

LA ECONOMÍA DE LAS INFRAESTRUCTURAS EN ESPAÑA: REALIDAD, RETOS Y RECOMENDACIONES

Ginés de Rus
Carlos Ocaña
(editores)

LA ECONOMÍA DE LAS INFRAESTRUCTURAS EN ESPAÑA: REALIDAD, RETOS Y RECOMENDACIONES

Ginés de Rus
Carlos Ocaña
(editores)



Funcas

PATRONATO

ISIDRO FAINÉ CASAS
ANTONIO JESÚS ROMERO MORA
FERNANDO CONLLEDO LANTERO
ANTÓN JOSEBA ARRIOLA BONETA
MANUEL AZUAGA MORENO
CARLOS EGEA KRAUEL
MIGUEL ÁNGEL ESCOTET ÁLVAREZ
AMADO FRANCO LAHOZ
JOSÉ MARÍA MÉNDEZ ÁLVAREZ-CEDRÓN
PEDRO ANTONIO MERINO GARCÍA
ANTONIO PULIDO GUTIÉRREZ

DIRECTOR GENERAL

CARLOS OCAÑA PÉREZ DE TUDELA

Impreso en España
Edita: Funcas
Caballero de Gracia, 28, 28013 - Madrid
© Funcas

Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente imprenta, fotocopia, microfilm, *offset* o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita del editor.

ISBN impreso: 979-13-87770-10-5
ISBN digital: 979-13-87770-11-2
Depósito legal: M-2077-2026
Maquetación: Funcas

Contenido

Capítulo I.	Introducción <i>Ginés de Rus y Carlos Ocaña</i>	5
Capítulo II.	Principios de la provisión de infraestructuras <i>Ronald Fischer B.</i>	15
Capítulo III.	Las infraestructuras del sector del agua <i>Alberto Garrido, Irene Blanco, Luis Garrote y Enrique Cabrera</i>	45
Capítulo IV.	Infraestructuras de energía <i>Diego Rodríguez Rodríguez</i>	87
Capítulo V.	Las infraestructuras digitales en España <i>Iñigo Herguera, Pilar Rodríguez Pita y Jorge Pérez Martínez</i>	139
Capítulo VI.	Infraestructuras de transporte <i>Anna Matas y José Manuel Vassallo</i>	199
Capítulo VII.	Recomendaciones para las políticas públicas en infraestructuras <i>Ginés de Rus y Carlos Ocaña</i>	261

CAPÍTULO I

Introducción

Ginés de Rus*
Carlos Ocaña**

1. ECONOMÍA DE LAS INFRAESTRUCTURAS

Las infraestructuras constituyen el almacén de la economía. El funcionamiento ordinario del sistema productivo y de la sociedad en sus distintos ámbitos es impensable sin su soporte. Este carácter de bien esencial se hace más patente cuando fallan, cuando se produce alguna interrupción o mal funcionamiento, como ocurre tras la caída puntual de servicios de telecomunicaciones (más del 95 % de los hogares y empresas están conectados con fibra óptica), o en situaciones más extremas, como ha ocurrido recientemente en España con el cero eléctrico (el apagón) o, de manera más dramática, por falta de inversión en infraestructuras hidráulicas que hubieran evitado o mitigado los graves daños humanos y materiales que causaron las inundaciones de Valencia en 2024.

Las infraestructuras constituyen un elemento central dentro de la economía pública, la economía urbana y regional, y en los estudios sobre crecimiento y desarrollo. Las infraestructuras —transportes, energía, agua, telecomunicaciones y, más recientemente, las digitales— son bienes que presentan características tanto de bien privado (puede proveerlo el mercado) como de bien público (ni rival, ni excluible), con lo que no es posible que el mercado se interese en su provisión. Son bienes capital intensivos, de coste elevado en su construcción y mantenimiento, con segmentos de monopolio natural, de larga vida útil, con incertidumbre de demanda agravada por la larga vida de los activos, con un impacto medioambiental significativo, junto con otras externalidades negativas y positivas durante su ciclo de vida. La

* ULPGC, UC3M, Fedea.

** Funcas.

singular combinación de todos estos elementos en una misma actividad justifica la intervención pública y exige un diseño institucional que alinee intereses privados y sociales (Winston, 1991; Glaeser and Poterba, 2020; Engel *et al.*, 2001).

La literatura económica sobre los efectos de la inversión en infraestructuras respalda la hipótesis de que la dotación de capital público y privado de calidad desempeña un papel determinante en la productividad agregada, en la competitividad de los territorios, en la reducción de desigualdades espaciales y en la resiliencia de las economías frente a choques, ya sean tecnológicos, climáticos o geopolíticos. Aunque también nos advierte de su carácter de condición necesaria, pero no suficiente para el crecimiento económico; y también que las inversiones adicionales suelen presentar rendimientos decrecientes cuando se alcanza un nivel de dotación medio determinado en cada modalidad. A menos que la inversión adicional resuelva un cuello de botella importante o sustituya activos obsoletos, los rendimientos marginales de aumentar el *stock* son cada vez menores. El análisis teórico y la evidencia empírica han tratado de identificar los mecanismos mediante los cuales la inversión en infraestructuras contribuye al crecimiento económico, así como las condiciones institucionales y de diseño que permiten maximizar su retorno social (Redding and Turner, 2015).

Hoy también sabemos que inversiones en la mejora de la accesibilidad, por ejemplo, facilitan la integración de mercados y modifican la geografía económica al alterar la distribución espacial de empresas, trabajadores y hogares. Estos estudios muestran que las infraestructuras generan ganancias agregadas significativas, pero también efectos distributivos complejos, con regiones y sectores que se benefician y otros que se quedan atrás (la España vacía). Por ello, la economía de las infraestructuras ha evolucionado desde un énfasis inicial en sus efectos promedio hacia un análisis más desagregado y matizado que tiene en cuenta las heterogeneidades territoriales, y también las interdependencias de los distintos tipos de infraestructuras cuando se acometen políticas de desarrollo local (Duranton and Venables, 2018).

Hemos señalado que la mera inversión en infraestructuras físicas no garantiza por sí misma un impacto positivo en la economía más allá de la actividad de corto plazo que pueda generar su construcción. No se trata únicamente de un problema de rendimientos decrecientes, sino de la elección de en qué, dónde y cuándo se invierte, lo que nos conduce a la calidad institucional, la gobernanza, las metodologías de evaluación y los incentivos (positivos o negativos) que todos estos elementos generan. La economía pública y la teoría de contratos han contribuido decisivamente a comprender los desafíos de diseño en la provisión de infraestructuras, tanto en la fase de planificación como en la participación privada. La participación privada mediante contratos de concesión puede mejorar la eficiencia integrando la construcción, mantenimiento, financiación y operación, mediante un reparto eficiente de riesgos; aunque también puede introducir problemas de selección adversa o captura regulatoria si el diseño institucional y los contratos no están correctamente diseñados, o simplemente en el caso en que el gobierno no tenga el bien común como objetivo (Engel *et al.*, 2014).

Por otro lado, las infraestructuras desempeñan un papel fundamental en las estrategias de transición ecológica y descarbonización. Las infraestructuras energéticas —redes de

transmisión, almacenamiento, renovables— se han convertido en un ámbito prioritario de las políticas públicas, debido a su capacidad para generar externalidades ambientales positivas, reducir costes futuros y contribuir al cumplimiento de objetivos climáticos. La literatura económica ha puesto de relieve la necesidad de internalizar las externalidades negativas asociadas al uso de infraestructuras intensivas en carbono y de coordinar políticas de inversión con instrumentos regulatorios, como precios del carbono, estándares tecnológicos o subsidios a tecnologías emergentes. Acertar con este tipo de políticas puede reducir los costes presentes de descarbonizar la economía mediante la innovación tecnológica, y al mismo tiempo mejorar la competitividad internacional en sectores estratégicos y reasignar el factor trabajo hacia actividades emergentes de alto valor añadido.

El concepto genérico de infraestructuras incluye realidades diferentes, que se observan al examinar los elementos tecnológicos y económicos de los cuatro tipos de infraestructuras analizadas en este libro. Aunque todas comparten segmentos de monopolio natural (vías de tren, red de alta tensión, torres de telecomunicaciones, red de tuberías de suministro urbano de agua), hay importantes diferencias. En el caso de los servicios de transporte, lo que no se consume se pierde: el *output* no es almacenable y, por tanto, una desviación persistente de la oferta respecto de la demanda genera despilfarro de recursos tanto por exceso como por defecto de capacidad. La energía eléctrica exige un equilibrio permanente entre oferta y demanda, si bien el avance tecnológico ha ampliado las posibilidades de almacenamiento (estaciones de bombeo hidroeléctrico, baterías), lo que modifica la frontera de eficiencia de explotación y operación. En el caso de las infraestructuras de telecomunicación digitales, una característica sobresaliente es que producen bienes con externalidades de red y costes marginales muy bajos en muchos servicios, lo que plantea cuestiones complejas de tarificación (Katz and Shapiro, 1985).

Una singularidad más llamativa es la de las infraestructuras hídricas (Garrick *et al.*, 2020). El agua tiene varias características que la hacen difícil de valorar y gestionar. La misma molécula de agua tiene usos múltiples y secuenciales. El agua presenta variabilidad espacial y temporal elevada, lo que, unido a la característica anterior, complica su delimitación, medición y derechos de apropiación; su almacenamiento y canalización son capital intensivos; tiene elementos de bien público (no rivalidad) y bien privado, además de externalidades que complican la gestión. Este conjunto de atributos exige sistemas de precios y reglas de asignación que reflejen escasez, coste de oportunidad social y valores ambientales, evitando la sobreexplotación de los recursos hídricos.

Además de los elementos comunes y las diferencias entre los cuatro tipos de infraestructuras analizadas, hay que subrayar la fuerte interdependencia entre ellas. La separación es hoy más aparente que real. La irrelevancia práctica de su separación por modalidades radica en que todas necesitan de todas, especialmente tras la digitalización progresiva de la economía. Las infraestructuras digitales son un complemento crítico de otras infraestructuras tradicionales, dado que permiten optimizar la gestión de redes energéticas (*smart grids*), sistemas de transporte inteligente, gestión del agua y servicios urbanos basados en datos. A su vez, las digitales demandan energía y agua, y todas demandan transporte de personas y materiales.

La digitalización impulsa el teletrabajo y este reduce la demanda de ciertos desplazamientos, alterando los patrones de movilidad y la presión sobre redes de transporte. La integración de infraestructuras físicas y digitales configura así un nuevo paradigma que el análisis económico ha de abordar de manera sistemática.

A pesar de todo lo anterior, lo nuevo no ha eliminado lo viejo, y los principios económicos básicos —oferta y demanda, bienes públicos y privados, externalidades, financiación, pago por uso, subvenciones, papel del sector público y del privado, diseño institucional y de contratos, incentivos, costes de oportunidad, problemas de equidad— siguen inalterables y nos guían en el diseño de instituciones que favorezcan que las decisiones políticas y de las empresas se alineen con el interés general en un mundo de cambio tecnológico acelerado. En esta materia, el análisis económico permitió crear un marco teórico, soporte de la evaluación económica y la tarificación eficiente, que hoy conservan toda su vigencia (Dávila and Schaab, 2025).

En la última década, y de manera acelerada en la actualidad, las infraestructuras —y la economía en general— están experimentando una transformación significativa con la irrupción de las infraestructuras digitales. El despliegue de banda ancha, redes móviles de nueva generación y plataformas digitales plantea nuevos desafíos teóricos y empíricos. La conectividad digital puede aumentar la productividad de empresas y trabajadores, mejorar el acceso a servicios públicos y favorecer la innovación; no obstante, las externalidades de red y economías de escala que la caracterizan requieren marcos regulatorios cuidadosos para evitar posiciones dominantes y garantizar el acceso equitativo. A ello se suma una dimensión de riesgos sistémicos (ciberseguridad, fallos de interoperabilidad) que debe incorporarse explícitamente en la planificación y operación de redes.

Una cuestión central en la economía de las infraestructuras es la valoración social de los proyectos. Los gobiernos siguen tomando decisiones de inversión trascendentales por su cuantía y por su afectación a los equilibrios de largo plazo de la economía. La inversión pública en infraestructuras compite con otras demandas presupuestarias —salud, educación, dependencia, seguridad—, por lo que la evaluación rigurosa de beneficios y costes resulta indispensable. Los métodos de evaluación económica han avanzado notablemente, permitiendo estimar no solo los efectos directos de un proyecto, sino también los impactos indirectos y los denominados efectos económicos más amplios, derivados de las decisiones de las empresas y trabajadores como consecuencia del proyecto (Gramlich, 1994; Johansson and Kriström, 2016; Venables, 2017).

El análisis coste-beneficio, correctamente aplicado, exige definir el contrafactual dinámico, incorporar el coste de oportunidad social de los recursos y evitar la doble contabilización; además, requiere análisis de sensibilidad ante la incertidumbre, y atención a los efectos redistributivos cuando sean relevantes. La experiencia internacional muestra que los países con tradición evaluadora, como Reino Unido, han institucionalizado el análisis coste-beneficio como requisito previo para la aprobación de proyectos, reduciendo la discrecionalidad política y mejorando la eficiencia del gasto (H. M. Treasury, 2022; De Rus, 2025).

La financiación y la tarificación constituyen otro eje central del debate. La gratuidad en el uso, defendida por razones de equidad o conveniencia política, implica costes ocultos que recaen sobre los contribuyentes y distorsionan las decisiones de inversión y consumo. La eficiencia económica requiere políticas tarifarias basadas en los costes marginales sociales, incorporando tanto los costes de producción como las externalidades (Walters, 1961; Vickrey, 1969; Grafton *et al.*, 2020; Colmer *et al.*, 2025) y, cuando el coste marginal sea muy bajo, pero existan costes fijos elevados, utilizar estructuras tarifarias multipartes que aseguren eficiencia y sostenibilidad financiera. En la práctica, esto se traduce en esquemas que combinen peajes, impuestos ambientales y precios dinámicos en periodos de congestión; y que reconozcan, en digitales, la necesidad de tratamiento regulatorio de plataformas con externalidades de red.

Las infraestructuras no solo influyen en el nivel de actividad económica, sino también en su distribución espacial. En consecuencia, pueden contribuir a reducir o, paradójicamente, a exacerbar desigualdades regionales. La literatura de economía urbana y geografía económica ha analizado cómo las mejoras en conectividad pueden favorecer la concentración de actividad en grandes núcleos urbanos a través de mecanismos de aglomeración, resultantes en incrementos de productividad por proximidad, aprendizaje y mercados laborales más eficientes (Duranton and Puga, 2004), reduciendo la actividad en la periferia. Este debate ha llevado a replantear la planificación de infraestructuras desde una perspectiva más equilibrada, que tenga en cuenta los efectos distributivos y no únicamente la eficiencia agregada. Por ello, el diagnóstico y la priorización deben considerar tanto los beneficios directos como los efectos espaciales netos (beneficios de concentración menos costes de dispersión), evitando narrativas que solo señalan ganancias agregadas sin incorporar los costes en las áreas que pierden masa crítica.

Al mismo tiempo, hay que dar más importancia a la inclusión de la incertidumbre y los riesgos a lo largo del ciclo de vida del proyecto, incluyendo el deterioro físico, el riesgo de obsolescencia tecnológica y los efectos del cambio climático sobre infraestructuras críticas. La evaluación económica ha de incorporar escenarios y análisis probabilísticos, y utilizar tasas sociales de descuento consistentes con la evidencia, junto a parámetros empíricos sobre sesgos habituales en previsiones de coste y demanda. En proyectos con riesgos catastróficos o efectos de salud y seguridad, han de incorporarse parámetros como el valor estadístico de la vida y otras valoraciones de bienes para los que no hay mercado, pero para los que sí existen metodologías que permiten realizar estimaciones del cambio en su provisión o en su calidad.

La economía política de las infraestructuras constituye un campo en expansión. Dado que los proyectos suelen implicar decisiones de gran escala, largos plazos de ejecución y elevados costes hundidos, están expuestos a presiones políticas, ciclos electorales y redistribución de rentas. La calidad del gobierno y de los distintos niveles de la administración pública, la transparencia en la contratación y la independencia de los reguladores son factores determinantes para evitar inversiones ineficientes, retrasos, sobrecostes o corrupción (Tirole, 2017). Esta infraestructura institucional y de gobernanza es esencial para que las infraestructuras físicas se construyan, mantengan y operen en beneficio del interés general.

La economía de las infraestructuras se ha consolidado como un campo multidisciplinar que integra teoría económica, geografía económica, métodos cuantitativos avanzados y análisis institucional. La literatura de los últimos años ha puesto de manifiesto que las infraestructuras no son meros equipamientos físicos, sino sistemas complejos que interactúan con la estructura productiva, el marco institucional y los objetivos estratégicos de largo plazo. Comprender su papel requiere analizar no solo los efectos sobre la productividad y el crecimiento, sino también sus implicaciones distributivas, ambientales y geopolíticas. En un contexto global marcado por la digitalización acelerada, la transición energética y la necesidad de resiliencia frente a riesgos sistémicos, la economía de las infraestructuras adquiere una relevancia renovada, proporcionando las herramientas necesarias para dotar de un fundamento económico sólido a las políticas públicas, orientándolas a la maximización del bienestar social.

2. EVOLUCIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS EN ESPAÑA

A partir de estos principios generales, este libro se centra en el caso español. Para entender la situación actual, resulta útil analizar la evolución reciente. En los últimos 25 años, España ha pasado por un periodo de fuerte expansión de sus infraestructuras seguido de otro, más prolongado, de contención. Desde principios de los años 2000 y hasta la crisis financiera global, el país realizó un esfuerzo inversor muy intenso, especialmente en transporte, energía y telecomunicaciones. Tras la gran crisis financiera en 2008, la senda cambió de forma radical: la inversión pública se convirtió en variable de ajuste principal de la consolidación fiscal, con una caída muy significativa tanto en nueva infraestructura como en mantenimiento.

Durante los años previos a la Gran Recesión, España fue uno de los países de la Unión Europea (UE) que realizó más inversión pública. El esfuerzo inversor se tradujo en una expansión muy rápida del *stock* de infraestructuras, sobre todo en transporte (autovías, alta velocidad ferroviaria, aeropuertos y puertos) y en redes energéticas.

En términos agregados, la ratio de inversión pública sobre el PIB se situó de forma sistemática por encima de la media de la UE-27. Ese diferencial permitió cerrar gran parte de la brecha de dotación de infraestructuras acumulada durante décadas. En transporte, los estudios disponibles muestran que España fue, entre los grandes países europeos, el que más invirtió en términos relativos, apoyado además por una aportación significativa de fondos europeos. Este modelo permitió construir una red de muy alta calidad en determinados modos (por ejemplo, la alta velocidad ferroviaria y la red de autovías) y mejorar la accesibilidad territorial.

Desde la óptica macroeconómica, la inversión en infraestructuras actuó como palanca de crecimiento y de convergencia real con la UE. Al mismo tiempo, sentó las bases del posterior “sobrestock” en algunos activos con baja utilización efectiva hasta niveles difícilmente sostenibles a largo plazo. Una lección importante de aquellos años es que no todas las inversiones son productivas ni socialmente rentables.

La crisis financiera internacional y, posteriormente, la crisis de deuda soberana, transformaron el paradigma. La prioridad pasó a ser la reducción del déficit público y la contención del crecimiento de la deuda. En ese contexto, la inversión pública se convirtió en un componente particularmente afectado por la reducción del gasto, tanto en España como en el resto de la zona del euro, pero con una intensidad mayor en nuestro país.

A lo largo de la década posterior a 2010, la inversión pública en España se situó de forma persistente por debajo de la media europea. El peso de la inversión dentro del presupuesto consolidado de las Administraciones Públicas se redujo de manera muy sustancial, marcando mínimos alrededor de 2016. La contribución de la inversión al esfuerzo de consolidación fue desproporcionada respecto a su peso en el gasto total, desplazando recursos hacia el gasto corriente.

Este giro, planteado como un ajuste temporal, pudo ser razonable viniendo de unos años de exceso inversor y dadas las estrecheces presupuestarias del momento. Sin embargo, la nueva política pasó de coyuntural a estructural, lo que tuvo algunas consecuencias significativas. En primer lugar, el país pasó a presentar un gap inversor negativo frente al promedio de la UE. En segundo lugar, el ajuste recayó no solo sobre nuevos proyectos, sino también sobre el mantenimiento y la renovación del *stock* existente, generando una bolsa de inversión diferida que hoy se refleja en obsolescencia, averías y pérdida de eficiencia en infraestructuras de transporte, redes de agua y activos energéticos.

La irrupción de la pandemia abrió una nueva etapa. Por un lado, se produjo una respuesta fiscal expansiva sin precedentes, apoyada en la suspensión de las reglas fiscales europeas. Por otro, el lanzamiento del programa *Next Generation EU* y del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia puso de nuevo la inversión —especialmente la relacionada con la digitalización y las energías verdes— en el centro de la política económica. Es todavía demasiado pronto para evaluar el efecto real de este programa, ya que su ejecución es por ahora baja.

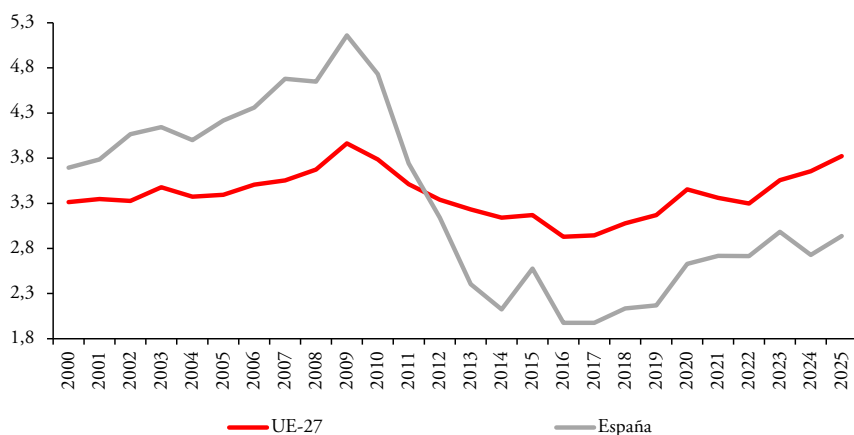
En España, la inversión total ha recuperado en términos de volumen los niveles previos a la pandemia, pero con una composición sesgada. El empuje del sector público ha sido clave para sostener la formación de capital, mientras que la inversión privada ha mostrado un comportamiento menos dinámico, situándose en 2025 todavía por debajo del nivel de 2019. Dentro de la inversión pública, una parte relevante del esfuerzo se ha canalizado hacia proyectos vinculados al Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), con foco en eficiencia energética, movilidad sostenible y digitalización.

Sin embargo, si se comparan las cifras actuales con los máximos anteriores a la crisis financiera, el esfuerzo en infraestructuras físicas sigue siendo inferior. Distintos análisis señalan que, pese al rebote reciente, la inversión en obra civil continúa por debajo de los picos de 2009 y por debajo incluso de los niveles de mitad de los años noventa en términos reales. Al mismo tiempo, el gasto público total ha crecido de forma muy significativa en el periodo 2019-2024, impulsado sobre todo por componentes corrientes (prestaciones, salarios, consumos intermedios), de forma que el peso relativo de la inversión dentro del presupuesto —excluyendo la financiada con fondos europeos— se mantiene en niveles reducidos.

Las **figuras 1 y 2** muestran la evolución de la inversión descrita en los párrafos anteriores, utilizando como *proxy* la formación bruta de capital fijo de las AA. PP. en porcentaje del PIB (**figura 1**) y el epígrafe de otras construcciones y estructuras de esa misma serie (**figura 2**), que aproxima mejor la inversión en obra civil. En la lectura de esos gráficos conviene recordar que los datos más recientes comparan una economía, la española, en fase expansiva con otra, la europea, estancada.

Figura 1.

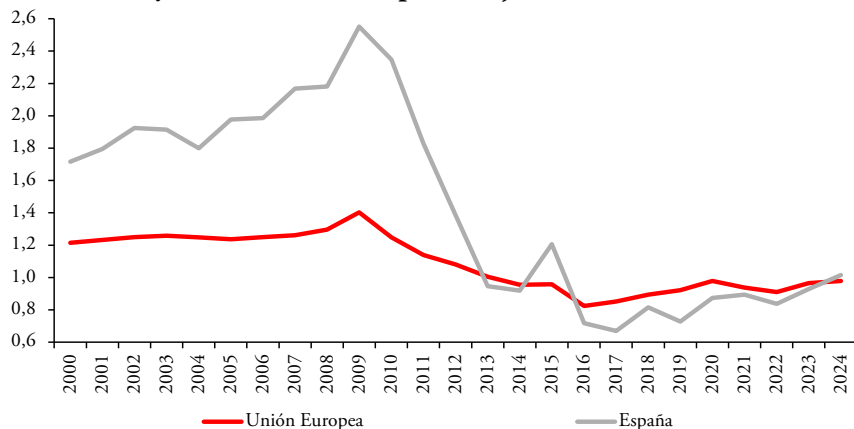
Inversión pública (formación bruta de capital fijo de las AA. PP., total) como porcentaje del PIB



Fuente: AMECO Database (Comisión Europea). Otoño 2025.

Figura 2.

Inversión pública (formación bruta de capital fijo de las AA. PP., otras construcciones y estructuras) como porcentaje del PIB



Fuente: Eurostat.

Este libro analiza las infraestructuras en España desde una perspectiva económica, a partir de la teoría y de la evidencia empírica, describiendo su situación presente, los retos a los que nos enfrentamos y formulando propuestas de actuación que den contenido técnico y coherencia a las políticas públicas de infraestructuras. Dichas propuestas se sustentan en el análisis realizado por un conjunto de autores, que aúnan su condición de académicos en ingeniería y economía con un conocimiento profundo de sus respectivos sectores. En este libro se abordan cuestiones como la planificación estratégica, la evaluación económica, las inversiones, la financiación, la participación público-privada, la sostenibilidad medioambiental, con especial atención al papel de las instituciones y los incentivos. La aproximación es transversal para las infraestructuras en el capítulo II, y de manera monográfica para el agua, transporte, telecomunicaciones y energía en los capítulos III al VI. Finalmente, en el capítulo VII se presentan un conjunto de propuestas generales para la política de infraestructuras en España. El objetivo último es ofrecer un marco conceptual y práctico que permita superar las ineficiencias del pasado y orientar las decisiones futuras hacia una asignación óptima de recursos en beneficio del interés general, compatible con la sostenibilidad financiera y ambiental.

Referencias

- COLMER, J., MARTIN, R., MUÛLS, M., and WAGNER, U. J. (2025). Does Pricing Carbon Mitigate Climate Change? Firm-Level Evidence from the European Union Emissions Trading System Open Access. *The Review of Economic Studies*, vol 92(3), 1625–1660.
- DÁVILA, E., and SCHAAB, A. (2025). Welfare Assessments with Heterogeneous Individuals. *Journal of Political Economy*, vol.133(9), 2918–2961.
- DE RUS, G. (2025). *Evaluación Económica de Políticas, Programas y Proyectos de Infraestructura*. Washington, D. C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- DURANTON, G., and PUGA, D. (2004). Micro-foundations of urban agglomeration economies. En J. V. HENDERSON y J. F. THISSE (eds), *Handbook of Regional and Urban Economics*, vol. 4 (pp. 2063-2117). Elsevier.
- DURANTON, G., y VENABLES, A. J. (2018). Place-based policies for development. *NBER Working Paper*, No. 24562. National Bureau of Economic Research.
- ENGEL, E., FISHER, R., and GALETOVIC, A. (2001). Least Present Value of Revenue Auctions and Highway Franchising. *Journal of Political Economy*, 105, 993-1020.
- ENGEL, E., FISCHER, R., and GALETOVIC, A. (2014). *The Economics of Public-Private Partnerships: A Basic Guide*. Cambridge University Press.
- FUNDACIÓN BBVA – IVIE. (2025). El stock de capital en España y sus comunidades autónomas (1995-2024). Cambios en la inversión y en el aprovechamiento de la capacidad productiva. *Documento de Trabajo*, nº 1/2025.
- GARRICK, D. E., HANEMANN, M., and HEPBURN, C. (2020). Rethinking the economics of water: an Assessment. *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 36(1), 1–23.
- GLAESER, E. L., and POTERBA, J. M. (2020). Economic analysis and infrastructure investment. *NBER Working Paper*, 28215.

- GRAMLICH, E. M. (1994). Infrastructure Investment: A Review Essay. *Journal of Economic Literature*, 32(3), 176–1196.
- GRAFTON, R. Q., CHU, L., and WYRWOLL, P. (2020). The paradox of water pricing. dichotomies, dilemmas, and decisions. *Oxford Review of Economic Policy*, Vol 36(1), 86–107.
- H. M. TREASURY (2022). *The Green Book: Central Government Guidance on Appraisal and Evaluation*. London: HM Treasury.
- JOHANSSON, P. O., and KRISTRÖM, B. (2016). *Cost-Benefit Analysis for Project Appraisal*. Cambridge University Press.
- KATZ, M. L., and SHAPIRO, C. (1985). Network Externalities, Competition, and Compatibility. *American Economic Review*, 75(3), 424–440.
- PÉREZ, J. J., y SOLERA, I. (2017). La evolución de la inversión pública durante la crisis y la recuperación. *Boletín Económico, Banco de España*, nº 4.
- REDDING, S. J., and TURNER, M. A. (2015). Transportation Costs and the Spatial Organization of Economic Activity. En G. DURANTON, J. VERNON HENDERSON, y W. C. STRANGE (eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics*, vol. 5, (pp. 1339–1398). Amsterdam: North-Holland.
- TIROLE, J. (2017). *Economics for the Common Good*. Princeton University Press.
- VENABLES, A. J. (2017). Incorporating wider economic impacts within cost-benefit appraisal. *Quantifying the socio-economic benefits of transport*. ITF Roundtable Reports. OECD.
- VENABLES, A. J. (2020). Why some places are left behind: urban adjustment to trade and policy shocks. *Oxford Review of Economic Policy*, 36(3), 604–620.
- VICKREY, W. S. (1969). Congestion Theory and Transport Investments. *American Economic Review*, 59 (Papers and Proceedings), 251–260.
- WALTERS, A. A. (1961). The theory and measurement of private and social cost of highway congestion. *Econometrica*, 29(4), 676–697.
- WINSTON, C. (1991). Efficient Transportation Infrastructure Policy. *Journal of Economic Perspectives*, 5(1), 113–127.

CAPÍTULO II

Principios de la provisión de infraestructuras

Ronald Fischer B.*

Este capítulo describe los principales problemas a los que se enfrenta el sector de las infraestructuras, y como abordarlos, al tiempo que se señala cómo estos factores tienen efectos diferenciados en los distintos sectores. Se define lo que se entiende por infraestructura, y se clasifica en las categorías de infraestructura privada y pública. Asimismo, se describe la asignación de riesgo eficiente en los contratos para la provisión de infraestructura y se estudia el problema del financiamiento de la inversión en infraestructura. Se muestra cómo la economía política juega un papel importante en la inversión, operación, mantenimiento y remuneración de la infraestructura, y los problemas que crea esta interacción.

Palabras clave: infraestructuras, financiamiento, asignación de riesgo, economía política.

* Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile, ISCI y MIPP.

1. INTRODUCCIÓN

Las infraestructuras son un elemento fundamental que habilita el crecimiento económico de los países. Hacen viables los movimientos de personas y de carga; ofrecen la posibilidad de energía eléctrica en el lugar en que se requiere: hogares, industrias y comercios; permiten disponer de servicios vitales como el acceso a agua segura y continua; y de comunicaciones entre personas y la transmisión de enormes cantidades de información. Sin infraestructuras apropiadas y en buen estado de mantenimiento, un país no puede desarrollarse o no puede continuar su crecimiento una vez desarrollado. La logística del transporte se congestiona en exceso, el sistema eléctrico es insuficiente para las necesidades de la economía y los sistemas de comunicaciones anticuados no permiten acceder a las nuevas industrias de servicios de contenidos y de datos. El desarrollo de los países requiere inversión en renovación y mantenimiento de infraestructuras, además de nuevas infraestructuras que apoyen y acomoden el crecimiento económico y el bienestar de las personas.

El problema de las infraestructuras se ha hecho más urgente, debido a que el calentamiento global y los procesos de descarbonización asociados requieren modificar la forma en que se genera la energía que necesitan los países. No se trata solamente de reemplazar la generación eléctrica que usa combustibles por generación que no emite gases de efecto invernadero, sino de electrificar sectores que utilizan combustibles fósiles en sus procesos, como la industria, el transporte, la minería y otros. Esta es otra fuente de demanda de inversiones en infraestructura, tanto para modificar los procesos hacia la electrificación como para generar la electricidad adicional que requerirán estos sectores. Otro efecto del cambio en los sistemas energéticos es que durante la transición aparecen fenómenos complejos, tales como la inestabilidad de los sistemas eléctricos, cuyos efectos pueden llevar a apagones como el ocurrido en mayo de 2025 en España.

El calentamiento global también tendrá impactos sobre la disponibilidad de agua, porque los fenómenos climáticos serán más intensos, con más sequías y periodos de fuertes lluvias. Esto podría requerir mayores inversiones en el sistema de captura de aguas, protecciones y mecanismos de prevención (para limitar el impacto de lluvias torrenciales como las que afectaron a Valencia), además de plantas de desalación para hacer frente a este nuevo entorno de pluviosidad más errática. Un último aspecto relacionado con el cambio climático es mejorar la resiliencia de las infraestructuras, es decir, la capacidad de recuperarse de un evento complejo (además de resiliencia ante ciberataques en el caso de los sectores eléctrico, de telecomunicaciones y saneamiento).

La respuesta no es solo invertir enormes cantidades de recursos para renovar y aumentar las infraestructuras. Es necesario hacerlo bien, para no gastar en exceso o retrasar su entrada en servicio por problemas burocráticos y de permisos. No se debe admitir su deterioro por falta de mantenimiento, o peor aún, construir infraestructuras que no cumplen los objetivos prometidos. Todos esos problemas no son teóricos, sino que abundan los ejemplos de que esto ha ocurrido en países europeos y en España en particular. Recordemos los retrasos y sobrecostos del aeropuerto de Berlín-Brandeburgo, el caso de las radiales de Madrid y

los fallos de mantenimiento de la infraestructura viaria y ferroviaria en Alemania y el Reino Unido, entre otros ejemplos.

El objetivo de disponer de un sistema de inversión en infraestructura eficaz se enfrenta a obstáculos. Estas trabas tienen distinta importancia relativa según el sector de infraestructuras de que se trata, de su sistema de gobernanza, de las características de las tecnologías del sector, de su organización industrial y de la legislación que las regula. Cuando esas trabas y deficiencias no existen, o son bien tratadas por la normativa general y sectorial, la inversión es eficiente: los recursos se utilizan bien y permiten disponer de las infraestructuras necesarias a un coste relativamente bajo y sin retrasos en su puesta en servicio. Es necesario, por lo tanto, conocer cuáles son los problemas que afrontan las infraestructuras y los mecanismos para resolverlas, si se desea que las infraestructuras contribuyan al aumento en el bienestar de la sociedad. Este capítulo describe los principales problemas que afronta el sector de las infraestructuras y cómo abordarlos, al tiempo que se señala cómo estos factores tienen efectos diferenciados en los distintos sectores.

Las infraestructuras requieren grandes inversiones hundidas. Su operación, tarificación y mantenimiento eficiente están asociados a problemas complejos de economía política, debido a su importancia en la vida de las personas. Aunque la economía se interesa por las infraestructuras, los problemas en su provisión eficiente han recibido menos atención de los economistas que otras áreas.

En la sección segunda se define lo que se entiende por infraestructura en el contexto de este libro, y se clasifica en las categorías de infraestructura privada y pública. La infraestructura pública se subdivide a su vez entre aquella provista y controlada directamente por el Estado y aquella construida y gestionada por entes privados mediante asociaciones público-privadas o APP. Posteriormente, se describe la asignación de riesgo eficiente en los contratos para la provisión de infraestructura. Aunque son principios aplicables a todo contrato del sector, son especialmente relevantes en el caso de la infraestructura pública y de las APP, dada la diferencia de incentivos respecto a la inversión privada. En la sección se describen los dos principios básicos que deben guiar esta asignación del riesgo y se proveen ejemplos de su operación. Luego se presentan los mecanismos de financiamiento de la infraestructura, y cómo estos afectan a los incentivos de las partes en el contrato de financiamiento.

A continuación, se estudia el problema del financiamiento de la inversión en infraestructura, es decir, cómo se paga por ella, en el cual aparecen diferencias entre infraestructura privada y pública y entre el financiamiento durante la construcción y durante la operación de los proyectos. La sección siguiente muestra que la economía política juega un papel importante en la inversión, operación, mantenimiento y remuneración de la infraestructura, y los problemas que crea esta interacción, lo que puede aumentar el riesgo de los proyectos o contribuir al desarrollo de inversiones que no aportan beneficios netos a la sociedad. Luego se mencionan más brevemente otros temas relevantes para el análisis de infraestructuras, incluyendo aspectos de equidad y eficiencia.

En la tercera sección se describe el ciclo de provisión de la infraestructura, desde la identificación de la demanda hasta la operación y el mantenimiento del proyecto, mostrando cómo los aspectos anteriores aparecen en el proceso de provisión de infraestructura. La cuarta sección describe brevemente cómo los conceptos anteriores se aplican a los distintos sectores de infraestructura. Finalmente, en la sección quinta se recogen las conclusiones del capítulo.

2. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS INFRAESTRUCTURAS

Cualquier recomendación sobre las formas de proveer infraestructura física en un país debe comenzar definiendo lo que se entiende por ese término. Desde un punto de vista etimológico, *infra* significa bajo o subyacente, por lo que infraestructura se refiere a los cimientos en los que se basan las estructuras que determinan el funcionamiento de una sociedad. Esta concepción involucra tanto la infraestructura física como aquella no material, tal como la arquitectura legal, el nivel de educación de la sociedad, la seguridad y la confianza que tienen los ciudadanos en sus gobernantes y sus conciudadanos, entre otras. Este trabajo se concentra solo en la infraestructura física.

2.1. Definición de infraestructura

Una definición que permite incluir a casi todas las formas de infraestructura física es que son aquellas inversiones hundidas y de largo plazo que son requeridas para prestar servicios de distinta índole. Una inversión hundida es una inversión que no tiene usos alternativos, o no los tiene sin una pérdida importante de valor, por lo que los costes de las malas decisiones en términos de demanda por sus servicios tienen consecuencias más graves que en el caso de inversiones no específicas. Para dar un ejemplo, una empresa que invierte en camiones para el transporte de carga puede venderlos y recuperar una fracción relevante de su valor si la demanda por sus servicios desaparece. En el caso de inversiones específicas (o hundidas), con un aeropuerto, si la demanda no aparece, las inversiones no tienen usos alternativos. Este es el caso general de las infraestructuras físicas. El coste de un diseño no apropiado (demasiado grande para la demanda efectiva, por ejemplo) es mucho mayor con inversiones hundidas o específicas y requiere de estudios cuidadosos para no desperdiciar inversiones.

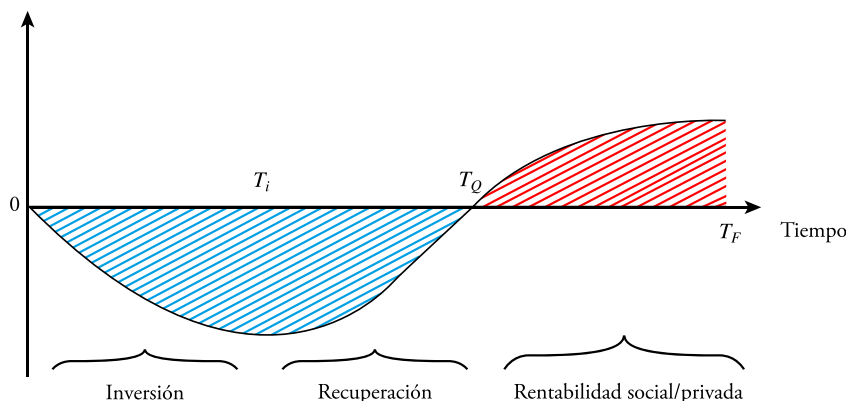
Las infraestructuras son inversiones de larga duración, que en algunos casos pueden exceder un siglo, como ocurre con los embalses, canales, algunos acueductos y equipos eléctricos (torres, conductores, transformadores). Dado su coste y el riesgo de costes en estos proyectos, así como su larga duración, es vital que exista demanda por sus servicios. La demanda es incierta, por lo que los inversionistas deben ser cuidadosos al invertir y el mecanismo de remuneración debe compensar por estos riesgos. Estos temas se verán más adelante.

La **figura 1** muestra el esquema de los retornos de una inversión. Hay un periodo de inversión hasta el punto T_b , luego hay un periodo de recuperación de la inversión hasta T_o , y

Figura 1.

Esquema de retornos de un proyecto de inversión en infraestructura física

Beneficios y costos del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

un periodo de retornos sociales o privados positivos entre T_Q y T_F , momento en que el proyecto cumple su vida útil. El tiempo de inversión puede alargarse, lo que hace que la recuperación de la inversión sea más lenta y que el periodo hasta que cumple su vida útil puede no ser suficiente para que la rentabilidad alcance a ser positiva. Un mayor coste de los recursos tiene un efecto similar, así como errores de sobrestimación de la demanda o de subestimación de los costes. Dado que son inversiones hundidas, no es posible redirigir las inversiones si no se alcanzan las condiciones que determinan que el proyecto sea social o privadamente rentable. Por eso es tan importante que el proyecto esté bien estudiado, que haya una demanda suficiente insatisfecha y que los costes estén bien evaluados.

2.2. Infraestructura pública e infraestructura privada

La infraestructura se puede clasificar en infraestructura privada e infraestructura pública. Esta división es compleja, puesto que en distintos países lo que se entiende por infraestructura pública puede diferir, aunque algunos tipos de infraestructura son casi siempre públicos. Entre la infraestructura considerada habitualmente pública se encuentran la vialidad urbana y las carreteras, los sistemas de drenaje pluvial, plazas y parques, los centros cívicos, las terminales de transporte y algunos otros. Entre aquellos que corresponden a infraestructura privada (en el sentido de que, aunque sean de propiedad estatal, eso es solamente un accidente) se encuentran las plantas de generación eléctrica y los sistemas de telecomunicaciones. En una situación intermedia se encuentran los sistemas de distribución de aguas y de saneamiento y depuración (en España, estos servicios son provistos por los municipios, por concesiones privadas o en forma mixta), los hospitales y escuelas, los sistemas de transporte y de distribución eléctrica, y otros. En estos casos hay países

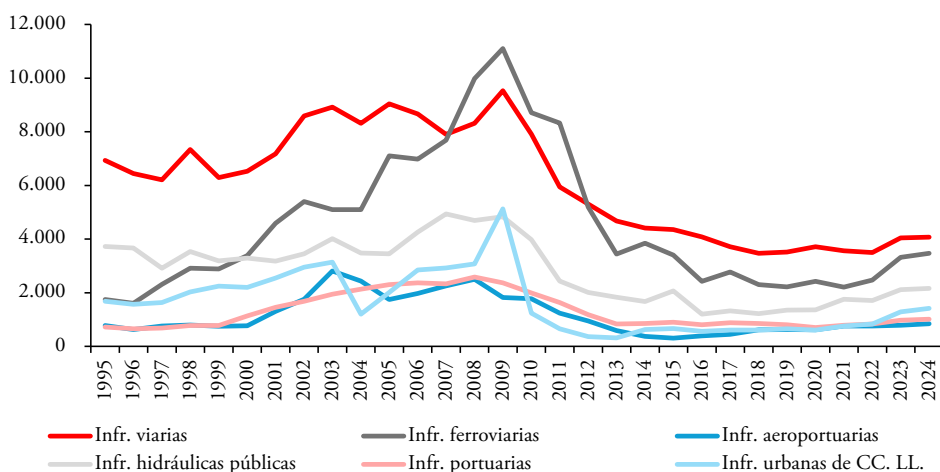
en que estos sistemas son privados (o parcialmente privados) y otros en los que operan en forma pública.

La infraestructura pública la puede proveer el Estado o agentes privados, mediante contratos de asociación público-privada (APP). Estos contratos de largo plazo pueden incluir el diseño, el financiamiento, la construcción, la operación y el mantenimiento de la infraestructura, aunque también pueden tener menos etapas, siempre que estén presentes al menos la construcción y el mantenimiento. Los tipos de infraestructura que son provistos mediante las APP dependen del país. En España, las autopistas e incluso algunos hospitales son provistos mediante estos contratos. En todo caso, la elección entre usar las APP o provisión pública de la infraestructura requiere como mínimo que en los contratos de APP se pueda evaluar la calidad de los servicios que provee la infraestructura, y que esta evaluación pueda tener consecuencias para la parte privada del contrato (es decir, que sea un contrato *enforceable*). En el mismo sentido, una de las ventajas de las APP consiste en que es posible (salvo tal vez en los casos de los sistemas subterráneos de agua potable y de aguas residuales) mantener estándares de mantenimiento que a menudo no son posibles bajo un sistema de provisión y mantenimiento estatal, que frecuentemente enfrenta restricciones políticas para el gasto en mantenimiento rutinario, un tema en que se profundiza más adelante (Engel *et al.*, 2021).

La **figura 2** muestra las inversiones en infraestructura pública en España. Se observa que la inversión en infraestructuras públicas ha caído notablemente con posterioridad a la crisis de 2008. En cuanto a la inversión total, el mismo estudio de la Fundación BBVA-IVIE indica que la inversión bruta total (que puede incluir otras formas de inversión, no en infraestructura física) en España en 2024 fue de poco más de 306 millardos de euros, de la que el 90 % es privada.

Figura 2.

Inversión en infraestructura pública en España según sector



Fuente: IVIE-ES (2025).

2.3. Asignación de riesgo en los contratos de infraestructura

Todo contrato, y en especial los contratos de infraestructura, suponen una asignación de riesgo entre las partes del contrato. En algunos casos, hay una transferencia del riesgo a partes no directamente involucradas. Un contrato que ofrece un riesgo al Estado puede indirectamente afectar a los contribuyentes, o un contrato de concesión de una autopista puede suponer un riesgo de costes tarifarios para los usuarios de la autopista (por ejemplo, si la concesión se renegocia con mayores tarifas o plazos).

La asignación del riesgo tiene efectos sobre los incentivos de los agentes. Por ejemplo, si se asigna el riesgo de costes al agente, este tendrá incentivos a controlarlos. Pero al traspasar este riesgo al agente, se le debe compensar con un mayor retorno. El mayor retorno eleva los costes del proyecto, por lo que es necesario diseñar un contrato que contenga incentivos a controlar costes sin elevar en exceso la remuneración por asumir el riesgo de costes: es lo que se denomina una asignación de riesgos eficiente. Estas ideas dan origen a las reglas básicas de asignación del riesgo en los contratos (Irwin, 2007).

1. Se asigna el riesgo a quién mejor puede controlarlo.
2. En caso de riesgo incontrolable, se asigna a quién mejor puede soportarlo.

El segundo ítem aparece porque hay riesgos que no dependen de las partes en los contratos y que son exógenos a sus acciones. En tal caso, es deseable asignarlos a la parte menos afectada por el riesgo, de manera que el coste por asumir este riesgo sea menor.

Según estos criterios, en el sector de la construcción de infraestructura, el coste de los cambios en el diseño del proyecto se asigna al mandante de los cambios, generalmente a quien contrata a la empresa constructora. Por el contrario, los riesgos de costes usualmente se asignan a la empresa constructora. En contratos bien diseñados, si eventos fortuitos externos aumentan los costos en exceso, se incluyen reglas de división de los mayores costos entre las partes. Un ejemplo es la construcción de túneles: hay mucha incertidumbre sobre los costes debido a que, salvo a grandes rasgos, no se conocen las condiciones de la roca subterránea, pese a que se hayan hecho sondeos. Cuando el Estado es el contratante, frecuentemente se establece una división de los riesgos. Se definen bandas de costes asociados a distintos tipos de roca subterránea, a partir de las cuales el Estado asume parte o todos los sobrecostes, dada su mayor capacidad de absorción de estos riesgos.

En el caso de la generación eléctrica, a menudo los contratos de suministro eléctrico se parametrizan en el coste de los combustibles (en el caso de generación termoeléctrica), es decir, los riesgos de estos costos se asignan al demandante de energía. La lógica de esta asignación del riesgo es que este riesgo está fuera del control de la empresa de generación. Debido a que la energía usualmente representa una fracción relativamente menor de los costos del consumidor de energía, este puede absorberlos más fácilmente que la empresa de generación, cuyos ingresos dependen casi totalmente de las ventas de energía.

En el caso de las APP, los costes de los cambios normativos que afectan directamente el contrato deberían asumírselos el Estado, quien es el responsable de ellos. Un ejemplo serían los costos de un aumento en los estándares de seguridad de una autopista ya construida. De no hacerse esto, el riesgo político asociado a los contratos APP de proyectos de infraestructura aumentará, lo que se reflejará en un mayor coste de proyectos futuros. En otros sectores, a menudo se excluye de los cambios en las normas a la infraestructura ya construida. Las exclusiones se denominan cláusulas de excepción por derechos adquiridos (*grandfather clauses*). Si bien esto reduce la efectividad de la nueva normativa, también reduce el coste futuro debido a la incertidumbre asociada a futuros cambios normativos.

El Estado puede intentar reducir la rentabilidad *ex post* de los inversionistas en infraestructuras en forma abierta o encubierta, en lo que se denomina expropiación regulatoria. Esto puede ocurrir cambiando las reglas del juego (por ejemplo, la forma de tarificar), reduciendo así la rentabilidad de inversiones ya realizadas. Esta conducta, no acompañada por cláusulas de excepción, tiene un coste reputacional en términos de la rentabilidad requerida para futuras inversiones lo que opera como freno para estas decisiones. Esto se aplica a todos los sectores de infraestructura en que las inversiones son hundidas, y por lo tanto se pueden expropiar regulatoriamente.

2.4. Financiamiento de la infraestructura

Existen diversas formas de financiamiento de la infraestructura, las que dependen del sector y de los objetivos de la autoridad. Una posibilidad es financiar todo o parte de la infraestructura mediante cobros a los usuarios, como ocurre generalmente en el caso de sectores de infraestructura privada, así como en algunos tipos de APP, por ejemplo, las de carreteras¹. Esto no excluye que coexistan estos cobros con subsidios a sectores vulnerables, u otras formas de financiamiento estatal, pero en general, son sectores que dependen en gran medida de cobros a los usuarios. En otros casos la mayor parte de los recursos que financian la infraestructura proviene del Estado (Estado central, municipios, provincial o tal vez fondos de la Unión Europea), como ocurre en los ferrocarriles subterráneos, las vías urbanas, parques, hospitales y otras formas de infraestructura pública. A diferencia del caso anterior en que el proyecto es financiado por los usuarios, quienes financian estos proyectos de inversión pública son, finalmente, quienes pagan impuestos.

Si miramos el problema desde el punto de vista de los recursos financieros con los que se construyen los proyectos (antes de recibir ingresos), estos pueden provenir, según el caso, de recursos o deuda del gobierno, de recursos financieros asociados a los ingresos del proyecto (por ejemplo, una emisión de bonos) o de la industria bancaria, para el corto y mediano plazo. Otra posibilidad, especialmente importante en el caso del sector eléctrico, es que el financiamiento de la capacidad de generación se consiga después de obtener acuerdos de compra de

¹ Para financiamiento de APPS y otros proyectos en modalidad de financiación de proyectos (*Project Finance*), véase Yescombe (2002). En el caso específico de las APP en infraestructura pública, ver Engel *et al.* (2022).

energía de largo plazo (*Power Purchase Agreements* o PPAs). Cada una de estas fuentes de recursos tiene características específicas que afectan a los incentivos de los propietarios de la infraestructura, así como a los riesgos que enfrenta un proyecto, y por lo tanto sus costes totales. Por ejemplo, un proyecto de las APP, financiado mediante cargos a los usuarios, afronta riesgo de demanda, lo que puede elevar los costes del proyecto o eventualmente llevar a una renegociación de los términos del contrato².

2.5. Economía política de la infraestructura

Debido a la irreversibilidad de las inversiones en infraestructura y al impacto que tienen sobre la sociedad, hay una economía política asociada a estas inversiones. En el caso de las infraestructuras que he denominado privadas, las que se ocupan del agua potable y disposición y tratamiento de aguas residuales, eléctrico y telecomunicaciones, el principal problema de economía política es la posibilidad de expropiación regulatoria y la introducción de distorsiones que afecten el desarrollo de sus sectores. A menudo estos efectos se combinan.

En el caso de las inversiones de transporte y similares, debido a su visibilidad, hay un aspecto adicional: la inauguración de obras es considerada un elemento favorable en el proceso electoral. Además, muchas de estas inversiones requieren de diversos permisos ambientales, comunitarios y de otros tipos, lo que puede facilitar la aparición de corrupción, especialmente cuando es necesario ajustar (o renegociar) los proyectos.

En el caso de la infraestructura del transporte público, no solo existen los problemas anteriores (en aquellos aspectos que son aplicables a la infraestructura pública), sino que se agregan otras dificultades. Debido a la importancia del rol estatal en este sector, uno de los principales problemas es el riesgo de construir obras innecesarias o mal dimensionadas para afrontar la demanda. Estos proyectos no siempre son socialmente rentables, en el sentido de ser contribuciones al bienestar social, sino que destruyen recursos, son elefantes blancos o *Grandes Travaux Inútiles* ([Jean-Claude Defossé](#), 1990). La razón de su existencia a menudo se debe a que, desde el punto de vista electoral, construir obras es una forma de mostrar la efectividad de los gobiernos. Además, quienes toman estas decisiones no arriesgan sus propios recursos y la responsabilidad por los fracasos se diluye³.

Los problemas de mantenimiento de los proyectos de infraestructura pública también tienen su origen en la economía política de la infraestructura, como se verá más adelante. Para la autoridad puede ser políticamente más rentable construir proyectos nuevos o realizar reparaciones de alto coste en obras deterioradas que destinar recursos para el mantenimiento continuo y periódico, pese a que este esquema es más eficiente. El mantenimiento uniforme

² Sabiendo que la posibilidad de renegociación contractual existe, los oferentes por estos contratos pueden incorporarlo en sus ofertas. Véase Engel *et al.* (2024).

³ La responsabilidad de quienes toman decisiones de inversión en infraestructura privada inútil se diluye menos y el castigo es más probable que en el caso de decisiones de inversión públicas.

reduce los costes que sufren los usuarios por la mala calidad de la infraestructura y tiene menores costes de mantenimiento en el largo plazo.

2.6. Otros temas en infraestructuras

En esta sección se tratan otros temas de relevancia para el análisis de la inversión en infraestructuras físicas.

2.6.1. *Unbundling (desintegración)*

Normalmente, los servicios no son prestados directamente por la infraestructura, sino por agentes que la utilizan para proveer el servicio a los usuarios finales: los servicios están desintegrados, a diferencia de la integración que existía en el pasado. En algunos casos puede haber varias etapas de desintegración de un sector de infraestructuras. En el sistema eléctrico, la infraestructura se puede desintegrar en centrales de generación, la transmisión y la distribución y, tal vez, proveedores de servicios complementarios. Los comercializadores de energía utilizan este sustrato para proveer los servicios eléctricos a los usuarios. En el pasado, y en los sistemas eléctricos de algunos países, esas etapas estaban integradas, generalmente en un operador monopólico regulado.

Algo similar ocurre en el sector de telecomunicaciones, en que la inversión en líneas troncales de fibra óptica (no la última milla) puede ser utilizada en forma compartida por distintos operadores, así como la inversión en torres de comunicaciones inalámbricas y en las redes de fibra óptica que las conectan a sistemas de procesamiento centrales. Pueden existir operadores móviles virtuales que compran capacidad de transmisión de datos a los proveedores, para comercializarlos a los minoristas. Es también el caso de los hospitales (APP o privados) que son requeridos por los sistemas de salud o las líneas de ferrocarril, utilizadas por empresas de ferrocarriles para prestar servicios de salud y de transporte, respectivamente. En estos dos casos, la construcción, la operación y el mantenimiento pueden estar separados de la provisión de servicio, es decir, se pueden desintegrar. Solo las infraestructuras viales y de saneamiento normalmente no están desintegradas, y son los usuarios finales los que utilizan directamente la infraestructura (aunque en el caso del agua, la desalación y el tratamiento de aguas residuales podrían delegarse a una empresa independiente, mediante contratos de largo plazo).

La idea de desintegrar las distintas etapas que intervienen en la provisión de los servicios de infraestructura está íntimamente ligada al carácter monopólico de algunas de estas etapas. Esto puede deberse a economías de escala o de redes en su provisión o su uso, o porque requieren recursos escasos. Por ejemplo, los acueductos y la transmisión eléctrica tienen economías de escala, y algo similar ocurre con la infraestructura de transporte (por lo general no existen carreteras paralelas entre dos ciudades). En el caso de las redes de distribución de

agua y de telecomunicaciones, hay economías de redes. En el caso de servicios móviles de datos, los recursos escasos son el espectro radioeléctrico y las torres que proveen el servicio en su entorno⁴. Esto requiere regular las tarifas o asignar mediante subastas aquellos sectores que tienen aspectos que les dan poder monopólico.

La desintegración de activos tiene ventajas y desventajas. Cuando los servicios están desintegrados, hay más problemas de coordinación de inversiones: el mejor ejemplo es la poca coordinación entre la inversión en infraestructura de transmisión y la de generación usando energías renovables, lo que ha generado congestión e inestabilidad en los sistemas eléctricos con alta penetración de este tipo de generación. Por otra parte, esta separación mejora los procesos regulatorios de tarifas (porque se separan segmentos competitivos de los que requieren regulación), y hay mayor eficiencia en los segmentos potencialmente competitivos. Incluso cuando se tiene infraestructura monopólica, la subasta de la provisión de nueva infraestructura puede reducir los costes de la infraestructura. Otra ventaja de la desintegración es la mayor especialización de los proveedores de infraestructura y de servicios. En general, los países han transitado a mayor desintegración de las infraestructuras por esas ventajas.

2.6.2. Planificación de inversiones

Como se ha mencionado en la sección anterior, cuando hay desintegración entre segmentos competitivos y sectores no competitivos, aparecen problemas de coordinación de inversiones y se requiere la planificación del segmento monopólico. Algo similar ocurre en aquellos segmentos que son monopólicos y que van dirigidos a los consumidores, como la distribución eléctrica y el saneamiento.

Se requiere la planificación eficiente de las inversiones debido a que, al no estar sometidas a la disciplina de la competencia, las inversiones pueden ser insuficientes o mal dirigidas (poca inversión en seguridad de suministro, por ejemplo) o, por el contrario, si la remuneración de los activos regulados es generosa, hay una tendencia a la sobreinversión que eleva los costes. Por lo tanto, es necesario un proceso de planificación, que puede ser centralizado o delegado en regiones o en actores privados con los incentivos correctos. Sectores en que la planificación es necesaria son la transmisión eléctrica, nuevas carreteras o carreteras ampliadas, las redes de metro y ferrocarril y las vías urbanas. Aunque la planificación sea necesaria, esto no impide que la infraestructura sea provista por el monopolio privado luego de recibir la autorización para las inversiones (como en transmisión eléctrica o en las empresas de saneamiento) o mediante asociaciones público privadas, como lo muestran las múltiples carreteras construidas mediante las APP en España.

⁴ Las torres de datos móviles se comparten para reducir su número y su impacto visual. Para evitar la conflictividad que aparecería entre las distintas empresas que utilizan las torres, su propiedad es traspasada a empresas especializadas e independientes.

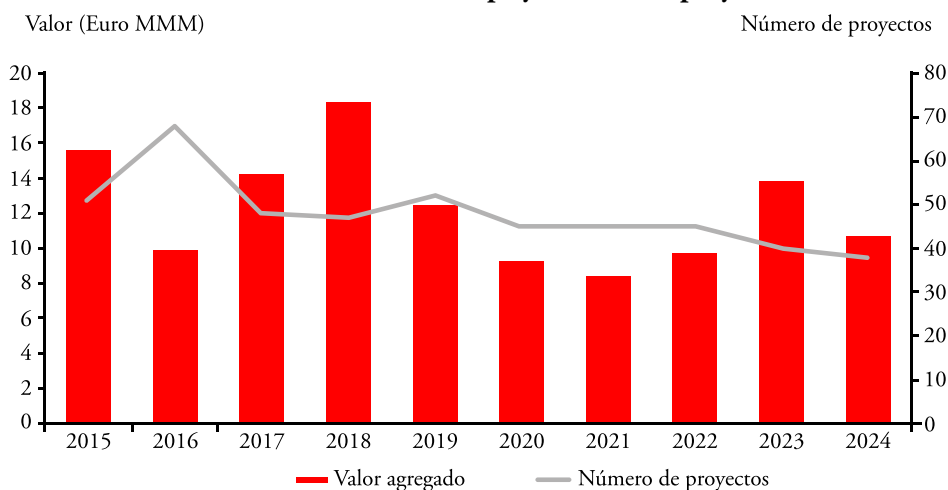
2.6.3. Provisión de infraestructura mediante las APP

Como se ha descrito antes, una alternativa a la provisión pública o privada de infraestructura son las APP. En principio, se trata de que alguien privado construya, opere y mantenga (en ocasiones financie y diseñe) un proyecto de infraestructura pública, es decir, puertos, carreteras, aeropuertos, hospitales y otros similares. La **figura 3** muestra la evolución del volumen de inversión y número de proyectos de infraestructura realizados mediante las APP en Europa en el periodo 2015-2024.

Uno de los principales objetivos de los gobiernos que proponen estas formas de financiamiento es que (bajo condiciones fáciles de cumplir) no aparece en la contabilidad fiscal, por lo que no aumenta el déficit presupuestario observado⁵. Esto los hace atractivos para los gobiernos desde el punto de vista de la economía política, porque realizar obras se transforma en una forma de mostrar actividad tangible sin costes fiscales aparentes. La teoría muestra que este efecto es aparente y se debe más bien a deficiencias de la contabilidad fiscal⁶.

Figura 3.

Tendencias en valor de las APP en Europa y número de proyectos (2015-2024)



Fuente: European Investment Bank (2025).

⁵ Eurostat (2016) tiene una serie de criterios que, utilizados a la inversa, proveen una especie de manual de instrucciones para evitar que la inversión en las APP aparezca en la contabilidad fiscal.

⁶ Engel *et al.* (2013). Este hecho es independiente de los criterios que determinan cuándo un proyecto debe incluirse en la contabilidad fiscal, siguiendo a Eurostat. También es independiente de la inclusión por gobiernos fiscalmente más responsables, de la deuda fiscal contingente asociada a las garantías de demanda mínima que ofrecen algunos proyectos.

En el caso de obras de infraestructura que no requieren pagos de los usuarios, el hecho de no impactar el presupuesto fiscal genera presiones para construir obras que no son un buen uso de recursos de la sociedad (los denominados elefantes blancos). Por el contrario, un proyecto que se financia en su totalidad mediante pagos del público por su uso, en principio es socialmente beneficioso^{7,8}.

Como se mencionó antes, una de las principales ventajas de las APP es que el mantenimiento de las infraestructuras es mejor que el que realiza el Estado, siempre que los contratos se puedan hacer cumplir (sean *enforceable*).

2.6.4. Externalidades

Los proyectos pueden generar externalidades, es decir, efectos negativos o positivos sobre el bienestar que no son percibidos en su totalidad por quienes las generan. Ejemplos de externalidades son el ruido y la contaminación en la vecindad de una carretera durante su construcción y operación, el efecto negativo sobre el paisaje de las torres de alta tensión, la contribución a la congestión en las líneas de transmisión de un nuevo proyecto fotovoltaico, el efecto sobre el precio de los inmuebles de una nueva estación del metro y muchos otros. En el caso de externalidades negativas, al no ser percibidas por los agentes que deciden invertir, se deben alterar sus decisiones mediante impuestos o reglas que los hagan afrontar el coste o beneficio que produce la externalidad asociada al proyecto. En casos en que esto sea difícil, puede ser necesario compensar a quienes se vean afectados negativamente, lo que encarece los costes del proyecto.

Una visión correcta de los beneficios de un proyecto debe incorporar estas externalidades, y ello requiere sistemas para evaluar estos efectos. En el caso de las emisiones, puede ser por los mayores costes de salud; en el caso de efectos sobre el paisaje, se pueden usar modelos hedónicos para determinar el valor monetario de la externalidad.

2.6.5. Cambio climático y descarbonización

Varios sectores de infraestructuras se verán afectados por el cambio climático, especialmente los sectores energéticos, agua y saneamiento. El sector eléctrico ya está en un proceso de adaptación en dos dimensiones. Primero, mediante el cambio desde tecnologías de generación que usan combustibles y cuya generación es determinística (y despachable), a tecnologías renovables de generación variable, espacialmente dispersas y sin inercia natural. Esta transformación crea una serie de dificultades que deben ser resueltas para disponer de sistemas seguros y resilientes, sin que esto eleve los costes de la electricidad en forma excesiva.

⁷ Estos proyectos suponen riesgos de demanda, y a menudo el Estado se compromete con garantías de ingresos mínimos, las que pueden ser costosas. Más eficiente es utilizar (cuando la demanda por el proyecto es exógena), el método de valor presente de los ingresos (Engel *et al.*, 2014).

⁸ La excepción al principio de que los proyectos privadamente rentables son también socialmente rentables ocurre cuando produce externalidades negativas de tal magnitud que niegan sus beneficios.

Una segunda dimensión es que será necesario electrificar la mayor parte de los consumos industriales, residenciales y del transporte, por lo que la generación antigua no solo debe ser reemplazada, sino que deben aumentar las inversiones para responder a los nuevos consumos eléctricos de esos sectores (Susskind *et al.*, 2022). Esta transformación hará que queden obsoletas muchas inversiones hundidas y que se requieran inversiones adicionales (al simple reemplazo de generación térmica por renovables) tanto en distribución, como en transmisión y generación.

En el caso del agua, el cambio climático está asociado a una mayor frecuencia de turbulencias climáticas. Serán más comunes las sequías (o las reducciones seculares de las lluvias en algunas regiones, o una mayor frecuencia de lluvias torrenciales en otras), lo que requerirá inversiones en infraestructura para afrontarlas. La mayor seguridad de suministro puede conseguirse usando la desalación de aguas salobres o marinas, aunque el coste es mayor que el de las fuentes naturales. En el caso de lluvias torrenciales, estas pueden requerir mejores defensas en ríos. Además, pueden afectar a los sistemas de evacuación de aguas residuales, contaminando los ríos, y puede ser necesario realizar inversiones para reducir este riesgo.

2.6.6. *Permisos ambientales y oposición comunitaria*

Uno de los problemas que afrontan los proyectos de infraestructura son las demoras, la oposición medioambiental y la oposición de las comunidades locales a los proyectos. La oposición medioambiental puede incluso ocurrir cuando el proyecto es ambientalmente positivo en su globalidad, como cuando se instala una central de generación eólica o solar, o cuando hay oposición a una línea de transmisión que transfiere electricidad verde, reemplazando la energía de plantas que emiten gases de efecto invernadero. Susskind *et al.* (2022) describe 53 proyectos en gran escala de energías renovables que fueron bloqueados o retrasados en los EE. UU. por las comunidades locales.

Otro problema, especialmente relevante en el caso de las obras de transmisión de mayor envergadura, es que los retrasos pueden interferir con el proceso de planeamiento de otras obras complementarias. En el caso en que la necesidad de transmisión se debe a un aumento de oferta de energías renovables, esto puede agregar inestabilidad y elevar los costes del sistema eléctrico durante el periodo de retraso. Recientemente, Shawhan *et al.* (2025) han modelado los costos ambientales de los aumentos en los tiempos de construcción de los proyectos de transmisión y generación en los EE. UU. Los autores estiman que los retrasos significan cientos de muertes anuales por contaminación del aire, además de costes por mayor morbilidad y aumentos en la producción de gases de efecto invernadero con un costo de USD 22Bn/año. Estos efectos son regresivos, en el sentido de que la mayor parte de los costos recaen en las comunidades de menores ingresos.

Wirth *et al.* (2013) muestran la importancia de los costes de la regulación ambiental, y señalan que pueden ser aprovechados estratégicamente por *first movers*. Por su parte, Brooks y Liskow (2023) muestran que los costos de la infraestructura de la carretera en los EE. UU. han

aumentado más de tres veces en términos reales entre 1960 y 1980. La explicación parece ser la mayor participación de las comunidades (“la voz ciudadana”).

En casi todo el mundo esto ha elevado el coste de los proyectos debido a la oposición ambiental y ciudadana. Primero, hay incertidumbre si el proyecto podrá realizarse, a qué coste y en cuánto tiempo. Esta incertidumbre aumenta el coste financiero de los proyectos. Más directamente, el desarrollo de los proyectos toma más tiempo, lo que eleva sus costes financieros. Por último, las medidas de mitigación requeridas para aprobar los proyectos tienen sus propios costes. Esa es una de las razones por las que el coste de proyectos de infraestructura ha aumentado en términos reales, pese a las mejoras en la tecnología y en la productividad de los factores utilizados en los proyectos.

Existe una especie de doble efecto sobre los costes: primero, al evaluarse socialmente el proyecto, se deben considerar sus costes ambientales (mediante precios hedónicos en algunos casos, mediante una evaluación de costes sobre la salud o de las emisiones) y cómo mitigarlos, lo que es costoso. Segundo, los costes asociados a la incertidumbre sobre el proyecto y los mayores plazos debido a la oposición medioambiental y comunitaria.

2.6.7. Equidad y eficiencia

A menudo aparece un conflicto entre equidad y eficiencia. Esto es particularmente común en la tarificación de los sectores de infraestructura que tienen tarifas reguladas, como ocurre con la electricidad y el saneamiento. Es común que las tarifas por esos servicios no reflejen la estructura de costes del sector (no sean *costo-reflectivas*). Por ejemplo, es común que la componente fija de los costes no refleje los costes fijos del sistema, sino que la mayor parte de los costes fijos se traspaasa al coste variable por electricidad consumida⁹. Esto es ineficiente, pero tiene una componente redistributiva, porque significa que los hogares de bajo consumo (y a menudo de bajos ingresos) reciben un subsidio cruzado de sus costes fijos proveniente de quienes tienen consumos mayores. Al no reflejar la estructura de costes, es un esquema ineficiente que castiga en exceso al consumo eléctrico. En general, los subsidios cruzados son poco eficientes en comparación con los subsidios focalizados (y con límites de consumo), provenientes de los recursos generales del Estado. La menor eficiencia se produce al distorsionar las decisiones de consumo.

3. EL CICLO DE PROVISIÓN DE INFRAESTRUCTURA

La provisión de infraestructura, tanto en el caso público como en el privado, comienza con la identificación de una necesidad presente o futura insatisfecha. Esto da lugar a planes para hacer frente a esta deficiencia. Estas alternativas se evalúan en cuanto a los costes y capacidad

⁹ No es el caso de España, en que el cargo fijo refleja parcialmente la potencia contratada por el abonado, y por lo tanto es una estimación de los costes fijos que impone al sistema.

para responder a la demanda, y se elige la mejor, dadas las limitaciones presupuestarias. Posteriormente, se construye, opera y mantiene. Este cuadro ideal, sin embargo, genera problemas relacionados con los conceptos de la sección anterior, como se describe a continuación.

3.1. Identificación de la demanda

En el caso de la infraestructura privada, la identificación de la demanda es un problema que las empresas deciden internamente y afrontan los incentivos correctos para hacerlo. Si por ejemplo, una empresa de generación (privada) considera que, dadas las reglas del mercado eléctrico, puede vender la energía que genera un proyecto a un precio conveniente (hay demanda por él), hará la inversión y asumirá los riesgos y costes ella misma.

No ocurre lo mismo cuando la infraestructura es pública, por lo que el gobierno interviene en las decisiones. La identificación de la demanda no responde a los claros incentivos del caso anterior, sino que puede depender de aspectos de economía política, como vimos en la sección anterior. Por ejemplo, la demanda se puede sobreestimar para hacer más probable la aprobación de un proyecto deseado por la autoridad, como lo señalan Flyjberg *et al.* (2005).

3.2. Evaluación del proyecto

Una vez identificada la demanda, existen distintos tipos de infraestructura que pueden resolver el problema, y es necesario evaluar sus costes y ventajas comparativas en forma muy general, así como los recursos presupuestarios con los que se cuenta. Una vez determinado el tipo de proyecto que se desarrollará, es necesario determinar si la solución elegida es la mejor alternativa, no solo para afrontar la demanda, sino contra usos alternativos de los recursos. En el caso de una empresa privada que se enfrenta a esta decisión, los incentivos están en general alineados con los objetivos de la empresa, por lo que, si bien pueden existir errores, la toma de la decisión no es objetable *a priori*.

En algunos casos de infraestructura privada es necesario planificar las inversiones debido a economías de redes y de escala. Esto no es un problema en el caso de empresas de agua y saneamiento que, pese a tener estas economías, habitualmente son integradas e internalizan sus efectos en las decisiones de inversión. Sin embargo, es una dificultad en el sector eléctrico cuando hay una separación de la propiedad de infraestructuras de generación y transmisión. Sin una forma de coordinar las inversiones en transmisión, estas podrían ser ineficientes. Todo depende de la forma en que se agregan líneas al sistema. Si la empresa de transmisión es única y de giro exclusivo, planifica las inversiones adecuadamente, bajo la condición de que el mecanismo de remuneración (dado que en este escenario sería un monopolio) provea los incentivos para hacerlo en forma eficiente. Si las obras de transmisión pueden ser de propiedad de distintas empresas, es necesario un organismo independiente que determine cuáles obras deben construirse.

En el caso de la infraestructura pública, la situación es distinta. La decisión de llevar a cabo el proyecto no depende solo de la demanda o necesidad, sino también de los costes¹⁰ y de los usos alternativos de los recursos. Tal como la demanda está a menudo sobredimensionada por razones de economía política, los costes pueden ser subestimados, lo que ha sido documentado por Flyjberg *et al.* (2002). Además, la división del Estado en ministerios y direcciones generales estancas significa que los recursos presupuestarios para nuevas obras de un ministerio responden a menudo más al poder político asociado a dicho ministerio que a una visión integral de las mejores alternativas para los recursos.

3.3. Evaluación coste-beneficio social

Lo que el Estado requiere es un mecanismo para evitar proyectos de inversión pública con una demanda insuficiente y costos excesivos. Esto requiere una agencia regulatoria independiente que revise las propuestas de inversión pública usando un análisis de costo-beneficio social¹¹. Este análisis debería usar una metodología estándar pero comprensiva, que abarque las diferencias entre distintos sectores de gasto público en infraestructura. El estudio debería evaluar proyecciones para la demanda y los beneficios que recibe esta demanda debido al proyecto, evaluar los costos directos e indirectos (incluyendo externalidades ambientales y de otro tipo) y la consecuente rentabilidad de los recursos públicos utilizados en el proyecto. Los principios se pueden encontrar en De Rus (2025). Solo si la rentabilidad sobrepasa un valor predeterminado (un valor que debe provenir de un estudio de los costes de los recursos públicos), debería aceptarse el proyecto como uno que puede ser construido.

La ventaja de este procedimiento (u otra alternativa consistente con el mismo objetivo) es que limita las posibilidades de que se aprueben proyectos que representan un desperdicio de recursos públicos, es decir, evita que se construyan elefantes blancos. Los proyectos que se aprueban tienen un valor para la sociedad que excede el coste de los recursos utilizados.

Es vital que la agencia encargada de la evaluación costo-beneficio (o de la revisión de las evaluaciones realizadas por agencias del Estado, o de las regiones u otras unidades políticas más descentralizadas siguiendo la metodología de la agencia) sea efectivamente independiente del poder político. De no ser así, es solo una capa de burocracia que sirve como ornamento para justificar las decisiones políticas de inversión, con todos los riesgos ya mencionados.

¹⁰ Estos costos deben incluir no solo los costos directos, sino también los indirectos, incluyendo externalidades positivas y negativas.

¹¹ Alternativamente, la agencia independiente delega en las distintas divisiones del Estado la evaluación, utilizando la metodología definida por la agencia regulatoria independiente. La agencia luego recibe el informe, verifica el procedimiento y certifica que el proyecto cumple con la metodología y supera la rentabilidad social exigida.

3.3.1. Ejemplo: las radiales de Madrid

Estas autopistas construidas mediante asociaciones público privadas afrontaron costes mucho mayores que los presupuestados y demandas muy inferiores, es decir, eran elefantes blancos. Citando a Engel *et al.* (2015): “El director general de Accesos de Madrid (R-3 y R-5) declaró en una entrevista al diario *El País*:¹² ‘Ha habido sobrecostes en las obras y en las expropiaciones. Había que invertir 640 millones pero acabó en 1.500. Además, el tráfico solo alcanza el 35% del previsto.’” La construcción de este tipo de proyectos por privados solo se puede explicar porque en esa época existía cierta confianza en que las condiciones del contrato se podrían modificar *ex post* en favor de los privados, bajo el argumento de la necesidad de mantener el equilibrio económico de la concesión. Esto eliminaba los incentivos a no participar en malos proyectos.

3.3.2. Diseño y construcción

En los proyectos privados, el diseño y la construcción normalmente se encomiendan a empresas especializadas. Los contratos tienen formatos que han sido refinados por la experiencia previa, asignando los riesgos en forma eficiente, siguiendo los principios de la sección sobre asignación de riesgos.

En el caso de proyectos del Estado, no siempre se tiene esta asignación eficiente de riesgos entre el Estado y las empresas que realizan el proyecto. Por ejemplo, antes de la fase de construcción se debe realizar el diseño final. A menudo esto requiere adecuaciones y modificaciones al proyecto, las cuales pueden elevar los costes sobre lo presupuestado y a menudo estos costes se traspasan al Estado sin una justificación clara en el contrato. El Estado puede verse influenciado en sus decisiones por grupos de presión (*lobby*) asociados a la APP y por otros motivos de economía política.

La selección de los ejecutantes por el Estado puede enfrentar un cartel de oferentes, lo que eleva los costes de construcción. Se han descubierto casos de colusión en licitaciones relacionadas con infraestructura del Estado en muchos países de la OECD¹³. Ejemplos son el cartel del asfalto en Quebec (Clark *et al.* 2018) y Noruega (Aaltio *et al.* 2025), infraestructura ferroviaria en Bélgica (van Bael & Bellis, 2017), contratos de demolición y retiro de asbesto en el Reino Unido (Competition Market Authority, 2023) y contratos de construcción y rehabilitación de infraestructura y otros en España (Comisión Nacional de los Mercados y de la Competencia, 2022). Carbone *et al.* (2024), muestran la frecuente existencia de colusión en las subastas de proyectos de construcción pública en Italia.

La construcción a menudo se enfrenta a aumentos de costes debido a los retrasos. Cuando estos son atribuibles al constructor, parece natural que asuma los mayores costes,

¹² *El País*. 24 de junio de 2012. “El fiasco en las autopistas de peaje deja ya un agujero de 3.800 millones”.

¹³ En Japón el 37 % de los proyectos son adjudicados a empresas cuyo comportamiento no es competitivo (véase Kawai *et al.*, 2022).

pero es menos claro qué hacer cuando el retraso se debe a razones externas, como la oposición de comunidades locales, o dificultades para ejecutar expropiaciones de los terrenos necesarios para el proyecto. Asignar estos costes al concesionario puede elevar en demasía su riesgo, por lo que tal vez en estos casos sea apropiado dividir los mayores costes entre las partes del contrato.

3.3.3. *Financiamiento durante la construcción*

Nuevamente aquí aparecen diferencias entre la infraestructura pública y privada. Los proyectos privados pueden conseguir financiamiento de la empresa matriz, del mercado financiero o de los bancos, en condiciones de mercado y dada una evaluación económica privada del proyecto. En muchos casos, los proyectos se asignan a empresas con objeto social exclusivo¹⁴, financieramente independientes de la matriz que las controla. Por lo tanto, estas empresas requieren financiamiento de proyectos (*Project Finance*) para ser viables. El financiamiento de proyectos es factible si la empresa posee contratos de largo plazo que aseguren la demanda por los servicios de su infraestructura. Por ejemplo, en generación eléctrica, es casi un requisito para financiar los proyectos que estos dispongan de contratos de compra de energía de largo plazo o PPAs.

En el caso de las infraestructuras públicas, generalmente los recursos provienen del presupuesto de inversión del Estado, y los criterios para el financiamiento del proyecto pueden depender de aspectos de economía política, *lobbying* y otros mecanismos que pueden alterar las mejores decisiones. El gobierno puede endeudarse para financiar el proyecto, desarrollarlo con recursos corrientes o delegar en una APP el financiamiento. En las APP, hay una diferencia entre los efectos sobre la contabilidad fiscal de los proyectos que se financian mediante cobros a los usuarios y aquellos que dependen parcial o totalmente de recursos públicos¹⁵. De todas formas, al evaluar las APP, el privado siempre incluye la probabilidad de que se renegocie el contrato en su favor (alternativamente, en algunos países, que se lo expropie regulatoriamente).

3.3.4. *Operación y mantenimiento*

Las diferencias entre las infraestructuras pública y privada reaparecen en este caso. En el caso privado, si la empresa dispone de los recursos, hará el mantenimiento eficiente, de manera que puede reducir sus costes a lo largo de la vida del proyecto. En general, se planean las infraestructuras considerando los costes durante su ciclo de vida, y de manera que estos sean los eficientes.

En el caso de infraestructuras públicas, por lo general existe una separación entre el proceso de construcción y el de operación y mantenimiento. Esta falta de integración significa

¹⁴ Empresas de giro único en América Latina o *Single Purpose Vehicles* (SPV) en inglés.

¹⁵ Desde un punto de vista del presupuesto intertemporal, no existe diferencia entre los dos casos, pero sí existe una diferencia cuando se usan las reglas estándar de contabilidad fiscal, ver Engel *et al.* (2013).

que no se tendrá la eficiencia del proceso privado. Peor aún, por razones de economía política, a menudo se prefiere construir nuevos proyectos o renovar proyectos en mal estado en lugar de destinar recursos al mantenimiento rutinario (poco visible para los usuarios) que tiende a minimizar los costos y maximizar los beneficios del proyecto. La razón es que cuando se debe decidir cómo disponer recursos públicos, se prefieren los proyectos más visibles a aquellos eficientes, pero que no son percibidos por el público.

Esta es una de las ventajas potenciales de la provisión de infraestructura pública mediante las APP. Esta ventaja solo se aplica en países con Estados que pueden exigir el cumplimiento de la calidad especificada en los contratos con el privado. Esto es especialmente válido en el caso de los servicios con financiamiento pagado por los usuarios. Estos operan como fiscalizadores informales de la calidad del servicio por el que pagan. A su vez, esto presiona a la autoridad a que sea más estricta en su fiscalización de la calidad de los servicios prestados por la infraestructura. En consecuencia, los proveedores de la infraestructura tienen incentivos para respetar los estándares de calidad del servicio, porque la autoridad tiene más incentivos para multarlos si decae la calidad. Los concesionarios considerarán este hecho durante la construcción y la operación del proyecto, realizando el mantenimiento más coste-eficiente posible que satisfaga los estándares contractuales.

En el caso de infraestructura financiada por impuestos, la agencia de los usuarios es menor, y si la calidad es deficiente, la Autoridad puede afrontar el dilema eligiendo entre mantener una calidad del servicio impopular o gastar recursos presupuestarios adicionales para pagar por las mejoras de calidad.

4. APLICACIÓN DE ESTOS CONCEPTOS A SECTORES

Esta sección aplica los conceptos anteriores a los distintos sectores tratados en este capítulo, mostrando cómo les afectan. Las particularidades de cada sector, tanto en términos tecnológicos, como de propiedad y normativos, modifican la importancia relativa de cada uno de ellos.

4.1. Sector eléctrico

El sector eléctrico requiere grandes inversiones hundidas y afrontar riesgos por el cambio tecnológico asociado a la descarbonización de la generación. El sector eléctrico tiene una característica que lo distingue de otros sectores: la demanda y la oferta eléctrica deben estar en un equilibrio permanente. Esto requiere que el sistema disponga de un agente que coordine a los distintos elementos del sector para que no se produzcan desviaciones, incluso momentáneas, entre la oferta y la demanda.

El sector eléctrico puede dividirse funcionalmente en cuatro segmentos: generación, transmisión y subtransmisión en alto voltaje, distribución en medio y bajo voltaje y comercialización de energía y otros servicios¹⁶. No todos los sistemas eléctricos están divididos societariamente en estos cuatro segmentos: en algunos se conserva la integración total del pasado, y en otros hay una separación total en estos cuatro elementos, o combinaciones de estos. En el caso europeo (salvo tal vez España y Portugal, dadas sus escasas conexiones a Francia), el sector eléctrico es un mercado integrado, en que las transacciones de energía eléctrica y otros servicios entre países son comunes.

El sector contiene dos segmentos cuyas economías de escala o de densidad, combinadas con inversiones hundidas tienden a crear monopolios y dos segmentos en que la competencia es posible. La distribución es un monopolio natural y, como tal, sus tarifas son habitualmente reguladas. La expansión de la red de distribución debe ser planificada en respuesta a la demanda esperada en el futuro, especialmente en urbes que crecen, pero en general estas tareas son delegadas a la empresa de distribución, con la supervisión de la autoridad regulatoria.

La transmisión eléctrica es otro monopolio que requiere regulación de los ingresos, así como la planificación de inversiones para responder a las demandas futuras, al menos en el caso de las grandes líneas del sistema. Esta planificación requiere predicciones de las localizaciones de la demanda y la oferta futuras y enfrenta los problemas y riesgos usuales en proyectos de gran envergadura.

La generación es un sector en que es posible la competencia. Plantas generadoras pertenecientes a distintos propietarios, y que usan distintas tecnologías, pueden coordinarse a través de un mercado para ofertar energía y otros servicios al sistema, utilizando un sistema de ofertas o mediante un despacho administrado por un coordinador (denominado Operador del Sistema u OS). Las empresas de generación afrontan riesgos de costes de combustibles (cuando la generación es termoelectrica), riesgo de demanda (cuando el equilibrio de mercado está por debajo de su oferta y no generan). También afrontan riesgo de precios, debido a que su rentabilidad depende del precio de equilibrio del mercado, de aspectos ambientales (irradiación solar y vientos), riesgos mecánicos en caso de centrales con equipos en movimiento y otros similares.

A esto se han agregado recientemente un aumento importante en la congestión en las líneas a ciertas horas y los correspondientes vertimientos de energía, debido a que la generación mediante tecnologías renovables no es controlable. A su vez, esto agrega inestabilidad a los sistemas interconectados. Mantener el equilibrio instantáneo entre oferta es más difícil durante la transición energética, pese a las grandes inversiones realizadas (ver [cuadro 1](#)). Es una industria que requiere modificar sus procedimientos y equipos para afrontar las contingencias, que tienen un carácter distinto de las del pasado.

¹⁶ Ver, por ejemplo, Creti y Fontini (2019).

Cuadro 1.

Inversión en el sector energía 2024, Unión Europea

<i>Sector</i>	<i>Inversión (USD Bn)</i>
Electricidad baja en emisiones	118,57
Redes y almacenamiento	82,18
Oferta de energías limpias	4,26
Potencia convencional	5,55
Oferta de combustibles	25,99
Usuarios finales (aislamiento, electrificación, etc.)	156,89
Total	393,44

Fuente: IEA (<https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2025/how-we-track-investment-in-energy>).

Una forma de reducir en alguna medida estos riesgos es mediante contratos de mediano y largo plazo con una empresa comercializadora, o directamente con clientes finales (especialmente grandes consumidores). Esto opera como un seguro que reduce los riesgos anteriores y que puede beneficiar a ambas partes del contrato.

4.2. Sector agua y saneamiento

Este sector tiene dos componentes, uno que es usualmente infraestructura pública y otro que a menudo puede considerarse infraestructura privada. En el segundo caso, solamente la opinión pública en general mantiene a ese segmento en manos de la autoridad, y no consideraciones de racionalidad económica.

En el primer sector habitualmente se encuentran los embalses de acumulación de agua, los acueductos y canales¹⁷. El agua de los ríos no es libremente apropiable y requiere el acuerdo de muchos usuarios para construir obras de almacenamiento y de extracción. Esta coordinación es a menudo delegada a comunidades de usuarios y, cuando esto no es posible, a la autoridad. Los grandes embalses, que acumulan el agua normalmente asignada a muchos usuarios (en general por derechos consuetudinarios), tienen características de infraestructura pública, lo que exige coordinar a los usuarios. Lo mismo ocurre con los canales de aducción o de regadío, aunque a menudo los canales de regadío pertenecen a, o son controlados por, asociaciones de regantes, pero requieren una autorización de la autoridad para construirse.

En los países desarrollados ya existe infraestructura de embalses y canales para regadío y hay pocas posibilidades de desarrollar nuevos embalses importantes debido a la oposición ambiental y de los habitantes y propietarios de las riberas de los ríos¹⁸. En el caso de embalses

¹⁷ Ver una descripción de las distintas modalidades de propiedad de la infraestructura de irrigación en Gany *et al.* (2019).

¹⁸ El caso de Finlandia, por ejemplo, descrito en Leviäkangas *et al.* (2011).

y acueductos para usos urbanos, especialmente domiciliarios, sus tamaños son menores y existe más apoyo político a su creación para responder a las necesidades de los habitantes de las ciudades.

En el segundo grupo de estructuras (aquellas que pueden ser privatizadas) están las plantas de potabilización, estanques de presurización y la red de agua potable, incluyendo las tuberías matrices, secundarias y domiciliarias. Asimismo, la infraestructura asociada a las aguas residuales, que deben ser trasladadas para su tratamiento a centros en que reciben un tratamiento antes de su descarga, de manera que puedan reducir o eliminar su impacto sobre ríos o el mar.

Las redes de agua potable pueden ser de propiedad pública, en cuyo caso son operadas por la autoridad local (el municipio, por ejemplo), o adjudicadas a un actor privado, como ocurre en muchas localidades en Francia y en algunas zonas de España. La red también puede ser una concesión operada por privados, pero de propiedad pública.

Una de las características que distingue a este sector es que una parte importante de las inversiones son subterráneas y es difícil determinar si se ha realizado el mantenimiento (o reposición) eficiente de la red subterránea. Este desconocimiento afecta a los incentivos de los agentes, tanto privados como públicos, para un mantenimiento eficiente. En el sector privado, hay incentivos a no invertir a la tasa de reposición eficiente para aumentar las utilidades de corto plazo. En el sector público, hay incentivos para mantener bajas las tarifas por razones de economía política (las alzas son impopulares), lo que puede afectar a la capacidad económica de la empresa para realizar las inversiones en reposición.

El cambio climático afecta a la seguridad de la disponibilidad de agua en ciertas regiones. Podría ser necesario trasladar agua desde regiones húmedas a regiones secas, o alternativamente invertir en plantas de desalación. Estos proyectos los puede realizar el Estado para usos múltiples, o una empresa de saneamiento para el uso de las ciudades, o privados para la venta de esta agua. Estos proyectos se enfrentan a los problemas usuales de inversiones hundidas en infraestructura: riesgo de demanda, riesgos de costes y riesgos regulatorios. Una forma de afrontarlos es mediante contratos de suministro de largo plazo, que aseguran el financiamiento. Dado el mayor coste de estas aguas, pueden ser necesarios subsidios, focalizados y limitados en volumen, para el suministro de sectores de menores ingresos.

4.3. Sector de telecomunicaciones

El sector de telecomunicaciones puede dividirse en dos sectores: las telecomunicaciones fijas (actualmente, principalmente asociadas a la fibra óptica) y las inalámbricas, que utilizan el espectro radioeléctrico para enviar señales. Existen también servicios satelitales, hasta ahora competitivos solo en zonas de baja densidad y aisladas.

El sector de telecomunicaciones es un sector que ha pasado de ser un sector monopolístico, en muchos casos con empresas estatales, a un sector competitivo. Uno de los cambios impor-

tantes es que se homogeneizaron las telecomunicaciones al evolucionar desde tecnologías analógicas y diferenciadas por el medio de transporte a una era de información digital, en que las distintas formas de ofrecer servicios de telecomunicaciones compiten entre sí. Esto permite que concursen servicios inalámbricos con servicios de fibra óptica y comunicaciones satelitales, con ventajas para cada uno de estos medios en distintas circunstancias: la fibra tiene mayor capacidad, el móvil tiene ubicuidad.

Asimismo, la competencia en la tecnología inalámbrica es posible, al tener economías de escala limitadas. Esto se ve complementado con las facilidades para cambiar de proveedor, especialmente al eliminarse barreras como la necesidad de cambiar el número del móvil al cambiar de proveedor del servicio. La competencia en un servicio homogéneo con bajos costes de cambio ha intensificado la competencia entre empresas de telecomunicaciones, y la consecuencia es una tendencia a la concentración mediante fusiones (Tyagy, 2018). En el caso móvil, el recurso escaso es el espectro radioeléctrico, que se asigna mediante subastas en la mayoría de los países. Los costes de obtener espectro tienden a aumentar el riesgo financiero de las empresas y es otro factor que conduce a la concentración del sector.

Otro riesgo en este sector es el riesgo tecnológico. Hace veinte años, las empresas de telefonía tradicionales —en general, monopolios regulados— descubrieron que sus inversiones en cables de cobre ya no tenían valor en su uso tradicional. Aunque fue posible extender su vida mediante nuevas tecnologías, son soluciones deficientes (distancias limitadas, menor capacidad de transmisión de datos que la fibra óptica, asimetría de velocidad en bajada y subida, etc.), por lo que las empresas de telecomunicaciones han comenzado a reemplazarlos por fibra óptica incluso en la última milla. Por lo tanto, las empresas de telefonía tradicionales han tenido pérdidas por inversiones abandonadas (*stranded assets*) que no podrán retornar la rentabilidad considerada al hacer sus inversiones. El aumento en el riesgo tecnológico requiere un incremento en la rentabilidad de las inversiones en el sector, en contraste con periodos tecnológicos más tranquilos.

Dado que es un sector en que la competencia es activa, los problemas son distintos de los que afrontan los demás sectores, salvo tal vez por el sector generación y comercialización de electricidad. A diferencia del sector eléctrico, los costes de operación del sector telecomunicaciones tienen menos incertidumbre. En el sector eléctrico, los ingresos y costes dependen del coste de combustibles (porque afectan el costo marginal del sistema a ciertas horas) y del clima (que afecta la generación eólica, solar e hidroeléctrica). Estos riesgos de costes existen en el sector eléctrico tanto en el corto plazo como en los contratos de largo plazo, no así (o al menos con mucha menor magnitud) en telecomunicaciones.

4.4. Sector de infraestructura de transportes

En este sector entendemos por infraestructura a las líneas de ferrocarril (pero no los operadores de los equipos), los aeropuertos, puertos, carreteras, puentes, vialidad urbana e interurbana. Definido así, el sector infraestructura de transportes es el que tiene una mayor presencia del Estado. Si bien en ocasiones existen puertos privados (por ejemplo, en el caso

de empresas mineras o cerealeras que deben embarcar grandes cantidades de graneles de producción propia), en general el sector es uno en que el Estado es el propietario final de la infraestructura. Pese a esto, existen diferentes esquemas de propiedad y control para las etapas de construcción, financiamiento, operación y mantenimiento.

Una posibilidad es que el sector público intervenga en todas las etapas directamente, como ocurre con la vialidad urbana, o mediante empresas estatales, como es común (aunque no universal) en la propiedad de líneas de ferrocarriles y sistemas de transporte público masivo. Una posible explicación de la propiedad estatal en estos casos es que son sectores en que la coordinación es importante: tener distintas empresas propietarias de distintas líneas, en forma descoordinada, podría llevar a interrupciones del servicio (por ejemplo, al no coordinar el mantenimiento, por ejemplo)¹⁹. Este argumento no excluye la posibilidad de un monopolio privado propietario de estos servicios (y que, por lo tanto, internalizaría todas las externalidades de red), pero tal vez por las dificultades de controlar al monopolio resultante y por problemas de economía política, esto no se observa frecuentemente.

En los demás sectores de infraestructura de transportes se observan distintas formas de prestar los servicios en forma de asociación público-privadas, que pueden realizar algunas o todas las tareas de construcción, financiamiento, operación y mantenimiento²⁰.

Un aspecto adicional que caracteriza a las inversiones en transportes, tal vez debido a la mayor presencia del Estado que en otros sectores, es un elevado riesgo de corrupción. Es más común observar casos de corrupción en este sector, como lo muestran ejemplos de América Latina, pero también en otros países (Campos *et al.*, 2021). Un estudio de 2018 documentó la presencia endémica de corrupción en el desarrollo de infraestructura de transporte en Europa, tomando la forma de alteración de los diseños de los proyectos y de aumentos de los costes (Fazekas *et al.*, 2018).

Las cifras del **cuadro 2** muestran la importancia del sector de infraestructura de transportes incluso en países desarrollados, y que por lo tanto disponen de un *stock* importante de estas infraestructuras. Es relevante observar que el gasto en mantenimiento es mucho menor que el gasto en nuevos proyectos de transporte. Este hecho confirma que el problema de destinar recursos al mantenimiento es un problema serio en infraestructura pública —especialmente de transporte—, lo que explica el deterioro observado en algunos países europeos. Como se ha mencionado antes, es una de las justificaciones económicas para las APP, que, al ser contratos de largo plazo, incluyen contractualmente estándares de mantenimiento adecuados.

¹⁹ La falta de coordinación entre las empresas que construían las líneas de ferrocarril entre el Medio oeste norteamericano y la costa Atlántica, hizo que muchas tuvieran diseños paralelos. Esto las hizo competir fuertemente por la carga, con las consiguientes pérdidas. Esto las incentivó a coludirse en *trusts* que cobraban precios monopólicos a los agricultores. De esta región surgió el movimiento que dio origen a la Ley Sherman, la primera Ley efectiva de protección de la competencia.

²⁰ En algunas ocasiones, la infraestructura de transporte es completamente privada, a menudo por transformación de infraestructura de transporte interna a una gran empresa que se abre a otros usuarios, prestándoles servicios. En Chile, los puertos de Coronel y Lirquén tienen esta calidad y el Puerto de Angamos la tiene parcialmente, ya que se encuentra ubicado en el Complejo Portuario Mejillones, propiedad de Codelco, una empresa estatal.

Cuadro 2.

Inversión y mantenimiento en transportes, países europeos de la OECD, sin Turquía

	<i>Inversión en euros</i>	<i>Mantenimiento en euros</i>
Ferrovías	50.018.953.793	17.038.499.664
Camino	76.594.116.540	23.676.519.684
Autopistas	12.909.490.246	2.105.321.709
Canales y vías acuáticas	3.232.887.984	1.223.865.092
Puertos marítimos y otros	5.499.752.609	2.216.074.609
Aire	6.767.521.849	731.569.730
Total	155.022.723.021	46.991.850.488

Nota: Datos de 2023 o última cifra disponible.

Fuente: OECD Data Explorer, Transport infrastructure investment and maintenance spending 2025.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo realiza una revisión general de los temas conceptuales más importantes en infraestructuras. Los problemas de infraestructuras no son solo las dificultades de construcción, sino también las de tomar decisiones sobre los proyectos a construir, y las condiciones en las que operan, se remuneran y mantienen, dado que requieren de recursos provenientes de la sociedad. Por lo tanto, deben responder a las necesidades de las personas, las empresas y otras organizaciones de la sociedad.

En el caso de la infraestructura privada, en general los incentivos están bien alineados para aumentar el bienestar social, una vez corregidas las externalidades y los problemas de competencia imperfecta que podrían existir. En ciertos segmentos de infraestructura, como la transmisión, es necesaria la planificación unificada de inversiones, lo cual puede requerir reglas para asegurar que esto no afecte la competencia. Pero si las reglas para remunerar los activos están bien diseñadas, y asignan correctamente los riesgos, si se fomenta la competencia en los segmentos de estos sectores en que esto es posible, y si se regulan apropiadamente las tarifas de los sectores que son monopolios naturales, el sector invertirá de forma eficiente en infraestructura y los costes de largo plazo serán eficientes. Respeto a la equidad, esta puede tratarse con subsidios focalizados en los sectores de menores ingresos, provenientes de recursos generales del Estado. Puede ocurrir, sin embargo, que la intervención de la autoridad altere los incentivos en el sector, llevando a tomar malas decisiones en sectores de infraestructura privada.

El problema de las malas decisiones de inversión es más agudo en el caso de las infraestructuras públicas, dado que la autoridad tiene una intervención mayor en su desarrollo, operación y mantenimiento. La autoridad decide los proyectos de infraestructura que se construirán, sus formas de operación y las formas de financiarlo. Por lo tanto, los factores de

economía política tienen una importancia mayor. Es más probable invertir en proyectos que desperdician recursos de la sociedad, reduciendo el bienestar social. Para evitar esto, las inversiones deben ser precedidas por un análisis de costo beneficio que determine si el proyecto de inversión pública tiene la rentabilidad social suficiente para ser considerado viable. El análisis de coste-beneficio debe seguir un procedimiento estandarizado de evaluación, y la evaluación debe ser aprobada por una agencia técnica efectivamente independiente del poder político.

Una vez realizado este proceso, se debe definir cómo financiar el proyecto: si con recursos del Estado, con recursos de los usuarios, o en forma híbrida. No se trata solo de realizar inversiones que sean socialmente rentables, sino que es necesario disponer de esquemas para un mantenimiento eficaz: son demasiado comunes los proyectos de infraestructura pública que se deterioran porque el mantenimiento rutinario se omite, aumentando los costes de mantenimiento (y de los usuarios de la infraestructura).

Esta es una de las ventajas de las APP para proveer algunos tipos de infraestructura pública. Los contratos de las APP son de largo plazo e incluyen la operación y el mantenimiento durante la duración del contrato. Si la autoridad tiene la reputación de hacer cumplir los contratos de las APP, la parte privada del contrato diseñará el proyecto de manera que sus costes de ciclo de vida (incluyendo mantención y operación), sean los eficientes, satisfaciendo las condiciones de calidad especificadas en el contrato durante toda su duración.

En resumen, las infraestructuras son grandes inversiones hundidas, y es importante no solo su diseño sino también las reglas que las regulan, porque las malas decisiones tienen efectos que no son fácilmente corregibles. El gran riesgo que afrontan estas inversiones es en primer lugar, el mal diseño de las reglas que los rigen, y en segundo lugar, el hecho de que sean objetos atractivos para el mundo político. El mundo político es el que decide las reglas y los proyectos que se construyen (en el caso de la infraestructura pública), y normalmente es un mundo que considera solo aspectos de corto plazo, lo contrario a lo que se requiere para tener buenos resultados en la provisión de infraestructuras.

Referencias

- AALTIO, A., BURI, R., JOKELAINEN, A., y LUNDBERG, J. (2025). Complementary bidding and cartel detection: Evidence from Nordic asphalt markets. *International Journal of Industrial Organization*, Vol 98, 103-129.
- BROOKS, L., y LISCOW, Z. (2023). Infrastructure Costs. *American Economic Journal: Applied Economics*, 15(2): 1–30.
- CAMPOS, N., ENGEL, E., FISCHER, R., y GALETOVIC A. (2021). The Ways of Corruption in Infrastructure: Lessons from the Odebrecht Case. *Journal of Economic Perspectives*, 35(2), Spring, 171-190.
- CARBONE, C., CALDERONI, F., y JOFRE, M. (2024). Bid-rigging in public procurement: Cartel strategies and bidding patterns. *Crime, Law and Social Change*, 82, 249–281.
- CLARK, R., COVIELLO, D., GAUTHIER, J-F., y SHNEYEROV, A. (2018). Bid Rigging and Entry Deterrence in Public Procurement: Evidence from an Investigation into Collusion and Corruption in Quebec. *The Journal of Law, Economics, and Organization*, 34, 3, 301–336.

- COMISIÓN NACIONAL DE LOS MERCADOS Y DE LA COMPETENCIA. (2022). Resolución Obra Civil 2 S/001/20. https://www.cnmc.es/sites/default/files/4204380_0.pdf
- COMPETITION MARKET AUTHORITY. (2023). Construction firms fined nearly £60 million for breaking competition law by bid rigging. UK, marzo.
- CRETÌ, A., y FONTINI, F. (2019). *The Economics of Electricity: Markets, Competition and Rules*. Cambridge University Press.
- DE RUS, G. (2025). *Evaluación Económica de Políticas Públicas*. Documento de Trabajo, 2025/06, FEDEA.
- DEFOSSÉ, J.-C. (1990). *Le petit guide des Grands Travaux Inutiles*. Bruxelles : Paul Legrain & RTBF Édition.
- ENGEL, E., FISCHER R., y GALETOVIC, A. (2013). The Basic Public Finance of Public Private Partnerships. *Journal of the European Economic Association*, 11(1), 83–111.
- ENGEL, E., FISCHER R., y GALETOVIC, A. (2014a). *The Economics of Public-Private Partnerships: A Basic Guide*. Cambridge University Press.
- ENGEL, E., FISCHER R., y GALETOVIC, A. (2021). When and How to Use Public-Private Partnerships in Infrastructure: Lessons from the International Experience, en E. L. GLAESER y J. M. POTERBA, eds., *Economics of Infrastructure Investment*. University of Chicago Press.
- ENGEL, E., FISCHER R., y GALETOVIC, A. (2022). Private Finance of Public Infrastructure. *Annual Review of Financial Economics*, 14(1), 319-335.
- ENGEL, E., FISCHER R., y GALETOVIC, A. (2024). The company you keep: Renegotiations and adverse selection in transportation infrastructure. *Economics of Transportation*, 38, 100357, 1-7.
- ENGEL, E., FISCHER R., GALETOVIC, A., y DE RUS, G. (2015). Colaboración Público-Privada en infraestructuras: Reforma del sistema concesional español de autopistas de peaje. *Fedea Policy Papers*, 2015/11.
- EUROPEAN INVESTMENT BANK. (2025). MARKET UPDATE: Review of the European public-private partnership market in 2024. March.
- EUROSTAT. (2016). *Manual on Government Deficit and Debt*. Eurostat, Brussels.
- FAZEKAS, M., y TÓTH, B. (2018). The extent and cost of corruption in transport infrastructure. New evidence from Europe. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 113, 35-54.
- FLYVBERG, B., HOLM, M. S., y BUHL, S. (2002). Underestimating Costs in Public Works Projects: Error or Lie? *Journal of the American Planning Association*, 68 (3), 279-295.
- FLYBERG, B., HOLM, M., y BUHL, S. (2005). How (In)accurate Are Demand Forecasts in Public Works Projects? *Journal of the American Planning Association*, Vol. 71, No. 2.
- GANY, A. H. A., SHARMA, P., y SINGH, S. (2019). Global Review of Institutional Reforms in the Irrigation Sector for Sustainable Agricultural Water Management, Including Water Users' Associations. *Irrigation, and Drainage*, 68, 84–97. <https://doi.org/10.1002/ird.2305>
- IRWIN, T. (2007). *Government Guarantees: Allocating and Valuing Risk in Privately Financed Infrastructure Projects*. The World Bank. <https://hdl.handle.net/10986/6638>
- IVIE-ES. (2025). La inversión total en España supera los 300.000 millones de euros en 2024 y recupera, por primera vez, las cifras prepandemia, 24 de marzo. https://www.ivie.es/es_ES/la-inversion-total-en-espana-supera-los-300-000-millones-de-euros-en-2024-y-recupera-por-primera-vez-las-cifras-prepandemia/

- KAWAI, K., y NAKABAYASHI, J. (2022). Detecting Large-Scale Collusion in Procurement Auctions. *Journal of Political Economy*, 130(5), 1364-1411.
- LEVIÄKANGAS, P., NOKKALA, M., RÖNTY, J., FINNILÄ, K., TALVITIE, A., PAKKALA, P., HAAPASALO, H., y HERRALA, M. (2011). Ownership and governance of Finnish infrastructure networks. VTT Technical Research Centre of Finland.
- SCHREUER, C. H. (2005). The Concept of Expropriation under the ETC and other Investment Protection Treaties TDM 5. [www.transnational-dispute-management.com](http://www.transnational-dispute-management.com/article.asp?key=596). www.transnational-dispute-management.com/article.asp?key=596.
- SHAWHAN, D., PEPLINSKI, M., y ROBSON, S. (OPENS IN NEW TAB), RUSSELL, E. (OPENS IN NEW TAB), ZIEGLER, E., y PALMER, K. (2025). Clean Power Delayed: Effects of Infrastructure Delays on Health, Environment, and US Households. *Resources for the Future Working Paper*, 25-18, Mayo.
- SUSSKIND, L., CHUN, J., GANT, A., HODGKINS, C., COHEN, J., y LOHMAR, S. (2022). Sources of opposition to renewable energy projects in the United States. *Energy Policy*, 165, 112922.
- TYAGI, K. (2018). Four-to-Three Telecoms Mergers: Substantial Issues in EU Merger Control in the Mobile Telecommunications Sector. IIC 49, 185–220. <https://doi.org/10.1007/s40319-018-0677-3>
- VAN BAELE y BELLIS (2017). Belgian Competition Authority sanctions bid-rigging cartel in public contracts for railway infrastructure. Mayo. <https://www.vbb.com/insights/competition/cartels/belgian-competition-authority-sanctions-bid-rigging-cartel-in-public-contracts-for-railway-infrastructure>
- WIRTH, C., CHI, J., y YOUNG, M. (2013). The Economic Impact of Capital Expenditures: Environmental Regulatory Delay as a Source of Competitive Advantage?, *Journal of Business Finance & Accounting*, 40(1) & (2), 115–141.
- YESCOMBE, E. (2002). *The Principles of Project Finance*. Academic Press.

CAPÍTULO III

Las infraestructuras del sector del agua

Alberto Garrido*
Irene Blanco*
Luis Garrote*
Enrique Cabrera**

Este trabajo describe las distintas infraestructuras hídricas y sus características, así como su regulación (legislación, reparto de competencias y responsabilidades de las administraciones). Desde el punto vista económico, se repasa su financiación y la colaboración público-privada, recomendando una serie de reformas para impulsar la inversión en el sector y revertir una década de insuficiente renovación y desarrollo de nuevas infraestructuras.

Palabras clave: agua, infraestructuras, gestión hídrica, ciclo urbano del agua, gobernanza y regulación, economía del agua.

* Universidad Politécnica de Madrid.

** Universitat Politècnica de València.

1. INTRODUCCIÓN

Las infraestructuras hídricas nacen con la humanidad. El hombre necesita acceder al agua y, por ello, se asienta junto a fuentes, lagos o ríos y, cuando no es así, debe construir infraestructuras que conduzcan el agua hasta donde se vive. Todos los usos, desde la generación de energía, la navegación, el almacenamiento —de agua y energía— y la prevención de avenidas, hasta los fines recreativos, las necesitan. Pero tienen inconvenientes: alteran el curso natural del agua, generando impactos ambientales que deben corregirse con más infraestructuras.

Las infraestructuras hídricas constituyen un patrimonio importante a conservar, tarea impopular porque supone un gasto que, aunque necesario, es poco visible, al revés que la construcción de nuevas infraestructuras que, al resolver problemas existentes o proporcionar un nuevo servicio, tiene más impacto político. La solución es un mantenimiento preventivo, tanto más cuidadoso cuanto mayor sea el impacto asociado al fallo, lo que requiere planes de inversión. Pero como no suele ser el caso, las averías que surgen se reparan con presupuestos extraordinarios y no poca improvisación.

En España hay mucho que conservar. La tarea de los políticos es educar y convencer a la ciudadanía de su necesidad, porque pagar más por los servicios que ya reciben es un mensaje poco atractivo que rehúyen quienes deciden, un problema que no solo afecta a España. Financiadas habitualmente por el Estado (así lo requerían las elevadas inversiones), esta tradición ha universalizado la cultura del subsidio que también ha llegado a las infraestructuras urbanas. Sin embargo, de acuerdo con la Directiva Marco del Agua (DMA), deben financiarse con las tarifas de los usuarios (UE, 2000). Los subsidios ocasionales, como los actuales del Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE), resuelven problemas puntuales, pero no sirven para mantener o renovar lo que ya existe.

Por ello es crucial abordar este problema, estableciendo mecanismos que generen regularmente los fondos. La solución, sin embargo, no puede ser la misma para todas las infraestructuras, pues depende del titular de la infraestructura y de sus usuarios y beneficiarios, a veces identificables y otras de carácter colectivo. El caso más claro es el de las infraestructuras hídricas municipales, propiedad de los ayuntamientos que, asumiendo su responsabilidad, deben garantizar su sostenibilidad y buen funcionamiento. Pero no ha habido coraje político para incrementar el precio del agua 1,5 €/m³ al consumidor final, cifra que, exceptuando los pequeños municipios, no es un problema. Al ciudadano medio le supondría dedicar el 1 % de sus ingresos (hoy es el 0,4 %), lejos del máximo recomendado del 3 % establecido por Naciones Unidas. En cuanto al resto de infraestructuras hídricas, cada caso es diferente, pero del mismo modo deben ser mantenidas y repuestas.

El contexto geográfico explica la cultura actual. El clima mediterráneo propició el despegue de prósperas actividades (agricultura y ganadería). Dependientes del agua y de unas infraestructuras que comenzaron a construir romanos y árabes y que alcanzaron su cenit con las grandes presas que siguieron a la Segunda Guerra Mundial. En conjunto conforman un

patrimonio hídrico formidable a mantener y, cuando proceda, a renovar. No es este el caso de los países del norte de Europa porque, al abundar el agua y regar menos, han necesitado menos infraestructuras. En España, la escasez y las actividades tradicionales han propiciado la creación de este patrimonio de creciente importancia debido al cambio climático.

En cuanto a las infraestructuras más jóvenes (las urbanas), su construcción se generaliza al final de la Segunda Guerra Mundial, mientras la expansión del riego llegará a partir de los cincuenta. Hoy en día, muchas no se han renovado y ya son septuagenarias. En cuanto a las depuradoras de aguas residuales, su construcción, de la mano del desarrollo económico, comienza en los sesenta. Son, pues, infraestructuras más jóvenes que las redes urbanas, pero su dependencia de la tecnología y del equipamiento electromecánico acelera su envejecimiento. Más recientemente (años noventa), para mejorar la eficiencia, los viejos sistemas de riego por gravedad se han sustituido por redes de tuberías y sistemas de riego a presión. Aunque aún queda bastante por modernizar.

En definitiva, todos los usos tienen frentes abiertos. Pero por su impacto, las grandes presas, alguna casi centenaria, son prioritarias y estratégicas, merecedoras de la máxima atención. En segundo lugar, están las depuradoras, asignatura pendiente de España, como evidencian las multas y procedimientos abiertos que, por vertidos sin depurar, llegan desde Bruselas¹. Muchas aún por renovar y otras pendientes de construcción, en concreto, las de la mayoría de los municipios de menos de 2.000 habitantes. También las redes de agua, algunas con pérdidas inaceptables (un 40 %) que exigen cortar el agua en periodos secos y otras que, por insuficientes, obligan a mantener en servicio insalubres aljibes domésticos. También las infraestructuras del regadío merecen atención porque, aunque sus deficiencias pasan desapercibidas, de su buen funcionamiento depende la agricultura y el equilibrio hídrico de las cuencas. Y tampoco conviene olvidar las infraestructuras que nos protegen de las inundaciones o las destinadas a mejorar el estado ecológico de los ríos y restaurar las masas de agua deterioradas.

En resumen, nuestro progreso depende de unas infraestructuras que, para enfrentar los retos del futuro, deben aumentar su resiliencia, o sea, la *capacidad de un material, mecanismo o sistema para recuperar su estado inicial cuando ha cesado la perturbación a la que había estado sometida* (DRAE). Así pues, dos términos, adaptación y recuperación, la resumen. La concreción al agua llega con la *Water Resilience Strategy* (CE, 2025), que identifica las medidas a adoptar. Nuevas infraestructuras, mantenimiento preventivo, mejorar la eficiencia y reutilizar más, es decir, un conjunto de acciones, presididas por las infraestructuras. Un capital imprescindible para aumentar la resiliencia de los sistemas, permeabilizar las ciudades, mejorar la eficiencia de los usos y controlar las inundaciones, especialmente las urbanas. España ha sufrido en las últimas décadas grandes crisis. Severas sequías como las recientes

¹ Condena del TJEU, de 2018, por incumplimiento de la Directiva 91/271/CEE. Y procedimiento abierto por la CE el 21 de diciembre de 2023 por 29 aglomeraciones urbanas no disponen de sistemas colectores adecuados; 225 aglomeraciones no cumplen con los requisitos de tratamiento exigidos o no alcanzan los resultados mínimos de depuración. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/es/ip_23_6343/IP_23_6343_ES.pdf

de Barcelona (2007-2008 y 2023-2024) y graves inundaciones como el desbordamiento del barranco del Poyo (2024).

De todo ello trata este trabajo, estructurado en cinco secciones. Tras esta introducción, la segunda sección repasa las distintas infraestructuras hídricas y sus características; la tercera presenta el marco regulatorio (legislación, reparto competencial, responsabilidades de las administraciones) y el económico (financiación y colaboración público-privada); la cuarta es un ejercicio de prospectiva, identificando los retos y necesidades para mejorar la resiliencia y la eficiencia, social y económica. Finalmente, en la sección quinta se presentan las principales conclusiones y recomendaciones.

2. LAS INFRAESTRUCTURAS DEL AGUA

2.1. Introducción

Las infraestructuras hídricas son, mayormente, obras civiles a las que, con el paso del tiempo, se han ido añadido instalaciones electromecánicas y de control que, al alterar el curso natural del agua, generan impactos ambientales que deben minimizarse con infraestructuras complementarias. También se necesitan para proteger, bienes y vidas, de los fenómenos naturales extremos. Sin embargo, por razones de claridad, este trabajo desagrega el primer grupo (facilitar al hombre el uso del agua) en las dos etapas que lo integran, “generar” y “usar” el recurso, mientras que las otras dos misiones (mitigar sus impactos y conservar los ecosistemas) se agrupan en “intersectoriales”. Funcionalmente estas infraestructuras se pueden ordenar en varias etapas, la primera, la captación, bien de aguas superficiales —tomas en ríos, presas derivadoras o embalses—, bien subterráneas, con pozos y bombeos. En áreas costeras o áridas, se añaden las tomas de agua marina o salobre para su posterior desalación. Y, por último, la regeneración y reutilización, como estrategia para aumentar la oferta.

La regulación y almacenamiento constituye la segunda etapa, con grandes presas y embalses que ajustan en el tiempo la disponibilidad del recurso, complementados por balsas y depósitos de menor volumen para usos urbanos o agrícolas inmediatos. Estas obras garantizan el suministro en épocas de escasez, pero también mitigan las avenidas o generan energía.

El transporte y distribución, tercera etapa, se realiza con canales, acueductos y conducciones en “alta”, hasta llegar a la cabecera de los sistemas urbanos y de riego. La posterior distribución hasta los abonados urbanos la realizan redes de tuberías, que complementan estaciones de bombeo y depósitos reguladores. El riego es muy similar, si bien al manejarse caudales muy superiores, se necesitan canales principales y secundarios, seguidos de acequias (riego por gravedad) o redes a presión (riego por goteo) que conducen el recurso hasta las parcelas de riego.

Pero el agua, antes de utilizarla, debe cumplir con los niveles de calidad que a cada uso corresponda. En el suministro urbano se emplean plantas potabilizadoras o estaciones de tratamiento de aguas potables (ETAP), en el riego instalaciones de acondicionamiento, mayormente filtros, y en la industria, sistemas específicos adecuados a cada caso. El ciclo se cierra con el drenaje y la posterior depuración con colectores, que también evacúan las aguas pluviales, y estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), que eliminan contaminantes antes del vertido al medio receptor o, alternativamente, a su reutilización. No es el caso del riego cuyos sobrantes recargan los acuíferos o fluyen a los cauces. También conviene subrayar la creciente importancia de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), que reducen la escorrentía y mejoran la calidad del agua devuelta a los ecosistemas.

Otro bloque fundamental son las infraestructuras de protección de los fenómenos extremos, en particular las inundaciones. Incluyen encauzamientos, diques, motas, estaciones de bombeo, tanques de tormenta y obras de retención temporal como humedales artificiales o zonas de inundación controlada. Deben complementarse con actuaciones más ambientales como la restauración de riberas, la naturalización de cauces o eliminación de barreras transversales para recuperar la conectividad fluvial. Son actuaciones clave para alcanzar los objetivos de la DMA y preservar la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos.

Finalmente, en las últimas décadas han ganado protagonismo las infraestructuras digitales: telemetría, sensores inteligentes, redes de comunicación y modelos de simulación. Permiten controlar en tiempo real los caudales, anticipar riesgos y optimizar la operación de presas, canales o sistemas de bombeo.

En definitiva, todas estas infraestructuras forman un sistema interdependiente y multifuncional a gestionar de forma integrada; muchas obras cumplen funciones múltiples: las presas abastecen, generan energía y protegen de las avenidas. Ello exige una coordinación de los usos, una multifunción que es la base material de la seguridad hídrica y del desarrollo socioeconómico sostenible.

Por último, y a modo de resumen, el **cuadro 1**, al final de esta sección, recoge para cada infraestructura su propietario (es decir, el responsable de su funcionamiento), la edad media y el periodo de vida útil que, con su valor patrimonial, permite realizar una primera estimación de los recursos económicos que requiere reponerlas.

2.2. Generación del recurso

Este apartado incluye las infraestructuras necesarias para disponer de los recursos, más las necesarias para su almacenamiento y transporte hasta su punto de uso. De entre los recursos, las aguas superficiales (ríos y lagos), aunque pueden requerir algún bombeo, son accesibles, por lo que no les prestamos atención. No es el caso de las otras fuentes que sí requieren infraestructuras específicas para poder utilizarlas.

2.2.1. Aguas subterráneas y su captación

Del total de 30.000 hm³/año² de agua que España consume, más del 20 % es subterránea, evidenciando su importancia no solamente en términos cuantitativos, sino, sobre todo, cualitativos. Porque su mayor ventaja es que, las más de las veces, puede prescindirse del transporte porque ya está donde se necesita. Pero tiene otras ventajas: los acuíferos son más resilientes a las sequías, por lo que en periodos secos juegan un papel estratégico que, con el tiempo, aumentará. La segunda es el aval del formidable volumen que almacenan los acuíferos (300.000 hm³), aunque no toda es extraíble. Finalmente, a la recarga natural (lluvia infiltrada) se puede añadir la artificial, con agua depurada o, incluso, con la escorrentía, para mantener los niveles freáticos y evitar su salinización en acuíferos costeros sobreexplotados.

El agua subterránea fue privada hasta que la Ley de Aguas de 1985 la declaró pública, con la excepción canaria, que cuenta con una legislación propia (la Ley de Aguas de Canarias de 1990) y permite la propiedad privada del agua en muchos casos. En paralelo, en las Confederaciones Hidrográficas, se abrió un registro de pozos. En 2023, el total registrado era 457.374 pozos, a los que hay que sumar los existentes en ámbitos de gestión intracomunitaria (Galicia Costa, País Vasco, Cuencas internas de Cataluña, etc., hasta un total de doce demarcaciones de gestión autonómica) de los que no se dispone información. En España existen, pues, unos 600.000, con un valor patrimonial que depende de la profundidad de la perforación y de las características del equipo electromecánico instalado (resumido por el caudal que la bomba puede elevar). Tras diversas consultas, se supone una perforación media de 100 m (coste 200.000 euros y vida útil 50 años) y un caudal medio de 15 l/s (coste equipamiento 100.000 euros y vida útil = 10 años). Con estas cifras, el valor patrimonial es 120.000 millones (pozos) y 60.000 millones (equipamiento electromecánico), cifras importantes, pero muy distribuidas.

2.2.2. Fuentes no convencionales: reutilización y uso de aguas regeneradas y desalación

En España, los recursos hídricos no convencionales apenas representan el 3 % del agua utilizada (1 % reutilización, 2 % desalación), pero son estratégicos para diversificar el suministro y aliviar la presión sobre las fuentes tradicionales, especialmente en regiones costeras con alta escasez hídrica.

Reutilización de agua regenerada

La reutilización consiste en dar un segundo uso a aguas residuales regeneradas (municipales o industriales). Gracias a una red técnica consolidada y al pionero marco regulador, en este ámbito España sí es un líder europeo. En 2022 se reutilizaron 533 hm³, el 9,5 % de las aguas residuales tratadas, muy superior a la media europea (menos del 3 %) (INE, 2024). Su aprovechamiento requiere infraestructuras para el tratamiento avanzado, almacenamiento y

² Usamos hectómetros cúbicos (hm³) como unidad de volumen o bien metros cúbicos (m³); un hm³ es un millón de m³; un m³ son mil litros.

distribución segura, con redes diferenciadas y sistemas de control de calidad para cada uso. España dispone de 2.232 EDAR, un 27 % con capacidad para regenerar.

Actualmente, el 69 % del volumen reutilizado se destina al riego agrícola, el 17 % a la industria, el 11 % al riego urbano, el 1 % a la limpieza de alcantarillado y baldeo de calles y el 2 % restante a otros usos, como la recarga de acuíferos (INE, 2024).

Tras décadas de práctica, sin normativa o estándares mínimos, en los años 90 el avance tecnológico y las exigencias ambientales impulsaron su regulación, como se explica en el epígrafe 3.

Desalación

La desalación es producir agua dulce con procesos físicos y químicos que eliminan la sal y minerales del agua de mar o salobre. Requiere complejas plantas que incluyen sistemas de captación, tratamiento y gestión de residuos salinos. En España se utilizan 506 hm³ de agua desalada, destinados al abastecimiento urbano (55 %), al riego agrícola (25 %), a la industria (15 %) y a otros usos como el turístico. El mayor corresponde al Segura (221 hm³) y Canarias (174 hm³) y en menor grado a Andalucía, Baleares, Cataluña, Comunidad Valenciana, Ceuta y Melilla (MITERD, 2022). En los últimos años ha llegado a cuencas interiores con la desalación de aguas salobres subterráneas.

La desalación nació en los años 60 en Canarias con pequeñas plantas térmicas. A partir de los 80 se impuso la ósmosis inversa, que hoy representa más del 95 % (AEDyR, 2018). Ya en los 90, el crecimiento urbano y turístico la impulsará en el litoral mediterráneo.

España dispone de unas 765 plantas, el 47 % de agua de mar y el 52 % de agua salobre, con una capacidad superior a 5 millones de m³/día (1.825 hm³/año), la mayor de Europa y la cuarta mundial.

Regulación y almacenamiento: presas y embalses

Las presas y embalses son infraestructuras clave para almacenar agua, regular caudales y garantizar la seguridad de suministro en un país con marcadas irregularidades climáticas e hidrológicas. Además de su función principal, también pueden laminar avenidas, derivar caudales, contribuir a la producción hidroeléctrica y servir de recreo. En España predominan las presas de hormigón (63 %, mayormente de gravedad) y, en segundo lugar (20 %) las presas de materiales sueltos.

La mayoría de las presas se construyeron entre 1950 y 1980, con una edad media que supera los 60 años; solo el 7,5 % tienen menos de 25 años, el 34 % entre 25 y 50 años, el 39,8 % entre 50 y 75 años, el 10,9 % entre 75 y 100 años y, finalmente, el 7,8 % supera el siglo. Si nos atenemos al volumen, el 88 % del total disponible lo almacenan presas con más de 50 años, mientras que el 64 % supera los 75 años.

El Inventario de Presas y Embalses del MITERD (2025a) contiene 3.171 embalses y 3.208 presas, no todas en servicio. Un subconjunto operativo de 800 presas con capacidad superior a 1 hm³ suma un almacenamiento útil de 63.000 hm³, de los que 47.000 hm³ se destinan a regular hasta 35.000 hm³/año, suponiendo el 35 % de la aportación fluvial. Sin esta capacidad, la disponibilidad sería menos de un tercio. La distribución es heterogénea, con el Guadiana presentando la mayor capacidad relativa (277 % de su aportación), mientras en la cornisa cantábrica es el 10 %. El Ebro, muy estable hidrológicamente, permite regular hasta el 70 % de sus aportaciones. Su valor económico es 25.000 millones de euros (MITERD, 2023).

2.2.3. Transporte en alta: canales, conducciones intercuenca y trasvases

Estas infraestructuras conectan las fuentes de suministro con los puntos de demanda (ciudades o zonas agrícolas regables) y, también, interconectan sistemas hídricos. Incluyen canales (inicialmente concebidos para navegación y riego, en la actualidad también se utilizan para el transporte a gran escala), conducciones en presión, túneles hidráulicos y trasvases, algunos internos (en una misma cuenca) y otros entre cuencas distintas. Sin posibilidad de ampliar significativamente la regulación con nuevas presas, el futuro pasa por conservar y modernizar las conducciones existentes, optimizar la interconexión de sistemas y diversificar fuentes.

El Sistema de Información del Agua (MITERD, 2007) registra casi 800 conducciones con 14.750 km de longitud total, es decir 3 km/100 km². Destacan el Canal de Castilla, el Canal de Urgell, el Canal Bajo del Guadalquivir, el Canal Imperial de Aragón y el Canal de Aragón y Cataluña. Pero la obra más notable es el Trasvase Tajo-Segura, con tres conducciones principales (Altomira, Riansares y el canal principal hasta Talave), complementado por túneles, sifones y estaciones de bombeo. Su capacidad de transporte es de 33 m³/s. También destaca el Canal del Taibilla, columna vertebral del abastecimiento en el sureste, con ramales de más de 200 km. Las cuencas con mayor desarrollo son el Ebro (4.960 km de conducciones), el Duero (2.260 km) y el Tajo (1.830 km). En densidad destacan el Júcar (6,7 km/100 km²) y el Guadalete-Barbate (6,2 km/100 km²).

2.3. Utilización del recurso

2.3.1. Infraestructuras del suministro urbano: abastecimiento

El ciclo urbano del agua (CUA) lo integran dos semiciclos, el suministro, al que corresponde este apartado, y el drenaje-depuración que se aborda en el siguiente. El suministro incluye cinco etapas: captación, potabilización, almacenamiento, transporte y distribución.

De entre todas estas infraestructuras, las que requieren una mayor inversión son las dos últimas, el transporte y la distribución. Integradas por tuberías de diferentes diámetros y materiales, su longitud se acerca a los 300.000 km (6 m/habitante). La mayoría de estas tuberías están conectadas entre sí, conformando las redes de distribución que se controlan con elementos complementarios (válvulas y medidores). Por último, las acometidas (algunas aún de plomo, de urgente renovación) conectan las tuberías con los domicilios de los usuarios.

Estas infraestructuras son las que más se han potenciado con las denominadas infraestructuras “digitales”, cuya misión es “supervisar” el funcionamiento del conjunto. Integradas por los dispositivos que capturan los valores de las principales variables (caudalímetros, contadores, medidores de nivel, manómetros, sensores de ruido, clorómetros, etc.), información que envían a ordenadores que deciden cómo operar el sistema mientras detectan las posibles incidencias. Esta nueva infraestructura, ahora esencial, la resume el término “agua digital”, nacido a finales del pasado siglo con los SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*).

El inventario de estas infraestructuras está muy bien documentado, gracias al SINAC (Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo) del Ministerio de Sanidad (MS, 2022), y lo mismo sucede con su valoración (Pérez *et al.*, 2019). La más importante, las tuberías de transporte y distribución, cuya edad media, de acuerdo con un informe de AEAS & AGA (2019), es 38 años, la conforman 260.000 km, con un valor patrimonial de 41.197 millones de euros. La segunda partida, los 27.009 depósitos, supone 12.188 millones y ya en tercer lugar las 2.505 ETAP con un valor de 7.454 millones. En total, más de 60.000 millones de euros, a los que hay que añadir partidas menos relevantes como las acometidas.

2.3.2. Infraestructuras del suministro urbano: drenaje y depuración

El drenaje de las aguas pluviales y de las residuales es esencial para garantizar la salud y calidad de vida del ciudadano. La evacuación puede ser conjunta (redes unitarias) o separativa, evitando mezclar aguas muy distintas. Por su mayor coste, en España solo el 24 % son redes separativas. El drenaje lo completan acometidas domésticas y pluviales (imbornales), tanques de tormenta y estaciones de bombeo. Y a ellos hay que añadir los elementos para controlar en tiempo real estos sistemas, especialmente las redes unitarias, porque cuando llueve todo el caudal no puede atravesar la depuradora, siendo necesario separar aguas que discurren por una misma red. El sistema que gestiona el drenaje y sus aliviaderos es la infraestructura digital de control.

Es en la segunda mitad del siglo XIX cuando se empieza a necesitar este tipo de infraestructuras en las grandes ciudades, con un desarrollo siempre por detrás del abastecimiento. Pero la renovación de estas tuberías es inferior a la de la red de agua potable (impulsada por la necesidad de reducir las fugas), y su edad media es de unos 40 años. También conviene

referirse al drenaje urbano alternativo (SDUS), respuesta a las inundaciones urbanas. El objetivo es permeabilizar las ciudades con cubiertas vegetales, pavimentos permeables y parques inundables, un nuevo modo de urbanización más verde y racional.

Finalmente, están las depuradoras que, aunque nacen con los primeros sistemas de drenaje, las modernas, con reactores biológicos, aparecen en la segunda mitad del siglo XX. Desde entonces no han dejado de evolucionar. Hoy las más grandes, gracias al biogás generado, son energéticamente autosuficientes.

Su inventario no está tan bien documentado como el del suministro, pero hay trabajos que lo han abordado (Pérez *et al.*, 2019). Según esta fuente, la longitud de tuberías es 189.203 km, y su valor patrimonial, 128.917 millones de euros. Hay 456 tanques de tormenta, con una inversión de 1.413 millones, mientras las estaciones de bombeo han supuesto una cifra similar, 1.170 millones (la fuente no incluye su número). Finalmente, hay 2.232 depuradoras, una cifra que evidencia que las poblaciones medianas y pequeñas no depuran sus aguas (España tiene más de 8.000 municipios). Su valor patrimonial asciende a 14.466 millones.

Hay que subrayar que el total, 145.966 millones, es un límite inferior (el estudio tiene seis años y no incluye infraestructuras menores, como acometidas, imbornales, vertederos, etc.), siendo 2,4 veces superior al del abastecimiento. Además, está muy mal financiado. Porque si la tarifa del abastecimiento (que es insuficiente) duplica la del saneamiento, los costes difícilmente se recuperarán. En los países que sí lo hacen, es justo al revés: la tarifa del saneamiento, cuanto menos, duplica la del abastecimiento.

2.3.3. Infraestructuras del regadío

El sector agrícola es, en España, el principal consumidor de agua, con alrededor del 80 % del uso consuntivo total (como media 22.000 hm³, un valor dependiente del clima anual), destinado en su mayoría al regadío (MITERD, 2022). Aunque representa solo el 22 % de la superficie cultivada (3,7 millones de hectáreas; MAPA, 2024), el regadío aporta en torno al 65 % de la producción final agraria (media 2020-2022; MAPA, 2025). Su papel es clave para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural, y permite una producción estable, diversificada y de mayor valor añadido.

Las infraestructuras de regadío van desde la captación (agua superficial o subterránea) y transporte en alta (presas, balsas, estaciones de bombeo y conducciones principales) hasta las redes de distribución en baja, gestionadas por más de 7.000 comunidades de regantes, que llevan el agua a las parcelas con canales, acequias o tuberías.

El actual regadío, y todas sus infraestructuras, es el resultado de más de un siglo de planificación y desarrollo. Las grandes obras comenzaron con el Plan de Riego (1902), pero la

expansión llegó con el Plan Badajoz (1952) y otros similares, que ampliaron de forma notable la superficie regada. En 1990, la política de regadíos cambió de rumbo, priorizando la modernización de lo existente frente a su expansión.

En este nuevo marco, el Plan Nacional de Regadíos Horizonte 2008 (RD 329/2002) y el Plan de Choque (RD 287/2006) impulsaron la modernización de redes de distribución y sistemas de aplicación, como el riego localizado y la incorporación de tecnologías de control y gestión digital, sustituyendo al tradicional riego por gravedad. Con una inversión pública de 3.000 millones de euros de distintas procedencias se modernizaron 1,5 millones de hectáreas (MITERD, 2010), con un ahorro de 3.000 hm³/año, beneficio en cualquier caso cuestionado por posibles efectos indirectos de intensificación (Berbel y Gutiérrez-Martín, 2017). Aunque la modernización sigue, a partir del 2010 el ritmo se ralentiza. El resultado es que hoy en día el 80 % de la superficie se riega a presión, con un 58 % (2,1 millones de hectáreas) de riego localizado (MAPA, 2024), mientras el resto, unas 717.000 hectáreas, aún debe modernizarse.

2.3.4. Producción de energía: centrales hidroeléctricas y bombeo

Las infraestructuras hidroeléctricas cumplen una doble función: generar electricidad renovable y, en las centrales reversibles, almacenar energía. Se distinguen las centrales convencionales (asociadas a presas) y las centrales reversibles (bombeo puro o mixto). Nacen con el siglo XX, con grandes presas y centrales de gran potencia (Aldeadávila, Saucelle, Ricobayo, Alcántara), complementadas con numerosas minicentrales. En las últimas décadas, las centrales de bombeo reversible, claves en el contexto de transición energética, han cobrado protagonismo.

La potencia hidroeléctrica instalada ronda los 17.000 MW (12,8 % del total nacional), siendo Castilla y León (4.400 MW) y Galicia (3.700 MW) donde están más presentes. La producción, dependiente del año hidrológico, varía mucho: 35.000 GWh en 2024 frente a 17.900 GWh en 2022, mientras los embalses pueden almacenar entre 18.500 y 23.000 GWh, el mayor almacenamiento energético disponible en España. El bombeo reversible suma unos 3.300 MW, con proyectos notables como La Muela (1.700 MW), la mayor central de Europa. El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 (MITERD, 2025b) establece como almacenamiento objetivo 22.500 MWh, un porcentaje significativo hidroeléctrico.

La red hidroeléctrica española, un activo estratégico por su capacidad renovable y de almacenamiento, enfrenta, sin embargo, limitaciones para nuevas grandes presas y retos derivados de su antigüedad. Por tanto, la prioridad es modernizar los equipos, prolongar concesiones de forma adaptada y potenciar el bombeo reversible.

2.4. Infraestructuras intersectoriales

2.4.1. Prevención de inundaciones

Estas infraestructuras buscan reducir la exposición y la vulnerabilidad frente a avenidas, mediante defensas físicas (dique, motas, encauzamientos), embalses de laminación, zonas de inundación controlada y sistemas de alerta.

Durante el siglo XX se ejecutaron numerosas defensas fluviales en tramos urbanos y agrícolas, que redujeron riesgos, pero también limitaron la conectividad ecológica. Ahora, se buscan soluciones híbridas, integradas en la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos, combinando protección y restauración ambiental.

El inventario del MITERD (2021) registra 14.643 actuaciones en cuencas intercomunitarias, con 11.400 km de defensas frente a avenidas (15 % de los cauces). El Duero concentra casi 2.000 obras (4.700 km), seguido del Ebro (2.200 km), el Guadiana (1.700 km) y el Guadalquivir (1.400 km). En términos relativos, destaca el Júcar (57 % de cauces protegidos). Los embalses también cumplen una función clave en la laminación de crecidas, estando el 5 % destinado exclusivamente a esta tarea. En paralelo, se han desarrollado zonas de retención temporal y humedales artificiales, que combinan la laminación de avenidas con beneficios ambientales. Los sistemas de previsión y alerta se apoyan en redes de sensores hidrométricos, pluviómetros y radares, integrados en los sistemas automáticos de información hidrológica (SAIH). Los modelos hidrológicos en tiempo real y protocolos de comunicación de alertas son una herramienta decisiva para anticipar y coordinar respuestas.

Las infraestructuras de prevención de inundaciones han protegido a millones de personas, pero muchas deben modernizarse y otras, como las necesarias para aliviar al barranco del Poyo, ejecutarse. En un contexto de aumento del riesgo climático, el futuro es complementar las defensas tradicionales con soluciones basadas en la naturaleza y reforzar los sistemas digitales de alerta temprana. En cualquier caso, por diversas circunstancias, son las más complejas de acometer, tal cual evidenció la DANA de Valencia en octubre de 2024, con 229 muertos.

Es sobradamente conocido que la Huerta Sur de Valencia (también la Norte, con el barranco del Carraixet) es un territorio inundable, un problema que la transformación de suelo agrícola en urbano ha ido agravando. Notables fueron las inundaciones habidas en esta zona en el año 2000, que supusieron una mayor concienciación de autoridades y ciudadanía, y que se tradujo en hechos concretos: la puesta a punto del Plan, vigente desde 2003, PATRICOVA (Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana) y la redacción de tres proyectos que evitasen los desbordamientos del barranco del Poyo. En 2011 estaban listos para su adju-

cación y posterior ejecución, por un importe de 250 millones de euros. Pero no se les dio la suficiente prioridad como para incluirlos en los presupuestos. Tampoco ayudó el escaso interés de los alcaldes de la zona, a quienes no les entusiasmaba perder territorio edificable, y quedaron archivados hasta que la DANA les devolvió el protagonismo.

Ahora, a la luz de los hechos, se están revisando y ampliando las soluciones iniciales y, al tiempo, adecuándolas mejor al medio natural. Está previsto que, en breve, se presenten con un presupuesto significativamente mayor al inicial pues no conviene olvidar que por el barranco del Poyo llegaron a circular 4.000 m³/s.

La conclusión es, pues, evidente: estas infraestructuras son vitales tanto para garantizar nuestro actual nivel de vida como para proteger a los ciudadanos. No obstante, en la explicación de la tragedia de Valencia hay que añadir el fallo en cadena de los responsables de gestionar la inundación.

2.4.2. Infraestructuras para la mejora del estado ecológico

En las últimas décadas, la gestión del agua en España ha pasado de un enfoque centrado casi exclusivamente en garantizar el suministro a una visión más integral que reconoce el valor ecológico de ríos, humedales y acuíferos. Este cambio, impulsado por la DMA y por una mayor conciencia ambiental, ha generado un nuevo tipo de infraestructuras orientadas a conservar, restaurar y mejorar los ecosistemas acuáticos.

Un ámbito sobresaliente es la restauración fluvial, que busca recuperar la morfología y dinámica natural de los ríos. Y ello comporta generalmente retirar motas y encauzamientos rígidos, reconectar las llanuras de inundación, revegetar riberas o eliminar azudes y estructuras obsoletas que interrumpen la continuidad fluvial. Además de mejorar el paisaje, estas intervenciones favorecen la biodiversidad, regeneran hábitats y aumentan la resiliencia frente a crecidas y sequías.

Para restaurar la conectividad fluvial, causada por presas y canales, se han implantado pasos y escalas para peces y se han retirado numerosos obstáculos en desuso. Estas actuaciones facilitan la migración de especies y el transporte de sedimentos, mejorando los cauces aguas abajo.

El mantenimiento de humedales y lagunas ha impulsado nuevas infraestructuras de aducción, consistentes en conducciones y bombeos que trasladan agua desde embalses o acuíferos hacia ecosistemas vulnerables. En paralelo, los desembalses controlados permiten establecer, en ríos regulados, caudales ecológicos. Casos emblemáticos por su biodiversidad son Doñana, las Tablas de Daimiel o la laguna de Gallocanta.

Los humedales artificiales representan una solución híbrida que combina infraestructura y naturaleza. Diseñados como sistemas de flujo superficial o subsuperficial, cumplen distintas fun-

ciones: depuración complementaria, sumidero de nutrientes, laminación de caudales o generación de hábitats. Hay buenas experiencias en las cuencas del Júcar y Segura.

Finalmente, la eficacia de estas infraestructuras depende de los sistemas de monitorización ecológica, que emplean sensores, cámaras, estaciones de control y teledetección para medir caudales, calidad del agua, temperatura o evolución de la vegetación, facilitando una gestión adaptativa y transparente.

2.5. Resumen

El **cuadro 1** sintetiza este apartado. El valor patrimonial está incluido en el texto precedente. La vida útil es el valor medio que detalla la publicación ASCE (2020), salvo en el caso de los pozos. Para el riego se ha considerado una inversión de 10.000 €/ha, y solo se contemplan las que se han modernizado. No se incluye la infraestructura de desalación, regeneración o intersectorial.

Cuadro 1.

Valor aproximado patrimonial de las infraestructuras hídricas

<i>Infraestructura</i>	<i>Propiedad</i>	<i>Vida útil (años)</i>	<i>Valor patrimonial (millones de euros)</i>	<i>Año de estimación</i>	<i>Edad media años (2025)</i>
Presas de regulación	Pública	50	25.000	2025	60
Conducciones en alta	Pública	50	12.000	2025	ND
Pozo (perforación)	Privada/pública	50	120.000	2025	ND
Pozo (electromecánicos)	Privada/pública	10	60.000	2025	ND
Suministro (potabilización)	Municipal	65/20	7.454	2019	ND
Suministro (tubería)	Municipal	75	41.197	2019	38
Abastecimiento (depósitos)	Municipal	65	12.188	2019	ND
Drenaje (tubería)	Municipal	90	128.917	2019	40
Drenaje (tanques de tormentas)	Municipal	65	1.413	2019	ND
Drenaje (bombeo)	Municipal	15	1.170	2019	ND
Depuradoras	Municipal	50/15	14.466	2019	ND
Riegos	Privada/pública	20/30	29.000	2025	ND
TOTAL			452.805		

Notas: ND =No Disponible. En las plantas de tratamiento los dobles valores corresponden a la obra civil y al equipamiento electromecánico. La vida útil de las tuberías (65/90) años, el patrimonio mayor, es muy sensible al material y a la ejecución de la obra. En España suele adoptarse 50/60.

Fuente: Elaboración propia.

3. MARCO REGULATORIO Y DE GOBERNANZA

3.1. Introducción

En el último periodo de planificación hidrológica (2022-2027), las infraestructuras hidráulicas contempladas se han orientado más a la resiliencia de los sistemas y a la mejora de la calidad del agua y su tratamiento, y en menor medida a aumentar la oferta. En paralelo, se ha desarrollado en los últimos años un marco legislativo más adaptado a estas necesidades. No ha sido así, como se resume en este apartado, en lo que respecta al reparto de competencias, la legislación fundamental del agua y el régimen concesional y económico-financiero, que básicamente sigue el esquema de 1985 con alguna adaptación a las Directivas Europeas aprobadas tras la DMA en 2000.

3.2. Legislación fundamental y de base: Ley de aguas

En su artículo 149 la Constitución Española establece las competencias exclusivas del Estado, entre ellas las que conciernen a “La legislación, ordenación y concesión de recursos y aprovechamientos hidráulicos cuando las aguas discurran por más de una Comunidad Autónoma, y la autorización de las instalaciones eléctricas cuando su aprovechamiento afecte a otra Comunidad o el transporte de energía salga de su ámbito territorial.”

El Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA), en el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, establece la regulación del dominio público hidráulico, del uso del agua y del ejercicio de las competencias atribuidas al Estado, el establecimiento de las normas básicas de protección de las aguas continentales, costeras y de transición, así como la planificación hidrológica a la que deberá someterse toda actuación sobre el dominio público hidráulico.

El TRLA considera obras de interés general, competencia de la Administración General del Estado (AGE), las que, afectando a más de una comunidad autónoma, son necesarias para la regulación, conducción, protección o aprovechamiento del recurso hídrico, tienen una finalidad pública relevante, como el abastecimiento, potabilización, desalación, depuración, saneamiento o reutilización del agua. Establece, además, que son declaradas expresamente por ley o real decreto ley, y que la titularidad corresponde al Estado, aunque pueden ser gestionadas por entidades privadas mediante concesión. Su aprobación debe justificarse en razón de su viabilidad económica, técnica, social y ambiental.

3.3. Papel de las administraciones y competencias

Con carácter general, las actuaciones en materia de regulación del dominio público, desarrollo y explotación de obras, planificación hidrológica, en las demarcaciones hidro-

gráficas intercomunitarias (del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana y Ebro) corresponden a la AGE. Las CC. AA. de Galicia, Andalucía, Baleares, Canarias y Cataluña contienen demarcaciones comunitarias en las que ejercen competencias plenas de planificación y gestión de aguas.

La Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local, establece las competencias de las entidades locales territoriales: municipio, provincia o isla (en los archipiélagos Balear y Canario) y de las entidades locales (las comarcas u otras entidades que agrupen varios municipios, las áreas metropolitanas y las mancomunidades de municipios). El municipio y las entidades locales tienen la competencia del abastecimiento de agua potable a domicilio y evacuación y tratamiento de aguas residuales. Además, están obligados a prestar el servicio de abastecimiento domiciliario de agua potable y alcantarillado. En los municipios con población inferior a 20.000 habitantes, será la diputación provincial o entidad equivalente la que tenga las competencias del CUA.

3.4. Derechos concesionales para usos privativos, colectivos y usos urbanos del agua

Todo uso privativo de las aguas, que no sea concedido por ley, requiere concesión administrativa. El título concesional garantiza la disponibilidad de los caudales concedidos, si bien existe un orden de preferencia de usos³. Toda concesión se otorgará, siempre discrecionalmente por la Administración competente, según las previsiones de los Planes Hidrológicos, lo que presupone su viabilidad en el balance hídrico de la cuenca, con carácter temporal y plazo no superior a 75 años.

Las concesiones podrán ser revisadas cuando de forma comprobada se hayan modificado los supuestos determinantes de su otorgamiento o cuando lo exija su adecuación a los planes hidrológicos (mediante expropiación). Igualmente, se puede revisar si el objeto de la concesión puede cumplirse con una menor dotación o una mejora de la técnica de utilización del recurso, lo cual se deberá acreditar.

Con la Ley 46/1999, de 13 de diciembre, de modificación de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, se abre la posibilidad de establecer un contrato de cesión de concesiones,

³ Artículo 60. Orden de preferencia de usos.

1. En las concesiones se observará, a efectos de su otorgamiento, el orden de preferencia que se establezca en el Plan Hidrológico de la demarcación hidrográfica correspondiente, teniendo en cuenta las exigencias para la protección y conservación del recurso y su entorno.
2. A falta de dicho orden de preferencia, regirá con carácter general el siguiente: 1.º Abastecimiento de población, incluyendo en su dotación la necesaria para industrias de poco consumo de agua situadas en los núcleos de población y conectadas a la red municipal; 2.º Almacenamiento hidráulico de energía; 3.º Regadíos y usos agrarios; 4.º Usos industriales para producción de energía eléctrica; 5.º Otros usos industriales no incluidos en los apartados anteriores; 6.º Acuicultura; 7.º Usos recreativos; 8.º Navegación y transporte acuático; 9.º Otros aprovechamientos.

libremente pactado entre titulares de concesiones, incluida la compensación económica, pero sujeta a aprobación. El intercambio de concesiones debe respetar el orden de preferencia de las concesiones (ver nota 3), de forma que el adquiriente debe tener igual o superior preferencia de uso que el cedente. En España han sido poco comunes, y siempre de titulares agrícolas a otros titulares agrícolas o a titulares de sistemas de abastecimiento urbano.

El TRLA contempla también la creación de centros públicos de intercambios de derechos del agua, mediante Acuerdo del Consejo de Ministros, o instadas por las CC. AA. En este caso, los organismos de cuenca podrán adquirir derechos de uso del agua para posteriormente cederlos, respetando la publicidad y libre concurrencia, a otros usuarios mediante el precio que el propio organismo oferte. Su empleo también ha sido muy limitado.

El CUA opera entre los nodos que regula el TRLA: desde el punto de captación hasta el punto de vertido de las aguas residuales. Pero como tal no tiene una regulación estatal, con la excepción de las regulaciones sanitarias (Real Decreto 140/2003) y las Directivas de Aguas Potables y de Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas. Existe heterogeneidad en cuanto al desarrollo de normativa por parte de las CC. AA. La mayoría han aprobado leyes al efecto (Andalucía, Aragón, Asturias, Canarias, Cantabria, Castilla La-Mancha, Castilla y León, Cataluña, Madrid, Navarra, C. Valenciana, Extremadura, Galicia, Baleares, La Rioja, Murcia, País Vasco), mientras que otras no han intervenido; y algunas como la de Madrid, con el Canal de Isabel II, gestiona el CUA completo mediante esta empresa pública.

La regulación técnica del CUA se realiza mediante contratos programa cuando el operador es municipal o público, o mediante los pliegos de condiciones de las contratas cuando es privado (Gayá, 2020). En ambos casos, se trata de un Reglamento del Servicio que tiene carácter bilateral, y contempla la relación con la planificación urbana, el perímetro del servicio, el régimen de propiedad y uso de la información, los abonados y el derecho al agua, objetivos de calidad y el régimen económico y de los sistemas de tarificación, infracciones y procedimientos de participación pública.

3.5. Las medidas de aumento de la oferta

La Planificación Hidrológica es la herramienta fundamental para “conseguir el buen estado y la adecuada protección del dominio público hidráulico y de las aguas objeto de esta ley, la satisfacción de las demandas de agua, el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial, incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medioambiente y los demás recursos naturales”. Los planes hidrológicos 2022–2027⁴ constituyen el instrumento vigente y de carácter vinculante de planificación del agua en España. A partir de los diagnósticos técnicos realizados en cada demarcación hidrográfica, los planes ajustan las

⁴ Real Decreto 35/2023, de 24 de enero, por el que se aprueba la revisión de los planes hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tago, Guadiana y Ebro.

asignaciones de recursos y priorizan las actuaciones en las zonas de mayor riesgo, con el fin de garantizar la seguridad hídrica y avanzar en el cumplimiento de los objetivos ambientales de la DMA.

En el centro de este proceso se sitúan los programas de medidas, que constituyen la parte operativa de los planes. Estos programas definen las actuaciones necesarias para alcanzar los objetivos ambientales, de gestión y de uso sostenible del agua. El carácter cíclico sexenal permite aprender de la experiencia acumulada.

El **cuadro 2** detalla el presupuesto destinado a los objetivos de planificación en los planes hidrológicos del ciclo 2022-2027. Destaca el peso de los objetivos ambientales, con un 57 % del presupuesto que contempla, entre otros, el tratamiento y la depuración de aguas residuales, la restauración fluvial y la conservación de ecosistemas, seguido por la atención a la demanda con un 25 %.

Cuadro 2.

Presupuesto destinado a los distintos objetivos de planificación en los planes hidrológicos del ciclo 2022-2027

Cifras en millones de euros

<i>Demarcación</i>	<i>Objetivos ambientales</i>	<i>Atención demandas</i>	<i>Gestión riesgos</i>	<i>Gobernanza</i>	<i>Otros</i>	<i>Total</i>
Miño-Sil	302	24	56	56	5	443
Cantábrico Oriental	554	235	113	0	0	902
Cantábrico Occidental	490	168	65	23	52	798
Galicia Costa	1.063	571	117	139	0	1.890
Duero	2.260	422	91	52	389	3.214
Tago	2.863	632	70	184	33	3.782
Guadiana	891	400	149	119	59	1.617
Guadalquivir	2.872	746	139	189	18	3.964
Guadalete-Barbate	345	128	41	34	0	549
Tinto, Odiel y Piedras	291	685	32	38	0	1.046
Cuencas Mediterráneas Andaluzas	1.773	807	196	86	0	2.861
Segura	1.090	966	825	192	75	3.149
Júcar	1.299	592	223	56	15	2.186
Ebro	1.834	561	327	122	925	3.769
D. C. F. de Cataluña	888	1.390	153	4	3	2.438
Total	18.816	8.327	2.598	1.293	1.573	32.607

Fuente: Documentos de los Planes de Cuenca.

3.5.1. Gestión de la escasez y de sequías

Para cualquier análisis de situación actual y futura de todo sistema de gestión y planificación, se debe distinguir entre escasez y sequías. La escasez confiere la idea de que el sistema opera con muy poco o nulo margen: las demandas teóricas ligadas a las concesiones de uso igualan o exceden los recursos disponibles. Un sistema llega a esta situación por diversos motivos: por un lado, puede que los recursos disponibles estén sobreestimados o hayan disminuido por el calentamiento global, y por otro, las demandas que se deben servir pueden haber crecido, normalmente por el aumento de la superficie de riego o bien por el crecimiento turístico, urbano o industrial, o, en fin, para satisfacer caudales ambientales. Desde una perspectiva técnica, estas demandas se constituyen en módulos de diseño y son asimilables al concepto económico de demanda a precio cero, puesto que no existe un precio o tarifa que las racione.

Las consecuencias de operar un sistema en el que la escasez de agua es la situación ordinaria son, entre otras, (a) que si existe actividad agrícola de regadío, los regantes recibirán dotaciones de agua inferiores a los volúmenes teóricos asignados en la planificación; (b) habrá municipios pequeños que serán incapaces de atender la demanda estacional al 100 %; y (c) el estado ecológico de los ríos y masas de aguas subterráneas se verá deteriorado por la merma de caudales o recargas y por la menor dilución de la carga contaminante.

La escasez de agua, o el balance de recursos realizado ante diferentes escenarios, es una de las principales variables de partida para la planificación hidrológica, y se enfrenta combinando medidas de diversa índole. En primer lugar, la planificación hidrológica establece las prioridades de uso en las cuencas y las obras que permitan satisfacer las demandas y las medidas necesarias para mejorar el estado ecológico. En segundo lugar, la autoridad hidráulica tiene potestad para rescatar concesiones, teniendo para ello que expropiarlas o bien convocar un concurso de adquisición de concesiones a cambio de una compensación económica, mediante centros de intercambio; también revisar concesiones a la baja, por razones técnicas y, en fin, no renovar las concesiones cuyo periodo de vigencia venza o revisarlas a la baja por razones de escasez debido al cambio climático. Sin embargo, son muy infrecuentes las actuaciones ordenadoras de uso por parte de la administración, aunque algunas singulares como la de la Acequia Real del Júcar han tenido mucho impacto.

Debe entenderse el conjunto de estas actuaciones como un proceso en el que opera la política (en los planes de cuenca) junto con la facultad ordenadora del Estado de los usos del agua. Un proceso en el que el valor económico del agua —su coste de escasez— queda totalmente al margen.

Una sequía es un periodo prolongado de precipitaciones inferiores a la media. Aunque es un fenómeno conocido y previsible, e inevitable, su gestión no es sencilla porque, una vez comenzada, se desconoce la duración y severidad. En la historia de España se han vivido muchas sequías, de mayor o menor ámbito geográfico, duración y severidad. La duración de una sequía es siempre el mejor indicador de su gravedad, y las condiciones de partida (reser-

vas acumuladas en embalses) posibilitan que el impacto sea casi imperceptible, se prolongue uno o varios años o bien agrave la severidad del periodo seco, por empezar éste con reservas menguadas.

España cuenta con una segunda generación de planes especiales de sequía (PES): la primera se aprobó en 2007 y la segunda en 2018; y se está elaborando una tercera revisión de los planes vigentes. Un plan de sequía es, en síntesis, un protocolo que define las actuaciones que hay que ir desplegando en cada fase de la sequía, a su vez dependiente de umbrales numéricos que definen el estado hidrológico del sistema con precisión en cada momento. De esta forma, los gestores responsables se ven ayudados por una guía de actuación preestablecida. Usualmente, el volumen asignado al riego en situación de sequía es el primero que se ajusta para afrontar un periodo de escasez, no siendo el mercado ni el precio el mecanismo de ajuste, por lo general, sino la actuación de la administración competente, excepción hecha de los contratos de cesión de concesiones que faciliten intercambios de derechos voluntariamente celebrados y mediando una compensación económica pactada libremente entre las partes; o bien los intercambios de usos que se puedan realizar mediante centros públicos de intercambio de derechos. Solo en estos ocasionales e infrecuentes casos, el agua se asigna mediante un precio o valor económico pactado.

3.5.2. Régimen legal de las aguas regeneradas

El TRLA reformuló con el Real Decreto-Ley 4/2023, de 11 de mayo, “por el que se adoptan medidas urgentes en materia agraria y de aguas en respuesta a la sequía ...” modificando el capítulo III De la reutilización de las aguas. El TRLA contempla “La reutilización de las aguas depuradas a la utilización para un nuevo uso privativo, antes de su devolución al dominio público hidráulico o marítimo-terrestre, de las aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido a un tratamiento que permite adecuar su calidad al uso al que se van a destinar”.

El RDL 4/2023 introdujo varias modificaciones del TRLA orientadas a potenciar y regular la reutilización de las aguas depuradas. Por un lado, se mantiene la necesidad de contar con una concesión administrativa o la modificación de características de una concesión existente y una autorización, además de exigir un análisis de riesgo ambiental.

El estímulo al uso de las aguas regeneradas para aumentar la oferta disponible se articula mediante la sustitución, total o parcial, de una concesión de aguas de captación superficial o subterránea por aguas regeneradas. En esas situaciones pueden concederse al usuario subvenciones, y los costes adicionales asociados a la reutilización de aguas en esas situaciones podrán ser asumidos por las Administraciones u otras entidades que resulten beneficiadas por la sustitución.

3.5.3. Regulación de aguas desaladas

Con carácter general, el TRLA incluye las aguas desaladas en el dominio público hidráulico (capítulo V). La actividad de la desalación puede tener titularidad o ser iniciativa de la AGE o también privada. En el primer caso, las obras e instalaciones de desalación declaradas de interés general del Estado podrán ser explotadas directamente por entidades públicas, por las comunidades de usuarios o por las juntas centrales de usuarios, que podrán, mediante la suscripción de un convenio específico, ser beneficiarios directos de las obras e instalaciones de desalación que les afecten. Pero las concesiones de aguas desaladas se otorgarán por la AGE en el caso de que dichas aguas se destinen a su uso en una demarcación hidrográfica intercomunitaria. De suscribirse un convenio específico, las concesiones de aguas desaladas se podrán otorgar directamente a las comunidades de usuarios o juntas centrales de usuarios. Si el uso no es directo y exclusivo del concesionario, la Administración concedente fijará los precios del agua.

Los concesionarios de la actividad de desalación y de aguas desaladas que tengan inscritos sus derechos en el Registro de Aguas podrán participar en las operaciones de los centros de intercambio de derechos de uso del agua.

Una persona física puede obtener una concesión para producir aguas desaladas para su propio uso, sin mediar ninguna infraestructura de titularidad pública, o suministrarlo a otro usuario, pero requerirá una concesión de agua, permisos de ocupación de costa y la autorización ambiental. En España abundan las pequeñas desaladoras o desalobradoras de titularidad privada que abastecen a establecimientos turísticos o de otro uso.

El impulso a la desalación llegó con el Programa AGUA (2004–2011) con un conjunto de plantas de agua de mar y salobre (Cabrera *et al.*, 2019). Para propiciar su uso, en los últimos años se han adoptado medidas para mejorar la eficiencia y reducir costes (tarifas reducidas prorrogables hasta 2026) y el Real Decreto-Ley 6/2022, que promueve la integración de generación eléctrica.

3.6. Marco regulatorio económico-financiero

El TRLA contiene un título dedicado al régimen económico-financiero. En él se establece que las Administraciones públicas, en virtud del principio de recuperación de costes y teniendo en cuenta proyecciones económicas a largo plazo, establecerán los mecanismos para repercutir los costes de los servicios relacionados con la gestión del agua, incluyendo los costes ambientales y del recurso, en los diferentes usuarios finales. La regulación establece como objetivos: (a) incentivar el uso eficiente; (b) asegurar que la contribución de los diversos usos es adecuada y en sintonía con el principio de quien contamina paga; (c) crear estructuras tarifarias por tramos de consumo.

El principio de recuperación de costes se matiza en la ley al tener en cuenta también las consecuencias sociales, ambientales y económicas, así como las condiciones geográficas y climáticas de cada territorio y de las poblaciones afectadas siempre y cuando ello no comprometa los fines ni el logro de los objetivos ambientales establecidos.

Las figuras económicas definidas en la ley son las siguientes:

1. Canon por utilización de las aguas continentales para la producción de energía eléctrica, siendo el hecho imponible la utilización y el aprovechamiento de los bienes de dominio público para la producción de energía eléctrica.
2. Canon de regulación y tarifa de utilización del agua, que recae sobre los beneficiados por las obras de regulación de las aguas superficiales o subterráneas, financiadas total o parcialmente con cargo al Estado. El “canon de regulación” está destinado a compensar los costes de la inversión que soporte la Administración estatal y atender los gastos de explotación y conservación de tales obras. Asimismo, los beneficiados por otras obras hidráulicas específicas financiadas total o parcialmente por el Estado satisfarán una exacción denominada “tarifa de utilización del agua”, destinada a compensar los costes de inversión que soporte la AGE y atender sus gastos de explotación y conservación. Podrá eximirse al usuario que realice la sustitución por aguas regeneradas de los costes adicionales que comporte el cambio de fuente de agua suministrada, conllevando la correspondiente modificación concesional.

La cuantía de cada una de las exacciones (canon y tarifa de uso) se fijará, para cada ejercicio presupuestario, sumando las siguientes cantidades:

- El total previsto de gastos de funcionamiento y conservación de las obras realizadas.
- Los gastos de administración del organismo gestor imputables a dichas obras.
- El 4 % del valor de las inversiones realizadas por el Estado, debidamente actualizado, teniendo en cuenta la amortización técnica de las obras e instalaciones y la depreciación de la moneda, en la forma que reglamentariamente se determine.

La distribución individual de dicho importe global entre todos los beneficiados se realizará con arreglo a criterios de racionalización del uso del agua, equidad en el reparto de las obligaciones y autofinanciación del servicio.

Resulta interesante revisar los porcentajes de recuperación de costes de las principales demarcaciones hidrográficas españolas (las que son competencia del Estado). El **cuadro 3** muestra los resultados de las evaluaciones de los índices de recuperación de los costes (IRC), tanto de los financieros (relativos a inversiones y explotación) como del global. La diferencia es que el IRC global incluye los costes ambientales y los financieros.

Cuadro 3.**Índice de recuperación del coste de los servicios del agua en las demarcaciones hidrográficas**

	<i>Financiero (%)</i>	<i>Porcentaje global</i>
Cantábrico Oriental	ND	70,10
Cantábrico Occidental	91	85
Miño-Sil*	ND	71,67
Duero*	78	59
Tajo*	80	71
Ebro*	79,20	67,30
Júcar	94,50	82,40
Segura	ND	65
Guadalquivir	92	72
Guadiana*	100	95

Nota: *Se refiere solo a la parte española.

Fuente: Anejos de recuperación de costes de los documentos “Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica”, acceso vía <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planes-cuenca-2022-2027.html>

La insuficiencia de las tarifas e ingresos se pone de manifiesto al observar los indicadores de recuperación de costes financieros, pues solo en la demarcación hidrográfica del Guadiana se recuperan íntegramente. En el agua superficial, se recuperan los costes de operación y mantenimiento, y solo de forma parcial los costes de inversión. En la mayoría de los casos, los precios del agua no reflejan los costes ambientales ni los del recurso, lo que limita la aplicación efectiva del principio de recuperación de costes de la DMA.

3.6.1. Los precios del agua en España

Los precios al consumo de agua urbana en España oscilan entre 1 y 3 €/m³, siendo Barcelona, Murcia, Alicante y Palma de Mallorca las ciudades más caras. Las tarifas de agua en España se componen de varios conceptos que reflejan los diferentes costes del servicio. Incluyen:

- Cuota de servicio: un cargo fijo que se paga periódicamente (normalmente mensual o trimestral) e incluye costes de mantenimiento de la red e infraestructura.
- Cuota de consumo: un cargo variable que depende directamente del volumen de agua consumida. La mayoría de los municipios aplican un sistema de bloques o tramos.

- Cánones y tasas: a menudo se añaden cánones autonómicos, como el canon de saneamiento o el canon de vertido, que se destinan a financiar las inversiones en infraestructura y los costes de depuración del agua.

La heterogeneidad en la gestión del agua y la escasez de recursos en algunas zonas generan grandes diferencias en los precios entre comunidades autónomas y municipios. Influyen en los costes la captación y el tipo de fuente, las necesidades de infraestructuras y el saneamiento y la depuración. La subida de los costes de la energía, la inflación, las sequías y los mayores requisitos ambientales para el tratamiento del agua han incrementado los gastos de los operadores y elevado las tarifas en muchas ciudades.

Los precios del agua de riego varían considerablemente dependiendo de la fuente y de la localización. De forma orientativa, el precio medio del agua superficial es 0,02 €/m³, mientras que el del agua subterránea ronda los 0,09 €/m³ (es el coste energético medio de elevación), sufragado directamente por el regante. En cambio, las fuentes no convencionales (agua regenerada y desalada) presentan costes sensiblemente superiores. No hay que olvidar que las concesiones para riego están subordinadas a los usos de mayor preferencia. El coste medio del agua regenerada se estima en torno a 0,5 €/m³, mientras que la desalación de agua de mar oscila entre 0,6 y 1 €/m³. En el caso de la desalación de agua salobre, los costes son notablemente inferiores (0,15–0,3 €/m³), principalmente por el menor consumo energético.

El desarrollo y expansión de los recursos no convencionales depende del equilibrio entre la rentabilidad agrícola, los costes reales de producción y la disponibilidad de alternativas más económicas. Si el coste del agua regenerada o desalada supera la disposición a pagar de los agricultores (generalmente entre 0,3 y 0,5 €/m³), su uso deja de ser competitivo, aunque los productores suelen mezclar aguas convencionales con no convencionales.

Para mejorar la viabilidad económica de la reutilización y la desalación, se están impulsando avances tecnológicos y una mayor integración de energías renovables, especialmente en el proceso de desalación. Además, en regiones con fuerte escasez hídrica, como Murcia y la Comunidad Valenciana, empresas públicas como ESAMUR y EPSAR asumen el coste del tratamiento terciario, ofreciendo precios muy competitivos para el agua regenerada (0,05–0,10 €/m³), similares a los del agua convencional. Este modelo podría ampliarse con la aplicación de la nueva Directiva de Aguas Residuales Urbanas (ver nota 7), que hará obligatorio el tratamiento cuaternario en municipios de más de 150.000 habitantes equivalentes.

En el caso de la desalación, la combinación de escasez hídrica y aumento de los costes energéticos llevó al MITERD en el 2023 a suspender temporalmente la aplicación del principio de recuperación de costes en las zonas más afectadas del levante español, fijando un precio de referencia de 0,34 €/m³, vigente hasta 2026 y prorrogable durante una década.

Diversos estudios coinciden en que las tarifas son un instrumento esencial para garantizar la sostenibilidad financiera de los servicios de agua, pero no bastan por sí solas para reducir el consumo. En la agricultura, las decisiones de riego se basan principalmente en la

rentabilidad del cultivo y no en el ahorro de agua en sí mismo, por lo que los agricultores solo modifican de manera apreciable su uso cuando el precio del agua incide claramente en sus márgenes. La elasticidad precio del agua de riego suele ser muy baja, situándose entre $-0,05$ y $-0,25$. En cambio, la demanda doméstica es algo más elástica ($-0,1$ a $-0,8$), ya que los hogares pueden ajustar su consumo con mayor facilidad.

En los últimos años se observa un mayor uso de tarifas volumétricas, junto con la adopción de tecnologías de ahorro y sistemas de control del consumo en comunidades de regantes. Ambos instrumentos son complementarios; sin embargo, la evidencia empírica muestra que las mejoras más significativas en la eficiencia en el empleo del agua se han logrado principalmente a través de la innovación tecnológica, como el riego localizado, la automatización y la modernización de redes, más que por el efecto directo de los precios (Calatrava *et al.*, 2015; Expósito y Berbel, 2017).

4. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO Y DE LAS NECESIDADES DE LAS INFRAESTRUCTURAS DEL AGUA

4.1. Introducción

La sostenibilidad del sistema español de infraestructuras del agua a largo plazo depende de la capacidad de conservarlo, adaptarlo y financiarlo adecuadamente. Los epígrafes anteriores muestran la enorme complejidad de las infraestructuras de agua que operan en España, y dan cuenta de las inversiones realizadas durante más de un siglo. La mirada al futuro conforma un contexto de necesidades imperiosas, que podemos resumir en los siguientes puntos:

1. Enfrentar el cambio climático y la intensificación de los fenómenos extremos: sequías más severas y prolongadas y mayor probabilidad de DANAS y lluvias torrenciales. Unido a ello, reforzar los sistemas de control y alerta temprana.
2. Mejorar el estado ecológico de las masas de agua superficiales y subterráneas, evitando la sobreexplotación.
3. Mantener el capital existente: priorizar su seguridad, prolongar su vida útil y mejorar explotación.
4. Ampliar y modernizar la depuración: elevar la cobertura, el nivel y la eficiencia del tratamiento de aguas residuales para cumplir la normativa y mejorar el estado de las masas de agua.

5. Aumentar la oferta donde se necesite y mejorar la garantía: potenciar los recursos no convencionales y las transferencias sectoriales (cesiones, intercambios, modernización de regadíos) en zonas con margen limitado.
6. Mejorar la eficiencia técnica: incorporar sensores, telemetría, control en tiempo real y modelos predictivos para reducir pérdidas y optimizar costes energéticos.
7. Actualizar el marco normativo y económico: reformar instrumentos de financiación, precios y regulación para hacer viable la recuperación de costes y mejorar la inversión en infraestructuras.
8. Gestionar la demanda y reducir los consumos unitarios, reforzando la educación ambiental.

En este apartado abordamos el conjunto de estos puntos, ofreciendo un análisis sintético de los planes de cuenca aprobados en 2023, resumiendo las necesidades y retos de cada sector o ámbito y terminando con una propuesta de reformas normativas y regulatorias.

4.2. Prioridades de inversión en la planificación hidrológica

Los programas de medidas de los planes hidrológicos de cuenca constituyen el principal instrumento para priorizar las inversiones, integrando actuaciones de naturaleza diversa (infraestructural, normativa, administrativa y ambiental). A partir de la información publicada en los planes aprobados en 2023, es posible ofrecer una visión agregada del esfuerzo inversor previsto en el horizonte 2022–2027, que servirá de referencia para el análisis económico posterior.

La inversión total prevista en planes de las demarcaciones peninsulares supera los 32.000 millones de euros (**cuadro 2, nº 1**). La financiación se reparte principalmente entre las CC. AA. (47 %) y la AGE (39 %), por lo que la coordinación interadministrativa resulta determinante para la ejecución efectiva de las actuaciones. Llama la atención la escasa participación de las entidades locales, usuarios y agentes privados, a los que se atribuye únicamente el 14 % del esfuerzo inversor.

La estructura del gasto revela un predominio de las infraestructuras hidráulicas, que absorben en torno al 69 % del total (unos 22.000 millones de euros). El resto se destina a actuaciones administrativas y de gestión (8 %), restauración del dominio público hidráulico (6 %) y otras medidas complementarias. Dentro de las infraestructuras destacan las de saneamiento y depuración, con cerca de 10.000 millones de euros (43 % del total). La infraestructura de regadíos tiene asignada una inversión de más de 4.000 millones de euros (18 %), mientras que la de abastecimiento urbano supera los 3.600 millones de euros (16 %). Las infraestructuras destinadas a la reutilización del agua, muy importantes en algunas cuen-

cas, suponen una inversión de unos 1.100 millones de euros (5 %). A estas partidas se suman unos 2.000 millones de euros adicionales para conservación y seguridad de infraestructuras, de los que 600 millones de euros se destinan a la seguridad de presas.

En términos medios, estas cifras suponen una inversión anual próxima a 3.500 millones de euros en nuevas infraestructuras. Del Villar (2020) situaba las necesidades de inversión en torno a 85.000 millones de euros en las próximas décadas, lo que equivale a una financiación media anual de 5.000-6.500 millones de euros. Si se compara con lo previsto en la planificación hidrológica, se aprecia una brecha anual de 1.500-3.000 millones de euros por año respecto al ritmo actual.

La situación se agrava si se analizan las cifras previstas para la conservación y mantenimiento de la abundante infraestructura existente, con solo 300 millones de euros anuales. El vasto patrimonio hidráulico español está valorado en torno a 452.000 millones de euros (**cuadro 1**). Si se considera una vida útil de 50 años, requeriría un esfuerzo sostenido de reposición y mantenimiento cercano a 9.000 millones de euros anuales para preservar su funcionalidad, muy lejos de la inversión actual.

Finalmente, los propios planes hidrológicos reconocen que las inversiones previstas rara vez se materializan íntegramente en el ciclo establecido. La planificación atribuye a los organismos de la AGE del agua inversiones superiores al techo de gasto aprobado en los Presupuestos Generales del Estado, lo que conduce a retrasos y desplazamientos de actuaciones a ciclos posteriores. Por ello, la ejecución real de los programas de medidas se perfila como uno de los principales retos de la política hidráulica española.

4.3. Diagnóstico de la situación y necesidades de infraestructura

El diagnóstico que se presenta a continuación ofrece una visión de conjunto sobre el estado actual del sistema de infraestructuras del agua en España, analizando su grado de desarrollo, los principales déficits de mantenimiento o modernización y las necesidades de inversión que se derivan de ellos. La exposición se organiza en tres grandes bloques: las infraestructuras destinadas a la generación del recurso, las orientadas a su utilización y las vinculadas a la gestión del riesgo y a la mejora del estado ecológico.

4.3.1. Generación del recurso

Las infraestructuras destinadas a la generación del recurso incluyen regulación, transporte y recursos no convencionales. La capacidad de regulación general de las cuencas españolas no tiene un gran margen de mejora, tanto por razones ambientales como económicas. Las pocas actuaciones previstas para el periodo 2022-2027 en obras de regulación, con una inversión ligeramente superior a los 500 millones de euros, tratan de resolver problemas locales o mejorar la gestión, más que aumentar la capacidad reguladora.

El envejecimiento de la infraestructura no se limita a la vida útil de la presa —a veces centenaria—, sino que también afecta a los órganos de desagüe, las compuertas y los equipos electromecánicos, todos ellos sujetos a renovaciones periódicas. El envejecimiento, la pérdida de capacidad útil de los embalses por sedimentación, estimada en torno al diez por ciento, y las nuevas exigencias de seguridad y conservación, constituyen los principales desafíos de esta infraestructura, cuyo valor patrimonial ronda los 25.000 millones de euros. Suponiendo una inversión en mantenimiento de un 2 % del valor patrimonial, sería necesaria una inversión de unos 500 millones de euros al año, casi el doble de la dedicada en los planes hidrológicos al conjunto de todas las infraestructuras del agua.

Las grandes conducciones de transporte de agua se han convertido en una infraestructura estratégica para garantizar el equilibrio territorial del recurso. Aunque inicialmente se diseñaron solo como canales de conducción, hoy permiten interconectar sistemas, diversificar fuentes y reforzar la seguridad del suministro. Sin nuevos embalses, su conservación y modernización es ahora esencial para optimizar la gestión integrada de la oferta y la demanda de agua.

Los planes hidrológicos 2022-2027 contemplan inversiones próximas a los 1.300 millones de euros anuales en infraestructuras de abastecimiento y regadío, dirigidas sobre todo a mejorar la resiliencia frente a sequías y la eficiencia en el uso agrícola. Una parte importante de esta inversión se destina a la renovación de conducciones en alta y a la incorporación de tecnologías de telecontrol y digitalización. No obstante, la extensión y antigüedad de la red hace prever que será necesario un esfuerzo adicional.

Las fuentes no convencionales, principalmente la desalación y la reutilización de aguas residuales, son el tercer pilar de la generación del recurso. El desarrollo de estas fuentes alternativas debe superar la barrera del coste energético e integrarse con fuentes renovables; la reutilización, por su parte, requiere redes de distribución separadas, un marco tarifario estable y un estricto control de calidad.

Los planes de Agua (2004) y de Reutilización (2012) promovieron infraestructuras avanzadas y redes de distribución en las zonas más secas. Los periodos de escasez de la última década han acelerado una implantación que ha reforzado el Plan DSEAR (2014-2023)⁵ y el RD 1085/2024, alineado con el Reglamento (UE) 2020/741 para mejorar la calidad, trazabilidad y la gestión de riesgos.

El Real Decreto-Ley 4/2023 fija como meta alcanzar 1.000 hm³/año de reutilización en 2027, que duplica el volumen actual. Ello exigirá ampliar y modernizar infraestructuras, mejorar la depuración (especialmente en pequeños y medianos municipios), optimizar la eficiencia energética, digitalizar sistemas de control y garantizar la calidad según las nuevas

⁵ Plan Nacional de Depuración, Saneamiento, Eficiencia, Ahorro y Reutilización (PLAN DSEAR) 2014-2023 <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/saneamiento-depuracion/planes-instrumentos-financiacion/dsear.html>

exigencias. La financiación está prevista que sea mixta (fondos europeos, nacionales y autonómicos). Entre las iniciativas destaca el Plan para la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad en regadíos (2021–2026), que asigna a proyectos de agua regenerada 62 millones de euros.

Los planes hidrológicos destinan 1.100 millones de euros a la reutilización y 300 millones de euros a la ampliación y mejora de plantas desaladoras, especialmente en el Levante y Canarias. Las nuevas tecnologías: electrodiálisis inversa, energías fotovoltaicas integradas o procesos microbianos, permitirán reducir costes y minimizar el impacto ambiental de las salmueras. Todo ello para diversificar el suministro, aliviar la presión sobre las fuentes convencionales, mezclándolas a veces, y reforzar la resiliencia frente a sequías.

Aunque sin un objetivo concreto para aumentar la actual capacidad, el tercer ciclo de planificación hidrológica prevé inversiones cercanas a 800 millones de euros para construir nuevas plantas y ampliar o mejorar las existentes, mayormente en el Levante (cuenca del Segura) y Canarias. Como en la reutilización, la financiación de la desalación combina, dependiendo del proyecto y la cuenca, recursos estatales, europeos y autonómicos. A destacar el Plan para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad del riego (2021–2026) que asigna 124,2 millones de euros a actuaciones de desalación y 30 millones de euros a agua desalobrada.

4.3.2. Utilización del recurso

Los tres sectores mayoritarios en la utilización del recurso son el CUA, el regadío y la producción de energía. En el CUA conviene distinguir entre el abastecimiento y el drenaje y la depuración. A diferencia de lo que ocurre en otros sectores, en el ámbito urbano existen informes con estimaciones precisas sobre las necesidades de inversión en infraestructuras.

El crecimiento futuro de las infraestructuras de abastecimiento urbano depende de la evolución demográfica, principal factor que condiciona la demanda de agua. Otros elementos, como la tipología urbana o el origen del recurso, apenas variarán de forma significativa, salvo en el caso de la desalación, aunque su peso seguirá siendo relativamente limitado (según el SINAC, en 2021 el 5,2 % del agua de consumo, concentrada principalmente en Canarias y Baleares). En consecuencia, cabe prever que la expansión de estas infraestructuras siga un ritmo similar al del crecimiento poblacional.

En cuanto a la conservación del patrimonio existente, las necesidades financieras son considerables. Según Pérez *et al.* (2019), el coste anual para mantener y renovar las infraestructuras del suministro del ciclo urbano del agua asciende a 995 millones de euros. La inversión asignada a las infraestructuras de abastecimiento en los planes hidrológicos es de unos 600 millones de euros anuales que, en cualquier caso, deberían atenderse con las tarifas.

Para afrontar la renovación y el mantenimiento, se ha desarrollado la metodología de Gestión Patrimonial de Infraestructuras (GPI), que establece criterios técnicos y económicos

para priorizar las intervenciones. Mantener las infraestructuras urbanas en condiciones adecuadas requerirá destinar entre 1.000 y 1.500 millones de euros adicionales al año sobre los niveles actuales de inversión, lo que supone aproximadamente entre un 1,5 % y un 2 % de su valor patrimonial. Esta inversión debe destinarse a la renovación de tuberías, sustitución de válvulas y acometidas, y modernización de los sistemas de control, mediante la digitalización del ciclo urbano del agua para reducir fugas y optimizar la energía.

El saneamiento urbano es, dentro del ciclo urbano del agua, el subsector más necesitado de inversión. En España existen unas 2.200 estaciones depuradoras de aguas residuales, cifra claramente insuficiente. Aunque algunas grandes ciudades disponen de varias instalaciones y otras localidades comparten depuradoras mancomunadas, un indicador razonable sería disponer de, al menos, una planta por núcleo urbano. Bajo este criterio, el déficit de infraestructuras de depuración sigue siendo muy elevado, especialmente en las poblaciones de menos de 2.000 habitantes, muchas de las cuales carecen de sistemas adecuados y continúan vertiendo sin tratamiento.

A este déficit cuantitativo se suma el envejecimiento y obsolescencia tecnológica de muchas instalaciones existentes. La depuración de aguas residuales debe afrontar nuevos retos asociados a los contaminantes emergentes por lo que la reutilización exige incorporar tecnologías más avanzadas. En paralelo, numerosas urbanizaciones residenciales aún carecen de redes de drenaje y tratamiento, recurriendo a pozos ciegos o sistemas inadecuados que deberían eliminarse con urgencia.

Según Pérez *et al.* (2019), las necesidades financieras para mantener y renovar las infraestructuras de saneamiento y depuración ascienden a 2.900 millones de euros anuales. A ello deben añadirse las inversiones necesarias para corregir los déficits estructurales y desarrollar los SUDS, esenciales para mejorar la resiliencia de las ciudades ante episodios de lluvia intensa, cada vez más frecuentes. Frente a estas necesidades, la inversión asignada en los planes hidrológicos en infraestructura de saneamiento y depuración apenas supera los 1.600 millones de euros anuales, aunque, conviene insistir, la DMA indica que deben pagarlo los usuarios.

La principal causa del déficit de infraestructuras de saneamiento y depuración es su notable infrafinanciación tarifaria. A ello se suman dos desafíos ineludibles: la implantación progresiva de SUDS, especialmente en las ciudades mediterráneas, y la extensión de la cobertura de depuración al conjunto del territorio.

En el sector del regadío, las necesidades de inversión en infraestructuras son también muy relevantes. Aún persisten instalaciones obsoletas en determinadas zonas, con un 20 % de la superficie de riego (unas 700.000 hectáreas) que continúa utilizando sistemas por gravedad. Estas áreas requieren actuaciones de mantenimiento y renovación, así como una adaptación progresiva al cambio climático mediante infraestructuras más eficientes y resilientes.

Las proyecciones a medio plazo apuntan hacia una nueva etapa de modernización integral del regadío, apoyada en un volumen significativo de inversión pública y privada. Los planes hidrológicos prevén destinar algo más de 4.000 millones de euros a la renovación y adaptación de infraestructuras en alta durante el ciclo 2022-2027. A esta cifra se suman los 1.335 millones de euros del Plan de mejora de la eficiencia y sostenibilidad en regadíos (2021-2026), financiado con fondos del Plan de Recuperación y otras aportaciones del Plan Estratégico de la Política Agrícola Común, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Sociedad Mercantil Estatal de Infraestructuras Agrarias, S.A. que elevan el esfuerzo conjunto a más de 2.400 millones de euros. Objetivos prioritarios son aumentar la eficiencia hídrica y energética, incorporar energías renovables, la digitalización y el uso de recursos no convencionales con infraestructuras específicas para su producción y uso. También conviene destacar el PERTE Agroalimentario, con una línea para modernizar regadíos (410 millones de euros) y el PERTE de Digitalización del agua, con 200 millones de euros para actualizar estos sistemas.

En las zonas costeras, el riego deberá incorporar una gestión más flexible y diversificada de las fuentes de agua, combinando recursos convencionales con reutilización y desalación, siempre que resulten técnica y económicamente viables. Las Comunidades de Regantes, pieza esencial en la gestión del agua agrícola, necesitan fortalecer su capacidad de operación, mantenimiento y actualización tecnológica. La integración de las tecnologías de la información y la comunicación en los sistemas de riego, junto con la mejora de la gobernanza, serán indispensables para avanzar hacia un modelo más eficiente y sostenible, lo que requiere instrumentos innovadores de financiación y fórmulas de cooperación público-privada.

La infraestructura hidroeléctrica cobrará mayor protagonismo en los próximos años. El horizonte de planificación energética prevé aprovechar al máximo el potencial de las centrales reversibles, dado su papel estratégico en la transición hacia un sistema eléctrico descarbonizado y flexible. Ya se ha indicado que el PNIEC establece como objetivo alcanzar 22.500 MWh de capacidad total de almacenamiento para 2030, mayormente hidroeléctrica, la tecnología más madura y viable.

La antigüedad de estas infraestructuras (la mayoría supera los 50 años) plantea necesidades de modernización de equipos, adaptación a nuevas exigencias de seguridad y compatibilidad ambiental. Además, un número importante de concesiones hidroeléctricas se acerca a su vencimiento, lo que abre un debate sobre su futura gestión y sobre la posibilidad de reorientarlas hacia un uso múltiple que combine energía, seguridad hídrica y objetivos ambientales. Las centrales hidroeléctricas, especialmente las fluyentes, se enfrentan también, por la implantación de los caudales ecológicos, a una pérdida de rentabilidad.

Debido a limitaciones físicas y ambientales, la mayoría de los emplazamientos idóneos para grandes presas ya están ocupados, las opciones más realistas pasan por modernizar las instalaciones existentes y transformarlas en saltos reversibles.

4.3.3. Infraestructuras intersectoriales

En este apartado se incluyen las infraestructuras de protección frente a las inundaciones y las actuaciones destinadas a la mejora del estado ecológico. Desde el punto de vista económico, ambos grupos, por su carácter de bien público, suelen ser financiados en su totalidad por las administraciones públicas.

Los planes hidrológicos destinan una parte importante de sus programas de medidas a la gestión de riesgos, totalizando más de 400 millones de euros al año, aunque no todo ello se invierte en infraestructuras. La protección de las inundaciones está en un proceso de transición. Por una parte, las presas continúan desempeñando un papel esencial en la laminación de avenidas, aprovechando su capacidad de almacenamiento y una gestión coordinada para reducir las puntas de las crecidas. En algunas cuencas se emplean embalses de laminación específicos para evitar las inundaciones. Sin embargo, presas y embalses se complementan con otras actuaciones. Las defensas fluviales tradicionales tienen una eficacia limitada y muchas requieren mantenimiento o adaptación a nuevas condiciones climáticas. Algunas han sido desmanteladas por su impacto ambiental, aunque siguen siendo necesarias ante la creciente ocupación de llanuras de inundación. Los fenómenos extremos recurrentes evidencian un déficit de infraestructuras y de mecanismos eficaces de protección civil.

De manera creciente, se reconoce la necesidad de complementar las infraestructuras tradicionales con soluciones basadas en la naturaleza, como la recuperación de llanuras de inundación, la restauración de humedales o la reforestación de riberas. Estas medidas reducen el riesgo de inundación al tiempo que generan beneficios ambientales, paisajísticos y sociales. También se promueven actuaciones de protección pasiva, como la impermeabilización o, en zonas de riesgo, la elevación de viviendas. Los sistemas de previsión y alerta temprana constituyen asimismo una inversión esencial para la gestión del riesgo, apoyados en redes de sensores, estaciones hidrométricas y *software* en tiempo real con un ciclo de vida muy corto, que necesita renovaciones frecuentes.

Por último, las infraestructuras orientadas a la mejora del estado ecológico han adquirido un peso creciente en los programas de medidas. Incluyen proyectos de restauración fluvial, eliminación de obstáculos transversales, instalación de escalas de peces, revegetación de riberas y creación de humedales artificiales. Estas actuaciones, promovidas en el marco de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos y de la DMA, buscan recuperar la funcionalidad natural de los ecosistemas y compatibilizar los usos humanos con la conservación ambiental.

Los programas de medidas del ciclo 2022–2027 asignan casi 2.000 millones de euros a este tipo de intervenciones, que suponen una parte importante del presupuesto ambiental total. Su eficacia depende de una adecuada integración con las infraestructuras hidráulicas tradicionales y de un seguimiento continuo con redes de control ecológico y herramientas de teledetección.

4.4. Diseño institucional, marco normativo para la financiación de las inversiones e incentivos económicos

En este apartado, abordamos las medidas de carácter económico y financiero que podrían contribuir a mejorar la gestión del agua, la conservación de las infraestructuras existentes y la financiación de las nuevas mencionadas en anteriores epígrafes.

Empecemos por resumir las necesidades de inversión en infraestructuras de agua. Según la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS), la renovación de activos requiere aproximadamente 2.200 millones de euros anuales, cifra que, sumada a las obras nuevas y a las exigencias de calidad, alcanzaría los 4.900 millones de euros.

La planificación hidrológica para el periodo 2022-2027 contempla inversiones por 32.957 millones de euros, si bien históricamente solo se ejecuta entre el 30 % y el 40 % de lo previsto. La CEOE (2023) por su parte estima que las inversiones en “infraestructuras equivalen a 17.300 millones de euros, que se desglosan en depuración 6.402 millones de euros, prevención de inundaciones 1.673 millones de euros, desertificación, sequía y ecosistemas 4.851 millones de euros, cohesión social (alcantarillado y EDARs) 2.962 millones de euros y gestión de recursos 1.416 millones de euros”. Del Villar (2020) estima que el déficit de inversiones es de 2.000 a 3.000 millones de euros anuales y las necesidades totales de inversión, incluyendo la reposición de infraestructura, en 85.000 millones de euros, cifra que coincide con la del Ministerio⁶, pero que es inferior a la de TYPESA y SEOPAN (2025) de 104.000 millones de euros. DAQUA sugiere que el déficit anual es de 5.700 millones de euros (ver nota 6). La discrepancia de las estimaciones, junto a los diferentes ámbitos en que se circunscribe cada fuente, hace difícil precisar qué necesidades de inversión tiene el sector del agua más allá de su orden de magnitud.

4.4.1. El binomio escasez económica de agua e infraestructuras

La escasez económica del agua sea coyuntural, causada por sequías, o estructural, deriva de un exceso de demanda sobre la oferta disponible y por la ausencia de un mecanismo de ajuste entre demanda y oferta. En ausencia de un precio equilibrador, la demanda de agua siempre supera a la oferta disponible en la mayoría del país y períodos, dada la aridez de nuestro territorio, la productividad del agua y la tierra en el regadío, el sector turístico y las crecientes demandas ambientales que restan disponibilidad a estos usos consuntivos.

Ya se ha indicado que las infraestructuras de agua multiplican por tres o cuatro la disponibilidad que existiría de no disponer de ellas. La oferta de agua se materializa con el concurso de las infraestructuras. Pese a ello, y al hecho multiplicador de la técnica y la infraestructura del recurso disponible, en España no se cobra por el agua un coste de oportunidad o del

⁶ https://www.larazon.es/economia/agua-inversion-regulacion-garantizar-futuro_2025100568dfaae7771e4a2d532cce4d.html

recurso, se cobra en razón a los costes del servicio. La tarifa del agua no actúa como mecanismo equilibrador, salvo excepcionalmente en el caso de los contratos de cesión de concesiones, o mediante los centros de intercambio, en los que sí emerge un precio de intercambio. Pero son tan infrecuentes que no llegan a poner de relieve un valor económico intrínseco, de tal forma que solo la ciencia económica aplicada ha sido capaz de evaluarlo y no por pocos autores y en contextos muy diferentes.

Esa ausencia de un mecanismo de ajuste vía precio equilibrador se suple a corto plazo con la función ordenadora de la administración competente, que asigna los recursos de acuerdo con la disponibilidad, al amparo de dos prescripciones del derecho de aguas: por un lado, el orden de preferencia de usos e, indisoluble a ello, el derecho de uso para riego subordinado al del abastecimiento, que tiene mayor prelación y garantía. Se trata de esta forma de aprovechar la existencia de grandes usuarios con derechos de uso con menor garantía, proporcionando al sistema una seguridad que de otro modo no se tendría. Este mecanismo ordenador opera eficazmente en situaciones de sequía, y su funcionamiento ocurre con mínima conflictividad al amparo de la ley. Por otro lado, en la gestión del agua ‘en alta’ o al nivel de cuenca, el mecanismo regulador es la planificación hidrológica, cuyos fines se han presentado en el apartado 3, y en situación de sequía los planes especiales de sequía.

La oferta puede crecer, además de por las infraestructuras hidráulicas, por medio de la desalación o la reutilización de aguas. En este caso, la existencia de precios públicos (tasas y cánones) relativamente bajos para los usuarios de las fuentes convencionales, o nulos en el caso de aguas subterráneas, desestimula a cualquier usuario a disfrutar de estos recursos no convencionales. De ahí que el gobierno haya ofrecido a los regantes tarifas subvencionadas para aguas desaladas en sustitución de agua mucho más barata del Trasvase Tajo-Segura. Solo en el caso de una oferta nueva a costes reales encontrará una demanda que la aproveche si hay usuarios dispuestos a asumir un compromiso a largo plazo a un precio más elevado. En todo caso, sustituir recursos captados de fuentes primarias, aguas que por ser recursos convencionales son, en general, muy baratas, requerirá que el receptor de las aguas primarias compense al usuario de recursos no convencionales, o bien reciba subvenciones públicas para usarla. También la implantación de impuestos ambientales (Dinamarca grava la extracción de aguas subterráneas con hasta 0.9 €/m³) podría igualar las condiciones económicas de ambos recursos.

4.4.2. Reforma del régimen concesional

Los poderes públicos tienen la potestad de revisar las concesiones, aspecto que tendría mayor impacto en el sector agrario, adecuando los volúmenes o caudales concedidos a las necesidades de los productores; quedan todavía muchas concesiones con volúmenes injustificadamente elevados, que no propician el uso eficiente del agua. Esta necesidad es clave con la modernización de los regadíos, una asignatura pendiente en aproximadamente el 20 % del regadío español. La modernización y la tecnificación del riego han contribuido a aumentar la

productividad de la tierra, del agua y de los factores productivos, pero hay que asegurarse de que no aumente el consumo neto del agua, revisando a la baja las concesiones de los regantes de zonas modernizadas.

Existen diversos motivos para revisar el marco concesional como señala Embid Irujo (2023). En primer lugar, podría pensarse en reducir la vigencia de las concesiones y no renovarlas de forma automática, lo que permitiría una gestión más flexible y adaptada a las circunstancias actuales y futuras. Asimismo, es necesario armonizar los volúmenes concedidos con las previsiones de los planes de cuenca, evitando ignorar los impactos ya visibles del cambio climático y favoreciendo el buen estado ecológico de las masas de agua. Otro aspecto clave es la regulación más precisa de los contratos de cesión de derechos del agua, que deberían estimularse especialmente cuando existe la posibilidad de intercambiar agua regenerada de origen urbano —apta para usos agrarios, riego, limpieza urbana o campos de golf— por agua de mayor calidad captada de una fuente. Finalmente, los centros públicos de intercambio de derechos de uso de agua requieren mayor agilidad y seguridad en sus operaciones, lo que implica dotarlos de medios técnicos y humanos adecuados para su gestión. El hecho de que su utilización sea voluntaria, y se realice a cambio de una compensación económica, los convierte en una herramienta especialmente útil para optimizar la asignación de recursos hídricos incentivando las cesiones de los usuarios menos productivos.

4.4.3. Revisión del régimen económico-financiero

El régimen económico-financiero se ha revelado como insuficiente para satisfacer el principio de la recuperación del coste financiero de los servicios del agua (**cuadro 3**), y mucho menos del coste ambiental o del recurso. Es por ello necesario que los usuarios del agua aumenten su contribución económica, modificando la fórmula de amortización contemplada en la legislación y diseñando los planes de obras e infraestructuras con un reparto financiero más equilibrado y menos dependiente de la AGE. El efecto más inmediato de esta dependencia de los presupuestos públicos es la insuficiencia inversora tanto en mantenimiento y reposición de infraestructuras, como en las inversiones futuras ya mencionadas en apartados previos.

Por ello, algunos autores proponen sustituir el canon y la tarifa establecidos en la ley por una tasa de extracción de agua que grave la captación del recurso para usos privados, con el objeto de sufragar los costes de administración y protección del medio hídrico. Esta tasa supondría además contar con una relación de contribuyentes que, asociada con el registro de titulares de concesiones, permitiría su actualización periódica y un estímulo mayor para racionalizar el uso (MITERD, 2020). Sin embargo, esta tasa no debe asumir el papel regulador de la escasez, pues la administración carecería de información para fijar precios eficientes, adaptándolos a las condiciones de cada momento. En consecuencia, se recomienda recuperar primero los costes económicos relacionados con el uso del agua y, posteriormente, diseñar incentivos que emulen el mercado, complementando la función ordenadora de la Administración.

4.4.4. Regulación del ciclo urbano del agua

Los datos de déficit de inversión se revelan con la máxima crudeza en el CUA, como hemos comentado en apartados anteriores. Todas las fuentes consultadas coinciden en ello, aunque difieren tanto en las cuantías que habría que invertir, como en las prioridades de las infraestructuras a desarrollar, así como sobre la regulación y la gobernanza que habrían de instituirse como medidas correctoras. Existe, no obstante, consenso entre los especialistas y representación empresarial sobre varias cuestiones (AEAS y AGA, 2019; Gayá, 2020; CEOE, 2023; TYPESA y SEOPAN, 2025; y del Villar, 2020). Primero, existe una legislación de obligado cumplimiento que se incumple. En segundo lugar, se estima un déficit de inversión anual de 2.000 a 3.000 millones de euros solo en el CUA, causada en parte por la insuficiencia de los recursos necesarios generados con las tarifas. En tercer lugar, al tratarse de un sector regulado y con carácter de monopolio natural, se echa en falta un regulador, o al menos de una función reguladora y homogeneizadora de la calidad del servicio. En cuarto lugar, se detecta una debilidad e insuficiencia de capacidad de las administraciones y entidades locales para formular proyectos de inversión, que puedan ofrecer garantías de rentabilidad para inversores privados o en partenariados público-privados en proyectos con largos periodos de amortización. Desgranamos, brevemente, alguno de estos puntos a continuación.

El cumplimiento de la legislación y las normativas es obligado, pero España incumple desde hace años Directiva 91/271/CEE sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas. Además, el panorama normativo apunta a mayores exigencias, como consecuencia de la trasposición al Derecho español las Directivas de Aguas Potables y de Tratamiento de Aguas Residuales⁷. Ambas directivas marcan un ambicioso camino con hitos técnicos claros de extraordinaria dificultad técnica y coste económico.

La creación de un regulador estatal técnico – económico es demandada por CEOE (2023) y por AEAS y AGA (2019), asunto sobre el cual Cabrera Marcet y Cabrera Rochera (2016) han aportado sólidos argumentos, en parte basados en la práctica comparada. Existen razones para situar en el centro de la regulación del CUA el papel de un regulador estatal.

La gestión del ciclo urbano del agua en España enfrenta desafíos estructurales que requieren una respuesta coordinada y eficaz. La creación de un regulador único permitiría abordar estos retos de forma integral, garantizando la equidad, la sostenibilidad y la eficiencia del servicio en todo el territorio. Ello permitiría superar la fragmentación institucional, de tal forma que un regulador nacional permitiría coordinar políticas, reducir disparidades territoriales y asegurar un servicio homogéneo de calidad a toda la ciudadanía. Se potenciaría también la rendición de cuentas mediante reportes normalizados, publicando comparativas (*benchmarking*) y fomentando la transparencia en la gestión pública y privada.

⁷ Directiva (UE) 2020/2184 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, traspuesta en España mediante el Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. Y Directiva (UE) 2024/3019 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre de 2024, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, en fase de trasposición.

Además, un regulador nacional podría definir principios técnicos claros para la fijar las tarifas (coste real, recuperación de costes, equidad social), supervisar las revisiones tarifarias y promover la sostenibilidad económica. Un resultado de todo ello sería una aceleración de la digitalización, permitiendo mejorar la eficiencia operativa, detectar fugas y optimizar el consumo. No olvidemos tampoco que la intervención de múltiples actores (ministerios, confederaciones, comunidades autónomas, ayuntamientos, operadores) dificulta la planificación estratégica. Un regulador centralizado facilitaría la coherencia regulatoria y la coordinación interinstitucional, potenciando las economías de escala, agrupando entidades o sistemas de gestión de pequeño tamaño.

Con todo, estaríamos alineándonos con buenas prácticas internacionales, con modelos parecidos al de Reino Unido (OFWAT), Portugal (ERSAR) o Italia (ARERA) que han mejorado la eficiencia y transparencia del sector mediante reguladores nacionales. España podría modernizar su marco institucional siguiendo modelos adaptados a su realidad descentralizada.

Además, un potencial regulador necesita criterios técnicos para medir la eficacia de un sistema concreto, que a su vez permita a la administración competente establecer las tarifas reguladas y recuperadora de costes. Con ocasión de la aprobación del PERTE de Digitalización del Ciclo del Agua se creó el Observatorio de la Gestión del Agua en España⁸ con el objetivo de proporcionar información clara y accesible sobre el estado y la gestión del agua en España, mejorar la transparencia en las políticas públicas y facilitar la toma de decisiones. Sin embargo, el Observatorio no contempla informar sobre los servicios del CUA, por lo que no será un instrumento de comparación que permita estudios de *benchmarking* entre sistemas y proponer indicadores técnicos de desempeño.

La tercera función podría ser tipificar los proyectos de inversión, distinguiendo entre aquellos no susceptibles de financiarse mediante tasas o tarifas a sus usuarios—proyectos sin beneficiarios identificables y con carácter de bien público (Infraestructuras intersectoriales); y aquéllos otros con costes imputables a usuarios mediante tarifas de uso. Para los primeros se necesitan fondos presupuestarios estatales, autonómicos o europeos; y para los segundos se deben crear estructuras de financiación con mayor participación de los mercados de capitales, liberando recursos públicos para financiar actuaciones ambientales o de servicios de bienes públicos.

El cuarto elemento que se propone, en consonancia con Del Villar (2020), es crear un Fondo estatal del agua que actúe como una plataforma de financiación del agua y que propicie la formación de esquemas que financien con recursos propios, transferencias directas de organismos públicos y cofinanciación de proyectos o como gestor de riesgos y mediador de la financiación (bróker) de otros agentes financieros públicos y privados. Se trataría de un esquema de financiación híbrida (*blended finance*), en la que se podrían combinar numero-

⁸ <https://pre-observatorioagua.miteco.es/>

sas fuentes de financiación. Tendría también la función de facilitadora en la elaboración de proyectos, aunando competencias técnicas con las de una plataforma financiera.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

España dispone de un valioso patrimonio de infraestructuras hidráulicas, fruto de más de un siglo de desarrollo. Gran parte de estas instalaciones —de regulación y almacenamiento, generación hidroeléctrica, ciclo urbano del agua y regadío— supera los 50 años de antigüedad, lo que exige un esfuerzo reforzado en mantenimiento, renovación y modernización. Paralelamente, se han identificado necesidades de nuevas infraestructuras en todos los ámbitos del agua para afrontar el cambio climático, garantizar el abastecimiento a la población, la industria, los servicios y el comercio, asegurar la producción agraria, impulsar la generación y el almacenamiento energético y mejorar el estado ecológico de las aguas superficiales y subterráneas. Todo ello requiere una visión a largo plazo y el máximo rigor y continuidad en la ejecución de los planes aprobados, dotándolos del presupuesto necesario.

No obstante, debido a lo dilatado de los procesos de diseño, aprobación, financiación y ejecución, la inversión en infraestructuras debe ir acompañada de reformas legales y regulatorias. Por un lado, el régimen concesional precisa ajustes que permitan a la autoridad hídrica ordenar los usos de forma más adaptada a las tendencias hidrometeorológicas y a su creciente variabilidad derivada del calentamiento global. Esto debe facilitar una mejor armonización entre usos y disponibilidades en cada momento y lugar, conforme a los criterios de planificación de cuenca, incorporando las mejoras de eficiencia que aportan la tecnología y el control avanzado del agua. Asimismo, la flexibilización legal para el intercambio de derechos debe regularse con mayor precisión, logrando una asignación más eficiente y ágil de recursos escasos, sin comprometer la integridad ambiental de los ecosistemas.

Es también imprescindible abordar una reforma profunda del régimen económico-financiero del agua en alta y de los sistemas tarifarios del ciclo urbano, pues actualmente ni garantizan la recuperación plena de costes ni incentivan la inversión. A ello se suma la reducción de fondos europeos —parcialmente mitigada por los *Next Generation* durante unos pocos ejercicios— y la limitada disponibilidad presupuestaria de las administraciones, lo que ha generado un déficit inversor estimado en 3.000-4.000 millones de euros anuales, equivalente al 0,2 % del PIB. Es necesario, por tanto, crear una estructura de financiación que distinga las actuaciones de carácter público, donde es difícil identificar beneficiarios directos, de aquellas que sí lo permiten y son susceptibles de cofinanciación mediante tarifas, aplicando el principio de recuperación de costes.

Asimismo, se requiere desarrollar un marco regulatorio para el ciclo urbano del agua, basado en la defensa del derecho universal al agua, que establezca indicadores de calidad homogéneos para todas las comunidades autónomas y corrija dos deficiencias críticas: la falta de inversión en renovación de infraestructuras y la insuficiencia tarifaria. La mejora

del ciclo urbano es especialmente urgente en la recogida y tratamiento de aguas residuales por dos razones: primero, porque el 80 % de las aguas urbanas se devuelve a las fuentes o se vierte al mar, práctica que debe eliminarse por completo en las zonas costeras mediterráneas; y segundo, porque la nueva Directiva Europea de Aguas Residuales Urbanas supondrá un cambio sustancial, imponiendo exigencias más estrictas en depuración y gestión de aguas pluviales.

A todo lo anterior se suma la necesidad de fijar tarifas que permitan recuperar íntegramente los costes del servicio, incluyendo amortización, conservación y explotación, y financiar las inversiones requeridas para cumplir la Directiva. Los cálculos indican que las tarifas urbanas podrían incrementarse, en promedio, 1,5 €/m³, lo que permitiría recaudar 3.375 millones de euros, cifra equivalente al déficit actual. Todo ello con una excepción, la de los pequeños núcleos urbanos y rurales sin economía de escala, para los que se debería diseñar un sistema de financiación especial. No es un problema porque representa un porcentaje menor de la población.

Para ello, proponemos la creación de un regulador técnico-económico estatal que garantice la calidad del servicio, regule las tarifas —o al menos establezca criterios adecuados— y genere un marco propicio para la inversión pública, privada o mediante partenariados. Asimismo, se debe constituir un fondo estatal que actúe como agente inversor, clasificando los proyectos según su naturaleza y beneficiarios, y que funcione como plataforma de financiación con acceso a recursos de diversa procedencia. Este fondo podría, además, asumir funciones de elaboración de proyectos y aportar capacidades técnicas.

En conclusión, la dimensión legal, institucional y regulatoria requiere una reforma profunda que configure un entorno económico donde las inversiones —públicas, privadas o mixtas— puedan desarrollarse con riesgos controlados y garantías de recuperación de costes. No creemos que haya otro camino.

Referencias

- AEDYR (ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE DESALACIÓN Y REUTILIZACIÓN). (2018). *Desalación en España en primera persona: De hitos pioneros, a referente internacional. Informe*. https://aedyr.com/wp-content/uploads/2024/02/AEDYR_HistoriaDesalacion_PUBLICACION.pdf
- AEAS y AGA. (2019). *Hacia una financiación más eficiente de las infraestructuras del ciclo urbano del agua en España*. https://www.daquas.es/images/Doc_Ot_Estudios/COVID/SP.pdf
- ASCE (AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS). (2020). *The Economic Benefits of Investing in Water Infrastructure. How a Failure to Act Would Affect the US Economic Recovery*. New York. USA: American Society of Civil Engineers.
- BERBEL, J., y GUTIÉRREZ-MARTÍN, C. (2017). *Efectos de la modernización de regadíos en España*. Almería: Fundación Cajamar. 112p. ISBN: 978-84-95531-77-9.
- CABRERA, E., ESTRELA, T., y LORA, J. (2019). Desalination in Spain. Past, present and future. *Ingeniería del agua*, 23(3), 199-214. <https://doi.org/10.4995/Ia.2019.11597>

- CABRERA MARCET, E., y CABRERA ROCHERA, E. (eds.). (2016). *La Regulación de los Servicios Urbanos de Agua*. Aqualia, ITA, Universitat Politècnica de València.
- CALATRAVA, J., GARCÍA-VALIÑAS, M., GARRIDO, A., y GONZÁLEZ-GÓMEZ, F. (2015). Water Pricing in Spain: Following the Footsteps of Somber Climate Change Projections. En: A. DINAR, V. POCHAT y J. ALBIAC-MURILLO (eds.) *Water Pricing Experiences and Innovations. Global Issues in Water Policy*, vol 9., Cham.: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16465-6_16
- CEOE. (2023). *Informe sobre el agua en España: situación actual, retos y oportunidades*. Madrid. <https://www.ceoe.es/es/publicaciones/sostenibilidad/informe-sobre-el-agua-en-espana-situacion-actual-retos-y-oportunidades>
- COMISIÓN EUROPEA, CE. (2025). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. *Estrategia europea de resiliencia hídrica*. Bruselas, 4.6.2025 COM(2025) 280 final.
- DEL VILLAR, A. (2020). Informe sobre reforma del modelo de financiación de las actuaciones del agua en España. *Libro verde la Gobernanza del Agua*. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/sistema-espaniol-gestion-agua/libro-verde-gobernanza.html>
- EMBD IRUJO, A. (2023). El régimen concesional en el marco de la seguridad hídrica y del cambio climático. En A. EMBD IRUJO (Dir.). *Seguridad y Cambio Climático*. Cizur Menor: Aranzadi, 21-44.
- EXPÓSITO, A., y BERBEL, J. (2017). Why Is Water Pricing Ineffective for Deficit Irrigation Schemes? A Case Study in Southern Spain. *Water Resour Manage*, 31, 1047–1059. <https://doi.org/10.1079/9781845932923.0295>
- GAYÁ, J. (2020). Informe sobre la regulación del ciclo urbano del agua en España. *Libro verde la Gobernanza del Agua*. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/sistema-espaniol-gestion-agua/libro-verde-gobernanza.html>
- INE. (2024). *Estadística sobre el suministro y saneamiento del agua. Año 2022*. Instituto Nacional de Estadística. <https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?tpx=53450>
- MAPA (MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN). (2024). *Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos (ESYRCE)*. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/>
- MAPA (MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN). (2025). Peso económico del regadío en la Producción Final Vegetal. *AgrInfo*, n.º 41, marzo 2025. Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística, Subsecretaría. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/aypregadio_pran41.pdf
- MITERD. (2007). Red de canales principales. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/red-hidrografica.html>
- MITERD (antes, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO). (2010). *Estrategia nacional para la modernización sostenible de los regadíos H2015. Informe de sostenibilidad ambiental*. Dirección General del Agua.
- MITERD. (2020). *Libro Verde de la Gobernanza del Agua*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- MITERD. (2021). Inventario de obras longitudinales de protección frente a inundaciones. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/planes-gestion-riesgos-inundacion/acceso-inventario-obras-de-proteccion-frente-a-inundaciones.html>
- MITERD. (2022). *Informe de seguimiento de los Planes hidrológicos de cuenca y de los recursos hídricos en España*. Año 2021. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, pp. 191.
- MITERD. (2023). *Líneas de actuación para la mejora de la seguridad de presas y embalses 2023-2033*. Subdirección General de Dominio Público Hidráulico e Infraestructuras. Ministerio Para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

- MITERD. (2025a). *Inventario de Empresas y Embalses*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/seguridad-de-presas-y-embalses/inventario-presas-y-embalses.html>
- MITERD. (2025b). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.html>
- MS (MINISTERIO DE SANIDAD). (2022). *Calidad del agua de consumo en España, 2021*. Madrid: Ministerio de Sanidad. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones.
- PÉREZ A., GRACIA DE RENTERÍA, P., BALLESTEROS, M., PÉREZ, A., EZBAKHE, F., y GUERRA-LIBRERO, A. (2019). *Análisis de las necesidades de inversión en renovación de las infraestructuras del ciclo urbano del agua*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- TYPSA y SEOPAN. (2025). *Estrategia e Inversiones para la Eficiencia y Resiliencia Hídrica en España*. <https://seopan.es/wp-content/uploads/2025/11/Informe-TYPSA.pdf>
- UE (UNIÓN EUROPEA). (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* de 22/12/2000. L 327/1 a L 327/72.

CAPÍTULO IV

Infraestructuras de energía

Diego Rodríguez Rodríguez*

El propósito de este capítulo es analizar la función de las infraestructuras en el sector de la electricidad y el gas, identificar los retos a los que se enfrentan y presentar algunas recomendaciones sobre los principales asuntos de interés. Para tal propósito, la definición de infraestructura empleada es extensa, incluyendo tanto las vinculadas con el suministro como las vinculadas con el transporte o la distribución de energía. La evaluación otorga mayor relevancia al sector eléctrico, debido a su mayor peso económico en comparación con el gas y, en particular, su creciente relevancia en la transición energética.

Palabras clave: infraestructura energética, sector eléctrico, suministro, renovables, distribución, transición energética.

* UCM y Fedea.

1. INTRODUCCIÓN

La energía constituye un *input* básico en cualquier actividad económica. En consecuencia, todo lo relacionado con su provisión, almacenamiento o transporte está sujeto a una intensa discusión, que no está exenta de cierta complejidad. A ello contribuye el hecho de que en la regulación del sector energético se desea satisfacer de modo simultáneo distintos objetivos. Por un lado, se desea disponer de energía asequible para los hogares y las empresas. Para ello es básico mantener niveles adecuados de competencia, que también fomenten la innovación. Por otro lado, se desea seguridad en el suministro energético, disponiendo de la energía requerida en todo momento. Por último, dado que la generación y el consumo de energía son el origen principal de las emisiones de gases de efecto invernadero, se desea avanzar en una transformación de esta actividad como pilar fundamental para la reducción global de emisiones, en el marco de las medidas de mitigación para la lucha contra el cambio climático. La estrecha conexión existente entre estos elementos hace que en la Unión Europea (UE) se hable de la Unión de la Energía y el Clima.

En este contexto, las actividades vinculadas a la generación, transporte y comercialización de electricidad y gas están sometidas a una notable intervención regulatoria de carácter económico y técnico. La regulación económica surge, por ejemplo, porque están presentes condiciones de monopolio natural en algunas actividades, particularmente las redes, o porque se desea satisfacer determinados objetivos de política energética, como puede ser el despliegue de ciertas tecnologías. La regulación técnica está vinculada, por ejemplo, con el mantenimiento de un adecuado equilibrio entre la oferta y la demanda. A diferencia de lo que ocurre en otras actividades, donde son las fuerzas de mercado las que conducen a ese equilibrio en el medio o largo plazo, el funcionamiento del sistema eléctrico y gasista obliga a la satisfacción del equilibrio entre oferta y demanda en plazos temporales muy cortos, que de hecho pueden ser tan cortos como pocos segundos. En ese sentido, son sistemas que hay que “operar”, para lo que es necesario disponer de un amplio conjunto de reglas que configuran la operación técnica del sector.

El propósito de este capítulo es analizar el papel de las infraestructuras en el ámbito de la electricidad y el gas, identificar los retos que afrontan y realizar algunas propuestas finales. Con ese fin, el concepto de infraestructura utilizado es amplio, integrando tanto las relacionadas con el aprovisionamiento o la generación como las relacionadas con el transporte o distribución de la energía. El análisis concede más importancia al caso del sector eléctrico, dado su mayor peso económico en relación con el gas y, sobre todo, su creciente importancia en la transición energética. Obviamente, no se pretende hacer un estudio exhaustivo de todos y cada uno de los temas aquí tratados sino apuntar dónde se observan los principales asuntos de interés. Por último, debe señalarse que en el capítulo no se analiza el caso de los hidrocarburos líquidos, esto es, del petróleo y sus derivados, pues este es un sector plenamente liberalizado y no sujeto a intervenciones regulatorias.

2. SITUACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS

2.1. Tipos de infraestructuras y separación vertical

Hay tres tipos básicos de infraestructuras energéticas. En primer lugar, aquellas dirigidas a la generación del *input* energético. En el caso de la electricidad, se trataría de las centrales o plantas de generación eléctrica. En el caso de los hidrocarburos (gas y petróleo), no existe generación doméstica del *input* primario, sino que este es importado en su totalidad, aunque sí hay plantas de transformación de ese *input* importado: refinerías en el caso del petróleo o plantas de regasificación en el caso del gas natural. En segundo lugar, hay un amplio conjunto de infraestructuras de red para transportar ese *input* energético generado domésticamente o adquirido al exterior hacia los lugares de consumo, básicamente hogares y empresas. Tanto en el caso de la electricidad como del gas, se distingue entre la red troncal, que es la red de transporte, y la red más capilar, que es la red de distribución. En el caso del gas, las actividades de almacenamiento y de transformación del gas importado desde el estado líquido al estado gaseoso (cuando se importa como gas natural licuado¹) tienen un tratamiento regulatorio análogo al de las redes de gas (gasoductos), por lo que se tratan de modo conjunto. También existe una red troncal de distribución de derivados del petróleo. En tercer lugar, existe un amplio conjunto de infraestructuras asociadas al uso de la energía por parte de los consumidores finales. Estas pueden ser, entre otras, sistemas de combustión para la calefacción o aparatos eléctricos de cualquier tipo (incluyendo, por ejemplo, automóviles eléctricos), pero también redes privadas. En general, esas infraestructuras vinculadas con el consumo final no se consideran.

La generación y el transporte de energía son actividades sujetas a distinto grado de intervención regulatoria, que es especialmente intensa en el caso de las de transporte, pero en ambos casos son infraestructuras de titularidad privada. En particular, la generación eléctrica (o la adquisición de gas) se desarrolla en régimen de competencia. Esa generación está sujeta a una amplia regulación en relación con sus normas de funcionamiento con vistas a asegurar el funcionamiento del sistema eléctrico, que requiere en todo momento de un adecuado equilibrio entre la oferta y la demanda. Sin embargo, esa regulación técnica es compatible con un principio básico de libertad de entrada y salida en la actividad de generación. Con carácter general, los ingresos percibidos por los propietarios de estas instalaciones provienen del mercado. El caso de las redes es muy distinto, ya que, si bien son también de titularidad privada, su situación de monopolio natural conduce a que sean actividades altamente reguladas, no solo desde el punto de vista técnico, sino, también, económico (ingresos percibidos). Solo en el caso de algunas pequeñas redes de distribución local o muy pequeños generadores renovables la propiedad de esos activos es pública, sin que ello suponga cambio alguno en su funcionamiento o en su régimen de regulación.

¹ El gas se licúa en plantas de licuefacción en el puerto de origen a muy bajas temperaturas (aproximadamente a -162 °C), con una relación de volumen entre el estado líquido y gaseoso de aproximadamente 1/600.

Como ocurrió en otros sectores de red que partían de una situación de monopolio o de muy alta concentración del mercado, la liberalización de la actividad en la electricidad y el gas en el conjunto de la Unión Europea desde finales de la década de los noventa se basó en una separación vertical de actividades que distingue entre los generadores de energía, los que realizan su transporte y los comercializadores. Estos últimos adquieren energía a los generadores para vendérsela a los consumidores finales y la red es simplemente un canal “neutral”². Esto es, los comercializadores no producen ni distribuyen la energía³ y su margen se deriva exclusivamente de esa actividad de intermediación, pudiendo ser un margen regulado (si venden energía a un precio regulado) o no (si la venden a un precio libremente pactado entre las partes). Por lo tanto, el planteamiento general de la separación o segmentación vertical de actividades es que deben ser empresas distintas las que generen, transporten o comercialicen energía⁴, si bien pueden pertenecer al mismo grupo empresarial. Para explicar esta situación con más detalle, resulta conveniente partir de considerar que el regulador tiene distintas vías para separar o segmentar actividades, siendo unas más intrusivas que otras.

Una primera vía consiste en imponer una obligación a una empresa regulada basándose en que esta le proporcione información contable separada de sus distintas actividades. De ese modo tiene información, en principio suficiente, para poder fijar, por ejemplo, precios regulados sobre las actividades que estarían sometidas a regulación, de modo que esos precios estén orientados hacia los costes de producción. La obligación de disponer de una contabilidad regulatoria ha sido, de hecho, una vía habitual en el sector de las telecomunicaciones. En el caso de la energía, este modelo menos intrusivo es infrecuente, aunque existe. Por ejemplo, los ingresos del Operador del Sistema Eléctrico (OS) son ingresos regulados, pero en España, como en otros muchos países, el OS forma parte de la misma empresa propietaria de la red de transporte, que es Red Eléctrica de España (REE). De esta manera, REE está obligada a presentar información contable separada de las actividades de transporte y de operación del sistema. De ese modo, REE recibe dos retribuciones reguladas separadas. Por un lado, como transportista único que se encarga de la construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones de transporte de electricidad. Por otro lado, como encargada de la operación

² En ese sentido, tiene similitudes con el transporte ferroviario, donde se segregaron distintas empresas a partir de Renfe para prestar servicios distintos, mientras que la propiedad y gestión de la red la desarrolla otra empresa (ADIF). En contraste, la liberalización en las telecomunicaciones no se basó en la desintegración vertical del monopolista, sino en facilitar el acceso a su red por parte de los operadores entrantes, lo que permitía reducir los costes de entrada asociados a la “última milla”.

³ La separación de actividades entre la distribución y la comercialización, que se acometió tempranamente para las grandes empresas, se completó a finales de 2016 para el conjunto del sector eléctrico en España. Esto es así porque la Ley 54/1997 del sector eléctrico había permitido a las empresas distribuidoras de menos de 100.000 clientes realizar simultáneamente las actividades de distribución y comercialización. Esa exención se eliminó con la Ley del Sector Eléctrico (Ley 24/2013), que entró en vigor a finales de 2013, pero estableció un periodo transitorio de tres años para la adaptación a una separación plena entre ambas actividades.

⁴ Como referencia histórica, cabe contraponer este modelo al Marco Legal Estable vigente en España hasta 1997, en que el Estado tenía un intenso papel como planificador, garantizando a las empresas (que estaban verticalmente integradas) la obtención de unos beneficios razonables y estableciendo precios regulados (tarifas) para los consumidores finales. Ese modelo se modifica en España con la Ley del Sector Eléctrico de 1997 y la Ley de Hidrocarburos de 1998.

y gestión de la red en todo el territorio nacional. Lo mismo ocurre en el sector del gas con el Gestor Técnico del Sistema (GTS), que es una tarea desarrollada por Enagás junto a su actividad como transportista.

Naturalmente, cuando la separación de actividades es contable, la empresa regulada tiene incentivos para asignar costes e ingresos entre esas actividades de un modo que sea favorable a sus intereses. Por ejemplo, si una parte de su actividad está regulada y otra no, entonces tendrá un incentivo a asignar costes comunes (por ejemplo, de los servicios centrales) a la parte regulada, mostrando así al regulador que los costes que soporta en esa parte, por los que recibe una retribución regulada, son más altos⁵. Este es un típico ejemplo de información asimétrica entre la empresa regulada y el regulador, que este último trata de minimizar a través de una detallada contabilidad regulatoria de costes. Adicionalmente, es habitual que la separación contable vaya acompañada de una segunda forma de separación de actividades, consistente en la separación funcional. Esta consiste en que distintas unidades dentro de la empresa se encargan de actividades distintas. Para que la separación funcional sea efectiva, el regulador debe imponer algunas medidas que aseguren cierto nivel de independencia entre las decisiones adoptadas en las distintas unidades (véase CNMC, 2024).

Una segunda vía de separación de actividades es la separación legal. En este caso, distintas empresas se dedican a distintas actividades. Sin embargo, estas empresas pueden estar vinculadas a través de su participación en un mismo grupo, por lo que se establecen reglas para facilitar la independencia entre las decisiones tomadas en las distintas sociedades del mismo grupo. Esta ha sido la vía utilizada mayoritariamente para llevar a cabo la desintegración de actividades en el sector eléctrico y gasista, siguiendo el modelo instaurado en distintos paquetes de directivas europeas. Esta vía es más estricta que la mera separación contable y funcional, pero no excluye tampoco algunas dificultades. Por ejemplo, cuando una de las empresas del grupo obtiene ingresos fijados por el regulador, hay que controlar adecuadamente los contratos de prestación de servicios que realiza con la empresa matriz, ya que esta última tiene incentivos a encarecer los contratos con su filial regulada. Lo habitual en estos casos es que el regulador elimine o reduzca considerablemente los márgenes intragrupo de la retribución de la empresa regulada. Otra situación que se vigila es que, cuando un consumidor desee cambiar de comercializadora, las actuaciones por parte de la distribuidora (que participa en ese cambio, ya que es propietaria de la red hasta el contador) no sean más o menos diligentes por el hecho de que esta forme parte del mismo grupo que la empresa comercializadora que deja de prestar el servicio o comienza a prestarlo⁶.

En España, como en otros países, son particularmente importantes los grupos empresariales que, a través de distintas sociedades, participan en actividades de generación, distribución y comercialización. Esas sociedades estarán sometidas a regulación en un sentido

⁵ Este asunto fue, por ejemplo, objeto de intensa discusión en España cuando se separó la caja del negocio aeroportuario entre la parte de ingresos regulados (obtenidos a través de las tarifas aéreas) y la parte de ingresos no regulados (explotación de superficies comerciales), separación conocida como *dual till*.

⁶ Sobre esta cuestión, véase CNMC (2025a).

amplio, pero la que tendrá una actividad fuertemente regulada será la de distribución. Ello es así porque las redes disponen de una posición de monopolio en un territorio y sus ingresos, como posteriormente se describirá, proceden de un sistema de liquidaciones que gestiona el regulador; esto es, no son ingresos que provengan del mercado o directamente de los consumidores. Naturalmente, junto a grupos empresariales integrados verticalmente que tienen empresas que participan en las tres fases de la cadena, existe un gran número de empresas que solo intervienen en una fase, bien produciendo o bien comercializando electricidad.

La tercera forma de separación de actividades, y la más estricta, consiste en separar totalmente la propiedad de las empresas que se constituyen para desarrollar distintas actividades, prohibiendo vínculos directos o indirectos entre ellas. Por ejemplo, el grupo empresarial al que pertenece el transportista de electricidad (REE) no puede poseer activos de generación eléctrica, salvo por circunstancias muy concretas relacionadas con la gestión en sistemas aislados (insulares), no puede tener activos de red de distribución ni puede comercializar energía a través de otras sociedades del grupo empresarial. El grupo sí puede poseer otras empresas en otros países, u otras actividades distintas a la energía en España, pero en todos los casos con separación legal de la sociedad que posee y gestiona la red eléctrica nacional. En estos casos, la preocupación del regulador se centra en que esas otras actividades no afecten a la capacidad y solvencia económica de la empresa con actividad regulada. En España, Redeia es el grupo al que pertenece REE y en él se integran también una filial de redes de transporte en Latinoamérica y una filial de infraestructuras de fibra oscura.

2.2. Infraestructuras de generación

La electricidad y el gas son bienes homogéneos. A diferencia de la mayor parte de los bienes y servicios consumidos habitualmente, que se caracterizan por una diferenciación de producto más o menos intensa, no hay nada que permita al consumidor distinguir entre dos kWh consumidos de energía. Desde el punto de vista de su oferta, el gas es una fuente primaria de energía, esto es, se hace un uso directo de la energía que contiene (por ejemplo, para la generación de calor) o esta se transforma en otras fuentes (por ejemplo, la electricidad). En España, como en la mayoría de los países, no se dispone del recurso primario, por lo que no hay infraestructuras de generación y el gas se importa en su totalidad. El gas natural se transporta desde los países donde se extrae hasta los países consumidores por gasoducto o por barco, en este caso en forma líquida (gas natural licuado, o GNL). Las infraestructuras de recepción de ese gas (regasificadoras) y de almacenamiento son parte de la red regulada y, por lo tanto, se tratarán posteriormente. Como puede observarse en el **cuadro 1**, se ha producido un cambio considerable en los países de origen del gas natural importado en España, con la aparición de Rusia y Estados Unidos como proveedores y la caída del peso relativo de Argelia. Esto último está muy relacionado con el cierre en 2021 de uno de los gasoductos desde Argelia a la península ibérica, concretamente el que transitaba a través de Marruecos.

Cuadro 1.**Origen de los suministros de gas en España**

En porcentaje

	2014	2024
Argelia	55,1	39,5
Rusia	0	21,8
Estados Unidos	0	17,0
Nigeria	8,2	7,3
Francia	12,8	5,0
Qatar	9,1	3,3
Resto	14,8	6,1

Fuente: Enagás.

A diferencia del gas, la electricidad no es una fuente primaria de energía, sino que surge de la transformación de otras fuentes, que pueden ser hidrocarburos (gas, carbón, derivados del petróleo), nuclear, renovables (hidráulica, eólica, fotovoltaica, termosolar, biomasa, etc.) o residuos. Por lo tanto, la generación se realiza mediante tecnologías de producción muy variadas y, por tanto, con distintos costes totales y con distintas estructuras de costes fijos y variables. Pero es que, además, la certidumbre con la que se genera un kWh (esto es, la seguridad de que siempre estará disponible esa energía), la capacidad de gestionar la generación o las emisiones contaminantes que se derivan del proceso de producción difieren sustancialmente según cuál sea la tecnología utilizada. Adicionalmente, el diseño de las redes de transporte y distribución eléctricas no es ajeno al tipo de generación existente, pues la generación renovable es geográficamente más dispersa y requiere de una red más amplia para poder alcanzarla. También los activos de la red pueden variar en función del tipo de generación, ya que algunas propiedades físicas de la energía producida por un generador eléctrico con una u otra tecnología no son las mismas, lo que conduce a la necesidad de disponer en las redes de activos para una correcta gestión de la seguridad de suministro, como puso de manifiesto el apagón en la península ibérica del 28 de abril de 2025.

El suministro de energía eléctrica es un servicio de interés general que se desarrolla en condiciones de libre iniciativa empresarial, lo que implica que las empresas entran al mercado asumiendo el riesgo de sus inversiones. De hecho, la competencia entre ellas en mercados organizados o no organizados, en un contexto de intenso cambio tecnológico, conduce a que las tecnologías con costes de producción más altos sean desplazadas por aquellas que disponen de costes de producción inferiores. Este ha sido el caso de las plantas de generación que usaban derivados del petróleo o carbón, que han sido sustituidas por otras que hacen uso del gas natural o de fuentes renovables. Ha sido una transformación del *mix* de generación estimulada por un diseño de mercado (el llamado mercado marginalista) conducente a minimizar en todo momento el coste de abastecimiento global para el consumidor eléctrico (Rodríguez, 2021).

El principio general de mercado en competencia es compatible con el hecho de que existan distintas intervenciones regulatorias en la generación. Entre otras, se requiere de autorización administrativa previa para la entrada y salida de empresas, o hay un sistema regulado de acceso a los puntos de conexión a la red. También, en algunos casos, hay un sistema de apoyo regulado a los ingresos, que proporciona ingresos adicionales a los percibidos desde el mercado. Asimismo, los costes de producción de distintas tecnologías están afectados por los pagos por las emisiones inducidas de gases de efecto invernadero (pagos por derechos de emisión) o por distintas tasas e impuestos específicos (por ejemplo, en la energía nuclear o en la hidroeléctrica). Como es obvio, todo ello altera la competitividad de unas tecnologías frente a otras.

La situación en la UE, y en España en particular, es la de una intensa modificación del *mix* de generación eléctrica con un peso creciente de las energías renovables, particularmente la solar fotovoltaica y la eólica. El **cuadro 2** muestra esa transformación comparando la distribución porcentual del *mix* de generación y de capacidad instalada en 2014 y 2024.

Cuadro 2.

Mix de generación y capacidad eléctrica instalada en España

En porcentaje

	<i>Generación</i>		<i>Capacidad instalada</i>	
	<i>2014</i>	<i>2024</i>	<i>2014</i>	<i>2024</i>
Hidráulica	14,9	13,3	16,4	13,2
Nuclear	20,8	20,0	7,3	5,5
Carbón	16,4	1,2	10,6	1,6
Ciclo combinado	9,4	13,6	25,2	20,3
Eólica	19,4	23,2	21,3	24,9
Solar fotovoltaica	3,1	17,0	4,3	25,2
Solar térmica	1,9	1,6	2,1	1,8
Resto	14,0	10,1	12,8	7,5
Total*	263.096	262.247	108.142	129.228

Nota: * Total expresado en GWh/año en el caso de la generación, y en MW en el caso de la capacidad instalada.

Fuente: REE.

No se conoce con precisión la magnitud de las inversiones asociadas a esa transformación de las infraestructuras de generación eléctrica, pero sin duda son muchas decenas de miles de millones de euros. Por ejemplo, en el caso de la generación fotovoltaica, se ha pasado de un parque de 4,7 GW en 2014 al entorno de 37 GW a finales de 2025. Habitualmente, se estima que el coste por MW fotovoltaico instalado se sitúa entre 600.000 euros y 1.000.000 de euros. Eso implica que, incluso asumiendo un coste medio bajo en ese rango, la inver-

sión superaría 20.000 millones de euros. En el caso de la eólica, el coste se sitúa entre 1,2 y 1,5 millones de euros por MW, por lo que el incremento de 10 GW en la última década (hasta aproximadamente 33 GW al cierre de 2025) implicaría una inversión superior a 12.000 millones de euros. A ello habría que añadir inversiones, de menor magnitud, en otras tecnologías (biomasa, hidráulica...).

En cualquier caso, la curva de aprendizaje en las tecnologías fotovoltaica y eólica se ha caracterizado por una reducción muy acelerada de los costes de generación asociados. Con datos de la agencia IRENA (2025), la reducción de los costes nivelados a largo plazo (LCOE⁷) en la generación fotovoltaica entre 2010 y 2024 habría sido del 89 %, y del 70 % en el caso de la eólica terrestre. Es el avance tecnológico y las economías de acumulación las que explican esa evolución y, en consecuencia, por qué las tecnologías de generación renovable se han convertido en la fuente de generación más competitiva, desplazando de modo natural a la generación basada en los hidrocarburos.

La variable clave en la decisión de entrada es el precio futuro de la energía. El problema básico que se plantea es que la entrada de capacidad de generación renovable tiende a deprimir el precio, especialmente en las horas centrales del día donde confluye mucha generación fotovoltaica. De ese modo, es cada vez más frecuente observar precios muy próximos a cero o negativos en muchas horas del año. A ello se une el problema de los vertidos, esto es, generación fotovoltaica o eólica que no es posible inyectar en la red debido a problemas de congestión o de la necesidad de asegurar el funcionamiento seguro del sistema. Si la reducción de precios percibidos es muy acentuada, puede llegar a situarse por debajo del LCOE y, en consecuencia, se paraliza la decisión de entrada.

Se está iniciando ya un aumento de la inversión en activos de almacenamiento vinculados al sector eléctrico, en dos formas. Por un lado, en bombeo hidráulico, mediante la construcción de un depósito superior cerca de un embalse ya existente. Esa es la forma tradicional de almacenamiento energético y la única existente en España hasta 2025. Por otro lado, mediante la instalación de baterías estacionarias, que han registrado un crecimiento casi explosivo en los últimos años en algunas áreas del mundo⁸. Los ingresos de los activos de almacenamiento provienen del arbitraje de precios entre distintas horas, de servicios complementarios que pueden ofrecer al OS o de mecanismos específicos retributivos que subvencionan su disponibilidad en el sistema, denominados mecanismos de capacidad.

⁷ El LCOE (*Levelized Cost Of Energy*) integra los costes fijos (inversión en activos) y los costes variables (operación y mantenimiento). En el caso de la electricidad, se expresan en términos de MWh, para lo que se utilizan aproximaciones de los costes descontados y de la energía producida a lo largo de la vida útil de los activos. Ello permite, además, una comparación sencilla con el precio medio de la electricidad que la instalación prevé obtener por su energía producida.

⁸ El caso paradigmático es el de California, donde la integración de baterías en red ha pasado de 0,5 GW en 2020 a casi 17 GW al cierre de 2025. Como comparación, la capacidad de almacenamiento en España, procedente íntegramente del bombeo hidráulico, es de 6 GW, permaneciendo constante desde hace más de una década.

2.3. Infraestructuras de red

Las actividades de suministro de energía son actividades de red, esto es, requieren de una red física para canalizar la energía hasta los consumidores finales. Las redes de larga distancia y de mayor capacidad, que habitualmente conectan con los centros de generación, son las redes de transporte⁹. La energía así transportada se reparte a hogares y empresas mediante una red de distribución, de menor capacidad y más capilar. En el caso de la electricidad, la diferencia entre las redes de transporte y de distribución atiende al mayor voltaje con el que se transmite la energía eléctrica en el primer caso, lo que permite reducir las pérdidas inherentes al transporte de la energía. En el caso del gas, este se canaliza a mayores presiones en la red de transporte que en la red de distribución.

Dada la separación de actividades, los titulares de las redes las ponen a disposición de los generadores y de los clientes finales en condiciones de transparencia y neutralidad. El permiso de acceso a las redes se produce en condiciones reguladas, como posteriormente se analizará. Por su parte, el acceso de los consumidores finales a la red está universalizado, al menos en los países desarrollados. De hecho, está garantizado legalmente, existiendo unas reglas específicas para conocer en qué circunstancias el coste de acceso de una nueva conexión lo debe cubrir el nuevo cliente y cuándo debe hacerlo el conjunto del sistema. Puede haber un problema de acceso cuando se trata de un consumo nuevo de elevado tamaño que no es posible conectar a la red. En el caso de los pequeños consumidores, sin embargo, los problemas de acceso se refieren habitualmente a la asequibilidad, esto es, a si se ofrece energía a precios que permiten su adquisición por hogares de menor renta. En el caso del gas, no hay una red que se extienda por todo el territorio, pero el principio general de derecho de acceso es el mismo.

Las actividades de transporte o de distribución son actividades con altos costes fijos que presentan intensas economías de escala. En consecuencia, se dan las condiciones que hacen económicamente inviable la presencia de varios operadores cubriendo simultáneamente una misma área geográfica, esto que justifica la existencia de un monopolio natural en la provisión del servicio de red. Se trata de un monopolio local que impide que se desplieguen simultáneamente varias redes, pero que no implica necesariamente que las empresas del servicio de red en distintos territorios sean la misma.

2.3.1. Redes de transporte de electricidad

Red Eléctrica de España (REE) es el gestor de la red de transporte de electricidad y transportista único (Ley 17/2007). Los activos de la red de transporte están fundamentalmente compuestos por las líneas (con sus sistemas de apoyo), las subestaciones y transformadores. Las líneas de transporte son de muy alto voltaje, de al menos 220 kV en la península (menos en los sistemas no peninsulares). Adicionalmente, hay elementos singulares de la red de transporte, como son las interconexiones submarinas entre islas, o las de Baleares con la

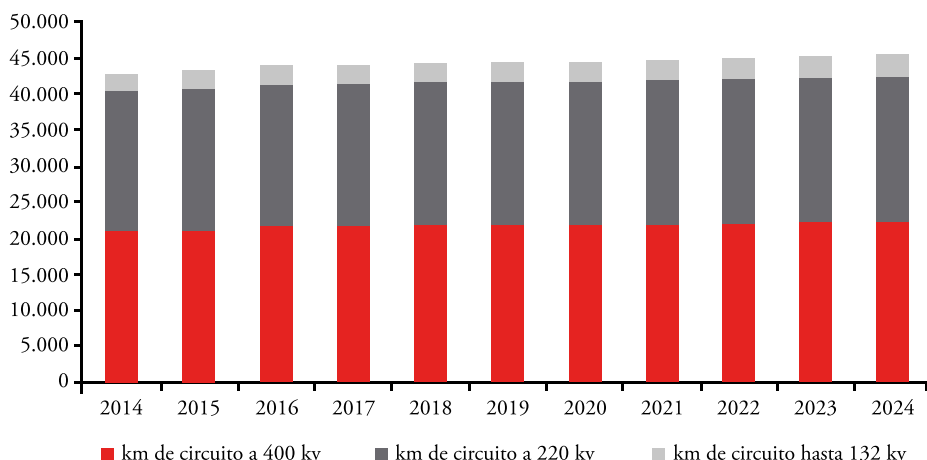
⁹ En algunas ocasiones las plantas de generación eléctrica vierten su energía a las redes de distribución. Los consumidores se conectan habitualmente a la red de distribución, que alcanza hasta ellos, si bien algunas empresas de gran tamaño se conectan directamente a la red de transporte.

península. Por último, también integra otros activos de comunicaciones, control, servicios auxiliares, terrenos, edificaciones y demás elementos auxiliares que son necesarios para el adecuado funcionamiento de las instalaciones de la red de transporte. La **figura 1** muestra la evolución de la red de transporte eléctrico en España entre 2014 y 2024. El incremento en la extensión de la red ha sido de un 6,7 %, motivado fundamentalmente por la necesidad de acercar la red de transporte a nuevos puntos de generación renovable que, por su propia naturaleza, están más dispersos que la generación térmica tradicional. Aunque la extensión física de la red de transporte continuará en próximos años, el cambio más relevante se producirá en la composición de los activos, con la integración creciente de componentes que permitan una gestión más eficiente y segura de los flujos de energía.

Figura 1.

Evolución de la red de transporte

Kms. de circuito



Fuente: REE.

Como se señaló previamente, la normativa europea del mercado interior de la energía (Directiva 2019/944 y Reglamento 2019/943) impide al operador del sistema de transporte tener la propiedad, gestionar y operar activos de almacenamiento de energía. Sin embargo, contempla posibles excepciones para el caso de los sistemas eléctricos aislados. De hecho, mediante la Decisión de la Comisión 2024/560 se autorizó a REE a tener la propiedad de centrales de bombeo en Canarias, sobre la base de su carácter de sistemas eléctricos aislados y de su consideración como región ultraperiférica¹⁰.

¹⁰ Esos activos también recibirán una retribución regulada, pero integrada en el régimen retributivo relativo a los extracostos de generación en los sistemas no peninsulares. La Orden TED/1243/2022, de 2 de diciembre, aprueba la metodología de cálculo de la retribución de la instalación hidráulica reversible de 200 MW de Salto de Chira (Gran Canaria).

2.3.2. Redes de distribución de electricidad

En la actualidad hay 324 empresas propietarias de redes de distribución eléctrica en España. Como puede observarse en el **cuadro 3**, cinco de ellas concentran algo más del 95 % del total de 30,5 millones de puntos de suministro conectados, con E-distribución Redes Digitales S.L.U. (Endesa) e I-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U (Iberdrola) concentrando un 41,1 % y 37,6 %, respectivamente¹¹. La existencia de un amplio número de pequeñas empresas distribuidoras con menos de 100.000 clientes¹², algunas de ellas con participación pública municipal, es un legado de la configuración histórica del sector eléctrico. En cualquier caso, y a diferencia de las redes de gas, las redes de distribución eléctrica se despliegan por todo el territorio nacional y registran cierto crecimiento, aunque lento, del número de puntos de suministro: 30,1 millones en 2022, frente a 28,9 millones una década antes. La electrificación requerida en el proceso de transición energética conllevará un aumento del número de puntos de suministros y de la potencia asociada.

Cuadro 3.

Puntos de suministro por titular de las redes de distribución de electricidad

4º trimestre 2024

Grupo	Número	Porcentaje
E-distribución Redes Digitales S.L.U.	12.525.343	41,1
I-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U.	11.461.360	12,6
UFD Distribución Electricidad, S.A.	3.852.422	12,6
Hidrocantábrico Distribución Eléctrica S.A.U.	686.047	2,3
Viesgo Distribución Eléctrica, S.L.U.	538.637	1,8
Resto	1.421.056	4,7
Total	30.490.190	100

Fuente: CNMC Data y elaboración propia.

Como en el caso del transporte, los principales activos de las redes de distribución son las líneas eléctricas, los centros de transformación y las subestaciones. Por supuesto, las redes de distribución son muy capilares y, por tanto, tienen una extensión notablemente superior a la de transporte¹³. Las distribuidoras están obligadas a remitir un amplio conjunto de infor-

¹¹ La CNMC obligó a que las empresas distribuidoras con más de 100.000 clientes conectados a sus redes no creen confusión en la presentación de su marca e imagen de marca respecto a la identidad propia de las filiales de su mismo grupo que realicen actividades de comercialización.

¹² El tamaño medio de estas empresas es de algo más de 4.300 puntos de suministro por distribuidora.

¹³ La red de E-distribución Redes Digitales (Endesa) es de 317.000 km, la de I-DE Redes Eléctricas Inteligentes (Iberdrola) es de 265.000 km y la de UFD Distribución Electricidad (Naturgy) es de 65.000 kms El resto de las redes son de un tamaño considerablemente menor.

mación al regulador sobre todos los activos de la red, de modo que este pueda realizar los cálculos retributivos correspondientes (Circular Informativa 8/2021 de la CNMC). Asimismo, y como en el caso de la red de transporte, el acceso a las redes se establece sobre el principio de no discriminación, de modo que el propietario de la red solo puede denegar el acceso a la misma por causas justificadas y motivadas.

2.3.3. Redes de regasificación, transporte y almacenamiento de gas

Las infraestructuras más básicas en el gas natural comprenden tres tipos de activos: las redes de transporte, las plantas de regasificación de gas natural y los almacenamientos subterráneos. El **cuadro 4** muestra quiénes son en la actualidad los titulares de estos tres tipos de activos en España, que incluyen siete plantas de regasificación y cuatro almacenamientos subterráneos. Como puede observarse, Enagás Transporte tiene activos de los tres tipos: además de poseer redes de transporte, es titular total o parcial de seis plantas de regasificación (Barcelona, Cartagena, Huelva, Gijón¹⁴, 50 % de Bilbao y 72,5 % de Sagunto) y de tres almacenamientos subterráneos (Yela, Serrablo y Gaviota). El grupo Naturgy, además de tener varias empresas con redes de transporte, es el titular del cuarto almacenamiento subterráneo (Marismas). Por último, la séptima regasificadora (Mugardos) es propiedad de Regasificadora del Noroeste.

Cuadro 4.

Titulares de las redes de transporte, plantas de regasificación y almacenamientos

	Transporte de gas natural	Regasificación	Almacenamiento
Enagás Transporte, S.A.U.	V	V	V
Enagás Transporte del Norte, S.L.	V		
Planta de Regasificación de Sagunto, S.A.	V	V	
Regasificadora del Noroeste, S.A.	V	V	
Bahía de Bizkaia Gas, S.L.		V	
Gas Natural Transporte SDG, S.L.	V		
Redexis ¹	V		
Naturgy ²	V		V

Notas: ¹ Redexis incluye a Redexis Infraestructuras, S.L.U.; Redexis, S.A y Redexis Gas Murcia, S.A.

² Naturgy incluye a Gas Natural Transporte SDG, S.L.; NEDGIA CEGAS, S.A.; NEDGIA ANDALUCÍA, S.A.; NEDGIA CASTILLA LA MANCHA, S.A.; NEDGIA CATALUNYA, S.A.; NEDGIA NAVARRA, S.A.; NEDGIA RIOJA, S.A.; NEDGIA ARAGÓN, S.A.; NEDGIA, S.A y Naturgy Almacenamientos Andalucía S.A.

Fuente: CNMC y elaboración propia.

¹⁴ La situación de la planta de regasificación de El Musel, en Gijón, es muy singular porque opera como una planta de prestación de servicios logísticos y no está conectada a la red.

La red de transporte de gas no va a extenderse más y, desde luego, no son necesarias nuevas plantas de regasificación y de almacenamiento de gas natural. De hecho, el sistema actual se dimensionó para una demanda de gas notablemente superior a la actual. En cualquier caso, la norma establece la necesidad de acreditar la sostenibilidad económica y financiera para las inversiones en instalaciones de transporte, y traslada el riesgo de demanda al promotor para nuevas instalaciones al ligar su retribución a la consecución de las previsiones de demanda que presentó inicialmente. La Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) supervisa las bajas o cierres de instalaciones, si bien la competencia es ministerial (RD 1434/2002). El asunto de las bajas en el régimen retributivo de aquellas instalaciones que, una vez finalizada su vida útil regulatoria, no resulten necesarias para garantizar el suministro y satisfacer la demanda actual o prevista va a ser relevante en el futuro si se produce un desplazamiento del uso de algunas redes desde el gas natural hacia el hidrógeno.

2.3.4. Redes de distribución de gas

Las redes de distribución de gas están compuestas por cuatro tipos de activos. Los más importantes son los gasoductos de distribución, que son tuberías en las que el gas se encuentra comprimido con presiones no superiores a 16 bares. La conexión entre la red de transporte (red troncal) y las de distribución se realiza en unas estaciones (estaciones de regulación y medida) donde se adapta la presión. Los otros tipos de activos son: i) plantas satélites de gas natural licuado (GNL), donde el gas se carga en camiones (hay en torno a 1.000 instalaciones de este tipo en España); ii) otros activos vinculados a la distribución (redes de comunicación y control, servicios auxiliares, edificios, etc.), y iii) gasoductos que conducen el gas a un solo consumidor (un cliente industrial).

Cuadro 5.

Puntos de suministro por titular de las redes de distribución

Diciembre 2024

<i>Grupo</i>	<i>Número</i>	<i>Porcentaje</i>
Grupo Nedgia	5.330.847	67,0
Grupo Nortegas	990.782	12,4
Madrileña Red de Gas	906.763	11,4
Grupo Redexis	656.328	8,2
Gas Extremadura	94.127	1,2
Domus Mil Natural	2.486	0,0
Total	7.981.375	100

Fuente: Boletín trimestral de supervisión del mercado minorista de gas natural en España, cuarto trimestre de 2024 y resumen del año (CNMC).

En la actualidad hay seis grupos empresariales en España con redes de distribución: Nedgia (grupo Naturgy), Nortegas, Redexis, Madrileña de Gas, Gas Extremadura (Dicogexsa) y Domus Mil Natural. En el **cuadro 5** se muestra el número de puntos de suministro que tiene cada grupo. Naturalmente, las redes de distribución son un monopolio natural y no se despliegan de modo paralelo en un mismo territorio. El grupo Nedgia (Naturgy) tiene también actividad de comercialización, mientras que el resto de las empresas son solo propietarias de red.

Algo más de un 21 % del total de 8.131 municipios en España se encuentran gasificados, si bien en algunos municipios el número de clientes es muy reducido (por ejemplo, menos de cinco clientes), ya que se trata de gasoductos desplegados para suministrar gas a un reducido número de empresas. De hecho, a 30 de septiembre de 2024, el número medio de puntos de suministro en los nuevos municipios gasificados en los cinco años previos fue de 24. En contraste, el 30 de diciembre de 2020 el número medio de puntos de suministro en nuevos municipios gasificados en los cinco años anteriores fue de 58.008.

La expansión de las redes de gas, que fue muy intensa en los dos decenios que median entre 1995 y 2015, alcanzó ya un techo en el año 2020, con un número de clientes que desde entonces se sitúa en el entorno de ocho millones. No cabe esperar aumentos relevantes en los próximos años, si bien sí habrá crecimientos en el número de puntos de suministro vinculados, por ejemplo, a nuevos desarrollos urbanísticos. A ese respecto, debe tenerse en cuenta que no hay aún prohibición de gasificar las nuevas viviendas, aunque esa prohibición puede terminar imponiéndose en el futuro como una herramienta más en el proceso de transición energética¹⁵. Los propietarios de las redes de distribución tienen obligación de revisión de las instalaciones de los usuarios y de medición de los suministros.

Como en el resto de las redes, los distribuidores de gas ponen sus redes a disposición de comercializadores y consumidores directos en el mercado bajo el principio de un acceso no discriminatorio, solo pudiéndose denegar el acceso por causas muy justificadas y motivadas.

3. MARCO REGULATORIO

3.1. Organización de la estructura institucional

Los sectores de electricidad y gas se caracterizan por una intervención muy intensa del regulador público que, casi exclusivamente, es la Administración General del Estado (AGE). Ello incluye, entre otras, la regulación básica de las actividades destinadas al suministro de

¹⁵ La reglamentación europea y las normas de edificación sí obligan a la instalación de equipos de captación de energía solar en los edificios de nueva construcción, que se combinan con la recepción de gas a través de la Instalación Receptora Común (IRC), que es el punto de conexión entre el edificio y la red de distribución.

energía, la determinación de las medidas necesarias para garantizar el suministro y la sostenibilidad económica del sistema, el ejercicio de las facultades de planificación, el establecimiento de retribución regulada cuando sea necesaria, la determinación de las condiciones de entrada y salida en los mercados mediante un sistema de autorizaciones, o la regulación de la organización y funcionamiento de los mercados de producción de energía eléctrica y de gas, entre otros muchos aspectos.

El ámbito competencial de las administraciones territoriales es muy limitado. En particular, las comunidades autónomas (CC. AA.) tienen competencias en la autorización de instalaciones eléctricas de tamaño inferior a 50 MW, verifican y aprueban los planes de desarrollo de la red más local que son presentados por los distribuidores, o ejercen funciones de resolución de conflictos en determinadas circunstancias, en especial en el caso de conflictos con consumidores finales de energía¹⁶. Sin embargo, son competencias menores y prácticamente todo el cuerpo normativo y de supervisión de actividades reside en la AGE.

Los reguladores involucrados son dos. Por un lado, la Autoridad Nacional de Regulación independiente (ANR), que en España es la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC). Por otro lado, la autoridad ministerial con las competencias energéticas, que actualmente es el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Miteco). El desglose de competencias entre la CNMC y el Ministerio ha ido variando a lo largo del tiempo, con un peso creciente de las funciones asignadas a la primera. De hecho, las competencias de la CNMC se expandieron considerablemente desde el RDL 1/2019¹⁷, tras haber iniciado la Comisión Europea un procedimiento por no haberse transpuesto al ordenamiento jurídico español las competencias que, según la Directiva 2009/72/CE y la Directiva 2009/73/CE, debía tener la ANR. Desde ese momento, la CNMC pasó de informar a decidir sobre varios aspectos cruciales en la regulación energética, destacando entre ellos el establecimiento de metodologías retributivas a las redes y la determinación de las condiciones de detalle en el acceso y conexión. Sin embargo, el Gobierno mantiene competencias muy importantes en el desarrollo de las redes, sobre todo en dos ámbitos. Por un lado, en las actividades de planificación en la red de transporte. Por otro lado, en el caso del sector eléctrico, el Gobierno establece límites a las cantidades a invertir que pueden ser objeto de reconocimiento retributivo por parte de la CNMC.

Hay siempre discusión sobre cómo debe conciliarse la existencia de un regulador independiente, de carácter muy técnico, con la política energética que desea llevar a cabo el Gobierno. Por ello, el RDL referido establece que la CNMC deberá tener en consideración

¹⁶ Un aspecto relevante, no tratado en este capítulo, es el ámbito fiscal. En ese caso, junto a los diversos impuestos y tasas de ámbito estatal con incidencia sobre el sector energético, hay también un variado conjunto de impuestos y tasas de ámbito autonómico y municipal basadas en el impacto medioambiental de las actividades. A este respecto, véase Carpizo (2019).

¹⁷ Real Decreto-Ley 1/2019, de 11 de enero, de medidas urgentes para adecuar las competencias de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia a las exigencias derivadas del derecho comunitario en relación con las Directivas 2009/72/CE y 2009/73/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y del gas natural.

las prioridades estratégicas establecidas por el Gobierno, que se materializan en unas orientaciones de política energética adoptadas mediante orden ministerial con carácter previo a que la CNMC desarrolle algunas propuestas regulatorias. Aunque esas orientaciones pueden establecerse sobre cualquier aspecto que guarde relación directa con las competencias del Gobierno en materia energética, a efectos prácticos las más relevantes se refieren a la adopción por parte de la CNMC de normas que afecten a las metodologías retributivas y que tienen la forma jurídica de Circulares. Adicionalmente, como no cabe descartar que una propuesta de la CNMC no sea considerada favorablemente por el Gobierno, la regulación fija también un procedimiento de conciliación previa entre la CNMC y el Ministerio, a través de una Comisión de Cooperación, para intentar alcanzar una solución consensuada a las discrepancias que pudieran surgir. En cualquier caso, en caso de persistir el desacuerdo, la CNMC puede aprobar la norma “oído el Ministerio”.

Aunque la CNMC es un organismo que aglutina funciones de regulación en distintos sectores, al mismo tiempo que es Autoridad Nacional de Competencia (ANC), es la Dirección de Energía la involucrada en el ámbito de regulación, supervisión y vigilancia de los sectores de electricidad y gas. Las decisiones en estas materias se llevan a cabo por la Sala de Supervisión Regulatoria o, en algunos casos (por ejemplo, en la aprobación de Circulares), por la totalidad del Consejo. En el caso del Ministerio, es la Secretaría de Estado de Energía, con la Dirección General de Política Energética y Minas, el órgano directivo involucrado.

3.2. Rasgos generales de la regulación

Las actividades de electricidad y gas están sujetas a una intensa intervención regulatoria, que afecta de modo decisivo a la estructura de los distintos mercados, a la forma en la que las empresas compiten entre sí, a las relaciones que estas mantienen con los consumidores finales y, en consecuencia, a las estrategias seguidas por las empresas. La justificación tradicional de las intervenciones regulatorias en el ámbito de las actividades económicas se fundamenta en la existencia de fallos de mercado¹⁸, cuya relevancia depende en gran medida de las características del producto intercambiado¹⁹. En el sector energético, un motivo principal de justificación es la presencia de una tendencia natural hacia la configuración de una estructura de mercado en la que un número reducido de empresas tienen alto poder de mercado.

Respecto a las redes de transporte y distribución de electricidad y gas, el hecho de ser un producto homogéneo, junto a los altos costes del despliegue de esas redes (incluidos los costes medioambientales) y el bajo crecimiento de la demanda, justifican el mantenimiento de las características propias que definen a un monopolio natural. En otros términos, es más

¹⁸ Hay numerosos manuales que analizan el tratamiento regulatorio de sectores de red. Una referencia completa es Decker (2023).

¹⁹ Un ejemplo típico es el sector financiero, donde el principal motivo que justifica la intervención regulatoria es la presencia de asimetrías de información entre el emisor de un título de deuda y su demandante, cuyo conocimiento de los riesgos inherentes a ese título es sin duda menor.

eficiente la existencia de un solo proveedor local del servicio de red y no el despliegue de varias redes paralelas para proveer el servicio, como puede ocurrir, por ejemplo, en el caso de las redes de fibra óptica hasta los hogares. Ello no impide que en el conjunto del territorio nacional haya diversos proveedores de servicios de red²⁰.

La existencia de un monopolio local en las redes de transporte y distribución tiene dos consecuencias principales. Por un lado, el acceso de los operadores y de los usuarios finales a la red está garantizado legalmente, existiendo un amplio conjunto de reglas para definir en qué circunstancias puede producirse ese acceso o cuál es el reparto de costes de nuevas conexiones entre el nuevo cliente y el conjunto del sistema. Por otro lado, implica que la retribución que recibe el titular de la red está fijada por el regulador que, según la norma europea, debe ser la ANR. Por lo tanto, en España es la CNMC la encargada de establecer la retribución a las redes, si bien, como se explicará posteriormente, el Ministerio también tiene algunas competencias relevantes en este ámbito.

El régimen retributivo de las infraestructuras de red se apoya en algunos principios básicos. En primer lugar, tanto en el caso de la electricidad como en el del gas, se trata de un sistema diseñado para proporcionar una retribución adecuada a una actividad de bajo riesgo. Ese bajo riesgo se deriva del reconocimiento, a efectos retributivos, de la inversión realizada y de los gastos de operación y mantenimiento asociados a esos activos, siempre considerando que se trata de los gastos correspondientes a una empresa eficiente y bien gestionada. La idea básica es que se asegura la recuperación de las inversiones realizadas, que se van pagando a lo largo de la vida útil regulatoria de cada activo, garantizándose al mismo tiempo una tasa razonable de rentabilidad. La vida útil regulatoria es establecida por el regulador, no puede ser modificada posteriormente a su fijación inicial y no tiene por qué coincidir con la vida útil real de la instalación ni con la aplicada por la empresa propietaria de la red en su amortización contable. Adicionalmente, se pueden contemplar otros componentes, como una retribución por incentivos, que sumen o resten a la retribución percibida, o una retribución específica para promover la extensión del funcionamiento de aquellas instalaciones que hayan superado su vida útil regulatoria, entre otras posibilidades.

En segundo lugar, la aplicación del régimen retributivo implica un conocimiento exhaustivo de la infraestructura física que constituye la Base de Activos Regulados y la rendición de cuentas sobre la base de una Información Regulatoria de Costes. A través de Circula-

²⁰ Debe recordarse que las condiciones que justifican un monopolio natural surgen de la combinación de condiciones de oferta, y por tanto tecnológicas, y de demanda. En consecuencia, una actividad no tiene una condición inherente de monopolio natural: si las condiciones tecnológicas cambian y/o la demanda aumenta considerablemente, las condiciones que justifican el monopolio natural pueden dejar de tener su razón de ser. Un ejemplo en ese sentido es la red de telecomunicaciones fijas, donde hasta la década de los ochenta se enfatizaba la presencia de condiciones de monopolio natural en la red tradicional (el llamado “par de cobre”). Sin embargo, la aparición de tecnologías sustitutivas (fibra óptica y cable coaxial), junto a costes de despliegue razonablemente bajos y una demanda con altas tasas de crecimiento y crecientemente diversificada, han hecho que actualmente no se plantee la existencia de condiciones de monopolio natural en la red capilar de telecomunicaciones fijas. Además, a diferencia del sector eléctrico o gasista, en las telecomunicaciones nunca han existido problemas de despliegue o de oferta en la red de larga distancia, donde se cuenta con múltiples proveedores de servicios de red.

res informativas, el regulador establece unos procedimientos detallados para que las empresas le transmitan esa información con unos criterios definidos. Ello incluye auditorías sobre la información aportada y, en su caso, un régimen de inspecciones.

En tercer lugar, el régimen retributivo se concreta en unas reglas que se mantienen durante un periodo de tiempo, denominado periodo regulatorio, que en España es de seis años. Antes de que ese periodo finalice, el regulador revisa los criterios para el periodo siguiente. En particular, el tercer periodo regulatorio en las redes de electricidad se extiende entre los años 2026 y 2031, mientras que para el gas cubre el periodo 2027 a 2032. El calendario de los procesos de revisión de las metodologías de retribución se anuncia previamente y todas ellas pasan por un periodo de consulta pública. En ocasiones, también se discuten previamente en foros con los agentes involucrados o se realiza una consulta pública antes de publicar un primer borrador.

En cuarto lugar, el coste de la retribución total a pagar a los propietarios de las redes se traslada a los consumidores a través de los peajes (o cánones), cuyas metodologías están también sujetas a revisión al término del periodo regulatorio. El regulador debe garantizar que los ingresos percibidos a través de los peajes se ajusten a los costes regulados de las redes, evitando la aparición de un déficit. Actualmente, los peajes forman una bolsa de ingresos separada de otros ingresos del sistema que se destinan a cubrir otros costes del sistema distintos a los de las redes. Esto no ha sido siempre así y, de hecho, hasta 2013 hubo un fuerte desajuste entre los ingresos y costes regulados que condujo a elevados déficits y a la acumulación de una importante deuda. Se trata de una deuda de los consumidores eléctricos, no pública, y por tanto estos la han ido abonando en sus facturas desde hace más de una década, de modo que está ya muy próxima a desaparecer²¹. El sistema eléctrico sí percibe ingresos desde el Tesoro para pagar otros costes del sistema distintos a las redes, como los extracostes de generación en los sistemas no peninsulares o la retribución específica a la generación renovable, con la particularidad de que buena parte de esos ingresos provienen de impuestos u otro tipo de cargas pagados por los mismos consumidores eléctricos (véase apartado 3.6).

Por último, el tratamiento regulatorio y retributivo de los transportistas es distinto al del Operador del Sistema (OS), en el caso de la red eléctrica, y al del Gestor Técnico del Sistema (GTS) en el caso de la red de gas. Estos dos últimos se ocupan de la operación técnica del sistema correspondiente, incluyendo servicios de balance o de ajuste a corto plazo. Aunque en España no están separados jurídicamente del transportista (REE y Enagás, respectivamente), sí tienen separaciones regulatorias en su funcionamiento y obligaciones contables que permiten al regulador calcular una retribución específica para el OS y el GTS. En cualquier caso, la retribución recibida por la operación o gestión del sistema es de un orden de magnitud muy reducido en relación con la remuneración de las redes²².

²¹ La deuda del sector eléctrico alcanzó una cuantía cercana a 30.000 millones de euros en 2014. El último pago de la deuda (en torno a 200 millones de euros) se realizará en 2028.

²² Las retribuciones (provisionales) percibidas por el OS y el GTS para 2024 ascienden a 86,1 millones de euros y 23,1 millones de euros, respectivamente.

3.3. Regulación en las redes: planificación y evaluación de los proyectos

La planificación de las infraestructuras de red en los sectores de electricidad y gas responde a situaciones diferenciadas y resulta necesario distinguir entre ellas.

3.3.1. La red de transporte de electricidad

La red de transporte de electricidad es una red con planificación vinculante para periodos de seis años, aprobada mediante Acuerdo del Consejo de Ministros (ACM) tras ser sometida al Congreso de los Diputados. Esa planificación de largo plazo se puede combinar con modificaciones de aspectos puntuales, también aprobadas mediante ACM²³. La participación del OS es clave en todo el proceso de planificación de la red de transporte de electricidad, ya que es este quien recoge las propuestas iniciales de desarrollo que provienen de las CC. AA. y de los sujetos del sector, realiza una propuesta inicial y evalúa las modificaciones sugeridas. Dado que el OS forma parte de REE, y que la ejecución del desarrollo de la red la realiza también REE como transportista único, se plantea el problema de si la separación funcional entre ambas unidades es suficiente para evitar un conflicto de interés. La CNMC establece normas y supervisa esa separación²⁴.

El proceso de evaluación para el desarrollo de la red, que es ejecutado íntegramente por el OS, se basa en una red base o de partida sobre la que plasmar distintas hipótesis de generación y demanda. Esa red de partida es la red existente en el momento de la planificación, a la que se añaden las actuaciones ya en curso y que estarían en servicio con muy alta probabilidad en los próximos años. Las necesidades de desarrollo de esa red pueden tener orígenes variados: mejora de la calidad y seguridad del suministro, integración de nueva generación renovable, integración de almacenamiento, integración de nueva demanda (por ejemplo, transporte ferroviario o centros de datos), necesidades de apoyo a la red de distribución, aumento del nivel de interconexiones internacionales, etc. Un caso típico en este contexto consiste en comparar cuáles serían los costes asociados al control de esa necesidad a través del redespacho de unidades ya existentes para el control de sobrecargas y oscilaciones, frente a los costes de incorporar nuevos activos en la red que permitirían evitar esos medios. Se trata de análisis complejos²⁵, realizados con elevada granularidad espacial y temporal (periodos horarios).

El análisis coste beneficio incluye a las interconexiones internacionales o entre islas, que son instalaciones singulares de elevado coste. En el caso concreto de las interconexiones internacionales existe, además, metodología de análisis coste-beneficio desarrollada por ENTSO-e para la Comisión Europea. Esto es así porque las interconexiones internacionales son el

²³ Por ejemplo, la planificación del periodo 2021-2026 tuvo modificaciones puntuales en abril de 2024 y en julio de 2025.

²⁴ El Gobierno del Reino Unido adquirió el OS a National Grid (el equivalente a REE) en 2024 y ahora opera como un OS de propiedad pública.

²⁵ El documento del Plan de Desarrollo recoge la metodología de análisis en la que se describen las alternativas, los criterios de selección/priorización y el análisis coste-beneficio realizado.

núcleo del Plan de Desarrollo Decenal de la Red (TYNDP) en la UE, que a su vez es parte fundamental del mercado interior de la energía²⁶. Esos proyectos de interconexión internacional, y actualmente también los de almacenamiento, reciben importantes fondos europeos.

Desde el año 2013 está vigente un límite al volumen de inversiones que puede realizar REE como transportista, situado en el 0,065 % del PIB, que equivaldría a aproximadamente 1.100 millones de euros en 2025. Ese límite ha sido aumentado para el periodo regulatorio vigente, siempre que las inversiones a realizar cumplan con determinadas características. Adicionalmente, la regulación contempla distintas actuaciones de inversión que no están sujetas a ese límite. De ese modo, la planificación 2021-2026 contempla una inversión total de 6.964 M€ pero, dentro de esa cuantía, 1.260 millones de euros no computan en el límite de inversión. Se trata, fundamentalmente, de interconexiones internacionales. A ello habría que añadir inversiones adicionales por modificación de diversos aspectos puntuales de la planificación, que tampoco computan en el límite. Por lo tanto, *de facto*, una parte relevante de las inversiones que realiza REE, especialmente en grandes infraestructuras de interconexión, no computan en el límite global.

El **cuadro 6** muestra las inversiones anuales de REE en 2022-2024 que, como puede observarse, se han incrementado notablemente. Esas inversiones²⁷ se sitúan, sin embargo, por debajo de lo recogido en la planificación, debido a que algunas de ellas no llegan a realizarse en el periodo correspondiente debido, fundamentalmente, a retrasos en los procedimientos administrativos de concesión de permisos, sobre todo en el ámbito de las declaraciones de impacto medioambiental.

Por último, en relación con las infraestructuras de interconexión internacional, debe señalarse que el Consejo y la Comisión Europea han indicado la necesidad de alcanzar una

Cuadro 6.

Inversiones de REE 2022-2024

Millones de euros

	Inversiones totales
2021	426
2022	576
2023	825
2024	1.105

Fuente: REE y elaboración propia.

²⁶ Véase <https://tyndp.entsoe.eu/>

²⁷ Esas inversiones incluyen tanto las del transportista como las del OS, aunque se sabe que las segundas son residuales. Adicionalmente, incluyen algunas inversiones que no son propiamente inversiones en redes y cuya retribución tiene un régimen retributivo completamente diferenciado. Por ejemplo, incluyen la construcción de la central de bombeo reversible de Salto de Chira.

ratio de interconexión superior al 15 %. Esa ratio se define en términos de las capacidades de intercambio de importación dividida por la potencia doméstica instalada. Como es lógico, en un contexto de aumento constante de la potencia instalada nacional por la entrada de nueva generación renovable, esa ratio no hace sino disminuir por mucha capacidad de interconexión que se añada. Ello arrojaría dudas sobre la relevancia de la capacidad de interconexión medida de ese modo, a lo que se añade que la demanda doméstica de electricidad también se ha reducido en la última década. Una ratio en términos de la demanda punta sería más sensata, aunque esa no es la métrica que se utiliza. Probablemente debido a que se definió a principios de la década de los 2000, cuando la situación y evolución del *mix* de generación era muy distinta a la actual.

3.3.2. Las redes de distribución de electricidad

A diferencia de lo señalado para la red de transporte, los desarrollos de las redes de distribución no están sujetos a planificación vinculante. Son las propias empresas titulares las que planifican el desarrollo de su red atendiendo a las necesidades locales de generación y consumo. La incidencia de un límite de inversiones, que en este caso es del 0,13 % del PIB para el conjunto de las redes de distribución²⁸, y los incentivos que pueda proveer el marco regulatorio de la retribución son elementos que tienen un papel mucho más relevante que en el transporte. Por lo tanto, las empresas distribuidoras pueden realizar las inversiones que consideren oportunas para sus redes, siendo estas inversiones reconocidas por el regulador (CNMC). Las empresas distribuidoras tienen que presentar *ex ante* unos planes de inversión, de carácter anual y trienal, que deben contar con el informe favorable de la Comunidad Autónoma donde se instala el activo y que deben cumplir con los límites de inversión²⁹. Es el Miteco quien, tras el análisis de esos planes por parte de la CNMC, los aprueba. Todas las instalaciones nuevas, o en las que se lleven a cabo modificaciones sustanciales, han de pasar por distintos procesos de autorización administrativa ante las administraciones públicas competentes.

Como principio general, es razonable pensar que, si una actuación de inversión resultase en un beneficio neto para el conjunto del sistema, no debería estar sujeta a un límite. Sin embargo, ello requeriría analizar cientos de actuaciones de inversión, de modo que el reconocimiento retributivo de las inversiones realizadas requeriría de unas capacidades de análisis y supervisión muy superiores a las actuales. Es decir, el regulador tendría que dotarse de recur-

²⁸ Adicionalmente, la regulación establece dos situaciones en las que el límite para una empresa podría ser superado y retribuido con cargo al sistema. En primer lugar, que el crecimiento previsto de la demanda para esa empresa fuese superior al triple del crecimiento previsto en la planificación para el conjunto del sector eléctrico. En segundo lugar, que una sola de las actuaciones de inversión previstas suponga más del 50 % de la remuneración global de la empresa. Sin embargo, estas condiciones no son operativas en la práctica, al menos para los principales titulares de las redes. Durante 2021 y 2022 se efectuaron inversiones no computables en el límite, referidas a inversiones para la digitalización de las redes, que fueron parcialmente subvencionadas desde el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

²⁹ El límite agregado del 0,13 % del PIB se distribuye en límites específicos para cada empresa según su cuota de mercado.

tos humanos y técnicos con un dimensionamiento completamente alejado de su situación actual³⁰. En ausencia de esas capacidades, el límite de inversión es un instrumento operativo imperfecto que trata de evitar un sobredimensionamiento de las redes, que pagarían los consumidores en forma de mayores peajes. En cualquier caso, para 2026-2031 se permite un aumento de las inversiones por encima del límite legal, sujeto a diversas condiciones.

A finales de 2023, la Comisión Europea (CE) puso en marcha una iniciativa³¹ en la que se incluyen varias propuestas dirigidas a desarrollar con mayor rapidez los proyectos de interconexión catalogados como proyectos de interés común europeos, mejorar la planificación a largo plazo y la electrificación, introducir nuevos incentivos reglamentarios para la expansión de las redes eléctricas e incentivar su uso más eficiente, mejorar la financiación de las redes y acelerar los permisos para su despliegue, así como para reforzar las cadenas de suministro de los equipamientos necesarios³². Una propuesta relevante es la de desarrollar los principios que determinen las condiciones en las que los reguladores nacionales pueden permitir “inversiones anticipatorias” en redes. Por ejemplo, se podría plantear extender la red en zonas con un elevado potencial de generación renovable sin explotar como vía para posibilitar de modo anticipado el desarrollo de nueva generación en esa área. Obviamente, si ese fuera el caso, esas inversiones estarán infrautilizadas hasta que se produjesen avances en la generación. La posición de la CE es lograr un equilibrio entre la anticipación de las necesidades futuras de infraestructuras, lo que evitaría pérdidas de bienestar por el retraso en la modernización de la red, y el mayor coste inducido por esas infraestructuras, que en un momento inicial podrían no utilizarse plenamente. Se trata de un asunto que se está comenzando a desarrollar reglamentariamente³³.

3.3.3. Las redes de gas

La situación en el caso del gas natural es completamente distinta de la electricidad porque no va a haber más desarrollos de la red de transporte y de distribución de gas, salvo, por ejemplo, nuevas conexiones locales por desarrollos urbanísticos o suministros a empresas³⁴.

³⁰ Si el análisis se circunscribiera a proyectos de inversión “grandes”, definidos, por ejemplo, a partir de un determinado volumen de inversión, y se dejasen sin supervisar los que estuviesen debajo de ese límite, resultaría sencilla la partición de esos proyectos grandes en varios de menor volumen. Sería una situación similar a la ya observada en otros ámbitos regulatorios. Por ejemplo, solo hay que analizar la cantidad de instalaciones renovables geográficamente contiguas con potencia instalada de 49,9 MW. La norma establece diferencias en la administración responsable de la tramitación para instalaciones con 50 MW de potencia o superior, frente a las que se sitúan por debajo de ese umbral.

³¹ Redes, el eslabón perdido: Plan de Acción de la UE para las Redes. COM(2023) 757 final.

³² El informe Letta (2024) enfatiza el papel de la falta de integración de los mercados europeos de la energía y llama a favor de la interconexión y de las inversiones en redes.

³³ Véase ACER-CEER (2024). En ACER (2023) se hace un análisis de los procedimientos seguidos por distintas agencias independientes de regulación para el desarrollo de análisis coste-beneficio.

³⁴ Los distribuidores están obligados a presentar a las comunidades autónomas (CC. AA.) sus planes de inversión, que dependen de sus propias decisiones empresariales, ya que no hay una planificación pública de la red de distribución.

Por supuesto, no va a haber más desarrollos de almacenamientos subterráneos ni de nuevas regasificadoras. De hecho, hay exceso de capacidad en algunas de las infraestructuras existentes en relación con el gas natural en España, situación que se acentuará en los próximos años en un contexto tendencial de caída de la demanda del gas³⁵. En consecuencia, no hay vigente ni se prevé ningún documento de planificación de la red de gas.

Hay dos asuntos que sí generan una creciente regulación en relación con las redes de gas. En primer lugar, el acceso a la misma por parte de las plantas de biometano. El biometano es un gas renovable de origen orgánico que es un sustituto perfecto del gas natural y, por tanto, susceptible de ser inyectado en la red. Ello está llevando a establecer un conjunto de normas que faciliten su conexión a la red de gas, que se acompaña del desarrollo de un sistema de garantías de origen que es análogo al existente para las renovables eléctricas. En segundo lugar, en el proceso de desplazamiento desde el gas natural hacia otros gases menos emisores, se plantea la posibilidad de utilizar parte de las redes existentes de gas natural para el transporte de hidrógeno. Ello se puede hacer mediante la mezcla de una pequeña parte del hidrógeno en la red de gas existente (*blending*), pero en unas proporciones muy pequeñas (inferiores al 5 %) debido a limitaciones técnicas. Alternativamente, cabría pensar en la transformación de parte de la red existente para un eventual transporte del hidrógeno (*repurposing*) o, simplemente, la eliminación de parte de la red de gas excedentaria (*decommissioning*). Se trata de una discusión abierta en la UE, que requerirá de soluciones nacionales distintas en los próximos años.

3.4. Regulación en las redes: retribución y rentabilidad

Las redes son activos que reciben una remuneración regulada, determinada por el regulador independiente (CNMC) de acuerdo con una metodología previamente aprobada. La necesidad de proporcionar estabilidad regulatoria conduce a que esa metodología solo se revise al término del periodo regulatorio de seis años. Los costes por esa retribución regulada son pagados en su totalidad por los consumidores a través de los peajes bajo el principio de suficiencia de ingresos. Esto es, cualquier variación significativa de esos costes generará una variación equivalente en los peajes, también determinados por la CNMC. No hay discusión sobre esa transmisión de costes de las redes a los consumidores finales, que es obligada por la normativa europea. El marco retributivo presenta características específicas en el transporte y la distribución de electricidad y gas, por lo que a continuación se detallan sus rasgos principales en cada caso y se ofrece información sobre los costes asociados.

3.4.1. La retribución a la red de transporte de electricidad

La metodología actual de retribución para las redes de transporte se establece en la Circular 5/2019 de la CNMC, con modificación en curso a final de 2025 para el periodo regulatorio 2026-2031. La retribución regulada al transporte en un año n consta de tres com-

³⁵ La demanda de gas en España fue de 312 TWh en 2024, frente a 449 TWh en 2007.

ponentes: la retribución por cada una de las instalaciones de transporte que se encuentre en servicio en el año $n-2$, la retribución por extensión de la vida útil y una retribución por incentivo a la disponibilidad. Esta última se asocia al grado de disponibilidad ofrecida por las instalaciones de transporte, pero en la práctica representa una parte muy reducida de la retribución total.

La retribución anual a percibir por cada elemento del inmovilizado es la suma de dos componentes: la retribución a la inversión y la retribución por operación y mantenimiento. La retribución a la inversión existirá siempre que el inmovilizado no haya superado la vida útil regulatoria y es la suma de i) la retribución por amortización, calculada dividiendo el valor de la inversión entre la vida útil regulatoria, y ii) la retribución financiera de la inversión, calculada mediante la multiplicación de la tasa de retribución financiera por el valor neto de la inversión. Por tanto, hay tres parámetros a los que hay que asignar valores: el valor neto de la inversión, la tasa de retribución financiera (basada en el coste medio ponderado del capital o WACC) y la vida útil regulatoria que, en el caso de las instalaciones de transporte es, en la mayoría de los casos, igual a 40 años. El **cuadro 7** muestra la retribución regulada del transporte para el año 2022³⁶.

Cuadro 7.

Retribución anual al transporte de electricidad en España

En euros

<i>Empresa</i>	<i>Retribución inversión</i>	<i>Retribución operación y mantenimiento</i>	<i>Incentivo disponibilidad</i>	<i>Retribución total</i>
Red Eléctrica de España S.A.	1.072.637.261	385.761.613	9.644.040	1.468.042.914
UFD (Grupo Naturgy)	18.365.993	3.254.226	8.136	21.628.355
Vall de Sóller Energía S.L.U.	369.864	175.676	4.392	549.932
Total	1.091.373.118	389.191.515	9.656.568	1.490.221.201

Fuente: CNMC (2025a).

En el caso del transporte de electricidad se ha establecido un sistema que distingue entre dos tipos de instalaciones: las singulares y las no singulares. Las instalaciones no singulares son activos “estándar” y, hasta 2025, su retribución resultaba de un valor medio entre el coste auditado de la inversión y unos valores unitarios (esto es, unos valores medios) previamente establecidos. A partir de 2026, la retribución se hace solo en función del coste auditado, si

³⁶ Se trata de la última retribución ya cerrada a finales de 2025. Las de ejercicios posteriores aplican, provisionalmente, la misma retribución del ejercicio 2022. Por otro lado, debe señalarse que, por razones justificadas, y con autorización, algunas instalaciones de la red de transporte se mantienen en manos de dos distribuidoras. Sin embargo, se trata de una parte muy reducida de la retribución total del transporte (1,5 %).

bien con una corrección trienal posterior al alza o a la baja en función de una comparación con esos valores unitarios.

Adicionalmente, existen algunos activos “no estándar” para los que no hay un valor unitario de referencia. Son las denominadas instalaciones singulares. Un ejemplo son las líneas submarinas, que son escasas y específicas de cada tendido concreto. Estas instalaciones singulares se retribuyen en su totalidad mediante costes auditados, limitando el valor de la inversión reconocida de modo que esta no podrá superar en más del 25 % el valor que se había estimado en el momento inicial de la solicitud de reconocimiento del carácter singular de la inversión.

El caso de las instalaciones con régimen retributivo de inversiones singulares es especialmente relevante porque suelen ser instalaciones de alto coste en las que, con frecuencia, hay modificaciones del valor reconocido inicialmente. Así ha ocurrido, por ejemplo, en el caso del enlace Tenerife-La Gomera (que pasó de un valor inicial reconocido de 84,5 millones de euros a 144,5 millones de euros) o el enlace Península-Ceuta (de 198,7 millones de euros a 332,3 millones de euros)³⁷. Un caso particular es el de la nueva interconexión con Francia (Golfo de Vizcaya), que aumentará la capacidad de interconexión peninsular desde los 2.800 MW actuales a 5.000 MW. En este caso hubo un importante aumento de la inversión prevista, del orden de 1.000 millones de euros, acompañado de una modificación de la decisión conjunta sobre asignación transfronteriza de costes entre España y Francia. Esto ha llevado a una modificación de la inversión reconocida inicialmente, si bien limitando la cantidad de la inversión que puede pagarse vía peajes.

3.4.2. La retribución a las redes de distribución de electricidad

El modelo retributivo de la distribución eléctrica se basa también en el reconocimiento de los costes incurridos, previamente auditados. Hasta 2025 ese modelo se basaba en una remuneración separada de los costes correspondientes al capital (CAPEX) y a la operación y el mantenimiento (OPEX). El **cuadro 8** muestra la retribución regulada de la distribución de electricidad para el año 2021, que es la retribución definitiva más actualizada a finales de 2025.

Cuadro 8.

Retribución anual a la distribución de electricidad en España

En millones de euros

<i>Retribución inversión</i>	<i>COMGES</i>	<i>Otras tareas reguladas (ROTD)</i>	<i>Incentivos</i>	<i>Otros</i>	<i>Retribución total</i>
2.872	1.451	896	45	7	5.271

Fuente: CNMC (2025b).

³⁷ Pese a ello, el valor actual neto (VAN), que calcula la propia REE según la metodología CBA 2.0 de ENTSO-E, se mantiene en valores positivos. La CNMC ha advertido que esa metodología no se adapta a las condiciones de los territorios no peninsulares y que la consideración de estas o ligeras modificaciones en los parámetros considerados por REE arrojaría VAN negativos.

Ese régimen ha cambiado a partir del periodo regulatorio 2026-2031, donde se retribuye por costes totales (TOTEX). Se trata de una evolución del modelo retributivo que ya está presente en la mayoría de los países europeos y que busca crear los incentivos adecuados para que las empresas distribuidoras tomen la decisión más eficiente entre CAPEX y OPEX.

La retribución integra el pago por la inversión realizada (auditada), con una retribución base por amortización y una retribución a la inversión que incluye la retribución financiera. Esta última se calcula mediante la multiplicación de la tasa de retribución financiera (TRF) por el valor neto de la inversión puesta en servicio dos años antes. En la actualidad, la TRF se calcula a partir del WACC, como ocurre en otras actividades reguladas. En el cálculo del valor de la inversión con derecho a retribución, se descuenta la parte del activo que ha sido financiada y cedida por terceros o las ayudas públicas percibidas³⁸. Además, dado que la inversión se produjo dos años antes del momento en que se reconoce, se incrementa multiplicándola por un factor de retardo retributivo. Finalmente, la retribución regulada integra otros componentes, tales como una remuneración por extensión de la vida útil en aquellas instalaciones que, habiendo superado su vida útil regulatoria, siguen en servicio, así como incentivos o penalizaciones por la reducción de pérdidas o la calidad del suministro.

Una segunda diferencia muy relevante del modelo retributivo a la distribución eléctrica a partir de 2026 es que, por primera vez, al no considerar una referencia de costes en términos de valores unitarios, se ha optado por vincular parte de la retribución a una senda de sostenibilidad financiera vinculada al aumento de la potencia demandada. La idea es que la empresa puede obtener el reconocimiento de los costes de inversión que se realizan por encima de lo que se considera como inversión sostenible³⁹ si ese aumento de la inversión se ve acompañado de un aumento de la potencia. En suma, cuando las inversiones se encuentren por encima de la senda de inversión prevista para un incremento de potencia determinado, se aplica una penalización por una eficiencia inferior a la esperable, mientras que, cuando se encuentren por debajo, se aplica una bonificación por una eficiencia superior a la prevista⁴⁰.

3.4.3. La retribución a las redes de transporte, regasificación y almacenamiento de gas

La metodología retributiva para el transporte de gas natural y las plantas de gas natural licuado se recoge en la Circular 9/2019 de la CNMC y es aplicable desde 2021. Ello se acompaña con la Circular 8/2020, donde se establecen los valores unitarios, de referencia de inversión y de operación y mantenimiento para el periodo regulatorio 2021-2026. Como en la electricidad, la retribución utiliza el WACC para el cálculo de la rentabilidad de los recursos financieros invertidos. La inversión reconocida es un promedio entre el valor de inversión

³⁸ Se descuenta el 90 % del importe percibido, si bien el margen del 10 % que es “apropiable” por la empresa no podrá ser superior a 10.000.000 millones de euros.

³⁹ La inversión sostenible sería aquella que resulte necesaria para el desarrollo de su actividad, sin que requiera un incremento de la potencia demandada a efectos de su reconocimiento retributivo.

⁴⁰ Téngase en cuenta que si el incremento de inversión no se acompaña de incremento de potencia ello repercutirá en un aumento de los peajes unitarios que deberán pagar los consumidores.

auditado y el valor de inversión con valores unitarios mientras que los costes de operación y mantenimiento se determinan, con carácter general, mediante valores unitarios de referencia. La retribución se complementa con incentivos por mejoras de productividad, por permanecer en ratios de solvencia financiera adecuados⁴¹, a la venta de gas como combustible marítimo (búnker) que se carga desde las plantas de regasificación o un incentivo por el gas natural suministrado a estaciones de servicio (gas natural vehicular). Con estos últimos se pretende fomentar el uso del gas natural en lugar de otros hidrocarburos.

El **cuadro 9** ofrece un desglose de la retribución provisional de las actividades de transporte, regasificación y almacenamiento correspondiente a 2024. La retribución asciende a 1.210 millones de euros en ese año, una cuantía que es solo ligeramente inferior a la correspondiente a la actividad de distribución de gas.

Cuadro 9.

Retribución provisional de la actividad de transporte y regasificación para el año de gas 2024¹

En euros

	<i>Transporte</i>	<i>Regasificación</i>	<i>Almacenamientos</i>
Retribución por inversión	283.032.573	117.290.573	
Retribución por O&M	281.278.102	193.633.995	
Retribución por ARPE ²	151.765.900	71.583.869	
Retribución por RSAE ³	0	24.942.338	
Total	716.076.575	407.450.765	86.099.143

Notas: ¹El año de gas comprende desde el 1 de octubre de 2023 al 30 de septiembre de 2024. ² Ajustes a la retribución por productividad y eficiencia, que integra incentivos y la parte remanente de la RCS.

³ Retribución por instalaciones en situación administrativa especial, referida a la planta de El Musel.

Fuente: CNMC y elaboración propia.

3.4.4. La retribución a las redes de distribución de gas

Los ingresos que obtienen los propietarios de las redes de distribución de gas provienen de tres fuentes. En primer lugar, de la retribución de las actividades reguladas que se determina a partir de una metodología elaborada por la CNMC. Esos ingresos se financian con los peajes y cánones que pagan los usuarios, calculados siguiendo una metodología establecida por la CNMC. En segundo lugar, provienen de derechos cuyos precios están regulados por las CC. AA., que en algunos casos deben situarse en una banda de precios fijados por la CNMC: derechos de acometida (conexión de nuevos puntos de suministro o ampliación de su capa-

⁴¹ Véase, por ejemplo, la Resolución por la que se establece el valor del índice global de ratios de 2024 y la penalización relativa a la prudencia financiera de las empresas que llevan a cabo las actividades de transporte y distribución de energía eléctrica y las actividades de transporte, regasificación, almacenamiento subterráneo y distribución de gas natural (RAP/DE/002/23).

cidad), derechos de alta, de enganche, por revisiones, etc. En tercer lugar, como en el caso de las redes de distribución eléctrica, provienen del alquiler de los contadores, aunque los consumidores pueden tener su contador en propiedad. El precio del alquiler se regula mediante una Orden Ministerial, estando en curso el despliegue de contadores inteligentes para todos los clientes de menos de 50.000 kWh/año.

Con mucho, la principal fuente de ingresos para las empresas distribuidoras de gas es el régimen económico de retribución regulada, que se examina a continuación. Un aspecto muy importante es que la retribución de la distribución de gas sigue un modelo regulatorio distinto al eléctrico y, también, al existente en la retribución del transporte de gas. Se trata de un modelo donde no se hace el seguimiento de una base de activos regulados (BAR), sino que es una retribución por actividad. Básicamente, es un modelo en el que se fijó un punto de partida con una retribución inicial correspondiente a un año, a la que se añade una retribución unitaria por cada nuevo punto de suministro y por variación de la demanda con respecto a ese año. De ese modo, es la distribuidora la que decide qué zonas gasificar, conociendo de antemano la retribución unitaria que va a recibir en el futuro. Esto hace que el riesgo de despliegue de la red corra por cuenta de la empresa, ya que debe valorar cuál es el coste que le supone desarrollar un nuevo suministro en relación con la retribución futura que va a obtener por el mismo.

En cualquier caso, el análisis económico realizado por la CNMC para el desarrollo de la Circular actual puso de manifiesto que las empresas habían obtenido en el periodo previo rentabilidades de los recursos financieros invertidos superiores a lo que se consideraría como una rentabilidad adecuada para una actividad de bajo riesgo, al mismo tiempo que los consumidores habían visto incrementados notablemente los importes que debían sufragar a través de los peajes y cánones. La CNMC también señaló que la retribución obtenida desde 2002 hasta 2018 por los activos puestos en servicio en 2002 superaba ampliamente el valor neto de esos activos en dicho año, por lo que se realizó un ajuste retributivo sobre los mismos. Sin embargo, dado el impacto sobre la retribución de las redes, la CNMC optó por aplicar ese ajuste de modo paulatino en el segundo periodo regulatorio (2021-2026), una aproximación (*glide path*) frecuente en el ámbito regulatorio para evitar impactos bruscos. De ese modo, por ejemplo, la retribución para el año 2024 se redujo en el 65 % de ese ajuste, que se aplicará en su integridad en el último año del periodo regulatorio. El **cuadro 10** muestra la retribución provisional para el ejercicio 2024 de la distribución de gas, distinguiendo los tres componentes principales ya referidos.

Cuadro 10.

Retribución provisional de la distribución de gas en 2024

En euros

<i>Retribución base (2020)</i>	<i>Retribución por desarrollo de mercado</i>	<i>Retribución transitoria</i>	<i>Total</i>
1.159.428.631	8.603.352	83.663.771	1.251.695.754

Fuente: Memoria justificativa de la resolución por la que se establece la retribución para el año de gas 2024 (de 1 de octubre de 2023 a 30 de septiembre de 2024) de las empresas que realizan las actividades reguladas de plantas de gas natural licuado, de transporte y de distribución de gas natural (CNMC).

3.4.5. La retribución financiera

El modelo retributivo aplicado, como en los países de nuestro entorno, se basa en un modelo de reconocimiento de inversiones ya realizadas (salvo en la distribución de gas). Esas inversiones reciben una retribución financiera, que es calculada por la CNMC sobre la base del coste medio ponderado de capital (*Weighted Average Cost of Capital* o WACC). El uso del WACC es habitual en el ámbito regulatorio, y de hecho es empleado por la CNMC ya desde hace tiempo en otros sectores regulados⁴², así como por los reguladores de energía en otros países europeos. No hay, pues, discusión sobre su uso como método para la estimación de la tasa de retribución financiera, pero, como es natural, sí la hay sobre el cálculo concreto de los distintos parámetros que la componen. La metodología actual del WACC se contiene en la Circular 2/2019⁴³ y trata de reflejar la realidad de los mercados de capital a los que las empresas acuden para obtener financiación. El objeto último es reconocer ese coste de capital, que integra tanto los costes asociados a los fondos propios como los costes de la deuda según la siguiente expresión:

$$\text{WACC} = \text{RA} * \text{Rd} * (1 - \text{T}) + (1 - \text{RA}) * (\text{TLR} + \text{PRM} * \beta) \quad [1]$$

La ratio de apalancamiento (RA) se calcula como la deuda neta en relación con la deuda neta más los fondos propios. El coste de la deuda neta (Rd) recoge el coste de la financiación ajena y se calcula como la suma de un tipo de interés de referencia (*Interest Rate Swap*, o IRS) más un diferencial (*Credit Default Swap*, o CDS), ambos a 10 años. La parte izquierda del sumatorio se “convierte” a un coste de la deuda tras impuestos multiplicándola por (1-T), donde T es la tasa impositiva aplicable en España, en tanto por uno (T=0,25).

La segunda parte del sumatorio es el coste de los fondos propios y tiene dos componentes. El primero es una tasa libre de riesgo (TLR), calculada a partir de las cotizaciones del Bono del Estado español a 10 años. El segundo componente es el producto de una prima de riesgo del mercado (PRM) y un coeficiente β , coeficiente que viene dado por la ratio entre la covarianza de la rentabilidad del activo con el mercado y la varianza del mercado, siendo $\beta \leq 1$. Cuanto menor sea el β más diversificable (o menos sistémico) es el riesgo asociado a ese activo, mientras que $\beta=1$ reflejaría que el riesgo asociado a ese activo no es diversificable (esto es, es sistémico). El regulador retribuye una tasa de retorno sobre los fondos propios coherente con el riesgo no diversificable. El WACC calcula varios de los distintos parámetros requeridos a partir de los datos de un amplio grupo de empresas comparables europeas y utilizando un periodo histórico de 6 años

⁴² Los conceptos básicos de la metodología aplicada por la CNMC para el sector energético y para otros sectores regulados (aeroportuario, telecomunicaciones y postal) son los mismos, si bien la elección concreta de los parámetros atiende a especificidades propias de cada sector y de la regulación sectorial.

⁴³ Además de la memoria que, como siempre, acompaña a la Circular, el lector interesado puede leer el Acuerdo por el que se aprueba la propuesta de metodología de cálculo de la tasa de retribución financiera de las actividades de transporte y distribución de energía eléctrica para el segundo periodo regulatorio 2020-2025 (INF/DE/044/18). En dicho informe se explican las alternativas metodológicas existentes.

Partiendo del cálculo de cada uno de los parámetros requeridos, la CNMC estimó un WACC del 4,19 % para el transporte y la distribución eléctrica en el periodo 2021-2025, lo que representa una TRF del 5,58 %⁴⁴ y casi 100 puntos básicos inferior a la fijada para el periodo regulatorio previo por el Miteco (6,53 %). Sin embargo, para el transporte y regasificación de gas natural, el WACC calculado y su correspondiente TRF, fueron ligeramente inferiores: 4,08 % y 5,44 %, respectivamente. La razón principal fue el menor coste de la deuda, afectado por la distinta ventana temporal utilizada para el cálculo entre los sistemas eléctrico y gasista, pues el periodo regulatorio en el gas comienza un año después que en el eléctrico. Sin embargo, en el caso del sector gasista, la CNMC tuvo en cuenta la influencia del cambio en la política monetaria mediante la compra de deuda pública por parte del Banco Central Europeo desde comienzos de 2015. En el caso de la distribución gasista, su modelo de retribución basado en la actividad implica que el WACC calculado no le es relevante. Adicionalmente, cabe señalar que a finales de 2025 está en curso la aprobación de una nueva metodología de cálculo del WACC, a aplicar para el periodo 2026-2031, que va a introducir algunos cambios con respecto a lo ya descrito. El principal será la introducción de una combinación de costes históricos y futuros en el cálculo del coste de la deuda, en línea con lo que ya se realiza en otros países de nuestro entorno, junto a la aplicación de un control por la influencia de la política monetaria también en el caso de la retribución a las redes eléctricas.

La tasa de retribución financiera se aplica también a otras actividades que reciben retribución regulada. En concreto, se aplica tanto a las actividades de producción renovable, cogeneración y residuos (RECORE) incluidas en el régimen de retribución específica como a las actividades reguladas de generación en los sistemas no peninsulares (SNP). Para ello se aplica también una metodología basada en el coste medio ponderado del capital (WACC) propuesto por la CNMC y aprobado por parte del Miteco (RDL 17/2019), que es quien tiene la competencia en ese ámbito. Para el periodo regulatorio 2020-2025, la tasa de retribución financiera del RECORE es del 7,09 %, si bien las instalaciones que han renunciado a iniciar o continuar procesos arbitrales han visto reconocida hasta 2031 la TRF fijada en el periodo regulatorio previo (7,398 %). Por su parte, la TRF para los SNP es del 5,58 % en el periodo 2020-2025.

3.5. Regulación en la generación eléctrica

La regulación europea establece libertad de entrada en la generación eléctrica y, por tanto, el principio general es que los ingresos percibidos por los generadores son los obtenidos por su actividad en los distintos mercados eléctricos o por los acuerdos de venta de energía bilaterales que puedan tener. Este principio general tiene diversas excepciones para algunos activos de generación, cuyos casos más destacados se describen a continuación.

La entrada de capacidad de generación renovable en España en la primera década de este siglo, y concretamente hasta 2012, estuvo acompañada de un importante apoyo público

⁴⁴ La tasa de retribución financiera (TRF) se define como $TRF = WACC / (1 - T)$, donde T es la tasa impositiva aplicable en España, en tanto por uno ($T=0,25$). La TRF es la tasa reconocida en la retribución regulada, ya que esta es percibida por las empresas antes de pagar impuestos (*pre-tax*).

en forma de pagos regulados. Este sistema retributivo específico a la generación renovable, cogeneración y residuos (RECORE) se modificó a partir de 2013 para convertirlo en un sistema de complemento a los ingresos de mercado percibidos por las empresas. El sistema se mantiene actualmente, aunque sus costes han disminuido considerablemente debido, entre otras razones, a que el periodo regulatorio durante el que se tiene derecho a la retribución ha finalizado. Ese es el caso, sobre todo, de la generación eólica.

Con posterioridad a aquel año se estableció un régimen de apoyo a la entrada de renovables mediante la celebración de subastas. El diseño más actual de esas subastas se basa en contratos de largo plazo con el sistema eléctrico basados en contratos por diferencias (*contracts for differences*, o cfd), cuya función es garantizar la estabilidad del precio percibido. De hecho, la actual regulación europea obliga a los Estados miembros a utilizar ese diseño en el caso de que deseen implementar un sistema de apoyo para la entrada de nueva capacidad de generación renovable. Sin embargo, aunque en España se han desarrollado subastas de este tipo, no han tenido éxito y las empresas han preferido o bien no participar en el sistema o bien firmar contratos privados de largo plazo con consumidores (*Power Purchasing Agreements* o PPAs). En este contexto, el sector financiero juega un papel fundamental en la inversión en generación renovable, y de hecho suele ser parte activa en los acuerdos en forma de PPA.

Una segunda excepción al régimen general de obtención de ingresos a través del mercado se refiere a las instalaciones de producción en los sistemas no peninsulares, y concretamente a las de tipo térmico basadas en hidrocarburos (derivados de petróleo, gas o carbón). Esas instalaciones son aún muy importantes en las islas, Ceuta y Melilla, pero sus costes de producción son muy superiores a los ingresos que percibirían en el caso de obtener el precio marginal fijado para el mercado peninsular. Por lo tanto, esos costes adicionales se cubren mediante un sistema retributivo específico, financiado a partes iguales por el conjunto de consumidores eléctricos a través del concepto de cargos en la factura y por el conjunto de los contribuyentes a través de los Presupuestos Generales del Estado.

3.6. El pago por las redes y por otros servicios

Los consumidores pagan en sus facturas por un amplio conjunto de partidas de costes vinculados con el suministro energético. En primer lugar, pagan por la energía consumida, medida en términos de kWh. El precio de esa energía se determina básicamente en el mercado eléctrico, gestionado por el Operador del Mercado Ibérico de Electricidad (OMIE). Se trata de un mercado marginalista en el que se fija el precio de la electricidad para cada quince minutos⁴⁵ del día siguiente a partir de la interacción entre oferentes (generadores) y demandantes (comercializadores). El mercado diario es un mercado de subasta, que desde 2013 está integrado en una plataforma común con el resto de los mercados europeos y aplica un algoritmo común para resolver simultáneamente entre las posiciones de venta y de compra en todos los países y maximizar el uso de las interconexiones internacionales. Al precio final

⁴⁵ Desde el 1 de octubre de 2025. Hasta ese momento, la fijación del precio era horaria.

del mercado diario que paga un consumidor por cada kWh consumido, se añaden otros componentes: los precios de los mercados intradiarios, los pagos por capacidad y los sobrecostes por restricciones técnicas y por servicios de ajuste. Estos sobrecostes asociados a los servicios para el funcionamiento seguro del sistema son gestionados por el OS y se han venido incrementando en los últimos años en un contexto de creciente penetración renovable, con una aceleración de esa tendencia creciente a partir del apagón de abril de 2025.

En segundo lugar, el consumidor abona unos peajes por el uso de las redes, que dependen de los periodos horarios y del nivel de tensión al que se conectan. A diferencia de lo que ocurre en otras actividades, los costes de inversión y de operación y mantenimiento asociados a las redes de electricidad y gas se traspasan completamente a los consumidores. Esto es, no hay financiación pública de los costes de las redes⁴⁶ que, recuérdese, son de titularidad privada. Por lo tanto, el precio unitario de los peajes depende de la retribución global a los propietarios de las redes y de su mecanismo de reparto a los usuarios finales. En España, ambas competencias son ejercidas por la CNMC. El principio general en el diseño de los peajes es el de causalidad de los costes de redes, debido a que cada peaje se calcula en función de los elementos de coste inducidos por las redes de transporte y distribución. Por ello, cuanto “más arriba” se conecta un consumidor a la red, esto es, cuanto mayor es el nivel de tensión al que se conecta, como ocurre en el caso de las empresas de mayor consumo, el peaje pagado por unidad de energía es menor, pues esa energía no ha circulado por la totalidad de la red.

Un elemento que es ampliamente discutido en la configuración de los peajes es la distribución entre un término fijo y uno variable. El término fijo depende de la potencia contratada (término de potencia, en kW), mientras que el término variable depende del consumo energético (término de energía, en kWh). La configuración de los peajes se realiza por la CNMC en forma de una Circular específica, que en la actualidad asigna un 75 % del coste al término fijo y un 25 % al término variable⁴⁷.

Una discusión adicional es si los peajes deben ser homogéneos en todo el territorio o si deben reflejar la disparidad de los costes de las redes en distintas zonas. De hecho, cabe argumentar que el uso de peajes nodales (*nodal tariffs*) permitiría incorporar elementos como los costes de las congestiones o los efectos de las pérdidas de un modo más preciso, ya que estos varían entre distintos nodos de la red. Sin embargo, son muy pocas las experiencias reales de este tipo en el mundo y en España; como en la inmensa mayoría de países, esos peajes son idénticos para todo el territorio nacional. Ello se debe tanto a las dificultades técnicas para diseñar e implementar un sistema de peajes con características nodales como a la dificultad para que ese sistema fuese políticamente aceptable, debido a que tendría efectos sobre la equidad⁴⁸.

⁴⁶ Solo existe financiación pública en circunstancias excepcionales. Por ejemplo, el PRTR dedicó financiación a la digitalización de redes eléctricas. También hay financiación europea a activos de interconexión entre países, fundamentalmente a través de *Connecting Europe Facility* (CEF).

⁴⁷ En valores medios, ya que hay diferencia en esos porcentajes por nivel de tensión.

⁴⁸ La discusión sobre el diseño óptimo de peajes es muy amplia. El lector interesado puede consultar CEER (2017).

En tercer lugar, hay un conjunto de costes distintos a los de redes que los consumidores también pagan, al menos parcialmente, en sus facturas. Esos costes son principalmente tres: la retribución regulada a la generación renovable, cogeneración y residuos, el coste derivado de la amortización y pago de intereses de la deuda del sistema eléctrico y la compensación por los extracostes de generación en los sistemas no peninsulares (SNP). Para sufragar parcialmente esos costes regulados, el sistema eléctrico recibe ingresos provenientes del Tesoro: i) ingresos provenientes de impuestos específicos a actividades energéticas fijados en Ley 15/2012, el más importante de los cuales es el impuesto sobre el valor de la producción de la energía eléctrica; ii) parte de los ingresos obtenidos por el Tesoro por las subastas de derechos de emisión, y iii) ingresos de los Presupuestos Generales del Estado para sufragar la mitad de los extracostes de generación en los SNP. La parte de los costes distintos de las redes que no son sufragadas por esas tres partidas de ingresos se distribuye entre los consumidores mediante una partida de cargos en sus facturas eléctricas. Como en el caso de los peajes, hay una metodología específica en la que se basa ese reparto, que trata de emular una distribución de costes basada en precios Ramsey. Esa metodología de cargos la aprueba el Gobierno, ya que es este el encargado de decidir sobre esta parte de la factura.

El **cuadro 11** sintetiza la evolución de costes e ingresos del sector eléctrico en 2022 y 2023, último año con cuentas definitivas en noviembre de 2025. En los últimos años se han producido cambios notables en los ingresos obtenidos por el sector eléctrico, como consecuencia de distintas medidas de intervención regulatoria en el contexto de la crisis de precios de la energía. En esa situación, se han producido fuertes superávits o déficits del sistema, esto es, remanentes positivos o negativos que se han utilizado en ejercicios posteriores.

Por último, cabe señalar que en el caso del sector gasista los principios generales son los mismos: los consumidores abonan por la cantidad consumida y por el uso de las redes. Sin embargo, se trata de un sistema de mucho menor tamaño que el sistema eléctrico que, además, no recibe transferencias desde el sector público.

4. PROBLEMAS Y RETOS EN LAS INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS

4.1. Competencia

En el sector eléctrico se ha producido un intenso cambio en la estructura de la generación, que ha sido consecuencia de la entrada de nuevas plantas de generación renovable, tanto fotovoltaicas como eólicas. Aunque en ambos casos hay economías de escala asociadas al tamaño de las plantas, estas no son tan intensas como para no permitir centrales de tamaño muy diverso. De ese modo, mientras que una central nuclear tiene una potencia muy cercana a 1.000 MW y un ciclo combinado entre 400 MW y 600 MW, la distribución de tamaños de

Cuadro 11.**Ingresos y costes regulados del sector eléctrico: 2022 y 2023**

Millones de euros

	2022	2023
Ingresos:		
Ingresos peajes y cargos	10.250	9.949
Peajes	7.189	7.547
Cargos	3.185	2.585
Otros ingresos peajes de acceso	-124	-183
Otros ingresos regulados	247	292
Ingresos Ley Medidas Fiscales (15/2012)	3.721	543
Ingresos por CO ₂	2.028	917
Otros ingresos externos a peajes	2.776	664
Total ingresos	19.022	12.365
Costes:		
Redes de transporte	1.550	1.489
Distribución y gestión comercial	5.212	5.222
Anualidades de la deuda	2.410	2.364
RECORE ¹	4.046	4.448
Sistemas no peninsulares	835	821
Otros costes	107	83
Total costes	14.160	14.427
Ingresos por regularización ejercicios previos	555	129
Rentas congestión con Francia		-354
SALDO del ejercicio²	5.418	-2.287
Remanente que se trae del ejercicio anterior	772	6.190
Remanente al final del ejercicio tras la aplicación del remanente previo	6.190	3.903
De transporte y distribución	1.236	1.816
De cargos	4.954	2.087

Notas: ¹ El RECORE es el acrónimo del régimen retributivo específico para renovables, cogeneración y residuos. Ese régimen está regulado por el Real Decreto 413/2014 y a él han estado acogidas, o continúan estando, las instalaciones de generación con esas tecnologías que entraron a producir con un mecanismo de apoyo público hasta el año 2012. ² El saldo del ejercicio se refiere a la diferencia entre el conjunto de ingresos regulados del sistema, menos los costes regulados, a lo que se añade el saldo de la regularización de distintas partidas correspondientes a ejercicios previos (que puede ser positivo o negativo). Además, desde 2023 se deducen los ingresos procedentes de las rentas de congestión con Francia, que se colocan en una cuenta específica para la retribución de los costes por la interconexión del Golfo de Vizcaya.

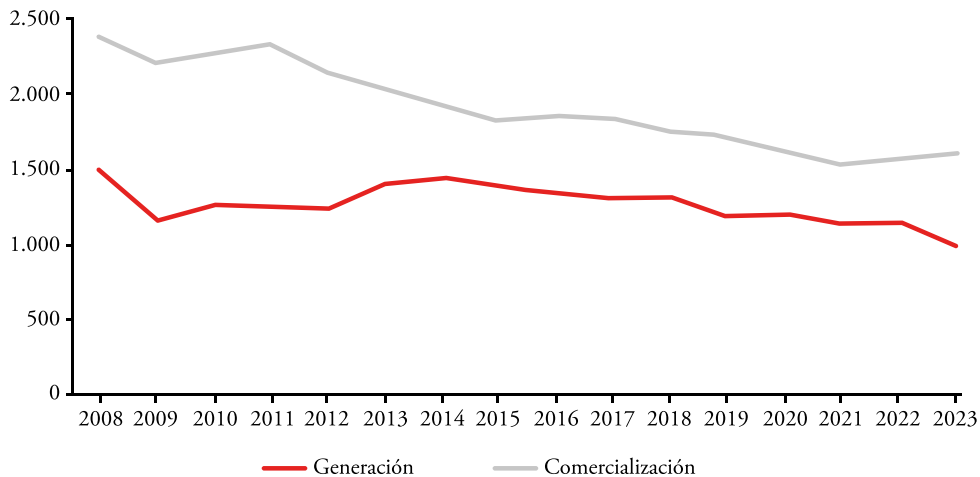
Fuente: CNMC (liquidaciones definitivas de varios años y resoluciones de peajes) y elaboración propia.

las centrales fotovoltaicas se sitúa desde menos de 1 MW hasta el entorno de 500 MW⁴⁹. Las menores barreras de entrada en relación con la generación tradicional facilitan que haya múltiples propietarios de las nuevas instalaciones. De hecho, hay una elevada rotación de activos, con empresas que participan en las primeras fases de los proyectos y su ejecución, mientras que en muchas ocasiones son los fondos de inversión los protagonistas en fases de explotación posteriores. Por lo tanto, hay una tendencia natural a la caída de la concentración empresarial. La **figura 2** refleja esa situación a través de la evolución del índice de concentración Herfindahl-Hirschman (HHI) entre 2008 y 2023⁵⁰. El valor más reciente del índice (1.007) se sitúa muy por debajo del umbral habitual de 1.800 puntos que se suele considerar como “problemático” a efectos de la competencia, al identificar una situación de alta concentración (USDJ y FCC, 2023). Debe señalarse que la disminución de la concentración en la generación eléctrica es compatible con la existencia de poder de mercado por parte de algunos generadores y con la posibilidad de que estos abusen de ese poder.

La **figura 2** también muestra la evolución de la concentración de mercado en el caso de la comercialización. Como puede apreciarse, se ha producido una caída notable de la con-

Figura 2.

Evolución del índice de concentración Herfindahl-Hirschman en la generación y comercialización de electricidad: 2008-2023



Fuente: CNMC y elaboración propia.

⁴⁹ Además, el hecho de que haya un umbral de 50 MW para dilucidar cuál es la administración competente en la tramitación administrativa genera una fuerte acumulación de plantas que rozan, sin alcanzar, ese umbral.

⁵⁰ El índice se define como $HHI = \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{X} \right)^2$, donde X_i es la generación de la empresa o grupo empresarial i (esto es, agrupa la generación de empresas pertenecientes al mismo grupo) en el Programa Diario Base de Funcionamiento (PDBF) en el Mercado Ibérico de Electricidad (MIBEL). El PDBF se corresponde con la generación programada en el programa diario, incluyendo las transacciones bilaterales. El rango de variación del HHI va de 0 (máxima competencia) a 10.000 (máxima concentración).

centración de mercado en ese ámbito, si bien la concentración es más alta que en la generación. La crisis de los precios energéticos en 2022-2023 impactó sobre las comercializadoras de menor tamaño, volviendo a aumentar los niveles de concentración en los años más recientes. Ese nivel también está afectado por la existencia de precios regulados (precio voluntario al pequeño consumidor, PVPC), pues son las empresas de mayor tamaño las que están obligadas a ofrecer contratos de ese tipo a través de comercializadoras específicas, denominadas comercializadoras de último recurso (CUR). Dados los bajos márgenes con los que se opera en ese segmento (el margen de comercialización también está regulado), es una parte del mercado en la que no entran otras comercializadoras⁵¹.

La CNMC, como Autoridad Nacional de Competencia, ha actuado en diversas ocasiones estableciendo sanciones por prácticas no competitivas relacionadas con el abuso de posición de dominio (artículo 2 de la Ley de Defensa de la Competencia, LDC) o competencia desleal (artículo 3 de la LDC) en el ámbito de los sectores energéticos. También se han impuesto sanciones por infracciones tipificadas en el ámbito de las leyes de energía sectoriales por diversas prácticas no competitivas en relación con la fijación de precios o por alteración en el despacho de generación. En el sector energético no se han producido, sin embargo, expedientes sancionadores relacionados con el acceso a las infraestructuras, algo que sí ha ocurrido, por ejemplo, en las comunicaciones electrónicas. Ha sido suficiente el marco de solución de conflictos para solventar los problemas que se han manifestado en ese contexto.

En el caso de las actividades liberalizadas, esto es, generación y comercialización, el hecho de que haya empresas integradas verticalmente podría generar distorsiones competitivas. Un ejemplo sería que las empresas distribuidoras hagan uso del conocimiento que tienen de los consumidores a los que alcanzan hasta su punto de suministro (el contador) para reforzar la posición de empresas comercializadoras de su mismo grupo empresarial. Por eso los procedimientos de cambio de comercializador deben estar bien diseñados y ser ágiles, evitando que la posición de monopolista local del distribuidor se traslade a una posición de alto poder de mercado en la comercialización del producto. A este respecto, y contrariamente a la percepción general, los consumidores de energía cambian mucho de compañía comercializadora. Los datos más recientes indican una tasa de rotación (*switching*) próxima al 10 %. Sin embargo, lo hacen con una alta fidelidad al distribuidor local, de modo que las empresas comercializadoras de su grupo acaparan casi la mitad de todos los cambios.

En relación con las fusiones y adquisiciones, los procesos de concentración en el sector energético fueron bastante intensos en el periodo 1990-2012, pero desde entonces no ha habido concentraciones relevantes. Sí se ha producido una amplia internacionalización en algunos de los principales grupos, que han entrado en actividades de generación y de redes en otros países. Ello se ha acompañado de la entrada de fondos de inversión internacional en la

⁵¹ En el caso del gas natural, ya se señaló que no existe una “generación” como tal en territorio nacional, existiendo diversos agentes que intervienen en el negocio de adquisición y transporte del gas hasta territorio nacional. Sí hay una actividad de comercialización a clientes finales, parte de los cuales también pueden optar, si así lo desean, por una tarifa regulada (tarifa de último recurso, TUR) que, de nuevo, solo es ofrecida por unas pocas empresas que están obligadas a ello.

generación y distribución eléctrica y, más recientemente, también la entrada de otros actores energéticos, especialmente provenientes de los hidrocarburos líquidos.

Por último, el sector eléctrico es protagonista destacado en el ámbito del control de las ayudas de Estado. De hecho, con la excepción de los años del COVID, las ayudas vinculadas a protección medioambiental y energía han sido siempre la principal partida de gasto en ayudas públicas en la UE (EC, 2025), con una Comunicación de la CE sobre Directrices sobre ayudas estatales en materia de clima, protección del medio ambiente y energía que fue renovada en 2022.

4.2. Seguridad de suministro

La seguridad de suministro es uno de los tres pilares básicos de la política energética, acompañando a la creación de un mercado interior de la energía competitivo y la satisfacción de objetivos medioambientales. La seguridad de suministro requiere una gestión eficiente del sistema, que incluye la provisión adecuada de servicios que permitan el equilibrio de la red⁵², pero también de unas infraestructuras de generación y de red adecuadas y resilientes. El apagón de abril de 2025 en España puso de manifiesto la relevancia de esas infraestructuras. Algunos equipamientos facilitan mantener esas condiciones de funcionamiento más seguro del sistema y, aunque ya se dispone de ellos y forman parte de las redes eléctricas, ganarán peso en el conjunto de activos regulados de las redes en los próximos años. Se trata de componentes como compensadores síncronos, desfasadores, equipamientos de emulación electrónica de potencia, etc.

El apagón también puso de manifiesto la relevancia de los grupos de generación convencionales, como los grupos de generación térmica, para la seguridad de suministro. Son equipamientos que ya están presentes en el *mix* de generación, pero, dado el proceso de transición hacia soluciones de generación renovable, su utilización es decreciente. Por ejemplo, en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima se calcula que una central de ciclo combinado solo funcionará un 9 % de las horas anuales⁵³. Con tan baja utilización de la capacidad, es muy probable que los márgenes operativos de esas centrales sean negativos y que sus propietarios soliciten su cierre⁵⁴. Sin embargo, la generación proporcionada por esos grupos térmicos es necesaria para asegurar la disponibilidad de generación en momentos de baja generación renovable y alta demanda, pero también porque tiene características físicas que contribuyen de modo decisivo al control de la frecuencia y la tensión de la red.

⁵² La descripción de la intervención del OS mediante la resolución de restricciones técnicas y los servicios de balance excede el objetivo de este capítulo. El lector interesado puede acudir a Carabajo (2007) para una explicación básica, y a CNMC (2025d) para datos más actualizados.

⁵³ En términos de horas anuales equivalentes a máxima capacidad.

⁵⁴ De hecho, ya se han producido solicitudes de cierre y, en el caso de las centrales de ciclo combinado, no han sido aprobadas por el Miteco. Sí lo han sido en el caso de las centrales que usan carbón.

En ese contexto, un aspecto discutido es cómo y en qué medida establecer incentivos para la disponibilidad de potencia en el sistema eléctrico. Una posibilidad es la de apostar porque los mercados de corto y de largo plazo ofrezcan señales de precios suficientemente potentes para que esos generadores se mantengan disponibles en todo momento. Se trata de una solución de *only energy markets*. Sin embargo, hay serias dudas de que esas señales de precios sean suficientemente potentes para asegurar el suministro en un contexto de producción crecientemente renovable. Por ello, la CE ha venido autorizando mecanismos de capacidad en distintos Estados miembros. Al tratarse de un mecanismo de ayudas hacia ciertos productores, están sujetas al control de ayudas de Estado. La posición inicial de la CE en este ámbito era inicialmente bastante restrictiva. Sin embargo, se ha modificado con la última reforma del mercado interior de la electricidad, en 2024, para facilitar su implementación por los Estados miembros y convertir a estos mecanismos en un elemento estructural en el funcionamiento del sector, frente al carácter provisional que han tenido tradicionalmente. Para ello, la CE exige un detallado plan de implementación (Reglamento (UE) 2019/943). En el caso de España, a finales de 2025, está aún pendiente el desarrollo regulatorio que ponga en marcha el mecanismo de capacidad. Si es conocido que, siguiendo reglamentación europea, la asignación de ayudas se hará mediante un procedimiento competitivo en forma de subastas, en las que los oferentes del servicio subastado podrán ser generadores, proveedores de almacenamiento o, incluso, consumidores. Aunque el pago de los mecanismos de capacidad repercutirá en un aumento de la factura de los consumidores, no es posible adelantar en estos momentos su impacto, ya que ello dependerá, entre otros factores, del precio resultante de las subastas y de los volúmenes a subastar para los distintos plazos temporales⁵⁵.

En el caso del gas natural, la seguridad de suministro añade dos particularidades. En primer lugar, el hecho de que el producto energético sea importado. Ello implica que la diversificación de orígenes del gas es también un elemento relevante en la seguridad de suministro. Las posibilidades de diversificación son mucho mayores cuando el gas se importa en forma de gas natural licuado (GNL), ya que actualmente hay más de veinte países que exportan GNL (IGU, 2025). Por el contrario, por su propia naturaleza, el gas importado mediante gasoductos vincula físicamente con un país de origen y su disponibilidad es muy sensible al riesgo geopolítico, como se puso de manifiesto en relación con los gasoductos desde Rusia hacia el este y centro de la UE tras el comienzo de la guerra con Ucrania. La regulación española (Ley de Hidrocarburos) ha establecido desde hace treinta años obligaciones de diversificación de aprovisionamientos, que deben cumplir los comercializadores de gas natural y que son vigiladas por la Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos.

La segunda particularidad se refiere al papel de los almacenamientos de gas, que resultan vitales para asegurar la disponibilidad del producto en caso de riesgo exterior de abastecimiento y, también, para reducir los costes de suministro a través de un arbitraje de precios

⁵⁵ Se prevé el desarrollo de subastas con distintos periodos de duración del servicio (de uno a quince años) y distintos calendarios de celebración. Además, las resoluciones de convocatoria de las subastas deberán definir diversos parámetros que sin duda afectarán a la estructura de mercado, como los coeficientes de firmeza para las distintas tecnologías. Por último, un elemento muy importante es el establecimiento del precio de reserva en las subastas, de carácter confidencial, que evita asignar volúmenes a precios superiores al mismo.

entre las temporadas de invierno (con mayor demanda en el hemisferio norte y, por tanto, precios más caros) y de verano. Incluso en el contexto del mercado interior de la energía, la regulación de las infraestructuras de almacenamiento de gas en la UE ha sido tradicionalmente doméstica. Solo ha sido tras la fuerte incertidumbre provocada por el comienzo de la guerra en Ucrania cuando se comenzaron a establecer normas comunes relativas, por ejemplo, a las obligaciones de llenado o la colaboración entre Estados miembros en caso de crisis de suministro zonal.

4.3. Planificación

Son varios los problemas a los que se enfrenta la planificación de la red de transporte de electricidad. El primero se refiere a que se trata de un proceso muy lento y burocratizado, que tiene dificultades para acompañar a las transformaciones que se exigen para avanzar en el proceso de transición energética. De ese modo, es muy frecuente que la planificación se apruebe cuando se ha comenzado el periodo de planificación al que esta se refiere⁵⁶. Esa lentitud se aplica también a los procesos de modificaciones puntuales a la planificación vigente, que exigen también largos periodos administrativos que culminan en su aprobación mediante Acuerdo del Consejo de Ministros. Estaba prevista una modificación normativa para agilizar esta situación⁵⁷. En concreto, se preveían revisiones de la planificación cada tres años, de modo que pasaran a solaparse los periodos de planificación de seis años y modificaciones puntuales a la planificación cada dos años, frente al carácter excepcional que les confiere la norma actual. Todo ello se acompañaría con periodos muy cortos para la realización de informes y silencio positivo en el caso de no recibirse aquellos. Esos cambios para agilizar el proceso no han culminado a finales de 2025 y serían necesarios.

Un problema en la planificación de la red de transporte es la lentitud con que esta se adapta a los cambios de la demanda, sobre todo cuando estos no son esperados y, por tanto, no se han podido tener en cuenta para la planificación en el ciclo temporal correspondiente. Un caso paradigmático se produce cuando la rigidez de la planificación impide atender demanda en una subestación, pese a que hay viabilidad física para poder introducir posiciones de conexión adicionales y estas solo suponen un pequeño coste adicional para el sistema. Es muy probable que los ingresos obtenidos por el consumo eléctrico en esas nuevas posiciones (en forma de peajes) sean mayores que el coste del equipamiento adicional; pero, sin embargo, no se lleva a cabo porque esa actuación no estaba recogida en la planificación del sexenio correspondiente. En un sentido similar, las posiciones en una subestación tienen una asignación *ex ante* de generación (esto es, a ella se conecta un productor de electricidad) o de demanda (se conecta un consumidor), lo que no tiene por qué responder a las circunstancias concretas con las que ha evolucionado la demanda y la oferta en esa localización. De nuevo, hasta ahora hay que esperar a una nueva planificación para proceder a un cambio de asignación.

⁵⁶ La planificación del periodo 2021-2026 se aprobó en marzo de 2022. La del periodo 2025-2030 no se había aprobado al final del año 2025.

⁵⁷ Esas medidas se contenían en el Real Decreto-Ley 7/2025 (RDL), no convalidado.

Las condiciones del despliegue de la red de distribución eléctrica son distintas a las de transporte, ya que no se basan en una planificación, sino en planes desarrollados por las propias empresas titulares de las redes. A ese respecto, a finales de 2025 está pendiente de aprobación una regulación más exigente para dotar de mayor supervisión y control a las inversiones realizadas por las empresas distribuidoras, así como para aumentar sus condiciones de transparencia y publicidad. De ese modo se pasa a obligar, por ejemplo, a que los planes de inversión de las empresas distribuidoras se sometan a un proceso de información pública en los territorios afectados, o que toda la información sobre el cumplimiento de esos planes de inversión se haga pública mediante acceso *online*. Este aspecto es básico porque hasta ahora ha existido muy poca información pública sobre el grado de cumplimiento real de los planes de inversión.

4.4. Inversión y acceso a las redes

La inversión en infraestructuras energéticas se desarrolla en marcos regulatorios muy diferenciados. Por lo que se refiere a la inversión en nuevos equipamientos de generación, esta se realiza fundamentalmente en nueva capacidad eólica y fotovoltaica. La inversión en otras fuentes de generación, como la biomasa o la termosolar, es, de existir, marginal, pues, dados sus mayores costes operativos, necesita estar apoyada en un mecanismo de subvenciones públicas. La configuración marginal de los mercados eléctricos de corto plazo, y en particular el diario, proporciona una señal muy potente para la entrada de nueva generación eólica y fotovoltaica, al tener costes de operación y de recuperación de los costes de inversión inferiores al precio marginal de mercado. Sin embargo, el patrón de generación horaria en la generación fotovoltaica, con una fuerte concentración en las horas centrales del día y, obviamente, generación nula en las horas no solares, conduce a que la entrada de nueva generación fotovoltaica se acompañe con un intenso proceso de canibalización de precios. De ese modo, cada vez más los precios en los mercados diarios se sitúan en valores cercanos a cero, e incluso negativos, en las horas centrales del día. De hecho, el precio de mercado realmente “capturado” por la generación fotovoltaica, en relación con el precio de mercado, es una proporción decreciente. Esto es especialmente intenso en el comienzo de la primavera, con menor demanda eléctrica y mayor entrada de generación eólica e hidráulica. Se trata de una situación ya esperada y cuya solución depende de la posibilidad de desplazar parte de la generación fotovoltaica a horas nocturnas a través del almacenamiento. Por lo tanto, es previsible que, en muchos países, entre ellos España, se produzca una intensa inversión en instalaciones de almacenamiento en los próximos años, inversión que se ve también facilitada por la reducción de los costes de las baterías.

El caso de las infraestructuras de red es muy distinto al de la generación, dada la naturaleza regulada de su retribución. El elemento crítico en las decisiones de inversión es la rentabilidad, que depende de la metodología retributiva que se implemente, incluyendo la correspondiente a la tasa de retribución financiera. El regulador debe garantizar que esa metodología proporcione incentivos adecuados a la inversión eficiente, esto es, la que sea

necesaria para satisfacer las demandas de conexión y de potencia. Ello en un contexto donde, si bien hay expectativas de aumento de la demanda futura de electricidad debido al proceso de electrificación de actividades (en la generación de calor, transporte, industria, etc.), se ha producido una caída de la demanda eléctrica en el transcurso de la última década, tanto en términos de demanda anual como en términos de la demanda pico.

La puesta a disposición de los consumidores de la electricidad o el gas requiere del acceso previo de los generadores a las redes. Como es lógico en un contexto de regulación técnica del sistema, que implica una monitorización precisa de la oferta y la demanda para satisfacer su equilibrio, el acceso a la red se produce en condiciones reguladas. En concreto, cualquier nuevo generador requiere obtener un permiso previo de acceso y conexión a la red⁵⁸, proporcionado por su titular. La regulación de las condiciones para la concesión de permisos la realizan el Ministerio⁵⁹ en su parte más general, y la CNMC en lo relativo a las especificaciones de detalle. El criterio general de otorgación del acceso es el de prelación temporal. Esto es, si hay capacidad suficiente en el nudo para el que se solicita acceso, las peticiones se ordenan por orden de llegada, se evalúan y, si se dan las condiciones técnicas, se concede el permiso. También como criterio general, con numerosas excepciones, el permiso obtenido caduca a los cinco años. Debe tenerse en cuenta que la realización del proyecto empresarial que justifica esa petición de acceso no se realizaría de no obtener previamente el permiso de acceso.

Un caso cada vez más habitual es que haya muchas peticiones de acceso a un nudo y que el titular de la red no pueda satisfacerlas todas. En ese caso, si es la red de transporte, ese nudo sería objeto de un concurso específico para otorgar la capacidad de acceso disponible entre los demandantes de acceso. En los últimos años se han otorgado muchos GW de acceso a la red, tanto por parte de generadores como de grandes consumidores. Por ejemplo, en el caso de la generación renovable eólica, solar fotovoltaica e híbrida, en julio de 2025 había 65,8 GW en servicio en España, a lo que se añadirían 91,6 GW que no están aún en servicio, pero que ya disponen del permiso de acceso, más otros 29,2 GW en tramitación para la concesión de ese permiso. Se trata de una potencia muy superior a la potencia requerida para los próximos años. Adicionalmente, hay numerosas peticiones adicionales en otros nudos que, ante la fuerte demanda de acceso, se reservan para futuros concursos. En agosto de 2025 había ya 386 nudos reservados para tal fin (la red de transporte tiene 937 nudos), con una potencia conjunta de 54 GW. En este contexto, no es de extrañar que, pese a que llevan acumulándose nudos para una eventual celebración de concursos de conexión de generación desde 2021, casi no se haya celebrado ninguno a finales de 2025. De hecho, solo se han celebrado en los correspondientes a los denominados nudos de transición justa. Se trata de puntos de acceso que se liberan por el cese de producción de centrales de carbón o, en el futuro, por el cierre de

⁵⁸ La diferencia entre el acceso y la conexión se refiere a que el primero se circunscribe al derecho, mientras la segunda se refiere a las actuaciones para la conexión física a la red. En la práctica, ambas cuestiones están completamente vinculadas y, de hecho, su tramitación es conjunta. De ahí que no se entre aquí en distinciones de detalle.

⁵⁹ Aunque con numerosas modificaciones posteriores, la norma básica se contiene en el Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.

centrales nucleares. Los criterios de valoración en la resolución de esos concursos ponderan de modo prioritario el impacto socioeconómico de los proyectos y, con menor relevancia, los criterios asociados a la tecnología de generación, el estado de madurez del proyecto y la minimización del impacto ambiental.

La discusión actual no se centra, sin embargo, en la obtención de permisos de acceso a la red por parte de la generación, sino de la demanda. La situación es que ya se ha otorgado también una considerable capacidad de acceso por parte de la demanda: 43 GW en agosto de 2025. De la elevada cuantía que supone esa cifra da cuenta que la demanda punta en España en 2024 fue de 40 GW. Al mismo tiempo, existe una elevada demanda adicional que ha llevado a reservar también un elevado número de nudos para futuros concursos de demanda⁶⁰.

Por lo tanto, es claro que se ha producido un elevado acaparamiento de los puntos de conexión a la red, tanto por el lado de la generación como de la demanda. Las empresas que solicitan acceso deben depositar garantías económicas para cubrir el riesgo de no utilizar finalmente la conexión concedida. Esas garantías eran inicialmente muy reducidas, pero se elevaron para reducir el riesgo de acaparamiento, pues el permiso de acceso es un activo valioso que otorga mucho valor a un proyecto de generación renovable. Una garantía demasiado alta, sin embargo, actúa como una barrera de entrada a generadores de menor tamaño. Ello se acompañó con el establecimiento de un sistema de hitos temporales en el caso de la instalación de plantas de generación renovable, cuyo incumplimiento llevaría a la pérdida de las garantías depositadas. Sin embargo, no existe información pública que informe de la frecuencia o volumen de permisos de acceso que terminan caducando sin ser utilizados, lo que impide valorar en qué medida se produce un problema serio de asignación ineficiente de un recurso escaso.

En cualquier caso, la regulación actual muestra elevada predilección por el sistema de concurso público para la asignación de capacidad. Un concurso implica la baremación de distintos aspectos, algunos de ellos basados en previsiones o apreciaciones. Por ejemplo, en el caso de los primeros concursos de demanda (anunciados en julio de 2025), se bareman previsiones de impacto medioambiental aportadas por las empresas. Dado que el acceso es un recurso escaso, parece que debería explorarse un sistema de subasta, que no excluye el depósito de garantías. Ello se debería acompañar de la modificación de distintas actuaciones regulatorias que mejorasen otros aspectos. Por ejemplo, es muy frecuente que un solicitante pida acceso en distintos puntos de la red, lo que sesga al alza el volumen de peticiones y aumenta la percepción de que hay muchas que no pueden ser atendidas.

Adicionalmente, una de las tareas del regulador es la resolución de conflictos entre las empresas del sector. En concreto, en el ámbito energético, la CNMC debe tomar decisiones ante los conflictos que le presenten las empresas que participan en el mercado eléctrico, cuando estas no están de acuerdo con las actuaciones del Operador del Mercado o del Operador del Sistema, o cuando los generadores no están de acuerdo con las actuaciones de

⁶⁰ En julio de 2025 se han convocado los primeros concursos en este ámbito.

las empresas titulares de las redes de transporte o distribución. En el primer caso se trata de conflictos de gestión económica y técnica del sistema, mientras que los segundos son en casi todos los casos conflictos de acceso a las redes.

En los últimos años, con la entrada de nuevas plantas de generación renovable, se ha producido un extraordinario aumento en relación con los conflictos de acceso a la red. De hecho, ello ha sido un acicate para la modificación normativa de las condiciones de acceso para ofrecer más transparencia y predictibilidad. Aunque no son procedimientos administrativos, ya que los agentes involucrados (el titular de la red y el demandante) son privados y no públicos, sí son procedimientos que deben estar muy reglados en cada uno de sus pasos y ofrecer transparencia y trazabilidad, tanto a los generadores como al propio regulador. Esto último es importante para que este pueda intervenir resolviendo en caso de conflicto.

En el ámbito del gas natural, las peticiones de acceso a la red se centran en los nuevos generadores de biometano, ya que este es un sustituto perfecto del gas natural y puede mezclarse sin problema. En este caso también el regulador ha tenido que resolver distintos conflictos de acceso. Esos conflictos también se están presentando para los accesos de las instalaciones de producción de hidrógeno renovable, pese a que se trata de una actividad todavía por despegar y para la que se requiere también de la transposición del marco normativo sobre el hidrógeno adoptado en años recientes en la Unión Europea.

4.5. Equidad

El consumo energético es un componente relevante del consumo de los hogares y de las empresas. Al ser un servicio universalizado, no hay un problema de acceso a las redes⁶¹ ni regulación para la prestación de un servicio universal, como sí ocurre, por ejemplo, en otros sectores como las telecomunicaciones o el postal. Obviamente, los costes de prestación del servicio de red son muy distintos entre zonas geográficas, pero, como se ha señalado, los peajes son idénticos en todo el territorio nacional. Los parámetros mediante los que se distribuyen los peajes entre los consumidores son el nivel de tensión (o de presión, en el caso del gas) al que se conectan y, en la electricidad, los periodos horarios o temporadas del año.

Dado que el acceso a la red es universal, aunque en condiciones reguladas y con lo indicado anteriormente sobre las dificultades en la obtención de puntos de conexión para nuevos consumidores de elevado tamaño, el énfasis no se pone en el acceso al servicio, sino en su asequibilidad. Para ello, ha habido tradicionalmente intervención pública mediante la fijación de precios regulados a los que pueden acogerse los hogares o, en algunos casos, empresas de muy pequeño tamaño. En España, es el precio voluntario al pequeño consumidor (PVPC)

⁶¹ Aunque la primera llegada del gas natural a España se produjo a final de la década de los sesenta, la red de gas no avanzó en su despliegue hasta la década de los noventa. La red no es universal y, en 2024, son 1.825 los municipios en España que sí tienen red de gas natural en España.

para la electricidad y la tarifa de último recurso (TUR) en el caso del gas. La TUR es un precio regulado típico, establecido en términos de euros por unidad de consumo (kWh), que se modifica mediante Orden Ministerial cada tres meses. La fijación del precio se basa en una metodología conocida y aprobada por el Ministerio, con el criterio general de transmisión de la variación de los costes del suministro a la tarifa final. Sin embargo, en algunas ocasiones, y de modo muy destacado durante la crisis del precio del gas en 2022-2023, esa transmisión fue incompleta con el objeto de laminar el impacto sobre la factura final del encarecimiento del precio del gas en los mercados. El PVPC es, sin embargo, un precio dinámico, que traslada los precios horarios fijados en el mercado de diario y, parcialmente, en los mercados de futuros. En ese sentido, es un precio regulado atípico, que sí regula el margen de intermediación que obtiene el comercializador en esa transmisión desde el precio en los mercados mayoristas hacia el precio final al consumidor.

En cualquier caso, la presencia de precios finales regulados en la electricidad o el gas es compatible con el hecho de que los hogares pueden elegir entre ese precio regulado o el precio fijado en un contrato con cualquier comercializadora, pues el mercado de comercialización está liberalizado desde hace más de dos décadas. En ese sentido, la regulación europea incide en la necesidad de que vaya desapareciendo ese tipo de intervención⁶², de modo que esta debe centrarse en los colectivos más vulnerables. Para ello existe un sistema de rebaja de la factura para determinados colectivos más vulnerables.

La existencia de un mercado ibérico de electricidad (MIBEL), donde se producen los intercambios de energía y se obtienen precios para distintos periodos temporales en toda la península, plantea la cuestión de cuáles son los precios aplicables en los sistemas eléctricos no peninsulares, en los que no existe un mercado en el que confluyen oferentes y comercializadores. En su lugar, hay un sistema de despacho gestionado por el operador del sistema, que si bien prioriza a las unidades de menor coste de generación (renovables), sigue dependiendo de un modo decisivo de generadores térmicos. En consecuencia, el coste de la electricidad generada es muy superior al de la península. En este caso, la regulación ha establecido mecanismos que hacen que el precio de adquisición de la energía por parte del comercializador sea el mismo que en la península⁶³. Esto genera una brecha entre el coste real de producción y el precio pagado, referida en la regulación como “extracostes”, que se pagan al 50 % entre todos los consumidores eléctricos, a través de los cargos, y los contribuyentes, a través de los PGE. Esta decisión “salomónica” no es la misma que la utilizada en otros contextos donde se trata de compensar situaciones análogas derivadas del aislamiento de los territorios no peninsulares, como la relativa al transporte aéreo, cuyos costes se abonan íntegramente por los PGE.

⁶² Esto no resulta sorprendente y va en la línea de lo que ha ocurrido en otros sectores regulados. De nuevo, la comparación con lo ocurrido en las telecomunicaciones resulta pertinente, pues en ese ámbito la regulación de mercados abandonó la intervención de precios minoristas, para concentrarse exclusivamente en intervenciones regulatorias aguas arriba, esto es, en el ámbito mayorista. Ello implicó abandonar progresivamente toda intervención regulatoria sobre los precios finales.

⁶³ Con un pequeño ajuste por apuntamiento de la demanda (ver Anexo I del RD 738/2015).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los sectores energéticos de electricidad y gas son actividades intensamente reguladas que, sobre todo en el primero de los casos, están sujetos a una intensa discusión sobre las características deseables de esa regulación en un contexto de transición energética. El propósito de este apartado es el de ofrecer, sobre la base del análisis previamente realizado, algunas conclusiones y recomendaciones acerca de los principales asuntos de interés que, por claridad expositiva, se agrupan por bloques temáticos.

Sobre el cambio del mix

Actualmente, la principal preocupación en relación con las infraestructuras de generación renovable es la reducción del precio capturado como consecuencia de la concentración de producción procedente de plantas fotovoltaicas en las horas centrales del día. Esa reducción del precio pone en peligro la rentabilidad de las instalaciones ya existentes y afecta muy negativamente a la señal de entrada para nuevas instalaciones, especialmente las fotovoltaicas. Si el precio medio capturado se llega a situar de modo consistente por debajo del precio mínimo necesario para recuperar los costes operativos y la anualidad de la inversión (esto, por debajo del LCOE), se producirá una paralización abrupta de la entrada de nueva generación renovable. De hecho, se observan ya problemas para obtener financiación para nuevas plantas, pues las entidades financieras ya están adelantando los mayores riesgos para la recuperación de la inversión.

La incorporación de nueva capacidad de almacenamiento, bien mediante bombeo o bien mediante baterías, es condición necesaria para facilitar la continuidad de la entrada de generación renovable, al permitir el desplazamiento de parte de la generación renovable hacia las horas nocturnas. Sin embargo, la entrada de nueva capacidad de almacenamiento está aún por comenzar. Es muy probable que a partir de 2026 se produzca una entrada de baterías estacionarias sustancial que, en buena parte, va a estar apoyada en las subvenciones provenientes del *Next Generation*, pero ese régimen de apoyo es limitado y tiene fecha de caducidad. Por ello, es necesario valorar en qué medida un futuro mecanismo de capacidad podrá ofrecer una remuneración a la flexibilidad proporcionada por el almacenamiento. Del mismo modo, resulta necesario desarrollar rápidamente todas las posibilidades de obtención de ingresos de nuevas plantas de almacenamiento en los servicios de balance del sistema.

En relación con la generación eólica, el principal problema para su despliegue no se refiere al precio capturado, que es claramente superior al de la generación fotovoltaica, sino a los persistentes problemas para las autorizaciones administrativas, particularmente en lo que concierne a la declaración de impacto ambiental. Si no se avanza en su solución con un marco legal que acelere los procesos administrativos, al tiempo que reduzca su judicialización, va a ser muy difícil avanzar en los próximos años en la incorporación de nueva capacidad de generación eólica.

En cualquier caso, hay que recordar que la entrada de ambos tipos de generación depende de las condiciones de mercado, tanto en lo relativo a los mercados de corto plazo como de largo plazo, estos últimos fundamentalmente mediante la firma de acuerdos de venta de energía con grandes compradores (PPAs). Sin embargo, no hay preocupación en estos próximos años para la realización de subastas centralizadas que, según la normativa europea, tendrían que adoptar la forma de contratos por diferencias. Del mismo modo, no hay una preocupación intensa por la disponibilidad de acceso a la red por parte de la generación renovable, pues, recuérdese, los accesos ya concedidos para futuras instalaciones de generación se sitúan muy por encima de las entradas requeridas.

La demanda y su acceso a la red

El asunto más relevante en la transformación del sector eléctrico no es actualmente el cambio en el *mix* de generación, sino el lento crecimiento de la demanda, pues el volumen de demanda eléctrica (y la demanda punta) en España en 2025 sigue siendo inferior al existente en los años previos al covid. En ese contexto, la transformación del *mix* de generación no puede avanzar mucho más si no crece la demanda. Es cierto que hay muchas expectativas de que el peso relativo de la electricidad en el consumo final de energía aumente en los próximos años, con dos impulsos fundamentales procedentes del transporte, a través de la penetración del automóvil eléctrico, y de la electrificación de procesos industriales, pero en ambos casos los costes de transformación son altos y hay considerables incertidumbres sobre su ritmo.

Además, no debe olvidarse que en la industria hay que avanzar en la transformación de dos fuentes de emisiones: las vinculadas a las emisiones por el uso de la energía y las vinculadas a las emisiones de procesos. En el primer caso, hay limitaciones tecnológicas vinculadas a los procesos de altas temperaturas, que requerirán de soluciones no eléctricas basadas, por ejemplo, en biogases. En el caso de las emisiones de proceso, que son una parte mayoritaria de las emisiones en algunos sectores industriales, se requerirán mecanismos que faciliten la captura y almacenamiento del carbono. Para facilitar ambas soluciones, sería importante desarrollar señales de precios a largo plazo mediante el desarrollo de instrumentos regulatorios, ya en funcionamiento en otros países, como son los contratos por diferencias al carbono. En España, el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia solo ha previsto una pequeña partida para el estudio y evaluación del posible desarrollo de un fondo de apoyo a los contratos por diferencias de carbono y, en su caso, la realización de un proyecto piloto.

En cualquier caso, la mayor preocupación de la industria se centra en las limitaciones para nuevos accesos a la red. Además, como se ha indicado, hay un elevadísimo volumen de accesos ya concedidos, que retienen ese acceso durante un periodo de al menos cinco años. En el caso de la generación, el acaparamiento en el pasado condujo a un sistema de hitos para demostrar que el proyecto detrás del permiso de acceso está realmente avanzando, evitando tener que esperar a esos cinco años para comprobar que el proyecto finalmente no se ha construido. Ese sistema no existe por el lado de la demanda, por lo que sería imprescindible

establecer algún procedimiento que permita discernir entre los proyectos detrás de los accesos concedidos que avanzan y los que no, evitando un acaparamiento de puntos de acceso que transmite una falsa señal de “saturación” de la red. En la actualidad, la única consecuencia de que un solicitante de acceso no termine utilizando el acceso es que pierde la garantía depositada, que tampoco es alta porque no se desea que termine funcionando como una barrera a la entrada.

Las redes de transporte y distribución de electricidad

En estrecha conexión con la necesidad de que aumente la demanda eléctrica, y con los problemas de acceso a la red, se encuentra la amplia discusión en curso sobre el papel de las redes eléctricas y su despliegue. Esa discusión tiene varios frentes. En primer lugar, las redes deben ser capaces de atender y gestionar una generación renovable que es mucho más dispersa geográficamente que la generación térmica tradicional, pero, sobre todo, con características diferenciales en términos de su contribución al control de la frecuencia y la tensión y, por tanto, sobre la estabilidad del sistema. Estas características diferenciales deben ser atendidas por la planificación de la red de transporte y por los planes de inversión de las empresas distribuidoras. Para ello es imprescindible que la planificación del transporte sea mucho más flexible que la actual. Un instrumento adecuado es, por ejemplo, seguir teniendo planificaciones a seis años, pero con renovaciones cada dos o tres años. Además, los procesos de modificación puntual de esa planificación deben ser mucho más ágiles.

En segundo lugar, es necesario incrementar sustancialmente la transparencia en relación tanto con los planes de inversión en la distribución como, sobre todo, con la ejecución real de los planes de despliegue en la red de transporte y de distribución. Es bien conocido que hay un amplio espacio entre el desarrollo previsto de las redes y su ejecución real, pero ha habido muy poca supervisión sobre esta circunstancia y, hasta ahora, que ese espacio fuese más o menos grande no ha tenido consecuencias relevantes para el titular de la red. Hay propuestas en curso que tratan de avanzar en estos aspectos. Además, la transparencia debe extenderse a que las empresas ofrezcan información más detallada y pública sobre la concesión de accesos a la red. Hasta ahora, por ejemplo, no hay conocimiento detallado y regular sobre las causas de los rechazos a las peticiones de acceso a la red. Adicionalmente, se sabe que algunos proyectos solicitan acceso en distintos puntos de la red, por lo que puede haber un problema de acaparamiento del que se desconoce realmente su relevancia.

En tercer lugar, hay una amplia discusión sobre la metodología retributiva a las redes y el establecimiento de una adecuada tasa de rentabilidad financiera por las inversiones realizadas. Las propuestas realizadas por la CNMC a finales de 2025 para el nuevo periodo regulatorio 2026-2031 ponen de manifiesto que la metodología retributiva para el reconocimiento a los costes de las redes va a ser más flexible que la existente hasta ahora, con el ánimo de conseguir que las empresas escojan las soluciones que sean las más eficientes en costes para el conjunto del sistema.

Por último, si bien la flexibilización en curso de los límites de inversión es adecuada en un contexto en el que se desea una inversión mayor en redes para lograr su refuerzo, no hay que olvidar que ello introducirá mayores costes futuros para los consumidores en forma de mayores peajes. En ese sentido, la metodología retributiva deberá evolucionar de modo progresivo hacia un modelo que permita un adecuado reparto de los riesgos de extensión de la red entre los titulares de las redes y el sistema. En caso contrario, una situación en que no se materialicen las expectativas de aumento de la demanda conducirá a que sean los consumidores actuales los que paguen por un exceso de inversiones a través de mayores peajes, lo que sería una señal de precios que dificultaría el necesario avance en el proceso de electrificación.

Las redes de gas y de hidrógeno

Como se ha indicado con anterioridad, los activos de redes de gas en España (incluyendo regasificadoras y almacenamientos) son más que suficientes para abastecer las necesidades del sistema y no va a haber ampliaciones de capacidad en ningún caso. De hecho, un reto futuro será cómo se produce el desmantelamiento de algunos activos (*decommissioning*) a medida que su vida útil regulatoria vaya finalizando y, en un contexto de decreciente demanda de gas, no tenga sentido extender la vida de esos activos. El regulador deberá entonces analizar esa cuestión con cuidado, evitando perpetuar el mantenimiento de activos con muy baja utilización de capacidad y cuyos costes, como en todos los casos, se trasladan a los consumidores.

Una discusión que se presentará en los próximos años, y que no ha sido tratada en este trabajo, se refiere a una eventual red para el transporte de hidrógeno. Esa posible red necesariamente será troncal, para abastecer a grandes consumidores, ya que no cabe esperar redes capilares de hidrógeno. La cuestión básica es que los costes de las redes de electricidad y de gas se distribuyen entre un amplísimo número de puntos de suministro. De hecho, los mayores costes de esas redes recaen sobre los millones de pequeños consumidores. Una red de hidrógeno que solo abastezca a grandes consumidores implica que solo estos deberán pagar los correspondientes peajes, lo que obviamente encarece el coste del suministro. Para que el coste fuese asumible, se requeriría de mecanismos regulatorios específicos para aplanar temporalmente la transmisión de esos costes, de modo que no recayesen en su totalidad sobre los consumidores iniciales y, muy probablemente, también requeriría de subvenciones públicas. En cualquier caso, hay una amplia discusión sobre si el modelo imperante para un futuro escenario de uso del hidrógeno será el de redes de larga distancia o si, por el contrario, cabe esperar una producción del hidrógeno cercana al punto de consumo, reduciendo así la necesidad de contar con redes extensas.

La seguridad de suministro

La preocupación por el mantenimiento de la seguridad de suministro eléctrico se ha colocado en el centro del debate sobre el sector energético en España, especialmente tras el apagón de abril de 2025. La discusión sobre sus causas y sobre la asignación de responsabili-

dades entre el Operador del Sistema y algunos productores es intensa. En cualquier caso, es importante seguir recordando que un sistema eléctrico requiere disponer de generadores que aporten inercia, clave para el control de la frecuencia, y que también sean capaces de generar o absorber energía reactiva, clave en el control de la tensión. Se trata de dos características que son consustanciales a los generadores convencionales (centrales térmicas e hidráulicas). El apagón ha acelerado también el comienzo de mercados locales para que algunas plantas de generación renovable, previamente habilitadas para ello, puedan prestar servicios de control dinámico de la tensión. Se trata de un proceso novedoso, que tardará tiempo en irse implementando y del que aún es difícil adelantar cuáles pueden ser sus efectos.

La seguridad de suministro no solo se relaciona con una puesta al día de los procedimientos de operación, sino también con la disponibilidad de activos en las redes que ayuden al control de la frecuencia y la tensión. Se trata de activos, como compensadores síncronos o reactancias, de elevado coste, pero que el apagón ha valorado. Sin ir más lejos, las modificaciones puntuales a la red de transporte, aprobadas en julio de 2025, pivotan sobre el despliegue de esos dos tipos de activos, cuya presencia en la red ha sido hasta ahora marginal.

En cualquier caso, mientras no sean operativos esos nuevos procedimientos y activos, la gestión de la red eléctrica ha entrado en un procedimiento de operación reforzada tras el apagón, cuyo efecto más visible es la incorporación más intensa de centrales de ciclo combinado en la operación del sistema. Las consecuencias de ello son claras: incremento de la factura final para el consumidor eléctrico y de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del sector eléctrico.

Un asunto al que también se alude frecuentemente al analizar la seguridad de suministro es el papel de las interconexiones con otros países. A ese respecto, la posición tradicional de España como país importador de electricidad procedente de Francia ha cambiado sustancialmente en los últimos años, en los que nos hemos convertido en un país exportador debido a los menores precios en el mercado peninsular en muchas horas del día. El papel de posibles futuras interconexiones a través de los Pirineos para la seguridad de suministro sería, en ese sentido, menor. Lo importante es que cualquier análisis que se haga para interconexiones adicionales a las existentes se base en un análisis riguroso de costes y beneficios que, además, permita una asignación eficiente de los costes entre los dos lados de la frontera. Además, dada la magnitud de los costes asociados a estas instalaciones de carácter singular, conviene reforzar la supervisión por parte del regulador. Ello permitiría reducir el riesgo de que el traspaso directo de los costes de las interconexiones a los costes del sistema se haga sin un análisis de si se han llevado a cabo las mejoras prácticas encaminadas a la reducción de esos costes por parte del transportista único.

En relación con el gas, la seguridad de suministro se asocia con un nivel de reservas adecuado y con una diversificación de proveedores suficiente. Sobre esta última cuestión, sería aconsejable que la previsible desaparición de Rusia como un proveedor de gas a España a partir de 2028 vaya acompañada de un esfuerzo adicional de diversificación del suministro, evitando que se produzca un aumento sustancial de la concentración en muy pocos proveedores (Argelia y Estados Unidos).

La fiscalidad

Para finalizar, conviene recordar un aspecto que no ha sido tratado en este capítulo, pero que es de extraordinaria importancia en el sector energético, referido a la fiscalidad. A ese respecto, la fiscalidad sobre la energía es extraordinariamente amplia, integrando no solo impuestos especiales (por ejemplo, el impuesto especial sobre la electricidad) y otros impuestos específicos establecidos para recaudar fondos para pagar algunos costes del sistema (impuesto sobre el valor de la producción de la energía eléctrica, impuesto sobre el combustible nuclear gastado y almacenado), sino también diversas tasas y medidas parafiscales (por ejemplo, derechos de emisión). Hay un consenso elevado acerca de que la fiscalidad medioambiental es clave para dar las señales de precios adecuadas en el proceso de transición energética. Sin embargo, y pese a constituir una parte importante de las recomendaciones realizadas en el Libro Blanco realizado por el Comité de Personas Expertas para la Reforma del Sistema Tributario (2021), el avance en este ámbito en los últimos años ha sido prácticamente nulo. Como se analiza en Rodríguez (2025), algunos de estos impuestos se crearon para afrontar situaciones que están muy próximas a desaparecer, por lo que convendría revisarlos.

Referencias

- ACER. (2023). Report on Investment Evaluation, Risk Assessment and Regulatory Incentives for Energy Network Projects. https://acer.europa.eu/Publications/ACER_Report_Risks_Incentives.pdf
- ACER-CEER. (2024). Position on anticipatory investments, March 2024. <https://www.ceer.eu/wp-content/uploads/2024/04/ACER-CEER-Position-on-Anticipatory-Investments.pdf>
- CARBAJO, A. (2007). Los mercados eléctricos y los servicios de ajuste del sistema. *Economía Industrial*, 364, 55-62. <https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/364/55.pdf>
- CARPIZO, J. (2019). La fiscalidad energética autonómica y local: Problemática y posibles soluciones. *Presupuesto y Gasto Público*, 97/2019, 121-137. https://www.ief.es/docs/destacados/publicaciones/revistas/pgp/97_07.pdf
- CNMC. (2024). Informe de supervisión de la aplicación de los criterios de separación funcional de actividades previstos en la Disposición Adicional Vigésima Tercera de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico a la Unidad Orgánica que ejerce en exclusiva la función del operador del sistema eléctrico y gestor de la red de transporte integrada en Red Eléctrica de España, S.A.U. <https://www.cnmc.es/sites/default/files/5416825.pdf>
- CNMC. (2025a). Informe de supervisión de los cambios de comercializador– tercer trimestre de 2024. <https://www.cnmc.es/sites/default/files/6099882.pdf>
- CNMC. (2025b). Resolución por la que se establece la retribución de las empresas titulares de instalaciones de transporte de energía eléctrica para el año 2022. <https://www.cnmc.es/expedientes/rapde00222>
- CNMC. (2025c). Resolución por la que se establece la retribución de las empresas titulares de instalaciones de distribución de energía eléctrica para el año 2021. <https://www.cnmc.es/expedientes/rapde01120>
- CNMC. (2025d). Informe de supervisión del mercado mayorista al contado de electricidad. <https://www.cnmc.es/sites/default/files/5779264.pdf>
- COMITÉ DE PERSONAS EXPERTAS PARA ELABORAR EL LIBRO BLANCO SOBRE LA REFORMA TRIBUTARIA. (2022). *Libro blanco sobre la reforma tributaria*. https://www.ief.es/docs/investigacion/comiteexpertos/LibroBlancoReformaTributaria_2022.pdf

- COUNCIL OF EUROPEAN ENERGY REGULATORS. (2017). Electricity Distribution Network Tariffs CEER Guidelines of Good Practice, Ref: C16-DS-27-03. https://www.ceer.eu/wp-content/uploads/2024/04/CEER-DS-WG-Best-Practice-Tariffs-GGP-external-publication_final.pdf
- DECKER, C. (2023). *Modern Economic Regulation*. Second Edition. Cambridge University Press.
- EUROPEAN COMMISSION. (2025). State aid Scoreboard 2024. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_25_952/IP_25_952_EN.pdf
- ICEX. (2025). Spain: Global Platform for Business and International Investment. June 2025. <https://www.invest-inspain.org/content/dam/icex-invest/documentos/publicaciones/doing-business/Investment%20Trends%20and%20Records.pdf>
- IGU. (2025). World LNG Report 2025. <https://www.igu.org/igu-reports/2025-world-lng-report>
- IRENA. (2025). Renewable Power Generation Costs in 2024. <https://www.irena.org/Publications/2025/Jun/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2024>
- LETTA, E. (2024). *Much more than a market. SPEED, SECURITY, SOLIDARITY Empowering the Single Market to deliver a sustainable future and prosperity for all EU Citizens*, April 2024. <https://www.consilium.europa.eu/media/ny3j24sm/much-more-than-a-market-report-by-enrico-letta.pdf>
- RODRÍGUEZ, D. (2021). *Sobre los costes, los precios y el mercado de electricidad*. Fedea, Estudios sobre la Economía Española – 2021/28. <https://documentos.fedea.net/pubs/eee/eee2021-28.pdf>
- RODRÍGUEZ, D. (2025). *El equilibrio financiero del sector eléctrico y la desaparición del impuesto de generación*. <https://documentos.fedea.net/pubs/ap/2025/ap2025-04.pdf>
- U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE AND THE FEDERAL TRADE COMMISSION. (2023). Merger Guidelines. https://www.ftc.gov/system/files/ftc_gov/pdf/2023_merger_guidelines_final_12.18.2023.pdf

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.

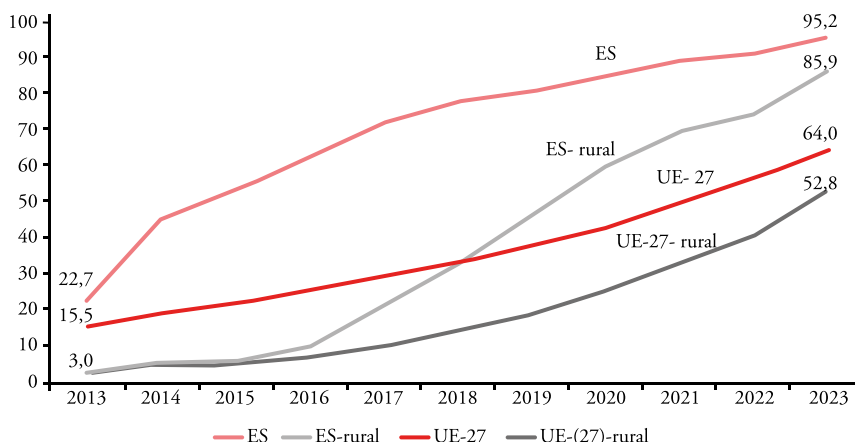
² Los datos que se ofrecen a continuación son de cobertura sobre los hogares, muy similar a la población, pero al no tratarse de accesos activos, las coberturas pueden sumar todas ellas más del 100 % de los hogares.

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.

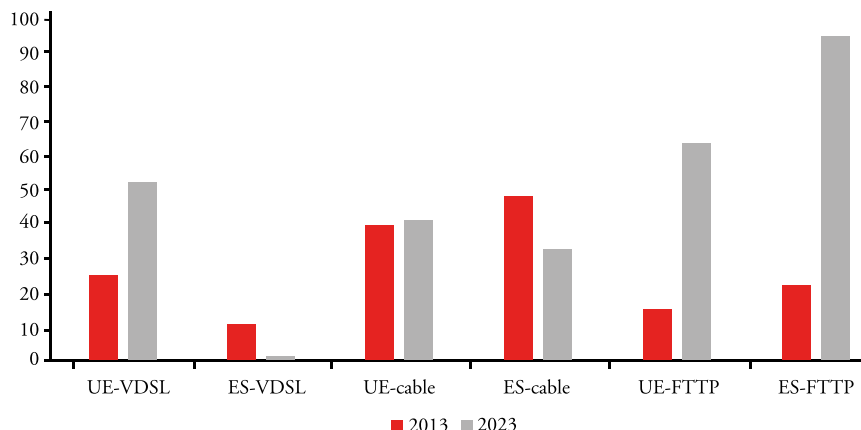
⁵ En la figura la tecnología de fibra se le denota por *fiber-to-the-premise* (FTTP), que engloba tanto la fibra desplegada hasta el edificio del abonado, como la fibra desplegada hasta la casa/apartamento del abonado (FTTH).

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.

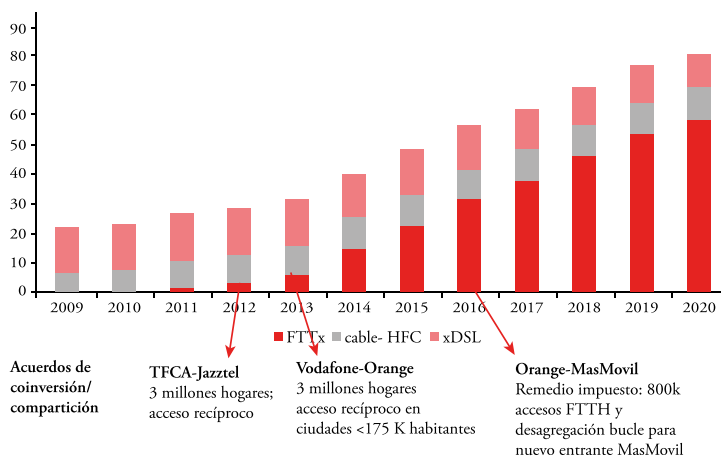
De los operadores establecidos, cinco en 2013 a escala nacional, únicamente dos de ellos disponían de red móvil y red fija al mismo tiempo (Telefónica y Orange). Vodafone y MasMóvil solo disponían de red móvil. Con el fin de poder ofertar servicios convergentes, Vodafone compró la red de cable de Ono, 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



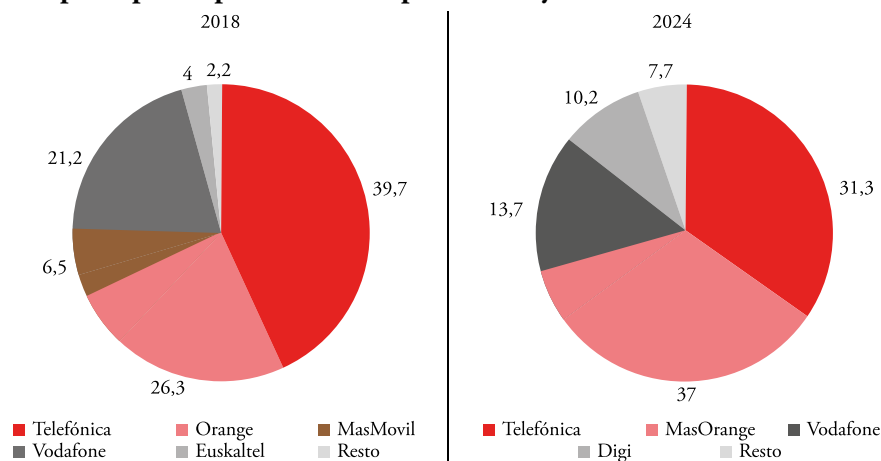
Fuente: Elaboración propia.

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.

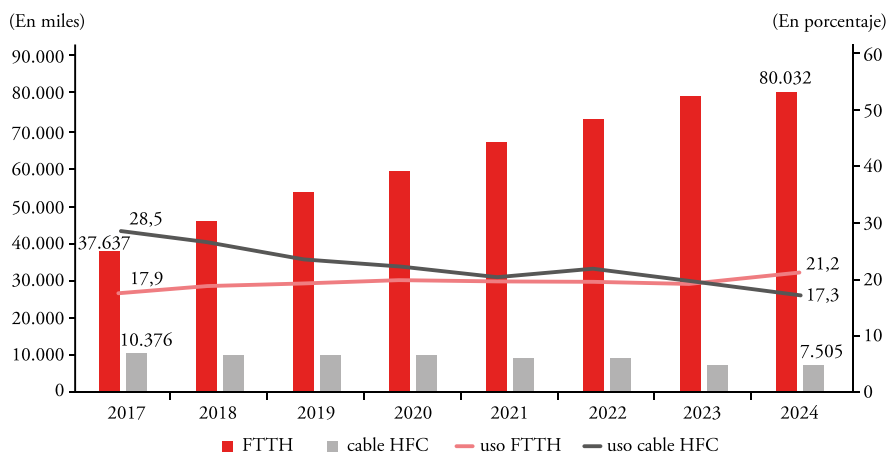
estructura civil las hacían de un modo conjunto y el acceso instalado podía ser utilizado por aquel operador que consiguiera al cliente final. Estos acuerdos han tenido cierto impacto en las acometidas hechas. Es normal, en cualquier caso, observar un *stock* de accesos instalados muy superior al *stock*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



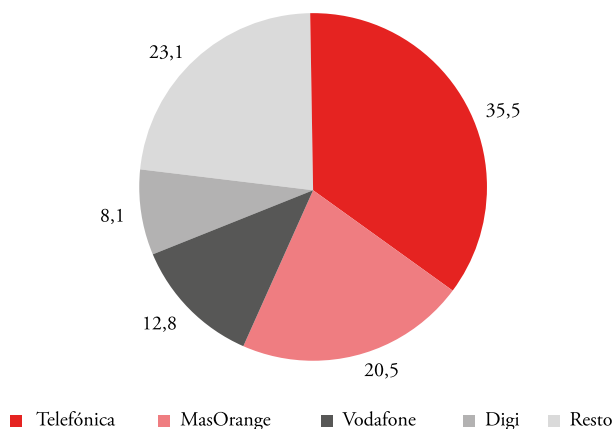
Fuente: CNMC (2025).

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).

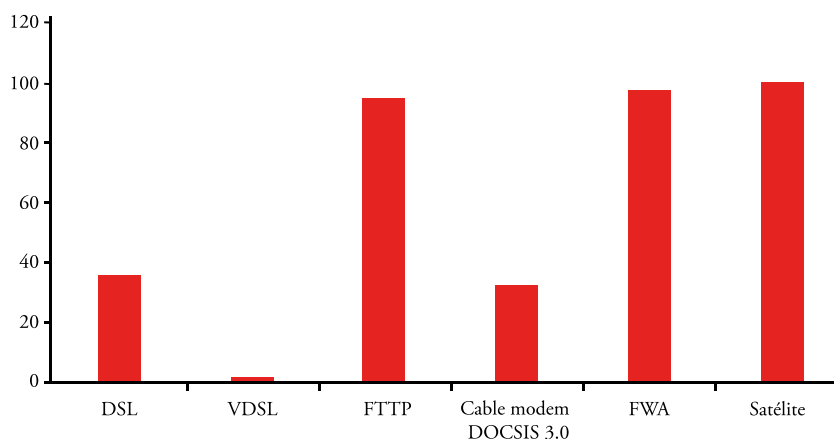
La situación en la España actual en cuanto a cobertura o disponibilidad de redes para acceder a la banda ancha por redes fijas se presenta en la **figura 7**. Por un lado, aún se suministra conectividad por la red tradicional de par de cobre, por la cual, bien con xDSL o bien con el estándar de mayores 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.

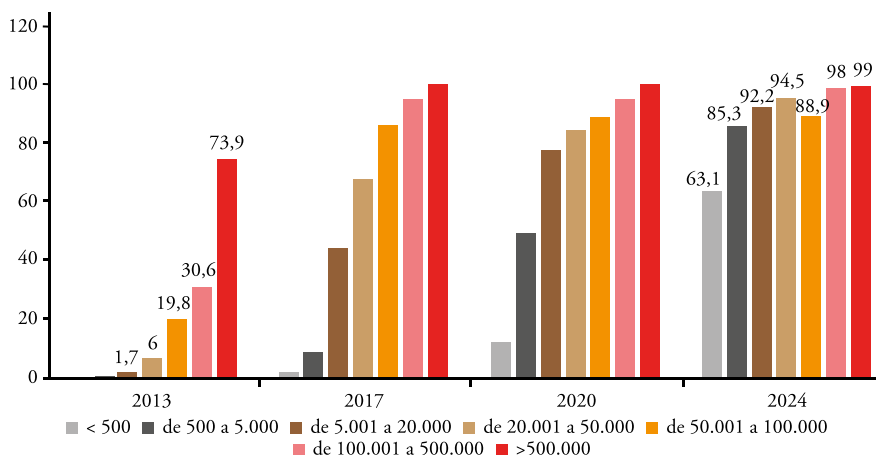
Otro dato importante del despliegue de la fibra óptica en España es su alcance. El despliegue requiere de inversiones específicas significativas y estas se amortizan mejor en entornos de alta densidad de población. El despliegue de FTTH en zonas rurales conlleva costes unitarios bastante mayores. Si 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.

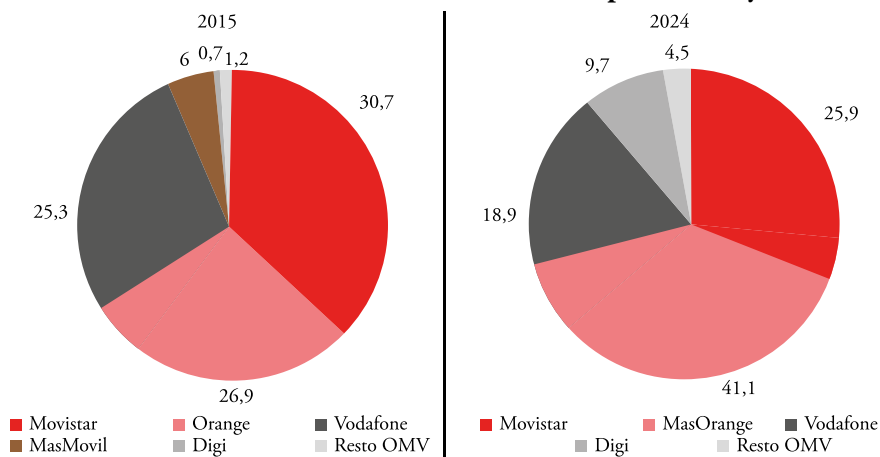
¹⁰ Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, en 2013 integrada en la Comisión Nacional de Mercados y la Competencia (CNMC).

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

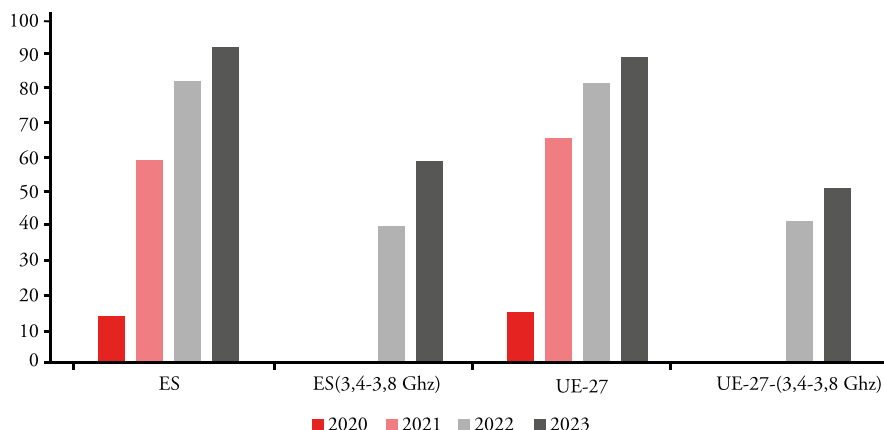


Fuente: CNMC.

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.

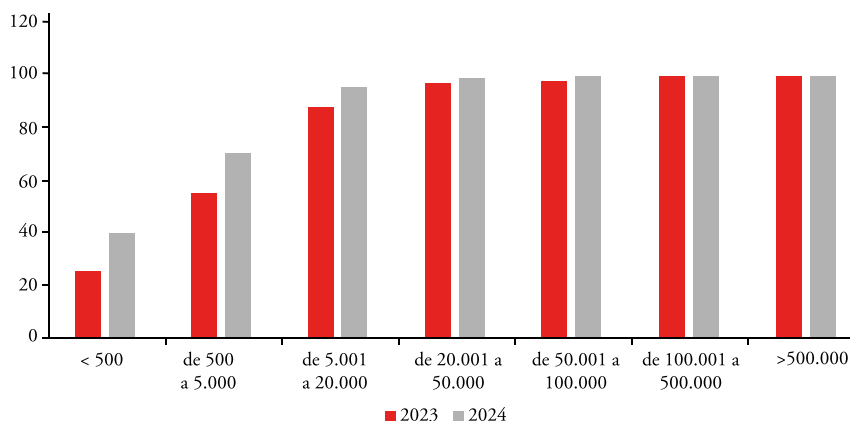
Figura 10.

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

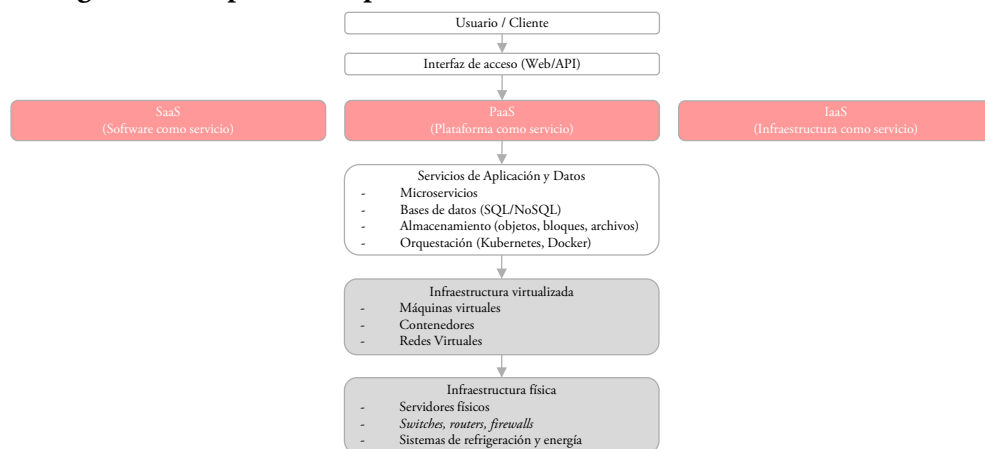
través de la Red Española de Supercomputación, incluyendo el ordenador cuántico ubicado en el BSC y dos emuladores cuánticos, localizados en el CESGA, SCAYLE (Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública, 2025).

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



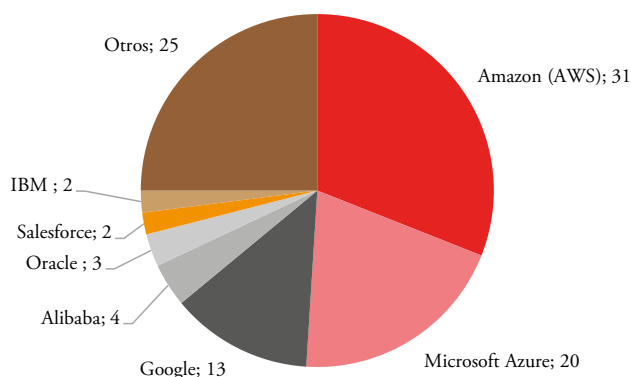
Fuente: Elaboración propia.

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.

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.

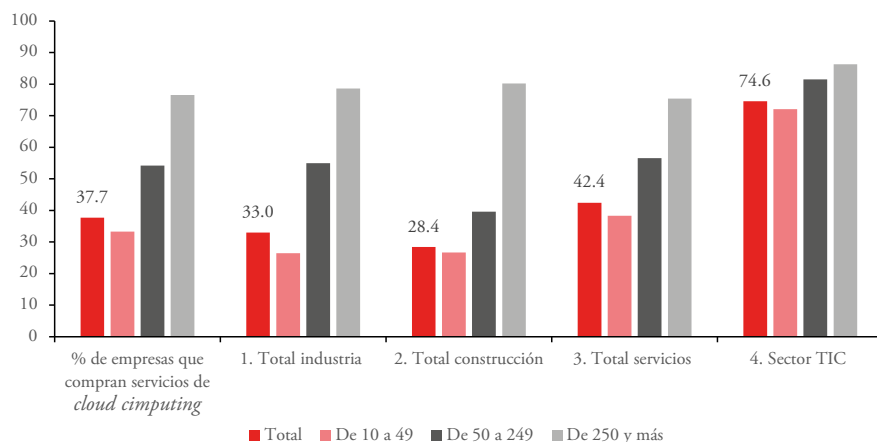
Se espera de todos modos que España experimente un crecimiento acelerado en capacidad de centros de datos impulsado por la demanda de la IA, servicios en la nube y el *big data*, la migración progresiva de cargas *on-premise* hacia *hubs* estratégicos y las conexiones internacionales que mejorarán la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



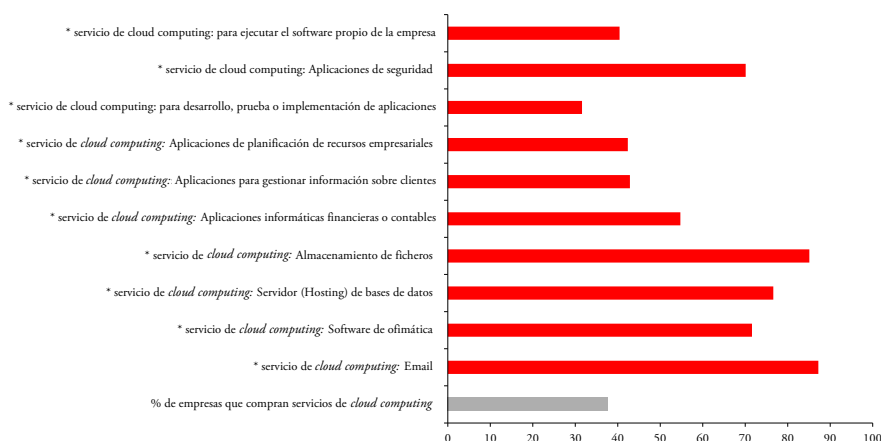
Fuente: INE “Uso TIC en las empresas”.

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),

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.

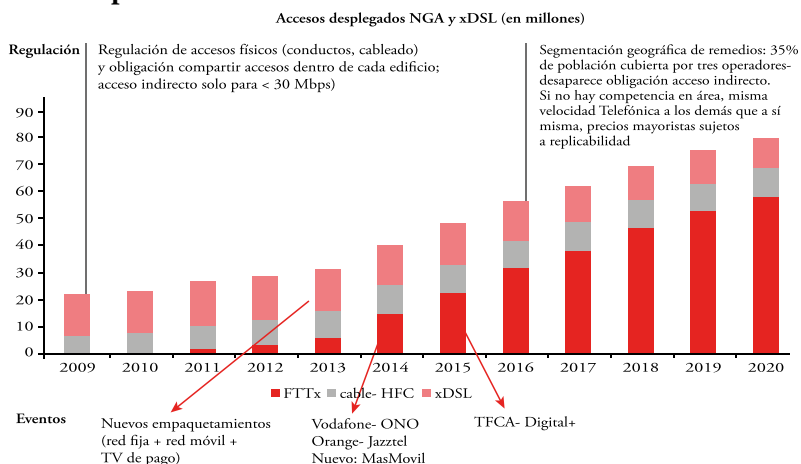
A medida que los operadores fueron acometiendo el despliegue de FTTH, se fue haciendo uso de las canalizaciones y obra civil de Telefónica por parte de los demás operadores. Y el despliegue de fibra “-hasta-el-hogar” fue rápido: si en 2013 el 22,7 % de los hogares tenían acceso a la fibra, seis años 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.

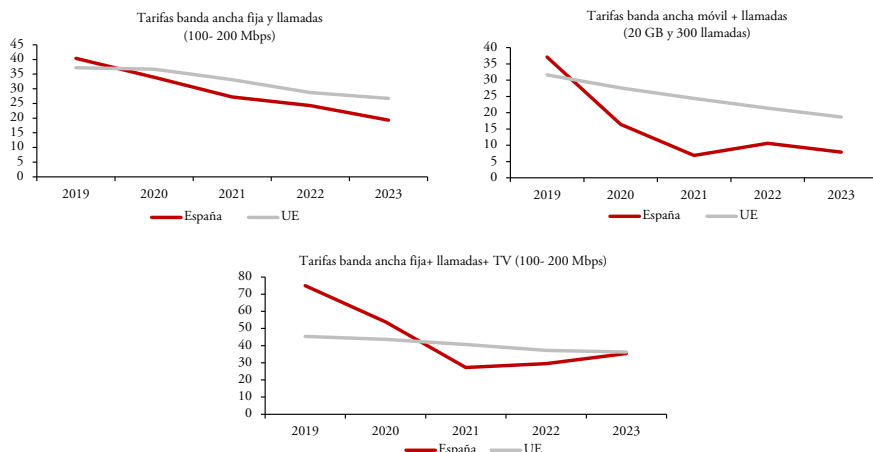
La regulación ha ido cambiando a lo largo de los años, a medida que se iba produciendo la entrada de nuevos agentes y mejoraba la competencia. En la actualidad, en España solo existe obligación de dar acceso a conductos físicos para el despliegue.

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.

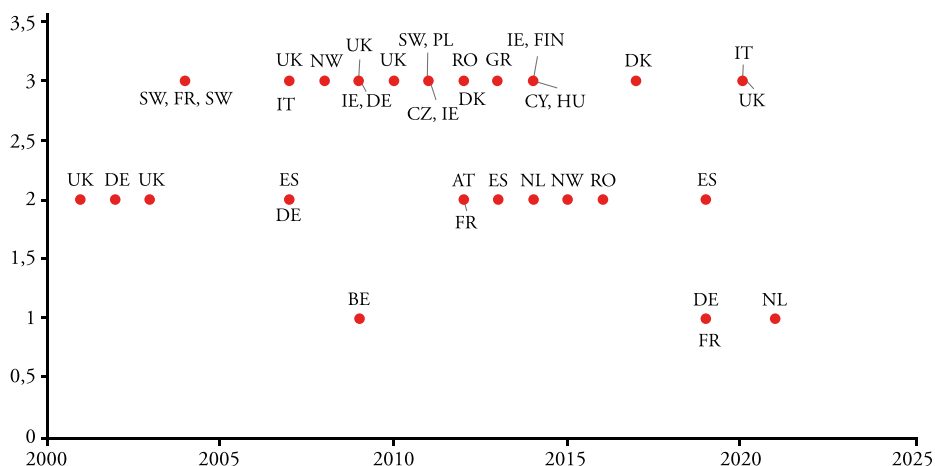
Hay diversos modos y grados de compartir una red móvil. El primer tipo de compartición es la que se refiere al emplazamiento, mástiles, antenas y los servicios básicos que le acompañan. Cuando varios operadores instalan sus equipos en una misma localización (emplazamiento), incluso en una misma antena, 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.

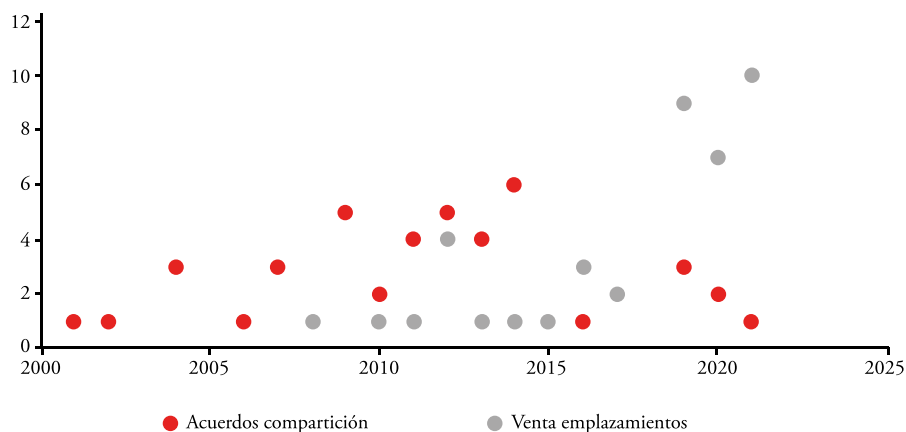
²¹ Hounghonon *et al.* (2023) analizan a lo largo de 137 países, en el periodo 2008-2020 y encuentran un efecto significativo y positivo de la emergencia de operadores solo mayoristas tanto en lo que respecta a los precios finales minoristas, a la cobertura sobre población para las tecnologías 3G y 4G 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.

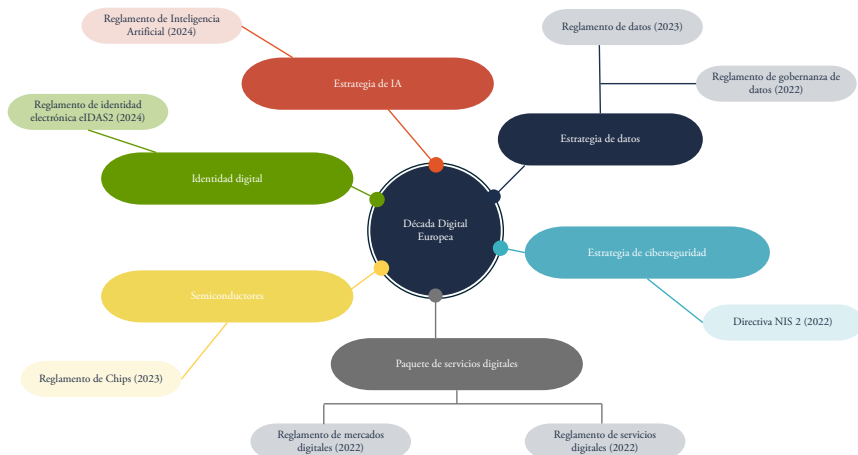
También en 2024 los tres mayores operadores, Movistar, Vodafone y MasOrange acordaron compartir frecuencias en entornos rurales de menor población (localidades con menos de 10.000 habitantes) y cederse mutuamente espectro en la banda de 700 MHz (óptima para entornos rurales) a aquel operador que resulte 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.

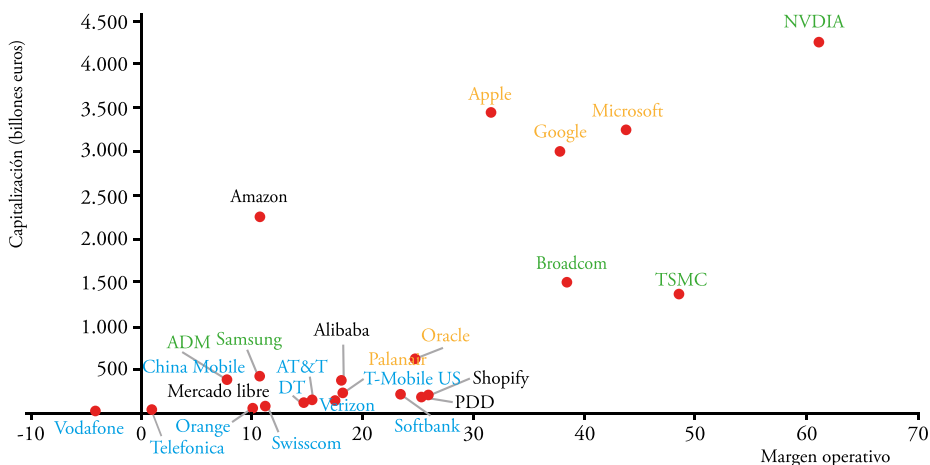
²⁷ Otra regulación introducida en 2022 a nivel UE tiene que ver con la defensa de la libertad de expresión, seguridad, protección de datos y mecanismos para garantizarlo. Se recoge en el Reglamento de Servicios Digitales (2022).

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/>

CAPÍTULO VI

Infraestructuras de transporte*

Anna Matas**

José Manuel Vassallo***

Este capítulo estudia la evolución en los últimos años de las fortalezas y debilidades de las infraestructuras de transporte en España desde un enfoque económico. Para ello, se analiza la evolución de la inversión, el *stock* de infraestructuras y su demanda —incluidas las infraestructuras urbanas—, así como sus impactos ambientales y sociales. Asimismo, se describen las características de la planificación y su situación actual, poniendo de relieve la insuficiencia de los mecanismos de evaluación existentes y las posibles mejoras en materia de gobernanza y regulación. El capítulo revisa también los mecanismos de financiación de las inversiones, el papel de los fondos europeos y la participación de la iniciativa privada. Se presta especial atención al ferrocarril, dadas las múltiples transformaciones y desafíos que enfrenta. Como conclusión, se presentan un conjunto de propuestas de reforma orientadas a mejorar en el futuro la eficiencia y sostenibilidad del sistema de infraestructuras de transporte en nuestro país.

Palabras clave: infraestructuras, transporte, inversión, planificación, financiación, regulación, ferrocarril.

* Los autores quieren agradecer las entrevistas mantenidas con María Luisa Domínguez, Ángeles Tauler, Alberto García Álvarez, Oriol Juncadella, Miguel Rodríguez Bugarín, Ricardo Insa e Iván Santos Esteras que han sido fundamentales para hacer un diagnóstico de la situación actual del ferrocarril en España y plantear potenciales mejoras.

** Departament Economia Aplicada, UAB e Institut d'Economia de Barcelona.

*** Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT). Universidad Politécnica de Madrid.

1. INTRODUCCIÓN

Las infraestructuras de transporte constituyen un elemento clave en el desarrollo económico de un país. Tanto la teoría económica como la evidencia empírica muestran que la dotación de infraestructuras conduce a un incremento de la productividad y, en consecuencia, del crecimiento económico. No obstante, desde el punto de vista teórico no existe consenso acerca de los mecanismos que subyacen a dicha relación, mientras que las estimaciones empíricas ofrecen una amplia variación en la magnitud del impacto de las infraestructuras sobre el desarrollo económico. Diversos estudios han puesto de manifiesto que la rentabilidad de una inversión depende, sobre todo, de la relación entre el *stock* de infraestructuras y el nivel de *output* del país o región (Calderón *et al.*, 2015; Redding and Turner, 2015)¹. Una inversión en infraestructura será rentable cuando contribuya a mejorar la accesibilidad o a resolver cuellos de botella.

En cualquier caso, la convicción de que la inversión en infraestructura impulsa el crecimiento económico explica que el transporte ocupe un lugar prioritario en las agendas de los gobiernos. En la década de 1980, España presentaba un claro déficit de infraestructuras en comparación con sus homólogos europeos. A mediados de esa década, se inició un importante esfuerzo inversor que, con oscilaciones cíclicas, ha permitido alcanzar una dotación comparable a la de los principales países europeos, e incluso superior en determinadas tecnologías de infraestructuras. No obstante, este ritmo inversor descendió de forma muy acusada a raíz de la crisis económica que comenzó en 2008.

Los informes Letta (2024) y Draghi (2024) han destacado la relevancia del transporte en la competitividad de las economías europeas. El primero subraya que el transporte es clave para completar la integración del mercado europeo, mientras que el segundo señala que se trata de un sector estratégico para reducir las emisiones ambientales y garantizar un acceso diversificado a las fuentes de suministros estratégicos (Asensio y Matas, 2025).

A lo largo de estos años de intensa inversión se han evidenciado deficiencias en la política de infraestructuras, tanto en lo que respecta a su planificación como a su gobernanza y financiación. Ello ha dado lugar, en algunos casos, a la construcción de infraestructuras sobredimensionadas, mientras que en otros la inversión ha resultado insuficiente. Desde el punto de vista de la gobernanza y financiación, existen igualmente márgenes de mejora.

Tras esta introducción, el capítulo se estructura de la siguiente manera. La sección dos revisa la evolución de la inversión, el *stock* de infraestructuras y su demanda —incluyendo las urbanas—, así como su impacto ambiental y social. La sección tres analiza las características de la planificación de las infraestructuras y su situación actual, la insuficiencia de los mecanismos de evaluación y las posibles mejoras en materia de gobernanza y regulación. En la sección cuatro se revisan los mecanismos existentes para financiar las inversiones, distinguiendo entre *funding* y *financing*, el papel desempeñado por los fondos europeos y la participación de

¹ Ver Asensio y Matas (2022) para un resumen.

la iniciativa privada. Este apartado se cierra con un análisis de la situación en España, identificando las ineficiencias y distorsiones existentes, así como las políticas que cabría implementar para reducirlas. La sección cinco se dedica íntegramente a identificar los retos del ferrocarril, una infraestructura que afronta actualmente enormes desafíos en España. La última sección expone, a juicio de los autores, las propuestas de reforma más importantes que nuestro país afronta en el futuro.

2. DOTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

2.1. Evolución de la inversión y del *stock* de infraestructuras, 1985-2024

Cuando España se integra en la Unión Europea, su nivel de infraestructuras de transporte era claramente inferior a la media. Con la finalidad de reducir este diferencial, a mediados de la década de los ochenta se inicia una etapa de inversión que se intensificará a partir de 1997. Tal y como muestra la **figura 1**, a finales de la década de 1980 el esfuerzo inversor se situaba, en promedio, en el 1,2 % del PIB, y aumentó hasta una media del 1,7 % durante la etapa expansiva de 1995-2008. A efectos de comparación, AIReF (2020) muestra que, en esta etapa expansiva, Francia invirtió un 1,03 % del PIB, Alemania un 0,84 % e Italia un 1,04 %. Los datos ejemplifican que la inversión fue claramente superior en España. No obstante, el ajuste presupuestario exigido a raíz de la crisis de 2008 se trasladó con intensidad a la inversión pública, una de las partidas del gasto más fácilmente ajustables a la baja. No ha sido hasta

Figura 1.

Esfuerzo inversor en infraestructuras de transporte

Porcentaje sobre el PIB



Fuentes: Elaboración propia a partir de BBVA e IVIE (2025) e INE.

muy recientemente cuando el esfuerzo inversor ha retomado una senda de crecimiento, aunque aún se mantiene muy lejos de los valores alcanzados en las etapas expansivas anteriores.

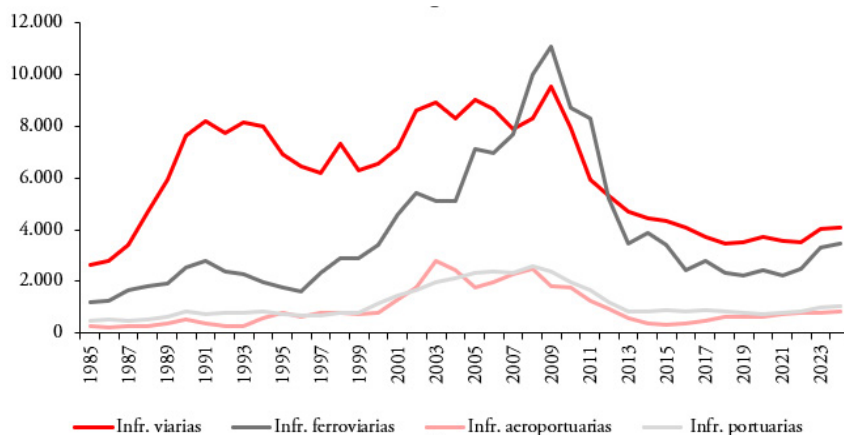
La distribución de la inversión por tipo de infraestructura muestra que la principal partida se ha destinado a la red de carreteras², cuyas inversiones se han mantenido siempre en niveles elevados hasta 2010, aunque con oscilaciones cíclicas. Esta mayor asignación a la infraestructura viaria debe valorarse considerando que la carretera absorbe más de un 90 % tanto de los pasajeros-kilómetro como de las toneladas-kilómetro del transporte terrestre. En general, la inversión en la red de ferrocarril ha sido inferior. Sin embargo, la apuesta por el tren de alta velocidad explica el empuje de la inversión en infraestructuras ferroviarias a partir de 1995 hasta alcanzar e incluso superar en algunos años los recursos destinados a las infraestructuras viarias, tal y como se puede apreciar en la **figura 2**. De forma aproximada, el gasto en las líneas de alta velocidad (AV) supuso un 50 % del total invertido en ferrocarril entre 1995 y 2021^{3,4}.

La asignación de recursos a puertos y aeropuertos resultó inferior a la destinada a las infraestructuras terrestres. No obstante, ambos tipos de equipamientos contribuyeron de manera significativa a la intensificación de la inversión durante la fase expansiva y, del mismo modo, experimentaron una acusada contracción posterior como consecuencia de la crisis del 2008.

Figura 2.

Inversión en infraestructuras de transporte

Millones de euros de 2020



Fuentes: BBVA e IVIE (2025).

² En el periodo 1985-2024, un 50 % de la inversión se ha destinado a las infraestructuras viarias, un 32,2 % al ferrocarril, un 7,8 % a las infraestructuras aéreas y un 9,5 % a las marítimas.

³ En el periodo 1995-2021, se destinaron 57.200 millones de euros a la alta velocidad, de los cuales 11.895 se financiaron con fondos europeos. <https://www.adifaltavelocidad.es/30-a-a%C3%B1os-de-alta-velocidad>

⁴ La inversión en ferrocarril también incluye inversión en ferrocarril metropolitano en las áreas urbanas.

La inversión en infraestructura tiene un carácter claramente procíclico⁵. Una simple regresión entre el ciclo de la inversión y el ciclo del PIB desfasado en un periodo muestra un coeficiente positivo y estadísticamente significativo, especialmente elevado para el ferrocarril. Además, la variabilidad de la inversión es mucho más elevada que la del PIB. En términos de desviación estándar, la inversión fluctúa 5,6 veces más que el producto interior bruto. Para explicar esta elevada ciclicidad, cabe recordar que, de manera mayoritaria, la inversión en infraestructuras de transporte se financia con recursos públicos. De acuerdo con los datos ofrecidos por la Fundación BBVA-Ivie (2025), en los años más recientes, un 70 % de la inversión en infraestructuras de transporte se financiaba con fondos públicos. La participación privada se centraba en gran medida en las inversiones portuarias, donde la inversión mediante concesión de dominio público juega un papel fundamental, y en las concesiones de carreteras. El elevado nivel de déficit público en etapas recesivas en España explica los bruscos recortes aplicados a los distintos tipos de inversión, entre ellos a las infraestructuras, con los consiguientes impactos negativos sobre la economía. Dejando a un lado el papel que la inversión pública podría jugar como estabilizador en las crisis, a medio y largo plazo los recortes en inversión ponen en peligro la capacidad de crecimiento del país en la medida en que la dotación de infraestructuras queda por debajo de los estándares requeridos.

La **figura 3** refleja cómo el aumento de la inversión se trasladó en un incremento del *stock* de capital neto por habitante para los cuatro tipos de infraestructuras analizados, alcanzando un máximo alrededor del periodo 2012-2015. A partir de este punto, la intensa caída de la inversión se traduce en una pérdida de *stock* de capital para todos los modos de transporte, aunque especialmente acusada para las infraestructuras aéreas y portuarias. Esta reducción también se observa en términos absolutos, es decir, sin tener en cuenta la población a la que las infraestructuras deben servir⁶. Los datos confirman, pues, que la estrecha dependencia de la inversión del presupuesto público condiciona la capacidad de prestar un servicio adecuado a medio y largo plazo.

La caída en el *stock* de capital neto pone de manifiesto que los recursos han sido insuficientes para cubrir los gastos de mantenimiento y conservación necesarios para evitar una depreciación de la infraestructura. A pesar de que la falta de inversión en mantenimiento ha sido un tema objeto de amplia discusión, no existen cifras que permitan medir este déficit de forma rigurosa. Para las carreteras, el Banco Mundial establece que se debe destinar un 2 % anual del valor patrimonial de la red a su conservación para mantener su valor (González-Savignat, 2022). Según los datos de la Fundación BBVA-Ivie (2025), en 2024 el *stock* de capital en infraestructura viaria era de 233.858 millones de euros, lo que requeri-

⁵ Cabe exceptuar los años de la pandemia, cuando la inversión se comportó de manera contracíclica.

⁶ Para un análisis de la sostenibilidad económica y el envejecimiento de la infraestructura, ver Fundación BBVA-Ivie (2025).

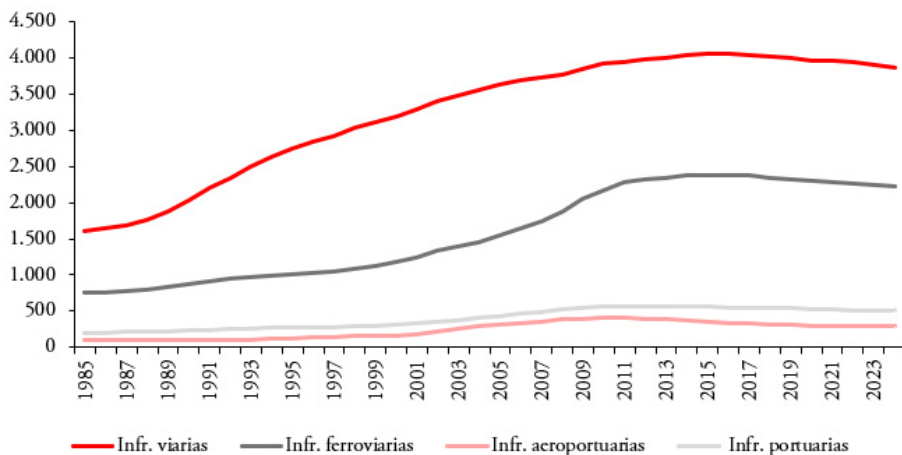
ría una inversión anual de 4.677 millones⁷. En el año 2023, según se publica en el *Anuario Estadístico* del MITMA, se destinaron 2.565 millones a conservación de la red de carreteras, cifra que cubriría solo un 55 % del gasto necesario⁸. Los datos ponen de manifiesto las dificultades para financiar el mantenimiento de la red solo con cargo al presupuesto público, en especial, desde la crisis de 2008.

En el caso de las carreteras, la necesidad de recursos ha aumentado con la reversión al Estado o a las comunidades autónomas de las concesiones de peaje que han pasado a financiarse con cargo al presupuesto público. La elevada necesidad de inversión en mantenimiento requiere buscar un mecanismo complementario de financiación de la red. En el caso del ferrocarril, el gasto en mantenimiento por tren-kilómetro lleva congelado durante muchos años. Aunque no existe una estimación del déficit en mantenimiento, parte de las incidencias y retrasos en los servicios de cercanías se atribuyen a una conservación insuficiente de la red. Este problema se empieza a observar en la red de alta velocidad, como consecuencia de la mayor intensidad de uso derivada de la introducción de competencia. Tal y como se detalla en la sección cuatro, los cánones ferroviarios contribuyen a la financiación del mantenimiento de la infraestructura.

Figura 3.

Stock de capital neto por habitante

Euros de 2020



Fuentes: BBVA e IVIE (2025).

⁷ Para el año 2019, González-Savignat (2022) estima unos costes de mantenimiento de 3.700 millones.

⁸ La inversión en conservación no incluye los gastos realizados por las sociedades concesionarias de las autopistas de peaje. Si se sumaran estos gastos, el porcentaje sería superior.

2.2. Oferta de infraestructuras de transporte

A raíz del esfuerzo inversor realizado en las últimas décadas, el *stock* físico de infraestructuras se ha incrementado de forma significativa en todos los modos de transporte. Para continuar, y centrándonos en las infraestructuras terrestres, se compara la dotación de infraestructuras antes del ciclo inversor con las cifras actuales.

Tal y como muestra el **cuadro 1**, las inversiones en la red de carreteras se han traducido en un fuerte aumento de los kilómetros de vías de gran capacidad, mientras que el total de

Cuadro 1.

Longitud de la red de carreteras según titularidad y tipo de vía

Kilómetros

Titularidad	Tipo de vía	Año	
		1987	2024
Estado	Autopistas de peaje	1.698	1.351
	Autopistas libres y autovías	458	10.441
	Carreteras multicarril	460	505
	Total gran capacidad	2.616	12.298
	Carreteras convencionales	17.751	14.227
	Total resto de vías	17.751	14.227
	Total Estado	20.367	26.525
Comunidades autónomas	Autopistas de peaje	100	300
	Autopistas libres y autovías	286	2.954
	Carreteras multicarril	239	879
	Total gran capacidad	625	4.133
	Carreteras convencionales	70.190	67.241
	Total resto de vías	70.190	67.241
	Total comunidades autónomas	70.815	71.374
Diputaciones y cabildos	Autopistas de peaje		251
	Autopistas libres y autovías	90	589
	Carreteras multicarril	113	422
	Total gran capacidad	203	1.261
	Carreteras convencionales	63.429	66.673
	Total resto de vías	63.429	66.673
	Total diputaciones y cabildos	63.632	67.934
Conjunto de redes de carreteras	Autopistas de peaje	1.798	1.902
	Autopistas libres y autovías	834	13.984
	Carreteras multicarril	812	1.806
	Total gran capacidad	3.444	17.691
	Carreteras convencionales	151.370	148.141
	Total resto de vías	151.370	148.141
	Total	154.814	165.832

Fuente: Observatorio del Transporte y de la Logística en España (OTLE), 2025.

kilómetros de la red viaria se ha mantenido prácticamente constante. Este crecimiento se debe, esencialmente, a la construcción de autovías y autopistas libres de peaje, en contraste con las décadas anteriores, cuando se optó por las vías de peaje. Cabe señalar, no obstante, que los kilómetros sujetos a peaje también aumentaron en el período analizado, especialmente en el ámbito de las comunidades autónomas. Sin embargo, la reversión de más de 1.000 kilómetros de peaje ocurrida desde 2021 compensa parcialmente dicho incremento.

En relación con el ferrocarril, cabe señalar que la separación entre los servicios y la infraestructura ferroviaria condujo, en 2005, a la creación de Adif como el administrador de

Cuadro 2.

Longitud de la red de ferrocarril según titularidad y tipo de vía Kilómetros

1987					
Red gestionada por Renfe, FEVE y CC. AA.	Vía única sin electrificar	Vía única electrificada	Vía doble sin electrificar	Vía doble electrificada	Total
Ancho ibérico (Renfe)	6.366	3.717	20	2.583	12.686
Ancho métrico (FEVE)	1.129	97	48	27	1.301
CC. AA.	370	340	0	96	806
Total	7.865	4.154	68	2.706	14.793
2023					
Red gestionada por Adif	Vía única sin electrificar	Vía única electrificada	Vía doble sin electrificar	Vía doble electrificada	Total
Ancho ibérico (1.668 mm)	4.350	3.461	13,4	3.225,2	11.050,4
Ancho mixto (1.668/1.435 mm)	0	83	0	258,8	341,6
Ancho estándar (1.435 mm)	0	462	0	2.620,7	3.083,0
Ancho métrico (1.000 mm) (1)	819	294	0	80,5	1.193,4
Total Adif	5.169	4.300,9	13,4	6.185,2	15.668,4
Red gestionada por las CC. AA.*	Vía única sin electrificar	Vía única electrificada	Vía doble sin electrificar	Vía doble electrificada	Total
Todos los anchos**	133,1	267,7		147,3	548,1
TOTAL	5.302,1	4.568,6	13,4	6.332,5	16.216,5

Notas: * Incluye los ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya, els Serveis Ferroviaris de Mallorca, EuskoTrenbideak y el ferrocarril de Sóller.

** La red gestionada por las CC. AA. tiene mayoritariamente ancho métrico.

Fuentes: OTLE (2025) y Anuario Ministerio de Transportes 1987.

la red, al que en 2012 se integró la parte de infraestructura de FEVE. Esta red estatal se complementa con la gestionada por las comunidades autónomas (CC. AA.). La longitud total de la infraestructura ha aumentado en apenas 800 kilómetros durante el período analizado. El cambio más significativo ha sido la construcción de la red de alta velocidad de ancho internacional, que incluye también algunos tramos en ancho mixto. Paralelamente, se ha incrementado el porcentaje de kilómetros electrificados, mientras que los avances en el desdoblamiento de vías para el ancho ibérico han sido limitados.

En contraste con la expansión de la alta velocidad, durante las últimas dos décadas la velocidad de los servicios de cercanías, media distancia, larga distancia convencional y mercancías se ha mantenido prácticamente constante, con ligeras variaciones a la baja. Esta situación ha limitado la capacidad del ferrocarril para atraer usuarios a estos servicios.

Aunque por sus características resulta más difícil realizar una comparación histórica de la dotación de infraestructuras para el transporte aéreo y marítimo, las cifras que se presentan a continuación permiten aproximar la mejora en estos sectores.

La inversión en infraestructuras aeroportuarias ha incrementado tanto el número de aeropuertos como su capacidad operativa. En 1990, España contaba con 36 aeropuertos, frente a los 46 actuales, además de dos helipuertos de Aena y otros cuatro gestionados por las respectivas comunidades autónomas. Una variable que aproxima su capacidad es el número de pistas según su longitud. En 1990 había 10 pistas de más de 3.000 metros y 19 entre 2.000 y 3.000 metros; actualmente, existen 24 pistas en cada una de estas dos categorías.

A pesar de este aumento de capacidad, en algunos aeropuertos la demanda de las compañías aéreas excede su capacidad aeroportuaria durante períodos de tiempo significativos. Se trata de los aeropuertos de Alicante—Elche, Barcelona—El Prat, Bilbao, Fuerteventura, Gran Canaria, Ibiza (temporada de verano), Lanzarote, Adolfo Suárez—Madrid —Barajas, Málaga—Costa del Sol, Menorca (temporada de verano), Palma de Mallorca, Tenerife Sur y Valencia. En el otro extremo, existen aeropuertos con capacidad excedentaria, y algunos incluso sin vuelos operativos.

La infraestructura portuaria es la menos intensiva en inversiones de todas las infraestructuras de transporte de España, situándose entre el 6 % y el 8 % de todas las inversiones realizadas por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (o MITMS) y las empresas de las que él depende. Como otros modos de transporte, ha experimentado en los últimos años un descenso importante en las inversiones anuales. Mientras que en el período anterior a la crisis financiera de 2008 las inversiones oscilaban en el entorno de los 1.000 millones de euros al año, en el período 2013–2023 se redujeron a niveles en torno a los 350 millones de euros al año. Para revertir esta situación, poco antes de la publicación de este libro, el MITMS anunció un programa de inversiones de 7.000 millones de euros entre 2025 y 2029.

De acuerdo con las estadísticas de Puertos del Estado, en el año 2024, las autoridades portuarias que movieron un mayor volumen de mercancías en España fueron, por este orden,

las de la bahía de Algeciras, Valencia y Barcelona; siendo el de Valencia la que mueve un mayor número de contenedores.

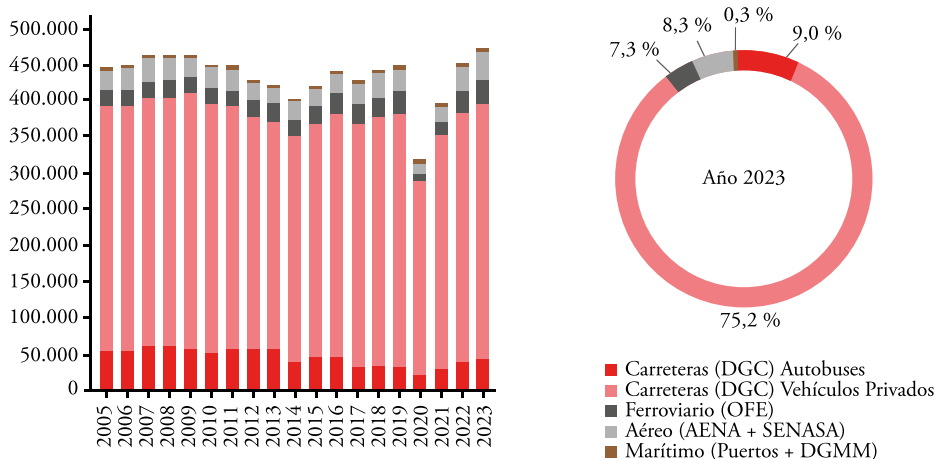
2.3. Reparto modal del transporte interurbano en España

La **figura 4** muestra el reparto modal del transporte doméstico interurbano de viajeros en España. Como se observa, a pesar de la insistencia en que se produzca un transvase al ferrocarril, la cuota del vehículo privado ha permanecido prácticamente constante a lo largo de los años en el entorno del 75 %. Los modos de transporte público cuentan con cuotas similares entre el 7 y el 9 % cada uno.

Figura 4.

Evolución y reparto modal del transporte doméstico interurbano de viajeros en España

Millones de viajeros-kilómetro



Fuente: OTLE (2024).

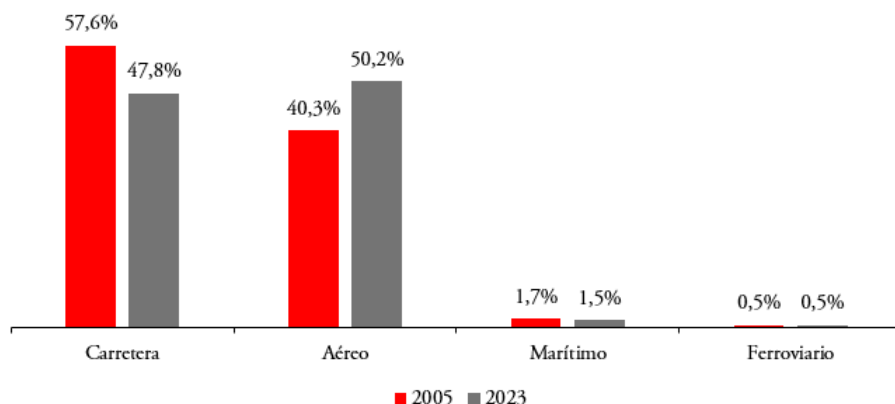
La **figura 5** muestra la evolución (en millones de viajeros) y el reparto modal del transporte internacional de viajeros entre España y otros países. Como se aprecia, en este caso, en 2023 el transporte aéreo ha sustituido a la carretera como principal modo de transporte, aunque la carretera juega también un papel fundamental en las relaciones con los países vecinos, en especial Francia, Portugal y Marruecos. Cabe tener en cuenta que solo se dispone de datos sobre viajeros. Si la comparación se realizara en viajeros-kilómetro el predominio del transporte aéreo sería superior.

El transporte doméstico de mercancías en España en toneladas transportadas está dominado por la carretera, que contaba en 2023 con una cuota del 95,8 %, seguida por el transporte marítimo de cabotaje con un 3,3 % y el ferrocarril con un 1,1 %. La cuota domés-

Figura 5.

Evolución y reparto modal del transporte internacional de viajeros en España

Millones de viajeros



Fuente: OTLE (2024).

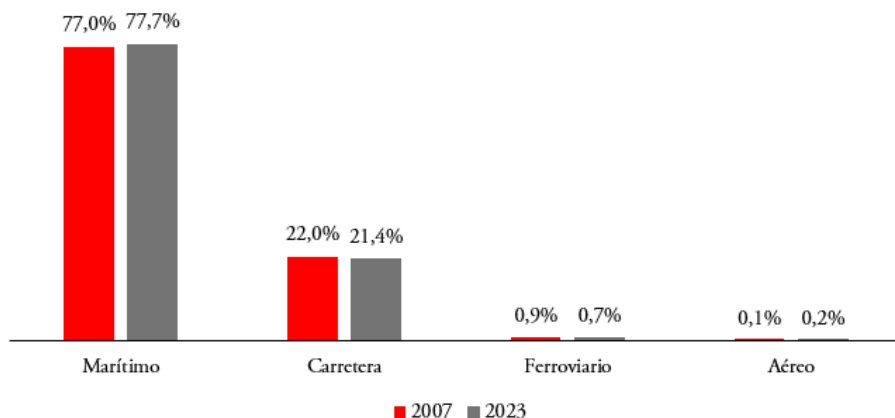
tica del ferrocarril en toneladas-kilómetro frente a la carretera alcanzaba solo un 4,3 %. Estas cifras evidencian la crisis que sufre el transporte de mercancías por ferrocarril en nuestro país que será tratada en mayor detalle más adelante.

La figura 6 muestra la evolución y reparto modal del transporte internacional de mercancías en España. Allí se aprecia el papel fundamental que tienen el transporte marítimo con

Figura 6.

Evolución y reparto modal del transporte internacional de mercancías en España

Millones de toneladas



Fuente: OTLE (2024).

más de un 77 % de la cuota de mercado. Su importancia relativa frente a otros modos se ha mantenido constante en los últimos años. Llama la atención que, a diferencia de otros países europeos, la cuota modal del ferrocarril internacional no llega al 1 %.

2.4. Convergencia en infraestructuras con los países de la UE

Por último, es relevante preguntarse si España ha convergido en términos de *stock* de capital en infraestructuras con los otros grandes países europeos. De acuerdo con la Fundación BBVA-Ivie (2025), en el periodo 1995-2007 el ritmo de crecimiento de la inversión real en este país superó ampliamente el de los países desarrollados. No obstante, la desaceleración a raíz de la crisis también fue más intensa.

La dotación de infraestructuras entre países se compara utilizando indicadores físicos. La comparación en términos monetarios es difícil dado que no todos los países utilizan los mismos criterios, ni los datos tienen la misma fiabilidad. En concreto, la comparación se ciñe a las infraestructuras de red en kilómetros, teniendo en cuenta su calidad⁹. Siguiendo el criterio establecido por Biehl (1988), los kilómetros de red se han relativizado atendiendo tanto a la población como a la superficie del país. De esta forma se considera que la infraestructura debe servir tanto al territorio —que mide el grado de accesibilidad— como a la población —que mide la capacidad—.

Cuadro 3.

Índice de *stock* de infraestructuras por habitante y km², 2023

	<i>Km vías alta capacidad</i>	<i>Km carreteras convencionales</i>	<i>Km ferrocarril</i>	<i>Km ferrocarril alta velocidad</i>
Alemania	148,5	65,9	165,5	115,6
España	182,7	44,8	70,5	289,6
Francia	101,2	157,7	90,5	148,6
Italia	106,7	108,0	90,5	82,0
UE-27	100,0	100,0	100,0	100,0
Reino Unido	60,3	61,1	97,6	0,0

Nota: Cada uno de los indicadores relativos se ha normalizado tomando un valor 100 para la UE-27 y se ha calculado la media aritmética del índice referido a la población y el índice referido a la superficie. Las vías de alta capacidad incluyen autopistas, autovías y carreteras multicarril.

Fuente: EU Transport in Figures – Statistical Pocketbook 2025 (European Commission).

⁹ AIREF (2020) muestra que el uso de indicadores físicos de infraestructuras es coherente con la evolución del *stock* de capital valorado en términos monetarios.

Las cifras muestran que respecto a las infraestructuras de mayor calidad —autopistas y autovías y ferrocarril de alta velocidad— no solo se ha convergido con Europa, sino que España supera en mucho la media europea y el valor de los cuatro grandes países con los que se ha comparado. Por otro lado, para las carreteras convencionales y el ferrocarril de ancho ibérico, la ratio se halla claramente por debajo de la media. Un menor porcentaje de kilómetros de ferrocarril de vía doble (40 %), ligeramente inferior a la media de la UE-27 (41 %), y claramente por debajo de Francia (63 %) o Alemania (48 %) apoya la idea de que las inversiones han primado las conexiones interurbanas de media y larga distancia de mayor calidad en detrimento de conexiones de carácter más local y que dotan de una mayor capacidad al territorio tanto para la carretera como para el ferrocarril. Sin embargo, para comparar las redes locales debe tenerse en cuenta que España cuenta con una menor densidad de población que los otros grandes países de la UE, con amplias zonas despobladas y con la población concentrada en el centro y en la costa. Por ello, el objetivo no debe ser igualar en kilómetros las redes de países como Francia o Alemania, sino garantizar una buena accesibilidad acorde con la demanda.

Para establecer si se ha sobreinvertido en infraestructuras de alta capacidad, es necesario relacionar la dotación de infraestructura con la demanda. En cuanto a la red viaria, en la red de autovías y autopistas dependientes del Estado, un 20 % de los kilómetros tienen una intensidad media diaria de tráfico (IMD) inferior a 10.000 vehículos y un 40 % una IMD inferior a 15.000, valores que se consideran mínimos para justificar la inversión en carreteras de alta capacidad. En cuanto al ferrocarril de alta velocidad, el **cuadro 4** muestra que el grado de aprovechamiento de la red en España es muy inferior al de los tres grandes países de la UE que cuentan con este servicio. Esta cifra promedio, no obstante, esconde comportamientos dispares entre líneas. Las cifras de aprovechamiento son muy superiores en los principales corredores, sobre todo después de la liberalización, aunque la falta de datos desagregados no permite calcular esta ratio. Como aproximación se puede apuntar que en el corredor Madrid-Barcelona se ofrecen 85 frecuencias diarias en ambos sentidos, 49 en el corredor Madrid-Valencia y 40 en el corredor Madrid-Sevilla (CNMC, 2025a).

Cuadro 4.

Intensidad de la red de ferrocarril de alta velocidad

Pasajeros-km (millones)/Kilómetro de red, 2022

Alemania	23,27
España	3,45
Francia	23,61
Italia	16,28

Fuentes: Statistical pocketbook, 2025 y OTLE.

Los datos descritos señalan que ha habido un sesgo excesivo hacia las infraestructuras de altas prestaciones, como son las autopistas y el ferrocarril de alta velocidad. Aunque más

difícil de medir, este comportamiento también se observa en la duplicidad de aeropuertos y puertos en el territorio, algunos de los cuales operan muy por debajo de su potencial. Betancor y Vicens (2011) calculan que algo más de la mitad de los aeropuertos de Aena tienen al menos otro aeropuerto a menos de 130 kilómetros. Con datos de 2024, de los doce aeropuertos de Aena con menos de medio millón de pasajeros año, diez de ellos tienen un aeropuerto a menos de 130 kilómetros. Estas ineficiencias obedecen a que las decisiones de inversión no se han fundamentado en criterios de rentabilidad social, y a menudo, las infraestructuras se han diseñado sin tener en cuenta la demanda potencial.

La falta de racionalidad en las inversiones, sobre todo en lo que respecta al ferrocarril de alta velocidad, ha generado costes de oportunidad significativos para el resto de la red. En el caso del ferrocarril, se han aplazado o simplemente ignorado inversiones en la red de cercanías de las grandes áreas metropolitanas —Cataluña es un ejemplo paradigmático— con la consiguiente pérdida de calidad del servicio e impacto sobre la demanda¹⁰. De forma parecida, tal y como se desarrolla en la sección cinco, han quedado desatendidas inversiones en el ferrocarril de mercancías que han impedido que éste sea competitivo frente la carretera, excepto en algunos corredores y tráficos muy concretos.

Las ineficiencias detectadas en el transporte no se explican solo por las infraestructuras. La gobernanza y regulación de estas junto con el diseño del mecanismo de precios y financiación son esenciales para un buen funcionamiento del sector. Estos aspectos se analizan con más detalle en las secciones tres y cuatro de este capítulo.

2.5. Infraestructuras para la movilidad urbana y metropolitana

En los últimos años la población ha ido concentrándose en las grandes ciudades debido a las importantes oportunidades que ofrecen sus economías de aglomeración. La población urbana en España ha ido creciendo de modo progresivo. En 2024 el 81,8 % vivía en zonas urbanas frente al 56 % en 1960.

Un área urbana es una zona delimitada por la concentración de población y construcción continua, donde predominan los usos residenciales, comerciales e industriales frente al rural. Puede corresponder a una ciudad o núcleo urbano principal junto con barrios o municipios aledaños, aunque pertenezcan a otras municipalidades. Un área metropolitana, por su parte, está formada por un conjunto de municipios o localidades interrelacionadas alrededor de una ciudad núcleo, que funcionan como un sistema económico, social y de transporte integrado. En España el crecimiento de las áreas urbanas se está produciendo mayoritariamente en las regiones metropolitanas, debido al elevado precio de las viviendas y la escasez de suelo disponible en los centros de las ciudades.

¹⁰ En el periodo 1990-2018, la inversión en Cercanías fue de 3.600 millones de euros, mientras que en alta velocidad se invirtieron 55.888 millones (AIREF, 2020).

Tal y como menciona el OTLE (2024)¹¹, según las estadísticas del INE, en 2023 se registraron 4.611 millones de viajeros en el ámbito urbano y metropolitano, lo que representa el 89,0 % del total de viajeros transportados en medios de transporte colectivo, lo que viene manteniéndose a lo largo de los años. El **cuadro 5** da una idea de la importancia del transporte urbano y metropolitano. El transporte urbano suponía en el año 2023 el 61,6 % del total de viajeros, con 1.870 millones de viajeros en autobús y 1.321 millones en metro. El transporte interurbano de cercanías representa el 21,6 % del total de viajeros, con cifras bastante similares en número de viajeros para el autobús (547 millones) y el ferrocarril (573 millones).

Cuadro 5.

Viajes realizados en modos de transporte colectivos urbanos y metropolitanos en 2023 Millones de viajeros

<i>Tipo de transporte</i>	<i>Viajeros anuales (miles)</i>	<i>% sobre el total</i>
Transporte urbano regular por autobús	1.870.080	36,1
Transporte urbano por metro	1.321.147	25,5
Total transporte urbano	3.191.230	61,6
Transporte interurbano por autobús: cercanías	546.969	10,6
Transporte interurbano en ferrocarril: cercanías	573.368	11,1
Total transporte interurbano cercanías	1.120.337	21,6
Escolar	220.265	4,3
Laboral	79.280	1,5
Total transporte especial	299.545	5,8
Total transporte urbano y metropolitano	4.611.112	89,0
Total transporte de viajeros	5.179.061	100,0

Fuentes: OTLE (2024) con datos del INE.

Existe una amplia gama de infraestructuras que dan servicio a la movilidad urbana y metropolitana como respuesta a la gran variedad de modos de transporte tanto públicos, como privados y más recientemente de movilidad compartida.

Por una parte, las ciudades disponen del viario urbano por el que circulan los vehículos motorizados y en algún caso también vehículos no motorizados como bicicletas. El viario ha ido sofisticándose para favorecer modos de transporte más sostenibles como el transporte público (plataformas reservadas para bus y taxi), y la micromovilidad (carriles de menos de 30 km/h para la circulación de patinetes y bicicletas junto a vehículos motorizados convencionales). El viario incluye también zonas de aparcamiento en superficie que pueden regularse para unos u otros usos de forma continua o variable en el tiempo, como ocurre con las zonas de carga y descarga. El aparcamiento puede ser libre o de pago según la ubicación en la ciu-

¹¹ Observatorio del Transporte y la Logística en España: informe anual (2024).

dad. Dichas infraestructuras suelen ser gestionadas por los ayuntamientos directamente o a través de entidades públicas empresariales creadas a tal fin.

Las aceras pueden ser consideradas también una infraestructura para la movilidad urbana en la medida en que están pensadas para facilitar los desplazamientos peatonales. También hay que considerar los aparcamientos de rotación y de residentes, y los aparcamientos privados desarrollados por inmuebles y oficinas. Sobre dichas infraestructuras existe poca información disponible.

Los sistemas ferroviarios tienen una gran relevancia en las grandes ciudades como medios de transporte masivos que permiten mover de modo eficiente, rápido y sostenible a grandes volúmenes de viajeros que se desplazan en ciudades y áreas metropolitanas. Dichos sistemas se pueden clasificar según su capacidad y, en el caso de España, según la titularidad de la administración que la gestiona. Según la capacidad se puede diferenciar en: sistemas ferroviarios pesados (metro y ferrocarril suburbano); metros ligeros, con infraestructura parcialmente segregada; y, tranvías, con infraestructura mayormente integrada en el viario urbano.

En el **cuadro 6** se muestra la oferta de modos ferroviarios en las seis principales áreas metropolitanas de España. Destaca el papel tan importante que tienen los sistemas ferroviarios pesados en Madrid y Barcelona. En España la mayoría de los servicios de tranvía, metro ligero y metro son titularidad de los ayuntamientos y las comunidades autónomas, mientras que los ferrocarriles metropolitanos son operados en su mayoría por Renfe Cercanías que depende del gobierno central, y en algunos casos por ferrocarriles autonómicos de vía estrecha, como ocurre en Vizcaya y Barcelona.

El auge de la micromovilidad en las ciudades está promoviendo el desarrollo de infraestructura específica para su segregación del tráfico urbano con la finalidad de mejorar la expe-

Cuadro 6.
Características de los modos ferroviarios urbanos y metropolitanos en las principales áreas metropolitanas de España

	Longitud red (km)				Nº de estaciones de la red			
	Metro	Tranvía/ Metro ligero	Cercanías Renfe	FF .CC. autonóm. y vía estrecha	Metro	Tranvía/ Metro ligero	Cercanías Renfe	FF.CC. autonóm. y vía estrecha
Madrid	288,5	35,76	393,4	0	242	57	95	0
Barcelona	144,2	29,2	456,4	132,6	189	56	123	54
Valencia	136	28,2	252	0	96	51	65	0
Sevilla	18,1	2,2	222,1	0	21	5	33	0
Bizkaia	52,1	5,6	51,3	33,3	42	39	44	16
Málaga	10,4		67,1	0	17		23	0

Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana (2024).

riencia de usuario y reducir la accidentalidad. A tal fin, destaca la construcción de carriles bici exclusivos en las ciudades, y de estaciones para la recarga de bicicletas eléctricas compartidas.

Con la idea de mejorar la accesibilidad y conectividad con el transporte público, las autoridades metropolitanas se han esforzado por integrar los modos de transporte en la ciudad, lo que ha llevado al desarrollo de intercambiadores de transporte público cuyo objetivo es hacer que la conexión entre modos de transporte resulte lo más sencilla posible. Algunos de estos intercambiadores, como la mayoría de los que se encuentran en la ciudad de Madrid, se han financiado por el sector privado a través de contratos de concesión.

Finalmente cabe destacar el importante papel que juega en la actualidad la infraestructura para digitalizar los servicios de transporte público y el tráfico en la ciudad, así como la infraestructura para el abastecimiento de energías limpias a los vehículos: estaciones de recarga eléctrica, hidrógeno verde, etc.

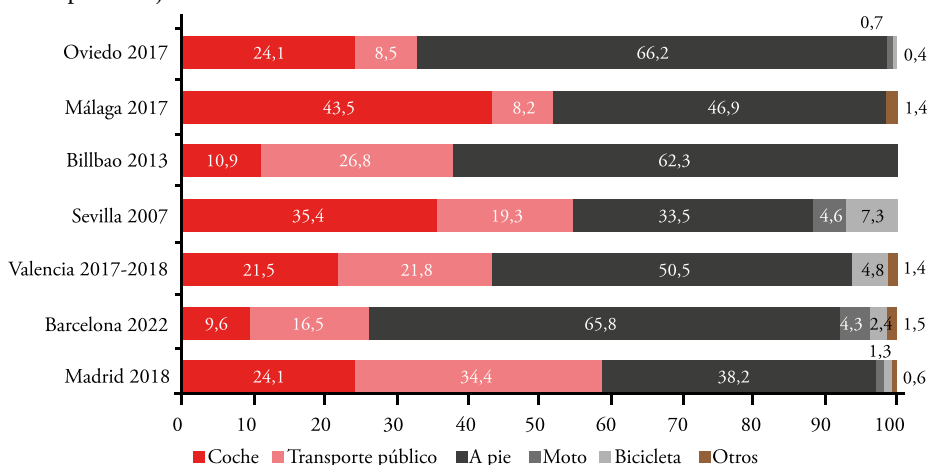
De acuerdo con los datos de OMM (2024), las grandes áreas metropolitanas de España generan de media al día entre 2,5 y 3,5 viajes por persona. El viaje medio tiene una duración de entre 20 y 30 minutos con una distancia media entre 5 y 7 kilómetros. El número de viajes que requieren el uso de varios modos de transporte oscilaban entre el 4,3 % en Sevilla y el 10,7 % de Barcelona en el año 2022.

En la **figura 7** se muestra el reparto modal en las principales ciudades de España sin incluir sus áreas metropolitanas. Como se observa, la movilidad en vehículo privado es baja,

Figura 7.

Reparto modal de viajes en la ciudad capital en años donde dicha información estaba disponible

En porcentaje



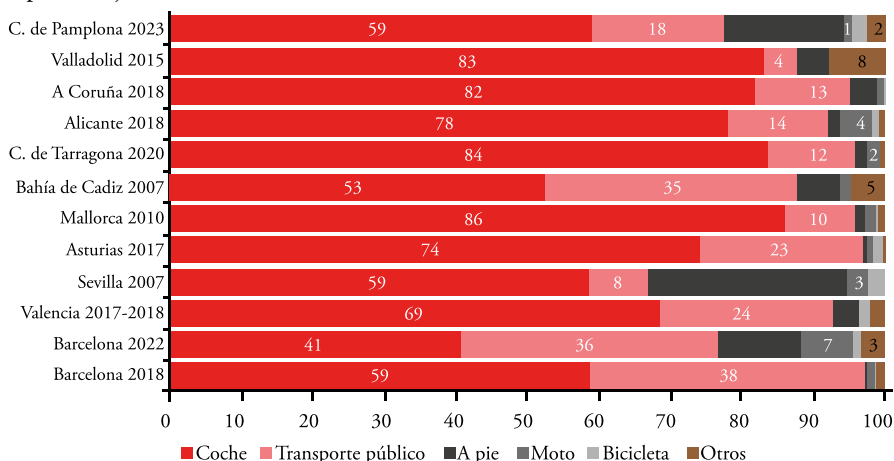
Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana (2024).

especialmente en las grandes ciudades en las que hay importantes restricciones al uso del vehículo privado. El transporte público juega un papel importante, especialmente en las grandes ciudades. La movilidad peatonal es muy importante en ciudades pequeñas y algunas ciudades de mayor tamaño como es el caso de Barcelona o Bilbao.

Sin embargo, el reparto modal entre la ciudad y la corona metropolitana, tal y como se muestra en la **figura 8**, cambia radicalmente. En este caso la cuota del vehículo privado se sitúa muy por encima del 50 % excepto en el caso de Barcelona. Esta situación demuestra el problema que para la movilidad tiene la expansión de las áreas metropolitanas, ya que la dispersión de la población genera un mayor crecimiento del uso del vehículo privado.

Figura 8.

Reparto modal de viajes entre la ciudad capital y la corona metropolitana
En porcentajej)



Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana (2024).

En cuanto a los modos de transporte colectivo, cuando mayor son las áreas —en población y extensión— mayor es el uso del transporte colectivo. Los modos ferroviarios pesados, especialmente el metro, juegan un papel esencial en grandes áreas metropolitanas como Madrid, Barcelona o Vizcaya. Finalmente, el modo de transporte colectivo fundamental en ciudades de tamaño mediano o pequeño es el autobús urbano.

2.6. Impactos ambientales y sociales

En los inicios de la planificación del transporte, la toma de decisiones en el ámbito de las infraestructuras y servicios se tomaba fundamentalmente con base en criterios económicos,

estratégicos y de equilibrio territorial. En los últimos años, el acelerado desarrollo económico y tecnológico experimentado en el mundo está trayendo consigo importantes impactos negativos para el planeta y la sociedad, que han obligado a las instituciones responsables de la toma de decisiones a adoptar medidas para lograr un mayor equilibrio entre el desarrollo económico y sus impactos ambientales y sociales. De allí surge el concepto de desarrollo sostenible que el informe Brutland (1987)¹² definió como “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

Debido a la gran cantidad de impactos ambientales y sociales que produce el transporte, la sostenibilidad ha estado en el eje de las políticas de movilidad de los principales países desarrollados, desplazando frecuentemente a los criterios económicos del centro de la toma de decisiones. Esta situación se ha acentuado debido a que, tal y como señala el informe Draghi (2024) el sector transporte es el único sector en Europa que no ha conseguido reducir en términos absolutos las emisiones de gases de efecto invernadero debido a su gran dependencia de fuentes de combustibles fósiles; aunque, desde el año 2015, la intensidad de emisiones respecto al PIB ha venido disminuyendo progresivamente.

Dada esta situación, las políticas climáticas de la Unión Europea están orientando sus esfuerzos hacia lograr la neutralidad de carbono en toda la economía para el año 2050, estableciendo metas y objetivos intermedios de reducción de gases de efecto invernadero. Con el fin de alcanzar dichas metas, una de las principales medidas legislativas del paquete europeo “Fit for 55” ha consistido en incluir el transporte por carretera y el marítimo dentro del sistema de comercio de derechos de emisión.

En esta sección se describen los principales impactos medioambientales y sociales del transporte; y como las externalidades que se producen han sido cuantificadas, centrándose en el caso de la movilidad en España.

2.6.1. Impactos ambientales del transporte en España

Los principales impactos ambientales del transporte son la contaminación atmosférica y pérdida de calidad del aire, la contribución al cambio climático, la contaminación del agua y del suelo, la fragmentación y pérdida de hábitats o biodiversidad, la contaminación acústica y vibraciones, los impactos sobre el paisaje y territorio, y el consumo de recursos y energía.

La contaminación atmosférica y pérdida de calidad del aire local impacta especialmente en zonas urbanas. Dicha contaminación se refiere a emisiones de gases como óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV) y partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}), que afectan de una u otra manera a la salud humana y a la calidad de vida. Algunos de estos contaminantes están estrechamente relacionados con afecciones pulmonares y cardiovasculares que afectan a la esperanza de vida de las personas.

¹² World Commission on Environment and Development (1987).

La contribución al cambio climático se produce por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), especialmente CO₂, CH₄ y N₂O. El cambio climático es un impacto ambiental global que tiene importantes implicaciones como el incremento de fenómenos extremos adversos (huracanes, incendios forestales, tormentas e inundaciones más intensas y frecuentes); elevación del nivel del mar debido al deshielo de glaciares; pérdida de hábitats naturales; reducción del agua potable disponible; disminución de rendimientos agrícolas, etc. Las inversiones para la adaptación de las infraestructuras al cambio climático suponen en la actualidad un elevado coste para la sociedad.

De acuerdo con el OTLE (2024), el sector transporte es el que más energía consume en España, con un 47 % del total, situándose muy por encima de la media de la Unión Europea donde este sector consume el 31 %. De los modos de transporte, el que más energía consume con diferencia es el transporte por carretera con un 92 %, seguido por el marítimo (3,5 %), aéreo (3,3 %) y ferroviario (1,15 %). Un 39 % del consumo energético de la carretera proviene del ámbito urbano. En el año 2022, la cuota de consumo de energía renovable por el transporte en España se situaba en el entorno del 10 %, un valor muy similar al de otros países de la Unión Europea como Italia, Francia y Alemania.

El transporte ferroviario es de lejos el más eficiente energéticamente en consumo de energía por unidad kilómetro transportada con cifras en 2003 de 0,32 TG/millón de UT-km) frente al transporte aéreo (1,18 TG/millón de UT-km) y la carretera (1,01 TG/millón de UT-km). El modo que ha experimentado un mayor incremento de su eficiencia energética de 2005 a 2022 ha sido el transporte aéreo, reduciendo su consumo energético por unidad de transporte en casi un 30 %. La carretera y el ferrocarril se han mantenido bastante constantes en los últimos años en cuanto a su eficiencia energética.

El sector transporte es el que más emisiones de gases de efecto invernadero produce en España, un 30,7 % por encima de sectores como la industria o la agricultura. Se sitúa además por encima de la media de la Unión Europea que representa un 23,7 %. Un 87,2 % de dichas emisiones son producidas por la carretera. El ferrocarril es con diferencia el modo que menos emite con un 0,35 % del total, lo que se debe tanto a su alta eficiencia energética como a su baja cuota modal en España.

En cuanto a la calidad del aire, la Unión Europea ha aprobado para 2030 unos límites más estrictos que los vigentes en la actualidad, aunque no tan exigentes como los que recomienda la Organización Mundial de la Salud. De acuerdo con el informe Evaluación de Calidad del Aire en España (MITECO, 2025), las grandes ciudades de España habían excedido algunos días límites máximos de contaminación admisibles. Ciudades como Madrid, Valencia, Sevilla y Murcia superaron emisiones de 25 µg/m³ en más de 200 días al año. El límite máximo en la UE en 2030 será de 20 µg/m³.

Para mejorar la calidad del aire en las ciudades, la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, impuso la obligación de que los municipios españoles de más de 50.000 habitantes, así como los territorios insulares y las áreas de más de 500.000

vehículos, establezcan Zonas de Bajas Emisiones (ZBE). En el momento de redactar este capítulo cerca de 149 municipios cumplían con esta obligación, aunque su implantación había sido desigual.

2.6.2. Impactos sociales: pobreza en el transporte y seguridad

Como se indicó con anterioridad, la sostenibilidad incluye también una componente social, además de la económica y ambiental. La sostenibilidad social, que ha sido escasamente estudiada hasta la fecha, se mide habitualmente a través de indicadores relacionados con la calidad de vida y la igualdad de oportunidades, especialmente con los colectivos más vulnerables y desfavorecidos. La sostenibilidad social incluye impactos relacionados con: la accesibilidad, la calidad de vida, la seguridad, la salud, la equidad, la asequibilidad de los servicios esenciales, la cohesión y la inclusión territorial y social.

A diferencia de lo que ocurre con otros impactos económicos y ambientales, la sostenibilidad social ha sido más difícil de cuantificar por dos motivos. En primer lugar, porque los conceptos tienen en algunos casos connotaciones filosóficas o políticas para las que no existe un acuerdo general; y, en segundo lugar, porque la fijación de criterios armonizados para medir, armonizar y cuantificar estos impactos es todavía escasa.

Pobreza en el transporte

La exigente política de descarbonización de la movilidad impuesta por la Unión Europea y promovida por ETS2 ha llevado a reflexionar sobre el posible impacto en la desigualdad que las políticas de descarbonización pueden generar por el encarecimiento de la movilidad en las personas que se encuentren en una situación de vulnerabilidad en cuanto a la movilidad. La Estrategia Europea de Movilidad Sostenible e Inteligente, integrada en el Pacto Verde Europeo, plantea que la transición hacia un sistema de movilidad más sostenible debe realizarse sin dejar a nadie atrás. Esta estrategia busca asegurar que la transformación ecológica y digital del transporte se lleve a cabo de forma justa y socialmente equitativa.

A finales de 2022, el Parlamento Europeo destacó la necesidad de avanzar en el concepto de pobreza en el transporte. Dicho concepto se define por primera vez de manera oficial en el Reglamento (UE) 2023/955, del Parlamento Europeo y del Consejo de 10 de mayo de 2023, por el que se establece un Fondo Social para el Clima y se modifica el Reglamento (UE) 2021/1060, como “la incapacidad o dificultad de las personas y los hogares para hacer frente a los costes del transporte público o privado, o su falta de acceso o su acceso limitado al transporte necesario para acceder a servicios y actividades socioeconómicos esenciales, teniendo en cuenta el contexto nacional y espacial”. Esta forma de pobreza afecta con mayor intensidad a los grupos más vulnerables, quienes pueden enfrentar importantes obstáculos para acceder a oportunidades laborales, educativas o sanitarias debido a la insuficiencia o inadecuación del transporte disponible.

Para evitar que la pobreza en el transporte se acentúe, el régimen de comercio de derechos de emisión (ETS2) lleva asociado la creación del Fondo Social para el Clima cuyo objetivo es garantizar una transición energética justa a través del apoyo a los más frágiles frente a la pobreza energética y de transporte, en particular los hogares, las microempresas y los usuarios del transporte vulnerables.

Al momento de redactarse este capítulo, el MITMS estaba elaborando un conjunto de indicadores para cuantificar a nivel macro las áreas de España que son más susceptibles de tener problemas de pobreza en el transporte debido a su lejanía, escasa oferta de transporte público o alto porcentaje de población vulnerable.

Seguridad

De los impactos sociales de la movilidad, el que ha sido medido tradicionalmente con mayor atención ha sido la seguridad, debido a su importancia y relevancia social. Aunque en los últimos años ha habido mejoras sustanciales en los ratios de seguridad debido a la automatización de los vehículos y a la adopción de incentivos para mitigar la temeridad en la conducción —como el carné por puntos— la realidad es que todavía quedan pendientes áreas de mejora. Por ejemplo, en los últimos años no se ha conseguido reducir el número de accidentes en zonas urbanas y está creciendo de manera preocupante la accidentalidad de motocicletas y ciclomotores.

El vehículo privado, especialmente la motocicleta, sigue siendo el modo más inseguro, debido que el conductor no está sometido a la supervisión y a la formación que requieren los conductores profesionales, ni tiene la misma experiencia. Aunque la implementación de niveles altos de conducción automatizada se espera que mejore sustancialmente la seguridad, todavía queda un largo camino hasta alcanzarlo. Los niveles de accidentalidad en las carreteras están muy ligados a la calidad de la infraestructura. De hecho, vías de alta capacidad, como las autovías y autopistas, son mucho menos peligrosas que las carreteras convencionales. Matas *et al.* (2025) concluyen que, si todo el tráfico que actualmente circula por las carreteras convencionales pudiera desplazarse a autovías o autopistas, los accidentes con heridos graves o mortales se reducirían en un 60 %. El elemento clave que permite esta reducción es pasar de carreteras de vía única a carreteras desdobladas que evitan los choques frontales. Por ello, la evaluación económica del desdoblamiento de una carretera debería cuantificar como beneficio la diferencia en el riesgo de accidente. Este mismo estudio halla que el impacto de un camión adicional sobre el riesgo de accidente grave es tres veces superior al de un automóvil.

En el ámbito urbano, la movilidad activa (peatón, bicicleta, vehículos de movilidad personal) representó el 50,2 % del total de víctimas mortales, mientras que los autobuses y furgonetas tuvieron una menor incidencia, representando cada tipología el 0,8 % de estas víctimas (OTLE, 2024). Respecto a las vías interurbanas, los turismos presentaron la mayor proporción de víctimas mortales, con un 49,1 % del total. Le siguen las motocicletas con un 24,6 % y los peatones con un 10,1 %.

En el ferrocarril, en el año 2023 se contabilizaron 22 víctimas mortales y 23 heridos graves, cifras relativamente similares a las de los últimos años. No obstante, de las 22 víctimas mortales todos fueron personas ajenas al ferrocarril (intrusos o usuarios de pasos a nivel), no afectando por tanto a ningún viajero. En el transporte aéreo en España se contabilizaron tres víctimas mortales en la aviación civil, sin que ninguna de ellas correspondiera a vuelos comerciales.

2.6.3. Cuantificación de las externalidades del transporte

La cuantificación económica de los impactos ambientales y sociales de las infraestructuras y servicios de transporte ha sido una aspiración de los planificadores de la movilidad, debido a que dicha cuantificación podría ayudar a integrar fácilmente dichos impactos en técnicas de evaluación clásicas como el análisis coste beneficio (ACB). Su valoración en términos monetarios resulta no obstante muy compleja en la práctica, especialmente en lo que se refiere a la componente social (especialmente la equidad social y territorial).

A pesar de dichas dificultades, la Comisión Europea ha ido trabajando desde hace años en la elaboración de estudios periódicos para cuantificar dichas externalidades. Los cálculos llevados a cabo por la Comisión tienen un valor indudable a la hora de considerar las externalidades en el proceso de planificación de la movilidad, aunque las metodologías de valoración empleadas no están universalmente aceptadas. La última publicación de la UE que cuantifica económicamente las externalidades data del año 2019 aunque muestra valores para el año 2016. Es de destacar que, a lo largo del tiempo, los estudios de la Comisión Europea han ido elevando los precios sombra de las externalidades, en línea con la creciente sensibilidad de la sociedad y las organizaciones internacionales hacia los efectos externos, especialmente el cambio climático. Los costes externos del vehículo privado y el ferrocarril por pasajero kilómetro casi se han duplicado para el vehículo privado y el ferrocarril.

Para el cálculo y cuantificación de las externalidades se emplean metodologías que van más allá del objeto de este libro. A los interesados en profundizar se les recomienda leer en detalle el trabajo de van Essen *et al.* (2019). Dicho informe publica resultados medios para la Unión Europea y valores específicos para cada uno de los Estados miembros, ya que las externalidades medias varían de unos sitios a otros. El **cuadro 7** muestra un resumen de los resultados de dicho trabajo para la media de la UE y para España.

Del análisis del **cuadro 7** se concluye lo siguiente. En el transporte de viajeros, el autobús, el avión y especialmente el ferrocarril son los modos con menores externalidades por pasajero kilómetro. El ferrocarril destaca por su bajo impacto en la contaminación atmosférica y el cambio climático, y el avión por su baja accidentalidad. El vehículo privado, especialmente la motocicleta, es mucho menos sostenible debido a su elevada accidentalidad y a las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes. En el transporte de mercancías, el ferrocarril resulta mucho más eficiente que el vehículo pesado.

El **cuadro 7** no incluye muchos de los impactos sociales previamente mostrados, especialmente los referentes a la equidad social y territorial, que resultan a día de hoy elementos clave en la toma de decisiones para implementar infraestructuras y servicios de transporte.

Cuadro 7.

Costes medios externos (2016) en los países europeos (UE-28) y España

Categoría de costes	Viajeros					Mercancías			
	Coche (euros- cent/ pkm)	Autobús (euros- cent/ pkm)	Moto (euros- cent/ pkm)	Tren (euros- cent/ pkm)	Avión (euros- cent/ pkm)	Furgoneta (euros- cent/vkm)	Vehículo pesado (euros- cent/tkm)	Tren (euros- cent/ tkm)	Vías navegables (euros- cent/tkm)
Accidentes	4,5	1,0	12,7	0,5	0,02	4,1	1,3	0,1	0,1
Contaminación atmosférica	0,7	0,7	1,1	0,12	0,2	3,4	0,8	0,2	1,3
Cambio climático	1,2	0,5	0,9	0,05	2,2	2,8	0,5	0,06	0,3
Ruido	0,6	0,3	9,0	0,9	0,2	1,1	0,5	0,6	n.a.
Congestión	4,2	0,8	0,0	0,0	0,0	11,6	0,8	0,0	0,0
Well-to-Tank	0,4	0,2	0,5	0,7	0,9	0,8	0,2	0,2	0,1
Daños al hábitat	0,5	0,1	0,3	0,6	0,01	0,9	0,2	0,2	0,2
Total	12,0	3,6	24,5	2,8	3,4	24,7	4,2	1,3	1,9
España**	8,0	2,7	22,9	1,7/ 2,8/2,1*	–	19,2	2,6	1,4	-

Notas: pkm: pasajero-km; vkm: vehículo-km; tkm: tonelada-km; * Tren de alta velocidad/Tren eléctrico/Tren diésel; ** No incluye congestión.

Fuente: Handbook on the external costs of transport, van Essen *et al.* (2019).

3. PLANIFICACIÓN, GOBERNANZA Y REGULACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS

3.1. Estructura institucional

El transporte debe ser concebido como un mercado único atendido por diversos modos, cada uno de los cuales opera sobre su propia infraestructura. Además, cada infraestructura o servicio depende de distintos niveles de gobierno y está sujeta a diferentes modelos de gobernanza y regulación.

La asignación de las competencias en materia de infraestructuras a las comunidades autónomas (CC. AA.) responde a un criterio de territorialidad, de modo que estas cuentan con competencias normativas y ejecutan la política de transporte dentro de su ámbito territorial. El MITMS ostenta la competencia en la planificación de las infraestructuras de transporte que dependen de la Administración General del Estado. Dentro del MITMS existen distintos órganos y entidades con un papel relevante en la planificación e inversión en infraestructuras. En líneas generales, las funciones se distribuyen entre las diversas secretarías y direcciones generales según los modos de transporte, así como entre una serie de entidades públicas con competencias específicas en materia de inversión. Entre las más relevantes en términos de inversión destacan Adif, Adif-AV, Renfe Operadora, la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (SEITT), Enaire, Puertos del Estado y las autoridades portuarias.

Todo ello configura un marco institucional heterogéneo que exige una elevada coordinación entre instituciones para garantizar un funcionamiento eficiente del sector.

En lo que sigue, esta sección se centrará en las infraestructuras y servicios que son competencia de la Administración central, sin perjuicio de que, en determinados puntos, se haga referencia a las administraciones autonómicas y locales.

3.2. Planificación y política de infraestructura

El aumento del *stock* de infraestructuras descrito en la sección dos se enmarca en un conjunto de planes de inversiones diseñados por el Ministerio de Transportes. Durante la década de los ochenta, la planificación se orientó a incrementar la dotación de infraestructuras a través de planes sectoriales. En 1993, por primera vez, el Plan Director de Infraestructuras (1993-2007) planteó una planificación integrada de todos los modos. Posteriormente, se aprobaron sucesivos planes que dieron continuidad a la política de expansión del *stock* de infraestructuras, incorporando al mismo tiempo objetivos de vertebración y cohesión territorial, sostenibilidad ambiental, seguridad e integración con Europa. El último plan aprobado fue el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI 2012-2024).

Estos planes establecen las directrices generales de la inversión, pero la programación concreta de las actuaciones previstas no forma parte de ellos. A partir del plan marco se elaboran sucesivos programas de actuación en los que se concretan y periodifican las inversiones. Los estudios elaborados por AIREF (2020) y OECD (2020) sobre la gobernanza de las infraestructuras en España identifican los principales problemas existentes en la planificación y toma de decisiones en materia de inversión. Sin ánimo de exhaustividad, a continuación, se exponen las deficiencias detectadas en dichos estudios, con el objetivo de valorar posteriormente en qué medida las propuestas más recientes podrían contribuir a su corrección.

En cuanto al marco legal, el informe de la OCDE señala la falta de normas de inversión homogéneas entre los distintos modos de transporte. Las leyes sectoriales establecen pro-

cedimientos diferenciados según el modo y se identifican lagunas regulatorias en aspectos como la supervisión por parte de una autoridad independiente, la planificación estratégica y la priorización de proyectos.

Respecto a la planificación a largo plazo, se observa que la programación de las actuaciones está excesivamente vinculada a la administración en ejercicio, de forma que los cambios de gobierno pueden resultar en modificaciones de los planes. Ello repercute negativamente en la planificación a largo plazo. Además, la planificación ha adolecido de un exceso de ambición y de la ausencia de criterios claros para la selección de los proyectos finalmente ejecutados, priorizando en algunos casos aquellas inversiones con más rendimiento político. Las actuaciones programadas no se han vinculado a una asignación estable de recursos, lo que ha hecho que su cumplimiento dependa del ciclo económico y/o de la disponibilidad de fondos europeos. Por último, los proyectos se han identificado sin considerar el coste de oportunidad de las inversiones en términos de alternativas. La relevancia de este problema se acentúa ante la ausencia de un mecanismo claro y transparente de priorización de las inversiones.

En la actualidad, el documento de referencia del MITMS en materia de transportes es la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada (EMSSC). No se trata de un instrumento de planificación propiamente dicho, ya que no incluye actuaciones individualizadas, presupuesto ni calendario. La EMSSC está alineada con la política de transporte europea y con la intención de introducir un cambio de paradigma, al centrar la atención en la movilidad más que en la inversión en infraestructuras. Este enfoque debe valorarse positivamente, dado que parte de la identificación de los problemas de movilidad y no de la construcción de nuevas infraestructuras.

No obstante, ello debería sentar las bases para una política de inversión orientada a resolver los problemas de movilidad mediante el uso de todos los instrumentos disponibles, integrando tanto infraestructuras como servicios. Para cumplir sus objetivos, la estrategia se articula en nueve ejes que abordan aspectos como la movilidad cotidiana, la seguridad, la movilidad de bajas emisiones, la digitalización, las cadenas intermodales y la conexión de España con Europa. Cabe mencionar que buena parte de las prioridades señaladas por la EMSSC ya estaban contempladas en el PITVI, y permanecen aún pendientes de implementación.

Más allá de este marco de referencia, la programación de infraestructuras requiere una planificación estratégica que garantice el cumplimiento de los objetivos planteados. En España, dicha planificación se concreta en instrumentos sectoriales, cuyo grado de desarrollo es desigual en muchos aspectos. Así, las infraestructuras aeroportuarias se rigen por el Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA), de carácter quinquenal, del cual ya se han aprobado dos ediciones: 2017-2021 y 2022-2026. Este documento establece las inversiones que Aena debe llevar a cabo, así como los estándares de servicio que está obligada a mantener. Las inversiones están vinculadas a una dotación presupuestaria y deben ser coherentes con el Plan Director de cada aeropuerto. En el otro extremo, la planificación viaria constituye un caso distinto, ya que, al momento de redactar este capítulo, todavía no había aprobado su Plan Estratégico.

En el ámbito ferroviario, la planificación estratégica es compleja debido a la intervención de múltiples organismos. El MITMS es el encargado de elaborar la Estrategia Indicativa de las Infraestructuras Ferroviarias, un documento que define el marco general de prioridades y el plan financiero para un periodo de cinco años. Una vez aprobada la estrategia indicativa, el ministerio debe suscribir sendos convenios con ADIF y ADIF-AV, en los que se fijan los recursos disponibles para alcanzar los objetivos propuestos. Posteriormente, ambos organismos aprueban sus Programas de Actividad, ajustados tanto a la Estrategia Indicativa como a la financiación establecida en los convenios.

Se trata, por tanto, de un proceso largo y que requiere una estrecha coordinación entre el MITMS y ADIF. El primer documento de Estrategia Ferroviaria no se aprobó hasta diciembre de 2022, con seis años de retraso^{13,14}. Según la AIREF (2020), este retraso impidió que ADIF contara con un marco estable para planificar sus inversiones. Nada garantiza que estos retrasos no puedan repetirse en el futuro.

Finalmente, la planificación portuaria se establece en el Marco Estratégico del sistema de puertos de interés general. Actualmente está vigente la versión aprobada en octubre de 2022, también con cierto retraso. Cada Autoridad Portuaria puede desarrollar los objetivos generales del Marco Estratégico mediante la elaboración de Planes Estratégicos y Planes Directores de Infraestructuras.

A pesar de la visión de conjunto que proporciona la EMSSC, la planificación estratégica basada en distintos tipos de programas según el modo de transporte —con distintos horizontes temporales y sin coordinación aparente— no garantiza la superación de errores pasados, como la duplicidad de infraestructuras para servir a los mismos objetivos o la incorrecta priorización de proyectos en un contexto de recursos escasos.

Las novedades que introduce la Ley de Movilidad Sostenible (Ley 9/2025 de 3 de diciembre) en la planificación del transporte buscan dar respuesta a algunos de los problemas identificados en el pasado. En particular, el artículo 23.1 de la ley recoge buena parte de las críticas realizadas a la política de infraestructura. Así, se establece que el MITMS deberá disponer de un Instrumento de Planificación Estratégica Estatal en Movilidad (IPEEEM). Este instrumento, de carácter plurianual, contempla tanto las infraestructuras como los servicios de transporte de competencia estatal, con una visión integral e intermodal. Además, deberá incorporar los escenarios presupuestarios y fijar una orientación de las prioridades. Asimismo, los instrumentos de planificación previstos en la normativa sectorial deberán ser coherentes con el IPEEEM y adecuarse a las condiciones que en él se establezcan. La planificación no solo deberá contemplar la nueva infraestructura, sino también la conservación de la existente. El documento, además, deberá ser coherente con los objetivos de movilidad

¹³ El retraso en la aprobación de esta estrategia fue objeto de un procedimiento de infracción por parte de la Comisión Europea que finalizó con un Dictamen Motivado (AIREF, 2020, página 64).

¹⁴ Sus objetivos se centran en potenciar, entre otros aspectos, el ferrocarril metropolitano, reducir la descapitalización, garantizar la interoperabilidad nacional e internacional e impulsar el transporte ferroviario de mercancías.

sostenible, estar de acuerdo con los objetivos asumidos por España a nivel internacional en el ámbito del transporte y movilidad, prestar una atención especial al principio de desarrollo territorial y urbano sostenible, los objetivos climáticos, la calidad del aire y los gases de efecto invernadero, así como la conservación de la biodiversidad.

La pregunta que surge es si será posible diseñar este instrumento de manera que resulte eficaz. Se le exigen numerosos objetivos, pero apenas se concretan los criterios para cumplirlos. Por ejemplo, la ley no especifica los mecanismos de coordinación sectorial ni los criterios para la priorización de las inversiones. Si la elaboración de los planes estratégicos sectoriales ha sido compleja, mucho más lo será el desarrollo del IPEEEM. Cabe destacar, además, que la ley no establece un plazo máximo para su aprobación, lo que podría generar retrasos similares a los observados en los planes sectoriales.

3.3. Evaluación y priorización de los proyectos

La estrategia de inversión en infraestructuras se plasma en los planes de inversión mencionados en el anterior apartado y sirve de base para las decisiones sobre qué proyectos ejecutar y cómo priorizarlos en la esfera política. Además, debido al impacto territorial de las inversiones, en el resultado final intervienen negociaciones políticas entre el gobierno central y los gobiernos autonómicos y locales. Estas negociaciones explican que, bajo criterios de cohesión territorial, se hayan extendido redes de transporte o construido aeropuertos que no siempre están justificados en términos de demanda. Un ejemplo paradigmático es el compromiso asumido por sucesivos gobiernos de garantizar que nueve de cada diez ciudadanos dispongan de una estación de tren de alta velocidad a menos de 30 kilómetros de distancia de su residencia.

Aunque a lo largo de los años se han desarrollado mecanismos de evaluación que, en mayor o menor medida, han acompañado todos los proyectos, no existe un procedimiento estándar para la evaluación de inversiones en infraestructura. Cada sector cuenta con su propio mecanismo de evaluación, sin que exista necesariamente una coherencia entre ellos. Tampoco está definido en qué momento del proceso deben incorporarse los estudios de rentabilidad. En la fase de Estudios Informativos es habitual incluir un análisis de rentabilidad social o multicriterio, aunque su aplicación varía según los diferentes órganos del Ministerio de Transporte. Con frecuencia, estos estudios se elaboran después de que la decisión ya está tomada y es habitual segmentar la inversión en tramos parciales, ya sea de una carretera o de una línea de ferrocarril. Esto conduce a la realización de un ACB o análisis multicriterio para cada tramo de la red de forma independiente del proyecto en su conjunto, lo cual carece de justificación desde el punto de vista de la evaluación económica.

Cabe resaltar que los análisis coste-beneficio, en su gran mayoría, concluyen que los proyectos son socialmente rentables y, por lo tanto, que deberían llevarse a cabo. Resulta llamativo, sin embargo, que algunos estudios *a posteriori* muestren resultados negativos. A

modo de ejemplo, los estudios realizados siguiendo la metodología establecida por De Rus *et al.* (2020a, 2020b) concluyen que los resultados globales del ACB muestran rentabilidades socioeconómicas entre nulas y mínimas en todos los corredores de alta velocidad. Solo los corredores nordeste y sur tienen unos resultados próximos a la rentabilidad mínima exigible en la actualidad gracias al aumento de la demanda (AIReF, 2020).

Si los análisis de evaluación aplicados siguen los estándares de los manuales europeos, ¿qué explica que se ejecuten proyectos no rentables socialmente? Varias son las causas que contribuyen a este resultado. En primer lugar, en la mayoría de los proyectos, una predicción de la demanda excesivamente optimista eleva los beneficios al sobrestimar el número de usuarios. En segundo lugar, es frecuente una infravaloración de los costes, lo que de nuevo aumenta la tasa de rentabilidad. Por ejemplo, en los principales corredores de alta velocidad se produce una infravaloración de costes que al menos alcanza el 30 % (AIReF, 2020). En tercer lugar, la falta de criterios claros y homogéneos sobre los parámetros del ACB puede influir significativamente en los resultados. Esto se refleja, por ejemplo, en la aplicación de precios sombra no justificados en determinados proyectos o en la selección de los valores empleados para las externalidades, lo que puede sesgar los resultados.

La arbitrariedad aún es mayor en el multicriterio. El análisis multicriterio evita dar una valoración monetaria a aquellos bienes que no tienen mercado. No obstante, como contrapartida, es necesario introducir una serie de supuestos que necesariamente llevan aparejados un elevado grado de subjetividad. Entre los principales problemas cabe citar la selección de las ponderaciones asignadas a cada uno de los objetivos, el método de agregación utilizado, la posible doble contabilización de algunos efectos y la falta de una magnitud única de costes y beneficios. En conjunto, este método introduce sesgos en la evaluación de los proyectos y es muy dependiente de quien efectúe la evaluación.

La Ley de Movilidad Sostenible introduce también cambios relevantes en el procedimiento de evaluación de las infraestructuras de transporte, contemplando tanto evaluaciones *ex ante* como *ex post*. La evaluación *ex ante* se estructura en dos etapas. La primera consiste en un análisis preliminar de rentabilidad socioambiental, mientras que la segunda contempla un estudio de rentabilidad económica, social y ambiental, y, en su caso, financiera. La metodología para llevar a cabo estas evaluaciones se basará en las experiencias internacionales, especialmente en la Unión Europea, y deberá ser aprobada por el MITMS en un plazo máximo de dos años. La ley también contempla que, transcurridos cinco años de la puesta en servicio de cualquier infraestructura de transporte, el promotor llevará a cabo una evaluación *ex post* de esta. Además, es destacable que los resultados de las evaluaciones sean públicos, lo que constituye un avance en la transparencia. El éxito de la evaluación económica dependerá, en gran medida, del grado de transparencia y participación pública en el acceso y uso de estos resultados.

La incorporación en la ley de la obligatoriedad de una evaluación económica que permita seleccionar de manera sistemática las inversiones en infraestructuras debe considerarse un avance positivo. Es deseable que el MITMS disponga lo antes posible de la metodología

que se utilizará para la evaluación de proyectos. Es sabido que el ACB, y en mayor medida el análisis multicriterio, incorpora supuestos que pueden condicionar los resultados de la evaluación. Para reducir este riesgo es fundamental garantizar la transparencia en los criterios y los supuestos incorporados en la evaluación. En este sentido, resulta altamente recomendable que, antes de su aprobación, estas metodologías sean valoradas por expertos externos al MITMS.

El resultado de la evaluación depende de manera crucial de la predicción de la demanda y de la estimación de los costes. Si esta primera fase falla, el resultado no será válido para la selección de proyectos. Por ello, es necesario que los mecanismos de evaluación incorporen directrices rigurosas sobre cómo estimar la demanda y los costes. Para ello, es necesario disponer de datos suficientes y de calidad.

En cuanto a la demanda, el MITMS está realizando un esfuerzo muy notable en la creación de una base de datos sobre movilidad basada en información de telefonía móvil. Sin embargo, estos datos deberían complementarse con encuestas de movilidad que permitan relacionar los flujos de tráfico con las características de los viajeros.

En relación con los costes, sería muy útil disponer de una base de datos abierta con información histórica sobre costes y tiempos de construcción de las inversiones, ya que la transparencia en estos datos permitiría estimaciones más fiables para futuros proyectos. La ley prevé la creación de un espacio de datos integrados sobre movilidad (EDIM), destinado a integrar información sobre oferta y demanda de transporte. No obstante, el detalle de la información previsto por la ley no incluye los costes de construcción, ni tampoco se establece que la información esté disponible en formato abierto, lo que limita su utilidad para la mejora de la información.

La ley supone una mejora en la evaluación de proyectos respecto a la situación previa. Será importante observar cuáles son las metodologías finalmente aprobadas, hasta qué punto llegará la transparencia y publicidad del proceso y de los resultados, y en qué medida la selección y priorización de las inversiones se basará efectivamente en la evaluación.

El aspecto más negativo es que la ley no contempla la evaluación por parte de un organismo externo e independiente, lo que contraviene las recomendaciones de los estudios de la AIREf y la OCDE, que concluyen que solo una evaluación por un organismo independiente puede garantizar una selección eficiente de los proyectos.

3.4. Regulación y competencia

La necesidad de regulación económica de las infraestructuras de transporte se deriva de su característica de monopolio natural que, en mayor o menor grado, todas ellas comparten. Las ineficiencias creadas por el sistema de regulación llevaron a una progresiva liberalización

que ha afectado de forma distinta a infraestructuras y servicios de transporte. En este apartado centramos la atención en las infraestructuras ferroviarias y aeroportuarias.

La liberalización del ferrocarril se inicia con la entrada en vigor en 2005 de la Ley 39/2003 del Sector Ferroviario con la eliminación del monopolio natural que ostentaba Renfe, separando las actividades de gestión de las infraestructuras de las de prestación de los servicios de transporte. Ambas actividades se asignan a entidades públicas independientes entre sí: Adif, como administrador de las infraestructuras, y Renfe como proveedor de los servicios¹⁵. Posteriormente, Adif se subdivide en Adif y Adif-Alta Velocidad.

Dado que la infraestructura ferroviaria tiene naturaleza de monopolio, es necesario regular tanto los precios que fija por el uso de la infraestructura como la asignación de capacidad a las empresas que compiten por el servicio. En los primeros años, el órgano regulador estuvo integrado en el Ministerio de Transporte. A partir de 2022, por imperativo de las directivas ferroviarias de la UE que exigen un regulador independiente, es la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) quien ejerce las tareas de regulación. El administrador de las infraestructuras es el responsable de proponer y aprobar los cánones por el uso de las infraestructuras, mientras que la CNMC debe emitir un informe en el que valore que la propuesta respeta lo establecido en el marco de la ley, informe que es vinculante para el administrador en todo lo que concierne al control de legalidad¹⁶. La CNMC vela por que el acceso a las infraestructuras se dé en condiciones objetivas, transparentes y no discriminatorias. En particular, supervisa que los cánones ferroviarios propuestos por ADIF y ADIF-AV sean transparentes, no discriminatorios y proporcionales¹⁷. Además de los informes emitidos *ex ante*, la CNMC puede actuar *ex post* mediante la apertura de oficio de investigaciones, en caso de que sea necesario.

En relación con la propuesta presentada por los gestores de la infraestructura para los cánones de 2025 y 2026¹⁸ (CNMC, 2025b), que introduce cambios significativos tanto en la estructura como en el valor de las tarifas, el informe de la CNMC evalúa la idoneidad de las tarifas y recargos propuestos. Por ejemplo, el organismo valora positivamente la reducción del canon aplicado a las líneas convencionales, en la medida en que permitirá aumentar la competitividad del ferrocarril frente a otros modos de transporte. En cambio, considera que el mercado no puede asumir un recargo del 27 % para las líneas transversales (trayectos de

¹⁵ Este capítulo analiza solo la regulación relativa a las infraestructuras. Para un análisis más amplio que incluye también los servicios ferroviarios, véase Campos (2023).

¹⁶ La Ley 38/2015 del sector ferroviario ha sido modificada en diversas ocasiones para incorporar el contenido de las sucesivas directivas europeas. En diciembre de 2022 se modifica el artículo 100 de la ley relativo al reglamento de determinación de los cánones ferroviarios.

¹⁷ Estos cánones se publican anualmente en el Documento de Red. La CNMC tiene en marcha una consulta pública para conocer las barreras técnicas que existen actualmente en la red ferroviaria en nuestro país.

¹⁸ La última propuesta presentada por los gestores (CNMC, 2025b) supone cambios importantes en la fijación de los cánones. Las tarifas se ajustan a los costes directos que impone cada tipo de servicio en cada tipo de línea y se añaden recargos sobre las tarifas mínimas siguiendo el criterio Ramsey-Boiteux, siempre garantizando la rentabilidad del servicio en un horizonte de 30 años. Los costes directos pueden asimilarse al coste marginal a largo plazo.

más de 700 km que no pasan por Madrid). En términos generales, la CNMC subraya que, conforme a lo establecido en la Ley del Sector Ferroviario, los convenios entre el MITMS y los administradores deben incluir incentivos destinados a mejorar la eficiencia, reducir los costes y, en consecuencia, disminuir los cánones, con el fin de asegurar la competitividad del sector ferroviario. Asimismo, recomienda incrementar el grado de discriminación para imputar a la tarifa solo los costes que varían en función del tráfico.

En cuanto a la entrada de los operadores, es el administrador ferroviario quien adjudica la capacidad, y la CNMC realiza las tareas de supervisión mediante la elaboración de los preceptivos informes. En este ámbito, hasta el momento, no se han observado conflictos de interés relevantes entre operadores.

En relación con las infraestructuras aeroportuarias, la Ley 18/2014, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia, introduce un nuevo marco regulatorio para Aena que sustituye el sistema de regulación *dual till* o de “caja doble” —basado en costes— por un modelo *single till* o de “caja única”, acompañado de un régimen de *price cap* o de precios máximos. La regulación tiene un carácter quinquenal y se articula a través del Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA), mencionado previamente en la sección tres de este capítulo. Este documento establece los niveles de calidad del servicio, los estándares de capacidad de las infraestructuras, el régimen de inversiones y el ingreso máximo anual por pasajero (IMAP). Dicho ingreso debe permitir la recuperación de los costes, garantizando al mismo tiempo criterios de eficiencia, objetividad y no discriminación. Esta misma ley reguló la privatización parcial de Aena.

A pesar del cambio normativo, se mantiene la gestión centralizada de todos los aeropuertos de interés general pertenecientes a Aena, lo que convierte al caso español en una situación excepcional: una única empresa gestiona la totalidad de los aeropuertos del país.

La elaboración del DORA corresponde a Aena, que tras realizar las consultas pertinentes remite el documento a la Dirección General de Aviación Civil para la redacción del documento definitivo y su posterior aprobación por el Consejo de Ministros. Dado el carácter de monopolio natural de algunos de los aeropuertos, la CNMC desempeña un papel esencial en la supervisión de aquellos aspectos del DORA que garantizan la sostenibilidad de la red aeroportuaria. En particular, y entre otros, revisa los elementos que influyen en la determinación del ingreso máximo anual por pasajero, como las previsiones de tráfico y los costes operativos y de capital.

Asimismo, la CNMC vela por que las tarifas se apliquen de forma no discriminatoria y porque su actualización anual se ajuste a lo establecido en la normativa, pudiendo declarar su inaplicación en caso de incumplimiento.

No obstante, la aprobación final de las tarifas no recae en un organismo independiente, lo que incrementa la posibilidad de interferencias políticas. Un ejemplo reciente se produjo en 2025: tras aprobar la CNMC un incremento medio del 6,4 % en las tarifas aeroportuarias

(CNMC, 2025c), una enmienda introducida durante la tramitación en el Senado de la Ley de Movilidad Sostenible, que proponía congelar dichas tasas, habría anulado ese incremento si hubiera salido adelante.

Aunque para ambos tipos de infraestructuras el esquema de regulación ha evolucionado en la dirección correcta, en el sentido de promover la competencia entre operadores, existe un margen para una mejor regulación. Sin ánimo de exhaustividad, a continuación se señalan algunos aspectos.

En el caso del ferrocarril, cuyos resultados de liberalización se detallan en la sección cinco, subsisten barreras a la competencia entre operadores. Llevat y Llobet (2016), en el contexto del transporte de mercancías, señalan como principales barreras las ventajas que el operador público incumbente (Renfe) tiene en el acceso a los activos, los costes de mantenimiento y la contratación de personal. Estos problemas están relacionados con el hecho de que el mercado de material rodante es muy reducido, o incluso inexistente, y Renfe mantiene una posición dominante en él tanto como proveedor de material alquilado como proveedor de mantenimiento.

En cuanto a Aena, una gestión centralizada de los aeropuertos con un modelo tarifario único restringe la autonomía de cada uno de ellos para establecer tarifas u otras condiciones de servicio destinadas a captar un mayor número de pasajeros. Una reforma regulatoria que otorgara una mayor autonomía a los aeropuertos en la fijación de tarifas podría favorecer un incremento del grado de utilización de aquellos que en la actualidad se encuentran claramente infrautilizados. A modo de ejemplo, si los aeropuertos de Girona y Reus pudieran fijar tarifas más diferenciadas respecto a las de Barcelona, podrían captar parte de los pasajeros de este último y contribuir así a reducir sus problemas de congestión. Asimismo, tal y como argumentan Santaló y Socorro (2015), un modelo que facilitara la competencia de los aeropuertos entre sí permitiría simplificar y reducir la necesidad de una regulación que es necesariamente compleja. Otro aspecto por considerar es si la fijación de las tarifas debe tener en cuenta la existencia de modos de transporte alternativos. En este sentido, De Rus y Socorro (2014) muestran que, si los consumidores no consideran dos modos de transporte como independientes, tampoco deben serlo las tarifas óptimas para cada infraestructura.

Un segundo elemento para tener en cuenta son las ineficiencias derivadas del mecanismo de subvenciones cruzadas entre aeropuertos. Si se considera socialmente deseable mantener en operación aeropuertos que no cubren sus costes, debería evaluarse la posibilidad de financiar sus déficits mediante transferencias públicas directas. En cualquier caso, resulta deseable avanzar hacia una mayor transparencia en la identificación de los beneficios y costes asociados a cada aeropuerto.

Este último argumento resulta también aplicable en cierta medida a la gestión centralizada de los puertos por el organismo Puertos del Estado, que incluye un componente de subvenciones cruzadas hacia los puertos más pequeños. Esta regulación ha sido objeto de críticas por no generar suficientes incentivos para llevar a cabo una gestión diferenciada.

Un tercer aspecto de la política regulatoria aeroportuaria que merece discusión es la adopción en 2014 del sistema *dual till* o “caja doble”, en sustitución del anterior sistema *single till* o “caja única”. En un sistema de caja doble, el regulador fija los límites de los precios para las actividades aeronáuticas, mientras que las actividades comerciales quedan fuera de regulación, con libertad para fijar precios. Cada uno de estos dos sistemas tiene ventajas e inconvenientes. El sistema de caja única tiende a favorecer tarifas más bajas. Para los aeropuertos españoles, Santaló (2015) estima que, en el largo plazo, las tarifas podrían haber sido un 31 % inferiores bajo una regulación de caja única. Sin embargo, estas menores tarifas podrían agravar la congestión en determinados aeropuertos y reducir el nivel de inversión por debajo del óptimo. Por su parte, el sistema de caja doble ofrece mejores incentivos para la inversión, aunque puede dar lugar a tarifas más elevadas, tanto en las actividades aeronáuticas reguladas como en las comerciales no reguladas¹⁹. Transcurridos diez años desde la implantación de este modelo regulatorio, resultaría conveniente realizar una evaluación de sus efectos, teniendo en cuenta la diversidad de aeropuertos gestionados por Aena²⁰.

4. FINANCIACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS DE TRANSPORTE

La financiación de infraestructuras y sus servicios asociados lleva siendo desde hace años uno de los mayores quebraderos de cabeza de las administraciones públicas españolas por varios motivos. En primer lugar, las infraestructuras de transporte suponen la parte más onerosa de la inversión pública por la intensidad de recursos que requiere su construcción, mejora, mantenimiento y explotación. En segundo lugar, el aumento del *stock* de capital público y la incorporación de soluciones tecnológicas a las infraestructuras requieren crecientes costes de mantenimiento y mejora. En tercer lugar, el estricto control de las cuentas públicas impuesto por la Unión Europea, especialmente a los países que forman parte de la eurozona, está limitando la capacidad de sus administraciones públicas de generar déficit y endeudarse. Y, en cuarto lugar, como señala un informe llevado a cabo por COTEC (2023) sobre preferencias del gasto público en la ciudadanía, las infraestructuras suponen una prioridad muy menor para los ciudadanos españoles frente a otras políticas como salud y educación. Esta situación está cambiando las prioridades políticas. A diferencia de lo que ocurría años atrás, no se consideran las infraestructuras de transportes como una prioridad en cuanto a la asignación de recursos presupuestarios en comparación con otros sectores.

Además, cada modo de transporte parte de situaciones históricas bien distintas en cuanto a su financiación, lo que ha generado una falta de armonización que dificulta la competencia y cooperación entre modos. La falta de un planteamiento común a la hora de financiar las infraestructuras es todavía un importante problema pendiente de resolver en la mayoría de los países del mundo. Por ejemplo, mientras que los aeropuertos y los puertos españoles cubren sus costes

¹⁹ El DORA no fija ningún límite a los ingresos de Aena no asociados a las tarifas aeroportuarias.

²⁰ Para un estudio en este sentido, véase Montero Martín (2024).

mayoritariamente con aportaciones de los usuarios, las carreteras son financiadas mayormente a través de los presupuestos generales de las administraciones públicas.

La fiscalidad de los modos es también muy heterogénea. Además, no existe una metodología aceptada y aprobada para internalizar las externalidades producidas. Otro reto de la financiación de las infraestructuras de transporte es la diferencia que existe entre regiones. Mientras que las zonas más desarrolladas y los corredores que las comunican tienen habitualmente una alta demanda que garantiza, vía precios, su viabilidad financiera, las infraestructuras regionales y periféricas tienen más problemas para financiarse a través de pagos de los usuarios.

La Unión Europea ha establecido normas sobre la imputación de las inversiones públicas en la contabilidad nacional que es necesario reportar a Eurostat a la hora de hacer un cálculo armonizado de deuda y déficit entre países europeos. Dichas normas requieren que las entidades públicas cumplan con una serie de criterios para que sus inversiones no consoliden en contabilidad nacional. La norma más relevante es que dichas entidades deben garantizar ingresos que como mínimo supongan un 50 % de sus costes. El cumplimiento de esta norma ha marcado las políticas de muchos gobiernos a la de hora constituir entidades públicas empresariales, con mayor o menor éxito.

En el ámbito de los proyectos de colaboración público-privada, el principal criterio de Eurostat para que las inversiones no consoliden en contabilidad nacional es la transferencia del riesgo de construcción y el riesgo operacional al sector privado, no teniendo demasiada importancia si dichas infraestructuras son financiadas por los usuarios o las administraciones a través de mecanismos como el peaje sombra y el pago por disponibilidad.

En adelante se lleva a cabo una descripción del panorama general de la financiación de las infraestructuras de transporte en España. Es importante remarcar que, al referirse a la financiación, se hará una distinción entre las fuentes de recursos (*funding* en inglés) y las fuentes de capital necesarias para acometer la inversión inicial (*financing* en inglés).

4.1. Fuentes de recursos y fiscalidad (*funding*)

Este apartado se refiere a los sujetos que pagan finalmente por las infraestructuras de transporte en España. A tal fin se pueden distinguir tres fuentes principales: (i) los *usuarios* de las infraestructuras a través del pago de precios (peajes, tasas, cánones, etc.) por su uso, y/o por el pago de los servicios que provee esa infraestructura (comercios en un aeropuerto por ejemplo); o bien a través de impuestos especiales que no estén armonizados con el resto de los sectores (como pasa con el impuesto especial de hidrocarburos en el caso de la carretera); (ii) *contribuyentes* a través de los impuestos generales, y (iii) *beneficiarios* finales de las infraestructuras a través de mecanismos de captura de valor de las externalidades positivas que son generadas por una determinada infraestructura, como podrían ser las contribucio-

nes especiales por el incremento del valor del suelo que ha generado la construcción de una determinada infraestructura.

4.1.1. Aportaciones de los usuarios y subvenciones a viajeros y operadores

El **cuadro 8** muestra la fuente de aportación de los usuarios de los modos de transporte en España en 2021, así como las subvenciones a viajeros y operadores. Como se aprecia, la carretera generó unos ingresos por peaje de 1.254 millones de euros. No obstante, la mayor contribución de la carretera se produjo a través de la fiscalidad específica, especialmente el impuesto especial de hidrocarburos (IEH), que ese año supuso unos ingresos a las arcas públicas de 13.216 millones de euros, de los que 8.557 provinieron del tráfico interurbano. Aunque dichos impuestos no se consideran jurídicamente precios ni tarifas, ni están afectados a la construcción y el mantenimiento de las carreteras, resultan discriminatorios frente al resto de los modos de transporte que no tienen impuestos similares. Es por ello por lo que, a efectos de este capítulo, se consideran ingresos generados por los usuarios de la carretera.

Cuadro 8.

Aportación neta total de los usuarios de cada uno de los modos (viajeros y mercancías) en España en 2021

Millones de euros

		<i>Carretera</i>	<i>Ferrocarril</i>	<i>Aéreo</i>	<i>Marítimo</i>
Usuarios (A)	Peajes	1.253,91			
	Tasas y cánones		960,74	2.603,47	946,80
	Subtotal	1.253,91	960,74	2.603,47	946,80
Impuestos especiales (B)	Hidrocarburos	13.216,03			
	Electricidad		31,82		
	Otros	2.558,43			
	Subtotal	15.774,46	31,82	0,00	0,00
Ambientales (C)	Derechos de CO ₂			31,00	
Ingresos brutos (A+B+C)		17.028,37	992,56	2.634,47	946,80
Subvenciones (D)		-1.834,60	-2.681,00	-664,09	-246,95
Aportación neta (A+B+C-D)		15.193,77	-1.688,44	1.970,38	699,85

Fuente: Elaboración propia con base en Vassallo *et al.* (2023).

La principal fuente de financiación del ferrocarril fueron los cánones ferroviarios, que significaron ese año en torno a los 961 millones de euros. La principal de los puertos fueron las tasas portuarias con 947 millones de euros. La principal de los aeropuertos y los sistemas de navegación aérea fueron las tasas aeroportuarias y de navegación aérea con un importe de 2.635 millones de euros.

Mientras que los peajes y las tasas están afectados a la financiación de las infraestructuras, los impuestos especiales, como el impuesto de hidrocarburos (IEH), no lo están. Esta situación provoca que la mayoría de los recursos para financiar las carreteras tengan que provenir de las administraciones públicas a través de sus presupuestos.

En líneas generales, los puertos y aeropuertos se autofinancian con las aportaciones que provienen de los usuarios, aunque puede haber subvenciones cruzadas entre unos y otros, lo que en España ocurre principalmente en el caso de los aeropuertos. En los puertos de interés general, las subvenciones cruzadas se canalizan a través de un instrumento transparente que se denomina el Fondo de Compensación Interportuario, cuyo objetivo es apoyar financieramente a los puertos con menores recursos.

El **cuadro 8** muestra también, en negativo, las subvenciones a viajeros y operadores de los distintos modos de transporte, ya que, aunque sean los usuarios los que pagan, si estos son a su vez subvencionados por el gobierno, significa que el gobierno está contribuyendo, aunque sea parcialmente, a su financiación. Como se observa en el **cuadro 9**, el transporte de viajeros está mucho más subvencionado que el de mercancías, siendo los modos ferroviario y carretera los que reciben mayores subvenciones. Como se comentará en detalle más adelante, esas subvenciones se concentran en los ámbitos urbanos y metropolitanos y corresponden mayoritariamente a obligaciones de servicio público.

Cuadro 9.

Subvenciones a viajeros y operadores por modo de transporte en 2021

En millones de euros

	<i>Viajeros</i>	<i>Mercancías</i>	<i>Total</i>
Carretera	1.834,60		1.834,60
Ferroviario	2.680,99	0,01	2.681,00
Aéreo	664,09		664,09
Marítimo	169,70	77,25	246,95
Total	5.349,38	77,26	5.426,64

Fuente: Vassallo *et al.* (2023).

Es importante hacer notar cómo en el transporte ferroviario, la subvención es superior a lo que globalmente paga dicho modo en concepto de cánones, si bien es cierto que ello se debe a las importantes obligaciones de servicio público de los metros, tranvías, ferrocarriles metropolitanos y ferrocarriles regionales que están altamente subvencionados. En servicios que no reciben subvención, como la alta velocidad o el ferrocarril de carga, el panorama es bien distinto.

4.1.2. Ingresos comerciales, captura de valor y tasas ambientales

La aportación de ingresos comerciales no suele ser una fuente de financiación relevante en España, salvo para los aeropuertos. De hecho, en sus cuentas del año 2024, Aena reportó unos ingresos comerciales en España de 1.780 millones de euros, lo que supuso casi un 36 % de sus ingresos. Dichos ingresos, que provienen mayoritariamente de las necesidades que demandan los propios pasajeros y sus acompañantes en los aeropuertos, se generan a través de cánones que pagan las tiendas, restaurantes, aparcamientos y otros servicios que proporcionan los aeropuertos.

Finalmente, en cuanto a las posibilidades de emplear mecanismos para capturar los impactos positivos que generan las infraestructuras en los no usuarios (por ejemplo, incremento del valor de los terrenos derivados de su construcción), España cuenta con las contribuciones especiales, que son un instrumento tributario clásico previsto en la Ley General Tributaria que se aplica cuando una obra pública aumenta el valor de los inmuebles cercanos. Los beneficiarios (propietarios de los terrenos) pagan un porcentaje del coste de la obra en proporción al beneficio recibido. Esta figura se emplea en la financiación de urbanizaciones en municipios, pero raramente se ha aplicado en el caso de infraestructuras de transporte.

El caso más habitual de captura de valor en España en el ámbito de las infraestructuras de transporte es la obligación de los promotores de financiar o cofinanciar infraestructuras a cambio de derechos de edificación en nuevos desarrollos urbanos. Un caso emblemático es el de la operación de Madrid Nuevo Norte, donde la valorización inmobiliaria asociada a la renovación ferroviaria financia gran parte de la inversión.

Otra posible fuente de financiación son las tasas o los impuestos ambientales, que en el ámbito del transporte están llamados a adquirir una mayor relevancia en los próximos años. El objetivo de estos es internalizar las externalidades que los distintos modos de transporte producen. En los últimos años, el transporte aéreo y, más recientemente, el marítimo y la carretera, se han ido integrando en el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la UE (ETS EU).

Las emisiones del sector de la aviación se integraron el 1 de enero de 2012 a través de la Directiva 2008/101/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. En general, el ETS EU se ha limitado a las emisiones de vuelos intracomunitarios, es decir, vuelos que tienen tanto su origen como su destino en aeródromos ubicados dentro del Espacio Económico Europeo. El volumen subastado de derechos de emisión por España en 2021 fue de 563.500 y los ingresos obtenidos por los mismos fueron de 31 millones de euros. Durante un largo periodo de tiempo, los operadores aéreos disfrutaron de elevadas asignaciones gratuitas de derechos de emisión. En concreto, en el periodo 2021-2023, más del 80 % de los derechos para el sector de la aviación se distribuyeron mediante asignación gratuita. No obstante, la nueva Directiva (UE) 2023/958 establece la eliminación gradual de la asignación gratuita en este sector entre 2024 y 2026.

Con la nueva directiva aprobada en 2023, se amplía el ámbito de aplicación del ETS UE a los sectores marítimo y de transporte por carretera. Dicha directiva amplía el sistema de comercio de emisiones al sector marítimo y crea un nuevo régimen paralelo (ETS 2) para el transporte por carretera. Desde 2024, los buques de más de 5.000 toneladas que operen en el Espacio Económico Europeo deberán adquirir derechos de emisión sin asignación gratuita, cubriendo progresivamente sus emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O hasta 2026. El transporte por carretera se incorporará en 2027 mediante el ETS 2 EU, regulando a los proveedores de combustible en lugar de a los consumidores, también sin asignación gratuita. Para mitigar el impacto económico, se establece un Fondo Social para el Clima y un mecanismo de control de precios que podría incluir un límite máximo en las subastas.

Finalmente, hay que tener en cuenta que los ingresos por subasta de derechos de CO₂ no se dedican necesariamente a financiar las infraestructuras de transportes, sino que, de acuerdo con lo que establece la Unión Europea, al menos el 50 % de los ingresos debe destinarse a acciones climáticas o energéticas (o su equivalente en gasto público con impacto climático), aunque en la práctica, muchos Estados miembros dedican casi el 100 % a este fin.

4.1.3. Internalización de las externalidades y distorsión de la competencia entre modos de transporte

Desde un punto de vista de eficiencia económica, cada modo de transporte debería internalizar las externalidades negativas que produce. Este cálculo resulta complejo por muchas razones. Primero, porque los ingresos de cada modo provienen de fuentes distintas. Segundo, porque los modos urbanos de viajeros reciben importantes subvenciones por motivos sociales, y por las externalidades positivas que generan, que raramente se cuantifican. Y tercero, porque la evaluación de las externalidades es compleja y los estudios que se llevan a cabo muestran importantes diferencias entre ellos mismos a lo largo del tiempo.

Los últimos trabajos llevados a cabo al respecto son los de Vassallo *et al.* (2017) para Fedea y Vassallo *et al.* (2023) para la Fundación Corell. Dichos trabajos comparan lo que contribuye cada modo de transporte en España en concepto de: (i) pago por uso de infraestructuras (peajes y cánones); (ii) tasas ambientales (derechos de emisión de CO₂, etc.), y (iii) impuestos especiales discriminatorios con otros modos (impuesto especial de hidrocarburos, impuestos a la electricidad, etc.) menos las subvenciones que cada modo recibe a la operación (obligaciones de servicio público, etc.) frente a los costes externos generados por cada uno calculados de acuerdo a la metodología de la Unión Europea en cada momento. El resultado es que ningún modo de transporte en España internaliza totalmente las externalidades que produce, lo que se debe en gran medida al crecimiento que la valoración económica de estas externalidades ha tenido a lo largo de los años.

4.2. Mecanismos para financiar la inversión (*financing*)

En el apartado anterior se ha hecho referencia a quién paga finalmente las infraestructuras de transporte. No obstante, con independencia de que las paguen usuarios, contribuyentes o beneficiarios, es necesario contar con los recursos necesarios para acometer las fuertes inversiones que se necesitan para su construcción, expansión o mejora. Dentro de dichos recursos hay que diferenciar aportaciones a fondo perdido —mayoritariamente subvenciones, aunque podrían ser también donaciones o *crowdfunding*— de inversiones financieras que esperan obtener una cierta rentabilidad o remuneración. Dentro de estas últimas se encuentra la financiación que proviene de inversores privados.

Los mecanismos para canalizar la inversión en infraestructuras públicas de transporte se pueden dividir en tres modelos: (i) financiación directa de las administraciones públicas; (ii) financiación por parte de entidades públicas de distinta naturaleza, y (iii) financiación por parte de concesionarios mediante modelos de colaboración público-privada.

La financiación directa de las administraciones públicas se puede dividir a su vez en financiación a fondo perdido, que se canaliza fundamentalmente a través del capítulo 6 de los presupuestos de las administraciones públicas, y financiación que no es a fondo perdido (inversiones financieras de la administración), que se canaliza a través del capítulo 8 de los presupuestos públicos. Como se recalcará más adelante, las administraciones públicas pueden proporcionar también financiación a empresas públicas o proyectos de participación público-privada a través de los capítulos 2, 7 y 8 de los presupuestos.

La financiación por parte de entes públicos de distinta naturaleza, como es el caso de organismos públicos (autoridades portuarias), entidades públicas empresariales (ADIF y ADIF Alta Velocidad) o empresas públicas mercantiles (Aena), es muy común en España. Consiste en crear una entidad de capital público o público-privado para que canalice la inversión, mantenimiento y gestión de una red de infraestructuras o una infraestructura puntual. Ejemplos de este modelo lo constituyen empresas como ADIF, Adif Alta Velocidad, autoridades portuarias, Renfe o Metro de Madrid.

Dichas entidades pueden obtener financiación a través de diferentes canales. Las administraciones públicas financian su contribución en el capital de dichas entidades a través de aportaciones del capítulo 8 de los presupuestos “Activos financieros”. Dichas aportaciones no se conceden a fondo perdido, ya que de ellas se espera un cierto retorno. Su aportación no computa, por tanto, a déficit público en contabilidad nacional, aunque si consolida con la deuda pública nacional.

Las administraciones públicas pueden proveer a dichas empresas financiación a fondo perdido, mayoritariamente a través de los capítulos 4 y 7. El capítulo 7, transferencias de capital, es el más habitual para canalizar fondos para llevar a cabo inversiones. A diferencia del capítulo 8, esta financiación consolida el déficit público de la contabilidad nacional.

Estas entidades públicas pueden recibir también financiación de empresas privadas que buscan un retorno en su inversión, tanto participando en el capital de la empresa pública, siempre de manera no mayoritaria, como a través de préstamos a dicha entidad. Dichas empresas pueden endeudarse también con la banca pública o multilateral (ICO y BEI, por ejemplo) o la banca privada.

En el último balance de Aena disponible correspondiente al cierre del ejercicio al 31 de diciembre de 2024, la deuda a largo plazo (incluida principalmente en los pasivos no corrientes, como empréstitos y obligaciones a largo plazo) representaba aproximadamente 7.200 millones de euros, lo que equivale al 73 % del pasivo total de la empresa.

Finalmente, el tercer modelo para canalizar la inversión es a través de la colaboración público-privada, que se materializa habitualmente a través de la concesión de obra pública o concesión de dominio público, que se describirán en mayor detalle en el apartado 4.4. Las sociedades que surgen de dichos contratos o concesiones se financian mediante capital aportado mayormente por inversores privados y deuda que puede provenir de la banca pública o privada o de emisiones de títulos en los mercados de capitales.

En cuanto a los financiadores de proyectos de colaboración público-privada en España, cabe acentuar dos tendencias. La primera es el incremento de los fondos de infraestructuras en el capital de las sociedades concesionarias en detrimento de socios industriales como empresas constructoras. La segunda es el papel más relevante adquirido en los últimos años por inversores institucionales en la financiación.

4.3. Los fondos europeos

Los fondos europeos han jugado un papel fundamental en la financiación de infraestructuras de transporte en España desde que nuestro país se incorporó a la Unión Europea (UE). Esta financiación se canaliza principalmente a aquellos proyectos que se incluyen dentro de las prioridades de la UE, especialmente dentro de la *Core Network* o Red Principal de las Redes Transeuropeas de Transporte.

La financiación europea se divide en aportaciones a fondo perdido que habitualmente se integran en los presupuestos de las administraciones públicas; e instrumentos de capital, préstamos y garantías que facilitan instituciones de la Unión Europea como el Banco Europeo de Inversiones.

La financiación a fondo perdido ha provenido principalmente de los fondos de Cohesión y del FEDER, aunque dichas aportaciones se han visto mermadas a lo largo de los años debido a que, por una parte, España perdió hace ya años la elegibilidad para recibir fondos de cohesión; y, por otra, muchas comunidades autónomas, al elevar su renta per cápita frente a otras regiones europeas, han visto reducir las asignaciones procedentes del FEDER.

La Unión Europea ofrece también ayudas a fondo perdido a través de la política de competitividad mediante el instrumento que se conoce como *Connecting Europe Facility* (CEF). Dicho instrumento busca impulsar la conectividad y la integración entre los Estados miembros, contribuyendo al crecimiento económico, la cohesión territorial y la transición ecológica y digital de la UE. En el ámbito del transporte, CEF financia infraestructuras (carreteras, ferrocarriles, puertos, aeropuertos, etc.) para una red de transporte europea moderna, segura y sostenible. En el año 2024, España recibió 42,1 millones de euros del programa CEF para acciones de resiliencia climática en carreteras, aplicaciones de movilidad inteligente e interoperabilidad y participación en iniciativas europeas de gestión de tráfico aéreo (SESAR).

Las aportaciones a través de préstamos se canalizan fundamentalmente a través del Banco Europeo de Inversiones, institución europea creada en el Tratado de Roma de 1958 cuyo objetivo es financiar proyectos que ayuden a la cohesión de los Estados miembros y la reducción de la desigualdad de oportunidades. El Banco Europeo de Inversiones solo financia aquellos proyectos que cumplan con criterios de viabilidad económica y contribución a la sostenibilidad. En 2024, del volumen total de 10.948,7 millones de euros en préstamos firmados por el Banco Europeo de Inversiones (BEI) a España, una parte significativa se destinó a infraestructuras de transporte, con un enfoque prioritario en el ferrocarril y el transporte urbano sostenible. Las aportaciones a inversiones en transporte en España (incluyendo infraestructura y material móvil) han oscilado entre 1.500 y 3.000 millones de euros al año (Garrido *et al.*, 2017).

Aparte de los préstamos del BEI, la Unión Europea está promoviendo instrumentos sofisticados de garantías y aportación de deuda subordinada para mejorar el apetito de inversores financieros a la financiación de proyectos de participación público-privada. Dichos instrumentos se recogen dentro del programa InvestEU. Este programa no solo inyecta fondos directos, sino que multiplica el impacto de la financiación pública al desbloquear inversiones privadas, contribuyendo a cerrar la brecha de infraestructuras. En el período presupuestario 2021-2027, InvestEU reservó aportaciones de 9.900 millones de euros para garantías, que se espera movilicen 140.000 millones de euros en capital privado para inversión mediante instrumento de mitigación de riesgos que favorezcan la atracción del capital privado, especialmente el proveniente de inversores institucionales como fondos de pensiones y compañías de seguros.

A pesar de la financiación europea, los Estados miembros no han sido capaces de avanzar con el ritmo necesario en el desarrollo de las Redes Transeuropeas de Transporte (TEN-T), especialmente en lo que se refiere a las conexiones transfronterizas. Esto se ha debido a varios motivos, entre los que cabe señalar los vaivenes en la planificación de corredores prioritarios (por ejemplo, el túnel de baja cota de mercancías a través de Pirineos fue eliminado de la Red Prioritaria); y el desigual interés de los Estados miembros en conectarse unos con otros. De hecho, el interés de España por conectarse con Francia es muy superior al interés de Francia por conectarse con España.

En el momento en el que se redacta este capítulo, los corredores TEN-T que más afectan a España son el corredor mediterráneo (eje este-oeste por la costa mediterránea) y el corredor atlántico (eje noroeste-suroeste hacia Portugal y Francia). Ambos están en fase intensa de obras para eliminar cuellos de botella, aumentar capacidad ferroviaria y mejorar interoperabilidad.

A pesar de que los corredores antes mencionados incluyen la mejora de las conexiones entre España, Francia y Portugal, la realidad es que la permeabilidad e interoperabilidad de las infraestructuras entre ambos países todavía era deficiente cuando se escribió este capítulo. A pesar del volumen de tráfico de vehículos pesados y ligeros por carretera entre España y Francia, desde hace años solo se cuenta con dos pasos de alta capacidad cada vez más congestionados, el de Irún y el de la Junquera, debido a la negativa de Francia de promover un tercer corredor de alta capacidad en Somport. En el ámbito ferroviario, a pesar de la construcción de la línea Figueras-Perpiñán, las conexiones hispanofrancesas son todavía complejas debido a problemas de infraestructura, conexiones, ancho de vía e interoperabilidad. Algo parecido se puede decir de las conexiones ferroviarias de España con Portugal. El desarrollo de la infraestructura es todavía lento, especialmente en lo que se refiere al lado de España. En octubre de 2025, la Comisión adoptó un plan para completar la conexión de alta velocidad entre Madrid y Lisboa para 2030-2034.

4.4. La participación privada

España ha sido uno de los países líderes en el desarrollo de modelos de participación público-privada en el ámbito de las infraestructuras de transporte. La colaboración público-privada en España se ha canalizado a través de diferentes modelos jurídicos como el contrato de concesión de obra pública, especialmente utilizado en el ámbito de las carreteras y ferrocarriles; el contrato de concesión de servicio público; y las concesiones de dominio público, empleadas fundamentalmente por las autoridades portuarias. A diferencia de la concesión de obra pública, la concesión de dominio público es una autorización para ocupar y usar bienes de dominio público —que son inalienables y no se pueden vender—, otorgada a una persona o empresa para un uso privativo o especial. No implica necesariamente construir ni gestionar una obra pública, sino usar un bien público durante un tiempo. La colaboración público-privada en infraestructuras aeroportuarias en España es casi inexistente en la actualidad debido a que la mayoría de los aeropuertos son gestionados por Aena, y a que experiencias previas de gestión público-privada, como las de los aeropuertos de Castellón y Murcia, no resultaron satisfactorias.

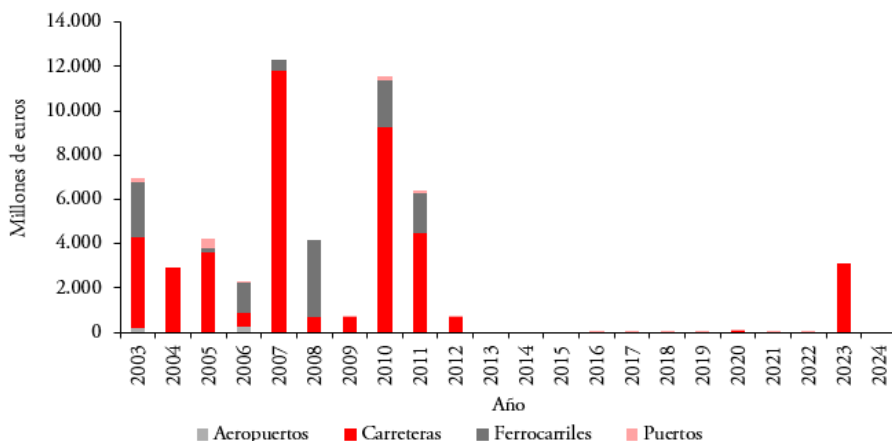
Al margen del ámbito portuario, en el que la concesión demanial es un modelo completamente consolidado, la colaboración público-privada en España ha venido experimentando un declive muy importante tras el estallido de la crisis económica mundial derivada del alto riesgo asumido por el sector financiero en créditos hipotecarios.

La **figura 9** muestra los datos de licitación de concesiones extraídos de datos estadísticos que todos los años compila SEOPAN²¹. Allí se observa cómo desde el año 2012 ha habido una reducción sustancial en la licitación en comparación con los años anteriores. Las causas del declive se pueden resumir en razones legislativas, razones de gobernanza, requisitos de la contabilidad nacional, falta de credibilidad social derivada de malas experiencias y empeoramiento de las condiciones financieras. En adelante se describen con más detalle cada una de las razones mencionadas.

Figura 9.

Evolución de la licitación de concesiones de obra pública en España en infraestructuras de transporte

Millones de euros IVA incluido



Fuente: Elaboración propia con datos del SEOPAN.

En los últimos años, se han aprobado un conjunto de normas, algunas impuestas por la transposición de directivas comunitarias, que han afectado de manera muy negativa a la viabilidad de los proyectos de colaboración público-privada en España. La legislación al tiempo de publicar este libro estaba compuesta por la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público (LCSP), que transpuso la Directiva 2014/23/UE relativa a contratos de concesión y la Directiva 2014/24/UE sobre contratación pública; algunos artículos de la Ley 8/1972, de 10 de mayo, de Autopistas de Peaje; y la Ley 2/2015, de 30 de marzo, sobre Desindexación de la Economía Española, junto al Real Decreto 55/2017 de 3 de febrero que la desarrolla.

Uno de los aspectos más controvertidos es el del plazo de duración de los contratos fijado en el artículo 29 de la LCSP. El artículo 10 del Real Decreto 55/2017 de Desindexación de la economía española establece que la duración máxima de los contratos será el número de

²¹ Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras.

años que resulte del descuento de los flujos de caja del proyecto igual a cero adoptando como tasa de descuento la deuda del Estado más 200 puntos básicos. Este valor, que puede tener sentido en mercados regulados en los que los riesgos están mucho más acotados, se encuentra muy por debajo del coste medio ponderado de capital exigido por los inversores financieros en concesiones, en los que el sector privado debe asumir el riesgo de construcción y de demanda. Esta situación ha llevado a que en la práctica resulte muy difícil promover contratos a licitación que sean atractivos para el sector privado.

Otro aspecto controvertido de la Ley de Desindexación ha sido la desvinculación directa de los precios cobrados por los concesionarios al IPC. A este respecto se establece que no puede haber una fórmula de tarifas automática como había hasta entonces. Solamente se pueden revisar periódicamente algunas partidas como mantenimiento o mano de obra. En ningún caso se puede revisar amortización, costes financieros, gastos generales y beneficio industrial.

En cuanto a las razones de gobernanza, cabe destacar que, a diferencia de la mayor parte de los países del mundo, ninguno de los gobiernos de España, tanto a nivel nacional como autonómico y local, cuenta con una unidad pública para la promoción y gestión de los proyectos de colaboración público-privada (CPP). En la práctica, estas iniciativas se coordinan y gestionan por las mismas unidades administrativas sectoriales del gobierno que gestionan proyectos financiados mediante el modelo convencional. La realidad es que los funcionarios públicos suelen ser reacios a promover los CPP, ya que sienten que con ese modelo pierden capacidad de decisión y posibilidades de actuar en favor del interés público. Esta situación conduce a que falten los incentivos dentro de las administraciones públicas a promover el modelo de CPP, lo que en la práctica está llevando a su casi desaparición en España.

La falta de credibilidad de las CPP ha procedido de malas experiencias derivadas de un mal diseño de algunos contratos de concesión, unido a circunstancias económicas adversas que requirieron su rescate por parte de las administraciones públicas. El caso más claro es el de la quiebra de un buen número de sociedades concesionarias de autopistas de peaje en España debido a la sobreestimación de la demanda acentuada por la caída de tráfico motivada por la crisis económica mundial que se inició en el año 2008 y se extendió durante varios años más. Dicha quiebra fue utilizada por algunos grupos políticos e ideológicos, con argumentos en algunos casos poco objetivos, para generar una oposición social a este tipo de contratos que se mantiene en nuestro país hasta la actualidad.

Finalmente, tras la crisis económica de finales de la primera década de este siglo, se estableció una regulación financiera más estricta que afectó especialmente a las entidades de crédito, cuyo papel en la financiación de proyectos hasta la fecha había sido crucial. La nueva regulación de Basilea III establecía requisitos de capital mucho más exigentes a las entidades de crédito en función del riesgo de sus activos. Esto implicó un encarecimiento de los préstamos para financiar proyectos en el largo plazo, lo que supuso una traba más al modelo de colaboración público-privada.

La principal novedad institucional de los últimos años en España ha sido la creación de la Oficina Nacional de Evaluación (ONE), regulada por la Orden HFP/1381/2021. Su función principal es: (i) analizar la sostenibilidad financiera de los contratos de concesión de obras y contratos de concesión de servicios; (ii) emitir informes preceptivos sobre estos contratos, incluyendo la viabilidad económica, rentabilidad del proyecto, ayudas otorgadas, flujos de caja esperados y tasa de descuento, y (iii) informar sobre los acuerdos de restablecimiento del equilibrio económico en dichos contratos. Dicha entidad actúa como una unidad supervisora y garante de la legislación, pero no como una unidad que promueva y potencie estos proyectos.

Para finalizar este apartado, es conveniente remarcar que España en la actualidad se encuentra en una situación opuesta a la de muchos países del mundo en cuanto al uso de modelos de CPP. Mientras que la mayoría de los países han adoptado este modelo como un instrumento clave para la promoción de infraestructuras de transporte, desarrollando entidades públicas especializadas en su gestión y guías públicas para su evaluación, España lo está abandonando poco a poco. Esta situación contrasta con el prestigio internacional y la experiencia de los promotores y financiadores españoles en el resto del mundo, lo que, visto desde fuera de España, resulta en el mejor de los casos difícil de entender.

4.5. Mecanismos de financiación de infraestructuras en España

En este apartado se estructura un resumen de los mecanismos de financiación de infraestructuras de transporte de interés general en España, de acuerdo con las diferentes fuentes de procedencia de recursos, las fuentes de inversión y la naturaleza jurídica de las entidades inversoras. La **figura 10** resume los modelos más utilizados.

Figura 10.

Clasificación de los modelos de financiación de infraestructuras en España

FINANCIACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS EN ESPAÑA			FUENTES DE RECURSOS		
ENTIDAD INVERSORA	FUENTES DE INVERSIÓN		Contribuyentes	Contribuyentes / Usuarios / Beneficiarios	Usuarios / Beneficiarios
Entidad pública Entidad privada Administración pública Entidad pública empresarial Sociedad mercantil estatal Colaboración público-privada	Gastos y transferencias corrientes: Capítulos 2 y 4		Conservación integral		
	Inversiones y transferencias de capital: Capítulos 5 y 7		Construcción de Obra		
	Capital o deuda pública: Capítulo 8			ADIF y ADIF AV	Autoridades Portuarias
	Deuda privada o pública		Peaje sombra y pago por disponibilidad		Concesiones con pago de
	Capital privado				AENA

Fuente: Elaboración propia.

El primero de los modelos es el de *financiación presupuestaria de la inversión a fondo perdido con cargo a los contribuyentes*, que es el empleado habitualmente para la financiación de la construcción y mantenimiento de las carreteras convencionales. En este caso, las entidades inversoras son las administraciones públicas, proviniendo los fondos de los contribuyentes a través de los impuestos que se canalizan en los presupuestos públicos.

El segundo modelo es el de *organismo o entidad pública empresarial*, como ocurre con ADIF, ADIF Alta Velocidad o las autoridades portuarias. Estas entidades se rigen por el derecho público, aunque su personal puede estar sometido al derecho laboral común y no necesariamente al estatutario. Se financian a través de una combinación de capital público (procedente del capítulo 8 de los presupuestos), deuda en los mercados y subvenciones públicas en mayor o menor medida. En el caso de ADIF y ADIF Alta Velocidad, las subvenciones públicas alcanzan volúmenes importantes. En las autoridades portuarias, las subvenciones son minoritarias, procediendo la financiación mayormente de los usuarios de los puertos a través de las correspondientes tasas. ADIF consolida su déficit y su deuda en la contabilidad nacional debido a que sus ingresos no cubren el 50 % de sus costes. Adif Alta velocidad, sin embargo, no consolida debido a que está clasificada como una sociedad no financiera pública al cubrir con sus ingresos el 50 % de sus costes. Lo mismo ocurre con las autoridades portuarias y Puertos del Estado.

El tercer modelo es el de *sociedad estatal mercantil*, que se diferencia de las entidades públicas empresariales en que se rigen por el derecho mercantil. Este es el caso de Aena, que no recibe subvenciones públicas y financia sus inversiones como cualquier empresa mercantil, aunque la mayoría de su capital, un 51 %, está controlado por el Estado. El restante 49 % proviene de inversores privados. La evolución de Aena desde su salida a bolsa en el año 2015 ha sido muy positiva, experimentando un importante crecimiento en el valor de sus acciones derivado de la mejora experimentada en su gestión. No obstante, cabe señalar que el sistema de caja única esconde subvenciones cruzadas entre aeropuertos, de manera que mientras en determinados aeropuertos el precio supera el coste marginal a largo plazo, en otros se sitúa por debajo. La falta de datos contables por aeropuertos no permite conocer la magnitud de dichas subvenciones cruzadas.

El cuarto y quinto modelo se basan en la *colaboración público-privada*, a través de la cual inversores privados pueden acudir a una licitación para la construcción o mejora de una infraestructura o prestación de un servicio mediante diferentes modalidades contractuales como el contrato de concesión de obra pública (cuando la parte de inversión inicial es muy importante), la concesión de servicio público (cuando el mantenimiento o explotación priman frente a la inversión) y la concesión de dominio público, empleada por las autoridades portuarias para canalizar inversiones en el dominio público portuario.

El cuarto modelo es el de la *concesión con pago de los usuarios*. Mediante este modelo, los costes de inversión, mantenimiento y operación se repercuten a los usuarios total o parcialmente a través de peajes o tarifas, como ocurre con las autopistas de peaje. El modelo de concesión de autopista de peaje en España permitió que nuestro país fuera capaz de desarrollar en

los años 60 y 70 una red de autopistas de altas prestaciones mediante financiación privada en un momento en el que los presupuestos no se lo podían permitir. Fue el primer modelo de financiación de autopistas puramente privado del mundo, ya que otros países que desarrollaron autopistas de peaje con anterioridad, como Francia e Italia, se apoyaron inicialmente en empresas con una importante participación pública. El modelo de concesión de autopistas de peaje en España sirvió para que empresas constructoras españolas adquirieran un conocimiento en temas financieros y de gestión que exportaron al resto del mundo. De hecho, varias empresas españolas son líderes mundiales en la promoción de infraestructuras de transporte mediante concesión.

No obstante, en el momento en el que se redacta este capítulo, el modelo de concesión de infraestructuras de transporte se encuentra en crisis en España. La decisión del gobierno en los años ochenta de prescindir de este modelo y desarrollar una red de alta capacidad libre mediante el desdoblamiento de carreteras convencionales, que se conoció como red de autovías, dio lugar a un modelo dual en el país que generó tensiones entre aquellas regiones que disponían mayormente de autopistas de pago y aquellas otras que disfrutaban de autovías libres. Los diferentes gobiernos no fueron capaces de gestionar esas tensiones, que se acabaron convirtiendo en un arma fácil contra el contrincante político, lo que derivó en decisiones encadenadas de gobiernos de diferente color de no continuar con el modelo una vez cumplidos los plazos estipulados en los contratos. Las consecuencias de esta medida se describen con más detalle en el apartado 4.6.

El quinto modelo es el de la *concesión gratuita para el usuario* debido a que el peaje es pagado a lo largo de la vida de la concesión por los presupuestos públicos. Este es el caso de los modelos de peaje sombra y pago por disponibilidad, empleados por muchas administraciones públicas españolas para construir y mejorar tramos de sus redes de carreteras, y también para otros fines, como por ejemplo la construcción y mantenimiento de hospitales públicos.

El modelo de concesión gratuito para los usuarios (mediante peaje sombra y pago por disponibilidad) se hizo muy popular en España en la primera década de este siglo debido a que, al ser gratuito, no genera oposición ciudadana; y, al evitar la consolidación inicial en déficit y deuda pública, resulta más factible desde una perspectiva de control presupuestario. En el año 2011 se contabilizaban en España treinta concesiones de carreteras bajo esta modalidad que totalizaban 3.545 kilómetros promovidos mayormente por las comunidades autónomas. A ellos habría que añadir 993 kilómetros más de autovías de primera generación del Estado que fueron mejoradas y mantenidas utilizando este modelo que, a pesar de su éxito, el gobierno ha decidido no continuar.

El principal problema que ha producido el modelo de peaje sombra y pago por disponibilidad es que, al comprometer los presupuestos futuros, limita la posibilidad de invertir de futuros gobiernos. Una manera de solucionar este problema, no aplicada hasta la fecha, sería establecer un tope máximo de compromiso futuro en función de la capacidad presupuestaria de la administración que promueve el contrato bajo esta modalidad.

4.6. La supresión de los peajes en España y sus implicaciones

Tal y como se avanzó en el anterior apartado, en los últimos años han revertido a las administraciones públicas, especialmente el MITMS, más de 1.000 kilómetros de autopistas de peaje. En el momento en el que se redacta este capítulo quedaban en operación 2.226 kilómetros. De ellos, 710 km eran gestionados por la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (SEITT), una sociedad estatal del MITMS, que gestiona las concesiones que revertieron al Estado tras su quiebra. De las concesiones privadas, 498 km pertenecen a las redes de las comunidades autónomas, y 1.018 a la red del Estado. En 2025, la red de peaje suponía solo un 10 % del total de la red de alta capacidad, por lo que España, a diferencia de la mayoría de los países de Europa, está evolucionando hacia una red sin peaje. Esta situación implica mayores costes de mantenimiento y explotación para las administraciones públicas titulares de las infraestructuras que, por falta de presupuesto, no están pudiendo atender correctamente, lo que está generando un empeoramiento del estado de las carreteras y una pérdida de la calidad de servicio.

La eliminación del peaje ha provocado un notable aumento del tráfico en estas autopistas, especialmente en el caso de los vehículos pesados. Los datos disponibles indican que, tras la supresión del peaje, el volumen de vehículos ligeros se ha incrementado entre un 25 % y un 40 %, mientras que el tráfico de vehículos pesados ha crecido más de un 50 %, llegando incluso a duplicarse en determinados tramos. En algunos sectores de la red, los vehículos pesados representan ya cerca del 40 % del tráfico total.

Como consecuencia del incremento del flujo de vehículos, los episodios de congestión y los accidentes son cada vez más frecuentes en estas vías. Una parte de este aumento de tráfico se explica por nuevos viajes, cambios de modo de transporte o viajes más largos. Sin embargo, al menos en el corto plazo, la mayor parte del aumento corresponde a viajes provenientes de carreteras libres de peaje. En el caso de los vehículos pesados, y dado que en España la carretera supone más del 90 % del tráfico interior terrestre, cabe pensar que el incremento de vehículos pesados en las autopistas corresponde de manera muy mayoritaria a tráfico desviado de las carreteras alternativas.

No obstante, la cuantificación de las consecuencias de la eliminación del peaje debe contemplar lo que ocurre en el corredor completo, incluyendo tanto la autopista como la carretera alternativa. Aunque los datos existentes muestran un cierto incremento de la accidentalidad en las vías que han liberado el peaje, hasta el momento, no hay ningún estudio que cuantifique la reasignación de tráfico entre corredores y sus consecuencias sobre la congestión y accidentes. De acuerdo con lo que se ha apuntado en el apartado 2.3.2, una reasignación del tráfico desde carreteras convencionales a las autopistas debería conducir a una reducción del número total de accidentes en el corredor. El estudio ya citado de Matas *et al.* (2025) halla que el coste marginal externo de un accidente de un coche es próximo a cero, mientras que el coste marginal externo de un camión es positivo y de una magnitud sustancial. Estos resultados se mantienen tanto para la carretera convencional como para las autopistas y deberían ser tenidos en cuenta en las decisiones de tarificación. En este sentido, y para evitar una desviación

no deseada de tráfico, el pago por uso debería aplicarse tanto a las vías de alta capacidad como a las alternativas.

Además, la supresión del peaje ha eliminado la función señalizadora del precio en las decisiones de transporte de los usuarios. La eliminación de los peajes de acceso al área metropolitana de Barcelona ha contribuido, en el corto plazo, al aumento de congestión en las horas punta, mientras que en el largo plazo podría modificar las decisiones sobre la residencia de los individuos.

La Unión Europea ha ido legislando en los últimos años los principios generales a aplicar por los Estados miembros para el establecimiento del pago por uso en las carreteras. El marco legislativo de referencia se basa en la directiva Euroviñeta (1999/62/CE), modificada posteriormente por la Directiva 38/2006/CE, por la Directiva 2011/76/UE y, más recientemente, por la Directiva 2022/362/EU. Dicha norma regula el modo de fijar los peajes en la Unión Europea a los vehículos pesados y, su última modificación, a todos los vehículos. Los peajes se basan en dos componentes: (i) una tasa por uso de infraestructura que no puede exceder el valor de los costes imputables a la red a la que se aplica, y una (ii) tasa por costes externos que depende del nivel de afección de los vehículos al medioambiente.

La Ley 37/2015 y el Real Decreto 205/2025 incorporan al ordenamiento jurídico español diversos aspectos de la Directiva Euroviñeta, especialmente en lo relativo a: la posibilidad de imponer tasas o peajes por el uso de determinadas infraestructuras, los principios de no discriminación, transparencia y proporcionalidad en el cálculo de dichas tasas, y los criterios medioambientales y de costes externos introducidos por la directiva. Dicha ley habilita al gobierno para desarrollar reglamentariamente la aplicación de estos peajes, conforme al marco europeo.

En el año 2021, el gobierno de España se comprometió con la Comisión Europea a aplicar el peaje en las vías de alta capacidad del entonces Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, como contraprestación fiscal a la recepción de las ayudas del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado con fondos europeos *Next Generation EU*, tras la crisis de la COVID-19. De hecho, el Ministerio tenía en marcha varios estudios para materializar su implantación.

No obstante, todo este plan saltó por los aires cuando en las elecciones generales de 2023, la oposición usó los peajes por como arma arrojadiza política, lo que desembocó en que el gobierno decidiera negociar con la Unión Europea la eliminación de dicho compromiso a cambio de reemplazarlo por otras medidas diferentes. La Unión Europea aceptó la propuesta de España, quedando desde entonces la aplicación del peaje en suspenso.

4.7. La financiación del transporte público urbano y metropolitano

Como se describió en la sección segunda, el transporte urbano y metropolitano tiene un carácter especial debido a que recibe importantes subvenciones públicas. La justificación de dichas subvenciones es su carácter social, el intenso uso que de él hacen los habitantes de

las ciudades y la reducción de las externalidades negativas que genera al reducir el uso del vehículo privado y, en consecuencia, la congestión, contaminación y emisiones de GEI.

El metro es el modo urbano que mayores inversiones en infraestructura requiere; en el año 2022, las ciudades de Madrid y Barcelona invirtieron 608 millones en metro, 74,86 millones en nueva infraestructura, 391,54 millones en mejora y modernización y 17,2 millones en material rodante.

El **cuadro 10** muestra que un porcentaje muy elevado de las subvenciones al ferrocarril y la carretera se concentra en el transporte urbano y metropolitano. En los últimos años, estas subvenciones han ido creciendo debido a la generalización de tarifas integradas para promover el uso del transporte público entre usuarios frecuentes, y al hecho de que, por decisiones políticas, en algunas ciudades, como Madrid, las tarifas llevan tiempo sin actualizarse, ni siquiera al IPC. Además, tras la COVID-19 y la crisis energética provocada por la guerra de Ucrania, se han adoptado medidas para bonificar aún más las tarifas del transporte público urbano, lo que, por un lado, ha contribuido a elevar la demanda que se perdió tras la COVID-19, pero a su vez está implicando que las ratios de cobertura (porcentaje de los ingresos que proviene de los usuarios frente a los costes de operación) del transporte público en España estén alcanzando los niveles más bajos de la historia.

Cuadro 10.

Subvenciones a la operación y a los usuarios del transporte de viajeros por ferrocarril y carreteras de España en 2021

Millones de euros	Carretera	Ferrovionario
Transporte urbano	1.006,10	1.149,01
Transporte metropolitano	658,50	921,30
Transporte interurbano	155,00*	572,50
Total	1.819,60	2.642,81

Nota: * Dato de 2019 del *Informe Análisis del sistema de financiación del transporte público terrestre en España*.

Fuente: Vassallo *et al.* (2023).

El **cuadro 11** muestra que en el año 2022, cuando todavía no se habían aplicado las actuales bonificaciones al transporte público, las subvenciones a la operación del transporte urbano (sin incluir inversiones) en la ciudad de Madrid se situaban en el entorno del 70 %. Esto quiere decir que los usuarios pagaban ese año únicamente un 30 % de los costes de operación, sin contar inversiones como la construcción y mantenimiento de calles o líneas de metro, que no aparecen en el **cuadro 11**. La situación en otras ciudades de España no es muy distinta, aunque en general, en la medida en que las ciudades son más pequeñas, sus ratios de cobertura tienden a crecer. La ratio de cobertura media de las trece ciudades que integran el Observatorio de la Movilidad Metropolitana era de hecho algo más de un 40 % en el año 2022.

Cuadro 11.
Ingresos, costes operativos y subvenciones de los sistemas de transporte público en la ciudad de Madrid en 2022
Millones de euros

<i>Modo de transporte</i>	<i>Ingresos tarifarios (millones de euros)</i>	<i>Subvención (millones de euros)</i>	<i>Total ingresos (millones de euros)</i>	<i>Costes operación (millones de euros)</i>	<i>Ratio de cobertura (porcentaje)</i>	<i>Porcentaje subvención sobre costes operación</i>
Autobús urbano	192,3	442,4	634,7	634,7	30,30	69,70
Otros autobuses urbanos	151,4	495	646,4	646,4	23,42	76,58
Autobús metropolitano						
Metro	307,6	699,3	1.006,9	1.006,9	30,55	69,45
Metro ligero	5,7	118,6	124,3	124,3	4,59	95,41

Fuente: OMM (2024).

La Ley de Movilidad Sostenible aprobada en el Congreso en noviembre de 2025 introduce importantes novedades en lo que se refiere a la financiación del transporte público colectivo urbano. La ley establece que las subvenciones estatales para la financiación de los costes operativos no podrán superar la cuarta parte de su importe total. En consecuencia, al menos el 75 % de los costes operativos habrán de sufragarse con cargo a las tarifas abonadas por los usuarios, otros ingresos comerciales o aportaciones de otras administraciones. Esto supone un cambio importante frente a la situación actual en la que esa cifra era solo del 30 %. Esto va a implicar que algunas entidades locales tengan que elegir entre subir las tarifas o subvencionarlas directamente con cargo a sus presupuestos.

Además, la ley establece la creación de un Fondo Estatal de Contribución a la Movilidad Sostenible (FECMO) adscrito al Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible para financiar el transporte público colectivo urbano. Dicho fondo otorgará subvenciones a: (i) costes operativos con criterios objetivos que incentiven la eficiencia y proporcionales al volumen de la producción o de demanda; (ii) proyectos de inversión orientados a la mejora de la movilidad urbana en concurrencia competitiva, y (iii) sostenimiento económico de servicios de movilidad que contribuyan a alcanzar objetivos de descarbonización, calidad del aire, protección social o protección a los territorios afectados por el reto demográfico.

5. DESAFÍOS DEL SECTOR FERROVIARIO

El ferrocarril español se encuentra en una encrucijada histórica. A pesar de los avances tecnológicos, la liberalización del mercado y las políticas de fomento de la movilidad sostenible implican desafíos estructurales que condicionan su futuro como modo de transporte líder para garantizar la sostenibilidad. Estos retos no solo derivan de decisiones recientes, sino también de inercias institucionales acumuladas a lo largo de décadas. Esta sección aborda los principales factores que explican la situación actual del ferrocarril en España, así como las vías posibles hacia su revitalización y consolidación.

5.1. El deterioro del servicio y la crisis de confianza ciudadana

En los últimos años, el ferrocarril español ha experimentado un progresivo deterioro en la percepción ciudadana, motivado por problemas de fiabilidad, puntualidad y calidad del servicio. Las averías recurrentes, la falta de material rodante y la insuficiencia de mantenimiento han incidido especialmente en los servicios de Cercanías y Media Distancia, que afectan a un mayor número de ciudadanos. Los servicios de Alta Velocidad también han sufrido un considerable deterioro mediático. La pérdida de confianza, acentuada por los medios de comunicación, se debe en gran medida al desajuste entre las expectativas generadas por el desempeño del ferrocarril años atrás y la experiencia cotidiana del viajero en la actualidad.

La situación actual del ferrocarril ejemplifica las carencias de la política de planificación e inversión que se han descrito en la sección tres. Las causas de fondo del deterioro del sistema ferroviario se hallan en los déficits de planificación y en la asignación desequilibrada de las inversiones. Durante décadas, las políticas públicas han priorizado la expansión de la red de alta velocidad en detrimento de la modernización de las redes convencionales y metropolitanas. Este sesgo inversor ha generado una red desigual, donde conviven infraestructuras de última generación con líneas obsoletas y saturadas.

A ello se suma la falta de coordinación entre administraciones y empresas competentes. La coexistencia de múltiples niveles institucionales —ministerios, Adif, Adif Alta Velocidad, Renfe, operadores privados y comunidades autónomas— ha generado una gobernanza fragmentada, donde las decisiones se solapan o se dilatan por falta de liderazgo, o por centrarse en los intereses particulares de cada uno en lugar de los intereses colectivos. El resultado es una red ferroviaria cuyas obras de mejora interfieren con la operación diaria, generando continuos retrasos que agravan la insatisfacción ciudadana.

Para mejorar la situación actual, la inversión en infraestructura debe dejar de ser errática y basarse en una planificación rigurosa que priorice las necesidades reales del sistema. Para ello es fundamental fijar criterios objetivos que permitan priorizar las inversiones. Además, dicha planificación debe poder revisarse de manera flexible para ajustarse a las necesidades de la demanda y garantizar los recursos para el adecuado mantenimiento y mejora de la red con independencia de los vaivenes presupuestarios.

No obstante, la crisis de confianza no se limita al ámbito técnico. También procede de la falta de comunicación con el viajero, la falta de transparencia en la información y la deficiente respuesta ante incidencias. Para solucionar este problema, se deben establecer protocolos claros para actuar en situaciones complejas, como incidentes o suspensiones de servicio, garantizando una alternativa al cliente. El reto es por tanto también cultural y organizativo. La gestión de las empresas públicas del sector necesita una profunda profesionalización, dando más relevancia a decisiones técnicas y situando a buenos profesionales en puestos clave de decisión.

5.2. La tormenta perfecta: liberalización vs. necesidad de mejora de la red

La liberalización del transporte ferroviario de alta velocidad, puesta en marcha en algunos trayectos en 2021 y que pretende ampliarse a otros corredores, ha transformado significativamente el panorama competitivo. Por un lado, ha multiplicado la oferta, reducido precios y diversificado los servicios, impulsando la demanda y fomentando una imagen moderna del tren como modo sostenible. Sin embargo, el proceso también ha generado importantes problemas en la gestión de la operación y en la viabilidad financiera de las empresas.

La liberalización ha traído consigo ventajas notables, principalmente centradas en el aumento de la oferta y la accesibilidad para los viajeros. La oferta de servicios aumentó del orden del 40 % y el número de viajeros un 49 % entre 2019 y 2024, provocando una bajada de precios del orden del 30 % en algunos casos. También se produjo una diversificación de los servicios ofertados, no solo en tarifas, sino en prestaciones a bordo. Esta situación ha conllevado la subida al tren de muchos viajes que antes se hacían en vehículo privado o en avión, mejorando, por tanto, el desempeño ambiental del transporte²².

Aunque la valoración de la liberalización es positiva en términos generales para el usuario y la sociedad, ha exacerbado problemas operativos y financieros ya existentes en el ferrocarril español. Por una parte, ha acelerado el umbral de saturación de ciertos corredores, creando cuellos de botella y congestión de aforos de viajeros en las estaciones. Esta situación ha contribuido al empeoramiento del servicio, debido a que cualquier incidencia afecta a más trenes y viajeros.

Por otra parte, han surgido dudas sobre la sostenibilidad de las tarifas. Los nuevos operadores, a fin de ganar cuota de mercado, han recurrido a estrategias de precios excesivamente agresivas que ponen en riesgo la sostenibilidad del sistema. Aunque se espera que con el tiempo la competencia se base tanto en precio como en calidad, y los precios se vayan ajustando para hacer la competencia viable, en la actualidad permanece a sospecha de *dumping* tarifario. Aunque el concepto de *dumping* es legalmente complejo, existe la sospecha de que la competencia haya podido ser desleal por el apoyo financiero a los nuevos operadores pro-

²² Para un análisis de los efectos de la liberalización del transporte ferroviario de alta velocidad véase CNMC (2025a) y Santos y García (2025).

veniente de sus grupos matrices europeos, lo que podría considerarse ayuda estatal. La introducción de la competencia ha supuesto pérdidas en todos los operadores en el periodo inicial desde la liberalización, aunque Renfe ha sido la más afectada.

La complejidad regulatoria del canon ferroviario ha evidenciado la necesidad de fortalecer las funciones de supervisión de la CNMC para establecer el marco de una competencia justa y sostenible, y de la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria, para asegurar que la operación se presta con las debidas garantías. En este contexto, Renfe enfrenta el desafío de redefinir su modelo de negocio para garantizar su viabilidad económica sin renunciar a su función de servicio público.

Para asegurar la viabilidad financiera de todos los actores y una competencia leal, el marco financiero y regulatorio debe adaptarse a la realidad de un mercado liberalizado. Para ello, los expertos recomiendan ajustar el canon de acceso a las características de los vehículos que circulan, considerando el peso y el nivel de mantenimiento de las ruedas y los esfuerzos sobre la vía. Si bien la última propuesta de reforma del canon descrita en el apartado 3.4 va en la línea de ajustar la tarifa pagada al coste marginal a largo plazo impuesto por cada tipo de tren, la CNMC sigue recomendando que es necesario aumentar el grado de discriminación de manera que se impute a la tarifa solo aquellos costes que varían en función del tráfico. En este punto, existe un margen para la mejora a partir de la fijación del canon según las toneladas-kilómetro remolcadas y no en función del tipo y composición del tren, así como el paso a coste marginal de partidas todavía valoradas a coste medio. Además, se deben mejorar las capacidades de supervisión y recursos de la CNMC en materia de regulación de precios y detección de posibles ayudas no legales en el origen de la financiación de los operadores a fin de prevenir el *dumping*.

A pesar de las ventajas de la liberalización, el aumento de circulaciones, acompañado del elevado volumen de obras de mejora y mantenimiento en la red, ha saturado ciertos corredores y reducido los márgenes de maniobra para la gestión de incidencias. La confluencia de la liberalización con obras inaplazables de inversión ha provocado un escenario de agotamiento del margen de capacidad, llegando al umbral de la saturación en corredores específicos y la congestión en algunas estaciones. Para revertir este desequilibrio, es crucial adoptar medidas urgentes como: (i) abordar la saturación y congestión en puntos críticos de la red y cuellos de botella en estaciones nodales; (ii) invertir en infraestructuras que garanticen la resiliencia, como puntos de adelantamiento de trenes, cuyo déficit penaliza enormemente al sistema en caso de incidencia; (iii) dotación adecuada de talleres para el mantenimiento de los operadores, y (iv) implementación de tecnologías facilitadoras que permitan incrementar la capacidad en las líneas.

5.3. Mercancías y el reto de la integración logística europea

El transporte ferroviario de mercancías constituye uno de los puntos más débiles del sistema de transporte español. Con una cuota modal cercana al 4 %, muy por debajo de la

media europea, su debilidad responde tanto a factores estructurales —oroografía y densidad de la red de carreteras— como a deficiencias en la planificación y disponibilidad de infraestructura adecuada.

Aunque desde el año 2010 se han planificado inversiones para mejorar el ferrocarril de mercancías, muchas de ellas no han sido ejecutadas, y, si lo han sido, parecen insuficientes. Tampoco la introducción de competencia, con la entrada de operadores alternativos, ha logrado revertir la tendencia decreciente del sector. Los nuevos competidores han aumentado las toneladas-km transportadas hasta alcanzar en el año 2024 una cuota del 58 %. Este aumento, no obstante, ha sido en detrimento de Renfe, dado que las toneladas-km totales han descendido de manera continuada desde el máximo alcanzado en 2015. Todo ello, en un contexto de crecimiento de las toneladas-km transportadas por la carretera.

La reducción de la cuota de mercado muestra que el ferrocarril en España sigue sin ser competitivo frente a la carretera. Las desventajas del ferrocarril son más acusadas en el transporte internacional, donde las barreras en los pasos fronterizos agravan las ineficiencias del sistema ferroviario. Buena parte de las deficiencias del ferrocarril se explican por las limitaciones en las infraestructuras. Entre otros aspectos, destacan la saturación de determinados puntos de la red, la insuficiencia de terminales intermodales, las distorsiones derivadas del uso compartido de las vías con los trenes de viajeros, la falta de conexión con los puertos —principales nodos generadores de carga—, la insuficiencia de vías de apartado para trenes de 740 metros y las dificultades de interoperabilidad derivadas de la coexistencia de redes con ancho de vía distinto. A ello se suman problemas en la gestión y una baja productividad del ferrocarril, que dificulta su capacidad para competir con la carretera, un modo de transporte más flexible y con una elevada capilaridad en el territorio. Además, conviene señalar que, a pesar de la alta fiscalidad específica de la carretera, los camiones no pagan todos los costes de mantenimiento de la infraestructura ni todos los costes externos que generan. La supresión de los peajes ha acentuado además las ventajas de la carretera.

Cabe decir que no existe una preferencia *per se* por la carretera por parte de los cargadores. Cuando el ferrocarril ofrece un servicio competitivo su cuota de mercado aumenta. Un ejemplo, es el corredor desde Barcelona al centro logístico de Zaragoza, con una cuota de mercado del 9 %.

Aunque no parecen existir soluciones a corto y medio plazo para mejorar radicalmente la cuota actual, los expertos proponen un conjunto de medidas estratégicas centradas en la inversión en infraestructura, la interoperabilidad, la digitalización, la planificación y la mejora de la eficiencia operativa para impulsar significativamente el sector.

En cuanto a las inversiones se propone adoptar medidas entre las que destacan las siguientes: (i) finalizar las obras en marcha de la Red Transeuropea de Transporte (TEN-T) equipando los corredores con ERTMS; (ii) incrementar la capacidad de los trenes reforzando las estructuras para conseguir una mayor capacidad de carga por eje (hasta 22,5 toneladas) y aumentar la longitud efectiva de los trenes a 750 metros mediante la prolongación de los apar-

taderos; (iii) mejorar los gálipos y extender la electrificación; (iv) separar tráficos de viajeros y mercancías en zonas de alta demanda, especialmente en el acceso a las ciudades, y (v) especializar ciertos corredores de ancho ibérico que no están saturados para el uso del transporte ferroviario de mercancías.

Además de las inversiones, resulta clave el impulso de la intermodalidad con otros modos de transporte especialmente el marítimo y la carretera. Algunas medidas para mejorarla son: (i) desarrollar las autopistas ferroviarias (*ferroustage*) capaces de transportar camiones o semirremolques; (ii) planificar y promover terminales e instalaciones logísticas en nodos estratégicos, y, (iii) mejorar las conexiones ferroportuarias.

En 2022, el MITMS puso en marcha el Plan “Mercancías 30”, que aborda parcialmente las limitaciones señaladas. El objetivo del plan es incrementar la cuota del ferrocarril hasta un 10 % en el año 2030, con un presupuesto estimado de 8.442 millones de euros. Aún está por ver cuál será su desarrollo y en qué medida dará respuesta a las necesidades planeadas. Al igual que en planes anteriores, el “Mercancías 30” adolece de la falta de una evaluación económica de las inversiones. Además, no parecen existir estudios de mercado que permitan identificar posibles problemas de saturación de la red en caso de que el ferrocarril alcance la cuota del 10 %.

También es crucial mejorar la planificación, gestión, eficiencia en las operaciones y competencia con otros modos. La planificación del ministerio necesita una actualización que sea capaz de dar certezas al tejido empresarial sobre qué actuaciones se llevarán a cabo y en qué plazos, para que las empresas puedan adaptar su plan logístico al modo ferroviario. Además, el administrador de infraestructura debería informar con al menos dos años de antelación sobre los cambios en los surcos derivados de las obras, para que las empresas puedan organizar su negocio adecuadamente. Finalmente, es importante también para el ferrocarril de carga que la regulación penalice los modos competidores por las mayores externalidades que producen.

5.4. La herencia técnica del ancho de vía: símbolo y obstáculo

Uno de los dilemas más difíciles de resolver del ferrocarril español es la coexistencia de dos anchos de vía: el ibérico y el estándar europeo. Esta dualidad, heredada de decisiones históricas, ha generado fronteras técnicas internas que encarecen la operación y dificultan la interoperabilidad. El futuro del ferrocarril español depende en gran medida de la capacidad de superar esta fragmentación tecnológica, que actúa como metáfora de las propias divisiones institucionales del sistema.

La adopción de trenes equipados con sistemas de cambio de ancho (ejes desplazables) para circular sobre vía de ancho estándar y ancho ibérico se considera una medida tecnológica que no soluciona estructuralmente el problema de la interoperabilidad. La experiencia internacional sugiere que debe de considerarse solo como una medida transitoria.

La estrategia futura debe enfocarse en la adopción del ancho estándar en, por una parte, alta velocidad y tramos transfronterizos para mejorar la interoperabilidad con la frontera francesa y reducir los costes de adquisición del material rodante; y, por otra, la Red Básica de mercancías de las Redes Transeuropeas para minimizar los costes de inversión o *leasing* del vagón en recorridos de larga distancia. El Plan de migración debe ejecutarse en un plazo razonable a fin de dar certeza al tejido empresarial. Por su parte, el ancho ibérico debe mantenerse en aquellos tramos que no se conectan con secciones de ancho estándar como redes de cercanías exclusivas con material rodante cautivo y escasa interacción con tráficos externos, y redes de media distancia que no se conectan a tramos de ancho estándar.

En cuanto al tercer hilo o carril, la experiencia en cuanto al descenso de fiabilidad y aumento de tiempos de viaje en el corredor de cercanías Valencia-Castellón sugiere que esta situación no debe generalizarse. Pueden tener sentido únicamente como solución provisional de conexión en ciertos tramos; o bien restringirse a tramos cortos, como accesos ferroviarios, conexiones transfronterizas, o conexiones entre redes existentes de longitud reducida.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis de este capítulo surgen de manera natural importantes reformas que, a juicio de los autores, deberían abordarse en un futuro próximo. En el ámbito de la planificación, los últimos años han venido marcados por una creciente politización en las decisiones, relegando el papel de los técnicos a un segundo lugar. Esta situación, acentuada por la creciente polarización política, ha desembocado en decisiones poco afortunadas en el ámbito de las infraestructuras de transporte entre las que caben destacar: (i) inestabilidad en las inversiones asociadas a ciclos presupuestarios; (ii) toma de decisiones basadas en criterios cortoplacistas o como moneda de cambio política, que poco tienen en cuenta la eficiencia económica y social; (iii) falta de integración entre modos de transporte y de cooperación entre administraciones públicas, especialmente aquellas de diferente color político, y (iv) preferencia por las inversiones más visibles mediáticamente (como la alta velocidad) frente a otras inversiones (mantenimiento de infraestructuras, mercancías, intermodalidad, etc.) menos vistosas pero igual o incluso más eficientes.

Aunque los autores de este capítulo respetan el papel decisor de los estamentos políticos como representantes de la ciudadanía, consideran que las decisiones de inversión deberían recogerse en una planificación marco que abarque todos los modos de transporte, así como los mecanismos necesarios para el cumplimiento de dicho plan. Resulta importante reducir la fuerte dependencia de las inversiones en infraestructura respecto al ciclo económico, con el fin de asegurar el cumplimiento de los programas de inversión a largo plazo. Para ello, los gobiernos deberían poder endeudarse para financiar inversión siempre que, y esto es imprescindible, los proyectos financiados sean rentables en términos sociales. Las nuevas reglas fiscales de la Unión Europea reconocen este problema y la legislación se refuerza para proteger la inversión. Así, el cálculo del gasto neto —variable de supervisión para conseguir la

sostenibilidad de la deuda— excluye los gastos en programas de la UE que tengan una correspondencia plena con fondos comunitarios y de gasto nacional cofinanciados por la UE (Ruíz de Villa Saiz *et al.*, 2024).

La concreción de las actuaciones en planes estratégicos debería superar el enfoque sectorial y tener en cuenta relaciones de complementariedad y sustituibilidad entre modos. Además, es esencial contar con un mecanismo de priorización y periodificación de las inversiones. Todo ello solo será posible si existe un mecanismo de evaluación objetivo y riguroso de los proyectos basado en reglas claras y no discriminatorias. La transparencia en el proceso de evaluación es un factor clave. La evidencia disponible muestra que estos objetivos se alcanzan con mayor facilidad si la evaluación económica de los proyectos se encomienda a un organismo independiente, que, naturalmente, debe estar sometido a un control. Asimismo, resulta recomendable efectuar evaluaciones *ex post* para contrastar los resultados obtenidos con los previstos.

También existe margen de mejora en la regulación de las infraestructuras. Por un lado, una gestión excesivamente centralizada de aeropuertos y puertos limita la autonomía de sus órganos gestores en sus decisiones sobre precios y niveles de calidad en un contexto de creciente competencia internacional. Por el otro, algunas decisiones finales en materia de regulación continúan siendo excesivamente dependientes de los estamentos políticos, lo que genera incertidumbre entre los agentes del mercado y condiciona sus decisiones futuras. Dado el tiempo transcurrido desde la implementación de los distintos esquemas regulatorios, resulta altamente recomendable una evaluación de sus resultados.

En el ámbito de la financiación de infraestructuras, resulta esencial trabajar por un modelo que garantice un marco de financiación más equitativo y transparente, en el que las reglas de internalización de costes externos sean homogéneas y equivalentes entre modos de transporte. Esto implica evolucionar a un modelo de financiación de la carretera en la que los usuarios paguen vía precios —para cubrir los costes e internalizar externalidades— en lugar de a través de una fiscalidad distorsionada como ocurre en la actualidad. Esto tiene aún más sentido cuando se evoluciona hacia un parque de vehículos que cada vez va a depender menos de los combustibles fósiles. En este sentido la aplicación de la Directiva Euroviñeta a las carreteras de nuestro país resulta una tarea pendiente de especial importancia, aunque difícil de implementar políticamente. No obstante, hay que tener en cuenta que la directiva permite flexibilidad para aplicar un sistema de precios que evite dañar a los más vulnerables.

En el ámbito urbano, como muchos otros países desarrollados, España se encuentra en un proceso de reducción de las tarifas del transporte público colectivo, lo que está generando incrementos constantes de las subvenciones que deben aportar las administraciones involucradas. A la hora de aplicar descuentos, se mezclan objetivos sociales —promover el uso del transporte público y reducir los costes externos— con objetivos populistas. En el futuro, administraciones, técnicos y organismos de investigación deberían trabajar conjuntamente con la finalidad de determinar criterios más objetivos y socialmente justos para establecer el nivel de subvención adecuado. Dichos criterios deberían aspirar a un equilibrio entre la sosteni-

bilidad financiera, la generación de impactos positivos del transporte público colectivo y el cumplimiento de objetivos sociales. En esta línea, parece razonable que las rebajas a las tarifas no sean generalizables a todos, sino que se asocien a situaciones de vulnerabilidad y pobreza en el transporte.

Nuestro país debería plantearse también la reforma del modelo de colaboración público-privada para la financiación de infraestructuras que se ha quedado obsoleto. Un aspecto fundamental para promover este modelo es crear una unidad pública que cuente con incentivos y apoyo político para aplicar los CPP de manera efectiva. Se debe trabajar también en desarrollar guías con criterios objetivos para decidir cuándo es recomendable emplear este modelo, así como mecanismos de valoración *ex post* que permitan comparar de una manera justa, evitando demagogias, la eficiencia social de este modelo frente a otros mecanismos de provisión de infraestructuras convencionales. Se debe además reformar la legislación actual para hacer compatible la defensa del interés público con los legítimos intereses de los inversores privados para participar en estos negocios, así como para implementar mecanismos que contribuyan a la mitigación y reparto de riesgos difíciles de asignar como el riesgo de demanda o de expropiaciones.

Finalmente, la principal asignatura pendiente en la actualidad en España es el desempeño del ferrocarril. Este modo debería de jugar un papel clave en un entorno cada vez más preocupado por ganar eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Desde el punto de vista de la planificación, resulta fundamental mejorar las cercanías en las ciudades, permitiendo una mayor participación de las comunidades autónomas y entidades locales en su planificación y gestión, a fin de coordinar mejor dichos servicios con los sistemas de transporte público metropolitano. En el ámbito de las mercancías, como se ha descrito en la sección cinco de este capítulo, quedan pendientes importantes medidas que adoptar en el ámbito de la inversión, priorización de corredores e intermodalidad con otros modos para que los operadores privados estén dispuestos a apostar de verdad por nuestro país. También tiene sentido que el capital privado en Renfe Mercancías vaya ganando peso, a fin de afrontar reformas internas que mejoren la eficiencia de la compañía. Finalmente, resulta clave promover corredores interoperables de larga distancia en Europa, donde el ferrocarril de mercancías resulta verdaderamente competitivo.

En el ámbito de la alta velocidad son muchas las reformas pendientes. La planificación debe basarse más en criterios de eficiencia y sostenibilidad que en planteamientos únicamente territoriales. No hay que olvidar que las inversiones públicas tienen un coste de oportunidad que obliga a dedicar los recursos dónde generan un mayor valor. Es este sentido, es razonable cuestionarse la racionalidad de inversiones de decenas de millones de euros a estaciones que apenas tienen un puñado de viajeros al día. Por el contrario, resulta esencial invertir en mejorar la capacidad de los corredores y estaciones que en la actualidad están saturados por el crecimiento desmedido de la demanda debido a los efectos de la liberalización. Además, hay que seguir trabajando por promover un mercado que, garantizando precios competitivos a los usuarios, evite prácticas de competencia desleal. A tal fin resulta clave mejorar la información y seguimiento que deben llevar a cabo reguladores independientes como la CNMC.

Referencias

- AIREF. (2020). *Infraestructuras de Transporte. Evaluación del Gasto Público*, 2019. Madrid.
- ASENSIO, J., y MATAS, A. (2025). Política de transports a Catalunya. *Revista Econòmica de Catalunya*, 92, 104-112.
- ASENSIO, J., y MATAS, A. (2023). Transport financing and regional development. *Handbook on Transport Pricing and Financing*, 348-362.
- BETANCOR, O., y VIECENS, M. F. (2011). *Hacia un nuevo modelo aeroportuario español. Taxonomía de los aeropuertos españoles*. Fundación de Estudios de Economía Aplicada Cátedra Fedea-Abertis. Madrid: Fedea.
- BIEHL, D. (1988). Las infraestructuras y el desarrollo regional. *Papeles de Economía Española*, 35, 293-310.
- CALDERÓN, C., and SERVÉN, L. (2014). Infrastructure, growth, and inequality: An overview. *Policy Research Working Paper*, 7034. Washington DC.: World Bank.
- CAMPOS, J. (2023). *Efectos de la introducción de competencia en el transporte ferroviario de viajeros en España*. Madrid: Funcas.
- CNMC. (2025a). Balance de la liberalización del transporte de viajeros por ferrocarril. INF/DTSP/091/25. Septiembre, 2025.
- CNMC. (2025b). Acuerdo por el que se emite informe relativo al proyecto de reglamento de determinación de los cánones ferroviarios de Adif y Adif Alta Velocidad. (STP/DTSP/071/24). Mayo, 2025.
- CNMC. (2025c). Resolución de supervisión de las tarifas aeroportuarias aplicables por Aena S.M.E, S.A. en el ejercicio 2026. STP/DTSP/038/25. Noviembre 2025.
- DE RUS, G., CAMPOS, J., GRAHAM, D., SOCORRO, M.P., VALIDO, J., y JOHANSSON, P. (2020a). Metodología para el análisis costes-beneficio de proyectos y políticas de transporte. En *Infraestructuras de transporte*, Anexo n.º 2. Madrid: AIREF.
- DE RUS, G., CAMPOS, J., ORTUÑO, A., SOCORRO, M. P., y VALIDO, J. (2020b). Análisis coste-beneficio de proyectos ferroviarios: líneas de alta velocidad y suburbanas. En *Infraestructuras de transporte*, Anexo n.º 3. Madrid: AIREF.
- De Rus, G., and Socorro, M. P. (2014). Access pricing, infrastructure investment and intermodal competition. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 70, 374-387.
- DRAGHI, M. (2024). *The future of European competitiveness: A competitiveness strategy for Europe* (Parts A & B). European Commission.
- FUNDACIÓN BBVA E IVIE (Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas). (2025). *El stock y los servicios del capital en España y su distribución territorial y sectorial*. Bilbao, Valencia. <https://www.fbbva.es/bd/el-stock-y-los-servicios-del-capital-en-espana/> [8 de octubre 2025].
- FUNDACIÓN COTEC PARA LA INNOVACIÓN. (2023). *Preferencias de gasto público en la ciudadanía: opiniones versus decisiones*. Fundación Cotec para la Innovación.
- GARRIDO, L., GOMEZ, J., DE LOS ÁNGELES BAEZA, M., and VASSALLO, J. M. (2017). Is EU financial support enhancing the economic performance of PPP projects? An empirical analysis on the case of Spanish road infrastructure. *Transport Policy*, 56, 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.02.010>
- LETTA, E. (2024) *Much more than a market – speed, security, solidarity*. Consell de la UE.
- LLEVAT, M., y LLOBET, G. (2016). *El futuro del ferrocarril de mercancías en España*. Policy Papers, 2016-25. Fedea.
- MATAS, A., VAN OMMEREN, J. and RAYMOND, J. L. (2025). The impact of traffic intensity on road accidents: The importance of trucks. *International Transportation Economics Association (ITEA)*, Annual School and Conference, Northwestern University, 23-27 Junio.

- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE. (2024). *Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informe OMM 2023 - Avance 2024*. <https://publicaciones.transportes.gob.es/observatorio-de-la-movilidad-metropolitana-informe-omm-2023-avance-2024>
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE. (2024). *Observatorio del Transporte y la Logística en España: informe anual 2024*.
- MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. (2025). *Evaluación de la calidad del aire en España: Año 2024*. Secretaría General Técnica.
- MONTERO MARTÍN, L. F. (2024). *Análisis del marco regulatorio aeroportuario español y propuesta de mejora* (Doctoral dissertation, UNED. Universidad Nacional de Educación a Distancia).
- OECD. (2020). *Supporting Better Decision-Making in Transport Infrastructure in Spain: Infrastructure Governance Review*. Paris: OECD Publishing.
- REDDING, S. J., and TURNER, M. A. (2015). Transportation costs and the spatial organization of economic activity. *Handbook of regional and urban economics*, 5, 1339-1398.
- RUÍZ DE VILLA SAIZ, E. R., GARCÍA, J. Á., SAN MILLÁN, J. A., GARCÍA-CANO, L. Ó. M., HERNÁNDEZ, T. A., y ÁLVAREZ, S. G. (2024). La reforma de las reglas fiscales de la Unión Europea. *ICE, Revista de Economía*, 937, 11-26.
- SANTALÓ, J. (2015). El impacto de la nueva regulación aeroportuaria sobre las tasas aéreas y el conflicto entre la Comisión Nacional de Mercados y Competencia (CNMC) y Aena a cuenta de la misma. *Papeles de Economía Española*, 145, 180-196.
- SANTALÓ, J., y SOCORRO M. P. (2015). *Competencia aeroportuaria y modelos de privatización. Estudios sobre la Economía Española*, 2015-09. Fedea.
- SANTOS ESTERAS, I. y GARCÍA PEREDA, A. (2025). Recorrido y próximas paradas de la liberalización del ferrocarril de viajeros. *Anuario de los mercados y la competencia 2025*. CNMC.
- SAVIGNAT, M. G. (2022). Infraestructuras viarias: Dotación, mantenimiento y financiación. *Papeles de Economía Española*, 171, 2-14.
- VAN ESSEN, H., VAN WIJNGAARDEN, L., SCHROTEN, A., SUTTER, D., BIELER, C., MAFFII, S., BRAMBILLA, M., FIORELLO, D., FERMI, F., PAROLIN, R., and EL BEYROUTY, K. (2019). *Handbook on the External Costs of Transport. Version 2019*. European Commission – DG MOVE / CE Delft.
- VASSALLO, J. M., ORTUÑO, A., y BETANCOR, O. (2017). *Las cuentas del transporte en España*. Estudios sobre la Economía Española, no. 2017-14. Fedea.
- VASSALLO, J. M., GARRIDO, L., TAPIADOR, L. y CANO, J. (2023). *Balance Económico, Fiscal, Social y Medioambiental del Transporte en España*. Fundación Corell.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. (1987). *Our common future*. Oxford University Press.

CAPÍTULO VII

**Recomendaciones para las políticas públicas
en infraestructuras**

Ginés de Rus*
Carlos Ocaña**

Por sus características mayoritariamente de bien privado, los servicios finales que proveen las empresas utilizando las cuatro modalidades de infraestructuras (agua, energía, telecomunicaciones digitales y transporte) pueden canalizarse eficientemente a través del mercado con mínima intervención directa del sector público. En telecomunicaciones, la provisión de servicios minoristas y la explotación de redes móviles son actividades típicamente competitivas. En energía, la generación eléctrica y la comercialización de electricidad y gas operan en mercados liberalizados. En transporte, los servicios de transporte aéreo, marítimo y por carretera, así como la operación ferroviaria en corredores de alta demanda, pueden organizarse bajo competencia. Incluso en el ámbito del agua, la distribución final y el tratamiento pueden gestionarse mediante contratos privados cuando existen mecanismos regulatorios adecuados. En todos estos casos, la exclusión es técnicamente posible y el consumo por un usuario reduce la disponibilidad para otro, lo que permite que los precios actúen como señal eficiente para asignar recursos.

Por sus características de monopolio natural y de bien público en algunos de sus componentes, el mercado no puede proveer eficientemente las infraestructuras necesarias sin intervención pública, y dichos componentes han sido el objeto central de este libro. Las redes troncales de transporte (carreteras de alta capacidad, vías y estaciones de ferrocarril, puertos y aeropuertos), las redes de transmisión y distribución eléctrica y gasista, las infraestructuras hidráulicas para almacenamiento, transporte, abastecimiento y saneamiento, y las redes básicas de telecomunicaciones fijas son ejemplos claros. En algunos

* ULPGC, UC3M, Fedea.

** Funcas.

casos, suele ser más eficiente producir con una sola empresa que con dos o más (monopolio natural); en otros casos, el consumo por un usuario no reduce la disponibilidad para otros (por ejemplo, una carretera rural de débil tráfico), lo que genera problemas de financiación y riesgo de subinversión si se deja la provisión exclusivamente al mercado. Por ello, estas infraestructuras requieren planificación pública, regulación económica y, en muchos casos, financiación parcial o total con recursos presupuestarios, garantizando su provisión bajo criterios de eficiencia y equidad.

A lo largo de este libro se ha examinado la situación de las infraestructuras en España desde una perspectiva económica, abarcando los sectores de agua, energía, telecomunicaciones y transporte. El análisis realizado ha identificado un conjunto de problemas recurrentes: desajustes entre oferta y demanda, insuficiencia de mantenimiento, distorsiones en los mecanismos de financiación, falta de disciplina en la evaluación, fallos en la articulación de la participación privada mediante el sistema concesional y contaminación de decisiones por criterios políticos en un contexto de cambio tecnológico acelerado y restricciones presupuestarias. Sobre esta base, las recomendaciones que siguen, y que se desprenden del análisis pormenorizado realizado en cada capítulo por tipo de infraestructura, no se limitan a un sector concreto, sino que formulan líneas de actuación comunes para orientar la política pública de infraestructuras en España hacia la eficiencia, la equidad y la sostenibilidad:

1. *Reforzar la planificación estratégica apoyada en el análisis económico y basada en la evidencia.* Los cuatro sectores muestran problemas derivados del cortoplacismo frente a políticas eficientes de largo plazo. Frente a esto deben crearse marcos de planificación plurianuales, estables y blindados frente al ciclo político. Apoyarse en agencias técnicas independientes encargadas de la evaluación socioeconómica *ex ante* y *ex post* de todos los grandes proyectos, para evitar decisiones ineficientes y garantizar la rentabilidad social, homogeneizando las metodologías de análisis coste-beneficio en todos los sectores para favorecer comparabilidad y priorización objetiva.
2. *Mejora de la gobernanza y establecimiento de marcos regulatorios estables, transparentes y orientados al largo plazo.* Se necesita una regulación que incentive las inversiones a largo plazo. La incertidumbre regulatoria desincentiva la inversión. Deben asegurarse reglas de remuneración estables y predecibles para los activos de infraestructura, evitando cambios abruptos; reforzar la independencia y transparencia en las decisiones regulatorias, especialmente en redes energéticas, transporte y ciclo del agua; y también simplificar y acelerar los procedimientos administrativos que bloquean inversiones y proyectos clave. Debe reforzarse el papel de los órganos reguladores y operadores del sistema con mandatos y responsabilidades claras.
3. *Crear un sistema de financiación con recuperación de costes, internalización de externalidades, equitativo y coherente entre sectores.* Para resolver los déficits de inversión y los modelos de financiación fragmentados, hay que diferenciar los segmentos de

actividad de las infraestructuras que son bienes privados de los que son monopolios naturales o bienes públicos, aplicando esquemas de tarificación adecuados en cada caso. Deben implantarse mecanismos de recuperación plena de costes variables, incluyendo mantenimiento, operación y externalidades ambientales y contribución a los fijos sin comprometer la eficiencia, avanzando hacia modelos en que los usuarios paguen por uso y externalidades, no vía fiscalidad distorsionada (e.g., carreteras, agua, energía). También revisar la fiscalidad energética para alinearla con la transición energética. Tarificación socialmente focalizada: sustituir rebajas generalizadas por descuentos dirigidos a situaciones de vulnerabilidad (pobreza energética o problemas de accesibilidad), minimizando pérdidas de bienestar por subsidios mal diseñados.

4. *Profesionalizar y ampliar el uso de colaboraciones público-privadas.* Los cuatro sectores coinciden en la necesidad de atraer inversión privada y mejorar la eficiencia. Hay que modernizar el modelo de colaboración público-privada con mecanismos eficientes y claros de reparto de riesgos, reduciendo la incertidumbre, para lo cual se requiere la agrupación de los funcionarios que trabajan en contratación de obra pública y contratos de servicios en varias unidades públicas especializadas en colaboración público-privada, con capacidad técnica, y reforzadas con nuevos recursos humanos y materiales, para diseñar, adjudicar, supervisar y renegociar contratos. Priorizar contratos que integren el ciclo de vida completo: construcción, financiación, operación y mantenimiento mediante un sistema concesional sin los defectos del actual.
5. *Mejora de la coordinación entre administraciones.* La fragmentación institucional afecta a agua, transporte y energía. Crear mecanismos formales de coordinación interadministrativa (Estado-CC. AA.-Ayuntamientos) en planificación, colaboración público-privada, permisos y financiación, e integración de políticas urbanas de movilidad, agua, energía y digitalización en estrategias metropolitanas coherentes.
6. *Priorizar el mantenimiento de infraestructuras existentes frente a nuevas inversiones.* En infraestructuras hídricas, energéticas y de transporte, hay problemas serios de envejecimiento y obsolescencia de los activos, por lo que se recomienda establecer presupuestos mínimos obligatorios de mantenimiento preventivo en todas las infraestructuras públicas, con el fin de asegurar y evitar el deterioro del patrimonio y costes futuros crecientes; publicar anualmente el déficit acumulado de inversión en mantenimiento, por sector y región, y reequilibrar prioridades presupuestarias reduciendo inversiones “visibles” pero de baja rentabilidad social.
7. *Impulsar la resiliencia de las infraestructuras críticas.* La vulnerabilidad mostrada en energía, telecomunicaciones y agua exige una estrategia transversal que refuerce la resiliencia eléctrica, digital y logística mediante inversiones coordinadas en redundancia, almacenamiento, interconexiones y ciberseguridad. Deben alinearse los

estándares de resiliencia entre operadores, introduciendo incentivos a inversiones en *backup* y calidad de servicio. También incorporar el análisis de riesgo climático en la planificación de agua, transporte y energía.

8. *Desarrollar una política integrada de transición energética, digital y medioambientalmente sostenible.* Todos los sectores convergen en la necesidad de coordinar la transición ecológica y digital, para lo cual debe abordarse la planificación integrada agua-energía-digital-transporte, considerando su interdependencia (los CPD demandan agua y electricidad; la electrificación progresiva del transporte; la desalación es dependiente del *mix* eléctrico). Deben priorizarse inversiones en almacenamiento eléctrico, infraestructura de red y energías renovables para garantizar la seguridad de suministro, e integrar señales de precios a largo plazo para la descarbonización.
9. *Promover la integración europea en infraestructuras físicas y digitales.* La fragmentación europea afecta especialmente a energía y telecomunicaciones, por lo que deben impulsarse alianzas y proyectos transnacionales en 5G/6G, redes satelitales, CPD, cables submarinos, hidrógeno y redes eléctricas. Impulsar operadores neutrales y marcos regulatorios que permitan economías de escala y mayor competencia en telecomunicaciones. Alinear estándares europeos de competencia, contratación pública y seguridad para facilitar proyectos de gran escala.
10. *Reequilibrar la composición del gasto público.* Nuestra opinión es que España no necesita tanto aumentar el nivel agregado de gasto como reequilibrar su composición. La clave no está en expandir el déficit para financiar más obra pública, sino en reposicionar el *mix* entre gasto corriente e inversión. Esta estrategia, junto a la inversión privada, permitiría reforzar el potencial de crecimiento sin tensionar adicionalmente la deuda pública.
11. *Concentrar el gasto en inversiones productivas.* Aprendiendo de los errores de principio de siglo, el esfuerzo inversor debería ser selectivo, centrado solo en proveer infraestructuras y servicios para los que los beneficios sociales compensan sus costes sociales.

Sobre los autores

Irene Blanco Gutiérrez

Es profesora titular de universidad del Departamento de Economía Agraria, Estadística y Gestión de Empresas de la UPM e investigadora del CEIGRAM (Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales). Su investigación se centra en el estudio de la sostenibilidad y la economía circular aplicada al agua y la agricultura. Ha participado, como investigadora y/o investigadora principal, en más de 20 proyectos competitivos, nacionales e internacionales, y ha trabajado como consultora para Naciones Unidas (FAO y CEPAL). Es editora asociada en revistas de prestigio (*Irrigation Science* y *Spanish Journal of Agricultural Research*) y evaluadora experta de programas de investigación en España, la Unión Europea, Austria y Polonia.

Enrique Cabrera Marcet

Ingeniero industrial (1970), licenciado en Ciencias Físicas (1974), doctor ingeniero industrial (1976) y catedrático de Mecánica de Fluidos de la Politécnica de Valencia (1981) de la que hoy es profesor emérito. Ha dedicado sus más de 50 años de vida profesional a la hidráulica en general y al agua urbana en particular. Es autor de 350 artículos técnicos, 60 en revistas indexadas, de 100 artículos de opinión, sobre política del agua y universitaria, en los principales periódicos del país y ha editado 32 libros. Ha sido revisor de proyectos de investigación de la Unión Europea, participando como investigador en una docena de ellos. Es promotor y fundador de la *Revista Ingeniería del Agua*, hoy indexada. Pero, visto el declive de la educación en general y de la formación universitaria en particular, lo que más le enorgullece es su labor de formador, iniciada en la Universidad y continuada como promotor y profesor de cursos de posgrado de hidráulica urbana, dirigidos a los profesionales del sector, labor que recientemente ha extendido a políticos y decisores de la política del agua publicando el libro *Directrices para una gestión sostenible del agua urbana*, un trabajo que tiene por “honra principal de sus escritos”.

Ginés De Rus

Ph.D. Economics (University of Leeds, UK). Catedrático de Economía Aplicada de la ULPGC. Profesor de Análisis Coste-Beneficio en la UC3M, donde fue director del Máster en Economía del Transporte desde su creación. Investigador asociado en FEDEA. Ha colaborado como asesor para la Comisión Europea, el Banco Europeo de Inversiones, el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco Asiático de Desarrollo. Ha sido consejero independiente del Consejo de Administración de AENA (2011-2014) y miembro del Consejo Asesor del Servicio de Estudios de "la Caixa" (2007-2011). En la actualidad colabora con el Banco Interamericano de Desarrollo en la evaluación económica de inversiones en infraestructuras.

Ronald Fischer

Ronald Fischer es profesor titular de la Universidad de Chile. Ingeniero Civil Matemático de la Universidad de Chile y PhD en Economía de la Universidad de Pennsylvania. Su investigación incluye la economía de las infraestructuras y regulación aplicada en diversos sectores, especialmente el sector eléctrico. Otra área de investigación es en modelos de economía política que estudian la influencia de la distribución de la riqueza sobre las políticas públicas y el desempeño económico. Su investigación ha sido publicada en el *Quarterly Review of Economics* y el *Journal of Political Economy* así como en las principales revistas de las áreas de Finanzas Públicas, Desarrollo Económico, Comercio internacional, Economía Urbana, de Transportes y de Medio Ambiente. Ha realizado trabajos de consultoría para el FMI, el Banco Mundial, el BID, y otras multilaterales, así como para el gobierno y empresas de los sectores regulados. Ha sido miembro de distintas Comisiones Presidenciales en Chile, así como miembro del Panel de Expertos del sector eléctrico y del Panel Técnico de Concesiones.

Alberto Garrido

Doctor ingeniero agrónomo (1996, Universidad Politécnica de Madrid, UPM), máster por la Universidad de California, Davis (1992). Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, y director del Observatorio del Agua de la Fundación Botín desde 2016.

Luis Garrote

Es catedrático de ingeniería hidráulica en la Universidad Politécnica de Madrid. Su trayectoria investigadora se centra en el desarrollo y aplicación de modelos hidrológicos e hidráulicos para la planificación y gestión de los recursos hídricos, abarcando ámbitos como avenidas, sequeñas, condicionantes ambientales y operación de embalses. Ha trabajado de manera destacada en el tratamiento de la incertidumbre en la gestión del agua, con especial atención a los impactos

derivados del cambio global. A lo largo de su carrera ha colaborado con administraciones nacionales e internacionales, así como con el sector privado, en proyectos relacionados con la planificación hidrológica, el diseño y explotación de infraestructuras hidráulicas, la definición de normas de operación y seguridad de presas, la gestión hidroeléctrica y la evaluación y mitigación de riesgos de sequías e inundaciones. Su labor combina la investigación académica con la aplicación práctica del conocimiento científico para mejorar la toma de decisiones en la gestión integrada del agua.

Iñigo Herguera

Es profesor titular de Economía en la Universidad Complutense de Madrid. Es licenciado en Economía por la Universidad Autónoma de Madrid (1987), diplomado en Estudios Europeos por la Universität des Saarlandes (1988) y doctor en Economía por el Instituto Universitario Europeo (1994). Trabajó en la Autoridad Reguladora de las Telecomunicaciones de España como jefe del Departamento de Estudios y Estadística (2005-2014) y participó y presidió varios grupos internacionales de expertos, como presidente del Grupo de Expertos sobre Indicadores de TIC/Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y presidente del Grupo de Expertos sobre Benchmarking (Body of European Regulators for Electronic Communications in Europe, BEREC), entre otros. Iñigo tiene varias publicaciones en revistas internacionales y ha brindado consultoría a la Comisión Europea, International Telecommunication Union (ITU), Instituto Federal de Telecomunicaciones de México, Organización de Comunicaciones de África Oriental (EACO) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL/UNCTAD).

Anna Matas

Es licenciada en economía, máster en economía del transporte por la Universidad de Leeds (1985) y doctora en economía por la UAB (1990). Actualmente es catedrática de Economía Aplicada en la UAB, miembro del Grupo de Investigación en Economía Aplicada (GEAP) e investigadora del Institut d'Economia de Barcelona (IEB). Ha sido investigadora principal en varios proyectos de investigación competitivos. Asimismo, ha realizado estudios sobre economía del transporte para distintas administraciones públicas y empresas del sector. Su investigación se ha centrado en la economía del transporte en temas como estimación de demanda, infraestructuras y crecimiento económico, competencia y regulación y evaluación de proyectos y políticas públicas. Ha publicado en las principales revistas académicas en su ámbito de investigación y en otras revistas de difusión académica. Ha sido directora de la línea de investigación en Infraestructuras y Transporte del IEB y vocal de la Autoridad Catalana de la Competencia. Actualmente es vicepresidenta del Consejo Asesor del Ministerio de Transportes.

Carlos Ocaña

Es el director general de Funcas desde 2011. Fue secretario de Estado de Hacienda y Presupuestos (2006-2011) y secretario general de Presupuestos (2004-2006). Con anterioridad fue Subdirector General de Estudios en el Tribunal de Defensa de la Competencia, subdirector de Desarrollo Regulatorio en la Comisión del Sistema Eléctrico, y administrador principal en la Agencia Internacional de la Energía (OCDE, París). En el ámbito académico, fue profesor titular en las universidades de Zaragoza y Carlos III de Madrid, y lecturer en Northwestern University y CUNEF Universidad. Doctor por la Kellogg Graduate School of Management de Northwestern (Illinois, USA). Estudió también en las universidades de Zaragoza y Autónoma de Barcelona. Fulbright Fellow.

Jorge Pérez Martínez

Obtuvo su doctorado en Ingeniería de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid en 1983, y su licenciatura en Ciencias Políticas y Sociales por la Universidad Complutense de Madrid en 1984. Es catedrático emérito de la Universidad Politécnica de Madrid, donde codirige la Cátedra "Economía, Sociedad y Transformación Digital" de Telefónica en la Universidad Politécnica de Madrid. Es autor de numerosas publicaciones científicas en el ámbito de la prospectiva y regulación del ecosistema digital. Actualmente es director de FUNDETEL (Fundación de la ETSIT-UPM) y coordinador del Foro de Gobernanza de Internet en España (IGF España). En el ámbito de la Administración Pública, ha sido decano del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, director general para el desarrollo de la Sociedad de la Información en el Ministerio de Ciencia y Tecnología, director de Economía Digital en la Entidad Empresarial Red.es y director del Observatorio Nacional de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.

Pilar Rodríguez Pita

Es estudiante de doctorado en la Universidad Politécnica de Madrid donde obtuvo los títulos de grado y máster en Ingeniería de Telecomunicaciones. En 2019, comenzó su actividad investigadora en la Cátedra Telefónica de Economía, Sociedad y Transformación Digital, bajo la dirección de Jorge Pérez, especializándose en temas relacionados con la soberanía y regulación digital europea, publicando varios artículos sobre el tema en diferentes revistas y libros académicos. Desde 2022 coordina la rama joven del Foro de Gobernanza de Internet en España, organizando eventos, tanto a nivel nacional como internacional.

Diego Rodríguez Rodríguez

(Las Palmas de Gran Canaria, 1967). Es catedrático de Universidad en el Departamento de Economía Aplicada, Estructura e Historia de la Facultad de Ciencias Económicas de la

Universidad Complutense de Madrid. Miembro del Grupo de Investigación en Productividad, Innovación y Competencia (GRIPICO) e Investigador Asociado de Fedea, donde dirige el área de Economía Digital, Energía y Medioambiente. Ha realizado estancias de investigación en el Departamento de Economía de la Universidad de Harvard (Estados Unidos), Cambridge (Reino Unido) y Warwick (Reino Unido). Ha publicado numerosos artículos en revistas internacionales y nacionales, así como en más de una docena de libros, y ha realizado informes de asesoramiento para diversas instituciones. Entre 2013 y 2017 fue miembro del Consejo de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, con actividad en la Sala de Supervisión Regulatoria. Ha sido miembro de la Comisión de expertos sobre escenarios de transición energética.

José Manuel Vassallo

Es doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid y licenciado en Economía por la UNED. Fue *visiting fellow* de la Harvard Kennedy School of Government. Actualmente es catedrático del Departamento de Ingeniería del Transporte, Territorio y Urbanismo de la UPM, y director del Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT) de la misma universidad. Su trayectoria profesional ha estado ligada al mundo de la docencia, la investigación y la consultoría especializada en el ámbito de la economía del transporte y, específicamente, en materia de evaluación, regulación y financiación de infraestructuras y servicios de movilidad. Cuenta con reconocidas publicaciones internacionales en su ámbito de investigación. Entre otras actividades de carácter profesional, cabe resaltar sus trabajos para el Parlamento Europeo, el Banco Europeo de Inversiones, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial y el International Transport Forum. En la actualidad es miembro del Consejo Asesor del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible de España.

Funcas
Caballero de Gracia, 28
28013 Madrid
Teléfono: 91 596 54 81

publica@funcas.es
www.funcas.es

ISBN 979-13-87770-11-2

