

CAPÍTULO V

Las infraestructuras digitales en España

Iñigo Herguera*
 Pilar Rodríguez Pita**
 Jorge Pérez Martínez***

A lo largo de este capítulo se analiza la evolución de las infraestructuras de telecomunicaciones y, en general, de las digitales en España durante los últimos años.

Desde la liberalización de 1998, en España se ha logrado un desarrollo sobresaliente en despliegues de redes de telecomunicación, situándose como líder europeo en despliegues de fibra óptica, que alcanza una cobertura del 95 % de la población. Igualmente, en redes móviles, la rápida adopción de 3G, 4G y 5G ha reforzado esta posición, convirtiéndose el espectro en un recurso fundamental para los operadores que quieren ofrecer nuevos servicios cada vez con mayor calidad basándose en nuevos estándares como el 5G-SA, en el cual Europa aún no ha alcanzado un desarrollo tan importante. Este progreso ha sido favorecido por un entorno competitivo que ha reducido precios durante dos décadas y por una regulación que se ha ido reduciendo paulatinamente. El modelo de gobernanza de las redes, fijas o móviles, ha cambiado radicalmente en los últimos años con la compartición de redes, o la emergencia de operadores neutros –solo mayoristas–.

No obstante, las redes de telecomunicación solo son una pequeña parte del conjunto del ecosistema de infraestructuras digitales actuales. Los cables submarinos, satélites, Centros de Procesamiento de Datos o los puntos de intercambio entre redes se han convertido en una parte crítica de las economías de los países, que desarrollan servicios como la IA, el comercio electrónico o servicios en la nube.

Europa y España se enfrentan a desafíos claros: bajos retornos de inversión por parte de los operadores de telecomunicación, la creciente dependencia con terceros países en materia

* Instituto Complutense de Análisis Económico (ICAE) y Departamento de Análisis Económico y Economía Cuantitativa, Universidad Complutense de Madrid.

** Universidad Politécnica de Madrid.

*** Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación.

de nuevas tecnologías o la consecución de los objetivos medioambientales establecidos desde la Unión Europea. Es necesario trabajar en la unificación de los mercados, la promoción de la inversión de grandes empresas en tecnología y en la resiliencia de las redes de telecomunicaciones y el mejor contexto para acometer estos desafíos es la Unión Europea. El gran crecimiento en centros de datos demanda energía y agua en cantidades muy significativas. La transición debe hacerse en coordinación estrecha con la política energética, dotando de incentivos adecuados a los agentes y respetando, al mismo tiempo, los objetivos medioambientales establecidos.

Palabras clave: infraestructura de telecomunicaciones, desarrollo y regulación; centros de Datos, servicios en la nube, IA y demanda de electricidad y agua; dependencia europea de tecnologías e innovaciones de otras partes del mundo; resiliencia de las redes, seguridad; incentivos al desarrollo de infraestructura digital, objetivos medioambientales.

1. INFRAESTRUCTURAS DE TELECOMUNICACIONES E INFRAESTRUCTURAS Y AGENTES EN EL ECOSISTEMA DIGITAL

En las últimas décadas, las infraestructuras digitales han pasado de ser activos complementarios en la prestación de servicios de telecomunicaciones a convertirse en el sustento material sobre el que se articula la actividad económica de los países. Este cambio de paradigma ha sido propiciado por la llegada de Internet y la “era digital”. Cada transacción financiera, cada video *streaming*, cada operación de comercio electrónico depende de una compleja arquitectura física basada en redes de telecomunicación, grandes centros de procesamiento de datos y complejos algoritmos que se ejecutan en la nube. Además, la creciente dependencia de los ciudadanos y empresas en los activos tecnológicos ha producido que estos se hayan convertido en armas en los nuevos conflictos geopolíticos, convirtiéndose en inversiones estratégicas para alcanzar soberanía en el mundo digital.

Ya no es suficiente con evaluar de manera aislada los avances en las redes tradicionales de telecomunicación como la fibra o las tecnologías móviles; es necesario incorporar a los análisis los nuevos agentes y servicios digitales que ofrecen.

Este capítulo se presenta, por tanto, con un enfoque dual. En primer lugar, se analiza la evolución de las infraestructuras de telecomunicación en los últimos doce años, con el objetivo de dar una visión de la base subyacente existente en España y las condiciones que han propiciado una de las mayores coberturas de redes fijas de Europa. Por otra parte, en la segunda sección se ha ampliado la visión para incluir el conjunto del ecosistema digital, poniendo especial relevancia en los Centros de Procesamiento de Datos (CPD) y los servicios de nube que se ofrecen sobre ellos, destacando los avances regulatorios a nivel europeo y nacional en la materia.

Comenzando por las telecomunicaciones, muchos han sido los factores que, desde la liberalización del sector en 1998, han conducido a que hoy seamos líderes en conectividad de calidad y a precios razonables, como la apuesta temprana de los operadores de telecomunicación por la tecnología de fibra óptica, una regulación basada en promover la competencia en infraestructuras o el apoyo público para el despliegue en las zonas no rentables. El desarrollo de la banda ancha —el acceso a Internet a velocidades al inicio de 1 Mbps, pero pronto a 100 Mbps, 800 Mbps y llegando al Gigabit hoy en día— a principios del milenio ha sido espectacular. Desde el punto de vista tecnológico, esta evolución ha sido posible gracias al avance en las redes de telecomunicación: se comenzó con la red basada en el par de cobre desarrollada durante el siglo XX y con la que, a través de las diversas innovaciones de xDSL (desde el ADSL inicial hasta el VDSL), han producido mayores capacidades de compresión y de transmisión de datos por el mismo cable de cobre. No obstante, el gran distintivo español ha sido la fibra óptica. Las redes basadas en fibra ya existían desde los años 70 para suministrar contenidos de TV, pero fue la innovación que permitió que estas pudiesen transmitir también información digital la que dio un giro a la economía digital española, primero a través de redes híbridas de fibra y coaxial y posteriormente con la fibra hasta el edificio del usuario final, y que multiplicó las posibilidades de transmitir información. Los efectos econó-

micos que ha tenido esta apuesta han sido tangibles desde sus inicios. Mientras que el coste operativo del cobre es relativamente alto, al producirse mayores pérdidas por degradación de la señal (ya sea por la atenuación o por las interferencias electromagnéticas derivadas del uso de conductores metálicos) que requieren el uso de amplificadores cada pocos kilómetros, con el coste eléctrico y de mantenimiento asociado, en la fibra el coste de operación es cercano a cero una vez desplegada, ya que las atenuaciones son mucho menores al usar medios dieléctricos. Además de eliminarse las restricciones de capacidad de usuarios que imponía el cobre, al tener la fibra anchos de banda mucho mayores y técnicas de multiplexación más eficientes que permiten ampliar por varias decenas de veces el número de usuarios que emplean la conexión, lo que permite a los operadores obtener mayores beneficios por cable desplegado.

Por su parte, en redes móviles también ha habido innovación: cada diez años aparece un nuevo estándar de comunicación. En los años 80 solo era posible transmitir voz utilizando un espectro de frecuencias muy limitado, pero ya en los años 90 aparece el 2G-GSM, con posibilidad de acceder a Internet, aunque todavía a velocidades muy bajas. Es con la aparición del estándar 3G-UMTS que el incremento en las velocidades de descarga permitió la aparición de la banda ancha móvil, sentando las bases para la aparición del 4G-LTE, que se convirtió en el estándar *de facto* para el Internet móvil, permitiendo la posibilidad de hacer videollamadas o visualizar videos en *streaming* de alta calidad. Ahora disfrutamos de un modo generalizado de 5G/IMT-2020, obteniendo velocidades mucho mejores, con menor latencia y menor coste energético; dando paso a la aparición de nuevos modelos de negocio que se benefician de estas características, como el despliegue masivo de dispositivos IoT a un coste razonable, o la llegada de las ciudades inteligentes basadas en gemelos digitales.

Estas innovaciones y mejoras en las redes de telecomunicación han permitido la aparición de nuevos servicios y aplicaciones, algunos de ellos ya mencionados, como el *streaming*, las nuevas plataformas de comercio y banca electrónica o los servicios de publicidad personalizada. Todos estos servicios, además de las redes de telecomunicación, necesitan de infraestructuras especializadas para poder ofrecer a los usuarios la mejor calidad/precio posible. Esto se refuerza al introducir desarrollos en inteligencia artificial y *machine learning* que necesitan de grandes potencias de cálculo, almacenamiento y transmisión ultraeficiente entre servidores. Por ello, han aparecido nuevos agentes en el ecosistema digital, en forma de multinacionales como Alphabet, Microsoft, AWS o Nvidia, que en muchos casos tienen una mayor capitalización bursátil que el PIB de países o regiones enteras, y que se han convertido en base imprescindible para su desarrollo económico. Esto es especialmente relevante en países en vías de desarrollo, cuyos negocios dependen de plataformas como Instagram o TikTok para llegar a sus usuarios.

En Europa también se ha detectado esta dependencia, y a través de la regulación y de restricciones políticas, se ha intentado poner freno al control que ejercen algunas plataformas sobre las empresas europeas, apostando con los nuevos planes digitales por un modelo basado en mayor medida en la soberanía digital. No obstante, las dependencias continúan siendo palpables en muchos casos, como se vio en las recientes caídas de servicio de AWS y de Microsoft, que tuvieron serias repercusiones económicas en muchas empresas europeas que

vieron interrumpidos sus servicios. Por ello, en Europa se debe avanzar en la promoción tanto de infraestructuras como de servicios digitales que consigan mejorar la productividad de los factores y reducir la dependencia que existe de los actuales protagonistas. Dada la envergadura de los retos que existen, la solución debe venir por la integración de esfuerzos, recursos, conocimiento y marco legal a nivel europeo.

En este capítulo nos proponemos hacer un dibujo de este conjunto de infraestructuras que conforman el mundo digital en España, con atención a su evolución en el tiempo, las innovaciones acaecidas, la regulación y la dinámica de la competencia.

2. LAS INFRAESTRUCTURAS DIGITALES

2.1. Evolución en los últimos años de las infraestructuras de telecomunicaciones: despliegue de redes fijas y móviles en España

La liberalización del mercado de las telecomunicaciones comenzó en 1998, momento en el cual existe la libre entrada de nuevos operadores con red propia. La situación de partida en redes fijas era de monopolio, al cual, desde el inicio del proceso liberalizador, se reguló en muchas partes de su red para dar entrada a operadores alternativos.

A lo largo de los primeros años de liberalización se observó la entrada con tecnología de cable¹ de cuatro nuevos operadores: Ono, —con un despliegue rápido que en pocos años consiguió desplegar ocho millones de accesos—, y tres operadores regionales de cable, R cable (Galicia), Telecable Asturias y Euskatel en el País Vasco. Otros operadores nuevos utilizaron mayoritariamente los accesos regulados a la red de Telefónica para servicios de voz y de Internet.

Después de la penetración masiva de Internet, en especial desde 2001, aparece una tendencia clave en el sector: la integración de servicios tradicionales de telecomunicaciones (voz y banda ancha) junto con la oferta de contenidos. Se produce una convergencia muy intensa entre estos sectores, hasta entonces bien diferenciados, con la oferta conjunta de estos servicios —fijos, móviles y de contenidos— por parte de los operadores.

Dado que algunos operadores no disponían o bien de red fija, o bien de red móvil, o bien de contenidos, se observa un proceso intenso en la década de 2010 de fusiones y adquisiciones. Estas fusiones tienen un elemento común: la convergencia en servicios. El despliegue

¹ Las conexiones de cable o híbrido fibra-coaxial (HFC) combinan fibra óptica hasta una distancia pequeña del abonado final y, en la última parte, la conexión es un cable coaxial. Con distintos estándares, esta tecnología puede ofrecer altas velocidades, aunque no tan altas como el despliegue de fibra óptica hasta la casa (FTTH) o hasta la base del edificio (FTTP).

de fibra o de cable posibilita ofrecer contenidos de TV de pago además de banda ancha y telefonía. Como estrategia comercial aparecen en este periodo los empaquetamientos comerciales, esto es, ofertas comerciales que unen varios servicios complementarios a la vez a cambio de un pago periódico único: voz, banda ancha y contenidos por redes fijas, para después integrar en la oferta servicios por red móvil. Esta estrategia supuso rebajas muy significativas en los precios por servicios, si se compara el precio unitario pagado por separado por cada uno de los servicios contratados con el pago único por el conjunto. Ayudaba esta estrategia además a cierta fidelización del cliente final, que ahora contrataba todos, o casi, los servicios de un único proveedor. El éxito del empaquetamiento de servicios ha sido claro; en 2024 el 81,7 % del total de líneas fijas tenían contratado al menos dos, o más, servicios a la vez con el mismo operador.

Había otra razón para el empaquetamiento de servicios: el crecimiento del mercado de servicios por redes fijas en el periodo 2013-2018 venía determinado no tanto por el aumento en el volumen de clientes finales, sino en el número de servicios contratados. Se trataba de maximizar el ingreso medio por cliente. En este periodo se observó también un muy rápido despliegue de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) por parte de todos los operadores relevantes. Un hecho importante que acompañó este despliegue fue el objetivo de incluir contenidos en la oferta del operador, los cuales requerían de anchos de banda y redes ultrarrápidas (cable o fibra óptica).

2.1.1. Evolución del despliegue de redes fijas de telecomunicaciones

Cualquier tipo de red, fija o que ofrezca movilidad, se despliega para poder dar acceso a servicios tanto a individuos, hogares, como empresas o instituciones. Los despliegues de cualquier red realizado por un operador en gran parte se van a solapar en la dimensión geográfica con el realizado por otro operador². Nos centramos en la red fija más capaz en cuanto a velocidad y latencia de la transmisión: la de fibra³ (FTTH).

El avance en el despliegue de FTTH en España en los años 2013-2020 ha sido sobresaliente. En 2025 más del 95 % de los hogares estaban cubiertos por un despliegue de fibra óptica. La cobertura de población en entornos rurales ha llevado más tiempo y había alcanzado a finales de 2023, el 85,9 % de la población cubierta. Los diversos programas de extensión de la banda ancha ofrecidos por distintos gobiernos han ayudado a lograr una cobertura que cubre casi todo el territorio. Resaltar que estas cifras se refieren a cobertura, esto es, posibilidad de que un hogar o empresa pueda activar una conexión ya existente de fibra óptica en un espacio muy corto de tiempo. No se refiere a accesos en servicio.

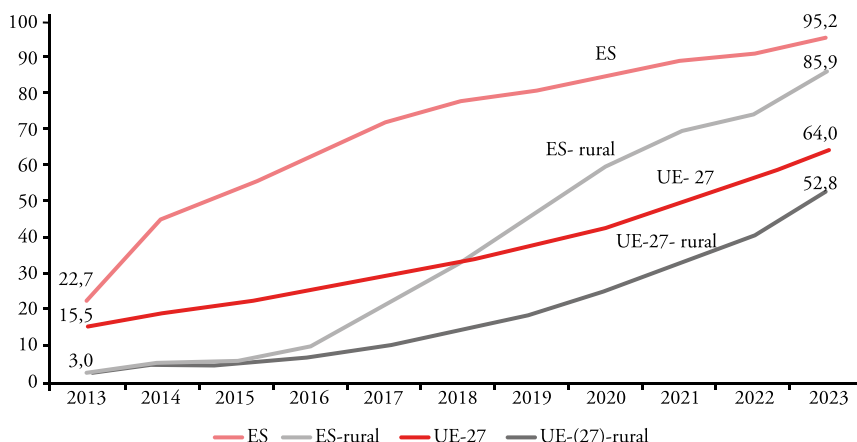
² Los datos que se ofrecen a continuación son de cobertura sobre los hogares, muy similar a la población, pero al no tratarse de accesos activos, las coberturas pueden sumar todas ellas más del 100 % de los hogares.

³ La medición de la cobertura de una red con el fin de minimizar el solapamiento entre varias redes desplegadas exige ser realizada con un grado de detalle geográfico muy fino. El Ministerio de Economía y Transformación Digital lleva realizando este ejercicio para todo tipo de redes con una granularidad muy alta desde hace bastantes años.

Figura 1.

Cobertura de redes de fibra (FTTP) sobre hogares en España y en la UE-27 en zona rural y a nivel nacional, 2013- 2023

En porcentaje



Fuente: Comisión Europea.

2.1.2. Gradual sustitución de tecnologías: desde el par de cobre hasta la fibra óptica

Cuando la banda ancha se lanzó a nivel comercial —a inicios del milenio—, la tecnología más utilizada era la basada en el par de cobre. Los operadores históricos, como Telefónica en el caso español, tenían la obligación de ceder el par de cobre a operadores rivales en precios y condiciones reguladas, y esta era una modalidad de entrada al mercado muy frecuente⁴. Si algún operador nuevo había acometido despliegue en estos primeros años, era normalmente despliegue basado en cable. Más adelante, a partir de 2012 los operadores acometieron un despliegue de fibra óptica muy intenso. ¿Es esta la mejor tecnología disponible? Es la que ofrece mayores velocidades y menor latencia (retardo en la emisión-recepción de un paquete de información).

La comparativa con la UE-27 de la figura 2⁵ con las tres tecnologías más relevantes de red fija deja claras algunas diferencias. Mientras que en España desde 2012-2013 los operadores decidieron desplegar fibra óptica hasta la casa (FTTH), en muchos países de la UE decidieron continuar bien con el cable ya desplegado o bien con mejoras en la red de cobre (con

⁴ Se trata de la desagregación del bucle de abonado, la conexión de última milla desde la central de conmutación más cercana y el usuario final. Sobre el par de cobre se implementaron diversos estándares que mejoraban en el tiempo las velocidades de transmisión. Uno de ellos es el VDSL que dependiendo de la cercanía del abonado a la central más cercana puede dar velocidades de subida/ bajada de 100 Mbps o 200 Mbps. Se regularon otros servicios (de “acceso indirecto”) menos onerosos para los entrantes, que no requerían del despliegue de red propia.

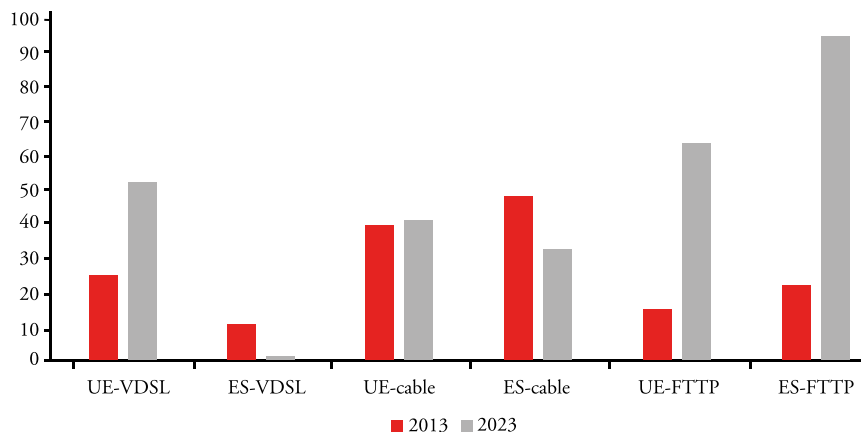
⁵ En la figura la tecnología de fibra se le denota por *fiber-to-the-premise* (FTTP), que engloba tanto la fibra desplegada hasta el edificio del abonado, como la fibra desplegada hasta la casa/apartamento del abonado (FTTH).

VDSL). Aún en 2023, más de la mitad de los hogares en la UE estaban cubiertos por la red de cobre, mientras que en España esta red fue poco a poco siendo abandonada por la fibra óptica.

A medida que los operadores han ido cubriendo a la población con fibra óptica, han ido también migrando a sus clientes desde el par de cobre hacia la nueva tecnología basada en fibra⁶. De hecho, Telefónica ha ido cerrando centrales locales que soportaban la red antigua de cobre paulatinamente y ya son una minoría los clientes que reciben el servicio con esta red.

Figura 2.

Cobertura sobre hogares de las principales tecnologías de red fija que pueden ofrecer muy altas velocidades: FTTP, VDSL y cable en España y en la UE-27, 2013- 2023



Fuente: Comisión Europea.

Para entender el rápido despliegue de redes de fibra en España en el periodo 2013-2023, es necesario tener en cuenta varios hechos relevantes en el periodo, tanto a nivel tecnológico como regulatorio y como de dinámica de la competencia.

La regulación sobre el acceso a las redes fijas ya estaba definida por la CMT desde 2009. Se decidió entonces que Telefónica debía abrir toda su infraestructura civil (conductos, canalizaciones, postes) a todos los rivales que lo pidieran para poder así ellos desplegar por esos mismos conductos la red de fibra óptica. Telefónica debía dar acceso “indirecto”, que no requiere de inversión en nuevas redes hasta la casa del abonado final, solo hasta una velocidad de 30 Mbps, la velocidad que en ese momento era posible dar con xDSL y utilizando la red de

⁶ Cualquier tecnología que pueda proveer una velocidad de subida de al menos 100 Mbps se le denomina “red de acceso de nueva generación”, o NGA, en inglés.

par de cobre del incumbente. La fibra hasta el hogar, FTTH, que comenzaba a ser desplegada, ofrecía velocidades mayores. Se trataba de incentivar dos cosas al mismo tiempo: que Telefónica iniciara el despliegue de fibra y que, a su vez, los entrantes utilizaran la red existente de par de cobre o el acceso indirecto en fibra con un límite a la velocidad de transmisión y solo hasta que pudieran por sí mismos acometer el despliegue de fibra por su cuenta.

Las inversiones a partir de este momento de los operadores fueron “convergentes”, en el sentido de que se orientaban a invertir y desplegar nuevas redes fijas que pudieran ofrecer muy altas velocidades para poder así ofrecer no solo banda ancha, sino también contenidos con calidad.

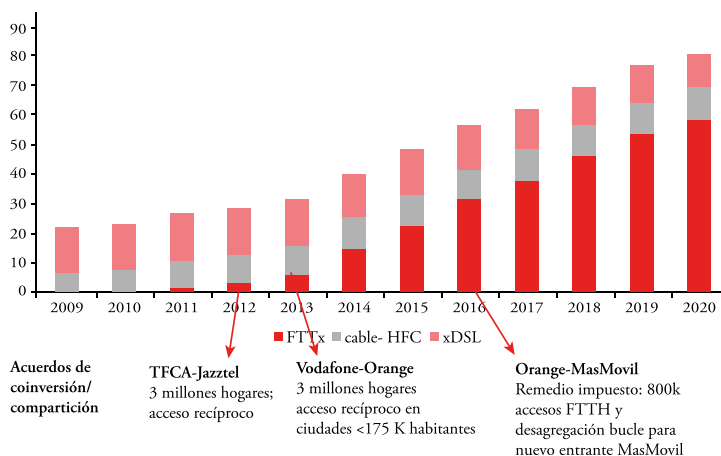
De los operadores establecidos, cinco en 2013 a escala nacional, únicamente dos de ellos disponían de red móvil y red fija al mismo tiempo (Telefónica y Orange). Vodafone y MasMóvil solo disponían de red móvil. Con el fin de poder ofertar servicios convergentes, Vodafone compró la red de cable de Ono, una red bien desplegada con diez millones de accesos disponibles. Orange, por su parte, no disponía de accesos de muy altas velocidades y decidió hacerse con Jazztel —operador en ese momento muy activo en el despliegue de fibra óptica—. Telefónica, por su parte, con el fin de reforzar su oferta de contenidos, decidió comprar DTS, el operador más importante entonces de contenidos de TV de pago por satélite en España.

Esta ola de fusiones y adquisiciones consiguieron situar a los tres operadores más grandes en una posición donde podían empaquetar servicios finales, voz y datos por redes fijas, por redes móviles y contenidos.

Figura 3.

Algunos hitos importantes ocurridos en el mercado español

En millones de euros



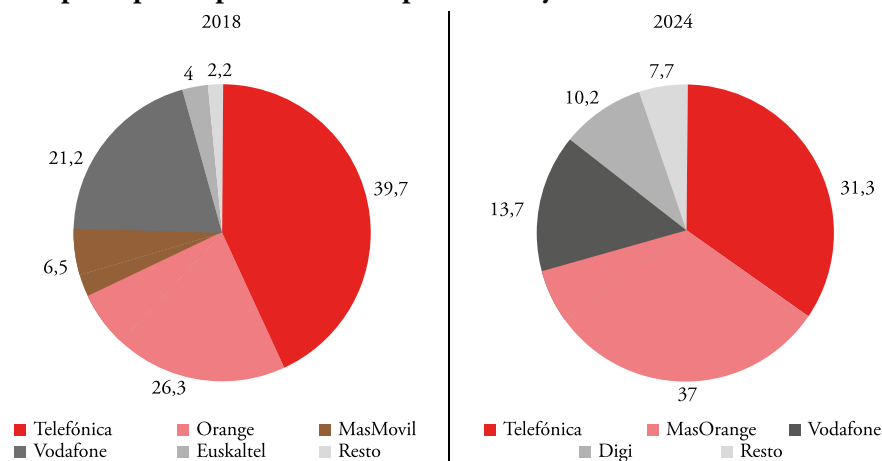
Fuente: Elaboración propia.

Como el número de operadores pasó de cinco a tres, en la operación de compra de Jazztel por parte de Orange, la Comisión Europea impuso a Orange la condición de ceder a un cuarto posible operador una parte importante de los accesos de fibra óptica que iba a adquirir, así como un buen número de bucles desagregados⁷. Esta cesión de red fija la aprovechó MasMovil, que pasó de ser un operador solo móvil a un operador integrado, o convergente, aunque de menor tamaño que el resto.

Después de una serie de fusiones y concentraciones, el grado de concentración no ha mostrado grandes cambios y el mercado se organiza alrededor de cuatro operadores que acaparan más del 92 % de las líneas en servicio. La integración de MasMovil con Orange en 2024 ha dado lugar a un nuevo líder, con una cuota del 37 %, seguida por Telefónica con el 31,3 % de las líneas en servicio.

Figura 4.

Cuotas de mercado en líneas de banda ancha activas por red fija de los principales operadores en España, 2018 y 2024



Fuente: CNMC.

La competencia entre infraestructuras implica que los operadores despliegan individualmente los accesos con una tecnología dada y que cada operador puede llegar al mismo hogar o empresa con un cable diferente. En España se han observado acuerdos bilaterales de despliegue conjunto para FTTH entre operadores, por los cuales las acometidas de infraes-

⁷ La desagregación del bucle era una obligación que el regulador (CMT/CNMC) impuso sobre la red histórica, de par de cobre, de Telefónica, por la cual la conexión que va desde la central local hasta la casa del abonado debía ser cedida a cualquiera que lo solicitara en precios y condiciones definidas. De este modo un operador que no tuviera acceso físico desplegado hasta el usuario final podía, alquilando esta parte de la red (la “última milla”) de Telefónica, prestar voz y banda ancha. Las redes de fibra desplegadas prestan servicios de mucha más calidad y son redes paralelas a la tradicional basada en el par de cobre.

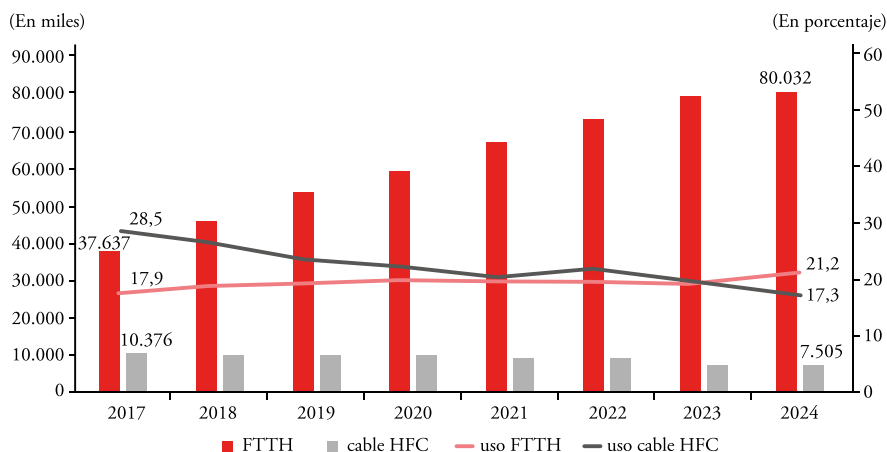
estructura civil las hacían de un modo conjunto y el acceso instalado podía ser utilizado por aquel operador que consiguiera al cliente final. Estos acuerdos han tenido cierto impacto en las acometidas hechas. Es normal, en cualquier caso, observar un *stock* de accesos instalados muy superior al *stock* efectivamente en servicio.

Centrándonos en los accesos de fibra óptica hasta el hogar, si en 2017 había 37,6 millones de accesos instalados de fibra hasta el hogar (FTTH), en uso, esto es, suscritos por el cliente final y efectivamente activos, había 10,3 millones. Siete años después, el parque de accesos FTTH desplegados ascendía a 80 millones y de ellos 21,3 millones daban servicio efectivamente. El grado de utilización de accesos activos/instalados ha ido evolucionando para FTTH del 17,9 % al 21,2 % de los instalados.

Las redes de cable⁸, por otra parte, habían desplegado ya en los primeros años del milenio un total de diez millones de accesos y este *stock* ha ido descendiendo en el tiempo debido a la migración que en algunas partes de la red se ha hecho con el despliegue en última milla de fibra hasta el edificio. De todos modos, el grado de utilización del cable ha ido descendiendo desde el 28,5 % de los instalados hasta el 17,3 % en 2024. Esto es seguramente una consecuencia del menor nivel de prestación de servicio por parte del cable, si lo comparamos con las prestaciones (velocidad, latencia) de la fibra óptica.

Figura 5.

Despliegue de accesos de FTTH y de cable (HFC), en miles de unidades, y grado de utilización de accesos instalados en España, 2017- 2024



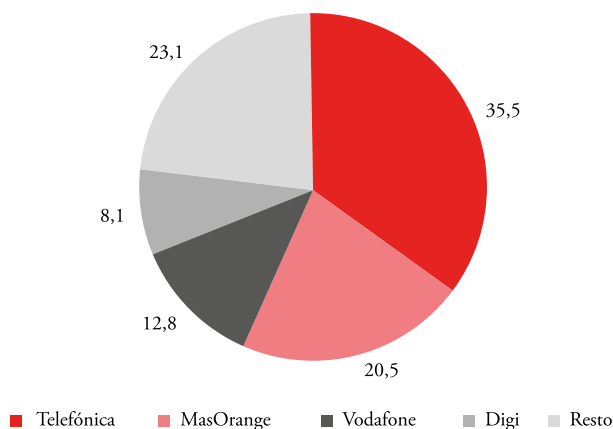
Fuente: CNMC (2025).

⁸ Las redes de cable o híbridas fibra-coaxial (HFC) tienen una parte de fibra óptica y para la “última milla” utilizan un par de cobre. Sobre estas redes, diversas mejoras tecnológicas han tenido lugar con el estándar Docsis 1.0 o bien Docsis 2.0, que dotan de mayores compresiones y velocidades de transmisión a la red instalada. Las redes basadas solo en fibra hasta el hogar, o muy cerca del mismo, ofrecen velocidades mayores.

Otro aspecto por resaltar tiene que ver con las condiciones en que los cuatro operadores activos compiten en el mercado. El *stock* total de 80 millones de accesos de nueva generación instalados (de ellos 72 millones de FTTH) queda bastante repartido en el mercado a través de los cuatro operadores activos de ámbito nacional. Telefónica, con el 35,5 % del total ostenta la mayor parte; le siguen MasOrange con el 20,5 % y Vodafone, con el 12,8 % del total. Han aparecido, además, en los últimos años nuevos operadores de ámbitos más regionales con despliegues importantes de FTTH.

Figura 6.

Reparto de cuotas de mercado del total de accesos instalados de nueva generación en España (FTTH y cable HFC), 2024



Fuente: CNMC (2025).

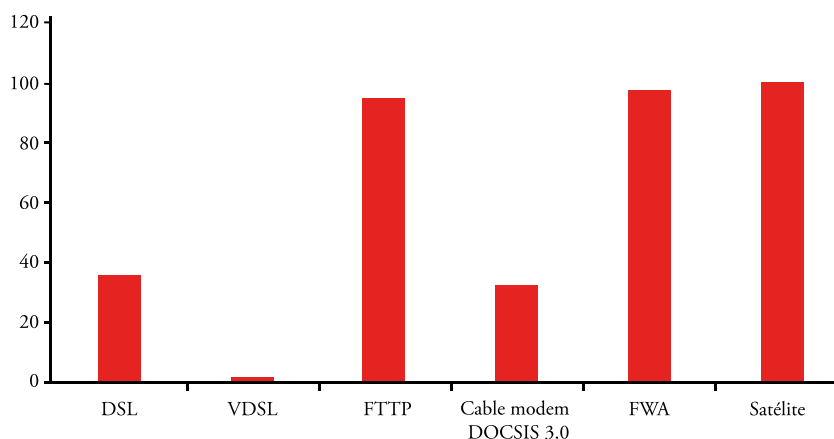
La situación en la España actual en cuanto a cobertura o disponibilidad de redes para acceder a la banda ancha por redes fijas se presenta en la **figura 7**. Por un lado, aún se suministra conectividad por la red tradicional de par de cobre, por la cual, bien con xDSL o bien con el estándar de mayores prestaciones VDSL, existe una cobertura del 37 % de los hogares en 2024, aunque en descenso. Notar que hace diez años esta cobertura era del 90 %. Telefónica ha ido migrando clientes desde el par de cobre hacia la fibra óptica hasta el hogar con gran intensidad, y ha acompañado esta migración con el cierre de centrales locales de la antigua red.

El 32,8 % de los hogares en España tienen la posibilidad de elegir el cable como tecnología de acceso. La fibra óptica (en el caso español, fibra hasta la casa del abonado en su inmensa mayor parte, FTTH) es una posibilidad de elección para el 95 % de los hogares, con más de 80 millones de accesos individuales desplegados.

Otra tecnología disponible en España es el satélite. España está cubierta por varios satélites geoestacionarios que pueden prestar el servicio de banda ancha. De hecho, algunas zonas

Figura 7.

Cobertura sobre hogares de distintas tecnologías que pueden proporcionar banda ancha fija en España, 2023⁹



Fuente: Elaboración propia.

remotas de la geografía son suministradas efectivamente por satélite, gracias a diversos planes de distintos gobiernos para garantizar conectividad de altas prestaciones a toda la población. La cobertura sobre población alcanza prácticamente al 100 %, aunque su uso efectivo es mucho menor.

Por último, con una cobertura muy amplia, prácticamente universal también, existe la conectividad vía “acceso inalámbrico fijo” (*Fixed Wireless Access*, FWA), que consiste en utilizar el espectro de frecuencias de 4G o de 5G asignado a los operadores como tecnología de acceso de última milla. Se usan las radiofrecuencias, pero como el servicio (por ejemplo, de banda ancha) se presta a un hogar o empresa en una localización fija, se engloban estas conexiones dentro de la banda ancha por redes fijas. La tecnología FWA en España no es muy utilizada, pero sí lo es en otros países donde resulta un buen sustituto del acceso por red de cable o de fibra fijas, cuando llegar hasta el hogar puede resultar muy costoso.

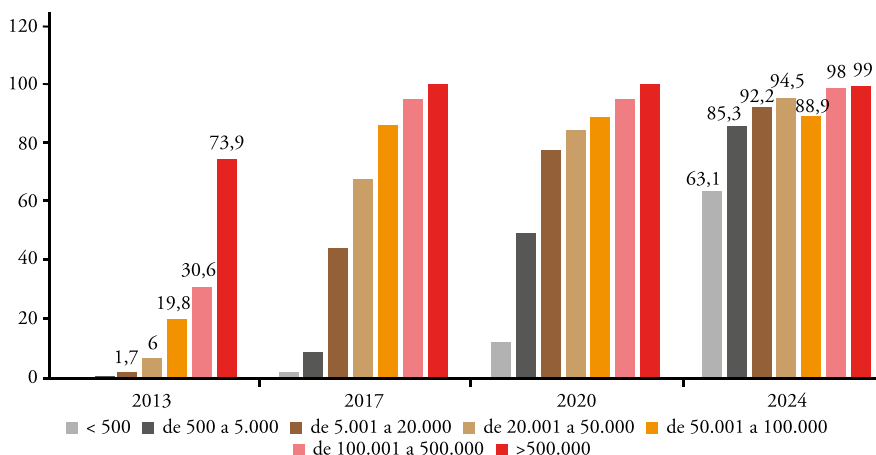
Otro dato importante del despliegue de la fibra óptica en España es su alcance. El despliegue requiere de inversiones específicas significativas y estas se amortizan mejor en entornos de alta densidad de población. El despliegue de FTTH en zonas rurales conlleva costes unitarios bastante mayores. Si en 2013 solo el 6 % de la población que residía en una localidad con 5.000 o menos habitantes estaba cubierta por una red de fibra, 11 años después el 85 %

⁹ DSL y VDSL son conexiones que utilizan la red legada de par de cobre desplegada a lo largo del siglo XX. *Fiber-to-the-Premises* (FTTP) engloba conexiones de fibra óptica hasta el hogar o muy cerca del hogar. *Fixed Wireless Access* (FWA) basa la prestación del servicio en la última milla en base a radiofrecuencias.

de la población tenía acceso a esta tecnología. A nivel agregado, el FTTH llega a más del 95 % de la población en la actualidad. El despliegue observado, además de haber sido rápido, ha sido muy extenso.

Figura 8.

Cobertura de FTTH sobre población por tamaño de localidad en España, 2013- 2024



Fuente: Ministerio de Economía y Avance Digital.

Fusiones y adquisiciones

Desde el inicio del proceso liberalizador en 1998 se ha observado la entrada de nuevos operadores, tanto con red fija propia como con red móvil. Se han producido también muchas operaciones de fusiones y adquisiciones (F&A) en los últimos 20 años. Se resaltan a continuación las más relevantes.

En 2006 emergió un nuevo operador, MasMovil. Con motivo de la concentración ocurrida entre Orange y Jazztel, 2015, y debido a los compromisos de desinversión a los que sometió esta operación la Comisión Europea, MasMovil se hizo con activos importantes procedentes de las dos empresas fusionadas. En 2016 se hizo también con el control de Yoigo (Xfera) —operador que tenía licencia para operar en ciertas bandas del espectro—.

En 2014, Vodafone, hasta entonces operador centrado en la prestación de servicios en movilidad, adquirió Ono, principal operador de cable en España, con más de diez millones de accesos de cable (HFC) desplegados.

En 2015, Orange adquirió Jazztel, operador que había acometido un significativo despliegue de FTTH parcialmente en colaboración con Telefónica.

En 2015, Telefónica adquiere DTS (Canal+), principal ofertante de contenidos en TV de pago que operaba con satélite.

Los operadores regionales también fueron objeto de fusiones y adquisiciones. Euskaltel adquirió en 2015 al operador regional de Galicia, R, y dos años después adquirió al operador de cable de Asturias, Telecable. En 2021, Orange se hizo con el control de este conjunto de operadores de cable del norte.

Posteriormente, en 2024, Orange se fusionó con MasMovil, creando el grupo MasOrange. De las condiciones impuestas por la Comisión Europea a esta fusión, el cuarto operador, Digi, obtuvo licencias de uso del espectro y reforzó el acuerdo mayorista de red fija y de móvil que tenía.

2.1.3. Evolución de las redes móviles

Su desarrollo ha sido diferente del de las redes fijas. Desde el inicio de las comunicaciones móviles —años 80—, la entrada de nuevos operadores ha sido secuencial a través del otorgamiento de licencias para uso del espectro, secuencia que fue dando entrada a diversos operadores nuevos a lo largo del tiempo. Comenzó siendo un monopolio hasta 1995, año en el que Vodafone entró en el mercado español. Para 1998 con la entrada de Orange (entonces Retevisión) ya había una configuración de tres operadores activos.

En comunicaciones móviles, cada diez años ocurre el lanzamiento de un nuevo estándar que ofrece mayores velocidades, menor latencia y mejor uso de las frecuencias concedidas. Cada vez que un nuevo estándar es introducido, los gobiernos ponen nuevo espectro a disposición de los operadores. Hasta el año 2010, el espectro era asignado por el Ministerio de Telecomunicaciones por el procedimiento del concurso administrativo y, a partir de 2011, cuando el nuevo espectro se puso a disposición con la emergencia del estándar 4G/LTE, el Gobierno decidió cambiar el procedimiento y seguir el mecanismo utilizado en la mayoría de los países de la UE: la subasta.

Cuadro 1.

Estándares y propiedades de las redes que ofrecen movilidad

<i>Estándar</i>	<i>1G</i>	<i>2G-GSM</i>	<i>3G-UMTS</i>	<i>4G-LTE</i>	<i>5G-IMT 2020</i>
Servicios	Voz	Voz, SMS, internet banda estrecha	Voz, banda ancha	Videollamadas, TV en movilidad	Alta calidad, IoT
Velocidad	14 Kbps	20 Kbps-115 Kbps	1 Mbps-8 Mbps	15 Mbps-80 Mbps	> 150 Mbps
Latencia (min, máx)	—	[300, 1.000]	[100, 300]	[20, 50]	[<1, 10]
Despliegue	1980's	1990's	2000	2010	2019

Fuente: Elaboración propia.

A lo largo de las distintas asignaciones de espectro se han ido poniendo condiciones a los operadores que obtenían licencias, condiciones de cobertura o bien límites a la cantidad de espectro que en una frecuencia (o combinación de ellas) cada operador podía acaparar. Desde 2005, la CMT¹⁰ decidió abrir el mercado a los operadores móviles virtuales (OMV) imponiendo la obligación general de dar acceso a estos por parte de los operadores establecidos¹¹.

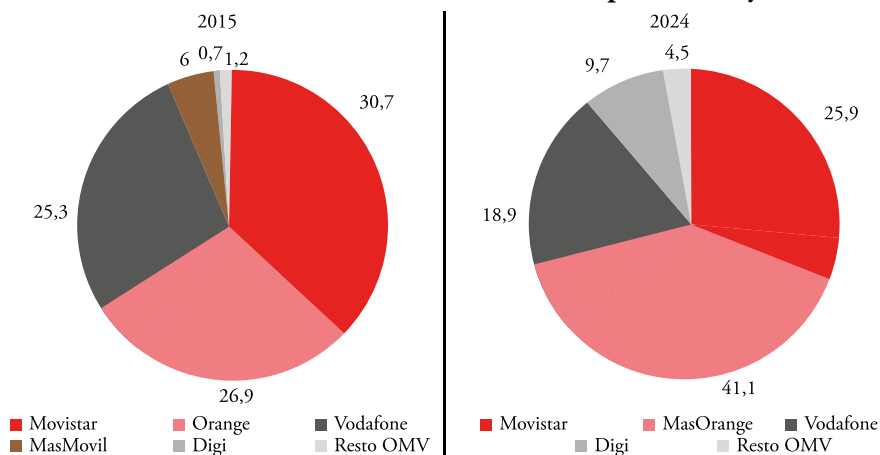
¹⁰ Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, en 2013 integrada en la Comisión Nacional de Mercados y la Competencia (CNMC).

¹¹ Los OMV son agentes que no disponiendo de red móvil ni espectro de frecuencias ofrecen servicios finales utilizando la red de un operador establecido. Operadores en la actualidad con red propia y establecidos en el mercado, como MasMovil o Digi, comenzaron sus operaciones como OMV y con el tiempo fueron adquiriendo espectro y desplegando red fija por su cuenta.

El mercado español ha sido configurado por cuatro operadores con despliegue propio, tres de ellos con cuotas de mercado similares y un cuarto operador que ha ido cambiando en el tiempo. La concentración total ha aumentado recientemente debido a la fusión de Orange y MasMovil ocurrida en 2024 que implicó reducir los operadores con red de 4 a 3. Esta reducción en número de rivales se compensó parcialmente con la aparición de Digi, nuevo cuarto operador, primero operando como operador móvil virtual (OMV) y después con espectro y despliegue de red propia y apoyándose en acuerdos de acceso a la red mayorista que tiene con Telefónica/ Movistar.

Figura 9.

Cuotas de mercado sobre líneas móviles activas en España, 2015 y 2024

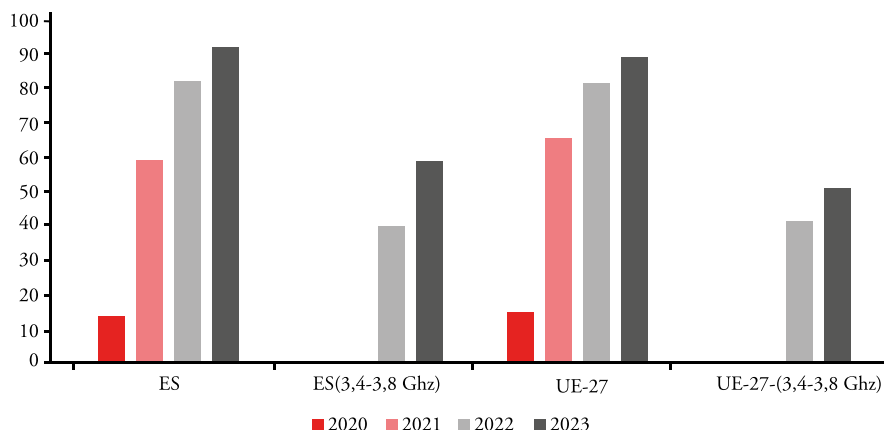


Fuente: CNMC.

Cada nuevo estándar de comunicación móvil ofrece mejores propiedades de velocidad, menor latencia y mejor uso del espectro. Los operadores van migrando a sus clientes hacia nuevos estándares y bandas de frecuencia. Esta migración no va acompañada de incrementos en los precios.

Las redes 5G se comenzaron a desplegar en 2019 una vez que se habían asignado por el proceso de subasta las licencias en las bandas de 3,4-3,8 GHz y los operadores utilizaban bandas bajas (de 700 MHz) con esta tecnología. El 5G está pensado muy en especial para el desarrollo de aplicaciones que requieren de baja latencia y altas velocidades, como por ejemplo el coche autónomo o la cirugía a distancia. Para conseguir una alta calidad de servicio, hace falta desplegar microceldas y antenas a lo largo del territorio de un modo denso y hacer uso del “5G stand-alone”. No se dispone de datos de cobertura o despliegue precisos de este estándar, pero sí de la cobertura que el 5G inicial proporciona tanto en cualquier banda (baja, 700 MHz o media 3,6 GHz; como alta 26 GHz) como en las bandas específicas más atractivas para prestar servicios de 5G, que son las del intervalo 3,4 GHz-3,8 GHz.

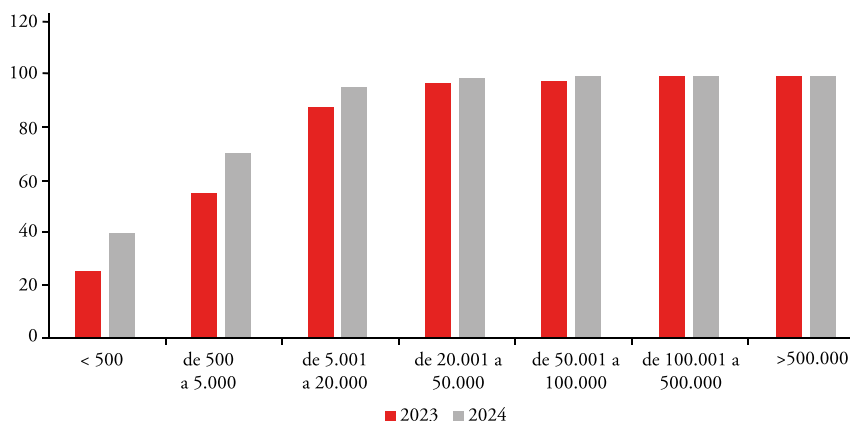
Figura 10.

Cobertura sobre hogares de las redes 5G-IMT-2020 en la UE-27 y en España

Fuente: Comisión Europea.

Cada nuevo estándar de comunicación requiere de una inversión específica en las estaciones base desplegadas o por desplegar, y cada banda de frecuencia utilizada tiene propiedades de propagación de la señal y de cobertura sobre territorio diferentes. En cualquier caso, el despliegue de un estándar nuevo es relativamente rápido. Para 5G, por ejemplo, el despliegue comenzó en 2019 y cuatro años después, a nivel nacional, la cobertura sobrepasaba el 92 % de la población. La cobertura rural con redes 5G ha ido más lenta, pero el ritmo de cobertura ha sido rápido también. Si en 2020 la población en entorno rural en España no disponía aún de

Figura 11.

Cobertura de las redes 5G en España por tamaño de localidad, 2023- 2024

Fuente: Ministerio de Economía y Avance Digital.

acceso a red alguna de 5G, cuatro años después el 67 % de la población estaba cubierta por al menos una red 5G.

El avance en la cobertura de la población se puede observar con mucho mayor detalle con los datos publicados por el Ministerio de Economía y Avance Digital. Las redes 4G-LTE lograron coberturas sobre todo el territorio muy rápidas; en las localidades medias y pequeñas, tres años después del lanzamiento de la tecnología, tenían coberturas mayores del 90 % sobre la población. Fueron las localidades muy pequeñas, de 500 o menos habitantes, las que recibieron esta tecnología con años de retraso.

Similar evolución se ha observado con el despliegue de las redes 5G. A resaltar los programas de extensión y apoyo al despliegue de la banda ancha realizados por los diversos Ministerios (de Comunicaciones y de Economía y Avance Digital) en la última década, que han ayudado a esta muy amplia cobertura.

2.1.4. El espectro: capacidad limitada y recurso público

El espectro se organiza en bandas de frecuencias y las hay para múltiples usos. Existe espectro —recurso público y escaso— de uso libre (como el utilizado por una red Wi-Fi), para usos reservados —como para defensa, policía o servicios de emergencia—. Existen bandas dedicadas en exclusiva a conexiones por satélite geoestacionarios (por ejemplo, para servicios aeronáuticos) o para satélites de baja órbita y existen bandas para uso comercial. Desde la emergencia de las comunicaciones móviles en la década de los 80 y a la par del enorme crecimiento en uso de servicios en movilidad, un número creciente de bandas del espectro han sido liberadas y puestas a disposición de los operadores móviles para uso comercial.

La capacidad asignada de espectro es fundamental para un operador móvil, ya que determina la capacidad y calidad en la transmisión de datos. Es importante resaltar que cada banda de frecuencias tiene unas propiedades de propagación y alcance diferentes, lo cual conlleva costes de despliegue diferenciados. Las bandas “bajas” —hasta 1 GHz—, como la de 700-800 —o 900 MHz—, son idóneas para coberturas amplias y buena transmisión dentro de edificios. Cuanto más alta sea la frecuencia, se consiguen muy altas velocidades, pero coberturas menores, lo cual demandará mayor número de estaciones base a desplegar para alcanzar una cobertura concreta.

Los gobiernos asignan espacio radioeléctrico a los operadores por periodos largos y específicos —duraciones normales de las licencias pueden ser 20 o 30 años—, y garantizan que cada banda no interfiera con otra asignada. Tres son los mecanismos básicos de asignación de licencias de uso: (1) la asignación directa administrativa a un operador concreto; (2) el concurso administrativo¹², y (3) la subasta. En España fueron la asignación directa y los concursos administrativos los mecanismos utilizados hasta 2011, cuando el Gobierno adoptó la subasta como mecanismo general de asignación, al igual que ya ocurría en casi todos los países de la UE.

¹² O “concurso de belleza”, mecanismo de asignación por el cual es la autoridad pública la que determina una serie de condiciones a cumplir *ex ante* por cualquier empresa que quiera acceder a la licencia y el precio se establece *ex ante*. No se asignan las licencias en base a la valoración a pagar por parte de la empresa.

Ya en la década de los 80, Movistar (Telefónica) lanzó el primer servicio de movilidad con la tecnología analógica. Se podía tan solo hacer y recibir llamadas. En 1995 se introdujo la segunda generación –o tecnología– 2G-GSM, primero por Movistar y poco después entró Vodafone (entonces Airtel). En 1998 el tercer operador, Orange (entonces Retevisión), comenzó a dar servicios comerciales. Dos años más tarde, un cuarto operador, MasMovil (entonces Xfera), obtuvo espectro, aunque no comenzó a operar hasta años después.

Si bien hasta 2011 cada banda de frecuencias asignada por el Gobierno iba asociada a una tecnología concreta (2G, 3G), a partir de este momento se introduce en la UE la “neutralidad tecnológica”, principio por el cual, en una banda de espectro cualquiera que tuviera asignada el operador, este podía hacer uso del estándar tecnológico que considere mejor. Las bandas del espectro que se han puesto a disposición de los servicios móviles han aumentado en el tiempo, introduciendo nuevas bandas antes no utilizadas o bien desplazando a un tipo de usuarios –como las televisiones en abierto– de una banda concreta (de 800 MHz y de 700 MHz) a otras bandas y liberando capacidad para poder asignar a los operadores interesados¹³.

A lo largo de estos años se han dado un buen número de procesos de compra o de fusión, pero se ha mantenido el oligopolio con cuatro operadores activos en el proceso. Con la implementación de 5G/IMT2020 en 2022, el Gobierno incluyó la posibilidad de nuevos agentes que utilizan espectro con el nuevo “régimen de auto-prestación”, para el cual se reserva en ciertas bandas de frecuencia una determinada capacidad¹⁴. Este régimen va dirigido a empresas de cualquier sector, no operadores de telecomunicaciones, que tengan necesidad de desarrollar usos industriales, logísticos o de otro tipo utilizando estas bandas de frecuencias.

Cuadro 2.

Dotación de espectro (MHz) por operador en bandas concretas en España (solo frecuencias en FDD y de ámbito estatal)

	<i>Movistar</i>	<i>Vodafone</i>	<i>Orange</i>	<i>Digi</i>
800 MHz	20	20	20	0
900 MHz	29,6	20	20	0
1.800 MHz	40	40	40	29,6
2,1 GHz	30	30	30	30
2,6 GHz	40	40	40	0
3,4 MHz–3,8 MHz	120	90	150	20
700 MHz	20	20	20	0
26 GHz	1.000	400	400	0

Fuente: CMT (2015)¹⁵ y elaboración propia.

¹³ Son los “dividendos digitales”, que tuvieron lugar en 2011 para la banda de 800 MHz y en 2021 para la banda de 700 MHz.

¹⁴ Específicamente en las bandas 5G: 3,5 GHz y en la de 26 GHz.

¹⁵ Comisión Nacional de Mercados y la Competencia (CNMC), 2015.

Se trata de usos “verticales” en la cadena de valor, y de este modo se pretende promover la innovación en servicios y el despliegue de redes privadas por parte no solo de los operadores de telecomunicaciones utilizando. Esta reserva de capacidad para usos industriales también se ha acometido en muchos países de la UE.

En síntesis, en 2025 las capacidades de espectro que por banda de frecuencias ostenta cada operador se detallan en el **cuadro 2**.

2.2. Nuevos agentes en la cadena de valor: el ecosistema digital. Las plataformas digitales, Data Centers y servicios en la nube

Todo el desarrollo digital necesita de tres elementos: (1) redes de telecomunicaciones que funcionan como las arterias digitales por las que se transmiten los datos; (2) grandes capacidades de computación y de almacenamiento, que son prestadas por los centros de procesamiento de datos (CPD) y que funcionan como el cerebro del sistema, y (3) datos, que fluyen por las redes y son procesados y almacenados en los CPD para su explotación mediante el entrenamiento de redes neuronales o como alimento para los algoritmos.

Si las décadas anteriores estuvieron dominadas por la competencia en la provisión de capacidad de transporte, el centro de gravedad se ha desplazado hacia las infraestructuras de procesamiento y almacenamiento de datos, convirtiéndose en una nueva capa crítica sobre la que se ofrecen servicios digitales cada vez más demandados por ciudadanos y empresas, como redes sociales, plataformas de comercio electrónico, servicios de *streaming*, servicios en la nube, IA o la computación en el borde.

Las empresas de telecomunicaciones europeas, tras décadas de inversión en redes, ven cómo la cadena de valor tradicional de las telecomunicaciones se ha transformado para dar paso a un ecosistema digital estructurado en capas en el que el valor añadido ha migrado hacia otros agentes muy diferentes, los ofertantes de servicios digitales, o bien hacia operadores que han invertido en redes troncales diferentes —principalmente cables submarinos— que transportan la mayor parte del tráfico de Internet. Todos los nuevos agentes utilizan las redes de última milla de los operadores de telecomunicación para ofrecer aplicaciones y servicios innovadores que se ejecutan sobre sus propios CPD.

2.2.1. Taxonomía de las infraestructuras digitales

Los CPD son instalaciones especializadas que contienen la infraestructura tecnológica —como servidores, dispositivos de almacenamiento y equipos de red— para el procesamiento, almacenamiento, explotación y distribución de grandes cantidades de datos. Es decir, actúan como la infraestructura fija sobre la que operarán servicios como la IA generativa o servicios en la nube. Los CPD pueden clasificarse en tres categorías, dependiendo de su tamaño y modelo de negocio (Iberdrola, 2025):

- **Hiperescalares:** se trata de infraestructuras de muy alta capacidad, pudiendo llegar a superar los 250 MW, y suelen ser operadas por grandes empresas multinacionales como Amazon Web Services (AWS), Microsoft, Google o Meta. Su modelo de negocio se basa en ofrecer a clientes una infraestructura ultraespecializada para el procesamiento de enormes cargas de trabajo con una latencia mínima, necesaria para determinados usos de IA generativa, ya que solo los CPD muy grandes pueden acometer de un modo relativamente rápido cierto tipo de entrenamientos, dados los vastos volúmenes de información que necesitan como insumo. Representan inversiones del orden de miles de millones de euros por instalación, pero también ofrecen fuertes economías de escala que reducen el coste unitario por operación según crece la capacidad instalada.
- **Alojamiento o colocación:** son instalaciones de tamaño intermedio, típicamente hasta los 100 MW, cuyo modelo de negocio consiste en ceder recursos propios a empresas que desean mantener un control sobre su infraestructura, pero sin asumir la inversión y gestión que implica el desarrollo de un CPD propio. Su operación es similar a la del sector inmobiliario, en el que una empresa propietaria del CPD invierte en el activo físico y lo monetiza mediante contratos a largo plazo a empresas terceras. Suelen estar operados por empresas que gestionan servicios de alto crecimiento y demanda de nube como Netflix, Spotify o Uber, y son especialmente atractivos para empresas de crecimiento rápido como *start-ups* tecnológicas que requieren de alta flexibilidad y escalabilidad.
- **Privados:** infraestructuras propias operadas por empresas para cubrir sus necesidades internas de procesamiento y almacenamiento. Su tamaño varía enormemente según la escala del propietario, desde salas de servidores corporativas hasta campus multiedificio en el caso de grandes instituciones financieras o administraciones públicas. Desde el punto de vista económico, la empresa asume tanto el CAPEX inicial como los costes operativos a cambio de control total sobre la infraestructura, lo cual puede justificarse por requisitos regulatorios (banca, sanidad) o por seguridad de datos sensibles.

Una de las características fundamentales de los CPD hiperescalares son las economías de escala, es decir, cuanto mayor sea la capacidad de computación, más rápido pueden realizar ciertas tareas y mayor número de tareas se pueden distribuir, conllevando una reducción en el coste medio de realización. De acuerdo con un estudio realizado por Ofcom (2025), los costes por kilovatio de capacidad de cómputo disminuyen con el aumento del tamaño del CPD, siendo esta reducción especialmente relevante en los costes de energía y operación, que en conjunto representan el 80 % de los costes anuales. Según su estimación, puede haber ahorros de hasta el 180 % entre costes de energía por kW para centros de datos de mayor tamaño, comparados con los más pequeños, al igual que los costes de operación que mostraron diferencias de 129 % por kW. Ello se extiende también a la reducción en el uso de agua, con la consiguiente reducción de costes medios y efectos sobre emisiones (Borderstep, 2018). Además, de acuerdo con un estudio de Microsoft (2010), a esto se suma la reducción de cos-

tes en seguridad, ya que en su mayoría son costes fijos y, por la densidad promedio de *racks* —armarios donde se almacenan los servidores—, se experimentan costes unitarios más bajos en aquellos que consiguen una mayor densidad (Cisco, 2013). Por último, con la virtualización de esta infraestructura se generan además sinergias, esto es, reducciones en costes al producir varios *outputs* al mismo tiempo por un mejor aprovechamiento de la infraestructura básica de *hardware*.

Dado que la instalación de un CPD de cierto tamaño implica costes iniciales altos y que el tamaño importa para la eficiencia en la realización de una tarea, la competencia ha conducido a altos grados de concentración en estos mercados. Si nos centramos en los proveedores de CPD para usos de IA —un uso muy intenso en capacidad de computación—, los grandes hiperescalares (Amazon Web Services, Google Cloud, Microsoft Azure y Meta) poseen más de la mitad de los centros de datos del mundo. McKinsey estima que para 2030, hasta el 65 % de las cargas de trabajo de IA en Europa y Estados Unidos estarán alojadas en la infraestructura de estos pocos hiperescalares.

Computación especializada: HPC y quantum

La computación de alto rendimiento (HPC, por sus siglas en inglés) es una tecnología que emplea conjuntos de procesadores trabajando en paralelo para procesar conjuntos de datos masivos multidimensionales y que resuelve problemas complejos a velocidades muy altas (IMB, 2024). Se trata de una especialización dentro de los CPD en la que se emplean servidores de muy alto rendimiento, redes ultrarrápidas de interconexión y refrigeración y almacenamiento masivos. Por ello, los CPD que alojan HPC están diseñados para soportar cargas de trabajo extremadamente exigentes como simulaciones científicas de modelado climático, análisis genómico o la IA. La UE ha destinado 7.000 millones de euros entre 2021 y 2027 para impulsar la supercomputación con proyectos como JUPITER, el primer supercomputador europeo de exaescala, capaz de realizar 10 o18 operaciones por segundo y con aplicaciones clave para medicina, cambio climático e industria 4.0 (Comisión Europea, 2024b). En España, Amazon Web Services está construyendo un campus para la IA generativa, con una inversión de 15.700 millones de euros, lo que supone una de las mayores inversiones tecnológicas en la zona de Aragón (Gobierno de Aragón, 2025), que se sumará a los computadores existentes en la Red Española de Supercomputación (RES).

Una especialización mayor de las infraestructuras digitales se da en la computación cuántica, que utiliza tecnología especializada basada en la mecánica cuántica para resolver problemas complejos que los ordenadores clásicos o los supercomputadores no pueden resolver, o no pueden resolver suficientemente rápido (IBM, 2025). De aquí a 2040, se prevé que el sector cuántico cree miles de puestos de trabajo altamente cualificados en toda la UE y supere un valor global de 155.000 millones de euros (Comisión Europea, 2025a). La Unión Europea adoptó en julio de 2025 la estrategia de la Europa Cuántica que busca reflejar los avances en innovación y desarrollo en oportunidades dentro del mercado. Previo a ello, desde España, como parte de la estrategia España Digital 2026, se comenzó el proyecto Quantum Spain, que ofrece a la comunidad científica y empresarial acceso a recursos de computación cuántica a

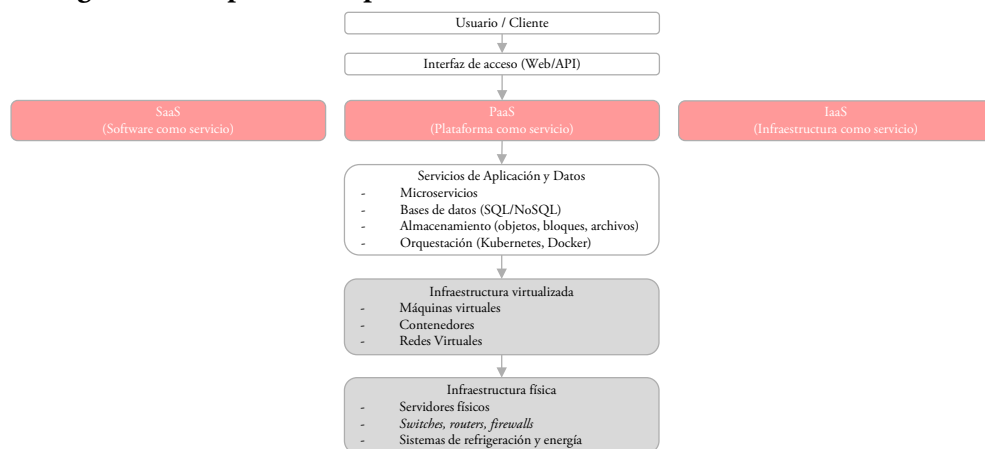
través de la Red Española de Supercomputación, incluyendo el ordenador cuántico ubicado en el BSC y dos emuladores cuánticos, localizados en el CESGA, SCAYLE (Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública, 2025).

Servicios en la nube

La arquitectura de la nube se basa en una infraestructura distribuida que permite ofrecer servicios informáticos bajo demanda a través de Internet. Se compone de la infraestructura física, mayoritariamente los CPD, sobre la que se realiza la virtualización. Los servicios ofrecidos de la nube se dividen en tres modelos principales: IaaS (infraestructura como servicio) que proporciona recursos básicos como sistemas de gestión de seguridad o de contenidos, redes, y almacenamiento; PaaS (Plataforma como servicio) que ofrece entornos para desarrollar y desplegar aplicaciones; y SaaS (*Software* como servicio) que consiste en aplicaciones completas accesibles por navegador.

Figura 12.

Diagrama conceptual de arquitectura en la nube



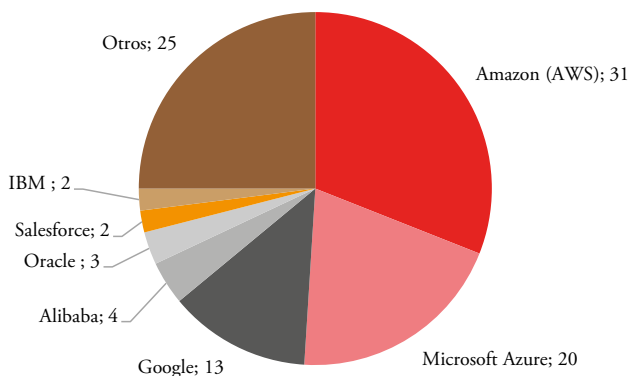
Fuente: Elaboración propia.

Cada vez las empresas demandan más servicios en la nube. Desde el alojamiento de *software* propio, aplicaciones de seguridad, de planificación de recursos, de logística, aplicaciones financieras, hasta el *hosting* de bases de datos propias y su explotación.

Los servicios en la nube son muy variados y se observan bastante concentración en este mercado que engloba servicios de infraestructura (IaaS) y de plataforma (PaaS) así como otros servicios privados en la nube. A nivel mundial Synergy Research Group estima que en 2024 los tres grandes ofertantes de estos servicios, AWS, Microsoft Azure y Google Cloud Platform obtenían más del 63 % de los ingresos totales.

Figura 13.

Cuotas de mercado de los principales proveedores de servicios en la nube a nivel mundial, 2024



Fuente: Synergy Research Group.

Para Europa Synergy estima que los proveedores de servicios en la nube europeos obtienen el 30 % de los ingresos totales, donde SAP es el primer operador europeo. Un aspecto importante para entender el funcionamiento de la competencia es, además de la innovación, el hecho de que los grandes proveedores de servicios en la nube también están activos en desarrollo de IA, o de aplicaciones de uso masivo, como sistemas operativos o redes sociales. Esto es, la competencia de estos nuevos agentes es multimercado.

2.2.2. Geografía de las infraestructuras digitales en España

En España, durante los últimos años, el número de centros de datos ha crecido de forma exponencial (El Español, 2024); mientras que en la década de los 90 se construyeron únicamente 6, con el auge de Internet entre los 2000 y 2019 se añadieron 27, y tras la pandemia de la COVID-19, se sumaron 36 nuevos centros en solo cuatro años. Actualmente, se identifican más de un centenar de centros que ofrecen servicios a terceros en todo el territorio. La mayoría de estos son de tipo colocación para el intercambio de datos, representando el 65 % del total, seguidos por los hiperescalares que representan el 19 %, los dedicados a *hosting* y en la nube, el 10 %, y finalmente los de uso interno, que representan el 6 %.

Una de las razones para este aumento es el posicionamiento de España como un *hub* estratégico dentro de Europa para la implantación de los CPD, en primer lugar gracias a su ubicación geográfica, al ser uno de los principales puntos de interconexión de cables submarinos para la conexión con África y América Latina; en segundo lugar, debido a su extenso despliegue de fibra óptica por todo el territorio, y por último, por la amplia disponibilidad de energía renovable y de bajo coste que permite a los operadores de estas infraestructuras alcanzar los objetivos sostenibles establecidos desde Europa.

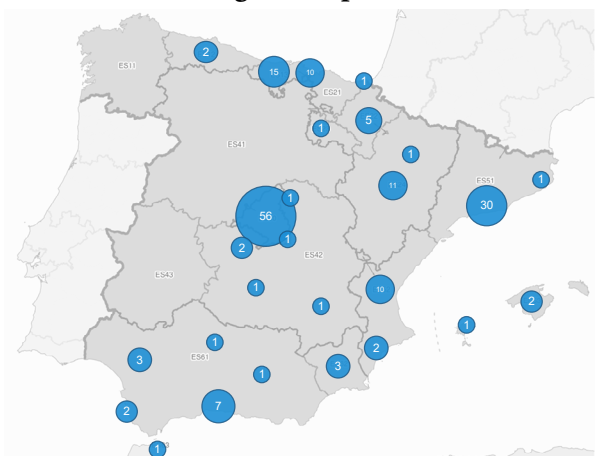
El impacto económico de los CPD en España es significativo, según un informe de Spain DC (2025). La construcción, mantenimiento, y operación de los CPD generan una gran demanda de personal especializado en áreas de tecnologías avanzadas. En 2022, el sector representó el 2,3 % del empleo total en España. A ello se suman los beneficios a las empresas, de las cuales el 46 % reportó reducción de costes y optimización de operaciones gracias al uso de soluciones *cloud* basadas en los CPD en la región, mejorando así la productividad y la competitividad de las *start-ups* españolas.

En total, incluyendo los CPD que ofrecen servicios a terceros como los que no, se cuentan 178 CPD operativos en España (DataCenterMap, s.a.). Uno de los condicionantes en la decisión de la localización de un CPD de cierto tamaño, además de contar con buenas y extensas redes de telecomunicaciones, es la cercanía a las empresas a las que se les da servicios. Para muchos usos demandados, la latencia es una variable importante, como por ejemplo para servicios de IoT o de computación en los bordes. De hecho, en España, como se puede ver en la **figura 14**, la distribución geográfica está altamente concentrada en las regiones con mayor densidad de empresas. Madrid cuenta con 56 CPD, seguida por Cataluña (31), Andalucía (16), Aragón (12), Cantabria (15), País Vasco (10) y la Comunidad Valenciana (10), además de la presencia en Asturias, Canarias, La Rioja, Baleares y Murcia. Aragón se destaca como un caso singular, ya que ha sido elegida por grandes multinacionales —AWS y Microsoft— para la colocación de sus campus de hiperescalares.

Esta distribución ha provocado que regiones como la Comunidad de Madrid hayan visto un favorable impacto económico —en la Comunidad de Madrid se estima que este sector genera unos 8.300 empleos— acompañado de una inversión prevista en los próximos tres años de 23.400 millones de euros (Comunidad de Madrid, 2025). En Cataluña se ha impul-

Figura 14.

Localización de los CPD en las regiones españolas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de DataCenterMap.

sado una estrategia para fomentar el establecimiento de los CPD en la región, estableciéndolos como proyectos de interés general superior y argumentando que “cada euro invertido se multiplica por siete en la economía del punto donde se instala”(Generalitat de Catalunya, 2025). Por su parte, en la región de Aragón, de acuerdo con un informe publicado por La Fundación Basilio Paraíso (2025), las inversiones anunciadas en los CPD, que alcanzan casi los 47.000 millones de euros, tendrán un impacto económico entre 4.000 y 5.000 millones de euros anuales en la región, lo que supone el 10 % del PIB de la Comunidad. Además, la construcción de dichos centros en los próximos diez años generará un valor añadido bruto estimado entre 7.900 y 10.800 millones de euros.

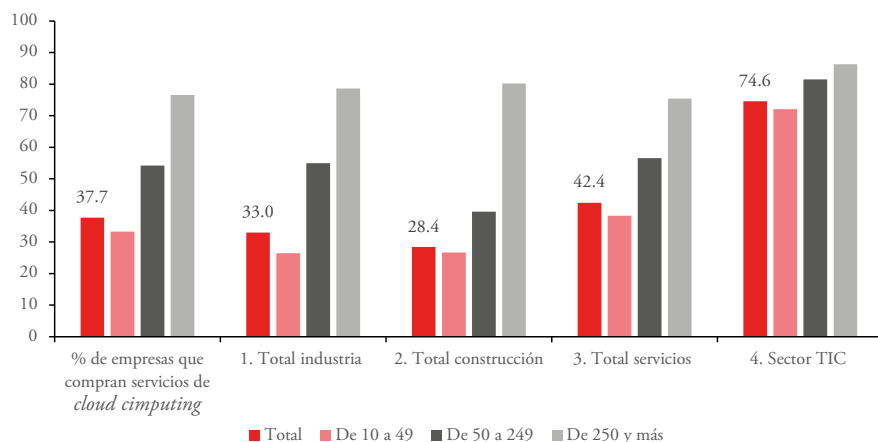
Se espera de todos modos que España experimente un crecimiento acelerado en capacidad de centros de datos impulsado por la demanda de la IA, servicios en la nube y el *big data*, la migración progresiva de cargas *on-premise* hacia *hubs* estratégicos y las conexiones internacionales que mejorarán la conectividad global.

Demanda de servicios en la nube

Es útil diferenciar por una parte la demanda por parte de los hogares y por otra, la demanda por parte de empresas. Centrándonos en estas últimas, se puede ver en la [figura 15](#) como fuera del sector TIC hay grandes diferencias entre el uso de servicios en la nube por las empresas, especialmente cuando se consideran las pymes (menos de 250 empleados) frente a las grandes empresas. No obstante, dentro del sector TIC estas diferencias se reducen, siendo muy similares independientemente del tamaño de la empresa.

Figura 15.

Proporción de empresas que compran servicios en la nube, por tamaño de empresa y gran sector de actividad (empresas > 10 trabajadores) en España, 2024



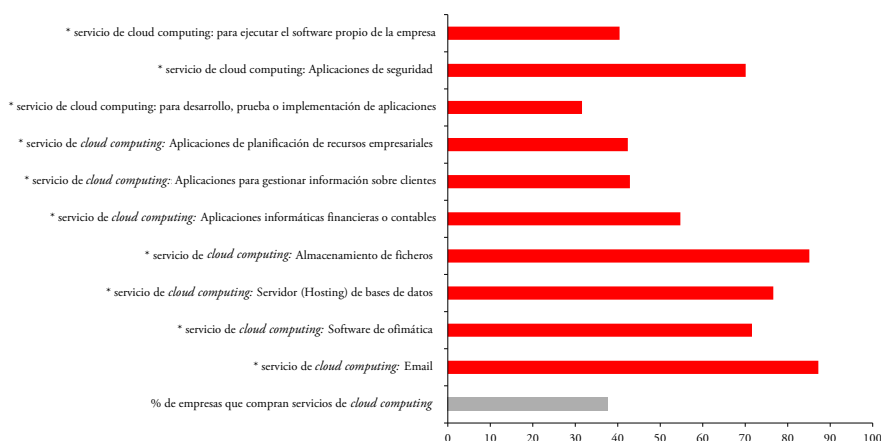
Fuente: INE “Uso TIC en las empresas”.

La adopción de estas soluciones avanza lentamente, el 50,8 % de las empresas tienen menos del 25 % de sus datos en nubes públicas, y solo el 24,2 % superan el 75 % de datos migrados. La tendencia empresarial es hacia los modelos híbridos en los que las empresas mantienen centros de datos propios y emplean la nube pública para cargas estables y servicios complementarios con requisitos específicos, como el *big data* o la IA. Un informe realizado por IDC (2023) para Microsoft destaca las ventajas económicas que supone el uso de arquitecturas en la nube por parte de las empresas españolas.

En la nube se ofrecen muchos servicios diferentes. En base a las encuestas anuales del INE sobre el uso de servicios digitales más relevante, destacan la ciberseguridad, el almacenamiento y los servicios de gestión en la empresa, como los principales servicios contratados por las empresas españolas.

Figura 16.

Tipos de servicios en la nube contratados por las empresas en España, 2024



Fuente: INE, "Uso TIC en las empresas".

2.2.3. Contexto europeo: posición relativa de España

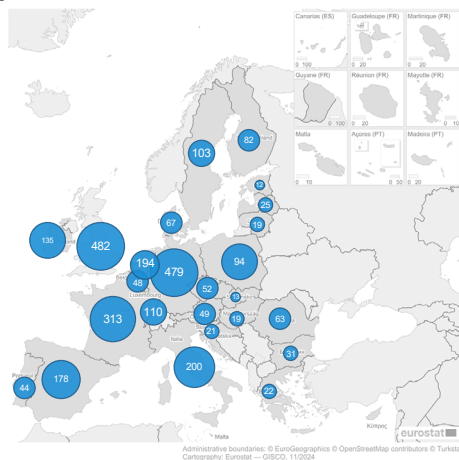
De acuerdo con Statista, el mercado europeo de centros de datos generó casi 98.000 millones de euros en ingresos en 2024, la mayoría de los cuales se realizaron en Europa central y occidental, impulsados por los mercados muy locales, dada la concentración observada alrededor de ciudades o zonas de gran dinámica empresarial: Frankfurt, Londres, Ámsterdam, París y Dublín, los cuales y representan un 28 % del mercado global de los CPD.

En la **figura 17** se pueden observar los CPD operativos en los diferentes países europeos. España se sitúa como quinto en número de CPD por detrás de Reino Unido (482), Alemania (479), Francia (313), Italia (200), y Países Bajos (194). Algunos de los operadores de centros de datos más destacados en la UE son Equinix (que opera más de 83 CPD en toda Europa),

Lumen Technologies (que opera 56 instalaciones), Google (uno de los principales hiperescalares).

Figura 17.

CPD en países europeos

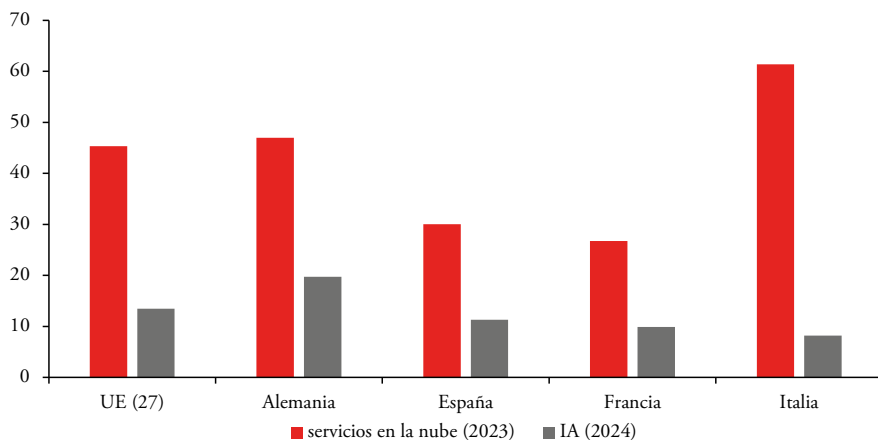


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de DataCenterMap.

Los CPD suponen ya por cuanto a generación de ingresos se refiere, una actividad bien relevante en la UE: la economía de los datos europea alcanzó un valor estimado de 579.155 millones de euros en 2024, con una contribución al PIB del 4.4 % (Comisión Europea, 2024c).

Figura 18.

Uso de servicios en la nube y de IA por las empresas (> de 10 trabajadores) en países UE seleccionados



Fuente: Eurostat.

Por último, en la **figura 18** se puede observar el uso de servicios en la nube y de IA por empresas en los países más grandes de la UE, destacando en este caso la posición relativamente rezagada de España con respecto a la media europea.

2.2.4. Sostenibilidad energética de las nuevas infraestructuras digitales

Los consumos de energía que los CPD demandan son muy altos. De hecho, un modo de clasificar los distintos CPD por tamaño se basa en la potencia de electricidad que demandan. Un CPD de tamaño medio demanda una potencia de 50 MW, que es la potencia necesaria para satisfacer de electricidad a 22.000 hogares. Muchos CPD se autosuministran directamente la electricidad con estaciones de generación propias, muchas veces generación renovable, y necesitan de un suministro continuo de energía, aunque puede tener oscilaciones importantes en cuanto a la demanda¹⁶. Ya sea por la garantía de estabilidad como para hacer frente a los altibajos de tensión que puede ocasionar, un CPD necesita también conectarse a la red, bien sea a la de transporte de alta tensión, o bien sea a la red de distribución. La demanda en los últimos años de accesos (conexiones) a la red de alta tensión en España se ha disparado y el responsable de esta red, Redeia, junto con el gobierno, han adelantado el plan quinquenal que define las directrices de esta inversión y ha lanzado en agosto pasado una consulta pública al respecto para cubrir el periodo 2025-2030.

Para mantenerse al día con el rápido aumento en la demanda de la IA, los centros de datos se han vuelto más grandes. Hace diez años, un centro con una capacidad de 30 MW se consideraba grande; hoy en día, un campus de 200 megavatios se considera normal. Las densidades de energía promedio se han más que duplicado en solo dos años y se espera que aumenten casi cuatro veces para 2027. La Agencia Internacional de la Energía (IEA) estima que en 2024 el 1,5 % de la electricidad producida a nivel mundial fue absorbida por la gran red de CPS existente, pero esta cifra es una media mundial: hay regiones con altas concentraciones de CPD donde su consumo de electricidad puede ser del 5 %-10 % o mayor sobre el total. El impacto medioambiental, ya sea por emisión de CO₂ o por el uso de grandes volúmenes de agua en la región donde se localicen, puede ser muy significativo.

De acuerdo con el JRC (Comisión Europea, Joint Research Centre, 2024), los centros de datos de la UE-27 utilizaron entre 45 y 65 TWh de electricidad en 2022, lo que representa entre el 1,8 % y el 2,6 % del consumo total de electricidad. De este valor, los grandes centros de datos, incluidos los de colocación e hiperescalares, representaron el 65 %, mientras que los centros de datos empresariales, el 35 %.

En línea con la concentración en cuatro países de la mayor parte de los CPD instalados, en ellos se concentra también casi dos tercios del uso de energía de los centros de datos de la

¹⁶ La North American Electric Reliability Corporation (NERC), un organismo privado que supervisa el estado de las redes eléctricas en América del Norte, ha publicado varios informes en los que alertan del problema para la estabilidad de la red que puede suponer la forma de funcionar de estas infraestructuras, ya que sin unas adecuadas salvaguardas, pueden desestabilizar la red y, en una situación extrema, colapsarla con un apagón.

UE; y los doce principales mercados representan alrededor del 95 % del uso de energía de los centros de datos de la región.

Cuadro 3.

Uso de energía por centros de datos en los países de la UE

	<i>Total de consumo</i>	<i>Porcentaje del total nacional</i>
Bélgica	1,5 TWh	2
Dinamarca	1,3	4,5
Finlandia	0,7	1
Francia	10	2,2
Alemania	15	3
Irlanda	5,2	18
Italia	4,2	1,5
Países Bajos	3,7	5,2
Noruega	1,5	1,2
Polonia	2	1
España	2,9	1,2
Suecia	3	2,3

Fuente: Comisión Europea, Joint Research Centre (2024).

Las perspectivas a corto plazo son de claro crecimiento. Iberdrola estima que para 2026 se puede llegar a una potencia instalada de CPD de 80 TW, lo cual supone mayor consumo de electricidad que cualquiera de las demás industrias electrointensivas en el país. Se han anunciado planes por parte de empresas del sector de la construcción-ingeniería, como ACS, de energía —Naturgy, Iberdrola y Endesa—, a menudo en colaboración con socios del mundo digital, como AWS, Microsoft o Google, para la instalación de un buen número de nuevos CPD en España.

A nivel europeo, una Directiva UE reciente (Directiva [UE] 2023/1791) establece un marco inicial de funcionamiento para los CPD al exigir a los grandes CPD —mayores de 50 MW instalada—, entre otras cosas, la publicación con anterioridad de una serie de indicadores de consumo, potencia instalada, consumo de agua, gestión del calor residual o el tráfico de datos esperado. Lo que emerge es una necesidad clara de insertar la planificación de los CPD en la planificación de las redes de transporte de electricidad.

La gran cantidad de energía demandada que se prevé va a tener lugar con la instalación de numerosos y grandes CPD, pudiendo incluso afectar, si no hay planificación correcta, a la disponibilidad y precio del kW/hora a pagar por los hogares. Las adaptaciones y extensiones en las redes y en la capacidad de generación pueden afectar a los costes asumidos por el sistema que acaban pagando todos los usuarios.

Analizándolo a nivel regional, de acuerdo con SpainDC (2024), la potencia instalada de los CPD en la región de Madrid es de 194,5 MW, suponiendo un crecimiento del 32,3 % respecto a 2023 y aglutinando a más del 50 % de la oferta nacional en términos de capacidad¹⁷. Barcelona, con 29 MW en operación, ha inaugurado recientemente una estación de entrada para cable submarino, y la rápida expansión de su sector de servicios digitales hace prever una tendencia de crecimiento sostenido, con capacidades previstas en torno a 77 MW. Aragón se ha configurado como la tercera comunidad autónoma más relevante, representando el 10,7 % de la capacidad ofertada.

Otra de las preocupaciones medioambientales en la instalación de los CPD es el consumo de agua que conlleva la refrigeración de las infraestructuras, ya que en muchos casos se basan en suministros de agua potable. De acuerdo con el informe de la Comisión Europea sobre la sostenibilidad de centros de datos en Europa¹⁸, en 2024, se consumieron 6 billones de litros de agua por CPD en la Unión, de los cuales España representó 214 millones. La asociación Water Europe (2024) estima que un CPD utiliza aproximadamente 26 millones de litros de agua por MW al año, lo que supone un total de 60 billones de litros anuales, diez veces más que la cifra reportada por la Comisión. Para hacer una comparativa, en España, de acuerdo con los últimos datos del INE, se consumen una media de 128 litros por habitante y día, lo que significa que con el agua destinada a la refrigeración de los CPDs en Europa se podrían haber abastecido 1,3 millones de hogares españoles¹⁹.

Por último, hay que tener en cuenta los efectos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero tanto de los centros de datos como de las redes de transmisión que los soportan, que de acuerdo con la International Energy Agency (2025) supusieron a escala global en torno a 300 Mt de CO₂, equivalente al 0,6 % de las emisiones totales de gases de efecto invernadero.

Para mitigar estos efectos, las grandes empresas están llevando a cabo fuertes inversiones en dos áreas, la primera en suministros de energía propios, principalmente basados en energía con fuente renovable y en algunos casos nuclear. En Estados Unidos ya se están realizando planes para poder agilizar los procesos de asignación de licencias para operación de pequeñas centrales nucleares que alimenten los grandes CPD de los hiperescalares, y que a su vez contribuyan a la provisión de energía doméstica de los pueblos vecinos (US Department of Energy, 2025). Y por otro lado, en la refrigeración basada en optimización de sistemas existentes y en utilización de líquidos no conductores para la refrigeración por inmersión. El uso de estas técnicas estima el World Economic Forum (2025), tendrá un impacto muy positivo en los consumos de los CPD, con reducciones de hasta el 50 % de consumo energético en sistemas de refrigeración y del 91 % en uso de agua.

¹⁷ De acuerdo con el grupo Aire, la potencia en operación ascendía a 130 MW (Grupo Aire, 2025).

¹⁸ Estas cifras se refieren a los CPD incluidos dentro del artículo 12 de la directiva sobre eficiencia energética, es decir, aquellos con consumos de energía superiores a 500 kW (Comisión Europea, 2025b).

¹⁹ De todas formas, téngase en cuenta, que de acuerdo con estimaciones de la consultora Savills la refrigeración basada en líquidos —principalmente agua— representa aproximadamente un 20 % del mercado total de refrigeración (Savills, 2023).

La transparencia en la publicación de los datos necesarios de estas instalaciones digitales y su uso por parte de las autoridades, de investigadores y analistas ayudará a evaluar mejor los riesgos y efectos que estas infraestructuras pueden tener.

3. MARCO REGULATORIO/GOBERNANZA

3.1. La regulación y su evolución en las telecomunicaciones

La regulación de las telecomunicaciones ha venido siendo definida con respecto a principios a nivel europeo. Los objetivos básicos eran: (1) promover un entorno de competencia efectiva en redes y en servicios, y (2) impulsar el despliegue y adopción de redes de muy alta velocidad. Para ello se ideó un marco regulador en el que un operador con poder significativo de mercado podía ver regulada parte de sus redes y servicios con diversos mecanismos que debían ser proporcionales al problema de competencia encontrado. Preferiblemente, se trataba de intervenir en los mercados mayoristas (antes que en el servicio final). La regulación existente se ha ido revisando cinco o seis años con respecto de la Unión Europea y como resultado de la entrada de nuevos agentes, mayores niveles de competencia conseguidos y la amplia cobertura de nuevas redes de nueva generación alcanzadas, la regulación ha ido eliminándose de la gran mayoría de servicios sobre las que se definió al inicio. Si en 2003 había un total de 14 actividades reguladas, en 2025 en España solo existen tres servicios regulados *ex ante*: itinerancia dentro de la UE, interconexión (en redes fijas y móviles) —estos dos servicios regulados a nivel UE por la Comisión Europea— y el acceso a los conductos físicos de las redes de banda ancha.

Un elemento importante en el despliegue rápido de FTTH en España fue la regulación adoptada. En 2009 la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT) reguló varias formas de acceder a las redes de Telefónica. Por un lado, estaba la red legada, de par de cobre, sobre la cual ya existía regulación de acceso al bucle de abonado (conexión desde central local hasta la casa del abonado) que debía ser ofrecido a cualquier nuevo operador que lo solicitara a precios y condiciones reguladas. Esta regulación se mantenía, pero en 2009 ya existían otras redes con mejores capacidades de conectividad: la red de cable y la red de fibra, aunque esta última aún con un desarrollo muy incipiente. Telefónica comenzaba a desplegar fibra “-hasta-la-casa” (FTTH, por sus siglas en inglés) y, así como sobre la red de cobre antigua con diversas versiones de xDSL se podían alcanzar velocidades hasta 25-30 Mbps, con la red de fibra las velocidades podían ser mucho mayores. Era la red fija del futuro. Con el fin de dotar de incentivos a Telefónica al despliegue de esta nueva red, se impuso la obligación de ofrecer a los demás operadores acceso indirecto solo hasta 30 Mbps.

La CMT decidió también imponer sobre Telefónica la obligación de dar acceso a terceros a su infraestructura civil desplegada: conductos, canalizaciones, postes y arquetas. Se estimaba que en el despliegue de una red fija *ex novo*, más del 70 % de los costes implicados

se referían a esta obra de canalización de los cables por las calles y lo que esta tarea conlleva: permisos de ayuntamientos o comunidades autónomas, planes o afecciones medioambientales, entre otros. Cualquier operador que quisiera desplegar una red podría desde ese momento utilizar la obra civil ya disponible.

Esta regulación estableció las bases para la instalación de fibra en el mercado que ocurrió años más tarde. La regulación del acceso a los conductos y red física de Telefónica resultó, con el tiempo, crítica para inducir a los demás operadores al despliegue físico de sus redes fijas sin necesidad de construir nuevos conductos. Otro elemento regulado fue el tramo “vertical”, en el interior de los edificios: la obligación de dar acceso se ordenó a todos los operadores que hubieran ya desplegado los cables dentro de los edificios bajo el principio de “primero-que-llega-primero-que-cede” a precios razonables el acceso, sin necesidad de duplicar el mismo. Se trataba de una obligación “simétrica” —impuesta a todos los operadores que ya la hubieran acometido—. Desde 2002 hasta 2013, la banda ancha se ofrecía a través de dos modalidades: o bien el cable (HFC) que había desplegado Ono, con una cobertura de aproximadamente el 47 % de los hogares (después adquirida por Vodafone), o bien se utilizaba el bucle de abonado de la red de par de cobre. Esta regulación facilitaba la entrada de nuevos operadores que podían, para el último tramo de la red —o red de acceso—, utilizar la red instalada durante el siglo XX por Telefónica, esto es: utilizar a precios y condiciones ya reguladas el par de cobre de Telefónica. La regulación tenía como objetivo dar tiempo a los nuevos operadores a desplegar sus propias nuevas redes, pero ir adquiriendo clientes de servicios por red fija en base al uso de este tramo de red del operador incumbente. Esta “desagregación del bucle de abonado” tuvo problemas en su implementación, pero a partir de 2005-2006 representó un método claro de entrada de nuevos ofertantes de servicios.

Pero la red basada en el par de cobre tenía un problema: a pesar de los avances conseguidos en la multiplexación —multiplicar la capacidad de esta red antigua para transmitir datos a mayores velocidades con tecnologías xDSL— había un límite a la velocidad máxima que con esta red se podía conseguir. En 2005, con xDSL se podía ofrecer como mucho 25-30 Mbps de velocidad de bajada a los usuarios de banda ancha. Y además, esta velocidad máxima dependía de la distancia del abonado a la central local de Telefónica —cuanto más distante, menor la velocidad máxima a alcanzar—. El modelo de liberalización pretendía que los nuevos operadores desplegaran nuevas redes de muy alta capacidad, como el cable o la fibra óptica, hasta cerca de cada abonado. Este despliegue llevó tiempo, si bien, como se ha indicado antes, Ono ya había desplegado desde inicios del milenio 10 millones de accesos con cable, red que utiliza fibra óptica y para la red de acceso un par de cobre. Fue a partir de 2012 cuando Telefónica y los demás operadores comenzaron con el despliegue rápido y generalizado de fibra óptica.

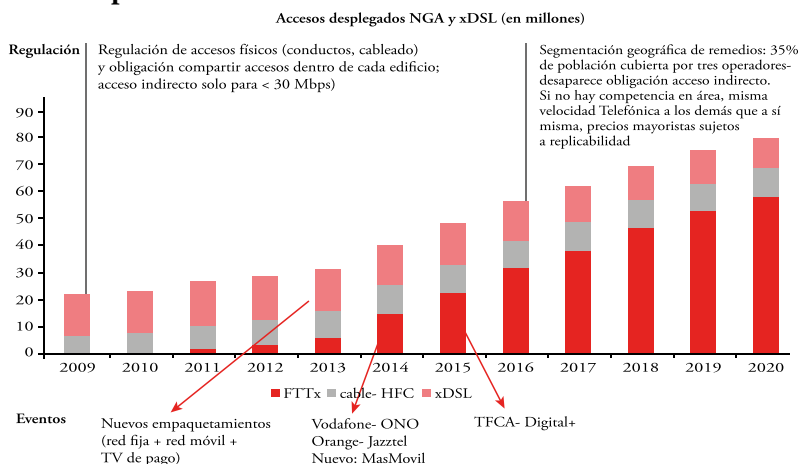
A medida que los operadores fueron acometiendo el despliegue de FTTH, se fue haciendo uso de las canalizaciones y obra civil de Telefónica por parte de los demás operadores. Y el despliegue de fibra “-hasta-el-hogar” fue rápido: si en 2013 el 22,7 % de los hogares tenían acceso a la fibra, seis años después esta ya cubría al 80,4 % de los hogares en España. Uno de los despliegues más rápidos y extensos que se han visto en la UE.

En 2016 se revisa la regulación del acceso a la banda ancha manteniendo los principios fundamentales definidos en 2009. Se hace una distinción geográfica de las condiciones de competencia y se imponen obligaciones diferenciadas. La situación en 2016 era de un despliegue muy significativo de los operadores de fibra o cable —más del 50 % de los hogares estaba cubierto por alguna red de “muy alta velocidad” (o red de acceso de nueva generación)—, despliegue que se concentraba sobre todo en zonas más densamente pobladas de la geografía. Muchas localidades contaban con dos o tres redes de nueva generación (capaces de ofrecer conexiones de más de 100 Mbps), pero había zonas rurales donde el despliegue aún no había comenzado. La CNMC decidió distinguir el territorio en dos zonas diferenciadas: con competencia efectiva en redes de nueva generación —aquellas donde al menos había tres operadores activos ofreciendo servicios de muy alta velocidad— y las zonas blancas, donde solo había una (normalmente de Telefónica) o ninguna red NGA desplegada.

La regulación de accesos a los conductos o red física (conductos, postes y canalizaciones) de Telefónica se mantenía en todo el territorio, pero la obligación de dar acceso “indirecto” —esto es, acceso a puntos de conexión específicos de la red de Telefónica para prestar a partir de ese punto la conexión al cliente final— solo se mantenía en aquellas zonas donde no existía competencia efectiva en este tipo de redes —o zonas blancas—. Se dejaba cierta libertad de precios mayoristas por este servicio que Telefónica debía ofrecer, aunque sometido a un control de replicabilidad —esto es, el precio mayorista debía guardar un margen razonable con respecto al precio final del operador histórico—, con el fin de evitar estrechamientos de márgenes que impidieran sobrevivir a los operadores que solicitaban acceso indirecto.

Figura 19.

Hitos principales de la regulación y principales operaciones corporativas ocurridas en el mercado español



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CNMC.

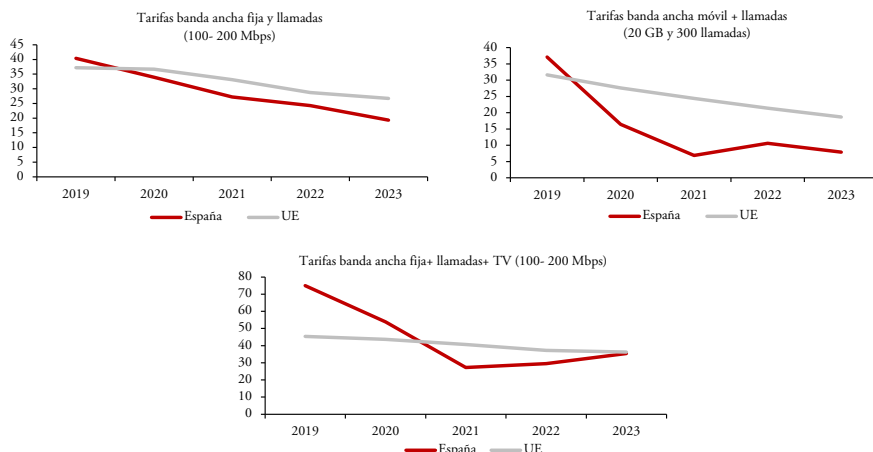
La regulación ha ido cambiando a lo largo de los años, a medida que se iba produciendo la entrada de nuevos agentes y mejoraba la competencia. En la actualidad, en España solo existe obligación de dar acceso a conductos físicos para el despliegue.

Como resultado de la dinámica de entrada de nuevos operadores y nuevas redes con grandes capacidades, la regulación introducida con el fin de promover la competencia efectiva, los empaquetamientos comerciales y la gran demanda de conectividad, los precios por los servicios finales más demandados –banda ancha, llamadas y contenidos, ya sean por redes fijas o móviles– han mostrado descensos muy notables.

Se comparan a continuación precios basados en la mejor tarifa existente entre los años 2019 y 2023 de los tres paquetes de servicios más demandados en estos años: el paquete doble (llamadas y banda ancha de al menos 100 MBps de velocidad de bajada por redes fijas), paquete triple (además de los anteriores, se añade el servicio de TV de pago ofrecido por un operador) y la combinación de servicios más demandados por redes móviles (llamadas y banda ancha). Los precios recogidos se refieren a la mejor tarifa existente en España y la media de las mejores tarifas recogidas en la UE, y se corrigen con paridad de poder adquisitivo. Se recogen precios de paquetes de servicios porque es esta modalidad la más demandada por los usuarios.

Figura 20.

Evolución de las mejores tarifas del paquete doble, triple y de móvil en España y media de la UE, en euros paridad poder adquisitivo



Fuente: Eurostat.

La tendencia de clara disminución en los precios en España (de servicios empaquetados) es clara desde 2019, y más clara aún si en la serie introducimos evidencia de años anteriores, si bien es cierto que desde 2021 en adelante los precios se han mantenido ya más

constantes. La drástica reducción de precios de los servicios finales de telecomunicaciones se observa en toda la UE.

3.2. Desintegración vertical de las redes: nuevos modos de gobernanza, acuerdos de compartición y aparición de nuevos agentes solo mayoristas

Desde el inicio de la liberalización del sector de las telecomunicaciones en 1998, el modelo de competencia entre infraestructuras (fijas o móviles) implicaba que cada operador desplegaba su red independientemente de los demás. Se trata de conseguir despliegues de nuevas redes, ya fueran de cable o de fibra, que supusieran una mejora con respecto a la única red que inicialmente existía, basada en el par de cobre en la “última milla”. En telecomunicaciones móviles, los mercados se han organizado alrededor de tres o cuatro operadores con despliegue de red, cada uno la suya. La competencia se basaba en nuevas redes, con mejores capacidades y prestaciones que surgían con cada nuevo estándar (2G/GSM, 3G/UMTS, 4G/LTE y 5G/IMT-2020) y se competía también por la cobertura sobre población como elemento de diferenciación.

Pero desplegar redes en entornos rurales es costoso y el periodo de amortización es largo dados los consumos menores esperados en zonas poco densamente pobladas. En muchos países de la UE-27 han existido planes de extensión de la banda ancha por cualquier tipo de red que mejor pudiera dar el servicio dirigido a entornos rurales. Pero los operadores también han encontrado estrategias para reducir costes de despliegue y de mantenimiento de las redes.

Desde casi el inicio de este proceso liberalizador han ido ocurriendo acuerdos entre operadores para compartir sus redes, bien sea para el despliegue conjunto de redes móviles o fijas, o para compartir infraestructura ya desplegada entre varios. Los acuerdos de compartición pueden adoptar muchas formas e intensidades diferentes y conllevan, desde el punto de vista de la competencia, dos efectos contrapuestos: por un lado, la cooperación en el despliegue o en la infraestructura física reduce costes de despliegue y de mantenimiento (ganancia de eficiencia) que puede trasladarse al consumidor final, y por otro lado, esta colaboración a nivel mayorista entre dos empresas puede conducir a una menor agresividad en precios en el mercado de servicios finales, o incluso a acuerdos anticompetitivos (colusivos).

El primer efecto, reducciones de costes, puede ser relevante. Dependiendo del tipo de acuerdo, se estima que se pueden conseguir ahorros en costes entre un 16 % —para los acuerdos de red “pasivos”— y un 30 % para los que también comparten elementos de computación de red. Los acuerdos de compartición se han dado desde el año 2000 y han debido pasar por el filtro de la autoridad reguladora o de la competencia. En el periodo 2000-2014, los acuerdos se limitaban a la compartición “pasiva” o bien a entornos rurales, de baja densidad de población, donde el despliegue de tres o cuatro redes al mismo tiempo podía resultar en duplicidad de costes o podía resultar en dejar sin cobertura a población dependiendo del operador que prestara el servicio.

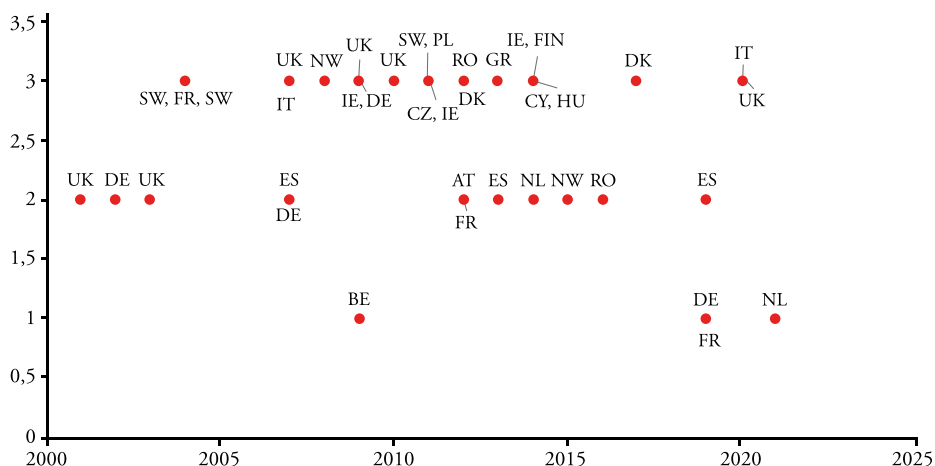
Hay diversos modos y grados de compartir una red móvil. El primer tipo de compartición es la que se refiere al emplazamiento, mástiles, antenas y los servicios básicos que le acompañan. Cuando varios operadores instalan sus equipos en una misma localización (emplazamiento), incluso en una misma antena, esto es la compartición “pasiva”. Un grado mayor de compartición es utilizar dos operadores en el mismo acceso radio (*Radio Access Network*) instalado en la estación base, pero cada operador mantiene el control de su red y frecuencia asignada en exclusiva. Un grado mayor de compartición es cuando el espectro que cada operador tiene asignado se decide hacer uso común (mutualización del espectro). Con estos acuerdos, dos operadores con poca capacidad en una banda específica pueden acumular sus capacidades y pueden dar mejor servicio al cliente final.

Hay estudios empíricos que apuntan a beneficios de la compartición en cuanto que logran mayores coberturas sobre población en menor tiempo y por mayor número de operadores, así como han conducido a menores precios del servicio final. Koutroumpis *et al.* (2021) analizan los efectos de los acuerdos de compartición en Europa en el periodo 2000-2019 para las tecnologías de 3G y 4G y utilizando el método de “diferencias-en-diferencias”, encuentran efectos positivos de estos acuerdos sobre cobertura, precios finales y sobre la calidad del servicio. Estos efectos dependen del tipo de acuerdo alcanzado, y en general eran positivos también para los operadores, los cuales lograban aumentar márgenes al reducir costes y trasladar al mismo tiempo parte de esta ganancia de eficiencia al consumidor final. Los acuerdos de compartición, además, se relacionaban con reducciones en el grado de concentración allí donde tenían lugar.

En la **figura 21** se muestran los acuerdos de compartición más relevantes ocurridos en el periodo 2000-2021 en Europa, distinguiendo los acuerdos en: (a) 1: acuerdo de compartición pasivo; (b) 2: acuerdo activo o que implica prestación de *roaming* bilateral, y (c) 3: implica

Figura 21.

Acuerdos de compartición de redes móviles en Europa, 2000-2021



Fuentes: TowerXchange, EWIA y elaboración propia.

creación de una *joint venture* entre dos operadores por la cual ponen en común recursos para el despliegue o mantenimiento de las estaciones base compartidas.

Los acuerdos tuvieron especial auge con el despliegue de las redes 3G/UMTS, 2007–2013, y muchos se centraban en zonas rurales de cada país. Un mismo operador en un país llega a un acuerdo de compartición con otro, y en otro país diferente llega a un acuerdo con un socio distinto. En general, estos acuerdos han sido voluntarios entre operadores, aunque en un número significativo de casos, con motivo de otorgamiento de licencias de uso del espectro, la autoridad impuso ciertas obligaciones de compartición²⁰. Los acuerdos en su inmensa mayoría han sido o bien mantenidos en el tiempo o bien renovados explícitamente años después, con extensiones en el número de emplazamientos afectados.

El grado más intenso de compartición consiste en el uso común de la frecuencia de radio asignada en la licencia, o mutualización del espectro. En España, como se comenta a continuación, se ha dado una evolución interesante: mayor grado de compartición a medida que los estándares 3G, 4G y 5G se han ido implementando.

En España también se han dado este tipo de acuerdos. En 2007, Orange y Vodafone alcanzaron un acuerdo de compartición por el cual se daban *roaming* en áreas rurales, de menos de 25.000 habitantes. Se trata de un acuerdo de compartición activo, por cuanto compartían la red activa que uno tuviera desplegada en un área donde el otro no disponía de red.

En 2017, Yoigo (posteriormente MasMovil) llegó a un acuerdo de itinerancia con Orange para poder el primero dar servicio allí donde no disponía de red propia. El acuerdo abarcaba las tecnologías 2G y 3G.

Si durante el despliegue de 3G/UMTS se dieron relativamente pocos acuerdos de compartición en España, con el despliegue de 4G/LTE y con la expectativa de despliegue de 5G/IMT-2020 un nuevo agente cobró mucha importancia: el operador solo mayorista, o Tower Company, esto es, una empresa que adquiere los emplazamientos de los operadores establecidos y ofrece a los operadores estos para el despliegue de sus antenas y accesos radio. Estas TowerCo no prestan servicios al cliente final, tan solo ofrecen servicios mayoristas. Los operadores tradicionales en el despliegue de 2G, 3G y 4G tuvieron que hacer frente al despliegue de redes independientes, cada uno la suya, y surge con estos TowerCo un nuevo modelo de negocio interesante: compartir la infraestructura “pasiva” (el emplazamiento, las antenas, los servicios básicos y cierta obra civil) y así reducir los costes de desplegar y mantener tres o cuatro redes independientes. Es un modelo con propiedades interesantes, por cuanto el operador neutro tiene incentivos a prestar servicios de red (pasiva) al mayor número de operadores finales que pueda. En el fondo, se trata de un modelo de comparti-

²⁰ En Bélgica, Francia, Rumania, Portugal y Austria con ocasión de otorgamiento de licencias se impusieron ciertas de obligaciones bien de compartición pasiva o bien activa sobre operadores establecidos (BEREC, 2018).

ción de costes a través de un nuevo operador neutro, solo mayorista²¹, que no va a canibalizar el negocio final de los operadores de telecomunicaciones.

Una empresa española, Cellnex, ha sido protagonista clara de este nuevo modelo de negocio, adquiriendo en España y en muchos países de la UE gran cantidad de emplazamientos²² y convirtiéndose en líder en Europa.

En España, ya en 2012 Cellnex adquiere 500 emplazamientos de Telefónica y un año después se hace con 4.200 adicionales. En 2010 Orange vende 1.500 emplazamientos a Cellnex y en 2021 Telefónica vende todos los emplazamientos que tenía a American Tower. En diez años, y solo en España, Cellnex se hace con la gestión del 26 % de los emplazamientos totales existentes y American Tower con otro 30 %.

La emergencia de este agente nuevo, las Tower Companies, ha provocado además cierta desintegración vertical en el resto de operadores. Por ejemplo, Vodafone y Orange han mantenido la infraestructura de redes móviles en propiedad, pero la han separado como una filial diferente dentro del grupo, incluso en el caso de Vodafone (Vantage), ha dado entrada a inversores independientes en el capital de esta nueva unidad mayorista.

Luego, se observa una cierta desintegración vertical, bien total o parcial, del negocio mayorista de servicios de infraestructura de red móvil. En la UE la importancia de estos TowerCo es similar, sino incluso mayor en muchos casos, que en España²³.

En la [figura 22](#) se detalla el número de acuerdos de compartición, por un lado, y el número de transacciones (venta) de emplazamientos adquiridos por Tower Companies en Europa en las dos últimas décadas. Es notable el auge de los acuerdos de compartición hasta 2015 y la emergencia posterior de los operadores solo mayoristas, en especial a partir de 2013.

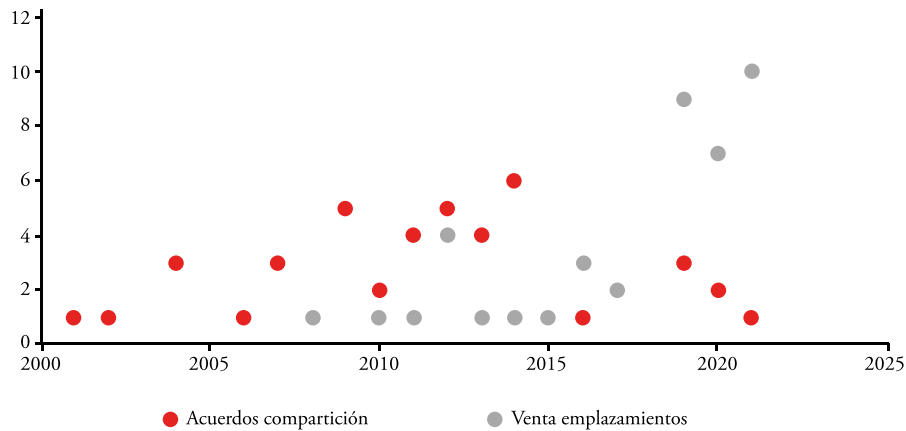
Para hacerse una idea del grado de compartición de emplazamientos que hay en España y con datos del regulador sectorial (CNMC, 2024), de un total de 41.000 emplazamientos existentes, los operadores declaran localizar sus antenas (estaciones base) en 34.000 emplazamientos propiedad de otro operador. Si bien estas dos cifras no dan directamente el grado de uso común debido a que en muchas localizaciones hay más de dos operadores activos, sí dan una idea del éxito del nuevo modelo de negocio introducido: compartir al menos la infraestructura pasiva con el fin de reducir costes de mantenimiento y despliegue de red.

²¹ Hounghonon *et al.* (2023) analizan a lo largo de 137 países, en el periodo 2008-2020 y encuentran un efecto significativo y positivo de la emergencia de operadores solo mayoristas tanto en lo que respecta a los precios finales minoristas, a la cobertura sobre población para las tecnologías 3G y 4G como con respecto a la intensidad de uso (penetración) del servicio de banda ancha por usuarios. Similares resultados obtienen Maier-Rigaud *et al.* (2020).

²² Un emplazamiento físico puede albergar varias estaciones base de distintos operadores. En España existen unas 190.000 estaciones base repartidas en algo más de 40.000 emplazamientos.

²³ TowerXchanges European Guide, Q2 2025 Update.

Figura 22.
Número de acuerdos de compartición y de venta de emplazamientos a Tower Companies en Europa, 2000-2021



Fuente: Elaboración propia.

Esta desintegración vertical de activos de red supone un enorme cambio en la economía y gobierno de las redes: los operadores caminan hacia una compartición cada vez más intensa con el fin de reducir costes (ganancia de eficiencia). El hecho de que algunos operadores hayan desgajado su parte de red móvil y creado una sociedad independiente y hayan dado entrada a inversores externos en su capital, es una muestra clara del compromiso claro de los operadores de ir hacia el uso conjunto de las redes. Existen, además, acuerdos de despliegue conjunto para redes 5G entre los TowerCo y los operadores tradicionales.

Una compartición posible también consiste en el uso común por dos operadores de unas determinadas bandas del espectro, o mutualización.

En 2024 se dio la operación de concentración entre Orange y MasMovil, a la cual la Comisión Europea le impuso una serie de condiciones para su aprobación. La nueva entidad, MasOrange, debía deshacerse de cierta capacidad de espectro en varias bandas y ponerla a la

Cuadro 4.
Emplazamientos de red móvil y propiedad en España, 2025

	Emplazamientos	Proporción
TowerCo	22.676	56,7
Filial de operador (Vantage+ Totem)	15.610	39,0
Otros	1.720	4,3
Total	40.006	100,0

Fuente: TowerXchanges.

venta a Digi, cuarto operador, quien apenas tenía espectro asignado. En la banda de 3,5 Ghz —fundamental para prestar servicios de 5G—, Digi se hizo con 20 MHz, escasa capacidad para prestar 5G con buenas prestaciones. Digi y Movistar llegaron a un acuerdo de mutualización por el cual ambos ponen en común sus capacidades asignadas —120 MHz y 20 MHz, respectivamente— para prestar servicios de 5G. Además de esta mutualización de espectro, notar que estos dos operadores ya tenían un acuerdo de itinerancia suscrito.

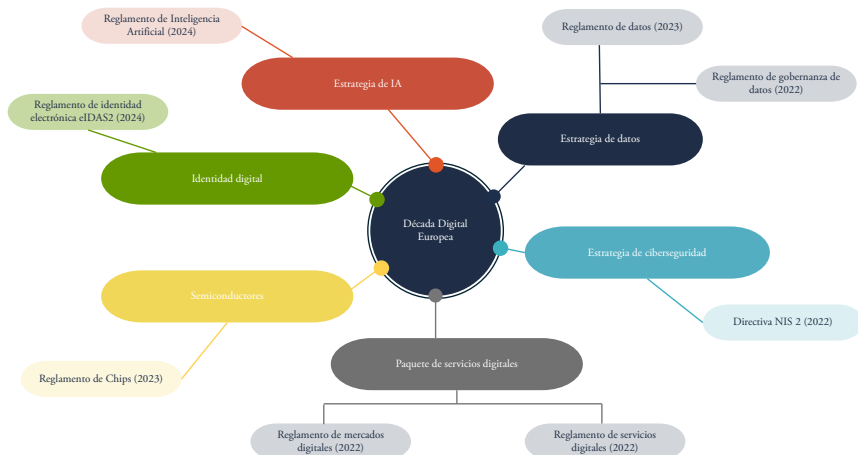
También en 2024 los tres mayores operadores, Movistar, Vodafone y MasOrange acordaron compartir frecuencias en entornos rurales de menor población (localidades con menos de 10.000 habitantes) y cederse mutuamente espectro en la banda de 700 MHz (óptima para entornos rurales) a aquel operador que resulte asignado el servicio “Único 5G Redes Activas”, plan promovido por el Gobierno para subsidiar velocidades muy altas (de 100 Mbps o mayores) en estos entornos. Este es otro ejemplo de acuerdos de mutualización del espectro entre operadores.

3.3. La regulación que emerge de servicios y agentes digitales

En la UE se han ido aprobando en los últimos años diversas políticas, comenzando por la brújula digital europea 2030 (Comisión Europea, 2021a), que establece las infraestructuras digitales sostenibles como uno de sus cuatro ejes, destacando la necesidad de seguridad y eficiencia en su despliegue. Dentro de la Comunicación (2021) se establecen una serie de metas entre las que destacan el despliegue de tecnologías 5G en todos los hogares europeos, la producción de semiconductores de vanguardia, el despliegue de nodos de proximidad con

Figura 23.

Década digital europea 2030



Fuente: Elaboración propia.

un alto nivel de seguridad y climáticamente neutros, y finalmente el desarrollo del primer ordenador con aceleración cuántica. En la [figura 23](#) se muestra el detalle de las principales iniciativas regulatorias nacidas dentro del último mandato de la Comisión como parte de sus esfuerzos por diseñar un futuro digital para Europa.

La directiva NIS2 (Directive [EU] 2022/2555) establece un marco fundamental dentro de la seguridad de las infraestructuras digitales, reforzando la ciberseguridad en sectores críticos –energía, salud, transporte, telecomunicaciones, administraciones públicas y otros servicios TIC B2B– mediante requisitos estrictos de gestión de riesgos, notificación de incidentes y sanciones por incumplimiento. Desarrollándola, se encuentra la directiva de resiliencia de entidades críticas (Directive [EU] 2022/2557), que busca garantizar la prestación de servicios digitales ofrecidos por las entidades críticas, aumentando la resiliencia de estas. Dentro de los servicios críticos definidos en esta directiva se encuentra referencia expresa a las infraestructuras digitales, incluyendo comunicaciones electrónicas y centros de procesamiento de datos. No obstante, se delega en los Estados miembros la identificación de las entidades que dependen de dichas infraestructuras críticas y la creación de una estrategia nacional que palie los riesgos de seguridad de estas, adoptando las medidas técnicas, de seguridad y organizativas para mejorar su resiliencia. Dependiendo de la transposición y desarrollo nacional de estas directivas, esto puede aumentar la fragmentación dentro del mercado único de seguridad y crear una mayor vulnerabilidad en ciertas infraestructuras que se extienda por toda la Unión, ya que muchas de ellas están interconectadas, como los pasillos 5G que recorren la Unión.

Por otra parte, los datos también se constituyen como una parte fundamental de la construcción de las infraestructuras digitales europeas. Por ello, dentro del marco del reglamento de gobernanza de datos (Reglamento [EU] 2022/868) se establecen los espacios europeos de datos para fomentar la compartición de datos entre Estados miembros y sectores para la creación de valor desde los datos del sector público. Con ello se fomenta la creación de infraestructuras de datos interoperables a nivel europeo.

También, dentro específicamente de la conectividad, se encuentra el reglamento de infraestructura gigabit (Regulation [EU] 2024/1309), que establece un marco global para apoyar el despliegue rápido y rentable de redes de muy alta capacidad dentro de la Unión, tanto fijos como móviles. Se basa en la simplificación de procedimientos administrativos, la reducción de costes y la coordinación entre operadores y administraciones públicas, impulsando a su vez el programa conectar Europa para el despliegue de “pasillos 5G” por las principales vías de comunicación en Europa. Ello se apoya en el Código Europeo de Comunicaciones Electrónicas (Directiva [UE] 2018/1972), que establece las bases para regular las redes de comunicaciones electrónicas y servicios de telecomunicación, estimulando la competencia y el aumento de inversiones en 5G.

Por último, dentro del marco europeo de interoperabilidad (Reglamento [UE] 2024/903), se establecen las guías técnicas y organizativas para asegurar que las infraestructuras digitales públicas sean interoperables entre Estados miembros, lo cual podrá favorecer la interconexión no solo de activos físicos como redes de telecomunicación, sino de todo el

marco de servicios públicos desarrollados por las administraciones nacionales y que favorecerán la reutilización y ahorro de costes en desarrollo *software* por parte de gobiernos. A ello se suman las garantías de transparencia y seguridad con las que se desarrollan los sistemas que estarán disponibles para reutilización, mejorando en conjunto los servicios públicos digitales europeos.

Igualmente, en España se ha desarrollado extensa legislación, tanto propia como de desarrollo de las políticas europeas mencionadas anteriormente. Una de las bases es la Ley General de Telecomunicaciones (Ley 11/2022), cuyo objetivo es garantizar el acceso universal a las redes de comunicaciones de alta capacidad, fomentando la competencia y la inversión en infraestructuras digitales. Establece un marco normativo que facilita el despliegue eficiente de redes como la fibra óptica y el 5G, simplificando trámites administrativos, promoviendo la compartición de infraestructuras y reforzando la seguridad y resiliencia de los servicios. Se complementa en el ámbito de la seguridad con el Esquema Nacional de Seguridad (Real Decreto 311/2022), en el que se establecen los principios básicos para la protección adecuada de la información y servicios prestados por los proveedores, y de especial relevancia en los servicios de nube detallados anteriormente. Específicamente en el ámbito de 5G, se puede encontrar el reglamento de ciberseguridad 5G (Real Decreto 443/2024), que establece dentro de las redes 5G las medidas de seguridad para garantizar el funcionamiento continuado de las redes y servicios 5G, reforzando la seguridad en la instalación, la cadena de suministros y fomentando la formación y concienciación en ciberseguridad.

Todo ello enmarcado dentro del Plan España Digital 2026 (Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública, 2026), que sitúa las infraestructuras digitales como eje estratégico para impulsar la transformación económica y social del país, poniendo especial énfasis en la conectividad universal, el despliegue de redes 5G y la modernización de las infraestructuras clave como los CPD y plataformas públicas. Se ha basado en programas como UNICO y en los fondos europeos *NextGenEU*, buscando garantizar el acceso a redes de muy alta capacidad en todo el territorio y reducir la brecha digital entre zonas urbanas y rurales.

La distinción entre infraestructura física y servicios prestados por esta infraestructura instalada en ocasiones es difícil de distinguir en el nuevo contexto del mundo digital. Se ha mencionado el *Software-as-a-Service* (SaaS) o el *Infrastructure-as-a-Service* (IaaS), modelos de negocio que integran servicios distintos utilizando una misma base *hardware*, cuyos componentes pueden estar localizados en diversos puntos diferentes entre sí. La virtualización de las infraestructuras hace que un mismo componente de capital pueda ser utilizado por agentes distintos, para servicios distintos, con capacidades adaptadas a las necesidades de cada uno. Emergen además colaboraciones entre agentes distintos en la cadena de valor para prestar este conjunto de capacidades, como acuerdos de colaboración que están ocurriendo en la UE entre operadores de telecomunicaciones y proveedores de servicios e infraestructuras en la nube.

Se hace difícil en ocasiones también distinguir “mercados relevantes” diferentes cuando se quiere analizar una posición de dominio o los efectos que una alta concentración en un

segmento, por ejemplo de red, puede tener sobre otros servicios finales o mayoristas relevantes, en principio no conectados entre sí por el lado de la demanda, pero afectados por un comportamiento concreto en la práctica.

Aunque no se trata de infraestructuras, pensemos por un momento en ciertos servicios digitales, como la suscripción a una red social, la descarga de un sistema operativo para el ordenador o el smartphone o una búsqueda o una plataforma para vender un producto específico. Se trata de actividades que son mayoritariamente realizadas por la gran mayoría de ciudadanos y se trata de actividades donde los ofertantes de este tipo de servicios están altamente concentrados, formando oligopolios²⁴. En algunas actividades online donde la concentración es alta, se han encontrado prácticas de abusos de posiciones de dominio con efecto o intención de excluir de esa actividad a potenciales rivales, o sea, debilitando el proceso de competencia y libre entrada.

En este tipo de actividades, o “servicios básicos de plataforma”, y después de haber sido encontrados casos de abusos de posiciones de dominio y de analizar los condicionantes estructurales que pueden conducir a altas concentraciones, la UE-27 decidió en 2022 crear una regulación *ex ante* sobre los “guardianes de acceso” (*gatekeepers*) por la cual se limitan ciertas prácticas con el fin de promover entornos de competencia y garantizar relaciones equitativas entre las plataformas y los usuarios. En 2022 la UE aprobó dos Reglamentos muy importantes que se aplican a los ofertantes de servicios de plataformas: el Reglamento de Mercados Digitales y el Reglamento de Servicios Digitales²⁵. Un año después, la UE determinó que seis agentes eran guardianes de acceso: Alphabet, Apple, Amazon, ByteDance, Meta y Microsoft, en 22 servicios básicos de plataforma definidos, añadiendo en 2024 a Booking como guardián de acceso en sus servicios de intermediación en hostelería.

Las principales condiciones que se impusieron a estos guardianes de acceso eran de interoperabilidad con otros prestadores de esos servicios, prohibición de la priorización en la oferta de productos propios, permitir a los usuarios empresariales acceder a la información que ellos mismos hayan generado en la plataforma y permitir a las empresas que venden productos a través de estas plataformas poder celebrar contratos fuera de la plataforma y no exigir exclusividad ni mejores precios²⁶.

En síntesis, en la oferta de algunos servicios digitales se ha observado una muy alta concentración, ciertas prácticas de abusos de posiciones de dominio por parte de las grandes plataformas y en la UE se ha introducido una nueva regulación específica sobre los grandes ofertantes (*gatekeepers*) de estos servicios con el fin de garantizar la competencia efectiva y

²⁴ Para una panorámica de problemas y dinámicas encontradas en mercados de dos lados, véase Calvano and Polo (2021); Armstrong (2006); Cremer *et al.* (2019) y Schallbruch *et al.* (2019).

²⁵ Reglamento (UE) 2022/1925 y Reglamento (UE) 2022/2065.

²⁶ Para un análisis más extenso de la regulación *ex ante* impuesta sobre *gatekeepers*, principales argumentos económicos y casos de defensa de la competencia decididos por la Comisión Europea, véase Herguera (2021).

la equidad en las relaciones y contratos con los usuarios²⁷. Sobre los servicios digitales analizados en esta sección —servicios de IA y en la nube— no existe en la UE regulación *ex ante* específica.

4. PROBLEMAS Y RETOS

4.1. Los nuevos agentes digitales y los operadores tradicionales de telecomunicaciones

En los últimos 20 años en la UE se observa una evolución muy diferente entre los operadores de telecomunicaciones, por un lado, y las empresas que ofrecen servicios digitales —plataformas—, por otro. Los primeros han visto reducidos sus ingresos por operaciones a la vez que suministran servicios de mayor velocidad y calidad a una mayor base de clientes. Como se ha visto antes, cada diez años se implementa un nuevo estándar de comunicación por redes móviles, con grandes saltos en la calidad de la conexión, pero con ingresos básicamente planos, y a veces en descenso.

El otro grupo de empresas, las que ofrecen servicios sobre la capa de Internet —la mayoría procedente de EE. UU.—, se han convertido en empresas con valor en bolsa que sobrepasa el PIB de muchos países. La innovación es mucho más intensa y frecuente y no solo dan con nuevos servicios y aplicaciones, también con nuevos modelos de negocio. Para suministrar servicios en la nube y capacidad de computación, necesaria para el desarrollo de la IA, están invirtiendo altas sumas de recursos y estrechando colaboraciones con otros agentes.

Unos y otros agentes se complementan, pero están sometidos a dinámicas bien diferentes. En el sector de las telecomunicaciones y después de los procesos de entrada de nuevos rivales y la regulación procompetencia implementada desde 1998, existen entre cuatro o cinco operadores en cada país de la UE, con ingresos y precios a la baja desde hace más de 15 años. La regulación sobre los operadores, si bien hace 20 años era intensa y se extendía sobre muchos servicios, ahora ha disminuido y queda solo en tres o cuatro servicios bien definidos. El objetivo marcado por la regulación en este sector en la UE hace 27 años, esto es, conseguir un entorno de competencia efectiva, se ha cumplido.

En el sector digital, por el contrario, es la innovación la que promueve la competencia y, por dinámicas propias de estos servicios, a menudo conduce a concentraciones muy altas. La regulación de estas actividades hasta 2022 era muy limitada. A partir de 2022 se regularon ciertas prácticas sobre los agentes más preponderantes en la UE con el fin de promover la contestabilidad en estos mercados²⁸.

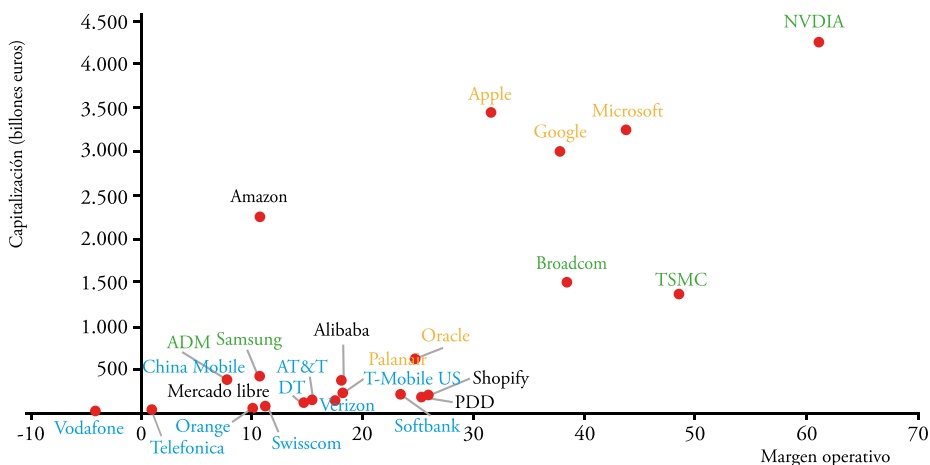
²⁷ Otra regulación introducida en 2022 a nivel UE tiene que ver con la defensa de la libertad de expresión, seguridad, protección de datos y mecanismos para garantizarlo. Se recoge en el Reglamento de Servicios Digitales (2022).

²⁸ Reglamento UE de Mercados Digitales, 2022.

Un modo de ilustrar las diferencias entre ambos sectores, por un lado el de telecomunicaciones y el digital o tecnológico por otro, es fijándose en los márgenes operativos y en los valores de mercado de las empresas. En la **figura 24** se agrupan a las mayores empresas tecnológicas en tres sectores distintos: de *software* (color marrón), de comercio electrónico (negro) y de producción de semiconductores (verde); otro sector distinto es el de telecomunicaciones (en azul). Para datos de 2025, las combinaciones de márgenes operativos (promedios) y valor de la empresa para cada sector se muestran en la figura.

Figura 24.

Margen operativo y capitalización de las cinco mayores empresas de sectores: *software*, comercio electrónico, semiconductores y telecomunicaciones (a nivel mundial y europeo)



Fuente: <https://companiesmarketcap.com/eur/>

Los márgenes operativos de las empresas tecnológicas son muy superiores a los de telecomunicaciones. Si se escoge en cada uno de los sectores las diez mayores empresas, las productoras de semiconductores alcanzaron un margen del 33,7 %; las de *software* del 27,3 %; las de comercio electrónico, del 17,9 y las de telecomunicaciones a nivel mundial, del 18,3 (pero del 10,5 % si escogemos las diez mayores europeas).

La evolución de claro descenso de los precios de servicios finales y de los márgenes de las empresas de telecomunicaciones en la UE es generalizada. Cada nueva tecnología introducida, ya sea la fibra óptica, el 4G o el 5G, no ha venido acompañada de aumentos en los precios; más bien lo contrario. Los ingresos medios por usuario de los operadores en la UE son significativamente menores que los obtenidos por operadores en EE. UU. El valor en bolsa de los operadores en la UE ha descendido claramente; muchos se han desprendido de inver-

siones que habían acometido tiempo atrás en otras partes del mundo y un mayor número aún ha vendido su red pasiva —la infraestructura de estaciones base o incluso la red de fibra desplegada— a otros nuevos operadores o fondos de inversión, o han comenzado a compartir y complementar sus redes con otros de un modo más intenso.

Las empresas tecnológicas, por otra parte, han tenido una evolución bien diferente. Un hecho relevante en el desarrollo de los agentes digitales es su grado de implicación en servicios distintos, aunque relacionados. Por ejemplo, las mayores empresas de *software* (Apple, Microsoft, Google y Oracle) están activas también, ya sea en generación de modelos o aplicaciones de IA, en la prestación de servicios en la nube, en la oferta de sistemas operativos o en el suministro de aplicaciones que explotan datos intensamente (como mapas o buscadores).

Una de las innovaciones más relevantes es la IA. Para su desarrollo es necesaria la coordinación de al menos cuatro tecnologías: la nube para almacenar grandes cantidades de datos, la supercomputación para procesarlos, la capacidad de explotar grandes volúmenes de datos, y las redes avanzadas como 5G, fibra y satélites, para su transmisión. Las plataformas digitales, en particular los hiperescaladores, lideran varias de estas tecnologías señaladas, a excepción de las redes de transmisión nacionales. De este modo pueden ofrecer toda una gama de servicios distintos a los clientes finales y conseguir así una mayor fidelidad controlando la cadena de valor. Por el contrario, los operadores de telecomunicaciones tienen limitado su crecimiento al no disponer de las capacidades de inversión y de I+D+i de estas grandes empresas.

4.2. Retos: nuevos objetivos políticos, vulnerabilidades y conectividad en un mercado único

Se resaltan en esta sección algunos retos que tiene España y la UE en la promoción del desarrollo digital, la mejora de la productividad y el bienestar para los ciudadanos en el actual contexto internacional.

4.2.1. Vulnerabilidades: dependencia

La COVID-19 y los cambios posteriores en el equilibrio geopolítico en el mundo han conducido a la necesidad de establecer y priorizar objetivos de seguridad de suministro, cierta resiliencia en las cadenas de valor y reducir la dependencia de materiales y fuentes básicas de recursos²⁹. Esto es un cambio de paradigma que hace rediseñar muchas relaciones económicas que en las últimas décadas se asumían inamovibles.

La resiliencia —la capacidad de progresar en los objetivos políticos y de superar crisis y hacerlo de un modo justo, sostenible y democrático (Comisión Europea, 2020)— de la economía europea se debe reforzar, y así ha sido asumido ya en 2020 por la Comisión. Varios

²⁹ Como ejemplo ver la Comunicación de la Comisión Europea sobre materiales críticos (2020).

informes han sido publicados por la Comisión donde se incide en cuatro dimensiones de resiliencia en la política pública: en la dimensión económica y social, resiliencia en la geopolítica, en la política ante el cambio climático y resiliencia en lo digital. Con respecto a esta última dimensión se hace hincapié en la necesidad de una programación a futuro con el fin de detectar las tecnologías y usos digitales emergentes y analizar sus posibles consecuencias y efectos.

En la UE los gobiernos han concretado objetivos a alcanzar en el “Itinerario hacia la Década Digital 2030” que se centra en ciertas metas ya sea en cuanto a digitalización de las empresas, de los servicios públicos, de las infraestructuras digitales, como en el logro de cierta capacitación digital generalizada en la población y cubrir la demanda de profesionales TIC (Decisión [EU] 2022/2481). En 2022 se firmó la “Declaración Europea sobre principios y derechos digitales” con el objetivo de conseguir una transición digital segura, sostenible y para todos.

4.2.2. Vulnerabilidad: baja tasa de innovaciones en el mercado

Una de las vulnerabilidades fundamentales identificadas en la UE se refiere a la relativamente escasa innovación con proyección de mercado que ocurre en la actualidad, al menos si se compara esta con la que ocurre en EE. UU. o China (Informe Draghi, 2024). Son muchas las razones de este relativo retraso, pero es claro el rezago existente en Europa con respecto a innovaciones que salen al mercado y, como consecuencia, los bajos ritmos de crecimiento de la productividad observados en las últimas décadas.

Los objetivos de la agenda de la actual Comisión Europea para el periodo 2024-2029 incluyen, entre otros, la promoción de la difusión de tecnologías digitales y con ello mejorar la productividad. Se identifica como escaso aún el grado de integración de los mercados dentro de la UE-27, al menos en ciertas actividades, la necesidad de impulsar la investigación y desarrollo de la supercomputación, la IA, Internet de las Cosas, industria de semiconductores y la computación cuántica. Se propone impulsar las aplicaciones de IA, por ejemplo, en medicina y en la provisión de otros servicios públicos, y una mejor coordinación de los esfuerzos en esta línea dentro de Europa con la creación de un Consejo de Investigación de IA. Se dota de financiación a la creación de nuevos centros de alta computación y se identifica el potencial de valor que los datos pueden tener, por ejemplo, para el desarrollo de aplicaciones de IA en varios campos.

Para alcanzar este objetivo, se han desarrollado una serie de planes a nivel europeo, empezando por el Plan Continente IA (2025³⁰). Desarrollado a raíz de la brújula de competitividad, este plan de acción busca convertir a Europa en un líder en inteligencia artificial a través del desarrollo de una infraestructura basada en 13 factorías y cinco gigafactorías, el desarrollo de los espacios de datos para entrenar a la IA con datos fiables y robustos, la

³⁰ Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – AI Continent Action Plan. Abril 2025. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TEXT/?uri=CELEX:52025DC0165>

promoción del uso de IA en sectores estratégicos y en particular por las pymes, mejora de las habilidades de los ciudadanos y la simplificación de la implementación del IA Act.

España es uno de los tres países de la Unión Europea —junto con Alemania y Polonia— que albergarán dos factorías de IA: la primera, el Centro de Supercomputación ubicado en Barcelona (BSC), y la segunda, el Centro de Supercomputación en Galicia (CESGA), que fue concedido a España por la Comisión en octubre de 2025, y supondrá una inversión de 82 millones de euros³¹. Con ello se continúa avanzando hacia los objetivos establecidos en la estrategia española de inteligencia artificial (Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública, 2025b), que busca reforzar las palancas claves para el desarrollo de la IA, facilitar la expansión de la IA en el sector público y privado, fomentando la innovación y la ciberseguridad, y desarrollar una IA transparente, responsable y humanística.

El desarrollo de un ecosistema de IA se basa en la colaboración público-privada. El principal problema al que se enfrenta la Unión Europea en este modelo es la falta de empresas tecnológicas con músculo inversor suficiente para alcanzar los niveles que se ven tanto en EE. UU. como en China, a excepción de la empresa francesa Mistral. La clave para el futuro de las infraestructuras digitales europeas será la creación de acuerdos empresariales con multinacionales, combinado con inversiones en nichos de mercado emergentes como el Agentic AI —sistemas de IA que pueden lograr un objetivo específico tomando decisiones en tiempo real con una supervisión humana limitada— aplicado a las redes de telecomunicación, de forma que estas puedan funcionar de forma automatizada y optimizada sin intervención humana directa.

El Reglamento de IA se ideó con el objetivo de dotar a los agentes de un marco de reglas claras para el desarrollo de usos de IA, con la pretensión de ser una ventaja para Europa. No obstante, también es necesario que estas regulaciones sean flexibles, de forma que no supongan un lastre burocrático para las empresas europeas frente a sus competidores externos. El paquete de simplificación Omnibus Digital³² presentado recientemente por la Comisión Europea es un paso en la buena dirección para alcanzar el balance entre normativa e innovación.

4.2.3. Nuevo objetivo: soberanía digital

Por otra parte, en materia de datos, la UE también está avanzando para consolidar su autonomía estratégica. Para ello, en 2020 publicó la estrategia europea de datos que fomentaba el desarrollo de espacios europeos de datos que se caractericen por la interoperabilidad y la compartición entre sectores de actividad económica. Esto se ha visto favorecido en gran medida por la ley de gobernanza de datos (Reglamento [UE] 2022/868) y el impulso al pro-

³¹ Para más información véase: [España consigue una segunda factoría de Inteligencia Artificial](#)

³² Proposal for a Regulation as regards the simplification of the digital legislative framework. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=comnat:COM_2025_0837_FIN

yecto Gaia-X³³. Este proyecto tiene como objetivo establecer un ecosistema donde se favorezca la compartición de datos a través de la interconexión de múltiples proveedores de nube y usuarios de manera transparente. Este proyecto, junto con la nueva estrategia de la Unión Europea de datos³⁴ quiere ampliar el uso y la disponibilidad de datos para la IA, promoviendo el intercambio seguro de datos entre las organizaciones, asegurando que estas mantienen la soberanía de sus datos.

Enfocados también hacia la obtención de autonomía estratégica se encuentran los nuevos proyectos de desarrollo del sector espacial. La economía espacial es una prioridad clave para la Comisión, como se indica en los informes Draghi y Letta, y se desarrolla en la Brújula para la competitividad y el programa de trabajo de la Comisión para 2025. Por ello, en junio de 2025 la Comisión hizo la propuesta para una nueva ley espacial (2025³⁵). Esta iniciativa legislativa tiene como objetivo introducir un marco armonizado para las actividades espaciales de toda la Unión, garantizando la seguridad, la resiliencia, y la sostenibilidad ambiental, creando un mercado único europeo para las actividades espaciales, reduciendo así los problemas de fragmentación derivados de la aproximación nacional que se había llevado a cabo hasta ahora.

4.2.4. Compatibilizar la transición energética con el impulso la infraestructura y servicios digitales

Dada la relevancia que la innovación en servicios digitales tiene para la economía y para la productividad, los objetivos digitales marcados por la UE y en España son bien recibidos porque ayudan a coordinar esfuerzos, inversiones y políticas entre los agentes.

Las infraestructuras digitales demandan una gran cantidad de energía, de acceso a redes de transporte de electricidad y necesitan de cantidades de agua significativas. Por su volumen tienen un impacto claro en el medioambiente, en los objetivos de transición energética. Es necesario un enfoque más integral que logre conllevar la promoción de avance digital con garantías para los individuos y el medioambiente.

La economía digital necesita de nuevas infraestructuras, como los CPD. Esta infraestructura se suele localizar allí donde la concentración de empresas y de actividad económica es más intensa. Dado que es esperable la emergencia de mayor demanda de servicios que requieren de muy baja latencia y de redes de computación en los bordes (*edge computing*, IoT), es muy posible que esta tendencia se intensifique a futuro próximo. El valor añadido de esta nueva infraestructura digital no se mide solo por la cantidad de empleos directos que genera allí donde se localiza, sino por la adopción de nuevas aplicaciones y servicios por

³³ Para más información véase: [About - Gaia-X: A Federated Secure Data Infrastructure](#)

³⁴ Para más información véase: [European Data Union Strategy | Shaping Europe's digital future](#)

³⁵ Proposal for a Regulation on the safety, resilience and sustainability of space activities in the Union. Junio 2025. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52025PC0335>

parte de las empresas de cualquier sector, la generación de nuevos servicios y la mejora en la productividad que estas pueden conseguir.

España ofrece algunas particularidades que hacen que sea una localización bien atractiva para estas redes: gran capacidad de generación eléctrica con fuentes renovables, muy amplio despliegue de redes de telecomunicaciones de alta capacidad, precios atractivos de servicios de telecomunicaciones y un entorno de competencia.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A lo largo de este capítulo se ha dibujado y resaltado los puntos fuertes y débiles, tanto de las redes de telecomunicaciones como de las infraestructuras digitales existentes en España. En lo concerniente a las telecomunicaciones, desde la liberalización de 1998, las redes de telecomunicaciones en España han experimentado un desarrollo sobresaliente respecto a la media europea, especialmente en lo referente a las redes fijas de comunicación, convirtiéndose en el líder europeo en despliegue de fibra óptica, alcanzando una cobertura de, al menos, el 95% de la población en prácticamente todo tipo de localidades. Por otro lado, en las redes móviles, España ha destacado por la introducción de los nuevos estándares (3G, 4G, y 5G) con gran rapidez. Paralelamente, se han desarrollado nuevos modelos de gobernanza y gestión de las infraestructuras de telecomunicaciones como la compartición, el despliegue conjunto de redes fijas y la emergencia de operadores neutros, como Cellnex, se ha convertido en una realidad. El sector de las telecomunicaciones en España es un ejemplo en el que la competencia (modelo regulatorio, comportamiento de los agentes, etc.) ha funcionado correctamente, como muestra la bajada de precios desde hace 20 años combinado con el elevado despliegue y penetración de los servicios. A la vez, la regulación se ha ido reduciendo progresivamente quedando actualmente muy pocas actividades bajo control del regulador sectorial.

No obstante, todavía se enfrenta a retos que es necesario paliar. Uno de ellos es en el despliegue de la tecnología 5G-Stand Alone. El despliegue de nuevas antenas –componente mayoritario de los costes de despliegue de una nueva tecnología móvil, ya que se requiere de una gran densidad en zonas de muchos usuarios– utilizando edificios privados y públicos todavía plantea dificultades para un operador que quiera acometer esta inversión por los altos costes y retrasos o impedimentos al despliegue. Se ha avanzado mucho en la compartición de espacio físico para las estaciones base entre los operadores de telecomunicaciones y han emergido nuevos operadores que solo gestionan las torres (TowerCos), pero aún se debe incentivar el uso compartido, allí donde sea necesario, por varios operadores de la infraestructura civil. Pero, por encima de esta infraestructura se ofrecen servicios, y puede no tener sentido que tres o cuatro operadores busquen localizaciones al mismo tiempo para esta red densa que deben desplegar. La promoción de operadores neutros o bien facilitar los acuerdos de colaboración entre operadores para el despliegue puede resultar crucial para dotar de incentivos a los operadores en su oferta de servicios 5G con las elevadas prestaciones que esta tecnología posibilita.

Además, el apagón eléctrico del 28 de abril y la caída durante unas horas del servicio en la nube de AWS en octubre han mostrado la existencia de una debilidad en las infraestructuras de telecomunicación en España. El primero se manifestó dejando sin servicios durante horas a gran parte de la población. Se trata de vulnerabilidades en otra parte de la cadena de valor, comunes en cualquier país, pero muestran la alta interdependencia que existe en ciertos servicios básicos, utilizados por todos y de un modo casi continuo. Las soluciones a esta dependencia y, con el fin de minimizar los costes que una caída de suministro puede provocar, seguro que son variadas y complejas; dependen del número de operadores existentes con infraestructuras digitales o de telecomunicaciones, de posibilidades de *back up*, de alimentación autónoma de sus sistemas o componentes y de cierta compatibilidad entre sistemas. Se trata de un problema de inversión para el cual la cooperación público-privada puede resultar muy ventajosa, ya sea en la determinación de objetivos de resiliencia y seguridad como en incentivos para conseguirlo.

Finalmente, en relación con las telecomunicaciones, es necesario avanzar en la integración de los mercados europeos. Hay mercados en Europa donde el elemento definitorio de su alcance es la frontera nacional y donde la racionalidad de las empresas y consumidores es puramente doméstica. Por ejemplo, en telecomunicaciones. Si bien desde 1998 con la liberalización, toda la legislación fundamental y principios del proceso hacia la competencia ha sido definido a nivel UE —a través de Directivas, Reglamentos y Comunicaciones— la realidad hoy es que un operador cuando debe adoptar una decisión estratégica lo hace siguiendo solo parámetros del mercado doméstico. No existen operadores de escala europea, a pesar de que algunos tienen presencia en varios países a la vez, ni parece tener interés especial para un operador individual acometer compras o fusiones con otro en un país vecino. Hay muchas razones para esta segmentación nacional de los mercados y algunas pueden ser naturales e insalvables, pero aparecen restricciones en el mercado que no son naturales, sino más bien estratégicas y que solo se explican por el interés aún doméstico de cada país de mantener cierta exclusividad. Por ejemplo, hay grandes operadores bajo control del Estado, donde este tiene participaciones como para poder bloquear una operación de concentración planteada por otro operador no doméstico. Con esta segmentación doméstica es imposible que emerjan grandes operadores, al menos en comparación con los observados en EE. UU. y que logren alcanzar las sinergias suficientes que un verdadero mercado integrado podría proporcionar. Esta limitación hace también más desigual, en cuanto a poder de negociación, la relación entre los operadores de telecomunicaciones en Europa, en general de tamaño limitado, y los agentes en la parte digital, que por lo general tienen un tamaño órdenes de magnitud mayor.

Por otra parte, para el desarrollo de servicios digitales son necesarias: (1) redes de telecomunicaciones, para la conexión y transporte de la información; (2) Centros de Procesamiento de Datos (CPD) y su *hardware* y *software* asociados, como procesadores, semiconductores, sistemas de virtualización, etc, para el procesamiento y almacenamiento de la información, y (3) datos de alta calidad para el entrenamiento de los sistemas, y la mejora de las prestaciones de los servicios. Excepto en el despliegue de redes de telecomunicación, tanto España como Europa se encuentran rezagadas. En Europa y en España se está experimentando un elevado crecimiento del número de CPD para soportar la creciente demanda de servicios en la nube,

computación en el borde, la IA y el Internet de las Cosas (IoT). No obstante, el crecimiento de estas infraestructuras y su capacidad de cómputo continúa siendo menor en relación con los líderes digitales: EE. UU. y China, que invierten en innovación tecnológica, mientras que Europa aumenta su dependencia desarrollando servicios. Para reducir esta dependencia, es necesario acometer, a nivel regional y nacional, grandes inversiones público-privadas. España tiene ventajas competitivas para la atracción de inversiones en infraestructuras digitales por parte de grandes empresas y multinacionales, tanto europeas como de terceros países entre las que destacan la densa red de cables submarinos que conectan el Mediterráneo y el Atlántico con varios continentes, buenas redes de fibra óptica, con gran capilaridad y muy amplia cobertura sobre población y empresas, y relativo bajo coste de generación eléctrica gracias a la fuerte inversión en fuentes renovables de generación en última década.

No obstante, al igual que en el mercado de las telecomunicaciones, es necesario hacer frente a una serie de desafíos comenzando por la inversión en CPD que se alimenten de energía verde. El objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para 2030 a nivel UE-27 se debe garantizar –reducir un 55 % las emisiones netas, y emisiones cero para 2050– y, para ello, se deben diseñar planes y condiciones de tal modo que los CPD dispongan de un marco claro de funcionamiento alineado con los objetivos medioambientales existentes. Las proyecciones de consumo de agua y de demanda de electricidad para los CPD indican aumentos muy significativos de ambos recursos escasos. Es necesario crear un marco estable que establezca con claridad y transparencia los consumos esperados de recursos básicos, su impacto en la región donde se localicen y doten de incentivos para dos objetivos diferentes, pero interrelacionados: transición energética y, a la vez, promover la instalación de infraestructura digital. Además, los CPD demandan de gran cantidad de electricidad y de agua y, al mismo tiempo, de una conexión apropiada, bien a la red de alta tensión o bien a las redes de distribución eléctricas. Las condiciones y plazos que se impongan para su enganche a la red son cruciales para una buena planificación de los inversores y agentes involucrados. No obstante, a veces no reflejan las realidades del sector, ya que algunas condiciones que la autoridad pública impone como criterio de prelación para elegir agentes que primero reciben un enganche a la red se basan en el empleo generado, cuando el valor añadido (directo e indirecto) que un CPD genera no se relaciona directamente con el empleo. Es necesario definir este marco y aumentar la inversión en redes de transporte, hoy por hoy sometidas a un límite que no parece tener sentido.

Además de los CPD, hay que tener en cuenta la necesidad de mejorar el acceso a datos de alta calidad para las empresas europeas, y en particular para las pequeñas y medianas empresas. Los nuevos modelos de negocio surgidos a partir del uso y explotación de datos de los individuos o usuarios de un servicio específico han tenido un éxito claro. El uso, recopilación, tratamiento y explotación de los datos con algoritmos específicos son tareas que muestran claras economías de escala, esto es, el tamaño de la empresa encargada de hacerlo importa. Además, la explotación de datos masivos ha provocado nuevos modelos de negocio que unen distintos lados o agentes en una misma plataforma. En la UE en 2018 se aprobó una nueva regulación sobre protección de datos³⁶, con la cual se avanzaba en la protección de la intimi-

³⁶ GDPR, por sus siglas en inglés, o Reglamento General de Protección de Datos (2018).

dad y control de los datos que un individuo suministra a un proveedor de servicios digitales. Este Reglamento impone una serie de condiciones a las empresas que recopilen y usen datos de individuos, ya sea en cuanto a reporte, almacenamiento, uso de terceros u otros fines. Las pymes o empresas de mediana capitalización pueden encontrar que este conjunto de obligaciones aumente los costes de su operativa o bien encuentren dificultades para cumplir con las condiciones específicas que en cada país miembro de la UE puedan existir. Dado el retraso que en general las compañías de la UE muestran con respecto a las plataformas digitales de EE. UU. —que al ser globales logran recopilar, tratar y analizar volúmenes mucho mayores de datos y, en ocasiones, en ausencia de restricciones como las que implica el cumplimiento de GDPR—, es deseable facilitar la recopilación y explotación de datos a las empresas europeas. Con este fin en mayo de este año, la Comisión Europea ha propuesto simplificar algunas condiciones implícitas en la regulación a las pymes y empresas de mediana capitalización³⁷. Pero aún la propuesta de Reglamento no ha sido aprobada. Es necesario observar en el tiempo si esta simplificación reduce efectivamente los costes de cumplimiento y permite que emerjan iniciativas innovadoras de servicios o aplicaciones digitales por empresas europeas.

Por otra parte, la contratación pública puede ser una manera efectiva de promoción de las empresas europeas que ofrecen servicios en la nube. La oferta de servicios en la nube en la UE está concentrada en un número reducido de empresas, mayoritariamente procedentes de EE. UU. Los grandes agentes en este mercado como Amazon (AWS), Microsoft–Azure, Google Cloud (Alphabet) y Meta, dominan el mercado de servicios en Europa, ya sean estos ofrecidos a empresas o a la Administración Pública. En el programa de la Comisión Europea se prevé facilitar la concesión de ciertos servicios que se asignan por mecanismos de contratación pública a empresas europeas. Un impulso inicial a ciertas aplicaciones en la nube, de IA o que requieran de grandes capacidades de almacenamiento o computación a empresas europeas puede facilitar la emergencia de estas y su crecimiento posterior.

Por último, es necesario destacar la problemática de inversión europea. La asimetría entre EE. UU. y China, por un lado, y Europa, por otro, es muy grande. En Europa la innovación digital va muy por detrás de estas otras áreas del mundo. El esfuerzo inversor y de innovación necesario para dotar a Europa de infraestructuras digitales adecuadas es inmenso y la mejor estrategia viable es acometer este esfuerzo de un modo integrado con los demás países de la UE. Centros de Procesamiento de Datos, la computación cuántica y la computación de alto rendimiento requieren de instalaciones, equipamiento y recursos de mucha magnitud, que necesitan de inversiones muy elevadas para ser acometidos. No se trata solo de grandes proyectos con necesidad de inversión inicial muy alta, también es importante el desarrollo de aplicaciones orientadas a un mercado grande, como el europeo o el mundial en su caso. Similarmente en cuanto la resiliencia de las cadenas de suministro, seguridad y autonomía estratégica, objetivos que ya desde algunos años vienen incorporándose al contexto europeo, dadas las dependencias de un país como España de fuentes diversas de todo tipo, solo la estrategia común europea puede dotar de alguna salida.

³⁷ Comisión Europea COM (2025) 501 Final.

En la búsqueda de su autonomía estratégica, Europa ha utilizado la regulación como medio para obtener un *level playing field* para sus empresas, la garantía, los derechos de sus ciudadanos y la salvaguarda de los valores europeos. Es deseable evaluar las distintas iniciativas legislativas acometidas en el ámbito europeo y su efecto en el desarrollo de una industria europea de servicios digitales, detectar, si las hay, barreras, frenos y dificultades tanto para las grandes como para las medianas empresas y encontrar un marco legal que promueva la innovación y la competitividad.

Referencias

- ARMSTRONG, M. (2006). Competition in two sided markets. *Rand Journal of Economics*, 37(3), 668-691.
- BEREC. (2018). BEREC Report on Infrastructure Sharing. BoR 18(116).
- BERKELEY RESEARCH GROUP. (2017). *Co-investment and commercial offers*.
- BORDERSTEP INSTITUTE FOR INNOVATION AND SUSTAINABILITY. (2018). *Efficiency gains are not enough: Data center energy consumption continues to rise significantly*. Berlin.
- CALVANO, E., and POLO, M. (2021). Market power, competition and innovation in digital markets: A survey. *Information Economics and Policy*, 54.
- CALZADA, J., y COSTAS, A. (2016). La liberalización de las telecomunicaciones en España: objetivos Europeos vs intereses nacionales. *Revista de Historia Industrial*, 63(25), 161-204.
- CHEN, Z., y ROSS, T. (2003). Cooperating upstream while competing downstream: A theory of input joint ventures. *International Journal of Industrial Organization*, vol. 21, issue 3, 381-397.
- CISCO. (2013). *Cisco Unified Data Center: Redefine the Economics of Your Data Center Infrastructure*. Recuperado el 25 de noviembre de 2025 de https://www.cisco.com/c/dam/global/ko_kr/assets/events/dc2013/downloads/register/define-economics-dc-infrastructure.pdf
- CMT. (2009a). Resolución de la CMT por la que se aprueba la definición y el análisis del mercado de acceso (físico) al por mayor a infraestructura de red en una ubicación fija y el mercado de acceso de banda al por mayor, la designación de operador con poder significativo de mercado y la imposición de obligaciones específicas.
- CMT. (2009b). Resolución de la CMT por la que se aprueba la imposición de obligaciones simétricas de acceso a los operadores de comunicaciones electrónicas en relación con las redes de fibra de su titularidad que desplieguen en el interior de los edificios.
- CMT. (2010). Informe al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en relación a la consulta pública sobre las actuaciones en materia de espectro radioeléctrico en las bandas de 900 MHz, 1800 MHz, 2,6 GHz y el dividiendo digital (MTZ 2010/1163).
- CMT. (2011). Informe sobre el Proyecto de Orden por la que se aprueba el pliego de cláusulas para el otorgamiento de concesiones de uso privativo del espectro en las bandas de 900 MHz y 2,6 GHz. DT/2011/1868.
- CNMC. (2015). Acuerdo por el que se aprueba la propuesta sobre la conveniencia de mantener o fijar límites superiores en la disponibilidad de frecuencias de un mismo operador. INF/ DTSA/184/15/Limites.
- CNMC. (2016). Resolución por la cual se aprueba la definición y el análisis del mercado de acceso local al por mayor facilitado en una ubicación fija y los mercados de acceso de banda ancha al por mayor, la designación de operadores con poder significativo de mercado y la imposición de obligaciones específicas.
- CNMC. (2018). Informe sobre el proyecto de Orden por la que se modifica la orden ETU/1033/2017 por la que se aprueba el cuadro nacional de atribución de frecuencias. IPN/ CNMC/ 051/17/CNAF.

- CNMC. (2020). Acuerdo por el que se emite informe al proyecto de Orden por la que se aprueban cláusulas administrativas particulares y prescripciones técnicas para el otorgamiento por subasta de concesiones de uso privativo de dominio público radioeléctrico en la banda de 3400- 3600 MHz y se convoca la correspondiente subasta. IPN/CNMC/045/20.
- CNMC. (2021a). Acuerdo por el que se emite informe al proyecto de Orden 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 de dominio público radioeléctrico en la banda de 700 MHz y se convoca la subasta. IPN/CNMC/ 006/subasta banda 700 MHz.
- CNMC. (2021b). Informe sobre el proyecto de Orden por la que se aprueba el cuadro nacional de atribución de frecuencias. IPN/ CNMC/ 021/21/ CNAF.
- CNMC. (2024). Telecomunicaciones y audiovisual. Informe económico-sectorial 2024. ESTAD/CNMC/004/25. <https://www.cnmc.es/sites/default/files/6028065.pdf>
- COMISIÓN EUROPEA. (2017). Study on Spectrum Assignment in the European Union, Final Report.
- COMISIÓN EUROPEA. (2018). Directiva (UE) 2018/1972 del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece el Código Europeo de las Comunicaciones Electrónicas.
- COMISIÓN EUROPEA. (2019). Decisión de Ejecución (UE) 2019/784 de la Comisión Europea relativa a la armonización de la banda de frecuencias de 24,25-27,5 GHz para los sistemas terrestres capaces de prestar servicios de comunicaciones electrónicas de banda ancha inalámbrica en la Unión
- COMISIÓN EUROPEA. (2020a). Decisión de Ejecución (UE) 2020/59 de abril, 2020.
- COMISIÓN EUROPEA. (2020b). 2020 Strategic foresight report. Charting the course towards a more resilient Europe.
- COMISIÓN EUROPEA. (2021a). Comunicación de la Comisión Europea al Parlamento: Brújula Digital 2030: el enfoque de Europa para el Decenio Digital. COM(2021) 118. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=COM:2021:118:FIN>
- COMISIÓN EUROPEA. (2021b). European Commission Office Report, 2021, The licensing of mobile bands in CEPT.
- COMISIÓN EUROPEA. (2024b). *Computación de alto rendimiento*. Recuperado el 14 de agosto de 2025 de <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/high-performance-computing>
- COMISIÓN EUROPEA. (2024c). *The European Data Market study 2024-2026*. Agosto 2024. Recuperado el 25 de noviembre de 2025 de <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-data-market-study-2024-2026>
- COMISIÓN EUROPEA. (2025a). *El plan de la UE para llegar a ser un líder mundial en tecnología cuántica de aquí a 2030*. 2 de julio de 2025. Recuperado el 27 de agosto de 2025 de https://commission.europa.eu/news-and-media/news/eus-plan-become-global-leader-quantum-2030-2025-07-02_es
- COMISIÓN EUROPEA. (2025b). *Assessment of the energy performance and sustainability of data centres in EU*. Recuperado el 26 de noviembre de 2025 de <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/83be4c3e-5c79-11f0-a9d0-01aa75ed71a1/>
- COMISIÓN EUROPEA. (2025c). Proposal for a Regulation of the European Parliament and Council as regards as regards the extension of certain mitigating measures available for small and medium sized enterprises to small mid-cap enterprises and further simplification measures, COM (2025) 501 Final.
- COMISIÓN EUROPEA, JOINT RESEARCH CENTRE. (2024). *Energy consumption in data centres and broadband communication networks in the EU*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/706491>
- COMREG. (2010). Award of 800 MHz and 900 MHz spectrum. Update report and benchmarking. Document, 10/71b.
- COMUNIDAD DE MADRID, CONSEJERÍA DE DIGITALIZACIÓN. (10 de septiembre de 2025). *La Comunidad de Madrid lidera el sector de los centros de datos en España con casi el 55% de la capacidad total instalada*. Recuperado

- el 25 de noviembre de 2025 de <https://www.comunidad.madrid/noticias/2025/09/10/comunidad-madrid-lidera-sector-centros-datos-espana-casi-55-capacidad-total-instalada>
- CRÉMER, J., DE MONTOYE, Y. A., and SCHWEITZER, H. (2019). Competition policy for the digital era. Report to the European Commission.
- DATACENTERMAP. (s.a.). *Spain Data Center Market*. Recuperado el 31 de agosto de 2025 de <https://www.datacenter-map.com/spain/>
- DECISIÓN (EU) 2022/2481 del Parlamento y Consejo sobre “Programa político de la Década Digital 2030”, OJ L 323, 19.12.2022, 4–26. <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/1972/oj>
- DIRECTIVA (UE) 2023/1791 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de septiembre de 2023 relativa a la eficiencia energética y por la que se modifica el Reglamento (UE) 2023/955 (versión refundida). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023L1791>
- DIRECTIVE (EU) 2022/2555 on measures for a high common level of cybersecurity across the Union. EurLex, Diciembre 2022. Directive (EU) 2022/2555 on measures for a high common level of cybersecurity across the Union, EurLex, diciembre 2022. <http://data.europa.eu/eli/dir/2022/2555/oj>
- DIRECTIVE (EU) 2022/2557 on the resilience of critical entities. EurLex, diciembre 2022. <http://data.europa.eu/eli/dir/2022/2557/oj>
- EL ESPAÑOL. (29 de enero de 2024). *Radiografía de los centros de datos en España: así crece la industria digital de moda*. Recuperado el 28 de agosto de 2025 de https://www.elespanol.com/invertia/disruptores/grandes-actores/tecnologicas/20240129/radiografia-centros-datos-espana-crece-industria-digital-moda/827917420_0.html
- EUROPEAN WIRELESS INFRASTRUCTURE ASSOCIATION (EWIA). (S.A). The economic contribution of the European Tower sector, 2015, 2020, 2022.
- FEDERICO, G., LANGUS, G., and VALLETTI, T. (2018). Horizontal mergers and product innovation. *International Journal of Industrial Organization*, 61, 590-612.
- FORTUNE BUSINESS INSIGHTS. (2025). High Performance Computing Market Size, Share & Industry Analysis. August 11, 2025.
- FUNDACIÓN BASILIO PARAÍSO. (Septiembre 2025). *Centros de Datos – Impacto socioeconómico en Aragón*. Recuperado el 25 de noviembre de 2025 de https://www.basilioparaiso.com/wp-content/uploads/2025/09/Centros-Datos_FBP.pdf
- GENERALITAT DE CATALUNYA. (18 de marzo de 2025). *Los centros de datos podrán ser declarados de interés general superior*. Recuperado el 25 de noviembre de 2025 de <https://web.gencat.cat/es/actualitat/detall/Els-centres-de-dades-podran-ser-declarats-dinteres-general-superior>
- GOBIERNO DE ARAGÓN. (1 de julio de 2025). Proyecto de Interés General de Aragón sobre la implantación de centros de datos en la Comunidad Autónoma de Aragón a propuesta de Amazon Data Services Spain. Recuperado el 16 de agosto de 2025 de <https://www.aragon.es/-/proyecto-de-interes-general-de-aragon-sobre-la-implantacion-de-centros-de-datos-en-la-comunidad-autonoma-de-aragon-a-propuesta-de-amazon-data-services-spain>
- GRETEL. (2007). La evolución del espectro radioeléctrico. *Cuaderno*, 1/07. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicaciones.
- GRUPO AIRE. (2025). *Cloud Nation 2025. España ante el desafío de los datos*.
- GRUPO ERANEOS. (2024). Informe del Mercado Cloud en España 2024.
- GRUPO DE POLÍTICA DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO DE LA UE (RSPG). (2016). Opinion on spectrum related aspects for next generation wireless systems (5G).
- GRUPO DE POLÍTICA DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO DE LA UE (RSPG). (2018). Second Opinion on 5G networks (Strategic Spectrum Road Map Towards 5G for Europe).

- GSM. (2017). *Effective spectrum pricing in Europe: Policies to support better quality and more affordable mobile services*. GSM Association.
- HERGUERA, I. (2021). Competencia y regulación de (algunas) plataformas digitales en la UE. *Documento de Trabajo*, 2021/10, FEDEA.
- HOUNGBONON, G. V., IVALDI, M., PALIKOT, E., y STRUSANI, D. (2023). The Impact of Shared Telecom Infrastructure on Digital Connectivity and Inclusion. SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4530998>
- IBERDROLA. (2025). *Data centres and renewable energies, the key driving force to digitalising the Spanish economy and moving to electrification*. Recuperado el 30 de agosto de 2025 de <https://www.iberdrolaespana.com/innovation/data-centre-spain>
- IBM. (2025). *¿Qué es la computación cuántica?* Recuperado el 16 de agosto de 2025 de <https://www.ibm.com/es-es/topics/quantum-computing>
- IDC. (2023). *Impacto económico y social de la Cloud de Microsoft en España*. Marzo 2023. Recuperado de <https://news.microsoft.com/es-es/2023/03/28/la-nube-de-microsoft-aportara-cerca-de-26-000-millones-de-euros-al-pib-espanol-hasta-2025/>
- IMB. (9 de julio de 2024). *What is high-performance computing (HPC)?* Recuperado el 13 de agosto de 2025 de <https://www.ibm.com/think/topics/hpc>. Último acceso Agosto 13, 2025.
- INFORME DRAGHI. (2024). *The future of European Competitiveness*. Septiembre.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. (2025). *Data Centres and Data Transmission Networks*. Recuperado el 26 de noviembre de 2025 de <https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks#tracking>
- KOUTROUMPIS, P., CASTELLS, P., and BAHIA, K. (2021). To share or not to share? The impact of mobile network sharing for consumers and operators. *Information Economics and Policy*, Vol. 65, December 2023.
- KOUTROUMPIS, P., and KONSTANTINOS, M. (2024). Tower Companies vs. Mergers in Mobile Networks. *IEEE Communications Magazine*, Volume 62, Issue 11, 68 –74.
- Ley 11/2022 General de Telecomunicaciones. BOE, junio 2022. <https://www.boe.es/eli/es/l/2022/06/28/11>
- MAIER-RIGAUD, F. P., IVALDI, M., and HELLER, C.-PH. (2020). *Cooperation Among Competitors: Network Sharing Can Increase Consumer Welfare*. SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3571354> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3571354>
- McKINSEY QUARTERLY. (2025). The cost of compute: A \$7 trillion race to scale data centers. April 28, 2025.
- MICROSOFT. (2010). *The Economics of the Cloud*. Recuperado el 25 de noviembre de 2025 de <https://news.microsoft.com/download/archived/presskits/cloud/docs/The-Economics-of-the-Cloud.pdf>
- MINISTERIO DE ASUNTOS ECONÓMICOS Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL. (2020). *Estrategia de impulso de la tecnología 5G*.
- MINISTERIO PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA. (2025a). *Quantum Spain*. Agosto 2025. Recuperado el 27 de agosto de 2025 de <https://quantumspain-project.es/>
- MINISTERIO PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA. (2025b). *Estrategia de Inteligencia Artificial 2024*. <https://espanadigital.gob.es/sites/espanadigital/files/2025-06/Estrategia%20de%20Inteligencia%20Artificial%202024.pdf>
- MINISTERIO PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA. (2026). *España Digital 2026*. Junio. <https://espanadigital.gob.es/sites/espanadigital/files/2025-06/Espa%C3%B1a%20Digital%202026.pdf>
- MOTTA, M., and TARANTINO, E. (2023). The Effect of Horizontal Mergers, When Firms Compete in Prices and Investments. *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 78.

- OFCOM. (5 de octubre de 2023). *Cloud services market study*. Recuperado el 25 de noviembre de 2025 de <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-3-4-weeks/244808-cloud-services-market-study/associated-documents/cloud-services-market-study-final-report.pdf?v=330228>
- OTERO, D. (2019). Competencia y regulación en los mercados de comunicaciones electrónicas: banda ancha y despliegue de redes de nueva generación. *Boletín Económico del ICE*, 3111, mayo 2019, 1-31.
- PÉREZ MARTÍNEZ, J., and HERNÁNDEZ- GIL, J. F. (2022). La europeización de las políticas digitales y de la sociedad de la información. En J. ARREGUI, *La europeización de las políticas públicas en España. Oportunidades y desafíos*. McGrawHill.
- REAL DECRETO 311/2022, de 3 de mayo, por el que se regula el Esquema Nacional de Seguridad. *BOE*, mayo 2022.
- REAL DECRETO 443/2024, por el que se aprueba el Esquema Nacional de Seguridad de redes y servicios 5G. *BOE*, mayo 2024. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/05/03/311/con>
- REGULATION (EU) 2022/868 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2022 on European data governance and amending Regulation (EU) 2018/1724 (Data Governance Act). EurLex, mayo 2022. <http://data.europa.eu/eli/reg/2022/868/oj>
- REGLAMENTO (UE) 2022/868 La gobernanza europea de datos. Mayo 2022. <http://data.europa.eu/eli/reg/2022/868/oj>
- REGLAMENTO (UE) 2024/903 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de marzo de 2024, por el que se establecen medidas a fin de garantizar un alto nivel de interoperabilidad del sector público en toda la Unión (Reglamento sobre la Europa Interoperable). EurLex, marzo 2024. <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/903/oj>
- REGULATION (EU) 2024/1309 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2024 on measures to reduce the cost of deploying gigabit electronic communications networks, amending Regulation (EU) 2015/2120 and repealing Directive 2014/61/EU (Gigabit Infrastructure Act). EurLex, abril 2024. <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1309/oj>
- REGULATION (EU) 2024/1309 on measures to reduce the cost of deploying gigabit electronic communications networks. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1309/oj/eng>
- SÁNCHEZ, R. (2011). La subasta del espectro radioeléctrico. *BIT*, 186, 56- 62, octubre 2011.
- SAVILLS. (2023). *Spotlight: European Data Centres*. Recuperado el 25 de noviembre de 2025 de https://www.savills.com/research_articles/255800/345047-0
- SCHALLBRUCH, M., SCHWEITZER, H., and WAMBACH, A. (2019). A new competition framework for the digital economy. Report by the Commission, septiembre.
- SPAIN DC. (2024). *Informe del Sector del Data Center en España 2024 post 2027*. Recuperado el 29 de agosto de 2025 de https://spaindc.com/wp-content/uploads/2025/06/Informe-del-Sector-Data-Center-en-Espana_2024-post2027.pdf
- SPAIN DC. (2025). *Estudio de demanda e impacto de los centros de datos en España (2025)*. Recuperado el 25 de noviembre de 2025 de https://spaindc.com/wp-content/uploads/2025/02/spain_dc_estudio_demanda_impacto_v9.pdf
- TIROLE, J., and REY, P. (2001). Alignment of Interests and the Governance of Joint Ventures. *Working Paper*, IDEI, University of Toulouse.
- TOWERXCHANGES (s.a.). European Guide Update Q2, 2025.
- REGLAMENTO (UE) 2022/2065 relativo a un mercado único de servicios digitales (Reglamento de Servicios Digitales).
- UNIÓN EUROPEA. (2022a). Decisión (EU) 2022/2481 del Parlamento y Consejo sobre Programa político de la Década Digital 20230 , OJ L 323, 19.12.2022, 4–26.
- UNIÓN EUROPEA (2022b). Reglamento (UE) 2022/1925 sobre mercados disputables y equitativos en el sector digital (Reglamento de Mercados Digitales).

- US DEPARTMENT OF ENERGY. (2025). *Advantages and Challenges of Nuclear-Powered Data Centers*. Abril 2025. Recuperado el 26 de noviembre de 2025 de <https://www.energy.gov/ne/articles/advantages-and-challenges-nuclear-powered-data-centers>. Último acceso: 26 de noviembre de 2025.
- WATER EUROPE. (2024). *Socio-economic study on the value of the EU investing in water*. Recuperado el 25 de noviembre de 2025 de https://watereurope.eu/wp-content/uploads/2024/10/Water-Europe_Final-Report_15102024-1.pdf
- WORLD ECONOMIC FORUM. (2025). *Data centers use vast amounts of water – here's how we advance water circularity*. Recuperado el 26 de noviembre de 2025 de <https://www.weforum.org/stories/2025/11/data-centres-and-water-circularity/>