lvcentinvs.es/2018/10/24/unwired-planet-vs-huawei-the-appeal/>

información proporcionada por ETSI en abril de 2019. Como se aprecia en ella, el 26,8% son originadas en compañías europeas, el 22,9% en compañías coreanas, el 19,5% chinas, el 19,4% estadounidenses, y el 5,4% japonesas.

Si se tiene en consideración el indicador de patentes tempranas (todavía no publicadas por los organismos de patentes), Ericsson lidera el ranking según la gráfica siguiente:

Ilustración 37. Distribución de patentes no publicadas 5G. Fuente: Bird&Bird

Procedimientos de fijación de royalties

Las compañías que desarrollen nuevos productos o servicios, por ejemplo, automóviles conectados o electrodomésticos inteligentes, que implementan la norma técnica 5G necesitarán utilizar tecnologías protegidas por patentes fundamentales (SEP).

En este contexto¹⁴⁰, los términos FRAND (acrónimo en inglés para los términos justo, razonable y no discriminatorio) en las ofertas (y contraofertas) de licencias de SEPs, son fundamentales para mantener tanto los incentivos de los creadores de SEPs como de los implementadores para que puedan contribuir con sus inversiones al desarrollo de la industria del 5G. Por lo tanto, el compromiso FRAND del propietario del SEP de proporcionar acceso a sus patentes a todos los licenciataris interesados, de manera justa y razonable, suele ser un requisito de la política de competencia de las entidades que desarrollan las normas técnicas.

En la normalización técnica, los propietarios de patentes renuncian a su derecho típico de excluir a terceros para acceder a su tecnología patentada, a cambio de su expectativa de recibir una compensación económica justa de un grupo más grande de posibles licenciataris que desean tener acceso al estándar.

Se espera que las regalías o royalties de los terminales 5G¹⁴¹ supondrán alrededor de un 7% del coste total del dispositivo equipado con tecnología 5G, un porcentaje que será similar al de 4G.

Es importante resaltar que la norma técnica 5G en sí no protege ninguna patente: las patentes son contribuciones voluntarias de los propietarios de las mismas a la creación de la norma técnica, bajo las condiciones FRAND que marcan las reglas de juego. La decisión de si una patente es considerada o no SEP (patente esencial) es tomada en negociaciones entre los propios poseedores de las patentes.

La implementación de estas patentes esenciales requiere el pago de los correspondientes royalties a sus dueños, que se tendría que negociar patente por patente con cada implementación de HW/SW antes de repercutirse en el producto final. Por ello, dado el diverso entorno de desarrollo del 5G, se articulan “patent pools” que aglutinan un número significativo de patentes bajo un esquema bien definido de reparto de royalties entre sus “patent holders”. Esta práctica facilita la negociación de los royalties a pagar en cada caso por parte de los implementadores de infraestructura de red y terminales.

En la comunicación COM(2017) 712¹⁴² de la Comisión al Parlamento Europeo sobre el

¹⁴⁰ <https://www.ponti.pro/noticias/directrices-para-licencia-patentes-esenciales-5g-e-iot/>

¹⁴¹ <https://tecno.americaeconomia.com/articulos/licencias-de-patentes-para-smartphones-5g-generaran-us20000m-en-2025>

¹⁴² <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/ES/COM-2017-712-F1-ES-MAIN-PART-1.PDF>

“Establecimiento del enfoque de la Unión con respecto a las patentes esenciales para normas” se afirma que las SEP ofrecen incentivos para la I+D y permiten a las empresas innovadoras obtener un rendimiento adecuado a sus inversiones. También subraya que ambas partes (titular de la patente y ejecutor) deben estar dispuestas a entablar negociaciones de buena fe, y que las partes que negocian de buena fe son las que están en mejores condiciones para determinar las condiciones FRAND más apropiadas para su situación específica.

Relación entre las bandas de frecuencia candidatas para 5G y normas técnicas

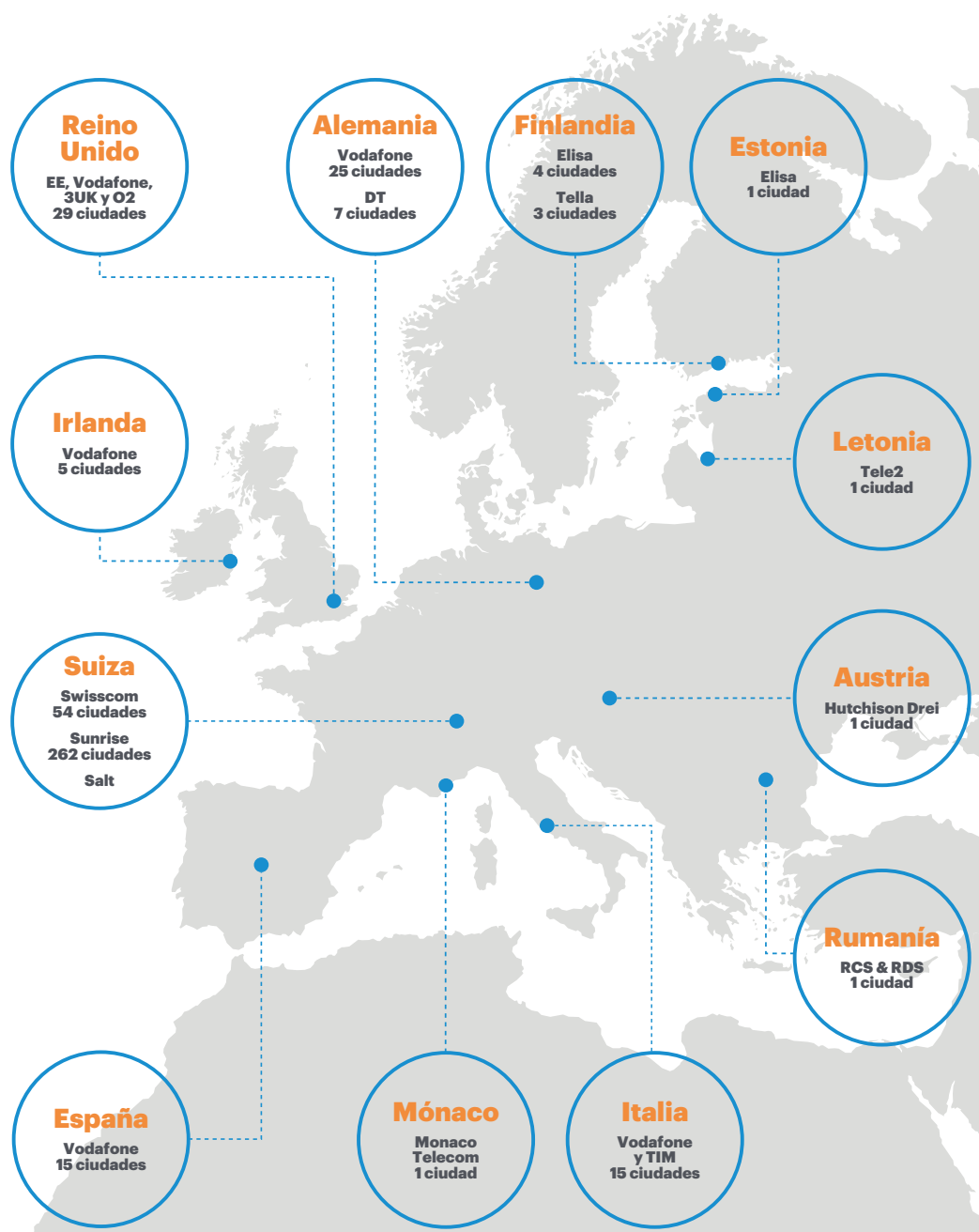
Tipo de banda	Banda	Nombre 3GPP	UN CNAF	Normas
Bandas 5G	700 MHz	Banda 12	UN-36, UN-153	Decisión de Ejecución (UE) 2016/687
	3,4 – 3,6 GHz	Banda 42	UN-107	Decisión 2008/411/CE y la Decisión de Ejecución de la Comisión 2014/276/UE
	3,6 – 3,8 GHz	Banda 43	UN-107	Decisión de Ejecución de la Comisión 2014/276/UE
	26 GHz	Banda n258	UN-92	Recomendación UIT-R F.748-4
Bandas 4G	800 MHz	Banda 20	UN-153	ECC/DEC(09)03
	900 MHz	Banda 8	UN-41	ECC/DEC(12)01
	1800 MHz	Banda 3	UN-48, UN-140	DEC/009/766/CE y DEC/2011/251/UE
	1900 MHz	Banda n39	UN-48	Decisión de Ejecución 2012/688/UE
	2100 MHz	Banda 1	UN-48	Decisión de Ejecución 2012/688/UE
	2600 MHz – TDD	Banda 7	UN-52	Decisión de la Comisión 2008/477/CE, Decisión ECC/DEC(05)05 y las Recomendaciones ECC/REC(11)05,
	2600 MHz	Banda 7	UN-52	Decisión de la Comisión 2008/477/CE, Decisión ECC/DEC(05)05 y las Recomendación ECC/REC(11)05
Nuevas bandas adicionales identificadas IMT por la CMR19	37 – 40 GHz	Banda n260	UN-93	Recomendación UIT-R F.749-3
	40 - 42 GHz	--	UN-94	Decisión ERC/DEC/(99)15 y Recomendación ECC/REC(01)04
	42 – 43,5 GHz	--	UN-94	Decisión ERC/DEC/(99)15 y Recomendación ECC/REC(01)04
	45,5–47,0 GHz (nacional)	--	UN-101	--
	47,2 – 48,2 GHz	--	--	
	66 – 71 GHz	--	UN-126	Recomendación UIT-R F.1497-2

Tipo de banda	Banda	Nombre 3GPP	UN CNAF	Normas
Otras bandas candidatas en el futuro	3,3 – 3,4 GHz	--	UN-53, UN-154, UN-161	Recomendaciones ECC(11)09 y ECC(11)10
	6,425 – 7,025 GHz	--	UN-57, UN-137	Recomendación UIT-R F.383-9, Decisión 2007/131/CE
	7,025 – 7,125 GHz	--	UN-58, UN-137	Recomendación UIT-R F.385-10
	10,0 – 10,5 GHz	--	UN-61	Recomendación UIT-R F.747-1

Tabla 19. Relación entre bandas de frecuencia y normas técnicas

Despliegue de redes 5G

Planes de despliegue y estado actual del despliegue 5G en España



Vodafone ha comenzado el despliegue 5G en 2019, basado en la Release 15, con presencia en 15 ciudades españolas. El 15 de junio de 2019 Vodafone comenzó los primeros servicios comerciales de 5G NSA (Release 15) en la banda de 3,6 – 3,8 GHz, en la que Vodafone se convirtió en el único operador nacional en disponer de 90 MHz de espectro contiguos para desplegar la tecnología 5G. El despliegue se produjo en 15 ciudades españolas, con una cobertura aproximada del 50% en cada una de las siguientes ciudades: Barcelona, Bilbao, La Coruña, Gijón, Logroño, Madrid, Málaga, Pamplona, Santander, San Sebastián, Sevilla, Valencia, Vigo, Vitoria y Zaragoza. La cobertura 5G puede consultarse en la propia página web¹⁴³ de Vodafone. De esta manera, la red Vodafone española se convirtió en la primera red comercial 5G de Vodafone en Europa, a la que siguieron la italiana (el 17 de junio) y la inglesa (el 3 de julio). El despliegue de red cuenta con equipamiento de la compañía Huawei. En octubre 2019, Vodafone anunció su intención de llevar la tecnología 5G a 32 ciudades españolas más durante el año 2020.

El resto de los operadores españoles se encuentran realizando proyectos piloto con los que probar la tecnología y emplazan el inicio del despliegue a 2020.

Algunos operadores consultados vinculan el despliegue a:

- la reorganización de canalizaciones en la banda de 3,4-3,8 GHz;
- la debida certidumbre para acometer las inversiones;
- la licitación de la banda de 700 MHz;
- la posibilidad de operar con redes Stand Alone (Release 16);
- la disponibilidad en el mercado de terminales a precios asequibles;
- la existencia de financiación suficiente para acometer las inversiones necesarias;
- la necesidad de contar con unas normas justas e iguales para todos los proveedores de servicios y aplicaciones.

¹⁴³ <https://www.vodafone.es/c/conocenos/es/vodafone-espana/mapa-cobertura-movil/>

Por lo que, hasta la fecha, el despliegue de otros operadores, además de Vodafone, se centra en los pilotos. La siguiente tabla muestra el estado del despliegue en España en 2019:

Operador	Análisis de la tecnología	Pilotos 5G	Despliegue en ciudades más pobladas	Presencia en todas las capitales de provincia	Cobertura significativa a nivel nacional
Másmóvil			--	--	--
Movistar			--	--	--
Orange			--	--	--
Vodafone				--	--

Tabla 20. Estado actual del despliegue 5G en España

Proveedores de red móvil por operador en España

Según el diario Expansión¹⁴⁴, esta es la distribución aproximada de proveedores de equipamiento de red por operador en España:

Operador	% red Ericsson	% red Huawei	% red Nokia	% red ZTE
Másmóvil	100%			
Movistar	60%		40%	
Orange	45%	50%		
Vodafone	35%	65%		

Tabla 21. Proveedores de red en España

Cabe esperar evolución del equipamiento que se utiliza por cada operador a lo largo de los próximos años.

¹⁴⁴ <https://www.expansion.com/empresas/tecnologia/2019/09/04/5d6ec539e5fdeae32b8b45ad.html>

Comparativa de precios y terminales móviles disponibles en el mercado español

En el momento de la elaboración de este informe, solamente Vodafone ofrece servicios comerciales 5G. Además de los teléfonos ofertados por Vodafone, existen en el mercado otros terminales equipados con tecnología 5G, como el Huawei Mate 20 X 5G y el LG V50 ThinQ 5G. No obstante, no se proporciona un listado exhaustivo ya que el mercado de teléfonos móviles es altamente dinámico y la oferta de terminales equipados con 5G varía.

Pilotos 5G. Experiencias relevantes en España

En el Plan Nacional 5G se identifican una serie de medidas a desarrollar, estructuradas en varios ejes de actuación, uno de los cuales es el correspondiente al “Impulso a la tecnología 5G: Pilotos de red y servicios y Actividades I+D+i”. En él se incluye el desarrollo de proyectos pilotos y casos de uso impulsados por la Administración destinados a facilitar la transición al 5G a operadores, suministradores, fabricantes de equipos e industria en general y experimentar con la nueva tecnología que permita desarrollar ecosistemas 5G y asegure una prestación futura adecuada de los servicios e identificar nuevos modelos de negocio.

El desarrollo de proyectos piloto es por tanto una de las acciones clave para alcanzar los objetivos del Plan Nacional 5G.

La Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales habilitó bandas de frecuencias para la realización de proyectos piloto contemplados en el Plan Nacional 5G. De esta manera se garantiza la disponibilidad de los diferentes rangos de frecuencias necesarios para poder desarrollar experiencias de despliegue de las nuevas redes y poner en marcha casos de uso reales que permitan probar las capacidades más innovadoras de la tecnología 5G, tales como las comunicaciones de banda ancha móvil de muy alta velocidad, las conexiones de alta calidad y baja latencia y el soporte para la conexión masiva de dispositivos que facilitarán el desarrollo masivo del internet de las cosas (IoT.).

Primera convocatoria Red.es

El Consejo de Ministros de 23 de febrero de 2018 autorizó a la entidad pública empresarial Red.es, la concesión de ayudas por valor de 20 millones de euros para impulsar el desarrollo de dos proyectos piloto 5G por parte del sector privado en el marco del Plan Nacional 5G y para contribuir a los objetivos del Plan Nacional de Territorios Inteligentes. Los proyectos atienden a tres objetivos: apoyar los despliegues de las primeras redes 5G, experimentar con las técnicas de gestión de red que permite la tecnología 5G y desarrollar casos de uso, con la implicación de todos los agentes, incluyendo los usuarios, que permitan acreditar las tres grandes mejoras aportadas por el 5G: banda ancha móvil de muy alta velocidad y capacidad, comunicaciones ultra fiables y de baja latencia y comunicaciones masivas máquina a máquina.

El espectro radioeléctrico que se pone a disposición de cada proyecto piloto 5G en el territorio donde se ejecute, de acuerdo con lo establecido en la citada resolución del anterior S. E. para el Avance Digital antes mencionada, es el siguiente:

- En la banda de 26 GHz, hasta un máximo de 1 GHz.

- En la banda de 3,6 a 3,8 GHz, hasta un máximo de 100 MHz.

Las entidades seleccionadas para la ejecución de cada uno de los proyectos piloto debieron solicitar y obtener las correspondientes autorizaciones para el uso del espectro, en el ámbito territorial del piloto, de acuerdo con lo previsto en la normativa reguladora del uso del dominio público radioeléctrico.

Tal y como se puede leer en la página web de Red.es, el 30 de abril de 2019 se resolvió esta primera convocatoria de pilotos 5G, en la que se seleccionaron dos proyectos en Andalucía y Galicia. El presupuesto agregado de ambas acciones supera los 36 M€, de los que Red.es cofinanciará más de 10 M€ a través de fondos FEDER.

El piloto por desarrollar en Andalucía¹⁴⁵ contempla 32 casos de uso y es desarrollado por Vodafone España y Huawei Technologies España. El proyecto abarca diferentes sectores como la agricultura, sanidad, ciudades y territorios inteligentes, seguridad y defensa, sociedad, economía y cultura digitales, transformación digital y turismo.

El proyecto de Galicia¹⁴⁶ es ejecutado por las entidades Telefónica Móviles España, Telefónica de España, Telnet Redes Inteligentes, Cinfo Contenidos Informativos Personalizados, Centro Internacional de Oftalmología Avanzada, Idronia Multimedia Solutions, Nokia Spain y Ericsson España. Se focalizará en la retransmisión de eventos, el coche conectado (C-V2X), la supervisión de infraestructuras ferroviarias mediante drones, y la industria 4.0 con tres casos de uso basados en técnicas de realidad aumentada, acceso inalámbrico fijo (FWA) y salud.

Segunda convocatoria Red.es

La segunda convocatoria cuenta con un presupuesto máximo de 45 M€ en ayudas para el desarrollo de hasta 11 proyectos piloto de tecnología 5G, y el plazo para presentar solicitudes concluyó en diciembre de 2019.

Esta convocatoria pondrá 2x10 MHz de espectro en la banda de 700 MHz, 100 MHz en 3,5 GHz y 1 GHz en la banda de 26 GHz a disposición de cada uno de los proyectos.

¹⁴⁵ <https://www.piloto5gandalucia.es/>

¹⁴⁶ <https://piloto5ggalicia.com/>

Resumen del estado del despliegue 5G en España

La siguiente tabla muestra el resumen del estado del despliegue de redes 5G en España, a finales de 2019:

Pasos hacia el 5G	Cumplimiento
Plan nacional 5G	
Asignación de espectro - Banda 700 MHz	Prevista 2020
Asignación de espectro - Banda 3,4-3,6 GHz	
Asignación de espectro - Banda 3,6 – 3,8 GHz	
Asignación de espectro - Banda 26 GHz	--
Pilotos iniciales	24 (país con mayor número de pilotos 5G en la UE)
Lanzamiento comercial	Vodafone – Junio 2019
Cobertura 5G	50% de 15 ciudades
Disponibilidad de equipos usuario¹⁴⁷	Huawei Mate 20 X 5G LG V50 ThinQ 5G Samsung Galaxy A90 5G Samsung Galaxy Note 10+ 5G Xiaomi MI Mix3 5G

Tabla 22. Resumen del estado del despliegue en España a finales de 2019

¹⁴⁷ El listado es no exhaustivo ya que el mercado de teléfonos móviles es altamente dinámico y la oferta de terminales equipados con 5G varía.

Principales despliegues 5G en la UE

De manera análoga al caso español, se describe el estado del despliegue de redes comerciales 5G en los principales países europeos.

Alemania

En la banda de 3,5 GHz, Vodafone¹⁴⁸ ha iniciado en julio de 2019 el despliegue de estaciones 5G en Colonia, Dortmund, Dusseldorf, Hamburgo y Múnich, entre otras ciudades. Durante el mes de agosto 2019 el despliegue se extendió a otras ciudades como Bremen, Darmstadt, Dresde, Frankfurt y Leipzig. La operadora tiene previsto dar cobertura a 25 ciudades, 25 municipios y 10 parques industriales antes de final de 2019, cubrir a 10 millones de personas al final de 2020, y a 20 millones al final de 2021.

Por su parte, Deutsche Telekom¹⁴⁹ también comenzó el despliegue en Berlín, Bonn, Colonia, Darmstadt y Munich en julio de 2019, con el objetivo de desplegar 300 estaciones 5G en más de 300 emplazamientos en el país durante el año 2019, 66 de ellos en Berlín. A estas ciudades se les unirán Hamburgo y Leipzig antes de finalizar el año. La oferta de terminales de la operadora alemana incluye de momento los siguientes: Samsung Galaxy S10 5G, Samsung Galaxy Note10+ 5G, Huawei Mate 20 X 5G y HTC 5G.

Telefónica Deutschland¹⁵⁰ ha anunciado una inversión adicional en los próximos dos años en la expansión de sus redes con el objetivo de acelerar su crecimiento, que según cálculos de los analistas podría rondar los 600 millones de euros, y que incluirá el lanzamiento de su red 5G en cinco ciudades del país en 2020, para cuyo despliegue en la parte de radio ha seleccionado a Nokia y Huawei como proveedores. En concreto, el inicio del despliegue del 5G se emplaza al primer trimestre de 2020, con el objetivo de que sus clientes puedan beneficiarse de esta nueva tecnología el próximo año. La expansión del 5G comenzará en las cinco mayores ciudades alemanas, Berlín, Colonia, Frankfurt, Hamburgo y Múnich, y debería completarse en su mayor parte finales de 2021. Además, calcula que a finales de 2022 un total de 30 ciudades con 16 millones de habitantes tendrán acceso a la nueva tecnología móvil.

Francia

Los operadores franceses tienen previsto el lanzamiento comercial de 5G para 2020 – Orange, para la primavera¹⁵¹.

En Francia se han concedido licencias a nivel de ciudad para la realización de pruebas 5G: Lille, Douai, Burdeos y Lyon en febrero de 2018, posteriormente Marsella (Orange),

¹⁴⁸ <http://5gobservatory.eu/vodafone-launched-5g-technology-in-berlin/>

¹⁴⁹ <http://5gobservatory.eu/deutsche-telekom-launched-5g-services-in-five-cities/>

¹⁵⁰ <https://www.elindependiente.com/economia/2019/12/11/telefonica-lanza-un-plan-de-600-millones-para-impulsar-el-5g-en-alemania-con-huawei-y-nokia/>

¹⁵¹ <https://www.01net.com/actualites/orange-lancera-la-5g-au-printemps-2020-1766006.html>
5G Observatory Quarterly Report 4 – Junio 2019

Burdeos (Bouygues Telecom), Nantes y Toulouse (SFR). En Marsella¹⁵², por ejemplo, Orange en colaboración con Nokia planea desplegar 80 estaciones base, para realizar pruebas controladas con 500 usuarios en la banda de 3,5 GHz.

En enero de 2019, ARCEP¹⁵³ y el Gobierno francés lanzaron una convocatoria para proyectos piloto 5G en la banda de 26 GHz. Mediante esta vía se han financiado tres proyectos, que deben estar operativos en enero de 2021. Los proyectos agraciados con una licencia en 26 GHz han sido los siguientes:

- **Burdeos metropolitano**, que aprovecha las luminarias de la ciudad para desplegar nuevas infraestructuras. En este proyecto, el operador Bouygues Telecom se alía con entidades como Banque des Territoires, French Tech Bordeaux, Cap Sciences y Bordeaux Ecole Numérique.
- **El Gran Puerto Marítimo de Havre**, que probará aplicaciones en el sector energético, como las Smart grids y la recarga de vehículos eléctricos, además de probar operaciones de logística en el ámbito del puerto. El proyecto cuenta como socios con Siemens, EDF, Nokia y el ayuntamiento de Havre.
- **El Velódromo Nacional de Saint-Quentin-en-Yvelines**, que creará una plataforma 5G abierta para encarar los desafíos de los Juegos Olímpicos de 2024. Los casos de uso irán desde la realidad aumentada a las mejoras en el equipamiento de audio y vídeo, pasando por el uso de Inteligencia Artificial en el sector deportivo. Los socios son Nokia, Qualcomm, Airbus and France Television.

Italia

Vodafone Italia¹⁵⁴ comenzó a prestar servicios 5G tras el encendido de estaciones base 5G en Bolonia, Milán, Nápoles, Roma y Turín, con la intención de proporcionar servicios 5G en 100 ciudades¹⁵⁵ italianas antes del fin de 2021. Por su parte, Telecom Italia hizo lo propio en Roma y Turín. Ambas operadoras han alcanzado un acuerdo para la compartición de infraestructuras 5G en el país.

Reino Unido

Los cuatro operadores que dan servicio al Reino Unido han iniciado ya sus emisiones 5G:

- EE¹⁵⁶ encendió la primera red 5G británica el 30 de mayo de 2019 en estas seis ciudades: Londres, Edimburgo, Cardiff, Belfast, Birmingham y Manchester. También darán servicio a determinadas zonas de Bristol, Coventry, Glasgow, Hull, Leeds, Leicester, Liverpool, Newcastle, Nottingham y Sheffield. En 2020, lo harán en Aberdeen, Bournemouth, Brighton, Cambridge, Dundee, Exeter, Ipswich, Norwich, Plymouth y York.

¹⁵² <http://5gobservatory.eu/orange-deploys-5g-in-marseille-in-partnership-with-nokia/>

¹⁵³ <http://5gobservatory.eu/arcep-authorizes-eleven-5g-projects-to-use-the-26-ghz-band/>

¹⁵⁴ <http://5gobservatory.eu/tim-launches-5g-services-in-parts-of-rome-and-turin-with-new-5g-plans/>

¹⁵⁵ <http://5gobservatory.eu/vodafone-italia-switches-on-5g-in-5-cities/>

¹⁵⁶ <http://5gobservatory.eu/ee-launches-commercial-5g-services-in-uk/>

- Por su parte, Vodafone¹⁵⁷ emitía a mediados de Julio 2019 en estas ciudades: Birkenhead, Birmingham, Bristol, Bolton, Cardiff, Gatwick, Glasgow, Manchester, Lancaster, Liverpool, Londres, Newbury, Plymouth, Stoke-on-Trent y Wolverhampton. Vodafone pretende operar también en Blackpool, Bournemouth, Guildford, Portsmouth, Reading, Southampton y Warrington.
- 3 UK¹⁵⁸ lanzó también un pequeño número de estaciones base en el centro de Londres.
- O2¹⁵⁹ (marca comercial de Telefónica en UK) comenzó sus actividades 5G en octubre en 6 ciudades: Cardiff, Belfast, Edimburgo, Leeds, Londres y Slough. La red cubrirá estaciones de transporte, centros comerciales y estadios deportivos. Se espera alcanzar las 20 ciudades con presencia 5G próximamente y otras 50 ciudades antes de final de 2020.

Vodafone y O2¹⁶⁰ han llegado a un acuerdo para compartir su infraestructura en hasta 2.500 sites fuera de Londres.

Otros despliegues relevantes en Europa

Austria

Hutchison Drei Austria¹⁶¹ desplegó en junio de 2019 su primera red 5G en la ciudad de Linz, mediante la instalación de 20 estaciones base que están equipadas con tecnología del fabricante ZTE.

Estonia

En junio de 2018, Elisa¹⁶² anunció despliegues 5G en dos países a la vez: Estonia (Tallin) y Finlandia (Tampere), ciudades entre las que se estableció la primera videollamada entre ministros de ambos países.

Finlandia

Elisa¹⁶³ ofrece servicios 5G en Helsinki, Jyväskylä, Lahti, Tampere y Turku. Además del despliegue de la compañía Elisa, el operador Telia¹⁶⁴ ofrece desde octubre servicios 5G en Helsinki, Vantaa y Oulu, con la intención de alcanzar las 7 ciudades más pobladas de Finlandia.

¹⁵⁷ <http://5gobservatory.eu/vodafone-expands-its-5g-coverage-in-the-uk/>

¹⁵⁸ <http://5gobservatory.eu/three-uk-launched-5g-fwa-service/>

¹⁵⁹ <http://5gobservatory.eu/telefonica-launches-5g-services-in-the-uk/>

¹⁶⁰ <http://5gobservatory.eu/vodafone-and-o2-agree-to-share-5g-networks-and-split-the-bill-in-the-uk/>

¹⁶¹ <https://www.mobileeurope.co.uk/press-wire/hutchison-drei-claims-austria-s-first-true-5g-network>

¹⁶² <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2018/06/29/elisa-claims-commercial-5g-launch-in-estonia-and-finland/>

¹⁶³ <https://elisa.fi/kuuluvuus/>

¹⁶⁴ <https://www.fiercewireless.com/5g/telia-finland-teams-nokia-for-5g-fwa-launch-offers-5g-subscriptions>

Irlanda

Vodafone¹⁶⁵ anunció en agosto 2019 que el servicio 5G está operativo en el país, concretamente en las ciudades de Cork, Dublín, Galway, Limerick y Waterford, además de expresar su intención de extender el servicio a otras ciudades irlandesas en los próximos meses.

La red ha sido desplegada con Ericsson y los teléfonos ofrecidos por la compañía son el Huawei Mate 20X 5G y el Samsung Galaxy S10 5G.

Letonia

Tele2¹⁶⁶ instaló en julio de 2019 una estación base en el distrito de negocios Mukusala de Riga que ahora tiene uso comercial con infraestructura de red de Nokia, como resultado de un proyecto piloto.

Mónaco

Debido a su pequeña extensión (202 hectáreas), probablemente Mónaco¹⁶⁷ será uno de los primeros países en disponer de cobertura 5G para la inmensa mayoría de su población. Desde julio de 2019, Monaco Telecom en alianza con Huawei ofrece servicios comerciales 5G en el principado.

Rumanía

El operador RCS & RDS¹⁶⁸, en colaboración con el fabricante Ericsson, han desplegado servicios comerciales en los barrios de negocios de Bucarest en junio de 2019.

Por su parte, Orange¹⁶⁹ ha desplegado en Rumanía su primera red 5G, en noviembre de 2019, en las ciudades de Bucarest, Cluj-Napoca e Iasi, ofreciendo tasas binarias comprendidas entre los 600 Mbps y los 1.2 Gbps.

Suiza

Suiza¹⁷⁰ es, junto con Mónaco, muy probablemente el país europeo con mayor cobertura 5G hoy:

- El operador suizo swisscom inició su despliegue 5G en abril de 2019 en 54 ciudades suizas, entre las que se incluyen Basilea, Berna, Ginebra, Lausanne, Lucerna y Zurich. El deseo de la compañía es dotar de cobertura al 90% de la población a principios de 2020.

¹⁶⁵ <http://5gobservatory.eu/vodafone-launched-commercial-5g-services-in-ireland/>

¹⁶⁶ <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2019/09/03/tele2-latvia-unveils-first-5g-handset-follows-riga-launch-1gbps-tests/>

¹⁶⁷ <https://venturebeat.com/2019/07/10/monaco-debuts-europes-first-nationwide-5g-network-using-huawei-gear/>

¹⁶⁸ <https://www.ericsson.com/en/press-releases/2019/6/digi--rds--and-ericsson-go-live-with-5g-mobile-service-in-romania>

¹⁶⁹ 5gobservatory.eu/orange-romania-launches-5g-in-three-cities/

¹⁷⁰ <http://5gobservatory.eu/switzerlands-sunrise-expands-5g-coverage-to-80-of-population/>

- Por su parte, Sunrise tiene presencia 5G en 262 localidades suizas. Según Sunrise, pueden proporcionar 2 Gbps al 80% de la población.
- El tercer operador suizo, Salt, planea comenzar su actividad 5G durante el tercer trimestre de 2019.

Resumen del estado del despliegue 5G en los principales países de la UE

El 5G está presente a finales de 2019 en 12 países a través de 20 operadores, como se puede ver en la siguiente ilustración:

Ilustración 38. Despliegue 5G en Europa. Fuente: elaboración propia

La siguiente tabla compara el estado de la asignación de espectro y del despliegue en los principales países europeos:

Pasos hacia el 5G	España	Alemania	Francia	Italia	Reino Unido
Plan nacional 5G					
Asignación de espectro - Banda 700 MHz	Prevista 2020				Prevista 2020
Asignación de espectro - Banda 3,4-3,6 GHz			Prevista 2020		
Asignación de espectro - Banda 3,6 - 3,8 GHz		(3,7 - 3,8 GHz por licitar)	Prevista 2020		
Asignación de espectro - Banda 26 GHz	--		Consulta pública realizada		Prevista 2020
Pilotos iniciales	24 (país con mayor número de pilotos 5G en la UE)	9	15	13	12
Lanzamiento comercial	Vodafone - Junio 2019	Vodafone - Junio 2019 Deutsche Telecom - Julio 2019 Telefónica - Agosto 2019	Pilotos	Vodafone y Telecom Italia - Junio 2019	EE - Mayo 2019 Vodafone - Julio 2019 3UK - agosto 2019 O2 - octubre 2019
Cobertura 5G	50% de 15 ciudades	25 ciudades, 25 municipios y 10 parques industriales		5 ciudades	Al menos 20 ciudades

Pasos hacia el 5G	España	Alemania	Francia	Italia	Reino Unido
Disponibilidad de equipos usuario¹⁷¹	Huawei Mate 20 X 5G LG V50 ThinQ 5G Samsung Galaxy A90 5G Samsung Galaxy Note 10+ 5G Xiaomi MI Mix3 5G	Samsung Galaxy S10 5G Samsung Galaxy Note10+ 5G Huawei Mate 20 X 5G HTC 5G HUB	--	Samsung Galaxy S10 5G Xiaomi MI Mix3 5G Oppo Reno 5G	Samsung Galaxy S10 5G Samsung Galaxy Note10+ 5G Samsung Galaxy A90 5G Xiaomi MI Mix3 5G Oppo Reno 5G

Tabla 23. Resumen del estado del despliegue en los principales países europeos a finales de 2019

Estado del despliegue 5G en otros países en el mundo

De manera análoga al caso europeo, se describe el estado del despliegue de redes comerciales 5G en otros países de referencia.

Estados Unidos

Este es el calendario en el que los operadores estadounidenses¹⁷² comenzaron o comenzarán a ofrecer servicios 5G:

- **Verizon Wireless** comenzó en Estados Unidos sus emisiones 5G el 1 de octubre de 2018, en determinadas zonas de Houston, Indianápolis, Los Ángeles y Sacramento. Para ello, se instalaban routers domésticos en los hogares de los clientes. En abril de 2019 Verizon lanzó su servicio 5G Ultra Wideband Network en Chicago y Minneapolis, con la intención de expandir la cobertura a 30 ciudades más durante el año.
- **AT&T** comenzó sus servicios en diciembre de 2018 en estas doce ciudades: Atlanta, Charlotte., Dallas, Houston, Indianápolis, Jacksonville, Louisville, Oklahoma City, Nueva Orleans, Raleigh, San Antonio y Waco, Texas. Es servicio se extenderá antes de final de año a las siguientes ciudades: Austin, Los Ángeles, Nashville, Orlando, San Diego, San Francisco y San José¹⁷³, entre otras.
- **Sprint**¹⁷⁴ lanzó comercialmente sus servicios 5G en junio de 2019 y presta servicio hoy en las siguientes ciudades: Atlanta, Chicago, Dallas-Forth Worth, Houston, Kansas City, Los Ángeles, New York City, Phoenix y Washington DC.
- **T-Mobile USA**, cuyos planes de fusión con Sprint siguen latentes, ha comenzado las emisiones 5G NSA en Nueva York y emplaza su despliegue a 2020 en las siguientes ciudades, entre otras: Dallas, Las Vegas y Los Ángeles. De hecho, en la ciudad de Nueva

¹⁷¹ Listado no exhaustivo

¹⁷² 5G Observatory Quarterly Report 4 – Junio 2019

¹⁷³ <https://www.5gamerica.org/att-to-offer-mobile-5g-in-7-more-u-s-cities/>

¹⁷⁴ <https://www.5gamerica.org/wireless-sprint-turns-on-5g-in-four-more-markets/>

York¹⁷⁵, el 15% del tráfico de datos de la compañía está soportado en septiembre de 2019 por la red 5G.

La Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos aprobó¹⁷⁶ en noviembre de 2019 la fusión de T-Mobile y Sprint valorada en 26,500 millones de dólares.

¹⁷⁵ <https://www.lightreading.com/mobile/5g/t-mobile-relies-on-lte-for-5g-launch/a/d-id/754355>

¹⁷⁶ https://techcrunch.com/2019/11/05/fcc-approves-t-mobile-sprint-merger-despite-serious-concerns/?guccounter=1&guce_referrer_us=aHROcHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlmNvbS8&guce_referrer_cs=rThkfxgOB9yyH7BhnVOltw

China

Los tres operadores chinos¹⁷⁷ han comenzado sus operaciones 5G el 1 de noviembre de 2019. La intención es desplegar más de 50.000 estaciones base antes de que acabe el año. El despliegue ha comenzado en 50 ciudades entre las que se incluyen Beijing, Guangzhou, Hangzhou, Jinan, Nanjing, Tianjin, Shanghai, Shenzhen, Wuhan y Zhengzhou.

El despliegue en este país¹⁷⁸ está fuertemente respaldado por el Gobierno chino, que ha fijado el 5G como una de las prioridades nacionales – compañías como ZTE y Huawei han recibido unos 72 millones de dólares para 5G. Según la Academia China de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CAICT), se espera una inversión de 134-223 mil millones de dólares en redes 5G en el periodo 2020 – 2025.

La iniciativa “Made in China 2025” fija el año 2020 como el año de comienzo del servicio 5G. En el país existen tres operadores móviles: China Mobile, China Unicom y China Telecom.

- **China Mobile** es una empresa estatal y el mayor operador del mundo con 800 millones de abonados. Ha comunicado su intención de comenzar el despliegue en 2019 en 40 ciudades, un año antes de lo planeado inicialmente, para lo cual ya ha instalado más de 1.000 estaciones base.
- **China Unicom** ha desarrollado pruebas en ciudades como Pekín, donde ha instalado más de 300 estaciones base, Tianjin, Qingdao, Hangzhou, Nanjing, Wuhan, Guiyang, Chengdu, Shenzhen, Fuzhou, Zhengzhou, and Shenyang. Al igual que China Mobile, tiene previsto dar servicio 5G en 40 ciudades en 2019. Planea instalar 10.000 estaciones base en 2020, y 30.000 para 2021.

Los operadores China Telecom y China Unicom¹⁷⁹ han llegado a un principio de acuerdo para compartir infraestructura y construir conjuntamente una red 5G, gracias al cual el ahorro en la inversión podría alcanzar los 34.000 millones de euros. Además, el principal operador chino China Mobile podría incluirse en la operación para desplegar infraestructura compartida en áreas de baja densidad de población. Los tres operadores ya poseen conjuntamente una compañía de emplazamientos de telecomunicaciones, China Tower Corp.

China Telecom y China Unicom¹⁸⁰ anunciaron su intención de invertir cada uno de ellos unos 1.140 millones de euros en la construcción de 40.000 estaciones base 5G antes de final de año. La inversión de China Mobile estaría cercana a los 3.000 millones de euros, para construir 50.000 estaciones base.

¹⁷⁷ <http://5gobservatory.eu/chinas-three-state-telecoms-have-launched-5g-services-ahead-of-schedule/>

¹⁷⁸ 5G Observatory Quarterly Report 4 – Junio 2019

¹⁷⁹ <http://5gobservatory.eu/chinas-carriers-to-build-a-shared-5g-network/>

¹⁸⁰ <https://www.reuters.com/article/us-china-teleco-5g-idUSKCN1VU1FH>

Corea del Sur

Los Juegos Olímpicos de Invierno de PyeongChang tuvieron lugar en Corea del Sur en junio de 2018 y sirvieron como escaparate y campo de pruebas para la tecnología 5G.

Posteriormente, el 1 de diciembre de 2018 los tres operadores coreanos, KT, SK Telecom y LG Uplus, comenzaron a prestar servicios 5G en una serie de ciudades, únicamente para empresas.

El arranque del servicio para particulares sufrió retrasos provocados por el rechazo de la propia administración coreana a las tarifas propuestas por los operadores. Finalmente, los tres principales operadores de Corea del Sur¹⁸¹ comenzaron a la vez las emisiones 5G en su país el 5 de abril de 2019. Según la Administración coreana, se han desplegado ya 85.000 estaciones base 5G¹⁸² (30.000 por parte de SK Telecom), lo que se traduce en una cobertura de 85 ciudades, así como en las autopistas y líneas férreas de alta velocidad, la cual se irá ampliando en los próximos meses.

El 15 de septiembre de 2019, SK Telecom¹⁸³ anunció el éxito de la primera comunicación estación base – terminal empleando el estándar 5G SA en Corea, con equipamiento de Ericsson. Se prevé¹⁸⁴ que en 2020 el país tenga un 30% de cobertura, y que el 90% de cobertura se alcance en 2026.

En octubre, seis meses después del lanzamiento comercial del 5G en Corea del Sur¹⁸⁵, la base de usuarios del 5G en el país ha crecido hasta los tres millones¹⁸⁶, con un tráfico promedio diario por persona de 1,3 GB. El promedio de ingresos por usuario del 5G es un 75% más alto que el del 4G y, sin embargo, el precio por GB es un 90% menor, lo que supone un beneficio tanto para los usuarios como para los operadores. Los usuarios coreanos suelen escoger las tarifas que no tienen limitación de datos, y el servicio está centrado en el aumento de capacidad con respecto a las redes 4G, lo cual posibilita nuevos servicios como:

- TV inmersiva,
- Multillamada
- Aplicaciones de realidad virtual
- Gaming
- Radiodifusión de e-sports

Ya es posible analizar cómo se ha visto afectado el consumo de datos de los usuarios que utilizan 5G. En julio¹⁸⁷, el tráfico de datos 5G representó el 8.5% del total del tráfico de datos móvil en el país. De acuerdo con los datos proporcionados por el operador coreano SK

¹⁸¹ <https://www.efe.com/efe/america/tecnologia/corea-del-sur-estrena-la-primera-red-nacional-de-telefonía-5g-mundo/20000036-3944904>
<http://5gobservatory.eu/south-korea-wins-final-sprint-for-5g/>

¹⁸² 5G Observatory Quarterly Report 4 – Junio 2019

¹⁸³ https://www.sktelecom.com/advertise/press_detail.do?idx=5030&page.page=1&page.type=all&page.keyword=

¹⁸⁴ <https://www.lifewire.com/5g-south-korea-4583813>

¹⁸⁵ <https://www.huawei.com/es/press-events/news/es/2019/huawei-alcanza-los-50-contratos-comerciales-de-5g>

¹⁸⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=wEZtbaMIHYQ>

¹⁸⁷ Fuente: Tefficient

Telecom¹⁸⁸, el consumo de GB al mes medio de los clientes que han dado el paso a 5G se ha visto incrementado en un 65% (de los 20.4 GB/mes en 4G a los 33,7 GB/mes con 5G). Este efecto podría verse afectado por la novedad que supone el 5G, así como por el paso de tarifas con límite de datos 4G a tarifas sin límite de datos 5G. A su vez, de acuerdo con SK Telecom, los usuarios 5G pasan un 37% menos de tiempo conectados a redes wi-fi, con respecto a su “comportamiento 4G”.

En relación al modelo de negocio 5G en Corea del Sur, SK Telecom¹⁸⁹ proporcionará beneficios exclusivos de video de alta definición 4K a sus clientes de 5G. La app Tic Tok, que comparte vídeos de entre 15 segundos y un minuto de duración y goza de gran popularidad entre los jóvenes, brindará un servicio en calidad 4K para aquellos clientes que contraten tarifas 5G. Tik Tok está disponible en 75 idiomas y el año pasado superó a YouTube en el ranking mundial de descargas de la App Store.

LG Uplus ha desplegado más de 60.000 estaciones base en 3,5 GHz en y comenzará a ocupar la banda de 28 GHz en 2020. El consumo medio de datos por usuario fue de 29.9 GB en octubre.

Japón

Japón¹⁹⁰ planea hacer coincidir el lanzamiento 5G con los Juegos Olímpicos de Verano de 2020, aunque NTT DoCoMo ha anunciado un lanzamiento pre-comercial y planea desplegar servicios 5G a mediados de 2020.

NTT DoCoMo ha desarrollado múltiples pruebas desde hace años en determinadas ciudades del país, en distintas verticales, con distintos proveedores y en distintas bandas de frecuencia.

Otros operadores japoneses, como Softbank, KDDI y Rakuten Mobile, también consideran comenzar el despliegue en 2020.

Otros países

Australia

El principal operador australiano, Telstra¹⁹¹, ha encendido más de 200 estaciones base 5G desde agosto del año pasado, proporcionando cobertura parcial a Adelaida, Brisbane, Camberra, Gold Coast, Hobart, Launceston, Melbourne, Perth, Sydney y Toowoomba. Su intención es tener presencia 5G en 25 ciudades durante el próximo año.

Los teléfonos que comercializa la operadora actualmente son el HTC 5G Hub hotspot, el Samsung Galaxy S10 5G y el OPPO Reno 5G.

¹⁸⁸ Tefficient, Septiembre de 2019: *Mobile data consumption continues to grow – a majority of operators now rewarded with ARPU*

¹⁸⁹ https://www.sktelecom.com/advertise/press_detail.do?idx=5046&page.page=1&page.type=all&page.keyword=

¹⁹⁰ 5G Observatory Quarterly Report 4 – Junio 2019

¹⁹¹ <http://5gobservatory.eu/telstra-launches-5g-service-in-australia/>

Resumen comparativo estado de despliegue 5G

Pasos hacia el 5G	España	Alemania	Francia	Italia	Reino Unido	USA	China	Corea del Sur	Japón
Plan nacional 5G				No		¹⁹²		??	??
Asignación espectro - Banda 700 MHz	Prevista 2020				Prevista 2020		No	No	
Asignación espectro - Banda 3,4-3,6 GHz			Prevista 2020			No	No		
Asignación espectro - Banda 3,6 - 3,8 GHz		(3,7 - 3,8 GHz por licitar)	Prevista 2020			No	No		
Asignación espectro - Banda 26 GHz	--	--	Pilotos		Prevista 2020	No	No	No	No
Pilotos iniciales	24 (mayor número de pilotos 5G en la UE)	9	15	13	12				
Lanzam. comercial	Junio'19 (Vodafone)	Junio'19 (Vodafone) Julio'19 (DT)	No	Junio'19 (Vodafone y TIM)	Mayo'19 (EE) Julio'19 (Vodafone) Agosto'19 (3UK) Octubre'19 (O2)	Octubre'18 (Verizon) Dic'18 (AT&T) Junio'19 (Sprint)	Nov'19	Abril'19 (KT, SK Telecom y LG Uplus)	No

Tabla 24. Resumen comparativo del estado del despliegue 5G

¹⁹² <https://www.techradar.com/news/trump-signs-order-laying-out-us-5g-strategy>

Despliegue en las ciudades 5G y corredores digitales transfronterizos identificados en la UE

Una serie de ciudades europeas, entre las que se encuentran Barcelona, Madrid y Málaga, se han comprometido ante la Comisión Europea a prestar soporte a la realización de pruebas 5G, con especial interés por la vertical de Ciudades Inteligentes¹⁹³. Otras ciudades españolas tienen planes firmes de apoyo al despliegue de servicios 5G en sus territorios.

De manera análoga, la Comisión Europea ha identificado ocho corredores transfronterizos europeos, dos de los cuales se encuentran entre España y Portugal: Oporto – Vigo y Évora – Mérida. La CE fomenta el establecimiento de Acuerdos entre países de la Unión para establecer corredores transfronterizos en los que los vehículos puedan desplazarse, facilitando las pruebas y demostraciones en relación a la seguridad, las tecnologías digitales, la conectividad, la calidad y fiabilidad del dato. El objetivo es que estas pruebas sirvan de input para el desarrollo de normativa digital en relación a la privacidad, la ciberseguridad, el 5G, el IoT, la economía digital y la libre circulación de la información.

Ciudades 5G

Este apartado ofrece una panorámica no exhaustiva del despliegue 5G en determinadas ciudades españolas, las cuales han albergado determinados proyectos piloto.

Alcobendas

Banco Santander y Movistar¹⁹⁴ han alcanzado un acuerdo para poner en marcha el proyecto de innovación conjunta Smart Red sobre tecnología 5G aplicada al negocio bancario, con el desarrollo de una primera experiencia de tres casos de uso en dos oficinas del Banco de Santander, localizadas en la Plaza del Pueblo y Plaza de la Moraleja de Alcobendas, lo que la convierte en la primera oficina bancaria conectada por tecnología 5G de Europa.

Los tres casos de uso son los siguientes: la realización de una videoconferencia 4K entre dos oficinas, una solución de almacenamiento en la nube de baja latencia gracias a la solución Hitachi Content Platform Anywhere Edge, ya empleada por Telefónica, y una visita virtual a espacios de co-working en colaboración con la empresa Idronia y con realidad virtual y vídeo en 360°.

Los equipos de red son proporcionados por ZTE en modalidad 5G “Stand Alone”.

¹⁹³ <https://5gobservatory.eu/info-deployments/5g-cities/>

¹⁹⁴ https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/06/14/companias/1560501301_577414.html

Barcelona

Cataluña ha publicado su Estrategia 5G¹⁹⁵, etiquetada como un área prioritaria por la Generalitat, con el objetivo de dar soporte al despliegue de la tecnología 5G, así como hacer de Cataluña un foco de atracción y demostración tecnológica en relación a 5G. Esta estrategia consta de 5 ejes: promoción, infraestructura, innovación, ecosistema y talento.

En este marco, con el objetivo de potenciar el ecosistema catalán y de convertir a Barcelona en un hub de referencia en el sur de Europa, la Generalitat ha creado conjuntamente con el Ayuntamiento de Barcelona, MWCcapital, i2CAT, CTTC, la UPC y Atos la iniciativa 5G Barcelona¹⁹⁶. Se identifican hasta 7 proyectos piloto que están teniendo lugar en Barcelona, en los ámbitos de automoción, entretenimiento, salud, industria y seguridad. Además, en Julio de 2019 se ha puesto en marcha el primer laboratorio abierto de 5G¹⁹⁷ en Europa, en colaboración con Orange, i2CAT, la UPC y el MWCBarcelona. En él se podrá experimentar con las últimas tecnologías y con equipos 5G NR¹⁹⁸ para la validación de servicios en un régimen de investigación y pre-comercial de 5G, en escenarios reales y con el objetivo de reducir el tiempo de desarrollo de los proyectos.

Madrid

La Universidad Carlos III de Madrid lidera el consorcio 5G TRANSFORMER¹⁹⁹ financiado por la Comisión Europea a través del Programa Horizonte 2020, que tiene como objetivo principal definir y desarrollar una Plataforma innovadora de Red de Transporte Móvil 5G, destinada a apoyar a las industrias verticales (centrándose especialmente en las necesidades relacionadas con comunicaciones de baja latencia) a través de la compartición flexible y la federación de recursos en múltiples dominios. El proyecto cuenta con la participación del SAMUR.

SAMUR-Protección Civil, en estrecha colaboración con la Subdirección General de Informática y Nuevas Tecnologías de la Dirección General de Emergencias y Protección Civil, ha propuesto un caso de uso para ser desarrollado y probado durante el proyecto, consistente en una “Camiseta Inteligente” diseñada para salvar vidas en casos de una emergencia médica gracias a la tecnología 5G. La “Camiseta Inteligente” mide el ritmo cardíaco mediante unos sensores que, en caso de arritmia potencialmente letal, generan una alerta automática a una ambulancia cercana a través del teléfono móvil mediante bluetooth. A su vez, el teléfono móvil, envía esta alerta al hospital útil más cercano para el paciente sin necesidad de pasar por un centro de comunicaciones, disminuyendo notablemente el tiempo de respuesta a una situación de emergencia vital.

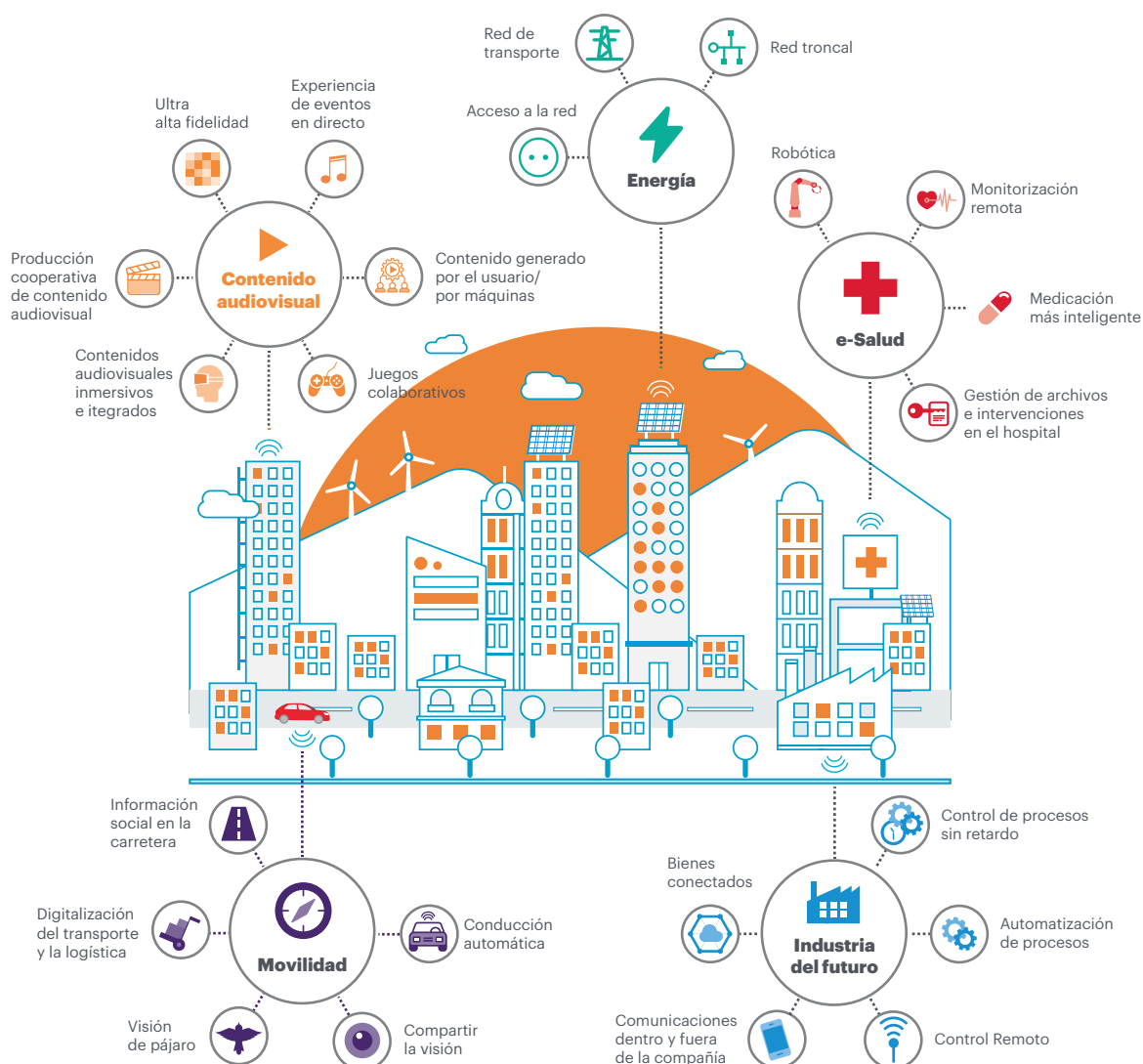
¹⁹⁵ <http://politiquesdigitals.gencat.cat/web/.content/Telecomunicacions/5G/Estrategia-5G-de-Catalunya.pdf>

¹⁹⁶ <https://5gbarcelona.org/es/>

¹⁹⁷ <https://5gbarcelona.org/es/noticias/cataluna-se-convierte-en-el-primer-laboratorio-abierto-de-5g-a-escala-europea/>

¹⁹⁸ New Radio

¹⁹⁹ <http://5g-transformer.eu/>



Málaga

Málaga acoge el primer centro de pruebas y certificación de innovación abierta de Europa centrado en tecnología V2X que hace posible la circulación autónoma de vehículos gracias al 5G. Se trata de un proyecto de Telefónica y la compañía Dekra en colaboración con el Ayuntamiento de Málaga y la Junta de Andalucía.

El centro permitirá realizar pruebas de concepto que generen lanzamientos comerciales en torno a las comunicaciones vehiculares. Contará con dos zonas diferenciadas: por una parte, un circuito exterior dotado con infraestructura 5G para las pruebas de concepto y los casos de uso 5G en escenarios reales con las frecuencias empleadas en España. Por otra, se construirá un hangar con una red privada para desarrollar pruebas de concepto, certificación y homologación de esta tecnología. Esta instalación se ofrecerá a empresas que empleen

frecuencias distintas a las habituales en España para realizar pruebas que permitan comparar el funcionamiento de los servicios 5G en otros entornos, es decir, con otros vehículos, carreteras, estaciones de servicio, señales o semáforos.

Talavera de la Reina

Talavera de la Reina²⁰⁰ se convirtió en 2018 en el living lab de la conducción autónoma en colaboración con Telefónica. En abril de 2018, un minibús eléctrico EZ10 se desplazó por la ciudad conducido autónomamente gracias a la conectividad 5G en banda de 3,5 GHz. Durante su trayecto, los pasajeros pudieron disfrutar tanto de contenidos audiovisuales de Movistar+ como de contenidos turísticos georreferenciados: dónde comer, dónde comprar o puntos de interés turístico, además de servicios digitales orientados al mundo empresarial en movilidad, como el acceso a una oficina virtual al simular un entorno de trabajo remoto. De esta manera se prueba la extremada baja latencia de la tecnología 5G, capaz de proporcionar información relevante al vehículo en milisegundos, como su extraordinario ancho de banda, que permite disfrutar de contenidos multimedia, trabajar y permitir la conducción autónoma a través de una misma tecnología.

Seis meses después, en octubre de 2018, se presentó el primer caso de conducción asistida de un vehículo particular a través de la red móvil y en tiempo real en Castilla - La Mancha. En concreto, un Seat Ateca equipado con la última tecnología en conectividad y modificado para poder ofrecer advertencias al conductor. La empresa FICOSA suministró el dispositivo de comunicación C-V2X embarcado y SICE dotó de conectividad a los semáforos, aportando Ericsson la infraestructura de red pre 5G necesaria.

²⁰⁰ <https://puentesdigitales.com/2018/12/17/el-desarrollo-del-coche-autonomo-en-espana/>

Segovia

Un caso de uso análogo al de conducción asistida de Talavera fue desarrollado en Segovia²⁰¹ en julio de 2018, con idénticos actores y caso de uso, con la diferencia de que la infraestructura de red fue proporcionada por Nokia.

Además, hasta el 30 de septiembre circula por Segovia un autobús con televisión 4K a través de tecnología 5G²⁰². Se trata de un autobús donde se han instalado tres pantallas de televisión que se conectan a un decodificador de TV de Nokia y las han conectado a un decodificador de 4K de la compañía Teldat que se conecta a la red 5G. El servidor de vídeo también es de Nokia. Durante el trayecto los usuarios pueden disfrutar en movilidad de contenidos en 4K, que cuadruplica la resolución que ofrece la Alta Definición HD.

Andalucía

En la primera convocatoria de pilotos 5G promovida por el Gobierno a través de Red.es, se seleccionó un piloto en Andalucía²⁰³. Tal y como se lee en la página web de Red.es, el piloto contempla 32 casos de uso, una duración de 30 meses y un presupuesto de más de 25 M€. El proyecto se centra en diferentes ámbitos como la agricultura, sanidad, ciudades y territorios inteligentes, seguridad y defensa, sociedad, economía y cultura digitales, transformación digital y turismo. Hay diez casos de uso que experimentan la realidad virtual y realidad aumentada en diferentes ámbitos, cinco que giran en torno a las aplicaciones con drones y tres casos de uso que exploran el reconocimiento facial, entre otros. Para su desarrollo se desplegará una red 5G en varios puntos de las provincias de Málaga, Cádiz, Sevilla, Huelva y Jaén: el entorno urbano de Sevilla (centro histórico, Isla de La Cartuja, Real de la Feria y entorno de FIBES), el entorno de Málaga (centro de Málaga, parque tecnológico de Andalucía, estación de María Zambrano, Polo de contenidos Digitales y Museo Automovilístico), el puerto de Huelva, Guadalema de Quinteros, la factoría de Airbus en Puerto Real, el puerto de Algeciras y el aeródromo Atlas en Jaén.

Galicia

El segundo de los proyectos piloto 5G financiados se enmarca en la Comunidad gallega²⁰⁴. Contempla 8 casos de uso, una duración de 24 meses y un presupuesto de más de 11 M€. El proyecto se focaliza en la retransmisión de eventos, el coche conectado (C-V2X), la supervisión de infraestructuras ferroviarias mediante drones, y la industria 4.0 con tres casos de uso basados en técnicas de realidad aumentada, acceso inalámbrico fijo (FWA) y salud (robot para diagnóstico oftalmológico remoto). Los casos de uso, además de la experimentación con la red 5G, incluyen el desarrollo de aplicaciones y algoritmos de inteligencia artificial. Para ello, se desplegará una red 5G en diferentes puntos de las provincias gallegas: los pabellones de Navantia en Ferrol, las instalaciones del RC Deportivo de la Coruña en el estadio de Riazor, Abegondo, el túnel de Cereixal en la A-6 y los núcleos urbanos de las ciudades de Vigo y Orense.

²⁰¹ https://cincodias.elpais.com/cincodias/2018/07/24/companias/1532429492_902902.html

²⁰² <https://www.esmartcity.es/2018/10/26/autobus-urbano-segovia-ofrece-contenidos-tv-4k-como-parte-piloto-5g-telefonica>

²⁰³ <https://www.piloto5gandalucia.es/>

²⁰⁴ <https://www.red.es/redes/es/actualidad/magazin-en-red/redes-pone-en-marcha-el-proyecto-piloto-5g-en-galicia>

Corredores digitales transfronterizos

De los ocho corredores establecidos, en la Unión Europea, dos de ellos se encuentran en España: en abril de 2018, representantes de España y Portugal²⁰⁵ firmaron un acuerdo para el establecimiento de 2 corredores transfronterizos 5G entre ambos países: uno de ellos entre Vigo y Oporto (155 kilómetros) y el segundo entre Évora y Mérida (136 kilómetros). El objetivo es realizar diversas pruebas en relación a la circulación del coche conectado entre países. En particular, el texto especifica que los dos países deben trabajar para establecer un intercambio de los datos relativos a las carreteras y el tránsito, así como definir reglas comunes. Con este plan se busca que la Península Ibérica se convierta en un área de referencia con respecto a los automóviles autónomos, pues estas vías funcionarían además como “un centro tecnológico neutral para la industria, centros de investigación, academia o cualquier otro agente que quiera probar y evaluar tecnologías innovadoras de movilidad”²⁰⁶.

En particular, en mayo de 2019²⁰⁷ tuvo lugar la primera conexión de datos 5G transfronteriza en movilidad del mundo, entre la localidad pontevedresa de Tui y Valencia do Minho en Portugal. Dos jugadores profesionales de e-sports circularon en dos coches mientras jugaban a PUBG Mobile a través de una conexión 5G, la cual se mantuvo de manera estable e ininterrumpida en el cruce de la frontera. Los jugadores disfrutaron de las prestaciones que ofrece la tecnología 5G en velocidad y latencia, características comunes al sector del videojuego y a las del vehículo autónomo y conectado. La infraestructura corrió a cargo de Vodafone y Ericsson, y también participaron en la demostración Groupe PSA, CTAG y la Xunta de Galicia.

Además, España ha mostrado su voluntad de intensificar²⁰⁸ la colaboración en este sentido con Portugal y también con Francia, con la vista puesta en que en 2025 haya corredores 5G en las principales vías de transporte transfronterizas de nuestro país.

²⁰⁵ <http://5gobservatory.eu/info-deployments/pan-eu-5g-corridors/>

²⁰⁶ https://www.eldiario.es/eldiarioex/Portugal-Espana-corredor-Evora-Merida-conductor_0_763974424.html

²⁰⁷ <https://www.europapress.es/economia/noticia-vodafone-realiza-espana-portugal-primera-conexion-datos-5g-transfronteriza-movilidad-20190522152315.html>

²⁰⁸ https://www.eldiario.es/tribunaabierta/sociedad-digital_6_975412480.html

Problemática asociada al despliegue de redes 5G

Como se ha indicado a lo largo del presente documento, las redes 5G presentan una serie de peculiaridades, que la hacen diferente de redes móviles precedentes. Por consiguiente, además de la problemática asociada al despliegue de redes tradicional, el despliegue de redes 5G se ve afectado por condicionantes específicos, que se abordan en este apartado.

Problemática de carácter general

Disponibilidad de espectro radioeléctrico

Aunque en casi todos los países existe un plan u hoja de ruta de disponibilidad de espectro, es importante que las bandas de frecuencias adecuadas sean asignadas con el fin de asegurar que los operadores de comunicaciones electrónicas puedan realizar sus propios planes industriales de manera eficiente desde un punto de vista de utilización conjunta de varias bandas de frecuencias para cada uno de los servicios y aplicaciones pretendidas. El Código de Comunicaciones Electrónicas de la Comisión Europea puede servir de guía en cuanto a principios en la asignación de espectro a los operadores.

Balance de la disponibilidad de espectro en distintas bandas de frecuencias y calendario de asignaciones de frecuencias

Además de la disponibilidad de espectro suficiente, es importante que las asignaciones de espectro se realicen en calendarios coherentes con los planes de desarrollo de las redes y teniendo en cuenta la disponibilidad de espectro en cada rango de frecuencias.

El despliegue de las redes 5G se beneficia de la disponibilidad de una cantidad suficiente de espectro armonizado. Un nuevo requisito fundamental y específico para la tecnología 5G es la necesidad de grandes anchos de banda de espectro contiguos (hasta 100 MHz) en rangos de frecuencia adecuados para proporcionar mayores velocidades de banda ancha inalámbrica, en las bandas intermedias y altas.

Coordinación internacional

Los Estados miembros y la Comisión, a través del Grupo para la política del espectro radioeléctrico (RSPG), han reconocido la importancia de identificar en una fase temprana las bandas de frecuencias comunes a escala de la UE para permitir la adopción de la 5G. Esto es indispensable para proporcionar una orientación adecuada a la industria y mantener a la UE al mismo nivel que otras regiones del mundo en cuanto a la disponibilidad del espectro, así como en lo relativo de experiencias específicas en la explotación de redes 5G y servicios y aplicaciones ofrecidos en cada uno de los segmentos de usuarios.

La compartición de información al respecto de las experiencias de despliegue en cada Estado Miembro y tomando también referencias de las experiencias en otros países del mundo en cuanto a redes 5G, será importante a efectos de optimizar los éxitos y la eficiencia en la puesta en explotación de redes 5G y la facilitación de las actuaciones de los operadores económicos y la industria complementaria alrededor de servicios y aplicaciones 5G.

Cobertura de servicios en distintas zonas geográficas. Mitigación posible brecha 5G

Aunque esta problemática de conseguir cobertura de servicio en distintas zonas geográficas cuya demanda sea muy diversa es una problemática general, la introducción de mayor complejidad de un nuevo servicio avanzado abre un nuevo reto mayor en cuanto a conseguir la armonía del despliegue a amplias zonas de coberturas donde se eviten discriminación social o brechas digitales geográficas. Debe monitorizarse el despliegue de las redes 5G con el fin de evitar una brecha 5G.

La falta de monitorización de la armonía del despliegue a las distintas capas de la población y sus sectores o verticales podría dar lugar a una brecha 5G cuya mitigación debería planificarse.

Regulación local. Condicionantes en el despliegue de antenas

Las administraciones deben trabajar para eliminar estos posibles obstáculos derivados de regulación local contradictoria con los planes de despliegue de redes 5G, en aras de un despliegue rápido y rentable. Además, otros aspectos administrativos, en ocasiones, crean cargas innecesarias para la instalación de células de pequeño tamaño, como los procedimientos de planificación locales, los altos gastos de alquiler, la variedad de límites específicos en las emisiones de campos electromagnéticos (CEM).

Costes de equipamiento

Es importante la reducción del coste de la instalación de puntos de acceso. Una simplificación de las condiciones de despliegue de las densas redes celulares reduciría los costes y apoyaría las inversiones. El Código Europeo de Comunicaciones Electrónicas de la Comisión Europea pretende suprimir los obstáculos al despliegue de la instalación de pequeñas células, a condición de que se cumplan los requisitos técnicos comunes.

Compra temprana

Para algunos sectores/verticales, la decidida actuación de las Administraciones Públicas sería un motor de empuje a la utilización de la tecnología 5G. La compra temprana y coordinada entre compradores y potenciales suministradores tecnológicos permitiría coordinar la temprana utilización de la tecnología en sectores clave, como, por ejemplo, la salud o la seguridad.

Cabe notar que la CE anima a los Estados miembros a estudiar la posibilidad de utilizar la futura infraestructura 5G para mejorar el rendimiento de los servicios de comunicaciones utilizados en la seguridad pública, incluidos enfoques comunes de cara a la futura contratación de avanzados sistemas de banda ancha para la protección pública y socorro en caso de catástrofe.

Problemática específica

Disponibilidad de espectro

Además de los aspectos generales de disponibilidad de espectro, en el caso de las bandas de frecuencias adecuadas para tecnología 5G, parte de las asignaciones de espectro están pendientes tras las decisiones de la pasada Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, así como la deseada reorganización de la canalización de espectro en la banda de 3,4-3,8 GHz para asignar espectro contiguo a los operadores.

Disponibilidad de normas técnicas

La pugna industrial por hacer prevalecer unas tecnologías sobre otras podría dar lugar a versiones o implementaciones de normas técnicas no compatibles, impidiendo el logro de masas críticas en la disponibilidad de equipos. Se asume que los servicios y aplicaciones que se lancen de manera masiva por lo que será muy importante la optimización industrial de los equipos y la consecución de equipamientos a precios asequibles para los distintos grupos de usuarios. Se debe evitar la utilización de normas técnicas o versiones de las normas técnicas que sean incompatibles, aunque estén basadas en las mismas tecnologías básicas. Cabe recordar la diferencia, a modo de comparación, entre la utilización de normas técnicas compatibles como por ejemplo el sector satelital basado en DVB-S con respecto a la proliferación de normas técnicas, que basados en tecnologías similares, dieron lugar a la fragmentación en la explotación específica del mismo estándar de la tecnología DVB-T; esto fue una experiencia en Europa de usos compatibles y de otros usos no compatibles en el sector de la radiodifusión, que debería evitarse con la utilización de normas técnicas 5G para distintos sectores/verticales.

Debe monitorizarse el cumplimiento de las características técnicas del equipamiento contra cada versión específica de la norma técnica y su reléase correspondiente.

Explotación de redes 5G en distintos sectores verticales

La utilización de la tecnología 5G en los sectores verticales, que son nuevos mercados por explorar, representará un reto y una oportunidad; con el 5G comenzará un nuevo paradigma tecnológico. Esta nueva generación satisface de igual manera las necesidades de comunicación para humanos como las necesidades industriales para ayudar a digitalizar la economía y contribuir a la transformación digital global. En concreto, se identifican 7 sectores verticales que se verán transformados por el 5G, considerado de esta manera una tecnología horizontal, que son los siguientes: Movilidad, Industria, Audiovisual, Energía, Salud, Seguridad y Ciudades Inteligentes.

No cabe duda de que existe el riesgo de disparidad en usos, velocidades de despliegue, velocidad de absorción de la tecnología en cada sector vertical, lo que podría implicar distintos despliegues heterogéneos para el estándar que, a su vez, ocurriría no solo en sectores, sino también en zonas geográficas o colectivos humanos influidos directamente por el progreso del estándar en cada sector vertical. La coordinación de despliegues y explotación de 5G en cada sector vertical supondrá un reto.

Innovación en cada sector vertical

Existe una actividad variada de muchos proyectos innovadores en distintas partes del mundo que requerirán convergencia en favor de los intereses de los usuarios. Será importante que todos esos proyectos preserven la interoperabilidad.

Coste y financiación del despliegue de redes 5G

Es indudable que la inversión en la modernización de las redes de comunicaciones electrónicas para introducir la tecnología 5G incluyendo el uso de nuevas bandas de frecuencias podrá ser impedimento importante para la velocidad de progreso en la consecución de masas críticas de usuarios, así como de cobertura geográfica del servicio.

A título de ejemplo, según GSMA, los operadores móviles en USA han invertido en el período 2010 a 2017 casi 250 mil millones dólares (capex), lo que supone el 14% de los ingresos obtenidos en el mismo período. Además, los operadores han invertido en subastas de espectro hasta 60 mil millones de dólares solo en dos grandes subastas. Las cifras de inversión son muy importantes. Los operadores tendrán también que dar continuidad a la operación de sus actuales redes 3G, 4G y la nueva 5G.

No cabe duda de que existe la disyuntiva de mayor coste del espectro, puede influir en menor inversión (o inversión ralentizada) en el despliegue de red. La asignación de espectro puede priorizar la maximización del nivel de competencia (probablemente encareciendo el coste del espectro) o maximizar y optimizar el rápido despliegue con oferta de servicios más amplia (maximizar la inversión en red y servicios).

Integración de tecnologías terrestres 5G y otras tecnologías (fibra, satélite)

El reto 5G probablemente sea un reto multidisciplinar en el que tecnologías, sectores de usuarios e infraestructuras deban combinarse de manera armoniosa y eficiente. Las redes 5G usarán varias tecnologías adicionales a fin de conseguir la mayor eficiencia en el despliegue y el mayor impacto sobre los colectivos más amplios, mayor número de sectores y más amplia cobertura. Las sinergias con la integración con redes de fibra y sistemas satelitales donde las prestaciones y requisitos de los servicios así lo permitan serán elemento de consideración de cara a la eficiencia en los despliegues.

España es país pionero en la penetración de fibra óptica y seguramente este aspecto supondrá igualmente un impulso para el despliegue de redes 5G. Asimismo, las nuevas constelaciones de satélites permitirán complementar a las redes terrestres 5G con extensión de cobertura, movilidad universal y especialización en determinados nichos como, por ejemplo, el NB-IoT.

Resumen de problemática relacionada con el despliegue

En la siguiente tabla se resumen los dos capítulos anteriores:

Resumen del análisis de la problemática general y específica del despliegue de redes 5G		
	Problemática	Criticidad
General	Disponibilidad de espectro en capacidades suficientes para prestación de servicios banda ancha (mayores de 100 MHz).	Muy importante y necesario dilucidar con la mayor antelación posible en tanto que influye en resto de decisiones para el despliegue de redes. Es importante la reorganización de los canales asignados a cada operador de tal manera que se optimice la disponibilidad de espectro en la mayor cantidad de ancho de banda contiguo.
	Balance de disponibilidad de espectro en bandas por debajo de 1 GHz, entre 1 y 6 GHz y por encima de 6 GHz y Calendario de asignaciones de espectro.	La planificación de bandas con distintas características de propagación y prestaciones de servicio se debe tener en cuenta a la hora de definir los tipos de servicios que se podrían prestar en cada una de las bandas de frecuencias y su uso simultáneo o progresivo. La visibilidad en la hoja de ruta influirá en la preparación de los operadores de redes de comunicaciones electrónicas para sus propias planificaciones de carácter industrial y financiera. Este aspecto debe conjugarse igualmente con la facilidad de estrategias competitivas de los operadores de comunicaciones avanzadas basadas en el uso de la tecnología en sus recursos espectrales.
	Coordinación internacional	La compartición de información al respecto de las experiencias de despliegue en cada Estado Miembro y tomando también resultados de las experiencias en otros países del mundo de referencia en cuanto a redes 5G, será importante a efectos de optimizar los éxitos y la eficiencia en la puesta en explotación de redes 5G. Esta compartición es aplicable tanto para cuestiones relacionadas con la asignación de espectro como para las cuestiones relacionadas con la consecución de masas críticas de servicios y aplicaciones en determinados sectores (verticales).
	Brecha / discriminación 5G	Aunque es una problemática general de todo nuevo servicio, la complejidad e innovación que supone la tecnología avanzada 5G abre un riesgo serio de posible brecha o discriminación entre los usuarios / sectores que tendrán acceso y los que no podrían disponer de redes en períodos de tiempo razonables. La combinación de tecnologías e infraestructuras de radiocomunicaciones deberá ser un factor relevante a efectos de conseguir la mayor armonización de despliegue que mantenga equilibrio en cuando a la disponibilidad del nuevo servicio 5G en cada sector /vertical.
	Regulación local	Será necesario coordinar la regulación nacional con la regulación local teniendo en cuenta la singularidad y especificidad del despliegue de redes 5G y tomando en consideración la normativa desarrollada para los despliegues previos de redes 3G y 4G.
	Coste de equipamiento y puntos de acceso	La masificación y normalización técnica de las soluciones industriales redundará en facilitar el acceso a los servicios 5G por mayor número de usuarios individuales, colectivos o empresariales.
	Compra Temprana	Coordinación entre compradores del sector público en determinados sectores (salud, seguridad) supondría un empuje en la adopción de la tecnología en fases más tempranas

Resumen del análisis de la problemática general y específica del despliegue de redes 5G		
	Problemática	Criticidad
Específica	La disponibilidad de espectro aprovechando decisiones de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019	Este aspecto es relevante en tanto que influirá en la capacidad de espectro disponible en el medio y largo plazo por lo que la hoja de ruta de despliegue de redes 5G ya incorpora el refrendo de disponibilidad de la banda de 26 GHz armonizada a nivel mundial, además de otras bandas más altas e incluso nuevas bandas que podrían añadirse en la CMR del 2023.
	Disponibilidad de normas técnicas 5G	Si bien la disponibilidad de normas técnicas es un valor relevante en cualquier tipo de servicios de radiocomunicaciones, en el caso de los servicios y aplicaciones 5G será muy importante la optimización industrial de los equipos y la consecución de equipamientos a precios asequibles para los distintos grupos de usuarios, habida cuenta de la posible fragmentación que podría producirse por la explotación de servicios y aplicaciones a sectores verticales muy distintos.
	Aplicaciones específicas en distintos sectores con distintos mercados, requisitos y necesidades	La tecnología 5G y las redes que la soportarán se utilizarán en varios sectores verticales de tracción prioritaria en la utilización del estándar que podrían tener desfases y requisitos, necesidades, prestaciones, etc., muy dispares. Será importante explotar las sinergias de cada uno de los sectores a fin de masificar y reducir costes. La diversificación de mercados es un atractivo en cuanto a ampliación del mercado global para 5G, pero a su vez puede suponer un riesgo de fragmentación.
	Innovación en cada sector vertical	Existe actividad variada de muchos proyectos innovadores en distintas partes del mundo que requerirán convergencia en favor de los intereses de los usuarios y explotación al máximo de las sinergias entres servicios y aplicaciones para los distintos sectores verticales.
	Coste y financiación del despliegue de redes 5G	Las cantidades necesarias para adquirir espectro y para despliegue de redes son muy importantes e influirán en la velocidad de despliegue, accesibilidad de los servicios a mayor número de usuarios y ampliación de cobertura. La financiación de las redes 5G será aspecto crítico en la estructura financiera del balance de los operadores de comunicaciones electrónicas.
	Integración de tecnologías en despliegue de redes	Las sinergias con la integración con redes de fibra y sistemas satelitales donde las prestaciones y requisitos de los servicios así lo permitan serán elemento de consideración de cara a la eficiencia en los despliegues.

Tabla 25. Problemática general y específica del despliegue de redes 5G

Importancia de la coordinación de hojas de ruta para el despliegue

Los casos de uso 5G deben ser un dinamizador clave para el éxito del 5G, y naturalmente precisan de un despliegue previo, en tanto en cuanto su aparición dependerá de la disponibilidad de la tecnología. Ahora bien, este despliegue no tiene por qué ser coordinado de manera internacional. Al igual que ha ocurrido con el despliegue de tecnologías móviles anteriores, no existe una dependencia tecnológica (más allá de las impuestas por la interconexión, la sincronización, en tiempo y trama en las redes TDD, la itinerancia internacional y la coordinación internacional en zonas fronterizas) que fije un despliegue coordinado en los distintos países.

Sí que parece relevante, no obstante, que haya una armonización del espectro europeo, para evitar que una diferencia en la disponibilidad de las bandas de frecuencias entre países vecinos. Además, es preferible que los países introduzcan una nueva tecnología móvil de forma coordinada en particular dentro de Europa. Esto facilita las economías de escala tanto para terminales como para equipos de red. Sin embargo, en la práctica esto no siempre es posible ya que los procesos regulatorios (por ejemplo, las licencias para nuevas bandas) son independientes en cada país y los operadores tienen estrategias diferentes para la introducción de nuevas tecnologías.

Por otro lado, es deseable que no haya una gran diferencia en cuanto al despliegue 5G entre países vecinos o entre los que existen un gran intercambio cultural (lazos sociales o familiares, relaciones comerciales o turismo) para garantizar una correcta experiencia de usuario y una provisión de servicios coherente a los clientes de los países pioneros. Por ejemplo, garantizar la itinerancia internacional de un mismo servicio en varios países puede suponer una ventaja competitiva para un operador.

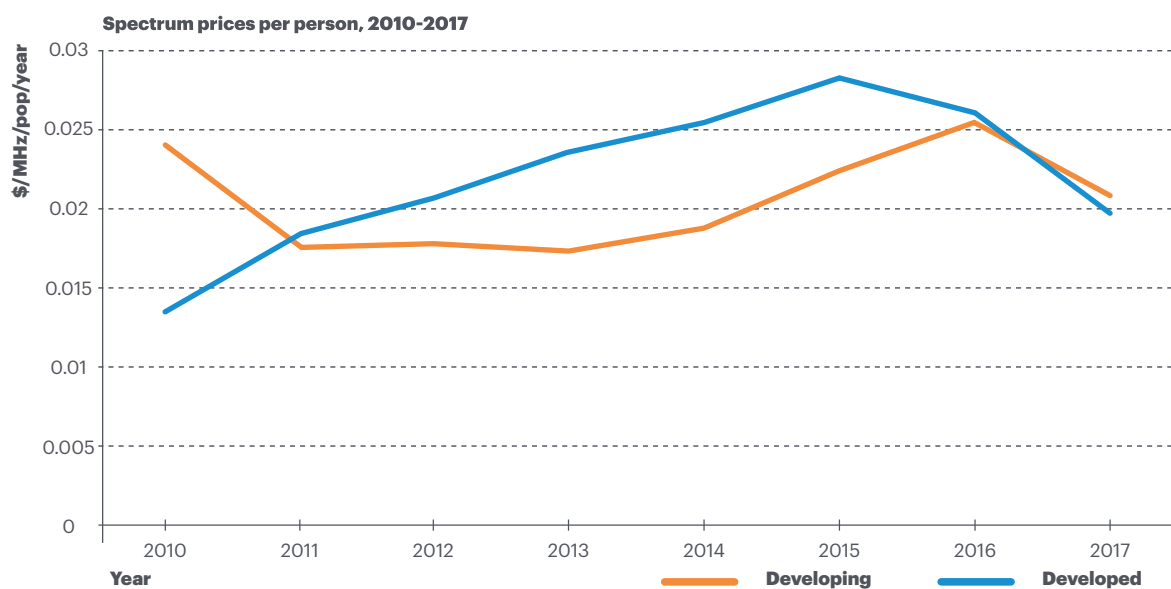
Variedad de verticales y despliegues

En la siguiente figura puede observarse que cada uno de los distintos verticales precisa diferentes características de la red²⁰⁹. Por ejemplo, en las industrias del futuro hay procesos que dependen críticamente de la latencia y multitud de dispositivos contactados; en el vertical de salud, la calidad de las imágenes médicas será clave de cara a la monitorización remota; la conducción asistida o autónoma presenta desafíos como un inmenso flujo de datos continuo y la necesidad de disponer de cobertura en el 100% de las localizaciones o rutas de interés. La siguiente figura ofrece un resumen-panorámica general de algunos de los verticales.

²⁰⁹ Adicionalmente a los verticales identificados por el 5G-PPP, se incluyen en este informe los verticales de seguridad pública y smart cities

Ilustración 39. Fuente: 5G-PPP: 5G empowering vertical industries

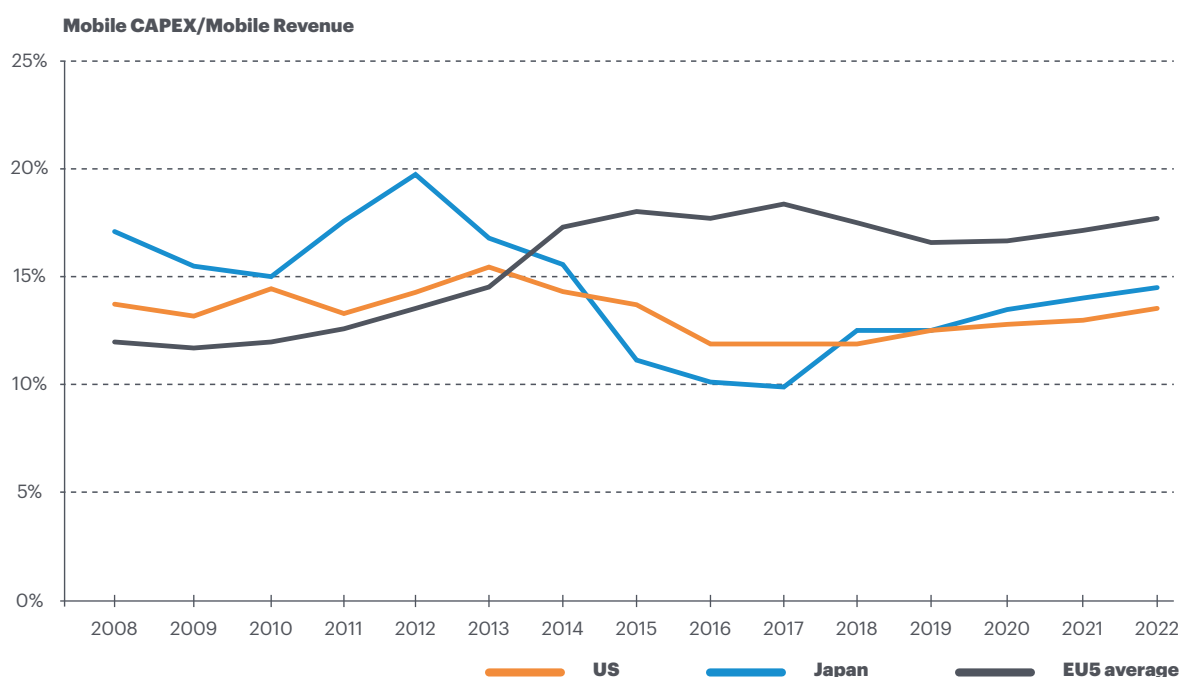
Por otro lado, algunos de los verticales podrían optar por desplegar sus propias redes



privadas 5G en lugar de utilizar las redes públicas ofrecidas por los operadores de red, diseñando y desplegando redes a medida para sus necesidades específicas.

Industria

La digitalización de la industria²¹⁰ será un factor clave en la próxima década. Es muy previsible un incremento en la productividad derivado de la incorporación de una nueva generación de sistemas ciber-físicos o robots. Los fabricantes hoy transitan hacia sistemas



basados en la información proveniente de la explotación de los datos que proporcionan los sistemas conectados. Tal y como han acordado los actores del sector en Europa²¹¹, el futuro de la tecnología permitirá una industria más limpia, de alto rendimiento, amigable con el medioambiente y socialmente sostenible.

Son necesarios protocolos de comunicaciones eficientes energéticamente, así como tecnologías de análisis de datos escalables. La realidad aumentada permitirá compartir eficientemente la información en las fábricas y en los lugares de trabajo. Los centros de producción que se encuentren globalmente distribuidos, así como otros actores de la cadena de valor (suministradores, transportistas, etc.), podrán ser gestionados y coordinados de manera centralizada, segura y en tiempo real. Las principales características de las redes 5G para este vertical son las siguientes:

- Control de procesos sin retardo;
- Automatización de procesos;
- Control remoto;

²¹⁰ 5G-PPP: 5G empowering vertical industries

²¹¹ <http://global5g.org/news/manufacturing-steps-towards-new-industrial-revolution>

- Comunicaciones dentro y fuera de la compañía;
- Implantación de las soluciones asociadas al modelo de Industria 4.0;
- Bienes conectados.

La tecnología 5G²¹² tendrá un gran impacto sobre los procesos, la logística y los sistemas TIC, ya que permitirá una mayor tasa binaria, tiempos de respuesta más cortos, mayor densidad de conexiones y subredes específicas (network slicing), constituyéndose en un elemento clave para las industrias del futuro. Las características de la tecnología 5G influirán positivamente en las industrias 4.0. Los empleados podrán ser más efectivos y productivos, introduciendo la automatización en nuevas áreas de la cadena de valor.

Es importante notar el papel activo de algunos fabricantes, como SEAT, involucrados en desarrollos iniciales tendentes a la identificación de aplicaciones en los verticales, tanto de automoción (Coche conectado) como industria 4.0. Estas industrias manifiestan sus preferencias por bandas bajas de frecuencias que permitan mayor penetración en entornos industriales y por tanto mejor cobertura en las plantas industriales con estimaciones de espectro del orden de 2x10 MHz en bandas bajas y hasta 200 MHz en bandas altas. Igualmente, algunas industrias indican su preferencia de asignación de espectro mediante concursos más que subastas.

Es importante resaltar la opinión de actores de los verticales que manifiestan los problemas que ocasionarían ciertas obligaciones de una cobertura determinada para espectro que fuera asignado a aplicaciones 5G en verticales. En este sentido, los operadores de servicios en los verticales preferirían que se asignara una porción de espectro con especial identificación para uso en el vertical o verticales correspondientes.

Audiovisual, media

Las expectativas²¹³ y los hábitos tanto de los consumidores como de los productores de contenido audiovisual están cambiando profundamente. Por un lado, la televisión tradicional, vista en un dispositivo fijo y posiblemente complementada por una segunda pantalla, continuará existiendo y será un elemento clave también en el futuro cercano. Por otro lado, el sector del entretenimiento audiovisual observa cómo la experiencia de usuario está ampliándose y profundizándose, y actualmente aplica a multitud de servicios (contenido audiovisual lineal, contenido bajo demanda, contenido generado por usuarios, juegos, etc.), condiciones de consumo (en casa, en desplazamientos...) así como de dispositivos (televisores en el hogar, móviles, tablets, portátiles, videoconsolas, dispositivos personales (wearables), relojes, dispositivos de realidad virtual...). Los juegos²¹⁴ representan uno de los sectores que se verá más beneficiado de esta nueva tecnología, ya que proporciona las latencias necesarias para jugar en tiempo real en cualquier momento y en cualquier lugar. Además, el 5G reducirá notablemente los tiempos de respuesta de las aplicaciones móviles, permitiendo la aparición de nuevas categorías de juegos en movilidad, así como de potenciales campeonatos y ligas profesionales. Los servicios de entretenimiento se enfrentan a una demanda creciente de tasa binaria, número de jugadores conectados

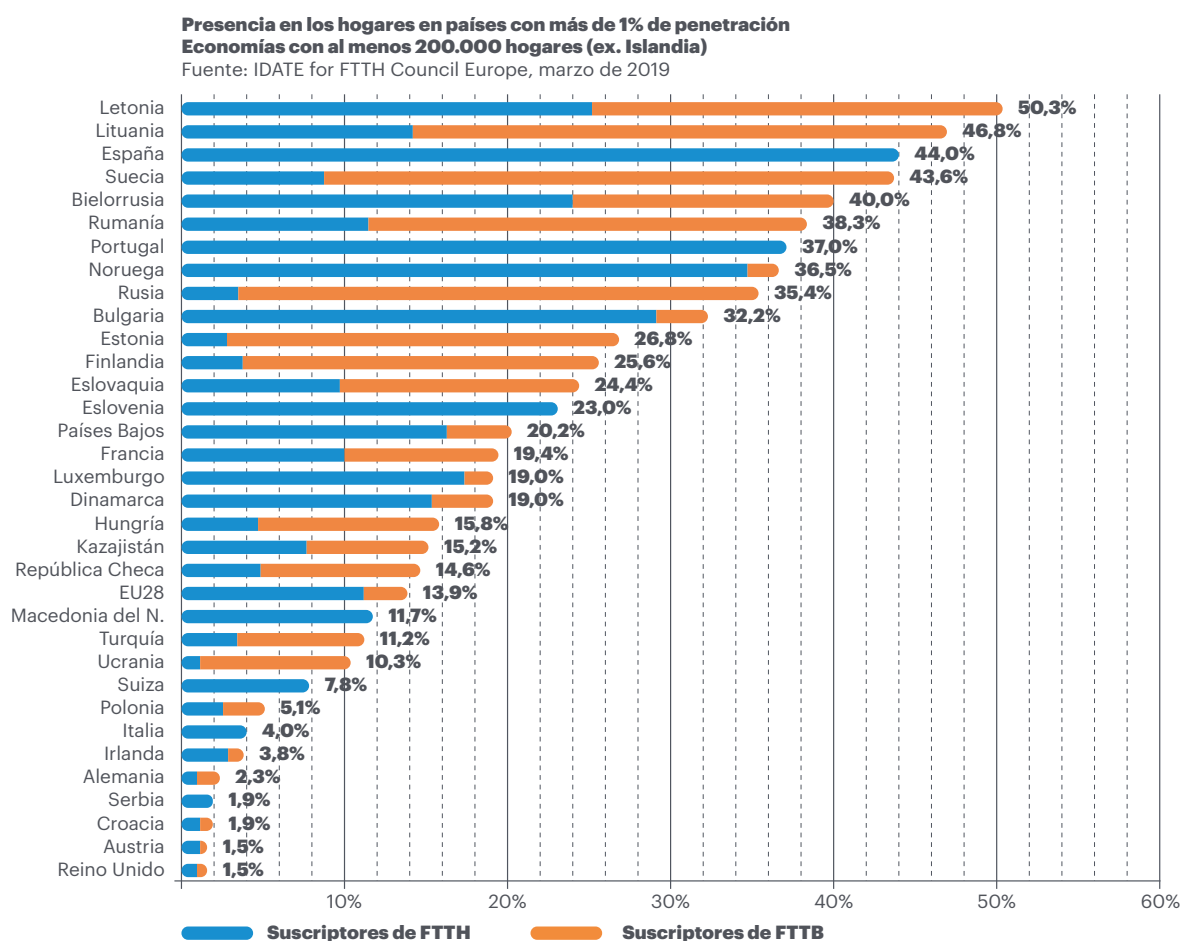
212 <http://global5g.org/news/webinar-how-5g-can-support-transformation-manufacturing-sector-11-july>

213 5G-PPP: 5G empowering vertical industries

214 <https://www.europapress.es/economia/noticia-vodafone-realiza-espana-portugal-primera-conexion-datos-5g-trans-fronteriza-movilidad-20190522152315.html>

simultáneamente, y requisitos de calidad de servicio muy exigentes.

La alta calidad y la alta resolución de los servicios audiovisuales son los drivers más importantes en relación a la velocidad de bajada, mientras que el contenido generado por los usuarios lo es en relación a la velocidad de subida. La escalabilidad de las redes 5G y



la gestión de la rápida variación de la demanda del tráfico en escenarios con multitud de jugadores serán de importancia crítica para el establecimiento de modelos de negocio sostenibles.

Las redes 5G también impulsarán la innovación en el sector abriendo APIs / toolkits / entornos para adaptar las capacidades de la red a las necesidades de las aplicaciones en tiempo real. Existen 6 casos de uso en relación al 5G y el sector audiovisual:

- Ultra alta fidelidad.
- Experiencia de eventos en directo.
- Contenido generado por el usuario/por máquinas.

- Contenidos audiovisuales inmersivos e integrados.
- Producción cooperativa de contenido audiovisual.
- Juegos colaborativos.

Es importante mencionar el papel de liderazgo de RTVE a través de su Dirección de Estrategia Tecnológica e Innovación Digital, con la participación activa en proyectos europeos y pilotos españoles y con un planteamiento claro y definido sobre las necesidades del sector Media/Broadcast para las funcionalidades de la tecnología 5G. En 2019, RTVE ha identificado tres grandes aplicaciones de 5G en el sector de la radiodifusión de televisión que permitirán hacer mucho más eficiente y ágil los servicios de producción de contenidos y disponibilidad de los mismos para los usuarios. Además, RTVE participa en el proyecto europeo 5GMedia en la segunda fase del 5G PPP junto a otros actores españoles (Telefónica, Universidad Politécnica de Madrid). Igualmente planifica involucrarse en pilotos junto a diferentes empresas Vodafone, Universidad Politécnica de Valencia, Orange, Telecom Castilla-La Mancha, Telefónica, y otras entidades, con la intención además de utilizar imágenes 4K en varios pilotos.

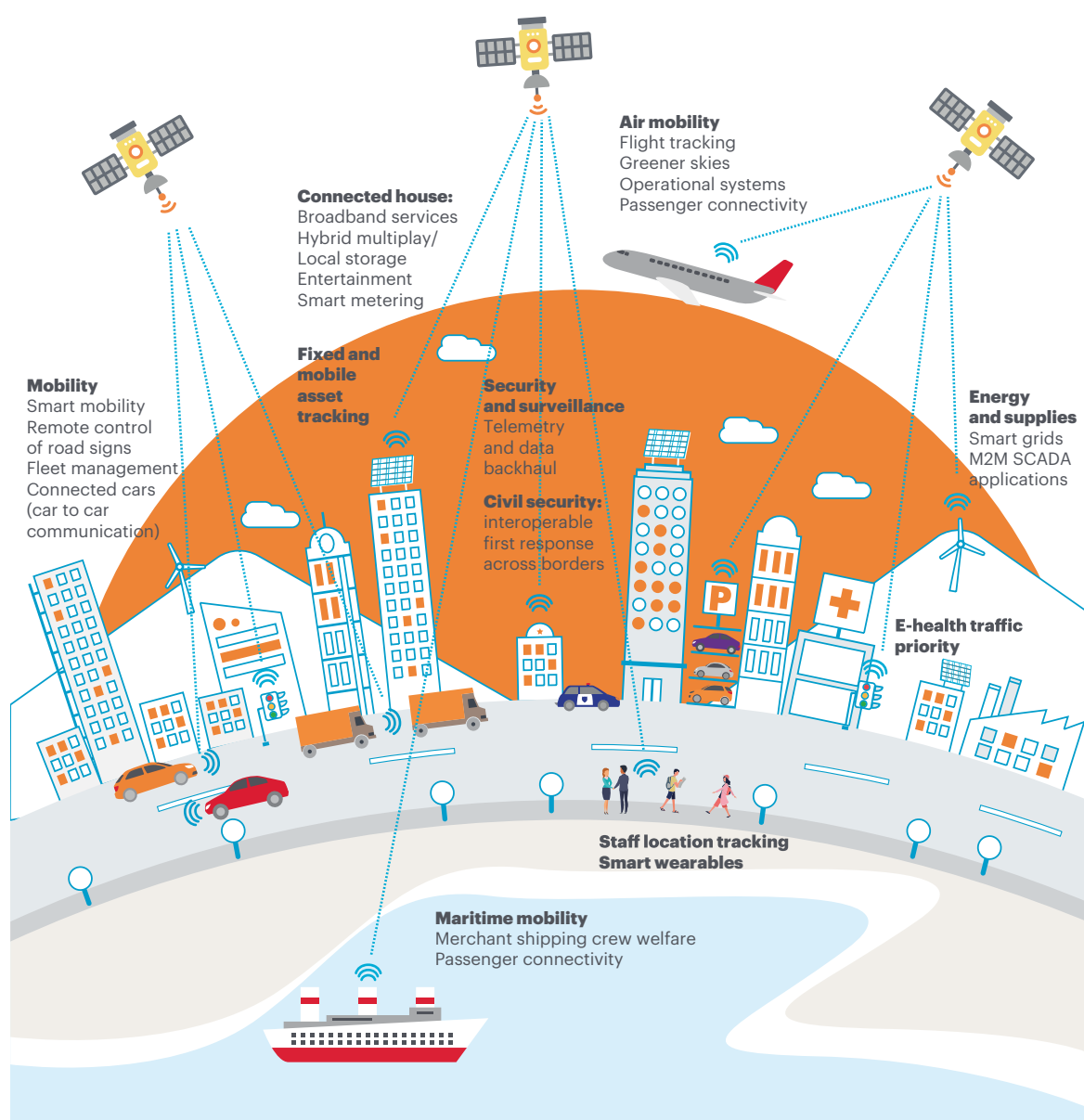
RTVE ha planteado los siguientes casos de uso específicos:

- **Cámara permanentemente conectada.** Uso de 5G para la conectividad de las cámaras del reportero, como complemento y alternativa en algunos casos a las actuales tecnologías de transporte de señal audiovisual.
- **Producción remota virtual,** mediante el procesado periférico (edge computing) de imágenes/contenidos en origen, de tal manera que una parte de la producción y la transmisión efectiva del se haga en alta calidad sin necesidad de transmisión múltiple de todos los contenidos hasta el centro de producción y evitando para algunas producciones muy concretas el desplazamiento de las unidades móviles de producción y su personal especializado.
- **Broadcast general y localizado del canal producido remoto,** mediante un canal broadcast separado que permita que los usuarios accedan a este canal bajo una IP común sin necesidad de la actual multicast uno a uno.

RTVE considera igualmente muy importante que determinados entornos de producción remota habitual cuenten con infraestructura 5G a la que los reporteros puedan conectarse de manera ágil y con mínimo desplazamiento de equipamiento.

Aunque aún no se dispone de un Plan Global de introducción de tecnología 5G, el progresivo equipamiento con medios adecuados se realizará en la medida en que las diferentes versiones del estándar 5G puedan permitir las subredes (network slices) que faciliten la disponibilidad y fiabilidad de los canales y capacidades asignadas a RTVE en las redes 5G compartidas para otros usos y en contextos de utilización variopintos que aseguren que la carga de la red no sea un impedimento para la transmisión de calidad de los canales de contribución de señales desde la producción remota y, sobre todo, cuando la funcionalidad de Broadcast del estándar lo permita (probablemente en la versión 16 del estándar). RTVE considera la posibilidad de dotarse de infraestructura 5G en aquellas instalaciones que son de su propiedad y puede gestionar directamente el equipamiento, como por ejemplo en el Teatro Monumental de Madrid.

La movilidad es otro ámbito en el que se esperan grandes cambios. Los sistemas de asistencia avanzada al conductor, y más a largo plazo, los vehículos completamente autónomos pergeñan un futuro con gran reducción de accidentes mortales, con



menos atascos y con ciudades menos congestionadas, así como una amplia gama de oportunidades de negocio y beneficios para el medio ambiente. La tecnología 5G contribuirá a hacer realidad estos escenarios mejorando la conducción automática colaborativa, de manera que la información recogida por sensores sea compartida al instante con otros vehículos, con la infraestructura viaria y con otros sistemas de tráfico. No obstante, evitar colisiones colaborativamente plantea unos requisitos de fiabilidad y desempeño muy alejados de las funcionalidades de las redes actuales. Esta conectividad debe existir incluso

en zonas sin cobertura (ya sea por desvanecimientos de la señal, por la existencia de zonas de sombra en las ciudades o zonas remotas sin cobertura 5G).

La introducción de tecnologías como el 5G puede dar lugar a multitud de nuevas aplicaciones. Por ejemplo, los vehículos podrían ser teledirigidos a distancia por conductores remotos expertos. Los cinco casos de uso identificados para la industria automovilística son los siguientes:

- Conducción automática.
- Compartir la visión.
- Visión de pájaro.
- Digitalización del transporte y la logística.
- Información social en la carretera.

Es importante notar el papel activo de algunos fabricantes, como SEAT, involucrados en desarrollos iniciales tendentes a la identificación de aplicaciones en los verticales, como en la automoción (Coche conectado).

Será necesario que las infraestructuras viarias cuenten con cobertura 5G para asegurar la conexión del vehículo, de manera coordinada entre los diferentes países de la UE asegurando la interoperabilidad y garantizando la seguridad. También debe garantizarse la interoperabilidad, en este caso entre tecnologías, si se optara por dotar de cobertura híbrida (5G + Wi-Fi + ITS) en las vías de comunicación. Es importante, un plan coordinado de disponibilidad de cobertura 5G en la red de carreteras españolas.

Energía

La industria de la energía se ha desarrollado durante varios siglos y ha evolucionado en diferentes áreas: combustibles primarios para la generación de energía, redes de transporte de energía, sistemas de calefacción, etc. El coste creciente de la energía para los usuarios y la necesidad de disponer del suministro asegurado de fuentes de energía por parte de las economías nacionales, combinado con las crecientes preocupaciones medioambientales, propician un gran cambio en los sistemas energéticos.

Toda la cadena de valor de la energía está cambiando: la introducción de multitud de pequeñas centrales de energía renovables (solar, eólica, etc.) en el sistema, cuya producción no puede controlarse de antemano como en el caso de las clásicas centrales eléctricas basadas en la quema de combustibles fósiles, unida al cambio en los patrones de demanda de energía de los usuarios (vehículos eléctricos), son factores importantes para este cambio. Las compañías eléctricas también están cambiando: los clásicos monopolios controlados por los Estados y las grandes compañías ven cómo pequeñas empresas independientes entran en el mercado. La infraestructura que soportan estos sistemas también está cambiando: en el entorno de las Smart Grids, las tecnologías 5G desempeñarán un papel fundamental.

Los casos de uso identificados son:

- Acceso.

- Red troncal.
- Red de transporte.

Salud

Los cuidados de la salud suponen entre el 9% - 10% del PIB de los países europeos, con una tendencia creciente en los próximos años. Este es uno de los grandes desafíos socioeconómicos de nuestro tiempo, y existen grandes esperanzas en que la tecnología 5G sea clave para incrementar la eficiencia del sistema, por ejemplo, con capacidades de tele-asistencia remota y el empoderamiento de personal menos cualificado para acometer tareas que hoy desempeñan profesionales más cualificados. Aunque las aplicaciones de e-health pueden ser instrumentales para reducir esta carga social, los resultados de la consulta pública de la CE de 2012 *Comunicación de la comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones - Plan de acción de salud electrónica 2012-2020 - Atención sanitaria innovadora para el siglo XXI*²¹⁵, muestran que la absorción por parte del mercado de estas aplicaciones está bastante por debajo de las expectativas. El 5G permitirá la introducción de nuevos servicios como la “Medicina personalizada” o la “medicina de precisión” centradas en el paciente. Estas nuevas aplicaciones se beneficiarán de la arquitectura modular y distribuida del 5G, incluyendo las SDN y la capa de virtualización de red, Mobile Edge Cloud Computing y seguridad mediante el diseño.

Los aspectos clave en el dominio de la salud son la integración en tiempo real de un número masivo de objetos conectados, el procesamiento de grandes cantidades de datos, la integración de datos en tiempo real provenientes de diversas fuentes y diferentes redes, y la agregación de servicios de diferentes fuentes para soportar modelos integrados, incluyendo la facturación y la universalidad de la protección sanitaria. El progreso en el área del cuidado personalizado junto con las Smart Pharmaceuticals desarrollará una industria en el corto plazo que transitará de las compañías farmacéuticas actuales a proveedores de servicios, y que reducirá el consumo de medicamentos y sus efectos secundarios incrementando las terapias farmacéuticas. El 5G tiene un enorme potencial para mejorar la calidad de servicio de los cirujanos mediante el uso de robots, acortando el retardo y permitiendo el control remoto deslocalizado de estos robots. La latencia ultra baja puede permitir el empleo de percepciones artificiales en tiempo real (acústica, óptica, háptica²¹⁶) y la realidad aumentada. Los casos de uso identificados para el entorno de la salud son:

- Gestión de activos e intervenciones en el hospital.
- Robótica.
- Monitorización remota.
- Medicación más inteligente.

²¹⁵ https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/ehealth/docs/com_2012_736_es.pdf

²¹⁶ El término háptica designa la ciencia del tacto, por analogía con la acústica (el oído) y la óptica (la vista).

Seguridad pública

La tecnología 5G para seguridad pública²¹⁷ ofrecerá una serie de servicios de datos, voz y vídeo que por supuesto superarán a los de las tradicionales redes TETRA y también a las LTE-m. Las redes de emergencia actuales se basan en las comunicaciones de voz mediante el servicio Push-to-talk. Además de ofrecer este servicio, las redes 5G pueden dar respuesta a las necesidades de las entidades que se encargan de la seguridad:

- Capacidad para operar en entornos ruidosos o complicados.
- Autenticación de dos factores.
- Teléfono con altavoz.
- Cámara de cuerpo.
- Acceso instantáneo a datos.
- Interfaz háptico.
- Comunicaciones push-to-talk para misiones críticas.

A su vez, las características eMBB de las redes 5G permitirán el envío de imágenes y vídeo de alta definición que permitirá una mejor valoración de la emergencia, mientras que las características LLTC (*Low Latency Communications*) permitirán una comunicación casi instantánea entre agentes.

Ciudades inteligentes

Según las Naciones Unidas, dos tercios de la población mundial vivirán en ciudades en 2050, frente al 55% actual. Esto incrementará aún más los desafíos a los que se enfrentan hoy en día nuestras ciudades: masificación, atascos, contaminación, vivienda digna, etc. Las tecnologías 5G pueden contribuir a solventar estos desafíos: prácticamente desde todos los verticales 5G²¹⁸ identificados que contribuirán a crear ciudades más inteligentes:

- El vertical de seguridad pública incide al 100% entre los servicios que prestan los gestores de las ciudades a los ciudadanos.
- La conducción asistida o autónoma contribuirá a solucionar los problemas de tráfico, además de contribuir a mantener una comunicación entre vehículos e infraestructura que permitirá que tanto los vehículos como los semáforos, agentes de tráfico y demás actores contribuyan de manera orquestada a optimizar los desplazamientos dentro de la ciudad.
- El sector energético deberá contribuir a dar servicio a unas ciudades mucho más conectadas y por tanto electrificadas, a la vez que abandona los combustibles fósiles y apuesta por energías limpias.
- La característica mMTC de las redes 5G permitirá que multitud de elementos de la

²¹⁷ <https://www.aglmediagroup.com/why-public-safety-communications-needs-5g/>

²¹⁸ <https://5g.co.uk/guides/5g-smart-city/>

ciudad estén conectados en tiempo real: semáforos, farolas, contadores de agua y luz, contenedores, papeleras, y todo tipo de sensores y cámaras, por ejemplo.

Según un informe de Telefónica O2²¹⁹, la llegada del 5G puede contribuir a un ahorro de 6.000 millones de libras (unos 6.960 millones de euros) al año en el Reino Unido:

- El ahorro familiar podría llegar a las 450 libras (522 €) al año, gracias a ahorro en la factura de la luz, en comida y en impuestos. Según O2, contar con frigoríficos inteligentes disminuirá la comida que tiramos a la basura, y el coste del combustible de los vehículos eléctricos será mucho menor que el de la gasolina.
- Los ayuntamientos británicos podrían ahorrar hasta 2.800 millones de libras (3.248 millones de euros) al año, gracias a las luminarias de bajo consumo y a los contenedores de basura conectados
- Los profesionales del Servicio Nacional de Salud podrían ahorrar 1.100 millones de horas, gracias a las consultas en remoto a través de vídeo de alta calidad y a la monitorización remota que aportan los dispositivos portables (wearables).

Necesidades de conectividad de los verticales

La Asociación Pública-Privada de Infraestructura 5G (5G-PPP) ha identificado 5 verticales, como se ha indicado anteriormente: automoción, energía, entretenimiento, industria y salud. Dentro de cada una de estos verticales, se han identificado una serie de casos de uso. Con el fin de caracterizar las necesidades de cada uno de estos casos de uso, el 5G-PPP ha definido siete indicadores o parámetros críticos:

- **Velocidad de transmisión:** tasa binaria necesitada para el correcto funcionamiento del caso de uso. La vertical más exigente en este sentido es la del Entretenimiento con valores del orden de Gbps.
- **Movilidad (velocidad):** máxima velocidad relativa con respecto a la que la fiabilidad de la comunicación. En este caso, las verticales más exigentes son automoción y salud, con 500 km/h.
- **Latencia:** tiempo máximo desde que un paquete de datos es generado en la fuente hasta el instante en el que es recibido en el destino. Tiene en cuenta el tiempo de subida a la red y el de bajada hacia el receptor. La Industria es el vertical más exigente con requisitos de latencias de 100 µs a 10 ms.
- **Densidad:** máximo número de dispositivos (o vehículos) por unidad de área que pueden ser servidos por la red, aunque no transmitan simultáneamente. De nuevo la Industria es el vertical más exigente con densidades superiores a 100 equipos /m².
- **Fiabilidad:** máximo número de paquetes perdidos tolerable a nivel de aplicación dentro de la latencia máxima para esa aplicación. El vertical de salud lidera este ranking con un requisito de fiabilidad del 99,99999%.
- **Posicionamiento:** máximo error de posicionamiento tolerado por la aplicación. La automoción lidera este ranking con 0,3 m.

²¹⁹ <https://5g.co.uk/news/o2-upgrade-to-5g-or-lose-out/4306/>

5

Conclusiones

- **Cobertura:** área o población para la que la aplicación debe funcionar correctamente, siempre que los requisitos de velocidad de transmisión, latencia, densidad, etc. se cumplen.

Cada uno de estos indicadores es etiquetado con un número para cada uno de los casos de uso identificado. Este número tiene el significado siguiente:

- Sin requisitos
- ★ Bajo nivel de requisito
- ★★ Nivel medio que puede ser satisfecho con los sistemas actuales
- ★★★ Alto nivel, que está al límite o no puede ser satisfecho con los sistemas actuales.
- ★★★★ Nivel muy alto de requisito, que se corresponde con los objetivos límite del 5G según los define el 5G-PPP.

El resultado de la caracterización puede verse en la siguiente tabla²²⁰:

Vert.	Caso de uso	Velocidad de tx	Movilidad (velocidad)	Latencia	Densidad	Fiabilidad	Posicionam.	Cobertura
Industria	Control de procesos en tiempo real	★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★
	Automatización sin tiempo real	★★★	★★★	★★	★★★★★	★★★★★	★★★	★★
	Control remoto	★★★	★	★★	--	★★★	--	★★★★
	Comunicación dentro y fuera de la empresa	★★★	★	★★	--	★★★	--	★★★★
	Bienes conectados	★	★★	★	★★★★	★★	★★★★	★★★★
Automoción	Conducción autónoma	★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
	Compartir visión	★★★	★★★★★	★★★	★★★★★	★★★	★★★	★★★★★
	Vista de pájaro	★★★	★★★	★★★	★★★★★	★★★	★★★	★★★★
	Digitalización del transporte y la logística	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
	Sociedad de la información en la carretera	★★★	★★★★★	★★	★★★★★	★★	★★	★★★★★

²²⁰ 5G-PPP: 5G empowering vertical industries

Vert.	Caso de uso	Velocidad de tx	Movilidad (velocidad)	Latencia	Densidad	Fiabilidad	Posicionam.	Cobertura
Salud	Gestión de intervenciones y activos en el hospital	★★	★★	★★★★	★★★★	★★	★★★★★	★★★★
	Robotización	★★★★★	★	★★★★★	★	★★★★★	★	★★
	Monitorización remota	★★★★	★★★★★	★★	★★★★★	★★★★	★★	★★★★★
	Medicación smart	★★	★★★★	★★	★★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
Energía	Red de acceso	★	★	★	★★★★	★★	--	★★★★★
	Red troncal	★★	★	★★	★	★★★★	--	★★★★
	Red de transporte	★★★★	★	★★★★★	★	★★★★★	--	★★★★
Entretenimiento	Audiovisual de ultra alta calidad	★★★★★	★★★★	★	★★★★	★★★★★	★★	★★★★★
	Experiencia en eventos en vivo	★★★★★	★	★★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	★★
	Contenido generado por personas / máquinas	★★	★★★★	★★	★★★★	★★	★★	★★★★★
	Audivisual integrado e inmersivo	★★★★	★	★★★★	★★	★★★★	★★	★★★★
	Producción de contenidos cooperativo	★★★★★	★	★★★★	★	★★★★★	★★★★	★★
	Gaming colaborativo	★★★★★	★★★★	★★★★★	★★	★★★★	★★	★★★★★

Tabla 26. Relación entre características 5G y casos de uso por verticales

Cómo satisfacer las necesidades de espectro de los verticales

En la Tabla 26. Relación entre características 5G y casos de uso por verticales, puede comprobarse que determinados casos de uso 5G son muy exigentes en su demanda de tasa binaria de bits y de cobertura. Además, la tecnología y la regulación ofrecen y pueden ofrecer una flexibilidad novedosa en la manera en la que las compañías acceden al espectro. Se identifican 4 modalidades según los cuales el representante de una vertical (vehículos conectados, industria, entretenimiento, etc.) podrá en el futuro acceder al espectro para disfrutar de servicios 5G:

- **Modalidad 1: caso tradicional.** La conectividad 5G es ofrecida de manera estándar por un proveedor de red móvil a sus clientes de los verticales, en un comportamiento análogo a lo que ocurre hoy en día.
- **Modalidad 2: distintas funcionalidades sobre una misma red.** Gracias al slicing, los representantes de un vertical definen las características que debe tener la sub-red que le ofrece un proveedor de red. El proveedor de red es capaz de ofrecer distintos servicios y distintas funcionalidades a sus clientes en una misma zona geográfica soportados por una única red 5G. Este caso supone que el operador del vertical tiene un espectro que el operador de red le ofrece con una determinada calidad y disponibilidad.
- **Modalidad 3: mercado secundario de espectro.** El espectro obtenido a nivel nacional por parte de un proveedor de red es cedido a un representante de un vertical en un ámbito geográfico local. El representante del vertical se encarga de establecer su propia

red privada 5G para su propia operativa. Este escenario podrá requerir algún desarrollo regulatorio que facilite la implementación es esta modalidad.

- **Modalidad 4: espectro destinado a verticales.** Se reserva una porción de espectro para ser utilizado en exclusiva por algún vertical, generalmente con un ámbito geográfico local. En Alemania se está haciendo uso de esta modalidad.

Fuentes de información, metodología y agradecimientos

En la siguiente tabla se ofrece una impresión general aproximada y muy inicial sobre estimaciones de anchos de banda necesarios por cada vertical y las posibles bandas de frecuencias mejor adaptadas a dicho caso de uso. Esta tabla será objeto de mayor precisión y análisis una vez que las experiencias de los proyectos piloto arrojen conclusiones al respecto de los servicios y la gestión de los mismos en cada caso de uso, en relación con las canalizaciones utilizadas y bandas de frecuencias.

Impacto del coste del espectro en el despliegue

En el apartado Resumen comparativo de las asignaciones de espectro en los principales países europeos se describe el coste alcanzado en las subastas de espectro 5G realizadas en los principales países de Europa. A este respecto, el estudio de GSMA Alliance *The impact of spectrum prices on consumers*²²¹, de septiembre de 2019 concluye lo siguiente:

- Un alto coste del espectro conduce a resultados negativos para el consumidor, al restringir la capacidad financiera para la inversión en redes.
- Maximizar los ingresos de las asignaciones de espectro no debería ser una medida de éxito. Los precios de espectro excesivamente altos pueden revertir a los consumidores, y estos daños superan cualquier beneficio potencial que el obtenido a través de los mayores ingresos por subastas.
- Las subastas, cuando está bien diseñadas, pueden ser muy efectivas asignando el espectro a aquellos operadores que pueden generar el mayor valor.
- Limitar artificialmente el suministro de espectro conlleva grandes riesgos. Cuando se ofrece mayor cantidad de espectro, se suele traducir en que los consumidores experimentan servicios móviles de mayor calidad.
- El espectro debería lanzarse al mercado tan pronto como haya un caso de negocio para que los operadores lo usen. La licitación anticipada del espectro genera mejores resultados para los consumidores, lo cual es importante en los mercados donde se prioriza la alta cobertura y los servicios asequibles.
- El diálogo entre reguladores y operadores permite establecer licencias de espectro oportunas, justas y efectivas en beneficio de la sociedad. Un enfoque coordinado entre las partes interesadas en la regulación del sector móvil es esencial para lograr objetivos ambiciosos de inclusión digital y política industrial.

²²¹ <https://www.gsmaintelligence.com/research/2019/09/the-impact-of-spectrum-prices-on-consumers/801/>

Según estudios del GSMA Alliance, como puede apreciarse en la siguiente gráfica, desde 2015/16 se observa un descenso en el precio del espectro, tanto en países desarrollados como en países en vías de desarrollo:

Ilustración 40. Evolución del precio del espectro. Fuente: GSMA Alliance

Además del coste del espectro, el despliegue de la red 5G supondrá una importante inversión en equipos de red. La Comisión Europea ha estimado el coste de cumplir con los objetivos de conectividad para el año 2025, incluyendo la cobertura 5G en todas las áreas urbanas, en 500.000 M€. El uso de nuevas bandas de frecuencias por parte de la nueva tecnología obliga a desplegar nuevos equipos de acceso radio. Con el fin de ofrecer una cobertura en todo el territorio nacional, dicho despliegue deberá realizarse en decenas de miles de emplazamientos, suponiendo por tanto un coste elevado. Este despliegue de nuevos equipos para nuevas bandas de frecuencias debe ir acompañado de inversiones también en la red de backhaul, para que dé capacidad suficiente para los nuevos emplazamientos con la resiliencia que van a necesitar los nuevos servicios. También será necesario el despliegue de un nuevo Núcleo de Red distribuido, para habilitar una arquitectura SA (Stand Alone) que ofrezca servicios diferenciales.

La opinión de algunos fabricantes de equipos al respecto es la siguiente: se defiende un modelo de licitación con precios razonables para los operadores a cambio de la asunción por los operadores de compromisos ciertos y ambiciosos de cobertura. Además, en el caso de nuestro país, estos despliegues masivos se verán favorecidos por los acuerdos de compartición de redes (actuales o futuros) entre operadores y por la disponibilidad comercial de funcionalidades tecnológicas que permiten destinar bandas bajas actualmente usadas en 4G al despliegue de 5G. Es preferible un escenario de alcanzar grandes coberturas del territorio con la combinación de 700 MHz y bandas bajas reutilizadas incluso llegando a algunos puntos con una única red, que quedarnos en un 50% de cobertura, aunque en algunos lugares compitan tres o cuatro redes. Para más información respecto a este asunto, se puede consultar un informe más detallado elaborado por Ericsson bajo el título *Optimizing spectrum assignments to deliver expansive 5G connectivity*²²².

En este informe se muestra la Ilustración 41. Comparación entre la inversión necesaria para prestar servicio en diferentes regiones del mundo.

Fuente: *Optimizing spectrum assignments to deliver expansive 5G connectivity*. Ericsson, que indica que la inversión necesaria para prestar sus servicios de los operadores europeos es mayor que la de sus competidores en Estados Unidos y en Japón:

Ilustración 41. Comparación entre la inversión necesaria para prestar servicio en diferentes regiones del mundo.

Fuente: *Optimizing spectrum assignments to deliver expansive 5G connectivity*. Ericsson

El Informe de NERA para el GSMA²²³ concluye que en 32 mercados en los que el precio del espectro se situó por encima de la media, las redes desplegadas tuvieron menos cobertura y calidad inferior reduciendo en 250 mil millones de dólares el consumo estimado. Frente al argumento del “coste hundido”, que dice que los gastos de espectro son un compromiso asumido en el pasado que no afecta a las consecuencias para los operadores de sus decisiones de precio o inversión presentes, y por tanto no debería condicionarlas, NERA destaca el papel de las expectativas, que influyen en las decisiones de inversión. Adicionalmente hay que tener en cuenta el papel de las restricciones de liquidez, especialmente relevante. En un contexto en el que los operadores no puedan financiar las

²²² <https://www.ericsson.com/en/public-policy-and-government-affairs/optimizing-spectrum>

²²³ <https://www.gsma.com/spectrum/resources/effective-spectrum-pricing>

adquisiciones de espectro a un coste financiero razonable, tendrán que restringir la inversión en otras partidas.

Integración con otros servicios. Contribución de otras redes de radiocomunicaciones al despliegue de infraestructuras 5G (fibra óptica y satélite)

Importancia de disponibilidad de fibra óptica

Para ciertos casos de uso, la conectividad radio 5G se amparará en la posterior transmisión de la información mediante redes de fibra óptica. España cuenta con una red de fibra óptica de primer nivel internacional por lo que los servicios 5G se verán beneficiados en aquellos casos que la disponibilidad de fibra óptica sea crucial.

Según el informe Índice de la Economía y la Sociedad Digitales²²⁴ (DESI) de la CE en 2019, *“España es uno de los países con mejores resultados en el despliegue de banda ancha ultrarrápida así como en la implantación de conexiones de banda ancha ultrarrápida. El despliegue está impulsado por inversiones comerciales realizadas por diversos operadores de telecomunicaciones, un marco regulatorio centrado en fomentar despliegues mediante un eficiente acceso regulado a los conductos y respaldado por una ambiciosa estrategia nacional que concede subvenciones en zonas poco pobladas o rurales.”*

²²⁴ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/scoreboard/spain>

España lidera la penetración de la fibra en la Unión Europea, únicamente siendo superado en despliegue por Letonia y Lituania (países con unas dimensiones y orografía mucho más sencillos que España, lo cual facilita el despliegue en esos países). España tiene más hogares conectados por fibra óptica que Alemania, Reino Unido, Francia e Italia juntas:

Ilustración 42. Despliegue de fibra óptica en Europa. Fuente: IDATE for FTTH Council Europe

Esta situación de liderazgo en infraestructuras presenta una doble cara: por un lado, nos sitúa en una posición inmejorable para aprovechar el impulso decidido de este país por las infraestructuras y complementar el despliegue 5G con las redes de transporte de fibra ya existentes en España. Por otro lado, uno de los casos de uso pioneros de 5G es la extensión de banda ancha en zonas rurales, allá donde tradicionalmente no llega la banda ancha mediante fibra óptica, como está ocurriendo por ejemplo en Estados Unidos. Este caso de uso no será atractivo en España en el corto plazo.

Contribución de soluciones basadas en sistemas de satélites

Considerando que los enlaces vía satélite pueden aportar soluciones de conectividad en general, los requisitos de muy baja latencia para algunos casos de uso 5G podrían suponer un uso limitado de los sistemas de satélite, sobre todo de las tecnologías basadas en satélites geoestacionarios.

La principal ventaja de un sistema satelital es su funcionalidad de prestar cobertura global simultánea a toda la zona de servicio deseada. Los usuarios pueden estar ubicados en cualquier punto geográfico y pueden acceder al satélite con independencia de si la correspondiente red 5G terrestre se haya desplegado en dicha zona geográfica.

La CEPT ha elaborado un Informe específico²²⁵ que describe las posibilidades de uso del satélite en el marco de las redes 5G.

La Asociación satelital ESOA ha identificado una serie de aplicaciones en las que los sistemas satelitales pueden contribuir al despliegue del 5G:

- Radiodifusión y Multicast mediante sistemas satelitales geoestacionarios de gran ancho de haz, con capacidades de Gbps por satélite.
- Comunicaciones de datos IP a estaciones fijas y móviles, mediante sistemas satelitales geoestacionarios de alta eficiencia (Very High Throughput Satellites-HTS), con capacidades de Gbps y Tera bits por segundo por satélite.
- Comunicaciones de datos IP a estaciones fijas y móviles, mediante sistemas satelitales no-geoestacionarios, con capacidades superiores a los Tbps por satélite

²²⁵ Informe ECC 280. Satellite solutions for 5G. Mayo 2018

Los operadores de satélites han manifestado su interés en complementar el despliegue de redes 5G mediante el uso de sistemas de satélites que permitan extender la cobertura y la disponibilidad de algunos de los servicios 5G al mayor número de usuarios.

Ilustración 43. Los satélites en el contexto de infraestructura global. Fuente: Informe ECC 280

Es conocida la característica técnica de los sistemas de satélites geoestacionarios de su latencia en la propagación debido a su ubicación a 36.000 km de distancia. Resulta lógico pensar que las aplicaciones típicas de 5G que se basarán en parámetros de retardos muy bajos en la comunicación extremo a extremo, no sean posibles de ser cursados mediante la inclusión de un sistema satelital en la red 5G.

La siguiente tabla resume algunas de las redes de satélites que están desplegándose o en fase de despliegue y que podrían apoyar y complementar a las redes terrestres. Según los operadores de satélites, estas redes suponen una inversión cercana a los mil millones de euros.

Redes de satélites actuales y futuras que pueden desempeñar un papel de apoyo al 5G	
Satélites Geoestacionarios	Satélites no Geoestacionarios
Hispasat H30W-6, H30W-5 H36W-1	O3b 20 MEO
SES Astra 2E, 2G, 3B, 4A, 5B	OneWeb LEO
INMARSAT Global Xpress Inmarsat-5 F1, F2, F4, GX-5, Inmarsat-6	SpaceX
Eutelsat KaSat, Future Konnect	Telesat LEO
Intelsat EuropeStar, Epic IS-29e, IS-33e, IS-37e, IS-36e, IS-20	O3b mPower
OHB Future H2Sat	Leosat
Avanti Hylas 1, 2, 4	
Arabsat BADR7, 5A, 6A	
Telenor Thor 7	
Turksat 4B, 5B	
Viasat Viasat-2, future Viasat-3	
Yahsat AY1, AY2, AY3	

Tabla 27. Redes de satélites actuales y futuras que pueden desempeñar un papel de apoyo al 5G

La Asociación industrial ESOA ha publicado un libro blanco sobre el rol del satélite en el despliegue 5G asumiendo que la consecución de una amplia cobertura de cualquier servicio de radiocomunicaciones requiere un cierto plazo quedando probablemente algunas capas de población sin acceso debido a la imposibilidad práctica de garantizar acceso a cualquier servicio de telecomunicaciones para el 100% de la población, independientemente de su ubicación geográfica. Según ESAO, las redes de satélites podrían apoyar el 5G en:

- Alimentación de redes: trunking y cabeceras
- Apoyo en red troncal y soporte a torres de radio
- Comunicaciones en movimiento (tierra, mar y aire)

El posible rol del satélite también está mencionado en los planes y recomendaciones de la Comisión Europea²²⁶, que reconoce al satélite como un componente de la infraestructura 5G, apuntando a los aspectos de ubicuidad, cobertura y en algunos casos también soluciones económicas en determinadas áreas geográficas. El aspecto de ubicuidad y universalidad de acceso dentro de la cobertura del satélite puede ser muy relevante para:

- Complementar la cobertura de redes terrestres y extender las células terrestres
- Complementar la conectividad a los nodos móviles en barcos, aviones, trenes y otros vehículos.
- Descargar de redes terrestres saturadas temporalmente
- Servicios de apoyo (backhauling) para las estaciones fijas y móviles 5G
- Servicios específicos en casos de comunicaciones para emergencia y situaciones de desastres.

La siguiente tabla resume la panorámica global de aplicaciones en las que las soluciones satelitales pueden contribuir al despliegue de 5G.

²²⁶ http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=17131

Empleo de soluciones satelitales para casos de uso 5G

1. Servicios desde o hacia sensores M2M/IoT activados por batería
2. Conectividad banda ancha para aviones no tripulados (UAVs) o drones
3. Distribución de contenidos a plataformas en movimiento (multicast) para aeronaves, trenes, vehículos, barcos.
4. Conexión secundaria o de reserve (limitada en capacidad) en casos de fallos en red terrestre principal.
5. Radiodifusión eficiente a usuarios finales o vehículos, con apoyo a servicios de radiodifusión de banda estrecha o para mensajes de emergencias.
6. Conectividad banda ancha para zonas aisladas a bordo de aviones o barcos
7. Conectividad banda ancha a células especiales para misiones críticas de Comunicaciones de emergencia o recuperación de zonas en desastres.
8. Conectividad banda ancha para redes de cabecera (Head-End)
9. Dispositivos IoT sobre contenedores para propósitos de tracking o marcado.
10. Conectividad banda ancha para pequeñas oficinas u hogares en áreas fuera de cobertura en combinación con los servicios terrestres
11. Conectividad banda ancha para las estaciones base o repetidores a bordo de plataformas móviles (trenes, aviones, barcos).
12. Suministro de Comunicaciones a redes en modo multicast o radiodifusión para los extremos de red y con contenidos en directo, o específicos

Un caso particular de contribución de las soluciones satelitales al despliegue y amplia cobertura 5G lo pueden aportar las nuevas constelaciones de satélites del servicio móvil por satélite para aplicaciones de banda estrecha, inicialmente basadas en interfaces privadas (propietarias) y evolucionando a utilización masiva de la interfaz NB-IoT.

Para que las soluciones basadas en satélites no geoestacionarios en casos de uso NB-IoT puedan cursarse es necesario la inserción de ciertas funcionalidades en las correspondientes versiones de las normas técnicas 5G. Entre otras cuestiones técnicas se planifica estudiar las siguientes:

- Release 16
- LEO /GEO con carga útil regenerativa
- Release 17
- HAPS con carga útil transparente
- NB-IoT/LTE-M para NTN
- Redes NTN basadas en la ubicación del terminal de usuario
- OFDM PAPR
- Release 18
- MIMO en contexto NTN
- Conectividad dual
- Release 19
- Pendientes de definir

En fechas recientes, la prensa ha informado²²⁷ sobre la intención de Apple de explorar las posibilidades de utilización de sistemas de satélites que permitan cobertura total sin el uso de redes terrestres. Se ha reportado que Apple apunta hacia casos de uso ligados a la visión con gafas de realidad aumentada y vehículos autónomos. Para ello, la prensa ha indicado que el presupuesto de Apple para investigación y desarrollo se ha incrementado en un 15% con respecto al año anterior alcanzando los 16.000 millones de dólares. Se espera que los primeros teléfonos equipados con funcionalidades 5G estarán disponibles a lo largo del 2020. Apple planifica distribuir al mercado un volumen de 60 millones de teléfonos 5G probablemente la mayoría en las bandas por debajo de 6 GHz.

²²⁷ <https://www.lightreading.com/mobile/5g/could-apple-sidestep-5g-with-satellites/d/d-id/756592>

Conclusiones

Se recogen a continuación una serie de recomendaciones sobre futuras actuaciones en materia de espectro, regulación y despliegue para 5G, así como para futuras actuaciones de revisión del estado de 5G en sus diferentes aspectos.

Disponibilidad de espectro

1. Elaboración de dossier de hechos/datos a tenor de los estudios de benchmarking realizados resaltando los aspectos más relevantes comparativos, a efectos de comunicación pública.
2. Necesidad de impulsar la revisión las canalizaciones de espectro en la banda de 3,4-3,8 GHz a fin de conseguir asignaciones de espectro contiguo del mayor ancho de banda posible.
3. Subastar la banda de 700 MHz y poner el espectro a disposición de los operadores.
4. Un análisis detallado de la banda de 26 GHz, desde distintos puntos de vista: las necesidades de los representantes de los verticales en España, las necesidades de los operadores, la migración de los servicios actualmente en funcionamiento por parte de los incumbentes, las características de la banda (propagación en interiores, alcance), el equipamiento disponible, las experiencias regulatorias en otros países, los planes de canalización establecidos por organismos de normalización técnica, los resultados de los pilotos en esta banda. El resultado de este análisis debería fundamentar las decisiones regulatorias que se tomen con respecto a esta banda
5. Balance entre ventajas e inconvenientes de espectro asignado a los operadores para posterior uso por los verticales o espectro asignado directamente a algunos verticales (Monitorización del escenario alemán)
6. Considerar la identificación de espectro en bandas no licenciadas donde podrían ser utilizadas por los verticales. Aunque los operadores se muestran escépticos al respecto de uso de bandas no licenciadas, conviene examinar la posible utilización de la banda de 6 GHz a tenor de las conclusiones de la CMR 19 para las redes WAS/RLAN.
7. Análisis de requisitos y obligaciones asociadas a criterios de asignación del espectro que permitan realizar balance entre las opciones de asignación de espectro que maximicen la competencia y opciones que maximicen la inversión.
8. Análisis detallado del coste del espectro en los distintos mercados sobre todo en comparación con países fuera de Europa.

Normas técnicas

- 9. Monitorizar la aprobación esperada de la Release 16 y el plan de trabajo para la Release 17. Monitorizar la adecuación de las funcionalidades a las expectativas de los verticales y casos de uso específicos
- 10. Monitorizar la disponibilidad de equipos de red y de usuario en el mercado de acuerdo con las versiones de la norma técnica (Release)
- 11. Considerar posibles regulaciones asociadas a regímenes de auto-certificación de instalación, y posteriores inspecciones de las autoridades competentes, como elementos de introducción de agilidad en los despliegues, en comparación con mecanismos de autorización previa.

Despliegue

- 12. Análisis del impacto de los despliegues comerciales pioneros en el mundo, su aceptación por los usuarios y posibles ventajas competitivas debidas a la regulación específica en cada uno de esos mercados.
- 13. Monitorización de la disponibilidad de equipamiento comercial para la red y de usuarios.
- 14. Analizar cómo racionalizar el despliegue 5G. Estudiar en detalle la figura del operador neutro de comunicaciones 5G, cómo acompañar las actuaciones en entornos urbanos, así como la de la compartición de infraestructuras o espectro, estudiando las posibilidades de compartición y marco global del operador neutro.
- 15. Seguimiento de la evolución de los pilotos en distintos países del Mundo y su impacto.

Políticas públicas

- 16.** Promover la elaboración de un código de buenas prácticas para el despliegue en entornos urbanos. Sobre la necesidad de regulación de despliegue de redes 5G en entornos urbanos existiría la posibilidad de la regulación guía o genérica que pueda ser complementada con regulación local, que en cualquier caso deben dejar flexibilidad para su interpretación en una multitud de casos singulares que se dan en nuestro urbanismo. Es por ello, que se debe considerar igualmente la posibilidad de elaborar una regulación blanda que permita un cierto grado de adaptación a las características de los diferentes municipios. Esta regulación se podría llevar a cabo mediante Mesas de trabajo donde se involucren reguladores a niveles nacional, autonómico y local, junto a operadores de telecomunicaciones y representantes de los verticales.
- 17.** Monitorización de la evolución de la aplicación de la normativa sobre neutralidad de red en los servicios, como impulsor o restricción en determinadas aplicaciones y sobre todo en flexibilidad de optimizar el uso del espectro para los verticales.
- 18.** Análisis detallado de la seguridad 5G y su impacto en el despliegue 5G, aspecto que se ha venido demostrando crucial en el despliegue de redes 5G.

Fuentes de Información consultadas

Se listan a continuación los documentos y referencias que han permitido extraer información puntual o gráficas o comentarios. Se ha tratado de facilitar la identificación de la fuente no solo mediante este capítulo resumen sino en cada apartado donde se utiliza información mediante notas a pie de página.

1. Reglamento de Radiocomunicaciones (RR).
2. Cuadro Nacional de Atribuciones de Frecuencias (CNAF).
3. Cuadro Europeo de Atribuciones de Frecuencias de la Oficina Europea de Comunicaciones (ECO).
4. Actas de las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR).
5. Decisiones de la CEPT y de su Comité de Comunicaciones Electrónicas (ECC).
6. Disposiciones y resoluciones de la Dirección General de Telecomunicaciones sobre servicios de Radiocomunicaciones.
7. Decisiones, Comunicaciones e Informes de la Comisión Europea (Hoja de Ruta 5G, etc.).
8. Posicionamiento de la Comisión Europea al respecto de la CMR 2019.
9. Hoja de ruta 5G de la SEAD. Plan Nacional 5G.
10. Orden ECE/1016/2018, de 28 de septiembre, por la que se establecen las bases reguladoras de la concesión de subvenciones a proyectos piloto de tecnología 5G.
11. Resolución de la secretaría de estado para la sociedad de la información y la agenda digital por la que se habilitan determinadas bandas de frecuencias para la realización de pruebas piloto contempladas en el plan nacional 5G.
12. Observatorio Europeo 5G.
13. Comunicaciones y decisiones del Grupo Radio Spectrum Policy Group (RSPG) de la Unión Europea.
14. COM (2016)588. Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones.
15. La 5G para Europa: un plan de acción.
16. Comisión Europea. European 5G Observatory. - Is Europe ready for 5G?
17. Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI).
18. Grupo 3GPP del ETSI.
19. Resolución por la que se habilitan determinadas bandas de frecuencias para la

realización de pruebas piloto contempladas en el Plan Nacional 5G.

20. Orden ECE/1016/2018, de 28 de septiembre, por la que se establecen las bases reguladoras de la concesión de subvenciones a proyectos piloto de tecnología 5G.
21. ECO. ECO REPORT 03. The licensing of “mobile bands” in CEPT. 8 de Noviembre de 2018.
22. GSMA. 5G Américas. 5G spectrum vision.
23. GSMA. Posición sobre espectro para 5G.
24. GSMA. Espectro 5G. Postura de la GSMA sobre política pública.
25. GSMA Intelligence. 5G in China: Outlook and regional comparisons.
26. GSMA. The 5G era in the US.
27. GSMA. 5G in MENA: GCC operators set for global leadership.
28. GSMA. ECOWAS. WRC-19 Agenda Item 1.13.
29. GSA. Spectrum for Terrestrial 5G Networks: Licensing Developments Worldwide.
30. ESOA. Integration of satellite and non-terrestrial technologies into IMT-2020.
31. ESOA. mmWave Band Spectrum for 5G.
32. ASMG. Next Generation Network Roadmap towards 5G.
33. INCITES. Europe 5G Readiness Index Assessing Europe’s readiness to deploy 5G.
34. IDATE. Some perspectives on 5G / ‘IMT-2020’ IDATE / Plum Workshop On mmWave 5G.
35. NetWorld2020 SME Working Group.
36. UK Raconter Agency. Why 5G is more than simply faster 4G.
37. Artech House. 5G and Satellite Spectrum, Standards and Scale.
38. Julián Seseña. Joint Expert and Vision Workshop “Beyond 5 G”, París, June 29th, 2015. The 2019 spectrum shared jungle.
39. 5G observatory: 5gobservatory.eu.
40. Sitios web de los principales operadores españoles: Movistar, Vodafone, Orange y MásMóvil.
41. Sitios web de los principales fabricantes de equipos de red 5G: Ericsson, Huawei, Nokia, Samsung, ZTE.
42. Portales de noticias especializados:
 - a. <https://www.wired.com/>
 - b. <https://www.policytracker.com/>
 - c. <https://www.everythingRF.com>

43. 43BEREC. Segunda Opinión 2018.
44. Recomendaciones de la UIT:
 - UIT-R P.676
 - UIT-R M.1224
 - UIT-R M-2083
 - UIT.M R.2410
45. Comunicaciones de la Comisión Europea:
 - Estrategia MUD de la Comisión Europea para el Mercado Único Digital
 - Comunicación de la Comisión Europea Connectivity for a Competitive Digital Single Market: Towards a European Gigabit Society
 - Estudio de la CE sobre los sectores de la automoción, sanidad, transporte y energía: identification and quantification of key socio economic data for strategic planning of 5G
 - DIRECTIVE (EU) 2018/1972 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 establishing the European Electronic Communications Code. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L1972&from=EN>
 - COM(2016) 588 final. Bruselas, 14.9.2016. COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES. La 5G para Europa: un plan de acción
 - COM(2016) 176 final
46. Informes periódicos del 5G Observatory:
 - 5G Observatory Quarterly Report 4 – Junio 2019
 - 5G Observatory Quarterly Report 5 – Septiembre de 2019
47. 5G-PPP: 5G empowering vertical industries
48. ECC(19)042 Annex 32_CEPT Roadmap 5G.docx
49. Opinión de GSMA sobre procedimientos de subastas. Septiembre de 2016
50. <https://www.entreprises.gouv.fr/numerique/mise-oeuvre-de-la-feuille-de-route-5g>
51. RSPG18-005 FINAL. RADIO SPECTRUM POLICY GROUP. STRATEGIC SPECTRUM ROADMAP TOWARDS 5G FOR EUROPE. RSPG Second Opinion on 5G networks
52. Tefficient, Septiembre de 2019: Mobile data consumption continues to grow – a majority of operators now rewarded with ARPU
53. Who is leading the 5G patent race? IPLytics, Julio de 2019
54. 3GPP TR 38.811 v0.3.0 “Study on New Radio (NR) to support non terrestrial networks (Release 15)”
55. 3GPP TR 22.822 “Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on using Satellite Access in 5G” Stage 1 (Release 16)
56. 5G Innovations for New Business Opportunities, 5GPPP White Paper 2017
57. Informe ECC 280. Satellite solutions for 5G, Mayo 2018

Fuentes web:

1. Documento RSPG 16-031final, véase <http://rspg-spectrum.eu/public-consultations>
2. <http://5gobservatory.eu/5g-spectrum/national-5g-spectrum-assignment/#1533313745961-d2a5cc14-241a>
3. <http://5gobservatory.eu/arcep-authorizes-eleven-5g-projects-to-use-the-26-ghz-band/>
4. <http://5gobservatory.eu/chinas-carriers-to-build-a-shared-5g-network/>
5. <http://5gobservatory.eu/deutsche-telekom-launched-5g-services-in-five-cities/>
6. <http://5gobservatory.eu/ee-launches-commercial-5g-services-in-uk/>
7. <http://5gobservatory.eu/info-deployments/pan-eu-5g-corridors/>
8. <http://5gobservatory.eu/orange-deploys-5g-in-marseille-in-partnership-with-nokia/>
9. <http://5gobservatory.eu/south-korea-wins-final-sprint-for-5g/>
10. <http://5gobservatory.eu/switzerlands-sunrise-expands-5g-coverage-to-80-of-population/>
11. <http://5gobservatory.eu/telefonica-launches-5g-services-in-the-uk/>
12. <http://5gobservatory.eu/telstra-launches-5g-service-in-australia/>
13. <http://5gobservatory.eu/three-uk-launched-5g-fwa-service/>
14. <http://5gobservatory.eu/tim-launches-5g-services-in-parts-of-rome-and-turin-with-new-5g-plans/>
15. <http://5gobservatory.eu/vodafone-and-o2-agree-to-share-5g-networks-and-split-the-bill-in-the-uk/>
16. <http://5gobservatory.eu/vodafone-expands-its-5g-coverage-in-the-uk/>
17. <http://5gobservatory.eu/vodafone-italia-switches-on-5g-in-5-cities/>
18. <http://5gobservatory.eu/vodafone-launched-5g-technology-in-berlin/>
19. <http://5gobservatory.eu/vodafone-launched-commercial-5g-services-in-ireland/>
20. <http://5g-transformer.eu/>
21. <http://blog.orange.es/noticias/orange-y-vodafone-amplian-acuerdos-comparticion-de-redes-moviles-y-fijas/>
22. <http://global5g.org/news/manufacturing-steps-towards-new-industrial-revolution>
23. <http://global5g.org/news/webinar-how-5g-can-support-transformation-manufacturing-sector-11-july>
24. <http://jultika.oulu.fi/Record/isbn978-952-62-2354-4>
25. <http://politiquesdigitals.gencat.cat/web/.content/Telecomunicacions/5G/Estrategia-5G-de-Catalunya.pdf>
26. http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/RPSG16-032-Opinion_5G.pdf
27. <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/101-carrier-aggregation-explained>

28. <http://www.6gsummit.com/2019/>
29. <http://www.threemediacentre.co.uk/news/2019/19-08-2019a.aspx>
30. <http://www-file.huawei.com/-/media/CORPORATE/PDF/white%20paper/2019/huawei-5g-security-white-paper-4th-en.pdf>
31. <https://5g.co.uk/guides/5g-smart-city/>
32. <https://5g.co.uk/news/o2-upgrade-to-5g-or-lose-out/4306/>
33. <https://5gbarcelona.org/es/>
34. <https://5gbarcelona.org/es/noticias/cataluna-se-convierte-en-el-primer-laboratorio-abierto-de-5g-a-escala-europea/>
35. <https://5globalnews.com/release-16-what-will-the-5g-standard-be/>
36. <https://5gobservatory.eu/orange-romania-launches-5g-in-three-cities/>
37. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2018/07/24/companias/1532429492_902902.html
38. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/06/14/companias/1560501301_577414.html
39. <https://community.o2.co.uk/t5/Welcome-News/O2-5G-to-arrive-in-2019/td-p/1200163>
40. <https://elisa.fi/kuuluvuus/>
41. <https://en.wikipedia.org/wiki/5G>
42. <https://mediacentre.vodafone.co.uk/news/5g-unlimited-data-more-places-than-any-other-network/>
43. <https://newsroom.ee.co.uk/ee-and-stormzy-light-up-london-skyline-and-use-vr-to-give-music-fans-across-the-uk-a-front-row-seat-as-the-uks-first-5g-network-is-switched-on/>
44. <https://puentesdigitales.com/2018/12/17/el-desarrollo-del-coche-autonomo-en-espana/>
45. <https://spectrum.ieee.org/telecom/wireless/3gpp-release-15-overview>
46. https://techcrunch.com/2019/11/05/fcc-approves-t-mobile-sprint-merger-despite-serious-concerns/?guccounter=1&guce_referrer_us=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLnNvbS8&guce_referrer_cs=rThkfxgOB9yyH7BhnVOltw
47. <https://tecno.americaeconomia.com/articulos/licencias-de-patentes-para-smartphones-5g-generaran-us20000m-en-2025>
48. <https://venturebeat.com/2019/07/10/monaco-debuts-europes-first-nationwide-5g-network-using-huawei-gear/>
49. <https://www.01net.com/actualites/orange-lancera-la-5g-au-printemps-2020-1766006.html>
50. <https://www.3gpp.org/release-15>
51. <https://www.3gpp.org/release-16>
52. <https://www.3gpp.org/release-17>

53. <https://www.5gamericas.org/att-to-offer-mobile-5g-in-7-more-u-s-cities/>
54. <https://www.5gamericas.org/wireless-sprint-turns-on-5g-in-four-more-markets/>
55. <https://www.abiresearch.com/press/abi-research-projects-5g-worldwide-service-revenue/>
56. <https://www.aglmediagroup.com/why-public-safety-communications-needs-5g/>
57. <https://www.arcep.fr/demarches-et-services/professionnels/transformation-numerique-des-entreprises/guichet-frequences-2-6-tdd.html>
58. https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1570120300/user_upload/grands_dossiers/5G/plan-bataille-5G-arcep-300119.pdf
59. https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1570120300/user_upload/grands_dossiers/5G/plan-bataille-5G-arcep-300119.pdf
60. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2011-15023
61. <https://www.cept.org/ecc/topics/spectrum-for-wireless-broadband-5g>
62. <https://www.cept.org/files/18334/ECC%20Strategic%20Plan%202015-2020%20web-ready.pdf>
63. <https://www.efe.com/efe/america/tecnologia/corea-del-sur-estrena-la-primera-red-nacional-de-telefonía-5g-mundo/20000036-3944904>
64. https://www.eldiario.es/eldiarioex/Portugal-Espana-corredor-Evora-Merida-conductor_0_763974424.html
65. <https://www.entreprises.gouv.fr/numerique/mise-oeuvre-de-la-feuille-de-route-5g>
66. <https://www.ericsson.com/en/press-releases/2019/6/digi--rcs--rds-and-ericsson-go-live-with-5g-mobile-service-in-romania>
67. <https://www.esmartcity.es/2018/10/26/autobus-urbano-segovia-ofrece-contenidos-tv-4k-como-parte-piloto-5g-telefonica>
68. <https://www.europapress.es/economia/noticia-vodafone-realiza-espana-portugal-primera-conexion-datos-5g-transfronteriza-movilidad-20190522152315.html>
69. <https://www.expansion.com/empresas/tecnologia/2019/09/04/5d6ec539e5fdeae32b8b45ad.html>
70. <https://www.expansion.com/empresas/tecnologia/2019/10/01/5d930a43468aeb8c2a8b46b0.html>
71. <https://www.fiercewireless.com/5g/telia-finland-teams-nokia-for-5g-fwa-launch-offers-5g-subscriptions>
72. https://www.grupomasmovil.com/wp-content/uploads/2019/10/011019_Grupo-MASMOVIL-alcanza-un-acuerdo-global-de-redes-con-Orange.pdf
73. <https://www.gsma.com/spectrum/resources/effective-spectrum-pricing>
74. <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2017/02/Espectro-5G-Posici%C3%B3n-de-la-GSMA-sobre-pol%C3%ADticas-p%C3%BAblicas.pdf>
75. <https://www.gsmaintelligence.com/research/2019/09/the-impact-of-spectrum-prices-on-consumers/801/>

76. <https://www.huawei.com/es/press-events/news/es/2019/huawei-alcanza-los-50-contratos-comerciales-de-5g>
77. <https://www.icerda.org/media/files/Densificaci%C3%B3n%20y%20racionalizaci%C3%B3n%20de%20las%20redes%205G%20en%20el%20territorio.pdf>
78. <https://www.judiciary.uk/wp-content/uploads/2017/04/unwired-planet-v-huawei-20170405.pdf>
79. <https://www.lifewire.com/5g-south-korea-4583813>
80. <https://www.lightreading.com/mobile/5g/t-mobile-relies-on-lte-for-5g-launch/a/d-id/754355>
81. <https://www.mobileeurope.co.uk/press-wire/hutchison-drei-claims-austria-s-first-true-5g-network>
82. https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0022/111883/enabling-5g-uk.pdf
83. https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf
84. <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/award-700mhz-3.6-3.8ghz-spectrum>
85. <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/enabling-opportunities-for-innovation>
86. <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-3/implementing-decisions-57-71-ghz-band>
87. <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/spectrum-management/spectrum-awards/awards-archive/2-3-and-3-4-ghz-auction>
88. <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/spectrum-management/supporting-role-wireless-innovation-uk-industry>
89. <https://www.ponti.pro/noticias/directrices-para-licencia-patentes-esenciales-5g-e-iot/>
90. <https://www.reuters.com/article/us-china-teleco-5g-idUSKCN1VU1FH>
91. https://www.saladeprensa.vodafone.es/c/notas-prensa/np_acuerdoredes/
92. https://www.sktelecom.com/advertise/press_detail.do?idx=5030&page.page=1&page.type=all&page.keyword=
93. https://www.sktelecom.com/advertise/press_detail.do?idx=5046&page.page=1&page.type=all&page.keyword=
94. <https://www.techradar.com/news/trump-signs-order-laying-out-us-5g-strategy>
95. <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2018/06/29/elisa-claims-commercial-5g-launch-in-estonia-and-finland/>
96. <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2019/09/03/tele2-latvia-unveils-first-5g-handset-follows-riga-launch-1gbps-tests/>
97. <https://www.twobirds.com/~media/pdfs/who-is-leading-5g-development.pdf?la=en&hash=AB57AC4B01AD1F8BE641A590222DE8BDA1D8B082>

- 98. <https://www.vodafone.es/c/conocenos/es/5g/>
- 99. <https://www.vodafone.es/c/conocenos/es/vodafone-espana/mapa-cobertura-movil/>
- 100. <https://www.vodafone.es/c/particulares/es/productos-y-servicios/moviles/moviles-5g/>
- 101. <https://www.youtube.com/watch?v=wEZtbaMIHYQ>
- 102. Proveedor de iconos (Ilustraciones): <https://iconos8.es/> y <http://freepik.com>
- 103. <https://www.lightreading.com/mobile/5g/could-apple-sidestep-5g-with-satellites/d/d-id/756592>

Metodología aplicada en la elaboración del Informe

Para la realización de este informe, se aplicó una estructura en bucle, de manera análoga a los proyectos de desarrollo con metodologías ágiles, en la que las diversas fases no se suceden de manera secuencial sino iterativa. Tiene especial importancia en este enfoque la fase de validación y contraste, que es la que permite ir corrigiendo el rumbo conforme avanza la redacción del Informe, para asegurar que el resultado es el deseado.

Fase 1: Recopilación de información y fuentes contrastables de datos al respecto

El objetivo de esta fase ha sido recoger todos los datos relevantes para la redacción de un informe completo, actualizado, riguroso y útil.

Descripción de la manera de llevarlo a cabo

Para alcanzar el objetivo propuesto, se recoge información de diversas fuentes:

- Conocimiento acumulado previo por parte del licitador.
- Conocimiento de expertos
- El licitador cuenta con pleno acceso a la información relevante de los organismos identificados.
- Se llevaron a cabo diferentes consultas a personas relevantes en este ámbito, mediante entrevistas personales, conversaciones telefónicas o comunicaciones por medios electrónicos.
- Igualmente, se monitorizó la información disponible en eventos, reuniones y talleres que sean relevantes para la actualización de la información.
- Información pública disponible en internet.

El resultado de esta fase es la obtención de todos aquellos datos necesarios para la correcta realización del documento objeto del contrato.

Fase 2: Análisis de la información disponible

El objetivo de la fase de análisis ha sido convertir todos los datos recopilados en la fase 1 en información adecuada para ser incluida en el informe final.

Descripción de la manera de llevarlo a cabo

- Con respecto a la disponibilidad de espectro
 - Realización de resúmenes sobre capacidades de espectro en el corto, medio y largo plazo.
 - Análisis de los criterios de asignación de bandas de frecuencias, autorizaciones, subastas.
- Con respecto al estadio de la normalización técnica
 - Revisión de los planes de trabajo del ETSI, 3GPP y su grupo especializado al respecto de las normas disponibles y hoja de ruta sobre desarrollo de normas técnicas 5G.
- Con respecto al despliegue de redes 5G
 - Revisión de pilotos tempranos en marcha de redes 5G.
 - Planes de despliegue de redes 5G en España, Europa y principales países del mundo.
 - Análisis de experiencias y resultados preliminares sobre la explotación de redes 5G.

El resultado de esta fase es la transformación de los datos recopilados en la fase anterior en información analizada, contrastada y organizada, lista para formar parte del informe final.

Fase 3: Redacción del informe e identificación de conclusiones, recomendaciones y hechos relevantes

El objetivo de esta fase ha consistido en identificar aquellas conclusiones, recomendaciones y hechos relevantes que han de figurar en el informe final, así como en la redacción de diferentes versiones del informe.

Descripción de la manera de llevarlo a cabo

- Con respecto a la disponibilidad de espectro
 - Identificación de bandas disponibles.
 - Criterios seguidos o previstos en relación con las asignaciones de frecuencias, subasta, concursos, etc.
- Con respecto al estadio de la normalización técnica
 - Expectativas al respecto de la disponibilidad de normas técnicas y plan de trabajo / Hoja de ruta para el desarrollo de normas técnicas futuros 5G.
- Con respecto al despliegue de redes 5G.
 - Recomendaciones sobre cada uno de los aspectos anteriores que sean objeto de

destacar para el despliegue exitoso de redes 5G.

El resultado de esta fase es la realización de un informe borrador que debe contrastarse con los interlocutores del Observatorio Nacional 5G.

Fase 4: Validación y contraste

El objetivo de esta fase es garantizar que se realiza un informe tal y como el Observatorio Nacional 5G desea. Para ello, se ha mantenido relación continua y fluida con el ON5G a fin de verificar validaciones provisionales de entregas parciales de capítulos donde se valide el contenido específico del capítulo entregado del informe, su alcance y la profundidad del análisis.

Descripción de la manera de llevarlo a cabo

Se han realizado entregas parciales intermedias, además de los hitos fijados en el Pliego de Prescripciones Técnicas, y reuniones de validación.

El resultado de la fase serán informes parciales e informe final alineados con las expectativas del Observatorio.

Abreviaturas y acrónimos

Las siguientes abreviaturas y acrónimos se han utilizado en algunos capítulos del documento.

3GPP

Proyecto Asociación de Tercera
Generación

5G-PPP

Proyecto Asociación de Quinta
Generación

AAS

Sistemas de antenas activas

ANR

Autoridades Nacionales de Regulación

ANSI

American National Standard Institute

API

Application Programme Interface

ARIB

Association of Radio Industries and
Businesses

ATIS

Alliance for Telecommunications Industry
Solutions

BEREC

Body of European Regulators for
Electronic Communications

CCA

Combinatorial Clock Auction

CCSA

China Communications Standards
Association

CEPT

Conferencia Europea de Administraciones
de Correos y Telecomunicaciones

CMR

Conferencia Mundial de
Radiocomunicaciones

cMTC

Critical Machine-Type Communication
(cMTC)

CNAF

Cuadro Nacional de Atribución de
Frecuencias

dB

Decibelio

ECC

Comité europeo de Comunicaciones
Electrónicas

EESS

Servicio de Exploración de la Tierra por
Satélite

eMBB

Enhanced Mobile Broadband Access

ETSI

Instituto Europeo de Normas de
Telecomunicaciones

FR

Rango de Frecuencias

FRAND

Fair, Reasonable and Non Discriminatory

FSS

Servicio Fijo por Satélite (Fixed Satellite Service)

FTTB

Fiber to the Building

FTTH

Fiber to the home

Gbps

Giga bits por segundo

GSMA

Asociación industria Móviles

HAPS

High-altitude platform stations as IMT base stations

HET

Redes Heterogéneas

HIBS

High-altitude platform stations as IMT base stations in the mobile service

HSPA

High-Speed Packet Access

I+D

Investigación y Desarrollo

IEC

Comisión Internacional de Electrotecnia

IEEE

Institute of Electrical and Electronics Engineers

IETF

Internet Engineering Task Force

IMT

Telecomunicaciones móviles Internacionales

IoT

Internet de las Cosas

ISO

Organización Internacional de Normalización

ITS

Intelligent Transport System

kHz

Kilohertzio

km

Kilómetro

LAN

Local Area Network

LLTC

Low Latency Communications

LTE

Long Term Evolution

LTE-m

Long-Term Evolution - machine

M2M

Máquina a Máquina

Mbps

Megabits por segundo

MHz

Megahertzio

MIMO

Massive Input Massive Output

MUD

Mercado Único Digital

mMTC

Massive Machine Type Communications

NB-IoT

IoT de Banda estrecha

NR

New Radio

NSA

Non Stand Alone

NTN

Redes no Terrestres (Non Terrestrial Network)

PMSE

Program Making Special Events
(producción de contenidos por reporteros)

PPDR

Public Protection and Disaster Relief

QoS

Calidad de Servicio

RAT

Radio Access technology

RIT

Tecnologías de Interfaces Radioeléctricas

RR

Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT

RSPG

Radio Spectrum Policy Group

SA

Stand Alone

SAWAP

Small Area Wireless Access Points

SDN

Software-Defined Network

SEAD

Secretaría de Estado para el Avance Digital

SEP

Standard Essential Patent

Slices

Sub-redes o redes virtuales dentro de la red 5G

Small Cells

Zonas pequeñas de cobertura de las redes 5G

SMRA

Simultaneous multiple-round ascending auction

SON

Self-Organizing Networks

SRS

Servicio de Radioastronomía por Satélite

TIC

Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

TR

Technical Report (usado por ETSI)

TSG

Grupo de Especificaciones Técnicas

TTA

Telecommunications Technology Association (Corea del Sur)

TTC

Organización de normas técnicas japonesa

UAV

Aeronave no tripulada

UE

Unión Europea

UIT

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

URLLC

Ultra-Reliable Low Latency Communications

V2X

Vehículo a otro vehículo o infraestructura

WLAN

Wireless Local Area Network

Agradecimientos

Este Informe ha sido elaborado por los expertos Dr. Ing. Julián Seseña y aportaciones del Ing. Jaime Mancebo, del equipo especializado de la consultora HOLISTIC INNOVATION SLU, en el período de octubre a diciembre de 2019. Para ello, se ha utilizado la información referenciada en Anexo 1 y se ha seguido la metodología explicada en Anexo 2.

Los autores desean agradecer los comentarios recibidos del Observatorio Nacional 5G, en particular de su Director Ing. Federico Ruiz, que han servido para guiar y orientar las prioridades de la variada temática que representa el 5G.

Igualmente, una serie de expertos de entidades muy activas en el 5G han aportado información actualizada muy valiosa que se ha examinado e incluido (con las correspondientes citas cuando se ha transcrito directamente) en el Informe. Entre otros, se han recibido aportaciones (mediante cuestionarios y entrevistas) de: ETSI, BNetzA Alemania, ANFR Francia, OFCOM Reino Unido, Canadá, Gobierno Vasco, Telefónica, Vodafone, Orange, RTVE, Cellnex, Ericsson, Nokia, Huawei, Metro de Madrid, SEAT, Instituto Cerdá, etc.

