

# COMPETIR EN LA ECONOMÍA DIGITAL

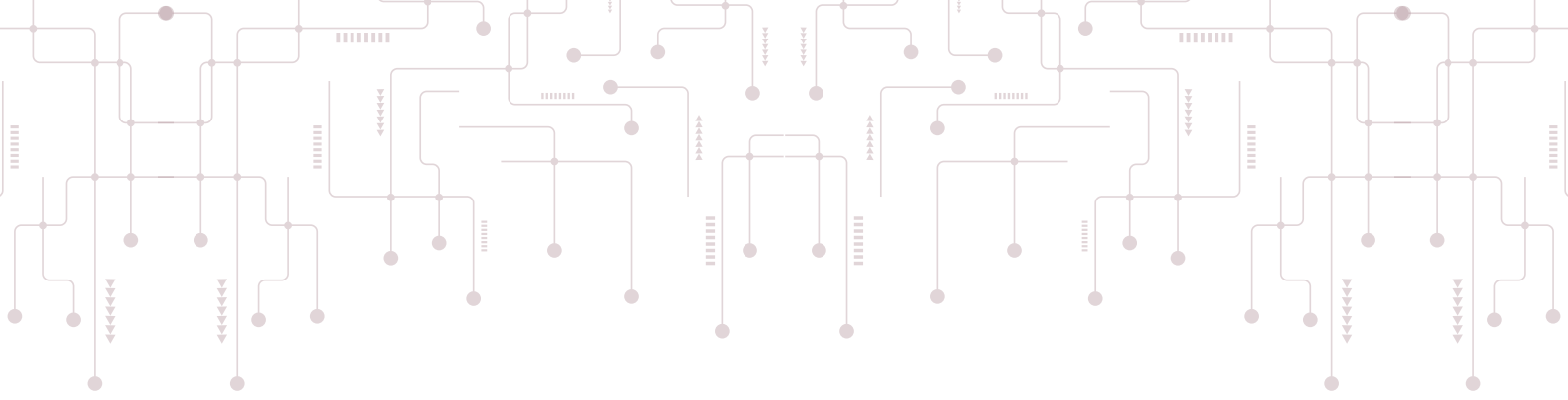
El papel de las infraestructuras

SEPTIEMBRE 2026



**Cámara**  
de Comercio de España





## RESUMEN EJECUTIVO

Las infraestructuras IT se han consolidado como eje vertebrador de la prosperidad, la autonomía estratégica y la resiliencia de la Unión Europea. Los centros de datos y el *edge computing*, junto con las redes de banda ancha y las factorías de IA, constituyen áreas prioritarias situadas por la Comisión Europea en el centro de la agenda comunitaria a medio plazo.

España parte de una posición ventajosa para liderar el desarrollo del sector en el sur de Europa. Dispone de electricidad renovable más barata que la media europea, suelo disponible y bien conectado, estabilidad institucional, una red eléctrica mallada y fiable, y una conectividad internacional reforzada por su posición geográfica y por una de las mayores redes de fibra óptica del continente. Materializar este potencial, sin embargo, exige superar retos significativos en los planos energético, regulatorio, de cadena de suministro y de talento. En este contexto, y con el objetivo de dar soporte al sector en un entorno marcado por una intensa competencia internacional y un acelerado ritmo de innovación, la Comisión de Digitalización de la Cámara de Comercio de España ha elaborado el presente informe, que analiza el estado de los centros de datos y del *edge computing* y formula una serie de recomendaciones con vocación de traducirse en políticas públicas.

España cuenta hoy con más de 350 MW instalados, principalmente concentrados en Madrid, Barcelona y Aragón, y una cartera proyectada cercana a los 2.180MW a cinco años. La irrupción de la inteligencia artificial está transformando aceleradamente las exigencias del sector, y con ello, de la infraestructura que lo acompaña, en especial garantizar la disponibilidad de potencia eléctrica necesaria. En España, este desafío adquiere una dimensión especialmente crítica: el 86,4% de las subestaciones de distribución carecen de capacidad de acceso y los plazos administrativos pueden superar los 18-25 meses, incluso en proyectos estratégicos. Avanzar con celeridad requiere dotar al sector de un marco normativo flexible, predecible y capaz de adaptarse a sus necesidades cambiantes.

Sobre la base de este diagnóstico, el informe formula recomendaciones articuladas en ocho ejes, orientadas a consolidar a España como *hub* digital de referencia en la próxima década: infraestructura energética; simplificación administrativa; talento y capacitación; cadena de suministro y soberanía tecnológica; ciberseguridad y resiliencia; sostenibilidad y economía circular; conectividad y *edge computing*; y, posicionamiento internacional.

## ÍNDICE

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Resumen ejecutivo .....</b>                                       | <b>3</b>  |
| <b>1. Introducción y objetivo.....</b>                               | <b>5</b>  |
| <b>2. ¿Qué son las infraestructuras IT? .....</b>                    | <b>7</b>  |
| 2.1. Definición teórica .....                                        | 7         |
| 2.2. Relación de infraestructuras.....                               | 8         |
| 2.3. Elementos clave asociados a las infraestructuras IT .....       | 20        |
| <b>3. ¿Por qué son necesarias estas infraestructuras? .....</b>      | <b>30</b> |
| <b>4. Caso práctico: Centros de datos .....</b>                      | <b>34</b> |
| 4.1. Introducción .....                                              | 34        |
| 4.2. Desarrollo reciente del sector .....                            | 36        |
| 4.3. Diagnóstico: Comparativa a nivel internacional y nacional ..... | 44        |
| <i>Comparativa a nivel internacional.....</i>                        | <i>44</i> |
| <i>Comparativa a nivel nacional.....</i>                             | <i>46</i> |
| 4.4. Ventajas y retos de los centros de datos.....                   | 50        |
| 4.4.1. Principales ventajas de los centros de datos.....             | 50        |
| 4.4.2. Principales retos de los centros de datos en España .....     | 56        |
| <b>5. Caso práctico: Edge Computing .....</b>                        | <b>67</b> |
| 5.1. Introducción .....                                              | 67        |
| 5.2. Edge nodes .....                                                | 68        |
| 5.3. Tipología y prestaciones .....                                  | 69        |
| 5.4. Computación sostenible en el borde.....                         | 71        |
| 5.5. Diagnóstico: Comparativa a nivel internacional.....             | 73        |
| 5.6. Ventajas y retos del edge computing .....                       | 75        |
| 5.6.1. Principales ventajas del edge computing .....                 | 75        |
| 5.6.2. Principales retos del edge computing.....                     | 77        |
| <b>6. Recomendaciones .....</b>                                      | <b>79</b> |
| <b>7. Bibliografía .....</b>                                         | <b>96</b> |
| <b>8. Anexo I: Marco regulatorio .....</b>                           | <b>98</b> |

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

En su condición de órgano consultivo y de colaboración con la Administración General del Estado designado por la Ley 4/2014, y bajo el mandato legal de velar por el interés general de las empresas y los sectores, la Cámara de Comercio, Industria, Servicios y Navegación de España se dota de comisiones consultivas que, con carácter instrumental y al amparo de un Reglamento de funcionamiento aprobado por el Pleno, asisten a la propia Cámara de España en la adopción de posiciones o elaboración de recomendaciones en el ámbito de las políticas públicas.

Las comisiones consultivas, constituidas en gran parte por las empresas miembro de la Cámara y presididas por estas, aportan a su vez capacidades para que la Cámara de España sea una institución de referencia en la reflexión estratégica a largo plazo para todos los sectores de la economía española.

Entre estas comisiones destaca la vinculada al ámbito de la digitalización. Desde su constitución, la Comisión de Digitalización, presidida por Telefónica, persigue contribuir al impulso de los procesos de transformación digital de la economía española, poniendo especial atención en las pymes.

En una primera etapa, la Comisión elaboró la estrategia [\*España Empresa Digital\*](#), un plan integral compuesto por un diagnóstico, una guía ejecutiva y un catálogo de ayudas, cuyo principal objetivo es ayudar a que pequeñas y medianas empresas afronten con éxito el reto de la digitalización.

Posteriormente, en 2020, elaboró un segundo informe desde un enfoque más regulatorio: [\*una propuesta de Iniciativa para la Transición Digital\*](#). Un documento que recogía los ámbitos clave para la puesta en marcha de un marco normativo por parte del Gobierno de España, capaz de afrontar con garantías la necesaria transición y transformación digital de carácter transformador, social, equilibrado y colaborativo.

Desde entonces, la Unión Europea ha acelerado y reforzado la digitalización como una auténtica prioridad política y económica. Como bien han señalado Letta y Draghi, la Unión Europea afronta retos estructurales que exigen una respuesta decidida: la necesidad de ajustar el rumbo de las políticas europeas, de impulsar la competitividad y de situar la transformación digital en el centro de la agenda comunitaria. La digitalización ha pasado a ser un imperativo estratégico para garantizar la prosperidad y la autonomía de Europa en el nuevo contexto geopolítico y económico global.

A raíz de este nuevo escenario, la Comisión centró sus esfuerzos, en colaboración con Making Science, en actualizar su segundo informe. Así, en 2024, publicó el [\*Libro Blanco de la Digitalización\*](#), con el que buscaba no solo abordar las nuevas necesidades y desafíos que han traído consigo los últimos acontecimientos acaecidos; sino también potenciar las oportunidades que ofrece la digitalización, con el objetivo de consolidar una economía y sociedad digital inclusiva, resiliente y sostenible en nuestro país; identificando para ello distintos ámbitos prioritarios de actuación sobre los que seguir trabajando.

Uno de estos ámbitos es el de las infraestructuras IT – redes de comunicación de alta velocidad, centros de datos y otras infraestructuras estratégicas – esenciales para

sustentar la economía digital y cuyo impulso es fundamental para garantizar un entorno digital sólido y resiliente.

Este despliegue que se espera masivo de IA generativa, analítica avanzada y sistemas autónomos convierte a las infraestructuras de telecomunicación en un elemento estratégico esencial. Su evolución ya no responde a la simple modernización del ecosistema digital, sino a la necesidad de garantizar la resiliencia en entornos críticos y la capacidad de procesar datos en tiempo real en volúmenes sin precedentes.

El presente estudio, fruto del grupo de trabajo constituido en el seno de la Comisión de Digitalización de la Cámara de Comercio de España para ahondar precisamente en esta cuestión, tiene por objeto analizar, con una mirada integral, la situación y la relevancia de las infraestructuras IT en la transformación digital del país. En primer lugar, pone de relieve la contribución de dichas infraestructuras como palanca esencial de la digitalización de la economía, sin perder de vista su impacto en la seguridad económica y tecnológica ni su papel como base de una mayor autonomía estratégica.

En segundo término, el documento ofrece un diagnóstico de la situación actual y de las necesidades futuras, abarcando los requisitos técnicos, logísticos, normativos y financieros que condicionan el despliegue y la modernización de estas infraestructuras. El análisis se centra especialmente en los centros de datos —que aportan escala, seguridad y eficiencia— y en el *edge computing*, que acerca el procesamiento al origen del dato para minimizar la latencia, reforzar la soberanía y optimizar los costes de red. Ambas modalidades constituyen componentes integrados de infraestructuras complementarias que, en conjunto, proporcionan las capacidades de procesamiento, almacenamiento y conectividad necesarias para la transformación digital.

Finalmente, se propone un conjunto de medidas concretas y accionables orientadas a reforzar la posición de España como *hub* digital del sur de Europa, presentándola como alternativa a los mercados europeos FLAP-D (Fráncfort, Londres, Ámsterdam, París y Dublín) por su posición geográfica, su conectividad internacional y su elevado potencial de generación renovable. El reto no reside en la producción eléctrica, sino en el acceso a la potencia (capacidad disponible y conexión a red) y en la agilización de la tramitación administrativa. Una consideración fundamental es también la seguridad y sostenibilidad ecológica, dado que la expansión de los centros de datos está bajo creciente escrutinio público por su consumo de recursos. Esto incluye la gestión hídrica (uso y reposición de agua) y la circularidad de los residuos (especialmente *e-waste* y la recuperación de calor residual), aspectos que deben integrarse en las propuestas de valor y la planificación regulatoria para asegurar la resiliencia y el impacto positivo en las comunidades. Estas propuestas buscan movilizar inversión, acelerar la adopción tecnológica, mejorar la coordinación público-privada y optimizar el marco regulatorio, con el fin último de maximizar el impacto económico y social de la transformación digital.

El informe se organiza de la siguiente manera: las Secciones 2 y 3 describen las infraestructuras IT relevantes y su necesidad para impulsar la competitividad de Europa; las Secciones 4 y 5 presentan los casos prácticos —centros de datos y *edge computing*, respectivamente—, incluyendo su definición, situación actual, ventajas y retos, así como la comparativa de España con su entorno internacional. Por último, la Sección 6 propone medidas concretas, articuladas en ocho ejes, orientadas a reforzar la posición de España como *hub* digital del sur de Europa.

## 2. ¿QUÉ SON LAS INFRAESTRUCTURAS IT?



### 2.1. Definición teórica

La conectividad digital constituye un pilar esencial para el desarrollo económico, el aumento de la competitividad y el impulso a la innovación, pero también para la cohesión territorial y social, así como para la creación de empleo y trabajo decente, conforme con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En España, años de inversión pública y privada han permitido desplegar una de las redes de conectividad de cercanía para los hogares más avanzadas de Europa, basadas en infraestructuras como la banda ancha fija y móvil, la fibra óptica, las torres de telecomunicaciones y, cada vez más, centros de datos *edge*, *edge nodes* y las comunicaciones submarinas conectadas a puntos de amarre que acercan la capacidad de procesamiento al territorio<sup>1</sup>. Estas infraestructuras posibilitan el funcionamiento del ecosistema digital, y facilitan el despliegue del 5G y la disponibilidad de servicios avanzados para ciudadanos, empresas y administraciones.

Estas infraestructuras son una combinación de recursos, hardware, software, redes y otros servicios, que hacen posible el funcionamiento eficiente de los sistemas informáticos y de comunicación de una organización.

---

<sup>1</sup> Véase más información en la web "Avance Digital" del Ministerio Transformación Digital y Función Pública.

Junto con los centros de datos de servicios *cloud* (tanto de colocación, como para tenedores hiperescalares) y de computación de alta densidad, constituyen, por tanto, la base sobre la que se sustenta el almacenamiento, procesamiento e intercambio de datos, así como la ejecución de aplicaciones y servicios esenciales para la operativa y desarrollo de un negocio u organización.

Existen diferentes tipos de infraestructuras IT, con requerimientos y características propias, diseñadas para satisfacer necesidades específicas dependiendo de aspectos tan diversos como el tamaño de la empresa, los recursos tecnológicos disponibles o los objetivos de negocio. Los tipos más comunes son:

- **Infraestructura tradicional:** basada en servidores físicos, almacenamiento local y redes internas gestionadas por la empresa directamente, lo que posibilita control total sobre sus sistemas. Ideal para entornos con alta regulación o cargas críticas.
- **Infraestructura basada en la nube:** una opción más flexible y económica que la tradicional, ya que elimina la necesidad de mantener servidores y equipos internos. Se trata de una solución que permite a las empresas alquilar recursos tecnológicos a través de un proveedor externo de servicios en la nube.
- **Infraestructura híbrida:** como su propio nombre indica, este tipo de infraestructura combina aspectos de la tradicional y la basada en la nube.
- **Infraestructura como servicio (IaaS):** este modelo permite a las empresas alquilar infraestructuras en lugar de tener que invertir en hardware físico. Es una solución escalable, que permite pagar solo por lo que se utiliza.

## 2.2. Relación de infraestructuras

El Informe Draghi (2024) deja claro que, como estrategia para la próxima década, las políticas e iniciativas sobre digitalización y tecnologías avanzadas, respaldadas por una importante financiación pública y privada, deben priorizarse en tres áreas:

- **Redes de banda ancha de alta velocidad/capacidad y equipos y software relacionados** (redes fijas, inalámbricas y satelitales/híbridas) para permitir la conectividad y distribuir servicios digitales seguros, ubicuos y sostenibles esenciales para los ciudadanos y las empresas de la UE.
- **Computación e inteligencia artificial**, es decir, la infraestructura, las plataformas y las tecnologías avanzadas necesarias para desarrollar y ampliar de forma autónoma los servicios digitales, lo que permite a las empresas innovar, aumentar su productividad y crecer, en particular en lo que se refiere a la nube, la computación de alto rendimiento y la cuántica, así como a la inteligencia artificial IA y sus aplicaciones industriales.
- **Semiconductores**, un motor y facilitador clave para la cadena de valor de la electrónica, y un elemento estratégico para la seguridad y la fortaleza industrial de Europa en todos los sectores.

Según este informe, **la ventaja competitiva de Europa en los próximos años descansará en su capacidad para digitalizar toda la economía y para construir**

**posiciones sólidas en tecnologías avanzadas.** Más allá del tamaño del propio sector TIC, lo determinante es por tanto su efecto tractor sobre productividad, eficiencia y calidad/innovación de productos y servicios en el resto de los sectores.

El informe Draghi advierte que el modelo industrial de la UE, históricamente apoyado en importar tecnología avanzada y exportar bienes, ya no acompasa la velocidad del cambio tecnológico. En la próxima década, el 70% del nuevo valor económico será de base digital, mientras la UE depende de terceros para más del 80% de sus productos y servicios digitales, infraestructuras y propiedad intelectual. Entre 2013 y 2023, la cuota europea en los ingresos TIC globales cayó del 22% al 18%, frente al avance de EE. UU. (del 30% al 38%) y China (del 10% al 11%), y se proyecta un 11% para 2026 (Draghi, 2024, págs. 67-68). Esta brecha refleja limitaciones en la capacidad europea de captura de valor y escalabilidad, no ausencia de infraestructura avanzada. Los proveedores tecnológicos globales han invertido decenas de miles de millones de euros en centros de datos, redes y capacidades de computación en Europa, generando miles de empleos cualificados, ecosistemas de *partners* locales y acceso a IA, analítica avanzada y computación de alto rendimiento. El desafío no es la dependencia de proveedores globales, sino la ausencia de campeones tecnológicos europeos con efectos de red y escala suficientes para competir a nivel global. Liderar tecnologías clave podría generar €2–4 billones de valor añadido corporativo hasta 2040. Europa debe acelerar inversión en infraestructuras punteras, talento y capacidades de datos y computación mediante modelos público-privados que aprovechen las inversiones y capacidades técnicas existentes de proveedores establecidos en territorio europeo, al tiempo que se fortalecen la captura de valor por parte de empresas europeas.

A su vez, la digitalización eleva el rendimiento del sector público (OECD, 2024). Las soluciones digitales y de IA permiten mejorar servicios clave como la administración electrónica, sanidad, justicia o educación, reduciendo costes y apoyando a empresas y prestando mejores servicios a los ciudadanos.

A ello se añade una dimensión estratégica. En un contexto de competencia geopolítica y políticas industriales agresivas de terceros países, se resiente la seguridad de suministro de tecnologías críticas y materias primas esenciales, lo que exige reforzar capacidades a lo largo de toda la cadena de valor.

**Respecto al valor del dato en Europa**, es fundamental distinguir entre tres conceptos frecuentemente confundidos en el debate público: la titularidad de la infraestructura, la ubicación geográfica del procesamiento y el control operativo sobre los datos.

Si bien se estima que el 90% de los datos europeos circulan a través de infraestructuras gestionadas por proveedores con presencia global, esto no implica una transferencia fuera de la jurisdicción europea. No obstante, existen diferencias sustanciales entre proveedores en cuanto al grado de control efectivo que otorgan al cliente. Algunos proveedores *cloud* han sido diseñados desde su origen con la soberanía del dato como principio arquitectónico, lo que se denomina un enfoque *sovereign-by-design*, mientras que otros han incorporado controles de residencia y acceso de forma progresiva, con excepciones documentadas en el tratamiento de metadatos, telemetría e identidad que pueden implicar transferencias fuera del territorio europeo por diseño operativo.

En el modelo más avanzado de protección, el proveedor garantiza al cliente tres pilares verificables de control:

- Ubicación: el cliente selecciona la región geográfica donde se almacenan y procesan sus datos. El proveedor se compromete contractualmente a no transferir datos fuera de dicha región salvo instrucción expresa del cliente o requerimiento legal válido.
- Titularidad: el cliente mantiene la propiedad exclusiva de sus datos en todo momento. El proveedor actúa exclusivamente como procesador, sin derechos de uso, explotación comercial ni acceso al contenido del cliente.
- Control operativo: el cliente gestiona en exclusiva las claves que cifran sus datos, de modo que ni el propio proveedor puede acceder al contenido almacenado. La arquitectura del servicio garantiza, por diseño, que ninguna persona (incluido el personal del proveedor) pueda visualizar o extraer la información del cliente. Ante solicitudes de acceso por parte de autoridades de terceros países, el proveedor se compromete contractualmente a impugnarlas, notificar al cliente y, solo en caso de obligación legal ineludible, facilitar únicamente la información estrictamente necesaria.

En lo que respecta a los metadatos (identificadores de recursos, etiquetas de configuración, controles de acceso y políticas de uso), estos no constituyen contenido del cliente y el proveedor recomienda no incluir en ellos información personal, confidencial o sensible. En los modelos más robustos de soberanía, como la Nube Soberana Europea, tanto el contenido del cliente como los metadatos creados por el cliente permanecen dentro de la partición europea y no pueden ser accedidos desde fuera de la UE sin autorización expresa del cliente. Esto contrasta con otros modelos donde determinados metadatos operativos (rutas de gestión de recursos, telemetría de servicios no regionales o identificadores de directorio) pueden ser procesados fuera del perímetro europeo como parte del funcionamiento normal del servicio.

No se deriva pérdida de valor del dato, por tanto, de la utilización de infraestructura gestionada por proveedores globales que operan bajo estos principios de soberanía por diseño, sino de la insuficiente capacidad del tejido empresarial europeo para explotar comercialmente los datos que genera. Proteger y aprovechar este activo requiere garantizar el empoderamiento de los propietarios mediante controles técnicos verificables, marcos regulatorios que faciliten portabilidad e interoperabilidad, y el desarrollo de capacidades analíticas y de inteligencia artificial propias en las empresas europeas.

La digitalización es, finalmente, palanca de descarbonización. Tecnologías como el Internet de las Cosas (*IoT*) y sensores remotos, fabricación aditiva y mantenimiento predictivo, entre otros, impulsan la circularidad, el ahorro energético y una gestión más inteligente de recursos. Esta sinergia presenta, no obstante, tensiones operativas: ambas transformaciones demandan acceso a capacidad eléctrica, generando competencia por un recurso actualmente limitado en la red de transporte y distribución. Resolver estos cuellos de botella mediante inversión en infraestructura eléctrica y modelos regulatorios eficientes resulta crítico para materializar simultáneamente ambas transiciones. Esta interacción entre descarbonización y digitalización es un elemento que potenciar, dado que, apuntala además el modelo social europeo. Con población envejecida y menos horas trabajadas per cápita, los

servicios públicos digitales aumentan la resiliencia socioeconómica, la cohesión social y territorial, y preservan niveles de vida.

A continuación, se relacionan las principales infraestructuras IT y digitales en el contexto descrito:

- **REDES DE BANDA ANCHA DE ALTA VELOCIDAD/CAPACIDAD**

Europa entra en la fase decisiva de la Década Digital con una base de conectividad amplia pero todavía estructuralmente fragmentada y financieramente tensionada. Según Connect Europe (2025), el ecosistema europeo de conectividad representa ya el 4,7% del PIB europeo ( $\approx$ 1 billón de euros en 2023), lo que confirma su carácter estratégico para la competitividad y la autonomía tecnológica del continente.

Sin embargo, persisten debilidades estructurales. En 2024, Europa contaba con 41 grupos operadores móviles con más de 500.000 clientes, frente a 5 en EE. UU., 4 en China y Japón y 3 en Corea del Sur. Esta fragmentación, unida a una intensa competencia intramercado, sigue presionando los márgenes y limitando la capacidad de generación de retornos adecuados.

En términos de ingresos, la situación continúa deteriorándose en términos reales en Europa. En 2023, los ingresos minoristas crecieron nominalmente un 1,7%, pero cayeron un 4,4% en términos reales, dado que la inflación alcanzó el 6,4% en la UE. El ARPU<sup>2</sup> móvil europeo se situó en 14,8 € mensuales en 2023, muy por debajo de EE. UU. (41,7 €), Corea del Sur (26,0 €) y Japón (22,6 €), y además cayó un 5,9% en términos reales respecto al año anterior.

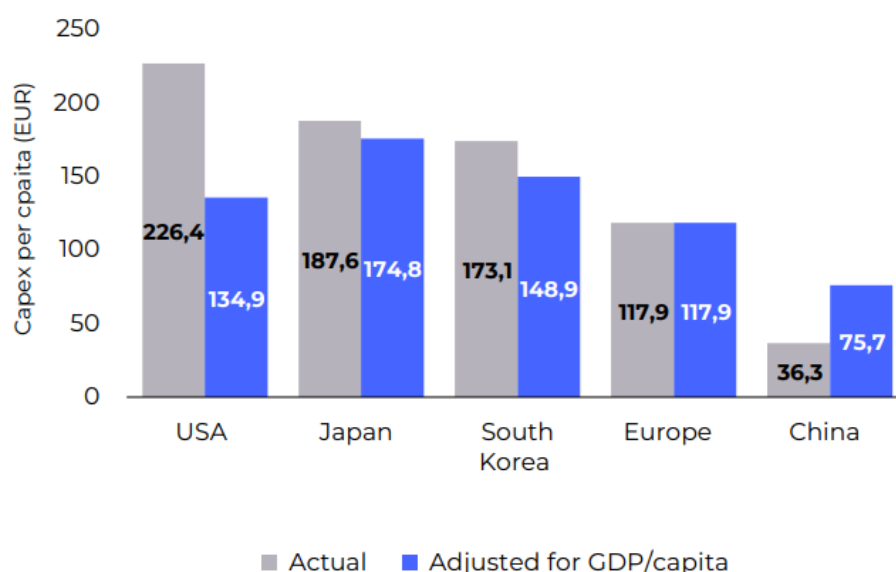
En paralelo, la rentabilidad estructural sigue por debajo del coste de capital. El ROCE del sector se situó en 5,9% en 2023, inferior al 6,6% registrado en 2017 y por debajo del coste medio ponderado del capital. Este diferencial negativo compromete la sostenibilidad inversora a medio plazo.

Desde el lado inversor, tras una década de crecimiento continuo, la inversión total en telecomunicaciones en Europa cayó un 2% en 2023, hasta 57.900 millones de euros. A su vez, la inversión en bienes de capital per cápita se situó en 117,9 €, un nivel inferior al de EE. UU., Japón y Corea del Sur incluso tras ajustar por las diferencias de PIB per cápita.

---

<sup>2</sup> El ARPU mide los ingresos medios mensuales generados por cada usuario activo.

Gráfico 1: Gasto de capital per cápita, China, Europa, Japón, Corea del Sur y Estados Unidos, 2023



Fuente: Analysis Mason, 2024

El tráfico sigue creciendo a dos dígitos (+90% en fijo y +138% en móvil entre 2019 y 2022) mientras que el retorno sobre el capital permanece por debajo del coste medio ponderado, un binomio que tensiona la financiación de las redes del futuro. La propia Comisión y el BCE estiman necesidades de ~€200.000 millones para alcanzar cobertura gigabit y 5G en áreas pobladas, metas que exigen inversión privada sostenida y marcos regulatorios alineados con escala y eficiencia; y la intensificación de nodos en el borde (véase la Sección 5.3) y mini centros de datos próximos al usuario y a la planta productiva.

A estos retos se suman desequilibrios de diseño institucional. Durante 25 años, muchas subastas de espectro radioeléctrico<sup>3</sup> han priorizado maximizar ingresos nacionales frente a compromisos de inversión, calidad o innovación, y los requisitos regulatorios (ciberseguridad, vigilancia legalmente aprobada de los servicios de IT, servicios de emergencia) se mantienen descoordinados a nivel estatal. El resultado es un mosaico normativo con >270 autoridades implicadas y barreras a la escala transfronteriza.

Por último, ningún actor de la UE tiene una cuota significativa en el sector del software para dispositivos de comunicación. Esto se debe al dominio de Google y Apple en los sistemas operativos móviles en la UE (con Android acaparando alrededor del 60% y el sistema iOS de Apple aproximadamente el 39% de la cuota de mercado en 2026). En cuanto a los terminales móviles inteligentes, los fabricantes de la UE han desaparecido prácticamente, y el mercado vuelve a estar dominado por Apple (39% de cuota de mercado) y los proveedores asiáticos (en particular, Samsung, con un 31% de cuota de mercado, y Xiaomi, con un 9,5%). Como resultado de todas las tendencias descritas, la capitalización bursátil de los operadores de telecomunicaciones y

<sup>3</sup> Las subastas de espectro son un componente fundamental de la industria de las telecomunicaciones, ya que determinan cómo se asignan las frecuencias inalámbricas a los operadores de redes móviles. Estas subastas desempeñan un papel crucial en la configuración del panorama competitivo de la industria, así como en el impulso de la innovación y la inversión en nuevas tecnologías.

proveedores de equipos de la UE se ha reducido y es ahora menor que la de sus competidores.

Esta ausencia de actores europeos en dispositivos y sistemas operativos móviles contrasta con otros segmentos de infraestructura digital, donde la inversión extranjera ha catalizado el desarrollo del ecosistema tecnológico europeo sin impedir que empresas del continente mantengan control operativo sobre sus datos y aplicaciones bajo jurisdicción de la UE. La clave no radica en la nacionalidad del proveedor, sino en las garantías técnicas y legales de control, seguridad y cumplimiento regulatorio que permiten a empresas europeas mantener soberanía operativa sobre sus datos y aplicaciones mientras aprovechan infraestructura de clase mundial.

Frente a este diagnóstico, la Comisión Europea ha propuesto recientemente el *Digital Networks Act* (DNA), que representa la revisión más importante de la normativa de la UE en materia de conectividad en más de una década, no como una reforma a gran escala, sino como un esfuerzo específico para racionalizar el marco, mejorar la coordinación y lograr una mayor uniformidad entre los Estados miembros, aunque sin llegar a las reformas de mayor alcance previstas en los informes de Draghi y Letta.

La llegada de modelos de IA de gran escala ha acelerado el paso de infraestructuras centralizadas hacia arquitecturas híbridas y distribuidas que requieren además de centros de datos, nodos *edge*, redes de alta capacidad capaces de absorber tráfico bidireccional creciente. Los patrones tradicionales de tráfico dominados por el enlace descendente<sup>4</sup> se están invirtiendo, ya que la inferencia de IA y el análisis audiovisual intensivo demandan un incremento sustancial del tráfico ascendente, con la consecuente subida masiva de datos a la red.

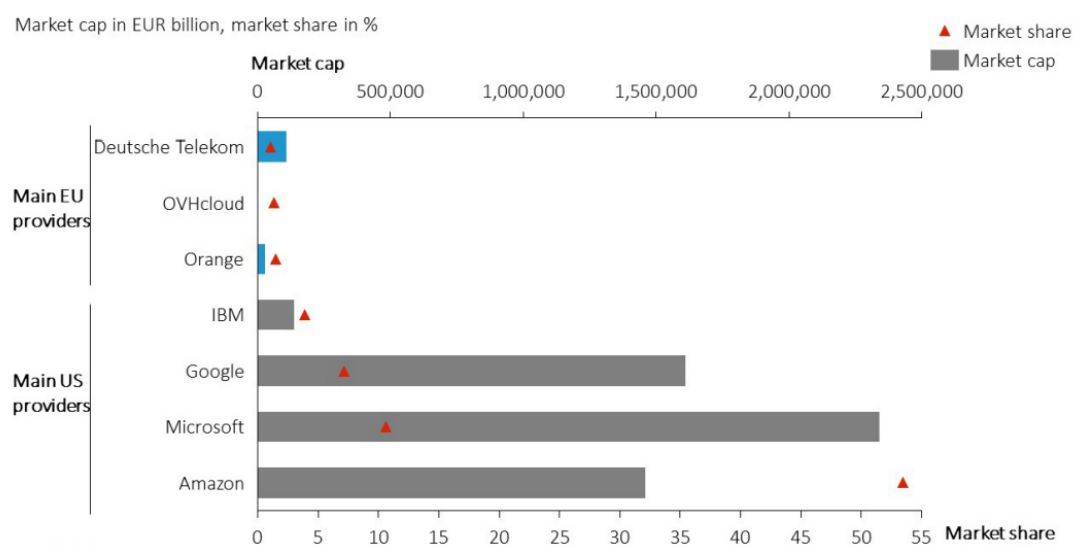
- **COMPUTACIÓN E IA**

La base física de la computación es principalmente el centro de datos. Todo el ciclo (entrenamiento, *fine-tuning*, inferencia y prestación de servicios) vive mayoritariamente en regiones nube (o *cloud* en inglés) y reside en *hubs* de centros de datos, aunque la inferencia y la prestación de servicios se mueven cada vez más al *edge computing*. En Europa, la demanda de nube crece con fuerza (mercado de €87.000 M en 2022 y se estima €200.000 M en 2028), pero la captura de valor está dominada por los tres hiperescalares estadounidenses (AWS, Azure, GCP), que ya concentran ~65% de la cuota del mercado. La presencia de estos proveedores ha acelerado la inversión *cloud* en la UE y ha permitido beneficiarse de economías de escala global a compañías europeas de diferentes sectores.

---

<sup>4</sup> El enlace descendente (o *downlink*) es la transmisión de datos desde un nodo central o superior (como un satélite, estación base o internet) hacia un dispositivo de usuario final o nodo inferior. Es el proceso utilizado para descargar, recibir información o navegar, siendo el opuesto funcional al enlace ascendente (o *uplink*).

Gráfico 2: Capitalización bursátil y cuota de mercado de los principales proveedores de servicios en la nube



Fuente: IDC, 2024.

Los proveedores europeos, más presentes en IaaS (Infraestructura como Servicio) que en PaaS (Plataforma como Servicio), han visto caer su cuota por debajo del 16%, con el mayor operador de la UE en torno al 2% del mercado. Además, afrontan costes de energía y suelos (dos partidas críticas del gasto operativo de un centro de datos) sensiblemente más altos que en otras geografías, lo que encarece nuevas regiones *cloud* y limita la expansión de plataformas completas.

El auge de configuraciones de “nube soberana” responde tanto a estas limitaciones de escala como a la evolución de capacidades técnicas de soberanía operativa ofrecidas por los principales proveedores *cloud*. La soberanía digital efectiva no depende exclusivamente de la titularidad europea de la infraestructura física, sino de garantías técnicas verificables: control exclusivo del cliente sobre claves de cifrado, entornos de computación aislados donde ni siquiera el proveedor puede acceder a los datos procesados, trazabilidad completa de accesos, y arquitecturas de confianza cero. Estas capacidades técnicas, combinadas con el cumplimiento de marcos regulatorios europeos (GDPR, NIS2, *Data Act*) y la ubicación física de datos en territorio de la UE, proporcionan soberanía operativa independientemente del origen del proveedor de infraestructura.

**Sin electricidad suficiente y competitiva, suelo adecuado y altos niveles de eficiencia operativa, el círculo virtuoso cómputo-IA no gana inercia.** A esto se suma que el consumo eléctrico global de los centros de datos (incluidos los dedicados a IA) podría superar los 800 TWh en 2026, aproximadamente el doble que en 2022. Con este telón de fondo, Europa tiene que optimizar:

- **ubicación** (cercanía a energía abundante y competitiva),
- **diseño** (refrigeración avanzada y mejor eficiencia en el uso de la energía) para sostener el crecimiento del cómputo y contener costes, en condiciones que no generen distorsiones en la competencia entre los diferentes Estados miembros o desventajas competitivas del conjunto de la UE.

En el ámbito de la computación de alto rendimiento (o HPC, por sus siglas en inglés), en cambio, la UE tiene una ventaja diferencial con la empresa común Euro-HPC. Tres de sus supercomputadores: LUMI (Finlandia), Leonardo (Italia) y Mare Nostrum 5 (España) figuran entre los 10 más potentes del mundo; y están planificados dos sistemas exaescala<sup>5</sup> para un futuro cercano. Por su parte, con el paquete de Innovación en IA y el desarrollo del programa *AI Continent*, la Comisión está abriendo esta capacidad a *startups* y pymes de IA para entrenamiento y *fine-tuning*, extendiendo su uso más allá de la ciencia pública. Para ello, se trabaja en tres pilares de desarrollo, para acercar la IA a las empresas: gigafactorías de IA (centros de alta intensidad de cómputo en IA), programas de desarrollo públicos financiados con fondos IPCEI, y desarrollo de soluciones de IA. La clave es acoplar este activo a centros de datos comerciales y a cargas de trabajo (*workloads* en inglés) de industria para que el rendimiento no se quede en los laboratorios.

La adopción empresarial de IA en la UE es baja (≈11% de empresas en 2023, con un objetivo 75% a 2030). Desde 2017, EE. UU. concentra alrededor del 73% de los modelos fundacionales<sup>6</sup> desarrollados y China, cerca del 15%. Además, el capital riesgo en IA fue de \$8.000 M en la UE frente a \$68.000 M en EE. UU. y \$15.000 M en China; y en etapas avanzadas la distancia es aún mayor. Como consecuencia, las empresas europeas que desarrollan modelos generativos (p. ej., Aleph Alpha, Mistral) deben buscar financiación extracomunitaria para escalar.

Por último, los solapamientos y diferencias en la aplicación de GDPR y *AI Act* generan incertidumbre y costes de cumplimiento, justo cuando prima la velocidad de iteración y el *time-to-market*.

Por un lado, la Comisión Europea propone armonizar *sandboxes* de IA (es decir, entornos controlados donde se pueden desarrollar, probar y validar sistemas de IA antes de lanzarlos al mercado) y simplificar reglas (sobre todo para pymes). Por otro lado, pone como objetivo intensificar el uso de HPC para entrenamiento pesado, la “cloudificación” de la red para elasticidad/servicios y soluciones edge como extensión complementaria de arquitecturas híbridas cloud-edge para casos de uso que requieren latencia ultrabaja y procesamiento local, conectando nodos públicos y privados. El edge computing no constituye una alternativa a la computación en la nube, sino una capa adicional que mantiene integración con capacidades centralizadas de la nube para gestión, orquestación, analítica agregada y almacenamiento a largo plazo.

La propuesta de un “*EU Cloud & AI Development Act*” incluye ampliar Euro-HPC a almacenamiento y capacidades *cloud*, distribuir físicamente la capacidad por Europa (facilitando el entrenamiento multi-sede) y crear un marco de “capital de cómputo” público para ceder capacidad a *startups*/pymes a cambio de retornos reinvertidos en nueva infraestructura. Todo ello anclado en centros de datos de distinta escala (desde centros hiperescalares hasta *edge nodes*) y con cumplimiento regulatorio como ventaja europea.

---

<sup>5</sup> La computación a exaescala hace referencia a los sistemas de computación capaces de realizar un mínimo de 1 exaflop (10<sup>18</sup>) u operaciones de coma flotante por segundo.

<sup>6</sup> También conocido como transformador, un modelo fundacional es un algoritmo de IA entrenado con grandes cantidades de datos amplios (IBM, s.f.).

- **FACTORÍAS Y GIGAFACTORÍAS DE IA**

Las factorías y gigafactorías de IA son infraestructuras de computación de alto rendimiento concebidas para el entrenamiento, desarrollo y despliegue de inteligencia artificial a gran escala. Operan como centros industriales del dato, apoyados en computación de alta densidad, grandes capacidades de almacenamiento y decenas o cientos de miles de procesadores avanzados capaces de tratar volúmenes masivos de información.

En el caso de las factorías de IA, su función principal consiste en poner potencia de cálculo, servicios técnicos y apoyo especializado al alcance de empresas, pymes, *startups* y centros de investigación, con el fin de acelerar la creación de soluciones avanzadas y la adopción de la IA en la economía productiva. Las gigafactorías representan un salto de escala, ya que están pensadas para entrenar modelos complejos de nueva generación y concentrar una capacidad de cómputo muy superior, apta para sostener la próxima oleada de IA generativa y analítica avanzada.

Disponer de este tipo de infraestructuras en territorio propio permite desarrollar y operar IA avanzada sin depender exclusivamente de proveedores externos. Para las empresas, supone mayor control sobre los datos, el rendimiento y los costes. Para los territorios, refuerza la **soberanía digital**, entendida como la capacidad de decidir dónde se almacenan los datos, bajo qué marcos jurídicos se procesan y qué infraestructuras sostienen la innovación. Frente a la dependencia de los servicios en la nube dominados por grandes compañías estadounidenses (y ante el empuje chino), la Unión Europea quiere construir su propia base tecnológica en un ámbito decisivo para la competitividad futura.

Para ello, Europa ha convertido esta cuestión en una prioridad industrial. Por un lado, a través de EuroHPC, la UE ha desplegado 19 factorías de IA y 13 antenas de factorías, apoyándose en la red europea de supercomputación y con especial atención a pymes y *startups*. Por otro, el *AI Continent Action Plan*, presentado en 2025, prevé la construcción de hasta siete gigafactorías europeas. El plan contempla 200.000 millones de euros de inversión para impulsar la IA en Europa, incluida la iniciativa InvestAI, que aspira a movilizar 20.000 millones de euros para las gigafactorías. En la convocatoria lanzada en julio de 2026, la UE y los Estados miembros prevén aportar hasta 10.000 millones de euros de financiación pública, con el objetivo de desbloquear al menos 20.000 millones de euros de inversión privada en toda la Unión, lo que supone más de 30.000 millones de euros de inversión total asociada a esta nueva generación de infraestructuras. Paralelamente, la UE aspira a triplicar su capacidad de centros de datos en los próximos cinco a siete años.

España parte de una base consolidada, con factorías de IA ya operativas en el *Barcelona Supercomputing Center* y en el Centro de Supercomputación de Galicia, ambas respaldadas por inversiones estatales. Sobre ese sustrato, el Gobierno ha oficializado la candidatura para albergar una gigafactoría europea en Móra la Nova (Tarragona), con posible implicación complementaria de emplazamientos como San Fernando de Henares. Además, España y Portugal han acordado explorar una candidatura ibérica que refuerce el posicionamiento de la península como uno de los grandes nodos de IA soberana.

- **CABLES SUBMARINOS Y PUNTOS DE AMARRE**

Los cables submarinos de fibra óptica constituyen la infraestructura crítica central de la era digital. Según el informe *“España en la red global de cables submarinos”* (García Pérez, 2023), entre el 95 y 99% de las comunicaciones digitales que se producen diariamente transita a través de estos cables. Frente a tecnologías alternativas ya sean inalámbricas o satelitales, los cables submarinos ofrecen ventajas difíciles de superar en términos de capacidad, velocidad y seguridad de transmisión, gracias, entre otros factores, a los avances que permiten instalar una nueva generación de cables de alta capacidad, única tecnología capaz de absorber el enorme incremento en la demanda de ancho de banda impulsado por el almacenamiento en la nube, el despliegue de redes 5G, el IoT y la IA.

Estos sistemas conforman ecosistemas complejos en los que intervienen desde fabricantes, propietarios y gestores de los sistemas hasta las grandes tecnológicas. Su capacidad de transmisión ha crecido exponencialmente en los últimos diez años, pasando de 4 Tb/s a finales del siglo XX a 480 Tb/s en la actualidad.

Como indica este mismo informe, la transmisión de datos por cable ofrece ventajas indiscutibles en comparación con los satélites: mayor fiabilidad ante condiciones meteorológicas, menor latencia y un ancho de banda incomparable, lo que la convierte en la columna vertebral de la red global. Si bien es cierto, por otro lado, que los satélites son útiles en zonas remotas, estos siempre se integran en puntos próximos a los sistemas de cables. Por ello, el papel de esta infraestructura como red troncal es, por el momento, insustituible.

Como en el caso de otras infraestructuras críticas, los cables submarinos están expuestos también a amenazas físicas (ya sean incidentes causados por la actividad humana o por fenómenos naturales), digitales (ataques cibernéticos) y, más recientemente, de carácter geopolítico (acciones de sabotaje o espionaje). Son especialmente vulnerables en estaciones de aterrizaje y puertos de desembarque, donde su mayor accesibilidad y concentración de cables aumenta el riesgo.

En el plano geopolítico, la creciente importancia estratégica de los cables submarinos ha intensificado la rivalidad entre EE. UU. y China. Washington busca mantener su liderazgo como centro mundial de tráfico de red, que ha ido disminuyendo en paralelo al incremento del acceso de otros países a la red global. Este mismo informe señala que existe un riesgo real de que esta rivalidad por el control de tecnologías de vanguardia pueda crear una suerte de división del mundo en bloques opuestos con una interconexión limitada, afectando al desarrollo tecnológico y económico y con consecuencias significativas para todos.

La demanda de ancho de banda se prevé que siga creciendo, especialmente en regiones como África, América del Sur y Oriente Medio, donde aún faltan infraestructuras básicas. En este escenario, cabe destacar la posición geográfica de la península ibérica, que la sitúa en una encrucijada estratégica en las conexiones de cable submarino entre continentes, susceptible de conformar un *hub* digital en el sur de Europa, gracias a los recientes desarrollos.

La instalación de sistemas de última generación en la península ibérica durante los últimos años ha alterado el carácter nacional/territorial de los puntos de desembarco que hasta entonces caracterizaba a estas instalaciones. La proyección en tierra de



Los operadores de Inteligencia Artificial requieren el despliegue de nuevos proyectos en plazos muy cortos (12 a 18 meses) comparados con los que tradicionalmente se han empleado en construir y poner en servicio en los centros de datos tradicionales (24 a 36 meses), incluyendo la infraestructura y conexión eléctrica a la red eléctrica nacional. La competencia del mercado entre los numerosos modelos de IA que se están lanzando empuja a los operadores de IA a incrementar su capacidad de cómputo de manera muy rápida. Esa exigencia se traslada a los operadores de centros de datos, quienes establecen como criterio crítico de éxito la posibilidad de desplegar nuevas capacidades en tiempo cada vez menor.

Además, como factor muy determinante, la IA aporta un elemento de incertidumbre a la hora de diseñar y construir nuevos centros de datos. La razón radica en que los fabricantes de chip (GPU) están lanzando al mercado nuevas tecnologías en periodos de tiempo muy corto (1 a 2 años), y cada nueva generación requiere más consumo de potencia (más disipación de calor). Hablamos de que entornos actuales de IA que requieren 50kW de potencia por rack en los centros de datos, irán transitando por 120kW, 150kW, 300kW, 600kW, 800kW hasta llegar a futuras generaciones de GPU que requieran una capacidad de potencia por rack superior a 1MW.

Este escenario implica que las arquitecturas de los centros de datos tienen que ser modulares, permitiendo crecer por fases con recursos tecnológicos que se adapten en cada momento a las tecnologías de IA existentes.

Para poder conseguir estos tiempos, los elementos prefabricados y modulares se convierten en fundamentales para reducir el tiempo de construcción.

Históricamente, los mercados FLAP-D (Fráncfort, Londres, Ámsterdam, París y Dublín) han concentrado la mayor parte de estas infraestructuras por la conectividad, las condiciones de mercado, la seguridad jurídica y la confiabilidad en el suministro energético que ofrecen. Sin embargo, la creciente saturación de estos nodos, debido principalmente a la escasez de suelo, precios elevados y la falta de disponibilidad de energía renovable, ha impulsado la búsqueda de mercados alternativos en otras regiones europeas.

Como respuesta, España emerge como destino alternativo estratégico para la localización de centros de datos, debido principalmente a la conectividad ofrecida por la instalación de cables de nueva generación, pero también por otros factores como su capacidad para ofrecer suministro eléctrico de generación renovable, en línea con los objetivos de descarbonización y reducción de emisiones de CO2 fijados por la Unión Europea.

Los centros de datos como infraestructura estratégica se estudiarán en detalle más adelante a través de la presentación de un caso práctico.

- **EDGE COMPUTING**

El *edge computing* es una arquitectura tecnológica complementaria a la computación en la nube centralizada que permite procesar y almacenar datos cerca de la fuente donde se generan, en lugar de enviarlos a centros de datos centralizados o nubes públicas. Esta proximidad permite reducir la latencia, mejorar la eficiencia y optimizar recursos, que permite soportar aplicaciones que requieren respuestas en tiempo real y autonomía local, como la IA, la automatización industrial o los servicios

críticos, y, al mismo tiempo, gestionar el creciente volumen de dispositivos conectados.

Esta arquitectura distribuida multinivel anticipa la necesidad de decenas de miles de ubicaciones distribuidas, tanto urbanas como rurales, apoyándose en infraestructuras como las de los operadores de telecomunicaciones, mientras que los centros de datos continúan siendo esenciales como núcleo de procesamiento, almacenamiento masivo y orquestación de la infraestructura Edge distribuida. El edge computing facilita además la adopción de redes 5G y la integración con infraestructuras privadas y públicas, permitiendo a las organizaciones mantener el control sobre sus datos sensibles mediante procesamiento local, mientras aprovechan las capacidades de escalabilidad, redundancia geográfica y servicios avanzados (IA, ML, analítica) de los centros de datos *cloud*. Aunque enfrenta retos tecnológicos y de gobernanza, es clave para gestionar el aumento de datos y la demanda de servicios personalizados y eficientes en la era digital, siempre en combinación con la infraestructura cloud que proporciona la capacidad de procesamiento, almacenamiento y servicios avanzados.

Al igual que en el caso de los centros de datos, el *edge computing* se abordará con mayor nivel de detalle más adelante a través de la presentación de un caso práctico.

### **2.3. Elementos clave asociados a las infraestructuras IT**

El desarrollo de las infraestructuras IT viene acompañado con el despliegue y la resiliencia de un conjunto de elementos habilitadores que condicionan su escalabilidad, soberanía y competitividad. Para que una estrategia de desarrollo tecnológico sea viable, no basta con desplegar conectividad y capacidad de cómputo, sino que es imprescindible asegurar la disponibilidad de hardware crítico, energía competitiva y estable, materiales estratégicos y suministros confiables.

A continuación, el documento aborda precisamente esos factores estructurales que acompañan y hacen posible el desarrollo de las infraestructuras IT. Por un lado, los semiconductores son el corazón de la economía digital, pues determinan la capacidad de computación, la eficiencia energética de los sistemas, la potencia de entrenamiento de modelos de IA y la autonomía industrial. Por otro, la conectividad 5G/6G y su evolución hacia arquitecturas más densas y de baja latencia constituye la capa de acceso imprescindible para la digitalización productiva, el Internet de las Cosas, la automatización avanzada y los nuevos servicios basados en datos. A ello se suman los materiales críticos, cuya disponibilidad condiciona tanto la fabricación de chips como la transición ecológica, y que representan uno de los principales puntos de vulnerabilidad estratégica de Europa.

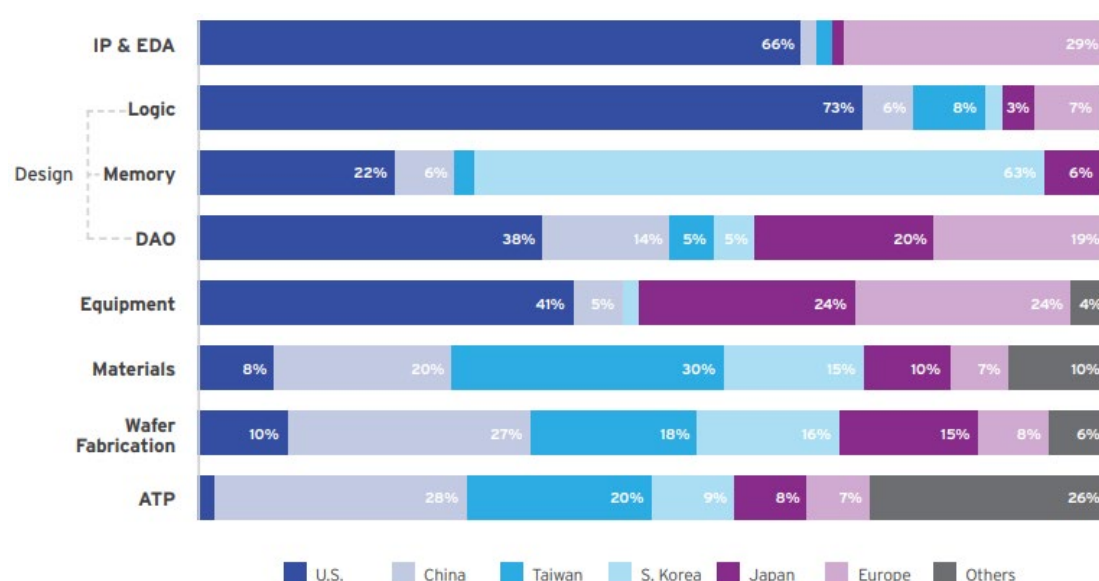
Finalmente, se pone el foco en un componente determinante, el sistema eléctrico. La expansión del *cloud*, la inteligencia artificial y los centros de datos implica demandas intensivas, concentradas y continuas, que solo pueden sostenerse con una red robusta, mallada, digitalizada y anticipatoria. En este sentido, la electricidad y la red de transporte y distribución dejan de ser un mero soporte y pasan a ser una infraestructura habilitadora del desarrollo tecnológico, tan crítica como la conectividad o la capacidad de cómputo. Es conveniente revisar las condiciones de acceso y conexión a la red, modificando los criterios para la ejecución de los permisos y previendo medidas técnicas que permitan que los centros de datos contribuyan a la estabilidad de la red.

- **SEMICONDUCTORES**

El ciclo alcista del sector se ha reactivado con fuerza por el tirón de la IA, los centros de datos y la infraestructura de computación (WSTS, 2025).

El sector mantiene una fuerte concentración por eslabones, con ventajas comparativas muy marcadas. EE. UU. domina gran parte del diseño y el software asociado; Taiwán y Corea lideran la fabricación avanzada (*foundries* y memoria); y Europa y Japón sostienen posiciones críticas en equipos y materiales. En particular, Europa destaca en microlitografía y *mask making*, un segmento donde la UE lidera y que representa una porción muy relevante de las ventas globales de equipos de fabricación (Comisión Europea, 2025a).

Gráfico 3: Valor añadido de la industria de los semiconductores por actividad y región (% del total mundial, 2024)



Fuente: SIA, State of the Industry Report (2025).

Dentro de sus fortalezas industriales, la UE conserva una base competitiva en chips “maduros” (sensores, potencia, microcontroladores), especialmente vinculados a automoción e industria, y un ecosistema de I+D y transferencia tecnológica de primer nivel, además de campeones en herramientas esenciales como la litografía avanzada. Estos activos tienen alto valor añadido y demanda global, y son estratégicos porque condicionan el ritmo de escalado tecnológico mundial.

No obstante, faltan capacidades en memorias y en procesadores avanzados (HPC y GPUs), lo que subordina el ecosistema europeo de IA al *hardware* de terceros (p. ej., Nvidia). Tampoco hay fábricas que fabriquen chips a terceros (*foundries*) para nodos de menos de 22 nm en la UE (el liderazgo lo mantienen TSMC y Samsung) y UE/EE. UU. dependen de Asia para el 75-90% de la producción. Además, Europa es importadora neta de germanio y galio y externaliza gran parte del empaquetado y ensamblaje.

A su vez, cabe recordar que **en el centro de la revolución de la IA se encuentra el rápido avance de la tecnología de semiconductores**. Una tarea de cálculo que antes

tardaba 32 horas en realizarse, ahora se puede llevar a cabo en solo un segundo con la última tecnología de GPU (JLL, 2025). Dado el aumento de la velocidad de procesamiento, los programas de IA pueden entrenarse con conjuntos de datos cada vez más grandes. La capacidad de entrenar, iterar y mejorar los modelos de IA a velocidades cada vez mayores está aumentando el valor de todo el ecosistema de la IA. El ritmo de la innovación en IA seguirá acelerándose con cada nueva generación de GPU.

Con iniciativas como la Ley europea de Chips, Europa busca reforzar la cadena “del laboratorio a la fábrica”, atraer inversión, aumentar capacidad doméstica y establecer mecanismos de vigilancia y respuesta ante disrupciones. Sin embargo, la intensidad de inversión en la UE sigue por el momento por debajo de EE. UU. A ello se suman tramitaciones largas, gobernanza fragmentada y débil coordinación de la demanda ante la ausencia de grandes competidores europeos en electrónica de consumo.

Para reducir riesgos y reforzar capacidades, el informe Draghi sugiere que la UE debería priorizar:

1. Impulsar I+D y escalado en productos convencionales e innovadores de nodos mayores (sensores, potencia, etc.) donde ya existe base industrial.
2. Reforzar una posición soberana en diseño y fabricación, canalizando la transferencia tecnológica hacia las tecnologías más avanzadas.
3. Potenciar a los campeones europeos de equipos y materiales, defendiendo su capacidad exportadora y ampliando mercados.

- **CONECTIVIDAD 5G E INFRAESTRUCTURA SATELITAL**

La conectividad 5G constituye una infraestructura habilitadora clave para la transformación digital de la economía y de la sociedad. Su despliegue progresivo, junto con futuras evoluciones tecnológicas, tiene un impacto directo y transversal sobre la competitividad empresarial, la productividad, la eficiencia en el uso de los recursos y la calidad de los bienes y servicios ofrecidos en múltiples sectores económicos.

Desde el punto de vista empresarial, el 5G permite el desarrollo de nuevos modelos productivos y organizativos basados en la automatización avanzada, el Internet de las Cosas (IoT), el *Edge Computing* y el uso intensivo de datos en tiempo real. Estas capacidades resultan especialmente relevantes en ámbitos como la industria, la logística, la energía, la movilidad, la agricultura de precisión o los servicios digitales avanzados.

En paralelo, el impacto del 5G es claramente perceptible para la ciudadanía. No solo facilita el acceso a productos y servicios digitales más avanzados, sino que mejora de forma sustancial la prestación de servicios públicos digitales y habilita nuevas formas de comunicación personal, más adaptadas a unos hábitos digitales cada vez más intensivos, móviles e interactivos.

La Inteligencia Artificial no solo incrementa el tráfico, sino que transforma por completo cómo deben dimensionarse las redes, dónde se requiere infraestructura y cómo deben regularse los mercados. La IA implica:

- Crecimiento masivo del tráfico *uplink* (ya no solo *downlink*), especialmente por la aparición del *edge*, vídeo avanzado, o agentes autónomos.
- Presión de capacidad que obliga a la densificación de redes, despliegues en entornos adyacentes a los *edge nodes*, más infraestructura compartida para eficiencia.
- Redefinición de la economía de red, ya que la AI no solo incrementa el tráfico, sino que redefine el modelo económico de la red, reforzando el papel estratégico de actores neutros, impulsando la inversión estructural en infraestructura de telecomunicación y promoviendo la compartición de esta.

### **Situación de la cobertura 5G en España**

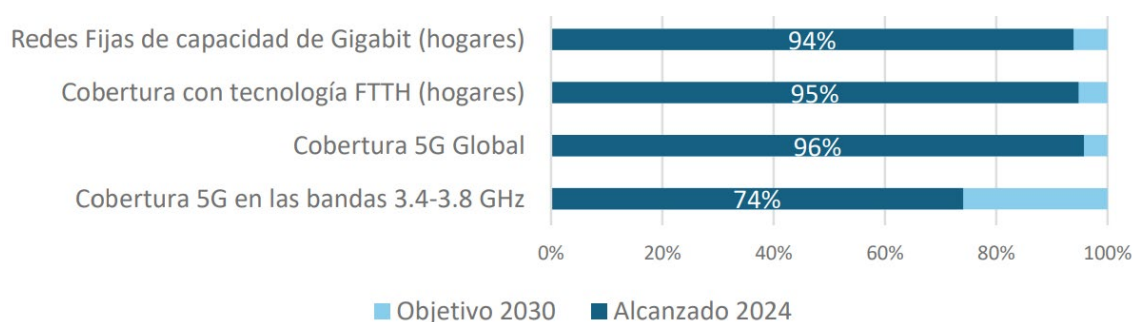
Según el Informe de Cobertura de Banda Ancha del Ministerio para la Transición Digital y de la Función Pública de España, con datos a junio de 2024, la cobertura móvil 5G alcanza ya al 96% de la población, lo que supone un incremento de más de 3,5 puntos porcentuales respecto al año anterior y un avance acumulado de 37 puntos en apenas tres años.

El progreso resulta especialmente significativo en el ámbito rural. En 2024, ocho de cada diez personas en zonas rurales disponen ya de cobertura 5G móvil. Esta cifra contrasta con el 26% registrado en 2021, lo que implica que la cobertura rural se ha triplicado en tres años. Solo entre junio de 2023 y junio de 2024, la cobertura 5G rural aumentó 11 puntos porcentuales.

En términos tecnológicos, también destaca el progreso en las bandas prioritarias europeas (3,4–3,8 GHz). En 2024, la cobertura 5G en estas frecuencias alcanza el 74 % de la población, tras crecer 16 puntos porcentuales en un solo año. En el ámbito rural, la cobertura 5G en la banda de 3,5 GHz ha aumentado más de 12 puntos interanuales, situándose en el 23 %.

El avance en conectividad móvil se complementa con un elevado despliegue de redes fijas de muy alta capacidad. España supera el 90 % de cobertura en tres indicadores clave de la Década Digital 2030 de la Comisión Europea, como muestra el siguiente gráfico:

*Gráfico 4. Indicadores de España en 2024 del progreso hacia los Objetivos Década Digital 2030*



*Fuente: Cobertura de banda ancha en España en el año 2024, junio 2025, Ministerio para la Transición Digital y de la Función Pública de España*

## **Infraestructura satelital**

Las constelaciones satelitales en órbita baja y, en general, las redes no terrestres, se consolidan como complemento a la fibra y al 5G. Aportan cobertura, redundancia y opciones de conectividad rápida allí donde el despliegue terrestre es complejo o donde se requiere resiliencia adicional.

Estas capacidades son especialmente relevantes para zonas rurales o de difícil acceso, *backhaul*<sup>7</sup> temporal, continuidad de negocio ante incidencias en redes terrestres y comunicaciones de emergencia. También complementan casos de uso en movilidad (mar, aire) y en operaciones críticas.

Su incorporación a la planificación de infraestructuras requiere abordar el segmento terreno (*gateways*, estaciones de control), la integración con redes terrestres, la gestión de espectro y la ciberseguridad extremo a extremo. Asimismo, conviene evaluar límites y *trade-offs*: capacidad disponible, latencia, condiciones de propagación y modelos de coste, especialmente en servicios masivos.

A escala europea, el programa IRIS<sup>2</sup> (*Infrastructure for Resilience, Interconnectivity and Security by Satellite*) se consolida como la principal iniciativa para el despliegue de conectividad segura y resiliente. De acuerdo con la Agencia de la Unión Europea para el Programa Espacial (EUSPA), el sistema se articulará en torno a una constelación multiórbita, que integrará satélites en órbita terrestre baja (LEO), media (MEO) y geoestacionaria (GEO), combinando las ventajas específicas de cada una de ellas.

IRIS<sup>2</sup> está concebido para proporcionar servicios avanzados de comunicaciones seguras a las instituciones de la Unión y a los Estados miembros, al tiempo que ofrecerá conectividad de banda ancha por satélite a ciudadanos, empresas y administraciones públicas. La infraestructura dará soporte a una amplia gama de aplicaciones de mercado, incluyendo acceso móvil y fijo a banda ancha satelital, redes troncales por satélite y conectividad para redes de transporte. Asimismo, el sistema reforzará la conectividad mediante redes híbridas apoyadas en capacidades satelitales, facilitando el desarrollo de servicios avanzados de banda ancha por satélite y soluciones digitales basadas en la nube, y contribuyendo así a la resiliencia, autonomía estratégica y cohesión territorial de la Unión Europea.

Para España, además del uso en servicios públicos (emergencias, seguridad, protección civil) y sectores como marítimo, aeronáutico, energía o agricultura, existe una oportunidad industrial y de servicios, la de albergar parte del segmento terreno (*gateways/teleports*), capacidades de integración con operadores de telecomunicaciones y centros de operación y ciberseguridad asociados.

### **• MATERIALES CRÍTICOS**

Las materias primas fundamentales o críticas son aquellas de gran importancia económica y estratégica para la Unión Europea, cuyo suministro presenta un riesgo elevado de interrupción debido a la fuerte concentración geográfica de su producción, la dependencia de terceros países y la escasez de sustitutos técnica y

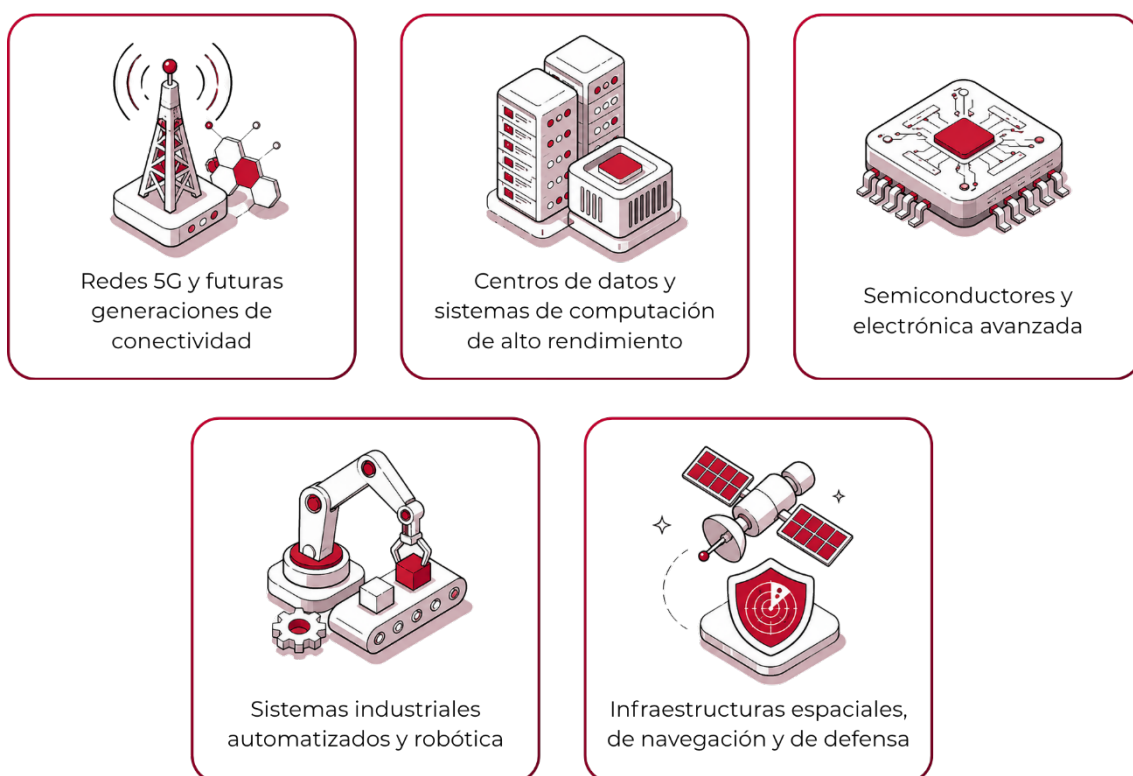
---

<sup>7</sup> En una red de telecomunicaciones, el *backhaul* es la parte de la red que conecta y transporta los datos desde los nodos de acceso hasta el núcleo central de la red (*backbone*).

económicamente viables. La Comisión Europea ha identificado 34 materias primas fundamentales, de las cuales 17 son materias primas estratégicas, que son aquellas cuyo uso se concentra de forma particularmente intensa en infraestructuras IT clave, y cuya demanda se prevé que crezca de forma acelerada en los próximos años.

En el contexto actual, estas materias primas constituyen la base material imprescindible de las infraestructuras IT sobre las que se apoya la economía digital, industrial y de seguridad del conjunto de la UE. Redes de telecomunicaciones, centros de datos, semiconductores, sistemas de defensa, infraestructuras espaciales, electrificación avanzada y automatización industrial dependen de un acceso estable y competitivo a un amplio conjunto de materiales críticos.

Las infraestructuras IT modernas no se limitan a redes físicas o digitales visibles, sino que descansan sobre una capa material invisible formada por metales, minerales y compuestos especializados. Sin estos materiales no es posible desplegar ni operar infraestructuras clave como:



Además, la creciente intensidad material de estas infraestructuras (más capacidad de cálculo, mayor densidad de red, menor tamaño de los componentes) implica un aumento sustancial en la demanda de materiales especializados, muchos de ellos con mercados estrechos y cadenas de suministro altamente concentradas.

En este sentido, los materiales críticos son un factor sistémico que condiciona la capacidad de la UE para diseñar, desplegar y mantener infraestructuras IT propias.

Adicionalmente, en el nuevo contexto tecnológico, la IA actúa simultáneamente como motor de demanda y como herramienta de optimización de la infraestructura. Su uso en procesos de mantenimiento predictivo, orquestación inteligente, visión artificial y asignación dinámica de recursos permite aumentar la eficiencia operativa,

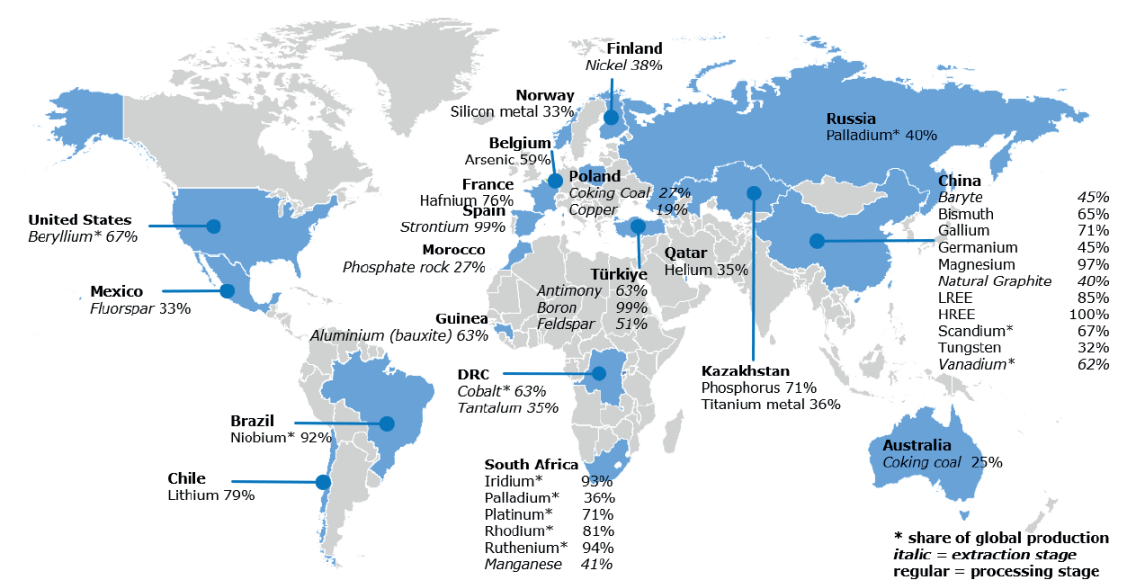
reduciendo costes y mejorando la capacidad de adaptación del sistema. El crecimiento de la IA, 5G y 6G exige escalar infraestructuras, aumentar la densidad, mejorar la calidad de red y garantizar resiliencia energética. Hoy en día, la IA solo puede desplegarse sobre redes robustas, densas y resilientes, lo que refuerza el papel crítico de las infraestructuras de telecomunicación y su posible compartición.

### Dependencia estructural y vulnerabilidad tecnológica

La producción de materias primas minerales dentro de la UE no cubre las necesidades de sus propias infraestructuras IT. Menos del 7%WSTS de la producción minera mundial se localiza en territorio europeo, mientras que la UE representa en torno al 20% del consumo global (Comisión Europea, 2023). Esta brecha refleja una dependencia estructural de proveedores externos, especialmente en fases críticas como la extracción y el refinado.

Además, la limitada capacidad europea de procesamiento y transformación de materiales críticos amplifica esta dependencia, ya que la UE importa no solo materias primas, sino también componentes, equipos y sistemas finales que ya incorporan dichos materiales. Esto reduce el control europeo sobre costes, plazos, estándares y seguridad de suministro de sus infraestructuras IT.

Gráfico 5: Principales proveedores de materias primas críticas de la UE



Fuente: Comisión Europea, Estudio sobre las Materias Primas Críticas para el 2023 UE- Informe final

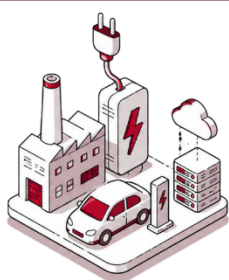
- RED ELÉCTRICA

La eficiencia energética y la electrificación se han consolidado como pilares estratégicos de la política energética europea, no solo desde una perspectiva climática, sino también geopolítica, económica y de seguridad. Cada mejora del 1% en eficiencia energética reduce las importaciones de gas de la UE en un 2,6%, lo que se traduce en una menor exposición a shocks externos, una contención estructural de

los precios de la energía y una reducción acumulada de la factura de importaciones de combustibles fósiles cercana al 25%<sup>8</sup>.

En este contexto, el “*Plan de Acción para una Energía Asequible*” de la Comisión Europea combina medidas de impacto inmediato sobre los precios con reformas estructurales orientadas a modernizar el sistema energético europeo, reforzar las redes y preparar el sistema para una demanda crecientemente electrificada y digitalizada. El objetivo último es completar la Unión de la Energía, superando fragmentaciones nacionales y cuellos de botella físicos y regulatorios.

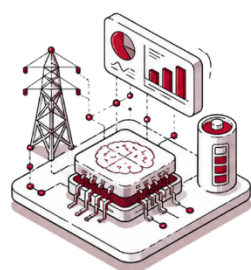
Para ello, la Comisión identifica tres grandes vectores de actuación:



Aumentar la electrificación de la demanda final, especialmente en industria, transporte y servicios digitales.



Intensificar la eficiencia energética, con especial foco en el sector residencial, que requiere inversiones del orden de 241.000 millones de euros anuales.



Acelerar la adopción de soluciones digitales avanzadas y de inteligencia artificial, tanto para optimizar el consumo como para operar sistemas energéticos cada vez más complejos.

La Comisión estima que, para cumplir los objetivos energéticos y climáticos, la UE deberá movilizar más de 695.000 millones de euros anuales entre 2031 y 2040 en renovables, eficiencia energética y, de forma crítica, capacidad y modernización de las redes eléctricas (Comisión Europea, 2025b). En este esfuerzo será determinante la correcta articulación de inversión pública y privada, apoyada por un marco financiero europeo reforzado. En este sentido, se apunta a un marco financiero plurianual 2028-2034 más ambicioso, con un incremento sustancial del Mecanismo “Conectar

---

<sup>8</sup> Léase las notas de la primera Asamblea General de la Coalición Europea para la Financiación de la Eficiencia Energética, de mayo de 2025.

Europa”, planes de asociación nacionales y regionales y la creación de un Fondo Europeo de Competitividad.

### **La red eléctrica como infraestructura habilitadora de la economía digital**

Este marco europeo adquiere una relevancia particular para España, donde la red eléctrica se convierte en una infraestructura crítica habilitadora del despliegue de centros de datos, *cloud*, inteligencia artificial, 5G/6G, *Edge Computing* y servicios digitales avanzados. Estas tecnologías no solo requieren grandes volúmenes de energía, sino suministro continuo, alta calidad eléctrica, estabilidad, redundancia y capacidad de crecimiento en plazos cortos.

La capacidad de anticipar demanda, reforzar nodos estratégicos, integrar renovables y garantizar seguridad de suministro determinará en gran medida la posición de España en la economía digital europea. Sin una red eléctrica robusta, flexible y preparada para cargas intensivas y concentradas, no es posible escalar centros de datos, ni desplegar IA de forma competitiva, ni consolidar ecosistemas digitales avanzados.

#### *- Interconexión y servicios esenciales de Internet*

Más allá de la conectividad de acceso, la calidad y resiliencia del ecosistema digital dependen de la interconexión entre redes y de servicios críticos de Internet. Los puntos neutros de intercambio de tráfico, las redes de distribución de contenidos, la infraestructura DNS y la seguridad del enrutamiento reducen latencia, mejoran la disponibilidad y abaratan costes de tránsito. Una estrategia de *hub* digital debe, por tanto, combinar inversión en cables y redes con políticas que faciliten interconexión local competitiva, redundancia y diversidad de rutas, especialmente en estaciones de aterrizaje y corredores hacia los principales polos de centros de datos.

#### *- Ciberseguridad y resiliencia operativa*

La criticidad creciente de estas infraestructuras exige integrar la ciberseguridad y la continuidad del negocio como requisitos de diseño, no como capas añadidas. Marcos europeos como NIS2, DORA y CER refuerzan obligaciones de gestión de riesgos, notificación de incidentes, seguridad de la cadena de suministro y pruebas de resiliencia. En la práctica, ello implica arquitecturas con segmentación y “*zero trust*”, gestión de identidades, cifrado, monitorización/observabilidad, planes de recuperación ante desastres y redundancias físicas y lógicas coherentes con los niveles de servicio esperados.

#### *- Talento, operación y automatización*

El despliegue y operación de infraestructuras IT requiere perfiles especializados (energía y climatización, redes, plataformas *cloud*, ciberseguridad) y capacidades de gestión avanzada. La adopción de prácticas como infraestructura como código (IaC), automatización, SRE/operación basada en fiabilidad y observabilidad *end-to-end* reduce errores, acelera la puesta en servicio y mejora la eficiencia operativa. Por ello, resulta clave articular itinerarios formativos y certificaciones, colaboración empresa-universidad/FP y atracción de talento internacional, de forma alineada con la demanda real de centros de datos, telecomunicaciones y servicios digitales.

- *Gobernanza del dato: espacios de datos e identidad digital*

En términos generales, además de redes, centros de datos, *edge* y *cloud*, resulta relevante considerar la gobernanza del dato y la identidad digital como parte de la infraestructura IT de un país: determinan la capacidad de atraer actividad económica intensiva en datos, desplegar servicios digitales avanzados y garantizar soberanía y cumplimiento normativo.

Los espacios europeos comunes de datos (*common European data spaces*) se están consolidando como una capa de infraestructura estratégica: ecosistemas federados donde organizaciones comparten datos con reglas comunes, estándares de interoperabilidad y garantías de confianza, de forma que el dato pueda circular con control y seguridad para habilitar innovación (incluida la IA) y nuevos servicios sectoriales.

En el ámbito regulatorio, el Reglamento (UE) 2022/868 (*Data Governance Act*) y el Reglamento (UE) 2023/2854 (*Data Act*, aplicable desde el 12 de septiembre de 2025) refuerzan la disponibilidad y el intercambio de datos, estableciendo reglas para intermediación, reutilización y portabilidad/cambio de proveedor en servicios de datos y *cloud*.

En paralelo, la identidad digital se convierte en una infraestructura habilitadora para servicios públicos y privados: el Reglamento (UE) 2024/1183 (eIDAS2) establece el marco europeo de identidad digital y el despliegue de monederos de identidad (*European Digital Identity Wallet*), apoyado por actos de ejecución y especificaciones técnicas.

Desde una perspectiva de infraestructura, esto implica reforzar capacidades como gestión de identidades y accesos (IAM) y credenciales verificables; catálogos y metadatos; políticas de acceso y consentimiento; trazabilidad y auditoría; mecanismos de interoperabilidad semántica y técnica; y servicios de confianza (firma, sello de tiempo, certificados) para soportar intercambios transfronterizos.

### 3. ¿POR QUÉ SON NECESARIAS ESTAS INFRAESTRUCTURAS?



#### Las infraestructuras IT como refuerzo de nuestra soberanía

En un mundo donde una parte creciente de la economía y de los servicios públicos depende de sistemas digitales, quien controla los datos, la capacidad de cómputo, la infraestructura y las capas críticas de software y hardware controla también margen de decisión, resiliencia y competitividad, además de una mayor capacidad de innovación. **La soberanía digital efectiva se fundamenta en el control técnico verificable sobre los datos** —incluyendo gestión de claves de cifrado, trazabilidad de accesos, y arquitecturas de confianza cero— más que en la titularidad nacional de la infraestructura física. Cuando la infraestructura opera dentro de la UE bajo jurisdicción europea, con controles técnicos robustos y cumplimiento de GDPR, los clientes mantienen control exclusivo sobre sus datos, aplicaciones y seguridad, independientemente del origen del proveedor. Esta soberanía no se reduce a “proteger datos”, sino que implica poder gobernar (bajo tus reglas, tu jurisdicción y tus valores) cómo se almacenan, procesan, auditan y comparten los activos digitales. Lo crítico no es la titularidad de la infraestructura, sino los sistemas de control y verificación del cumplimiento de la normativa de tratamiento y protección de datos, evitando dependencias que puedan convertirse en vulnerabilidades operativas o palancas de presión geopolítica.

Por otro lado, sin redes robustas, densas y fiables, la IA no puede escalar. Las infraestructuras de telecomunicación constituyen la base material que permite desplegar sistemas de IA con garantías, desde aplicaciones de industria 4.0 hasta vehículos conectados, plataformas de servicios públicos y sistemas avanzados de automatización. La IA también aumenta sustancialmente la necesidad de cómputo distribuido y almacenamiento descentralizado, reforzando la importancia estratégica de estas infraestructuras digitales.

El marco regulatorio europeo (y nacional) está construyendo un entorno técnico-comercial donde ciudadanos, empresas e instituciones dispongan de alternativas, opciones de respaldo y mayor control sobre la jurisdicción aplicable a los datos. De ahí la importancia atribuida a infraestructuras locales (centros de datos e interconexión), a arquitecturas híbridas/*edge*, al cifrado robusto y a estándares abiertos para reducir bloqueos, etc. En esa visión, esta infraestructura es la condición material que permite que la soberanía sea operativa (menos latencia, más cumplimiento normativo, más resiliencia de red mediante interconexión y redundancias).

A nivel europeo, se reconoce de forma creciente que la capacidad de computación, el acceso a datos y la infraestructura digital son elementos estratégicos para sostener la competitividad, la resiliencia económica y el despliegue de la inteligencia artificial. La Unión Europea ha subrayado que, sin una base sólida de centros de datos, interconexión y cómputo de alta capacidad, la autonomía tecnológica y la aplicación efectiva del marco regulatorio quedan comprometidas (Comisión Europea, 2025c).

En este contexto, la Comisión Europea, consciente de que reforzar su soberanía tecnológica es reforzar su competitividad, resiliencia y autonomía estratégica en un mundo digital en rápida evolución, ha adoptado recientemente un ambicioso conjunto de medidas orientadas a reducir las dependencias estructurales y a reforzar la capacidad de Europa para desarrollar, desplegar y asegurar tecnologías críticas. Este paquete, presentado en junio de 2026, combina propuestas legislativas como la *Ley de Chips 2.0* y la *Ley de desarrollo de la computación en la nube y la inteligencia artificial*, con iniciativas estratégicas destinadas a impulsar capacidades propias en infraestructuras de datos, computación, IA y código abierto. En conjunto, estas actuaciones concretan este enfoque, reforzando las capacidades tecnológicas europeas, ampliando las opciones disponibles para empresas y administraciones y contribuyendo a reducir dependencias estructurales mediante el desarrollo de un ecosistema digital más sólido y resiliente.

En el caso español, este contexto se traduce en una oportunidad para combinar disponibilidad de infraestructuras con estrategias de resiliencia y proximidad. Las grandes plataformas *cloud*, no inmunes a interrupciones de potencial alcance global, presentan tanto oportunidades como incentivos para desarrollar estrategias de resiliencia mediante infraestructura cercana. Todos los proveedores de infraestructura IT experimentan interrupciones ocasionales, con diferencias significativas en métricas de disponibilidad entre proveedores. En esta narrativa, una mayor disponibilidad de centros de datos y capacidad de co-ubicación contribuye a ofrecer servicios más fiables para las pymes, reducir la latencia, mejorar el alineamiento regulatorio y, sobre todo, facilitar el despliegue de estrategias (redundancia, proveedores con presencia europea, localización de datos, planes de continuidad) que reduzcan la exposición a fallos sistémicos y dependencias extraterritoriales.

## Las infraestructuras IT como potenciador empresarial

Las infraestructuras IT constituyen la columna vertebral digital de cualquier organización moderna. Sin una infraestructura adecuada, las aplicaciones y sistemas críticos no operan de forma fiable, se pierde eficiencia y aumenta la exposición a interrupciones y riesgos. Por eso, para las empresas (especialmente pymes) estas infraestructuras son un factor directo de competitividad, continuidad operativa e innovación, con claros beneficios:

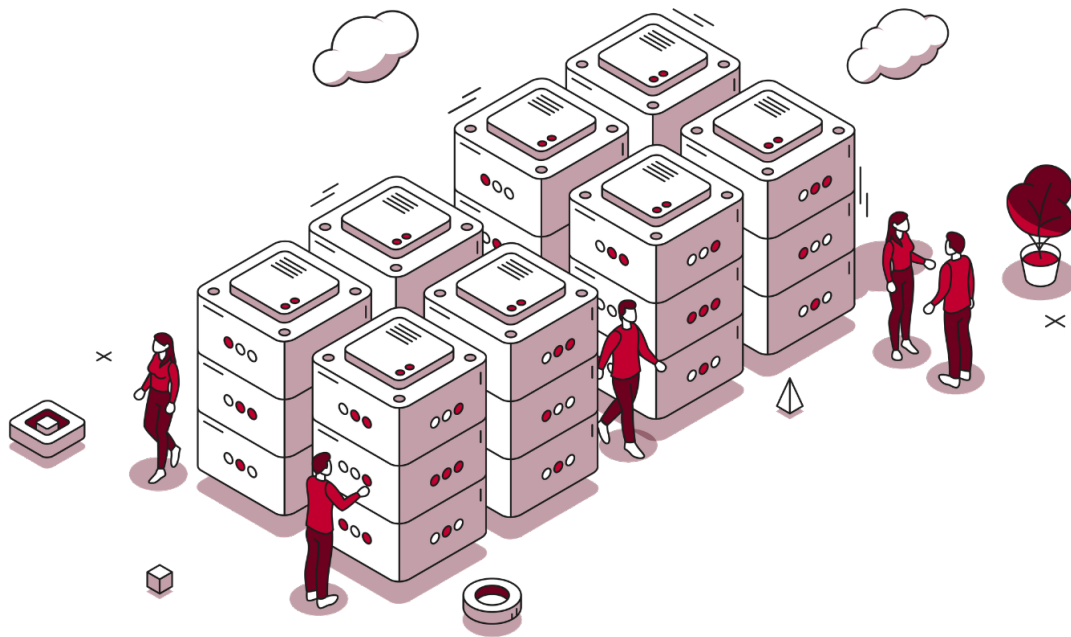
- **Mayor eficiencia operativa y reducción de costes:** Una arquitectura bien diseñada (con recursos optimizados, consolidación y automatización) permite ejecutar tareas y procesos con mayor rapidez y menos fricción, elevando la productividad. Además, la optimización y la estandarización reducen costes operativos y de mantenimiento a medio y largo plazo.
- **Mejora de la comunicación y la coordinación interna:** Las redes, plataformas y sistemas de colaboración permiten flujos de información más ágiles entre equipos, favorecen el trabajo distribuido y mejoran la velocidad de decisión, algo especialmente relevante en organizaciones que operan por proyectos o con cadenas de suministro complejas.
- **Continuidad del negocio y resiliencia:** Una infraestructura bien respaldada y correctamente interconectada facilita planes de contingencia reales (redundancias, recuperación ante desastres y estrategias híbridas o *multicloud*) que reducen el riesgo de concentración en un único proveedor. Esto convierte incidentes (ciberataques, fallos de red, caídas de servicios) en eventos gestionables, minimizando el tiempo de inactividad y su impacto económico y reputacional.
- **Seguridad de datos y confianza:** Una infraestructura protegida (cifrado, segmentación, monitorización y controles de acceso) reduce el riesgo de pérdida de datos y protege información sensible de la empresa y de sus clientes. En sectores regulados, esta seguridad se traduce también en mayor capacidad de auditoría y en confianza verificable frente a terceros.
- **Rendimiento, latencia y calidad de servicio:** En ámbitos como industria, logística, *fintech*, comercio electrónico o salud, la estabilidad y los tiempos de respuesta son parte del producto. Infraestructura cercana, *Edge Computing* e interconexión eficiente permiten servicios más rápidos y fiables, habilitan analítica en tiempo real y eliminan costes ocultos derivados de ineficiencias técnicas.
- **Innovación y competitividad (IA y datos):** La adopción de nuevas tecnologías depende de contar con cómputo, conectividad y datos disponibles con garantías. Una base infraestructural moderna acelera la automatización, el mantenimiento predictivo, la detección de fraude, la personalización de servicios y, en general, la creación de nuevos modelos de negocio.

En conjunto, las infraestructuras IT son un activo estratégico de doble impacto. Por un lado, hacen operativa la soberanía digital al reducir dependencias críticas y asegurar que el dato, el cómputo y los servicios esenciales se gobiernen bajo jurisdicción y valores propios, con resiliencia, cumplimiento normativo y capacidad

real de escalar la IA. Por otro, constituyen la base productiva del tejido empresarial, al habilitar eficiencia, seguridad, continuidad de negocio e innovación.

Por ello, su despliegue no puede entenderse como una cuestión meramente técnica; exige una combinación coherente de infraestructura, regulación aplicable y homogénea, ciberseguridad, talento y política industrial, para convertir la autonomía tecnológica en competitividad y bienestar, evitando que la dinámica europea derive en fragmentación o desventaja.

## 4. CASO PRÁCTICO: CENTROS DE DATOS



### 4.1.Introducción

Los centros de datos son instalaciones que habilitan capacidad para equipos de procesamiento de datos, proporcionando acceso a un suministro eléctrico fiable y continuado, sistemas de refrigeración, eficiencia energética y planificación inteligente del espacio para alojar de forma segura la infraestructura de TI.

Los centros de datos modernos son ecosistemas complejos que admiten una amplia gama de servicios, entre los que se incluyen la co-ubicación (*colocation*), la computación en la nube y las operaciones empresariales. Estas instalaciones están diseñadas para mantener un rendimiento, una escalabilidad y un tiempo de actividad óptimos mediante una sólida integración de sistemas.

En el corazón de todo centro de datos eficiente hay tres ámbitos tecnológicos esenciales que impulsan el rendimiento, la escalabilidad y la sostenibilidad: **computación, almacenamiento y red**. Estos elementos deben funcionar en armonía con sistemas de refrigeración robustos, estrategias inteligentes de alimentación y refrigeración, y el cumplimiento de las mejores prácticas para garantizar un funcionamiento fiable y energéticamente eficiente, incluso en situaciones de alta carga o durante las noches reservadas para el mantenimiento del sistema, en línea con la gestión de la seguridad y ciberseguridad. Con mayor detalle:

| Dominio               | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Componentes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Información adicional                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Computación</b>    | Este dominio abarca todos los servidores responsables de ejecutar aplicaciones, gestionar cargas de trabajo y procesar datos. Diseñados para entornos de alta densidad, los sistemas informáticos suelen estar virtualizados y optimizados para reducir el consumo energético y mejorar la utilización del hardware.                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Infraestructura hiperconvergente (HCI)</li> <li>- Máquinas y contenedores virtuales</li> <li>- Computación de alto rendimiento (HPC) para IA o análisis</li> </ul>                                                                                                                         | La arquitectura informática moderna se alinea cada vez más con los objetivos de energía renovable y las herramientas de orquestación automatizada para maximizar el tiempo de actividad y minimizar el impacto medioambiental.  |
| <b>Almacenamiento</b> | Los centros de datos deben almacenar tanto datos en tiempo real como datos archivados utilizando una combinación de tecnologías de almacenamiento de acceso rápido y alta capacidad. Equilibrar el rendimiento, la redundancia y la eficiencia energética es clave para crear soluciones de almacenamiento sostenibles y de alto rendimiento. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenamiento conectado directamente (DAS)</li> <li>- Almacenamiento conectado a la red (NAS)</li> <li>- Redes de área de almacenamiento (SAN)</li> <li>- Soluciones flash (SSD) y basadas en disco (HDD)</li> </ul>                                                                      | Una infraestructura de almacenamiento bien planificada garantiza la continuidad del negocio y la escalabilidad sin problemas de los servicios de datos.                                                                         |
| <b>Red</b>            | Las redes garantizan una conectividad perfecta dentro del centro de datos y con entornos externos en la nube o empresariales.                                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conmutadores Top-of-Rack (ToR), End-of-Row (EoR) o Middle-of-Row (MoR)</li> <li>- Enrutadores centrales, conmutadores de agregación y cortafuegos</li> <li>- Fibra óptica de alta velocidad (10G, 40G, 100G+)</li> <li>- Redes definidas por software (SDN) y microsegmentación</li> </ul> | El diseño eficiente de la red admite la co-ubicación, la interconectividad en la nube y la prestación de servicios escalables, todo ello en consonancia con las mejores estrategias arquitectónicas y modelos de planificación. |

Dependiendo de su tipología, los centros de datos pueden clasificarse en:

- **Centros de datos hiperescalares (o *hyperscalers*):** son instalaciones de gran tamaño, que pueden ser de decenas a cientos de MW (con edificios de **≥20–50 MW** y *campus* que pueden superar **200–300 MW**) y normalmente de uso mono-inquilino. Se diseñan alineadas a los criterios propios del cliente, con módulos para crecer rápido, refrigeración avanzada para altas densidades por *rack*<sup>9</sup>, y una operación altamente automatizada (monitorización y orquestación por software).

<sup>9</sup> Un rack en un centro de datos es una estructura metálica en la que se colocan, almacenan y funcionan servidores, equipos de comunicación y de red.

Incorporan redundancias profundas (SAI, generadores, múltiples redes) para asegurar alta disponibilidad. Son la columna vertebral de la nube, el entrenamiento de IA y las aplicaciones intensivas en datos.

- **Centros de datos *wholesale*:** Cubren contratos medianos (desde unos 250 kW a 30 MW, aunque los límites son laxos), adecuados para procesamiento y almacenamiento de mayor escala. Habitualmente se comparte entre varios grandes clientes, equilibrando densidad, eficiencia operativa y tiempos de entrega sin llegar a los volúmenes de un centro hiperescalar.
- **Centros de datos *colocation*:** Venden capacidad en pequeños arrendamientos que suelen ser de  $\leq 250\text{--}500$  kW por pedido, orientados a conectividad e interconexión. Estos alojan un gran número de inquilinos que necesitan proximidad a ecosistemas digitales y flexibilidad para crecer por *racks* o jaulas. El tamaño de los requisitos y el rico ecosistema de red que ofrecen estos centros dan lugar a contratos de alquiler mucho más caros que los contratos de alquiler *wholesale* o hiperescalares. En España, este tipo de centros de datos concentran buena parte del mercado.
- **Micro/Edge data centers** ( $\approx 0,1\text{--}2$  MW), ubicados cerca del usuario o de la planta para baja latencia y pre/procesamiento local (véase Sección 5.3).

Complementariamente, los centros de datos pueden operar para uso propio o para terceros en los siguientes modelos de operación:

- **Cautivo/*enterprise*** (uso propio): la empresa posee u opera el centro de datos para sus cargas internas.
- **Co-ubicación/*Colocation*** (terceros): el operador aporta energía, refrigeración, seguridad y redes; el cliente instala y gestiona su hardware. Este es el modelo típico en el mercado B2B corporativo.
- **Managed hosting/*managed services*:** además, el operador suministra y mantiene parte del hardware/infraestructura y a veces capas de especialización de la plataforma.
- **Servicios en la nube:** capacidad virtual (IaaS/PaaS/SaaS) prestada desde centros de datos propios o de terceros; no es una tipología física de centro, sino una capa de servicio que se apoya en los modelos anteriores.

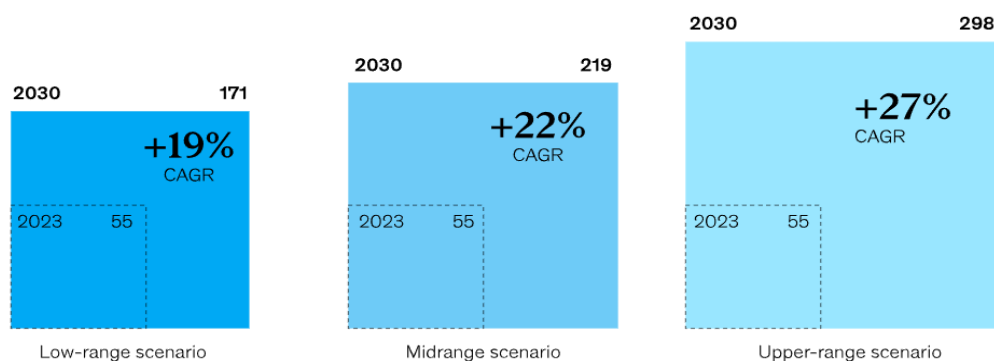
## 4.2. Desarrollo reciente del sector

La demanda de centros de datos ha entrado en una fase de aceleración extraordinaria impulsada por la IA, que está tensionando simultáneamente capacidad eléctrica, refrigeración, equipos críticos y plazos de entrega. McKinsey estima que la demanda global de centros de datos crecerá a una CAGR  $\sim 22\%$  y alcanzará  $\sim 220$  GW en 2030, casi seis veces el nivel de 2020, impulsada principalmente por la adopción de IA y el gasto de los hiperescalares (McKinsey & Company, 2025c).

Este salto de escala se traduce en un notable dinamismo inversor. McKinsey (2024) proyecta  $\sim 6,7$  billones de dólares de inversión acumulada mundial en infraestructuras de centros de datos hasta 2030 para acompasar la demanda de cómputo. En paralelo,

JLL (2026) también caracteriza el momento como un superciclo de inversión que podría acercarse a ~3 billones de dólares en los próximos años.

Gráfico 6: Demanda de capacidad de centros de datos (en gigavatios)



Notas: Tres escenarios que muestran las estimaciones de demanda de rango alto, bajo y medio, basadas en el análisis de las tendencias de adopción de IA; el crecimiento en los envíos de distintos tipos de chips y su consumo energético asociado; y las necesidades típicas de cómputo, almacenamiento y red de las cargas de trabajo de IA. La demanda se mide por consumo de energía para reflejar el número de servidores que puede albergar una instalación.

Fuente: *Beyond Compute: Infrastructure that powers and cools AI data centers, 2025, McKinsey.*

El auge de la IA no sólo aumenta el volumen de centros de datos, sino que cambia el mix tecnológico y dispara el peso de la infraestructura “no-IT” crítica. McKinsey (2024) cuantifica que, dentro del gasto no-IT, los equipos de potencia y refrigeración concentran una parte dominante (en conjunto, ~47–58% del equipamiento no-IT).

En términos de inversión ligada específicamente a IA, McKinsey estima que entre 2025 y 2030 la infraestructura requerida para cargas de IA movilizará alrededor de \$5,2T, y que ~\$720B irán a equipos de potencia y refrigeración (aprox. \$500B en potencia y \$220B en refrigeración).

Además, McKinsey indica que los *racks* tradicionales están migrando desde <30–50 kW/rack hacia ~70–100 kW/rack, con entrenamiento de IA llegando hasta ~100 kW/rack; y que, por encima de ciertas densidades, el aire deja de ser suficiente, empujando la adopción de refrigeración líquida. En esa misma dirección, la empresa JLL (2026a) anticipa que la IA reconfigurará el diseño de instalaciones con densidades acercándose a ~100 kW y mayores requerimientos de refrigeración líquida.

#### MERCADO: OCUPACIÓN ELEVADA, PRESIÓN EN PRECIOS Y PRE-CONTRATACIÓN

A nivel de dinámica de mercado, JLL destaca ocupación global muy alta (~97%), lo que sostiene el poder de negociación de los propietarios y una expectativa de crecimiento de rentas hasta 2030; y remarca que, en 2025, más de la mitad de los proyectos sufrieron retrasos, por lo que los inquilinos ya no pueden asumir calendarios sin holguras.

En términos de estrategia corporativa, la potencia (y el “*time-to-power*”) pasa a ser el primer factor de localización por encima de coste o ubicación, por los plazos multianuales de conexión a red en muchos mercados, generando un nuevo mercado en el que las regulaciones intentan evitar la especulación. La densificación (consolidación de cargas, virtualización y, ahora, cargas de trabajo o *workloads* de IA)

ha hecho que, en muchos proyectos, los operadores agoten antes la potencia que el espacio. Además, la tendencia normal de la tecnología son equipos cada vez más pequeños, pero más potentes en cómputo y, por tanto, más demandantes en energía. Esto llevaría a una situación de tener pocos equipos en un DC con toda la energía en uso y mucho espacio vacío. Por ello, ya no se trata de conseguir un terreno para desarrollar un centro de datos, sino de un terreno energizado, cuyo valor se multiplica en el tiempo.

Subsidiariamente, la revolución de la IA generativa está creando nuevos perfiles de demanda. La consultora inmobiliaria Colliers (2025) subraya que el auge de startups y nuevos jugadores está impulsando una demanda sin precedentes de GPU y que los proveedores de *GPU-as-a-Service* (GPUaaS) están reduciendo barreras de entrada al ofrecer acceso bajo demanda a procesadores de nueva generación, convirtiéndose rápidamente en nuevos actores clave del ecosistema de centros de datos.

En España y Portugal, Colliers también destaca movimientos relevantes (por ejemplo, despliegues “*AI-focused*” y acuerdos de arrendamiento de capacidad inicial por actores intensivos en GPU), reflejando cómo la nueva demanda se ancla cada vez más en instalaciones preparadas para cargas de IA.

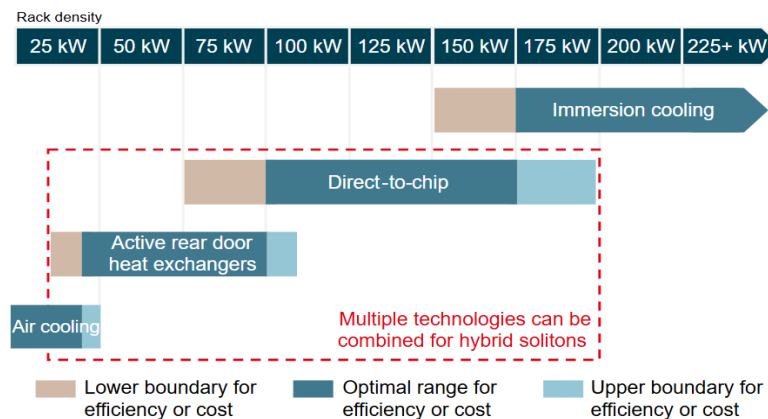
## CUADRO 1: Innovaciones en la refrigeración y el diseño del sistema eléctrico

Según McKinsey (2024), la llegada de la IA ha disparado la densidad de potencia en los centros de datos: en solo dos años, la media por rack ha pasado de ~8 kW a ~17 kW y podría acercarse a ~30 kW a partir de 2027. En los casos más exigentes (en entrenamiento de modelos) ya se ven racks por encima de 80 kW e incluso ~120 kW. JLL (2026a) destaca que las nuevas GPUs consumen hasta un 300% más que sus predecesoras y que la demanda eléctrica de los centros de datos podría duplicarse en cinco años. Con estas cifras, **la refrigeración por aire empieza a ser insuficiente**: funciona bien hasta ~50 kW/rack (suficiente muchas veces para inferencia), pero no para las cargas más intensivas.

Por eso el sector está migrando con rapidez hacia la **refrigeración líquida**, que extrae el calor donde se produce y lo evacúa con mucha más eficacia. La transición suele ser la siguiente:

1. **Intercambiador trasero** (*rear-door heat exchangers*, RDHx): son los más parecidos a la tecnología de refrigeración convencional, combinan aire frío que se impulsa hacia los racks con intercambiadores de calor refrigerados por líquido instalados en la parte posterior del rack. Es habitual cuando el espacio es limitado y la densidad está entre ~40–60 kW/rack.
2. **Directo-al-chip** (*Direct-to-chip*): hace circular un fluido por placas frías en contacto directo con los chips (GPU/CPU). Es la opción más desplegada hoy por su integración relativamente sencilla y su capacidad para ~60–120 kW/rack.
3. **Inmersión**: sumerge los servidores en un fluido dieléctrico. Existen dos variantes de este método de refrigeración: la inmersión monofásica y la inmersión bifásica. Ambas pueden refrigerar racks con una densidad de potencia de 100 kW, aunque la inmersión bifásica se ha utilizado para racks con densidades de potencia superiores a 150 kW por rack. Sin embargo, el ritmo de adopción de la refrigeración líquida en los centros de datos ha sido lento y, además, existe preocupación por el impacto en la salud y el medio ambiente de las sustancias químicas PFAS utilizadas en la refrigeración de doble fase.

Ilustración 2: Tecnologías de refrigeración aplicables según la densidad del rack:



Fuente: JLL, 2025

De hecho, JLL (2025) afirma que la refrigeración líquida se ha convertido en el estándar por defecto en obra nueva, y las obras de modernización más viables en activos existentes pasan por intercambiador trasero y directo-al-chip (híbridos típicos 70% líquida / 30% aire). El enfriamiento por inmersión ganará peso cuando los racks superen ~150 kW, pero hoy la densidad media global ronda 12 kW/rack y menos del 10% de los centros de datos usa inmersión. Ese salto de densidad y eficiencia térmica, no obstante, exige rediseñar salas técnicas, gestión de agua y estructuras (peso adicional de intercambiadores, colectores<sup>10</sup> y contención).

Subsidiariamente, la infraestructura eléctrica evoluciona en paralelo:

- Para alimentar *clusters* cada vez más potentes, se adoptan equipos de distribución más grandes y centralizados (cuadros y PDUs en suelo), lo que simplifica instalación y mantenimiento y abarata tanto la inversión inicial como los costes operativos, porque hay menos piezas que gestionar y menos complejidad.
- También se está revisando cómo se alimenta cada rack. Dado que los chips de IA consumen mucho, algunos grandes operadores y fabricantes están probando servidores con alimentación a 48 voltios en vez de los 12 voltios tradicionales. Como resultado, se pierde menos energía por el camino (en pruebas, esa pérdida se reduce al menos un 25%), lo que mejora la eficiencia del sistema.
- Por último, en los centros de datos tradicionales, que soportan aplicaciones críticas de negocio, se instalan generadores y altas redundancias para evitar cualquier interrupción por un corte eléctrico. En cambio, en centros enfocados al entrenamiento de IA —donde una parada no impacta de inmediato al cliente— se puede reducir el nivel de redundancia eléctrica, aceptando breves pausas y reintentos para ganar eficiencia y ahorrar costes.

<sup>10</sup> Un colector en un centro de datos es un componente crucial de los sistemas de refrigeración líquida que actúa como un centro de distribución para el refrigerante, canalizándolo hacia y desde el equipo informático.

## CUADRO 2: Innovaciones en sostenibilidad

Los requisitos en términos de sostenibilidad crecen a la par que las cargas de IA. La respuesta del sector ya no se apoya solo en compensaciones: combina energía limpia, eficiencia térmica e hídrica, circularidad y transparencia a lo largo de toda la cadena de suministro (Cushman & Wakefield, 2025):

### 1) Energía limpia y flexibilidad del suministro

- **Mayor uso de PPAs renovables**, contratos a largo plazo que fijan precio y origen renovable, y viabilizan nueva capacidad. Por ejemplo, la empresa americana Digital Realty asegura parte de su consumo en Alemania y España (≈120 GWh y 65 GWh/año durante 10 años) y apalanca 154 MW solares en Alemania mediante estos contratos.
- **Generación on-site y proximidad a fuentes firmes.** Proyectos con celdas de combustible, baterías y renovables en parcela; ubicaciones junto a plantas (p. ej., de energía nuclear) para acceso estable y menor congestión de red.
- **Uso del hidrógeno verde** como respaldo hoy y, a futuro, para parte del suministro. Casos prácticos pueden ser los de RWE Lingen (300 MW; electrolizador 100 MW previsto), pruebas de Microsoft–ESB en Irlanda y NorthC sustituyendo grupos diésel por H<sub>2</sub> en Países Bajos. *Nota:* la adopción a escala exige resolver coste, logística y normativa (combustión vs. pilas, NOx, almacenamiento).

### 2) Eficiencia térmica e hídrica

- Como mencionamos anteriormente, el uso de la **refrigeración líquida como nuevo estándar en obra nueva** y las combinaciones RDHx y *direct-to-chip* en modernizaciones permiten mejorar la estabilidad, alargar la vida del hardware y reducir el PUE frente a aire en densidades altas.

### 3) Reutilización de calor (de residuo a recurso)

- El calor ya no se trata como desecho: **se integra en redes urbanas** o usos cercanos.

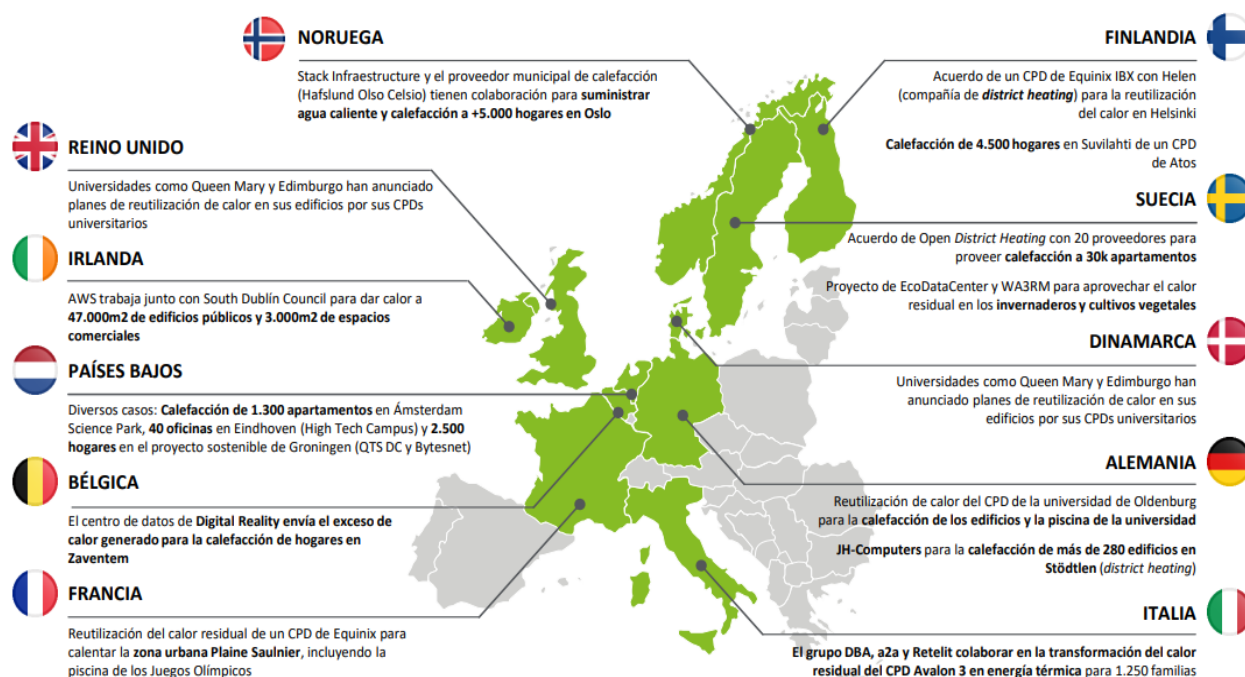
Los centros de datos, por su naturaleza, generan calor residual derivado del funcionamiento de los sistemas de procesamiento de datos, que tradicionalmente se dispersa en el entorno a través de sistemas de refrigeración. Este calor puede recuperarse y explotarse mediante sistemas de distribución adecuados como, por ejemplo, las redes de calefacción urbana.

La implementación de sistemas de recuperación térmica requiere condiciones técnicas y logísticas específicas: la presencia de usuarios finales con una demanda térmica constante (como, por ejemplo, hospitales, piscinas o complejos residenciales), infraestructuras dedicadas al

transporte de calor y un diseño integrado que considere la recuperación térmica desde el principio.

Cada vez más proyectos europeos buscan reutilizar este calor para redes de calefacción urbana e instalaciones públicas. Ejemplos: invernaderos en Escandinavia (Vinga Group, WA3RM), Equinix–Helen inyectando a *district heating* en Helsinki, Deep Green calentando piscinas públicas en el Reino Unido, y Equinix suministrando calor a la piscina olímpica de París 2024.

Ilustración 3: Casos de éxito de reutilización del calor residual de los centros de datos para climatización de otros usos



Fuente: Deloitte, Centros de Datos en España: Oportunidad de desarrollo económico e integración en el sistema eléctrico, 2025

#### 4) Huella incorporada y cadena de suministro

- Aplicación de **EPDs** (Declaraciones Ambientales de Producto) **para cuantificar impactos de ciclo de vida**, incluidos los de Alcance 3 (véase Sección 5.4). Iniciativas como iMasons Climate Accord empujan su adopción, que agrupa a empresas líderes del sector de infraestructuras digitales y tiene como objetivo principal alcanzar la neutralidad en carbono en el sector de infraestructuras digitales para 2030, promoviendo compromisos voluntarios y medibles entre sus miembros.
- **Construcción de bajas emisiones.** El mayor edificio impreso en 3D de Europa (Heidelberg) será un centro de datos, con cerca de 450 toneladas de hormigón reciclable y potencial de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 55% frente a cemento Portland. El diseño del edificio también suma a la descarbonización.

#### 5) Economía circular (equipos y repuestos)

- Programas como re:Cycle de AWS en Europa reparan y reacondicionan servidores y componentes, alargando su vida útil y reduciendo residuos y compras de material nuevo.

#### 6) Más renovables en operación

- La penetración renovable del mix avanza (por ejemplo: Italia proyecta >107 GW renovables a 2030, ≈59% del mix). Operadores integran fotovoltaica propia (p. ej., Google en Saint-Ghislain, Bélgica) para cubrir parte de la demanda (incluida planta de tratamiento de agua) y aliviar la red local. En Sudáfrica, Teraco construye 120 MW solares para alimentar sus centros de datos desde 2026.

#### 7) Compromisos sectoriales y el reto IA

- El *Climate Neutral Data Centre Pact* (CNDPCP) alinea a más de 100 operadores con el objetivo europeo 2050. La respuesta ante el avance de la IA combina más renovables, enfriamiento eficiente (*direct-to-chip*, inmersión), y modelos/hardware de IA más frugales.

#### 8) *Reporting* y métricas (transparencia obligatoria)

- Con el *Green Deal* y el Reglamento Delegado (UE) 2024/1364, los centros de datos de más de 1 MW deben reportar el consumo de energía, PUE<sup>11</sup>, temperaturas, uso de agua, calor residual aprovechado, peso de fuentes renovables, etc.

Los centros de datos tienen la oportunidad de convertirse en actores clave en la transición ecológica. Los avances tecnológicos y mejores prácticas ya implementadas en algunos casos por los operadores ponen de manifiesto el gran potencial existente en términos de reducción de emisiones, consumo de agua e ineficiencias, con beneficios que van más allá del propio sector, alcanzando al tejido empresarial y social del territorio. Inversiones en fuentes de energía renovable, impulso de estrategias para el reabastecimiento de agua, reutilización del calor o la construcción sostenible e integración con el entorno local son algunas de las piezas clave para garantizar infraestructuras digitales resilientes y sostenibles.

---

<sup>11</sup> PUE (Power Usage Effectiveness) es un indicador para medir la eficiencia energética de un centro de datos.

### 4.3. Diagnóstico: Comparativa a nivel internacional y nacional

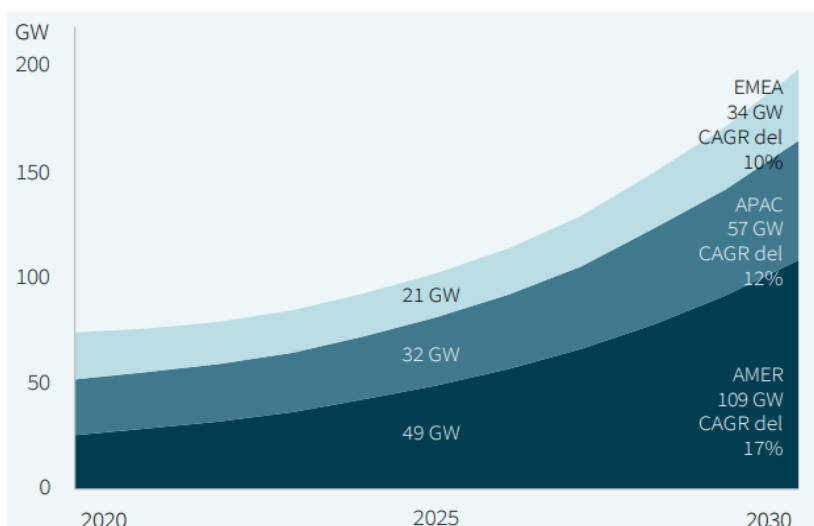
#### Comparativa a nivel internacional

Norteamérica constituye actualmente la región más desarrollada y madura del mundo en materia de centros de datos, tanto por volumen de capacidad instalada como por dinamismo inversor y profundidad del mercado. La concentración de grandes operadores *hyperscale*, la temprana adopción de servicios en la nube, la elevada digitalización empresarial y la disponibilidad de capital han consolidado a Estados Unidos como el principal polo global de infraestructuras digitales.

Los cuatro mayores mercados estadounidenses (Virginia del Norte, Chicago, Atlanta y Phoenix) registraron en el último año un crecimiento conjunto del 43% en capacidad instalada (CBRE, 2025). Virginia del Norte se mantiene como el mayor mercado del mundo, con más de 500 MW añadidos en el último ejercicio, mientras que Atlanta ha experimentado una expansión especialmente intensa, triplicando su capacidad hasta superar los 1.270 MW, impulsada por la demanda asociada a inteligencia artificial y a grandes operadores *hyperscale*. Phoenix y Chicago continúan ampliando su huella con un *pipeline* sostenido de nuevos desarrollos.

A pesar del fuerte aumento de la oferta, la disponibilidad sigue siendo muy reducida, lo que refleja una demanda estructuralmente elevada. La absorción neta (*take-up*) en estos cuatro mercados creció más del 100% interanual, alcanzando cerca de 1.670 MW, principalmente por la expansión de los grandes proveedores de nube y la habilitación de nueva potencia eléctrica en submercados estratégicos. Esta tensión entre oferta y demanda ha mantenido la presión sobre los precios, que siguen aumentando (aunque a un ritmo más moderado que en ejercicios anteriores) con incrementos anuales en el entorno del 13–15% en algunos mercados clave.

Gráfico 7: Previsión global de oferta por región (GW)



Nota: EMEA (Europa, Oriente Medio y África); APAC (Asia-Pacífico); AMER (América)

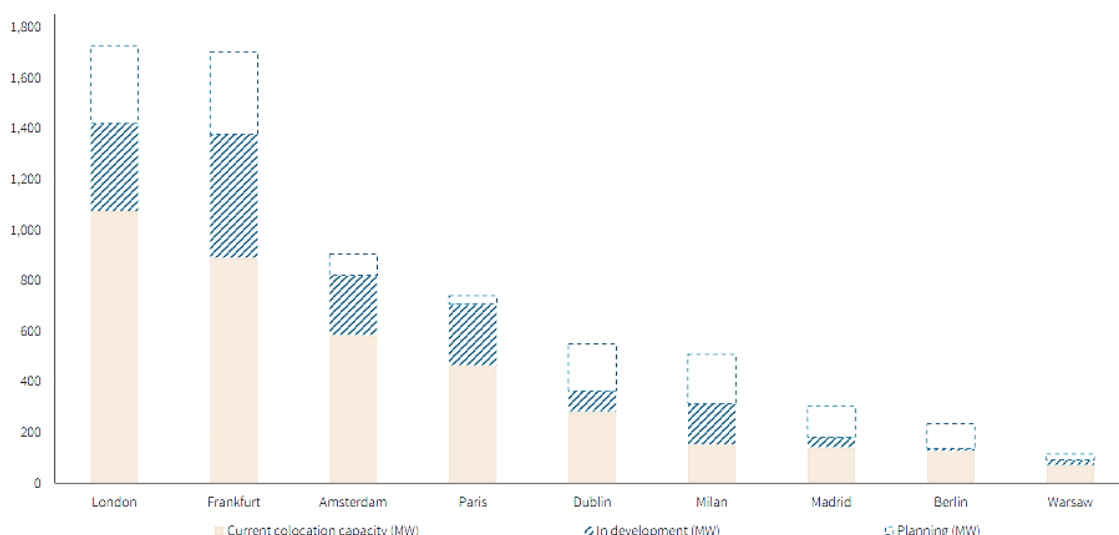
Fuente: JLL Research, Perspectivas de Centros de Datos Globales 2026.

En la región de Europa, Oriente Medio y África, el sector siguió sumando músculo: en el primer semestre de 2025 se alcanzaron ~12 GW de capacidad en operación, con 2,6

GW en construcción y 21,8GW planificados. Específicamente en Europa, los mercados tradicionalmente agrupados como FLAP-D (Frankfurt, Londres, Ámsterdam, París y Dublín) han concentrado históricamente gran parte de la capacidad por tres razones estructurales: (i) elevada densidad de servicios financieros y grandes corporaciones, (ii) ecosistemas maduros de conectividad e interconexión, y (iii) presencia temprana de hiperescaladores y grandes proveedores *cloud*. Esta inercia se mantiene pero, como se menciona, el factor limitante ya no es el pulso inversor, sino el *time-to-power* (capacidad eléctrica y plazos de conexión), lo que está empujando demanda y proyectos hacia periferias y mercados secundarios (JLL, 2026a; Reuters, 2025).

- A escala global, la industria entra en un ciclo de inversión extraordinario: JLL (2026) estima que la capacidad podría casi duplicarse hasta ~200 GW hacia 2030 (incremento de 97 GW desde 2026), impulsada por IA y restricciones energéticas que obligan a rediseñar localizaciones, contratos y tecnologías.
- En EMEA, la expansión continúa, pero la entrega de capacidad se ralentiza por limitaciones de potencia disponible y, en medida no pequeña, por la especulación con los accesos a la red. Ello exige modelos regulatorios que desincentiven estas prácticas y se adapten a las características reales de la demanda: por ejemplo, resulta más adecuada una garantía de acceso escalonado a la red, sobre consumo y articulada mediante hitos, que un hito único vinculado al término de potencia que obvia el consumo, como ocurre en España. Reuters señala que en 2025 entraron en operación ~850 MW nuevos (YTD, -11% interanual), con la capacidad viva subiendo a ~11,4 GW y la capacidad contratada total a ~14,5 GW, mientras la absorción se moderó por restricciones de potencia y calendarios. Según JLL, la región añadirá 13 GW de nueva oferta hasta 2030, concentrando el crecimiento en los centros europeos consolidados y en mercados emergentes de Oriente Medio que persiguen estrategias de transformación digital.

Gráfico 8: Tamaño del mercado y cartera de proyectos en desarrollo (MW)



Fuente: JLL Research, Q2 2025 EMEA Data Centre Report

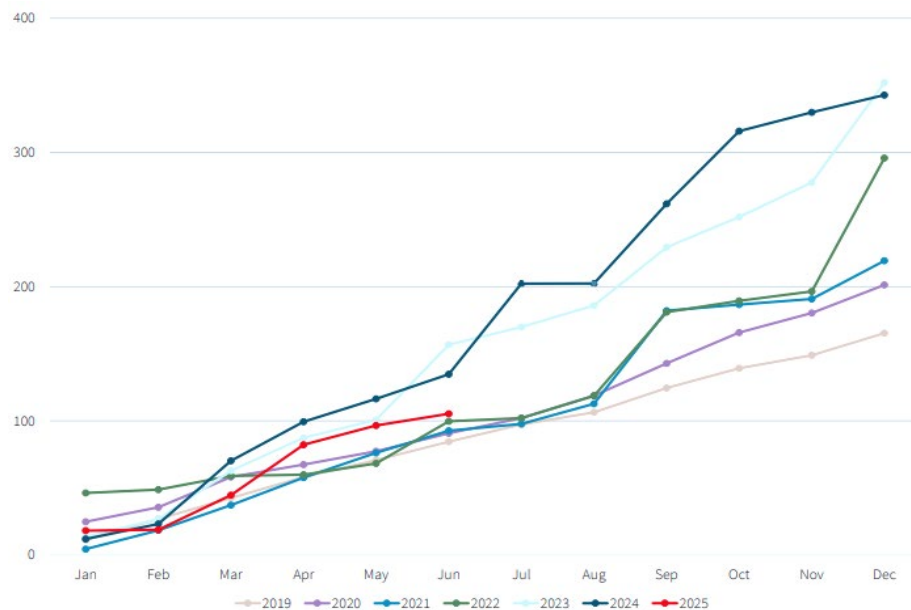
El mercado ha demostrado su resistencia tras las preocupaciones surgidas a principios de 2025 por los retrasos en la firma de contratos de arrendamiento con hiperescaladores. Los patrones de absorción varían significativamente entre las

distintas áreas metropolitanas, donde Madrid demostró una fortaleza inesperada con 14,7 MW, posicionándose para un año potencialmente récord.

Por tanto, la potencia eléctrica sigue siendo el cuello de botella y los desarrollos se extienden fuera de los límites metropolitanos tradicionales, aunque los grandes mercados siguen siendo preferidos cuando se consigue asegurar potencia.

En este contexto, **España puede capturar parte del crecimiento desbordado de los principales hubs si ofrece potencia y plazos creíbles, conectividad e interconexión, y certidumbre administrativa.**

Gráfico 9: Volumen de energía asimilada (take up) en los hubs FLAP-D (en MW)

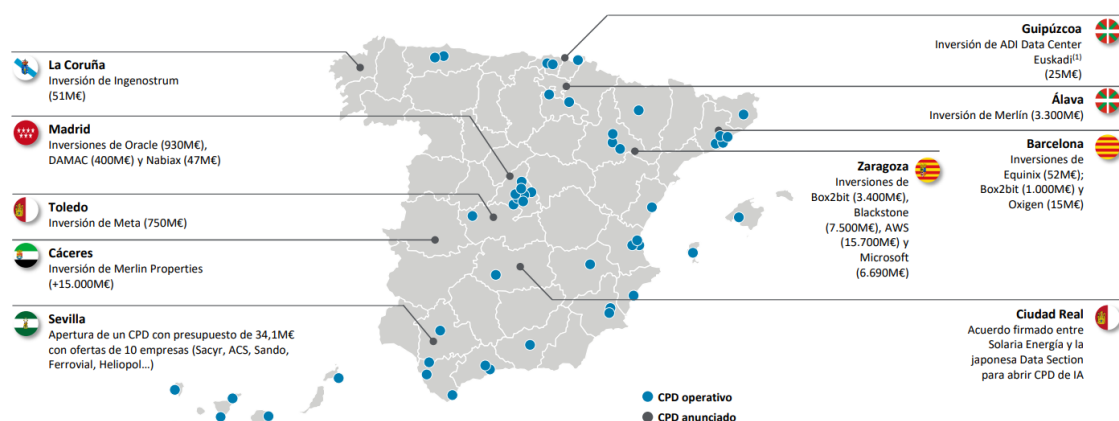


Fuente: JLL Research, Q2 2025 EMEA Data Centre Report

### Comparativa a nivel nacional

España está entrando en una fase de consolidación acelerada como localización para centros de datos. Históricamente, los despliegues se han concentrado en áreas de alta densidad empresarial y tecnológica (para maximizar conectividad y minimizar latencia) y han ido acompañados, en algunos casos, por centros de formación y laboratorios de innovación que alimentan el talento local. La saturación de ciertos núcleos tradicionales, sin embargo, está desplazando proyectos hacia emplazamientos con suelo disponible y buena conexión, abriendo oportunidades en nuevas geografías (como Aragón) y contribuyendo al equilibrio territorial más allá de las grandes capitales. El resultado es un mapa nacional en el que conviven instalaciones operativas y anuncios de inversión en múltiples comunidades autónomas, con un efecto dinamizador y vertebrador sobre tejido empresarial y empleo.

Ilustración 4: Anuncios de proyectos de centros de datos y centros de datos operativos en España



Fuente: Deloitte, *Centros de Datos en España: Oportunidad de desarrollo económico e integración en el sistema eléctrico, 2025*

En los últimos trimestres, la Península Ibérica ha incrementado el *pipeline* de nuevos proyectos de centros de datos confirmados a buen ritmo<sup>12</sup>, con un protagonismo destacado de Barcelona y otras regiones como Extremadura, Cantabria o Valencia, aunque los denominados RFS (*Ready for Service* en el argot del mercado) para 2028 permanecen bastante estables.

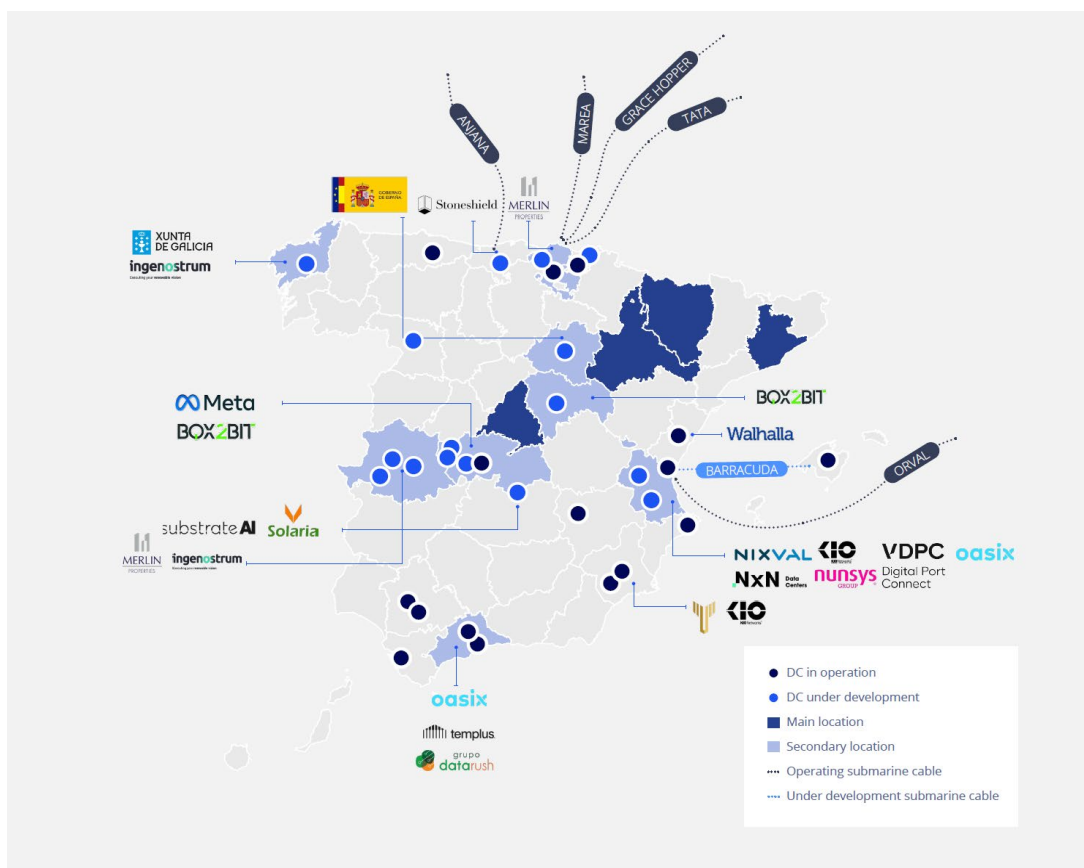
Madrid ha sostenido su capacidad actual y futura en 792 MW IT, mientras Barcelona ha crecido hasta 275 MW IT. Este avance barcelonés se ha visto respaldado por operaciones corporativas relevantes, como la adquisición de Adam Ecotech por CVC DIF, AQ Compute por Bain Capital o Bitnap por Templus, y por el anuncio de un marco estratégico autonómico para impulsar la implantación de centros de datos, señal nítida de confianza institucional.

Según Collier (2025), aunque el interés por invertir sigue siendo alto, la desaceleración en la tasa de absorción de los hiperescaladores y los retrasos en el acceso a la energía están obligando a los operadores de centros de datos a ser más creativos a la hora de analizar las oportunidades potenciales. La capacidad de entrega de los desarrolladores y operadores se está convirtiendo en un factor clave de diferenciación, ya que es necesario instalar cargas de trabajo de IA.

Paralelamente, con esta perspectiva de mercado, los desarrolladores están actuando activamente para asegurar sus propias fuentes de energía. Estas estrategias de autoconsumo se están convirtiendo en un diferenciador crítico, ya que los operadores buscan un mayor control sobre los costes energéticos, la sostenibilidad y los plazos de conexión.

<sup>12</sup> Léase los informes sobre el sector realizados por Colliers

Ilustración 5: Principales centros de datos en España



Fuente: Colliers, Data Center Market Snapshot. Iberian Region | Sep 2024 - Mar 2025

- Madrid sigue siendo considerada un centro clave para el desarrollo de centros de datos, y los recientes anuncios reflejan la fuerte confianza de los inversores y refuerzan el papel de la ciudad en la expansión de la infraestructura digital y las zonas de disponibilidad. La cartera de proyectos ha pasado de 625 MW de TI a aproximadamente 1028 MW de TI.
- Barcelona: alcanza ~275 MW IT tras crecer +38% en el semestre, apoyada por operaciones corporativas (p. ej., Adam Ecotech, AQ Compute, Bitnap) y por un posicionamiento creciente como alternativa con conectividad relevante.
- Aragón: destaca por escala, con más de 1.800 MW IT proyectados a una década, apalancado en proyectos hiperescalares y marcos de aceleración administrativa como los Planes y Proyectos de Interés General de Aragón (PIGA), lo que evidencia alineación público-privada y voluntad de acelerar permisos urbanísticos y ambientales.

En suma, el mapa de los centros de datos en España también se redistribuye, desde Madrid/Barcelona, hacia localizaciones con potencia, suelo y próximas a renovables.

## Perspectivas

El sector de centros de datos en España mantiene una trayectoria de crecimiento sólida, aunque condicionada por factores críticos. Entre ellos, destacan la capacidad y velocidad de ejecución del Plan Quinquenal de Redeia, la adopción de tecnologías de IA para evitar la obsolescencia de los proyectos y la disponibilidad de talento cualificado especialmente fuera de los grandes polos tradicionales.

A medida que el mercado madura, se espera una convergencia progresiva de las rentabilidades hacia niveles comparables a los grandes mercados europeos, junto con una mayor entrada temprana de inversores en proyectos *greenfield*. En paralelo, España refuerza su posicionamiento como hub competitivo de centros de datos gracias a su conectividad internacional, la solidez de su red de fibra, la disponibilidad de energías renovables y el efecto tractor de los hiperescalares (Watson Farley & Williams, 2025). Desde el ámbito público, el Gobierno reafirma su compromiso con un despliegue inclusivo y sostenible de las infraestructuras digitales, orientado a extender la conectividad y consolidar el desarrollo del sector en todo el territorio. En esta línea, el secretario general de Telecomunicaciones identificó recientemente cinco prioridades estratégicas para los próximos años (DigitalES, 2025):

1. **Culminar el despliegue con visión territorial e inclusiva**, trabajando junto al sector para resolver casos particulares y asegurar que ningún territorio quede atrás.
2. **Garantizar la viabilidad económica de las redes**, especialmente en 5G, impulsando casos de uso reales que generen ingresos y valor industrial.
3. **Reforzar la viabilidad y la resiliencia de las infraestructuras**, en un contexto geopolítico complejo y con redes cada vez más expuestas. Subrayó la importancia de la ciberseguridad y de infraestructuras capaces de operar incluso en situaciones extremas, para mantener la confianza empresarial y social.
4. **Mantener la confianza social en el uso del espectro radioeléctrico**, una labor que atribuyó al rigor científico y al trabajo del CCARS. Recordó que los límites se basan en estándares internacionales y que las mediciones en España se encuentran sistemáticamente por debajo de esos umbrales, advirtiendo contra discursos populistas.
5. **Prepararse para el futuro tecnológico**, desde la IA hasta la computación cuántica o la revolución aeroespacial. Reconoció que la regulación debe adaptarse con más agilidad al ritmo del sector y destacó la importancia de una *Digital Networks Act* (DNA) que tenga impacto real, fomente la inversión y facilite alianzas en un mercado europeo heterogéneo.

Como prioridades inmediatas, remarcó la necesidad de **seguir facilitando despliegues** y reforzar la idea de que “el futuro conectado no se construye desde la administración o desde el sector de forma aislada”, sino mediante **diálogo continuo** y el reconocimiento de las telecomunicaciones como **sector estratégico de país**.

## 4.4. Ventajas y retos de los centros de datos

### 4.4.1. Principales ventajas de los centros de datos

El despliegue de centros de datos en territorio nacional impulsaría la transformación digital de España, al mejorar la conectividad, fortalecer la ciberseguridad y proporcionar una mayor protección de la información (Deloitte, 2025a).

La mejora de la **conectividad** se traduce en:

- **Reducción de la latencia**, por menor distancia física entre los centros de datos y los usuarios finales, lo que se traduce en experiencia de usuario más rápida y fluida.
- **Mejora de las capacidades** de las empresas **de procesamiento y almacenamiento** de manera más rápida y eficiente, al tener centros de datos más cercanos.
- **Reducción de costes para el sistema** (ahorro de uso de ancho de banda, mayor facilidad de mantenimiento, reducción de la necesidad de transportar información largas distancias internacionales, etc.).
- **Aumento de la resiliencia de la red**, al establecer múltiples rutas de interconexión entre los centros de datos apalancadas en la buena red de conectividad española.

Por otra parte, dentro del ámbito de la **ciberseguridad**, el despliegue de los centros de datos:

- **Reduce la dependencia de interconexiones submarinas**, protegiendo la disponibilidad de los datos frente a daños o ataques en estas infraestructuras estratégicas.
- **Permite una respuesta rápida ante incidentes de seguridad o ciberataques**, como los de denegación de servicio distribuido (DDoS) para saturar los sistemas y servidores, minimizando el tiempo de inactividad y reduciendo el impacto operativo.

Por último, se incrementa la **protección de la información** al:

- **Garantizar que los datos sensibles y críticos permanezcan dentro de la jurisdicción española o europea**, con controles técnicos verificables que aseguren la soberanía operativa independientemente del origen del proveedor, fortaleciendo la autonomía tecnológica del país.
- **Facilitar la realización de auditorías y supervisiones** que garanticen el cumplimiento de los estándares de seguridad y la correcta gestión de los datos.

Estas ventajas descritas pueden, según la asociación española de centros de datos, dinamizar la economía española por doble vía (SpainDC, 2025a)



### PLANO DIRECTO

La construcción, operación y mantenimiento de los centros de datos movilizan talento altamente cualificado y capital intensivo, reforzando la calidad de la conectividad y la resiliencia de la red nacional.



### PLANO INDIRECTO

Su expansión impulsa la demanda en telecomunicaciones, energía (especialmente renovable), fabricación de equipamiento tecnológico y servicios auxiliares como seguridad, logística o mantenimiento, con efectos de red que multiplican la productividad del tejido empresarial.

Desde la perspectiva del impacto:

- **En términos de desarrollo económico, los centros de datos se han consolidado en pilar esencial de la economía digital:** habilitan servicios y productos basados en datos, contribuyen al PIB, atraen inversión tecnológica de alto valor y sostienen la transformación digital de sectores clave. Las inversiones sustanciales de proveedores *cloud* globales en infraestructura de centros de datos en España han contribuido significativamente al desarrollo del ecosistema digital nacional, generando miles de empleos cualificados, ecosistemas de *partners* locales y transferencia de conocimiento técnico. Esta infraestructura permite a clientes españoles cumplir con requisitos de residencia de datos mientras acceden a capacidades avanzadas de computación, inteligencia artificial y analítica, habilitando la digitalización puntera de empresas de todos los tamaños sin inversiones prohibitivas en infraestructura física propia.

Esta base tecnológica permite la aparición de nuevos modelos de negocio y eleva el valor añadido de actividades intensivas en conocimiento — telecomunicaciones, servicios financieros, comercio digital o salud—, al tiempo que moderniza industrias tradicionales (manufactura, construcción, transporte) a través de mejoras en eficiencia operativa, trazabilidad y ampliación de canales de distribución. **El resultado es un aumento de la competitividad sistémica, con menores costes, mayor calidad y mejores oportunidades de generación de valor.** Una infraestructura digital sólida, además, posiciona al país como nodo estratégico regional y refuerza su capacidad de adaptación ante cambios tecnológicos, oscilaciones de la demanda o disrupciones en las cadenas globales de valor.

Las estimaciones macroeconómicas subrayan la magnitud del fenómeno. Según proyecciones de Deloitte (2025a), los centros de datos pueden convertirse en catalizadores del crecimiento y aportar entre 30.000 y 70.000 millones de euros al PIB de España en 2030 —en el rango del 2% al 4% del PIB—, un peso equiparable o superior al de sectores tradicionales como el agrícola (2,5% en 2023) y con vocación de motor estructural. La concreción de este potencial dependerá de la velocidad del desarrollo tecnológico, la coordinación y las sinergias dentro del sector, y la ejecución efectiva de los proyectos planificados, además de su capacidad para seguir generando empleo cualificado a lo largo de toda la cadena de valor.

- **En el mercado laboral, se producen beneficios en términos de cantidad y calidad.** De forma directa, los centros de datos demandan ingenieros de redes, especialistas en operación y técnicos de infraestructuras avanzadas, así como perfiles con capacidades en inteligencia artificial, análisis de datos, seguridad en la nube y conectividad; de forma indirecta, generan empleo en transporte, servicios técnicos y auxiliares, integrando a perfiles diversos en la cadena de valor.

Para cubrir la brecha existente de estos perfiles, los principales proveedores tecnológicos y *hyperscalers* han desplegado academias y programas de certificación que facilitan el reacondicionamiento o perfeccionamiento de las competencias de profesionales en transición, acelerando la creación de talento especializado.

- **Para la pyme:** en un país donde las pymes constituyen el grueso del tejido productivo y representan una proporción sustancial de usuarios de centros de datos, el acceso a infraestructura avanzada proporciona capacidades antes reservadas a grandes corporaciones.

La nube soportada por centros de datos ofrece escalabilidad bajo demanda, reduce barreras de entrada y transforma costes fijos en variables; el almacenamiento seguro protege información sensible y facilita el cumplimiento normativo; y las capacidades de análisis permiten decisiones más informadas, identificación de oportunidades y optimización de procesos. En conjunto, estas ventajas elevan la competitividad de las pymes e impulsan su digitalización.

- **En el ámbito educativo y de la innovación:** desde plataformas de aprendizaje y colaboración en tiempo real hasta el acceso a contenidos y la evaluación en línea, todo se sustenta en capacidades de cómputo, almacenamiento y distribución de datos de baja latencia y alta disponibilidad.

Este soporte mejora la accesibilidad del aprendizaje, fomenta metodologías más dinámicas y refuerza el vínculo entre academia, empresas y comunidades locales, alimentando un círculo virtuoso de talento e innovación.

- **En términos de sostenibilidad ambiental,** los centros de datos modernos se han consolidado como vehículos esenciales de la transición verde de la digitalización. Contrariamente a percepciones obsoletas, la infraestructura de computación en nube de gran escala representa una alternativa significativamente más eficiente energéticamente que las infraestructuras

locales tradicionales: estudios independientes demuestran que los centros de datos hiperescalares son aproximadamente cinco veces más eficientes que instalaciones locales equivalentes, gracias a economías de escala, innovación continua en refrigeración (sistemas de *free cooling*, refrigeración líquida directa, reutilización de calor residual), y optimización mediante inteligencia artificial de los sistemas de gestión energética.

Los principales operadores de centros de datos en España han establecido compromisos ambiciosos de sostenibilidad: operación con 100% de energía renovable mediante contratos de compra directa (PPAs) que impulsan nueva capacidad de generación solar y eólica, objetivos de carbono neto cero para 2040, y estrategias de eficiencia hídrica que incluyen sistemas de refrigeración que minimizan el consumo de agua potable y proyectos de reutilización de calor residual para calefacción urbana o procesos industriales. Esta infraestructura permite que empresas de todos los tamaños reduzcan su huella de carbono mediante la migración de cargas de trabajo desde instalaciones locales ineficientes hacia centros de datos optimizados energéticamente, acelerando así la descarbonización del sector digital español y contribuyendo a los objetivos climáticos nacionales y europeos.

## VENTAJAS COMPETITIVAS DE ESPAÑA

España no pretende sustituir a los *hubs* FLAP-D (Fráncfort, Londres, Ámsterdam, París y Dublín), pero sí complementarlos y descongestionarlos. Su propuesta combina una conectividad internacional privilegiada (gracias a cerca de la veintena de cables submarinos que la conectan con América, África y el Mediterráneo), una red de fibra de alta calidad (siendo España el tercer país con mayor red de fibra en 2025, solo por detrás de Islandia y Portugal), energías renovables abundantes (el 56,8% de toda la electricidad en 2025 provenía de fuente renovable), y suelo y energía generalmente más competitivos que en los grandes polos tradicionales. El resultado es un ecosistema en rápida expansión: más de 110 emplazamientos de más de 0,5 MW, más de 350 MW instalados y alrededor de 2.180 MW proyectados a cinco años y crecimientos interanuales de 20% (SpainDC, 2025b). En los índices de madurez, Madrid figura ya entre los mercados “Establecidos”, mientras Barcelona y Zaragoza (Aragón) escalan desde categorías emergentes. Por su lado, Lisboa se consolida como nodo ibérico complementario.

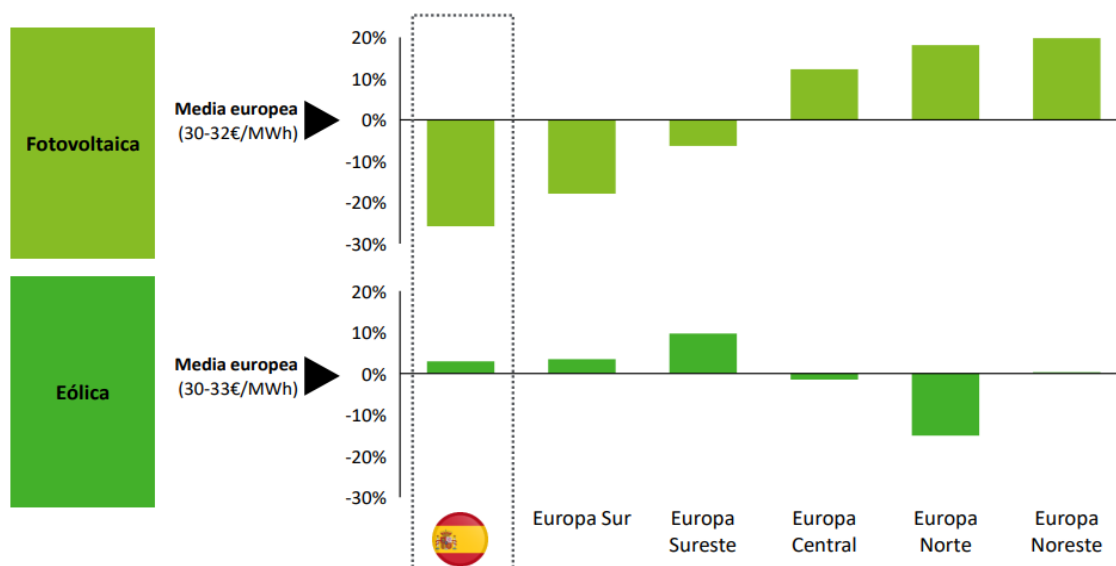
Ahora bien, la capacidad de red se ha convertido en el factor crítico. Como se expone en la Sección 4.3, la concentración de centros en unos pocos núcleos ha alargado los plazos de conexión (hasta 4 años en algunos mercados), empujando a los proyectos a salir de los límites metropolitanos tradicionales y a priorizar ubicaciones con potencia asegurada. En este contexto, España no reemplaza a los FLAP-D, pero ofrece una válvula de expansión con su binomio conectividad-renovables y un flujo de operaciones que confirma el apetito inversor. La clave para capturar más cuota pasa por potencia firme, *time-to-power* fiable y certeza regulatoria.

En síntesis, España parte con ventajas estructurales (conectividad internacional, renovables, suelo/energía competitivos y tracción inversora) y un mercado interno que madura rápido. La oportunidad de la década es orquestar estos elementos — potencia, diseño de alta densidad, sostenibilidad y gobernanza del dato— para convertir a la Península en una plataforma europea de cómputo en la era de la IA.

Según Deloitte (2025a), España tiene las siguientes ventajas competitivas:

1. **Electricidad renovable económica:** El coste de energía es muy relevante para la operativa de los centros de datos por lo que los operadores en Europa buscan energía renovable de bajo coste como parte de su compromiso con la sostenibilidad. Gracias al abundante recurso renovable en nuestro país, España tiene un coste de producción de electricidad renovable competitivo. En términos comparativos, países del centro de Europa están ofreciendo costes que llegan a triplicar los actuales en España, lo cual genera una ventaja para el país, dado que, además:
  - El coste de energía supone entre el 20-40% de los costes totales de operación de un centro de datos, por lo que los operadores buscan energía renovable de bajo coste.
  - España destaca por la disponibilidad de fuentes renovables (alrededor del 60% de generación eléctrica renovable en 2024) a precios competitivos.
  - El atractivo de España en recurso solar (hasta un 70% más de horas equivalentes de plena carga que en el norte de Europa) permite producir electricidad fotovoltaica a precios muy competitivos, un 25% inferior a la media europea en energía fotovoltaica.
  - El coste de producción de la eólica *onshore* en España también es competitivo con la media europea e incluso un 20-30% más competitivo que en regiones como el sureste del continente.

Gráfico 10: Costes de producción de electricidad (LCOEs) renovable por región a 2030 (Variación % de €/MWh respecto media europea)

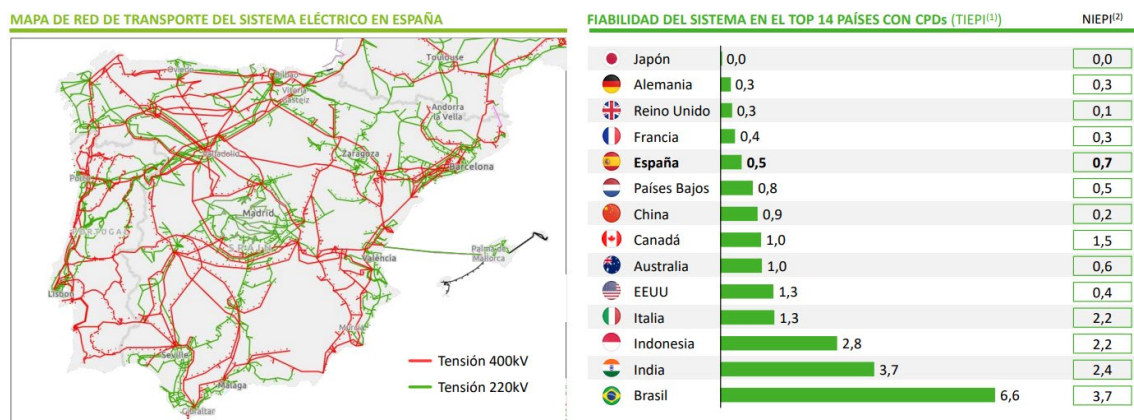


Notas: Para el cálculo de LCOEs por región se ha tenido en cuenta un país representativo por cada una de ellas: Europa del sur – Italia, Europa central – Alemania, Europa Sureste – Rumanía, Europa Norte – Suecia, Europa Noreste – Finlandia.

Fuente: Deloitte, Centros de Datos en España: Oportunidad de desarrollo económico e integración en el sistema eléctrico, 2025

2. **Espacio disponible competitivo:** Los centros de datos son instalaciones que requieren de mucho espacio en algunos casos, por lo que la disponibilidad de suelo bien conectado, con acceso a agua y a precio económico es un factor clave para los desarrolladores. A su vez, son especialmente importantes una alta velocidad de conexión y baja latencia, lo que exige que el terreno disponible esté estratégicamente conectado a redes de fibra óptica y otras infraestructuras de telecomunicaciones avanzadas.
3. **Seguridad y estabilidad:** La disponibilidad del servicio es clave para los operadores de centros de datos, por eso buscan zonas de riesgos naturales mínimos. España es de las regiones de Europa con mayor espacio físico disponible, a precios más competitivos que el mercado FLAP-D y con riesgos naturales mínimos.
4. **Capacidad de conexión a la red eléctrica:** El acceso a una red eléctrica fiable (por ejemplo, con continuidad de suministro) y de alta capacidad es imprescindible para satisfacer las crecientes necesidades energéticas para alimentar los centros de datos. El sistema eléctrico español cuenta con un sistema eléctrico mallado, con llegada granular a todo el territorio y de alta fiabilidad.

Gráfico 11: Mapa de red de transporte del sistema eléctrico en España (izquierda) y Fiabilidad del sistema en el top 14 países con centros de datos (derecha)



*Nota: TIEPI: Tiempo de Interrupción Equivalente de la Potencia Instalada; NIEPI: Número de Interrupciones Equivalente de la Potencia Instalada*

*Fuente: Deloitte, Centros de Datos en España: Oportunidad de desarrollo económico e integración en el sistema eléctrico, 2025*

5. **Buena conectividad:** Los centros de datos necesitan una conectividad de alta calidad, que combine banda ancha de alta velocidad y baja latencia (tiempo que tardan en llegar los datos de origen a destino) con una ubicación estratégicamente conectada. España destaca por sus buenas infraestructuras de conectividad y es un nodo clave en Europa para las conexiones internacionales de tráfico de datos, especialmente con América y África. También existe una amplia red de conectividad de fibra óptica y una posición geoestratégica clave, donde más del 70% del tráfico de datos hacia Europa pasa por España gracias a sus conexiones submarinas.

El conjunto de factores estructurales favorables ha contribuido al creciente interés y al aumento reciente de proyectos de centros de datos en el país, aunque se siguen requiriendo esfuerzos para mejorar los datos. En este contexto, se enmarcan desarrollos de gran escala como Nostrum Evergreen en Badajoz, el campus de Echelon Iberdrola Digital Infra en Aceca y Velilla, o el proyecto vinculado a Iberdrola en Álava, junto con la expansión de los grandes hiperescalares (AWS en Aragón, Microsoft en Madrid y Google en Barcelona) y otras iniciativas de operadores locales en Valencia y Sevilla. En conjunto, configuran un *pipeline* relevante que posiciona a España como uno de los mercados con mayor potencial de crecimiento en el sur de Europa.

#### 4.4.2. Principales retos de los centros de datos en España

En el contexto de la rápida expansión y la creciente regulación europea (como el objetivo de neutralidad climática para 2030), los principales retos de los centros de datos en España se enmarcan en dos ejes cruciales: la **seguridad ecológica** y la **sostenibilidad operacional**.

Esto implica abordar de manera prioritaria el impacto ambiental de las operaciones, centrándose en:

- **Positividad hídrica** (*water positive*): La necesidad de implementar soluciones de tratamiento de agua avanzadas y de reposición hídrica para mitigar el estrés hídrico, especialmente en regiones de España con escasez.
- **Neutralidad en carbono** (carbon negative) y economía circular: Impulso a proyectos de recuperación de calor residual para redes de calefacción urbana y la gestión integral de residuos (incluyendo e-waste), buscando una operación no solo neutra en carbono, sino idealmente Carbon Negative.
- **Eficiencia operacional y fiabilidad** (Reliability): Asegurar la continuidad operativa con ningún tiempo de inactividad, mediante la optimización de los sistemas críticos de energía y la monitorización avanzada, que al mismo tiempo contribuyen a mejorar la eficiencia energética.

## ENERGÍA

El acceso a energía, tanto en términos de potencia firme disponible como de capacidad efectiva de las redes de transporte y distribución, se ha convertido en el principal factor limitante para el desarrollo de centros de datos, en España y a escala global. Como ejemplo, según McKinsey (2025b), para proporcionar la infraestructura necesaria para los centros de datos, solo Estados Unidos necesitará triplicar con creces su capacidad energética anual durante los próximos cinco años, pasando de una demanda de 25 GW en 2024 a más de 80 GW en 2030.

Ya se contemplan las consecuencias de la incapacidad para hacer frente a la demanda de energía. Por un lado, Gartner (2024), empresa mundial de investigación y asesoría en IT, considera que el 40% de los centros de datos dedicados a IA afrontarán limitaciones operativas por falta de energía antes de 2027. Por otro lado, Cushman & Wakefield (2025) estima que asegurar nueva capacidad eléctrica puede requerir entre 3 y 10 años, dependiendo del punto de conexión y del refuerzo de red necesario.

El verdadero activo crítico actual es el acceso garantizado a MW/kW con determinados niveles de disponibilidad, redundancia y densidad por rack (Watson Farley & Williams, 2025). Este acceso está estrechamente vinculado a la estabilidad de la red eléctrica, a la que los centros de datos pueden contribuir significativamente mediante gestión activa de la demanda, capacidades de respuesta rápida y servicios de estabilización de red. La creciente densificación (impulsada por la virtualización y, especialmente, por las cargas de trabajo de IA) hace que en muchos proyectos la potencia se agote mucho antes que el espacio. Por ello, los contratos se estructuran en torno a MW reservados, *ramp-up*<sup>13</sup> de potencia y cláusulas de disponibilidad energética, como reflejan los grandes operadores y REITs del sector.

Este “giro a la potencia” también está reordenando la geografía de los centros de datos. Los grandes consumidores de cómputo priorizan ubicaciones con energía abundante, precios competitivos y alta probabilidad de cumplir los plazos de conexión (*time-to-power*). En este contexto, el acceso a la red de transporte, con procesos de asignación de capacidad prácticamente paralizados desde abril de 2024, representa un obstáculo crítico para la materialización de inversiones proyectadas en el sector. La proximidad a subestaciones con margen, a grandes líneas de transporte o a refuerzos de red planificados pesa más que la cercanía a núcleos urbanos saturados. Esta lógica es válida tanto para hiperescalares como para operadores de *colocation*.

Según McKinsey (2025b), en *hubs* maduros (p. ej., Virginia del Norte, Santa Clara) los cuellos de transmisión/generación retrasan la entrega de potencia y obligan a otorgar tramos de 15–25 MW mientras se refuerza la red. En Europa, Irlanda ha impuesto moratorias a nuevas conexiones en Dublín hasta 2028, ante la previsión de que los centros de datos alcancen cerca del 28% del consumo eléctrico nacional en 2031.

España es un país de energías renovables, factor que puede ser clave para atraer las inversiones de los grandes operadores que tienen el objetivo de desarrollar nuevos proyectos *greenfield*, especialmente los de gran escala en cuanto a requerimientos de potencia e IA. Como alternativa temporal, o permanente, a la falta de conexión a la red de transporte eléctrica, se están empezando a diseñar proyectos en modelos *off-grid* (desconectados de la red), bien en su fase inicial hasta que la conexión a la red de transporte esté disponible, o bien permanente como un modelo alternativo para el autoabastecimiento de energía para el centro de datos.

La hibridación del centro de datos con las plantas de generación renovable es cada vez más común, también apoyado por el marco legal que regula el autoconsumo, que permite a los generadores de energía renovable utilizar un porcentaje de su producción en autoconsumo. El centro de datos como industria electrointensiva es un candidato ideal para este escenario.

Además, para aprovechar al máximo la energía renovable y mejorar las prestaciones de energía en el centro de datos, la hibridación del almacenamiento de energía en baterías (BESS, por sus siglas en inglés) se convierte en un habilitador de nuevos modelos para el centro de datos.

---

<sup>13</sup> El *ramp-up* de potencia es simplemente un calendario de escalado de la potencia eléctrica contratada y entregada en un centro de datos. En vez de disponer de todos los MW desde el primer día, se pactan hitos por los que el operador te va poniendo potencia “en servicio” por tramos y tú te comprometes a consumir/pagar esos tramos en fechas concretas.

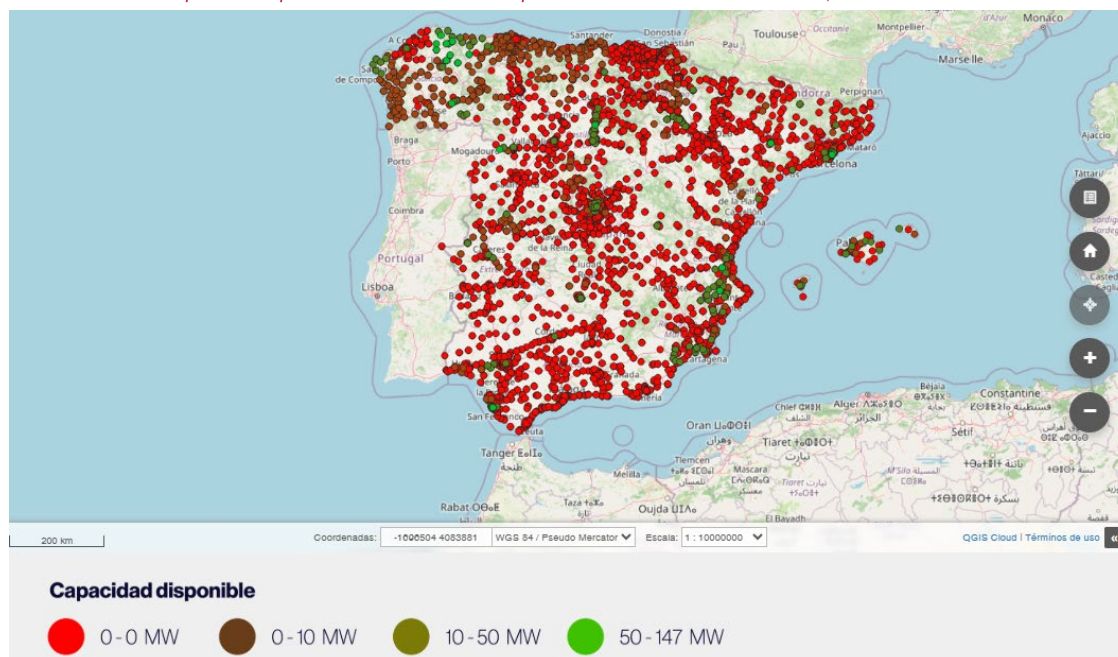
Por un lado, BESS aporta una mejora a los sistemas de respaldo de energía (bien por complementar o sustituir a los generadores diésel, bien por complementar la autonomía que ofrecen los sistemas de alimentación ininterrumpida); por otro lado, BESS permite nuevos modelos de consumo de energía (arbitraje), participar en servicios de balance y ajuste de red, etc.

### ***La situación española de la red eléctrica***

En España, este desafío adquiere una dimensión especialmente crítica. El análisis más reciente del Foro Industria y Energía (FIE) y Opina 360 sobre la capacidad de demanda de las subestaciones eléctricas certifica un escenario de saturación y capacidad de acceso cuasi totalmente ocupada en la red de distribución. A 1 de marzo de 2026, el 86,37% de las subestaciones de distribución carecen de capacidad de acceso, lo que limita el desarrollo de nuevos proyectos industriales. Actores en el sector advierten que la demanda asociada a la electrificación industrial, el hidrógeno, los centros de datos y otros grandes consumidores está creciendo a un ritmo muy superior al del refuerzo de la red.

En paralelo, el 20 de febrero de 2026, Red Eléctrica informó que se han otorgado 11,8 GW de capacidad de acceso para demanda desde 2022 solo en la red de transporte que aún no están en servicio, aludiendo que la red no está saturada. Estos valores se suman a los 7,1GW de demanda conectada a la red con anterioridad. Por tanto, el volumen de demanda con permiso, pendiente de conexión sólo a la red de transporte, supondría un incremento del 25% de la demanda actual del país.

*Ilustración 6: Mapa de capacidad de demanda por subestaciones eléctricas, a 1 de marzo de 2026*



*Fuente: Mapa de subestaciones, Foro de Industria y Energía.*

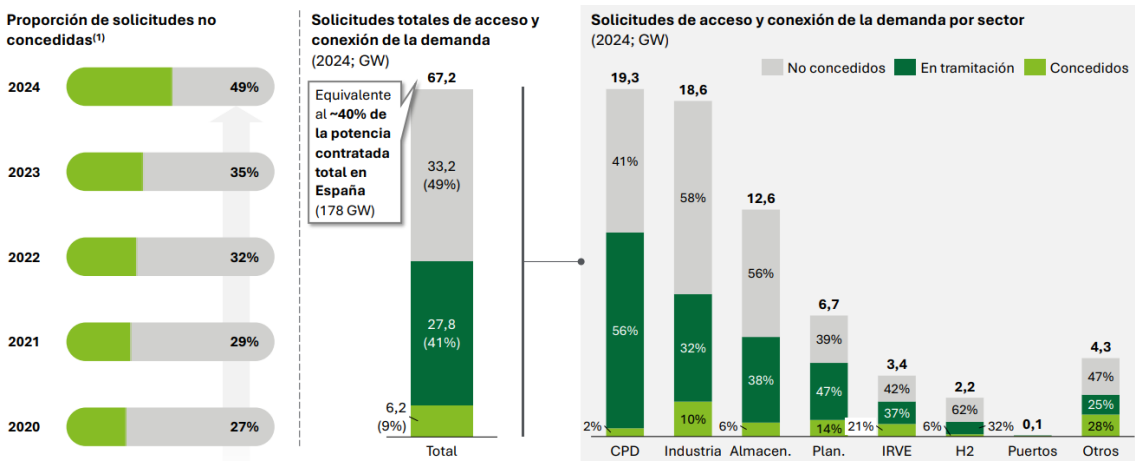
El problema, además, es territorialmente desigual pero cada vez más extendido. Ocho provincias ya han alcanzado el 100% de saturación, sin margen técnico para nuevas conexiones, mientras que solo seis conservan más del 50% de subestaciones con capacidad disponible. A nivel autonómico, País Vasco, Navarra y La Rioja rozan la saturación total, y regiones que antes actuaban como “válvulas de escape” (Asturias, Baleares, Canarias o Castilla-La Mancha) están perdiendo capacidad a gran velocidad.

Además, la capacidad teórica no siempre equivale a una oportunidad real. Factores técnicos (como cuellos de botella en la red de transporte) y desajustes geográficos entre la localización de la oferta eléctrica y la demanda industrial limitan el uso efectivo de muchos megavatios disponibles, como ilustran los casos de Lugo o Barcelona.

**Impacto directo sobre los centros de datos y la industria**

Los datos de acceso y conexión de la demanda confirman la gravedad del problema. Según la Asociación de Empresas de Energía Eléctrica (AELEC, 2025), las distribuidoras rechazaron solicitudes equivalentes a 40.000 MW por falta de capacidad en 2024. El 49% de las peticiones fueron denegadas, frente al 27% en 2020. En el caso de los centros de datos, el rechazo superó el 41%, y para la industria alcanzó el 57,5%. En 2025, la situación no ha mejorado: de los aproximadamente 40 GW solicitados, solo un 12% ha sido concedido, mientras que dos tercios no han podido ser atendidos.

Gráfico 12: Solicitudes de acceso y conexión de la demanda de electricidad



Fuente: Redes eléctricas para una España más competitiva, AELEC. Datos de DSOs del sector eléctrico español.

Este bloqueo no solo afecta a nuevos proyectos, sino también a la industria ya instalada, que ve limitada o directamente imposible la electrificación de sus procesos productivos, comprometiendo mejoras en eficiencia, productividad y competitividad, así como el cumplimiento de los objetivos de transición energética.

Sin una planificación estratégica, inversión efectiva en red, medidas que garanticen la madurez de los proyectos y prevengan prácticas especulativas sobre la capacidad de red y una modernización acelerada de la red, la transición energética y la reindustrialización verde en España corren el riesgo de verse frenadas por una asfixia técnica creciente.

**Causas estructurales: inversión, regulación y planificación**

Según Deloitte (2025b), el problema tiene un carácter claramente estructural. El despliegue de redes eléctricas en España está limitado por:

- **Topes de inversión bajos**, muy por debajo de los estándares europeos (en torno al 0,18% del PIB frente al 0,40% en Alemania o el 0,55% en Países Bajos).
- Un **marco retributivo históricamente poco atractivo**, que ha dificultado la atracción de capital. Aunque la Circular aprobada en diciembre de 2025 eleva la tasa de retribución financiera hasta el 6,58% para el periodo 2026-2031, sigue por debajo de lo reclamado por el sector (reclamaba al menos el 7,5) y de los países europeos (suelen hallarse entre el 7% y 9%).
- **Barreras administrativas y de tramitación**, con autorizaciones que pueden demorarse más de una década, agravadas por la saturación de las administraciones públicas y la falta de coordinación interadministrativa. En cuanto a la aceptación social, el Barómetro de Percepción Social de los Centros de Datos en España, elaborado por SpainDC junto con Sigma Dos a partir de más de 2.100 encuestas, revela que el 85% de la población ha oído hablar de los centros de datos y que el sector obtiene una valoración media de 8,7 sobre 10, equivalente a la que los ciudadanos otorgan a servicios esenciales como la sanidad, la educación o la seguridad pública, lo que sugiere que la oposición no es generalizada sino localizada en proyectos específicos.
- **Incertidumbre regulatoria** (variabilidad y la falta de previsibilidad regulatoria, especialmente en lo relativo a revisiones de las retribuciones ex-post y cambios en la regulación) y falta de alineación entre la planificación energética y la política industrial, lo que explica que menos del 10% de la capacidad solicitada fuese concedida en 2024.

## CONECTIVIDAD Y REDES DE TRANSPORTE

La conectividad de alta velocidad es un punto clave para los centros de datos. En el mundo de la inmediatez, los centros de datos no pueden trabajar de forma aislada, y forman parte de un núcleo mayor, bien de servicios de los hiperescaladores, que les aporta redundancia y resiliencia a sus servicios, o bien de los servicios propios de empresas y pymes.

Es por ello por lo que los operadores de redes de telecomunicaciones siguen invirtiendo en el despliegue y mantenimiento de redes dedicadas. Esto se añade a las localizaciones de los potenciales centros de datos, en algunos casos localizaciones remotas sin acceso o canalizaciones, lo que provoca que estos operadores tengan que hacer unas instalaciones dedicadas (ad-hoc) para llegar con garantía y seguridad a los centros de datos.

En estos casos, las instalaciones de anillos entre centros de datos de fibra oscura dedicada para los clientes es una tecnología que permite esta redundancia e interconectividad<sup>14</sup>. Países donde la red de fibra óptica (y su canalización) cubra la

---

<sup>14</sup> Por un lado, la fibra oscura es fibra óptica físicamente instalada, pero sin equipamiento de transmisión encendido en sus extremos. El operador de telecomunicaciones alquila o vende el hilo desnudo, y es el operador de centros de datos quien instala sus propios equipos ópticos. Un anillo de fibra oscura entre centros de datos da dos caminos físicamente distintos entre cada par de nodos: si una zanja se corta, el tráfico circula por el sentido contrario del anillo.

amplia mayoría del territorio, tienen ventaja competitiva como potenciales destinos de los centros de datos.

## **AGUA**

Históricamente, la disposición de recursos hídricos ha sido considerada uno de los factores críticos en la implantación y operación de centros de datos, especialmente por su papel en los sistemas de refrigeración. Estudios de referencia llegaron a estimar que un centro de datos de gran escala podía consumir hasta 19 millones de litros de agua al día (equivalente al consumo de una ciudad de entre 10.000 y 50.000 habitantes), lo que situó al WUE (*Water Use Efficiency*) como uno de los indicadores ambientales centrales del sector.

Sin embargo, este debate se encuentra hoy en plena reconfiguración. Los avances recientes en refrigeración líquida directa al chip (*direct-to-chip*), inmersión con fluidos dieléctricos y, sobre todo, los sistemas de circuito cerrado sin evaporación están reduciendo de forma drástica la dependencia hídrica de las nuevas instalaciones. Microsoft anunció en 2024 que todos sus centros diseñados a partir de agosto de ese año incorporarían refrigeración de circuito cerrado con un único llenado inicial y cero evaporaciones, con despliegue generalizado previsto para finales de 2027 (Microsoft, 2024; Microsoft, 2025); Oracle aplica un esquema equivalente en sus nuevos centros de IA (Oracle, 2026); y operadores como AWS, Vantage u OVHcloud avanzan en la misma dirección. Las estimaciones del sector apuntan a reducciones del consumo físico de agua cercanas al 98% frente a los sistemas evaporativos tradicionales y a que el uso directo de agua caiga por debajo del 5% del consumo total de los grandes operadores en el horizonte de 2026.

Esta evolución no elimina por completo la cuestión (el parque instalado seguirá combinando durante años sistemas refrigerados por aire y por agua, y las cargas de IA de muy alta densidad imponen sus propios retos térmicos), pero sí desplaza el foco. La preocupación dominante deja de ser el volumen agregado de agua consumida y pasa a centrarse en el impacto local de las instalaciones heredadas, en el ciclo de vida de los nuevos fluidos refrigerantes y, sobre todo, en la energía adicional que algunas de estas arquitecturas requieren. La innovación digital (como la IoT, IA aplicada a la gestión hídrica, y el mantenimiento predictivo) sigue siendo un facilitador relevante para la sostenibilidad del agua a escala más amplia, pero, en lo que se refiere específicamente al sector de centros de datos, el agua está dejando de ser el cuello de botella estructural que parecía hace apenas unos años.

## **TERRENO**

La disponibilidad del terreno es finita y la construcción con ello. Los centros de datos no pueden escalar indefinidamente y aumentar así su capacidad. Es decir, el diseño de una planta no puede de repente duplicar su capacidad construyendo una segunda si esta no se tuvo en cuenta en el diseño inicial. Esto hace que los criterios iniciales de diseño e inversión sean muy comedidos a la demanda actual, que en ocasiones se ve limitada en su capacidad con las necesidades futuras.

## **MARCO REGULATORIO Y SIMPLIFICACIÓN ADMINISTRATIVA**

El marco regulatorio y administrativo se ha consolidado como uno de los principales desafíos para el despliegue y la operación de centros de datos en España. La actividad

se encuentra sujeta a un mosaico normativo amplio, complejo y en constante evolución, que combina legislación europea, normativa estatal, regulación autonómica y ordenanzas municipales. Este entramado afecta a aspectos críticos como la eficiencia energética, la sostenibilidad ambiental, el acceso a la red eléctrica, la ciberseguridad, la protección de datos, la financiación y la consideración de los centros de datos como infraestructuras estratégicas.

La complejidad se ha intensificado en los últimos años con la entrada en vigor de numerosas directivas y reglamentos europeos (en materia de eficiencia energética, resiliencia digital, ciberseguridad, datos o servicios *cloud*) y su posterior trasposición al ordenamiento jurídico español mediante leyes, reales decretos y planes estratégicos como España Digital 2026. A ello se suma el impacto del paquete ómnibus digital de la Comisión Europea, cuyo objetivo es armonizar y simplificar la normativa digital, pero que introduce nuevas obligaciones técnicas, contractuales y operativas para los centros de datos, reforzando el peso de la regulación como factor determinante para la viabilidad y competitividad del sector.

### ***Fragmentación administrativa y complejidad en la tramitación***

Uno de los principales problemas en España es que la tramitación de permisos no se gestiona a nivel estatal, sino que depende de comunidades autónomas y ayuntamientos. Esto genera una alta heterogeneidad de criterios, exigencias y plazos, que varían significativamente según la ubicación del proyecto. La localización se convierte así en un factor clave no solo por razones técnicas o energéticas, sino también administrativas.

Entre los principales permisos requeridos se encuentran:

- **Acceso y conexión a la red eléctrica**, imprescindible dada la elevada demanda energética de estas infraestructuras.
- **Compatibilidad urbanística**, que debe ser validada por el ayuntamiento correspondiente, en un contexto de normativa urbanística no unificada.
- **Autorizaciones ambientales**, tramitadas a nivel autonómico, cuya complejidad depende de la ubicación y del tamaño del proyecto.
- **Licencias municipales de obra y actividad**, necesarias para iniciar la construcción y la operación.
- **Otros requisitos sectoriales**, como planes de prevención de riesgos, protección contra incendios o documentación específica.

Para los grandes centros de datos (potencias iguales o superiores a 50 MW), resulta además imprescindible la Autorización Ambiental Integrada (AAI), junto con autorizaciones asociadas a subestaciones eléctricas. En regiones con alta concentración de proyectos, la carga administrativa es especialmente elevada, con plazos que pueden superar los 18–25 meses, incluso en proyectos estratégicos.

La sobreabundancia de trámites, la falta de criterios homogéneos y la limitada coordinación entre administraciones no solo ralentizan los proyectos, sino que reducen la capacidad del sector para alcanzar su potencial de crecimiento. En algunos

casos, la regulación introduce condiciones competitivas artificiales, como restricciones al desarrollo de la red eléctrica o decisiones que priorizan determinadas zonas por motivos no técnicos, lo que resta eficiencia económica, inversión y generación de valor añadido.

A esta situación se suma la incertidumbre regulatoria, derivada de cambios frecuentes, requisitos poco claros y riesgos de reinterpretación *ex post*, que dificulta la planificación a largo plazo y eleva el coste del capital. Todo ello es especialmente problemático en un sector intensivo en inversión, con horizontes de retorno largos y fuerte dependencia de la estabilidad normativa.

Procesos que llevan a desarrollos completos, que de inicio conllevan entre 18 a 24 meses de construcción, se les añade en algunos casos otros 6-12 meses adicionales al plan de proyecto, inviabilizando el tiempo de llegada al mercado.

La alta inversión queda sujeta a unos plazos que la demanda no puede aceptar con tanto tiempo de decalaje, y muchos promotores terminan desistiendo de su inversión en el proyecto.

### ***Regulación ambiental y sostenibilidad: oportunidad y riesgo***

En el ámbito medioambiental, la UE y España han reforzado significativamente las exigencias en materia de eficiencia energética y sostenibilidad desde 2023. La transposición de la Directiva (UE) 2023/1791 de eficiencia energética, junto con nuevas normas nacionales y el futuro Real Decreto específico sobre centros de datos, marcarán el marco de cumplimiento en los próximos años.

A nivel nacional, España ha mostrado una actitud proactiva, adoptando estándares que incluso superan los requisitos regulatorios (Real Decreto-Ley 8/2023; Plan Nacional Integrado de Energía y Clima de España; Circular de Acceso a la Energía por la CNMC) y posicionándose como referente en sostenibilidad. Ahora, la Unión Europea a través de su Reglamento de Ejecución, así como el Gobierno de España a través de su norma de transposición de la Directiva de Eficiencia Energética, deben demostrar su compromiso con un sector que resulta esencial para la competitividad europea y española a lo largo de las próximas décadas. La falta de claridad en algunas exigencias (por ejemplo, de la Directiva de Eficiencia Energética) y el riesgo de interpretaciones divergentes entre Estados miembros podrían fragmentar el mercado único y generar desventajas competitivas frente a otras regiones como EE. UU. o Asia, donde los marcos regulatorios son más ágiles.

Para un mayor detalle del marco regulatorio relevante para los centros de datos en España, véase el Anexo I: Marco regulatorio.

### **ESCASEZ DE SUMINISTROS CRÍTICOS**

El rápido crecimiento de la demanda de capacidad de cómputo también está generando tensiones crecientes en la cadena global de suministro de componentes críticos para los centros de datos. Entre ellos, la óptica de red se ha convertido en uno de los elementos más estratégicos y, al mismo tiempo, más vulnerables del ecosistema.

Según un informe de McKinsey (2025a), la óptica de red es un componente esencial para el entrenamiento y la inferencia de modelos de IA, ya que permite mover volúmenes masivos de datos entre servidores, *racks* y centros de datos. Para responder a estas necesidades, los operadores requieren transceptores ópticos (dispositivos de conversión fotoeléctrico transformando señales eléctricas en pulsos de luz) de muy alta velocidad, capaces de alcanzar 800 Gbps y, progresivamente, 1,6 Tbps o más. Sin embargo, la capacidad de fabricación de estos componentes no está creciendo al mismo ritmo que la demanda, lo que anticipa déficits significativos de suministro en los próximos años.

McKinsey estima que, hasta 2027, la producción de transceptores de 800 Gbps será entre un 40% y un 60% inferior a la demanda, mientras que los transceptores de 1,6 Tbps podrían registrar déficits del 30% al 40% hasta 2029. Estas limitaciones no responden únicamente a cuellos logísticos coyunturales, sino a restricciones estructurales en la fabricación, especialmente en tecnologías críticas como los láseres electro-absorbentes basados en fosforo de indio (*InP-based EML*), cuya producción está altamente concentrada a nivel global (limitada a entre tres y cinco fabricantes a nivel mundial) y presenta rendimientos bajos en diseños de última generación. Al respecto, McKinsey anticipa que los déficits de suministro de *InP-based EML* podrían alcanzar el 17% en 2026, y que las restricciones persistirán al menos hasta la segunda mitad de 2027, convirtiendo este componente en importante cuello de botella de la cadena de valor de los centros de datos. Por último, identifican posibles vías de mitigación de estas restricciones, pero con importantes limitaciones en el corto y medio plazo.

La complejidad técnica de estos componentes limita la velocidad a la que puede ampliarse la capacidad productiva. De hecho, la construcción de nuevas fábricas o la ampliación de las existentes puede requerir entre cinco y siete años, con inversiones de capital estimadas entre 500 millones y 2.000 millones de dólares, dependiendo de la estrategia tecnológica adoptada.

## **IMPLICACIONES PARA ESPAÑA Y EUROPA**

Aunque la escasez de suministros es un fenómeno global, sus efectos son especialmente relevantes para países como España, que aspiran a consolidarse como *hubs* de centros de datos en Europa. La dependencia de cadenas de suministro internacionales (con fuerte concentración en Estados Unidos y Asia) incrementa la exposición a riesgos geopolíticos, comerciales y de capacidad, y puede traducirse en retrasos en los calendarios de construcción, sobrecostes y menor previsibilidad en los proyectos.

En este contexto, la escasez de componentes críticos no solo afecta a la fase de construcción, sino también a la planificación de inversiones, ya que el importe de capital necesario depende del tipo de proyecto (nueva construcción, ampliación o *retrofit*), de la localización y de la disponibilidad efectiva de equipamiento en los plazos requeridos. Para operadores y promotores en España, esto refuerza la necesidad de precontratación temprana, acuerdos a largo plazo con proveedores y estrategias de diversificación de suministros.

## - **Mercado laboral**

El desarrollo de los centros de datos no solo impulsa la demanda de empleo altamente cualificado en ámbitos como redes, ciberseguridad, operación de infraestructuras estratégicas, inteligencia artificial o análisis de datos, sino que genera también un efecto arrastre significativo a lo largo de toda su cadena de valor. A esta se incorporan perfiles técnicos y profesionales vinculados a la ingeniería eléctrica y mecánica, climatización, construcción especializada, mantenimiento, gestión energética, seguridad física, servicios auxiliares y proveedores tecnológicos.

Conscientes de esta creciente demanda, los principales operadores y proveedores del sector han puesto en marcha academias corporativas, programas de certificación, plataformas de formación continua y alianzas con centros educativos y universidades, con el objetivo de acelerar la generación de talento especializado y adaptar las competencias a las necesidades reales de la industria.

No obstante, tal y como señala SpainDC (2025b), el sector afronta un desafío estructural en la gestión del talento, derivado de la combinación de tres factores: el rápido crecimiento de la industria, la elevada complejidad técnica de las operaciones y la limitada disponibilidad de profesionales con experiencia específica. Aunque esta escasez no es exclusiva de los centros de datos, en este ámbito se ve especialmente acentuada por la competencia global por el talento digital y la criticidad de las infraestructuras.

La retención de profesionales cualificados se ha convertido, asimismo, en uno de los principales retos del sector. La alta demanda y la movilidad internacional de estos perfiles obligan a las empresas a diseñar estrategias activas de retención, basadas en paquetes retributivos competitivos, incentivos a largo plazo y, sobre todo, en la definición de trayectorias profesionales claras, que permitan el desarrollo técnico y la progresión interna dentro de la organización.

Junto a la remuneración, otros factores adquieren un peso creciente en la atracción y fidelización del talento. La flexibilidad laboral, la conciliación, la estabilidad del empleo y el acceso a formación continua son elementos cada vez más valorados por los trabajadores del sector. En paralelo, ante la escasez de perfiles con experiencia consolidada, muchas empresas están optando por el desarrollo interno de talento, identificando profesionales con una base técnica sólida y formándolos específicamente para las necesidades operativas de cada centro de datos.

## - **Seguridad física y ciberseguridad**

Los centros de datos se están convirtiendo cada vez más en infraestructuras estratégicas, aunque no están legalmente reconocidas como tales, por la importancia de éstos en las comunicaciones y sistemas de las empresas y de las administraciones públicas.

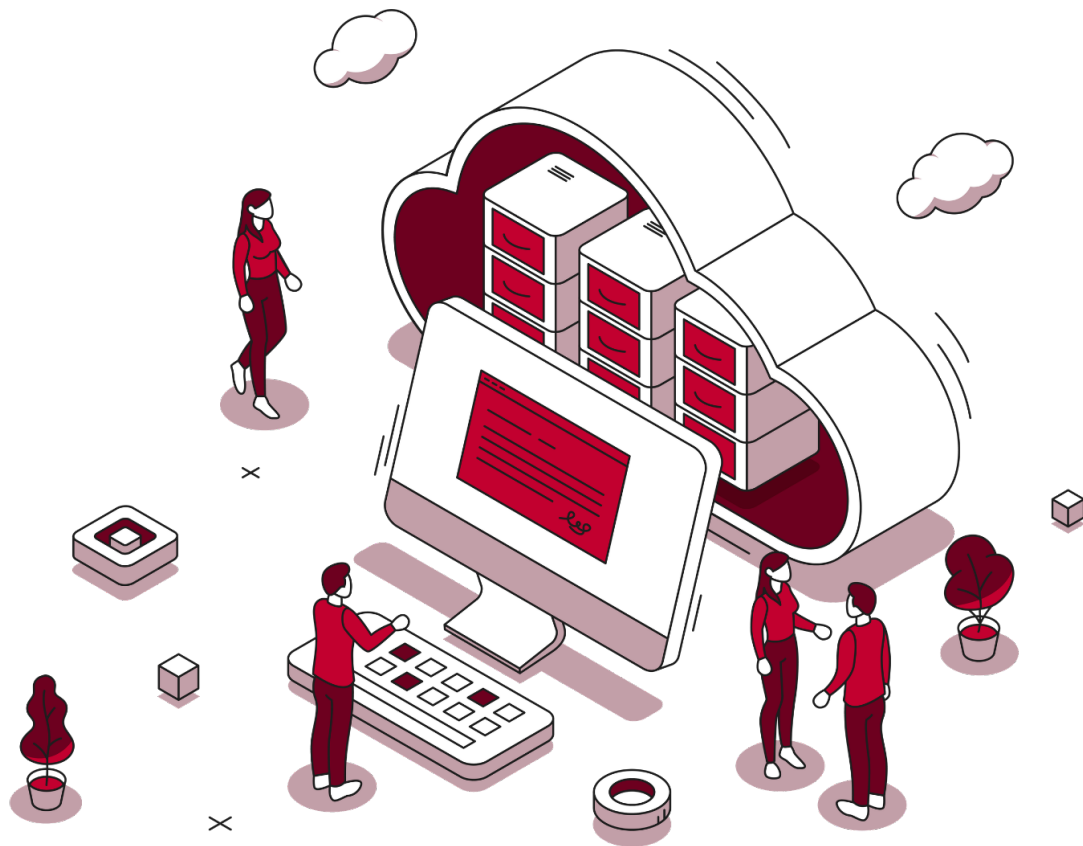
Es de especial relevancia por tanto considerar que uno de los retos pasa por garantizar la seguridad física de los mismos, evitando manipulaciones intencionadas de los equipamientos que residen en los centros de datos. Asimismo, en un mundo cada vez más digital, toma especial relevancia la observación y vigilancia de la ciberseguridad, para evitar intrusiones, hackeos y demás acciones que pongan en peligro los datos y servicios ofrecidos.

- **Crecimiento de la demanda tecnológica a ritmo exponencial**

La carrera por la IA es a su vez un reto en los centros de datos. La IA genera nuevas exigencias para el diseño de los centros de datos. Sus aplicaciones requieren densidades eléctricas y de cómputo significativamente superiores y la mayor potencia incrementa las demandas sobre las redes de distribución y transporte de energía eléctrica (SpainDC, 2025a).

En este aspecto, se debe considerar la iniciativa de la Comisión Europea de *AI/Continent*, donde uno de sus pilares pasa por la densificación de infraestructuras para IA, por medio de la creación de factorías y gigafactoría de IA en territorio europeo basadas en centros de datos de gran escala. Esta iniciativa surge como respuesta al proyecto *Stargate*, por el que un consorcio de empresas de los Estados Unidos pretende movilizar 500.000 millones de dólares para el desarrollo de centros de datos para IA en su país.

## 5. CASO PRÁCTICO: *EDGE COMPUTING*



### 5.1. Introducción

El *Edge Computing* (o computación en el borde, en español) es un paradigma arquitectónico que desplaza capacidades de cómputo, almacenamiento y análisis desde centros de datos centralizados hacia la proximidad funcional de donde se generan los datos. “Edge” no alude a un límite geográfico rígido, sino a la cercanía operativa respecto de usuarios, sensores y sistemas; esto es, tiendas y fábricas, sedes corporativas, estaciones base 5G, puertas de enlaces (“gateways”) industriales o incluso dispositivos *IoT* (internet de las cosas). Al virtualizar funciones de servidor en estos emplazamientos, el procesamiento ocurre junto a la fuente de datos, lo que reduce de forma significativa la latencia, mejora los tiempos de respuesta y optimiza el ancho de banda, sin renunciar a principios de la nube como flexibilidad, disponibilidad, escalabilidad y eficiencia.

Las organizaciones que lideran la adopción del *edge* anticipan la necesidad de decenas de miles de localizaciones dentro de un único país para atender casos de uso sensibles a la latencia y al contexto local. Esta diferencia se traslada también al ámbito del *edge cloud*: existen nubes de borde privadas, controladas por una empresa para su propia operación, y nubes de borde públicas, ofertadas como servicio desde una malla distribuida de emplazamientos.

El papel de los operadores de telecomunicaciones es especialmente relevante en este reparto de funciones, ya que poseen grandes inventarios de propiedades. Según Analysys Mason (2021), quienes poseen grandes inventarios de ubicaciones

distribuidas cerca del cliente están bien posicionados para convertirse en proveedores de *edge* público. La propia naturaleza de los servicios de telecomunicaciones, con exigencias de baja latencia, empuja a situar capacidades de cómputo en el borde de la red, integradas con la infraestructura de transporte y acceso móvil (incluido el 5G).

Esta estructura responde a una tendencia macro. Según Capgemini (2024), el aumento masivo de conectividad, dispositivos y generación de datos ha impulsado la proliferación de servicios de procesamiento inteligente para extraer información multimodal (sensorial, visual, transaccional). Tradicionalmente, la nube centralizada ha sido el destino natural para escalar recursos de manera unificada (autenticación, almacenamiento, cómputo, conectividad y orquestación) bajo la provisión de grandes entidades. Sin embargo, Capgemini advierte que un procesamiento excesivamente centralizado puede restringir el funcionamiento de aplicaciones por límites de recursos y limitar al usuario en materia de gobernanza de datos e identidades. El *edge computing* actúa como complemento: descarga tareas al perímetro, preserva autonomía local cuando es necesario y coordina con la nube para aprendizaje global, resiliencia y gestión del ciclo de vida.

La computación en el borde captura las ventajas de las tecnologías de la información tradicionales (control del dato, altas prestaciones) y *del Cloud computing* (elasticidad, bajas barreras de entrada, alta disponibilidad).

## 5.2. Edge nodes

Mientras que el *edge computing* es el modelo arquitectónico, un *edge node* (o nodo de borde en inglés) es su unidad de despliegue.

La Comisión Europea, en su “*Observatorio Edge para la Década Digital*”, define los nodos en el borde como aquellos nodos informáticos que proporcionan latencias inferiores a 20 milisegundos (véase la Tabla 1 como ejemplo), tales como un servidor individual u otro conjunto de recursos informáticos conectados (esto es, *routers*, *gateways*, microcentros de datos, servidores locales y dispositivos *IoT*). Estos funcionan como parte de una infraestructura informática periférica, normalmente ubicados en un centro de datos periférico que opera en el extremo de la infraestructura y, por lo tanto, físicamente más cerca de sus usuarios previstos que un nodo en la nube de un centro de datos centralizado.

Un caso práctico del uso de esta estructura es el desarrollado por el Instituto de Empresa y Telefónica, que combinaron 5G, *edge* y realidad virtual para ofrecer seminarios inmersivos con renderizado 3D en red, accesibles desde dispositivos de gama básica. En el ámbito industrial y logístico, compañías como Siemens y Amazon utilizan computación en el borde para coordinar robots y procesar datos en tiempo real. En ciudades inteligentes, el ayuntamiento de Barcelona y Telefónica han desplegado nodos locales para gestionar tráfico, alumbrado y calidad del aire de forma más eficiente. En turismo, proyectos impulsados por SEGITTUR emplean realidad aumentada con procesamiento local para ofrecer experiencias personalizadas.

Asimismo, el *edge* facilita el análisis de vídeo en tiempo real en sistemas de videovigilancia (como los de Axis Communications), reduce la latencia en juegos en la nube (NVIDIA, Verizon) y resulta clave para la conducción autónoma, donde empresas

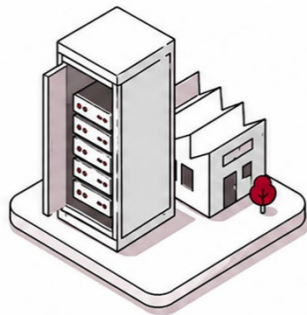
como Tesla y el consorcio *5G Automotive Association* combinan procesamiento local y conectividad 5G para la toma de decisiones instantánea.

### 5.3. Tipología y prestaciones

En la literatura técnica convergen cuatro categorías principales de despliegue, que conviene entender como zonas de un continuo más que como compartimentos estancos:



**Borde en el dispositivo (*on-device edge*):** Capacidades inteligentes embebidas en el propio dispositivo (vehículos, robots, cámaras, *gateways* de sensores). Operan en el rango sub-milisegundo ( $<1$  ms) y con presupuestos de energía muy contenidos (hasta el orden de  $\leq 1$  kW en *micro-edge*), ideales para control en tiempo casi real, visión por computador y preprocesado ultralocal. Esta capa corresponde al extremo más cercano del continuo periferia-nube (*edge-to-cloud*), según la Comisión Europea.



**Borde local (*on-premise edge*):** Nodos situados en planta o edificio (normalmente a  $<1$  km de los dispositivos) con latencias de  $\sim 1$ -3 ms y potencias de hasta decenas de kilovatios ( $\approx 30$  kW en despliegues pequeños). Se implementan como armarios (*racks*) o aparatos fortalecidos en fábricas, sedes corporativas, hospitales o tiendas. Permiten cerrar bucles de control industrial, ejecutar inferencias de IA junto a la línea de producción y mantener servicios críticos incluso si se degrada la conectividad WAN. Esta capa pertenece al “micro/medium edge” ilustrado en las guías de la Comisión Europea.



**Borde lejano (*far edge*):** Emplazamientos **distribuidos** en la red de acceso —por ejemplo, *cell-site edge*, casetas de telecomunicaciones o edificios dedicados— situados entre  $\sim 1$  y 100 km del usuario final, con latencias típicas de  $\sim 2$ -5 ms y capacidades que ascienden al orden de cientos de kilovatios ( $\approx 200$  kW). Aquí se consolidan cargas de múltiples sedes o celdas 5G, se alojan *mini data centres* y se habilitan servicios sensibles a la latencia para áreas urbanas y rurales. Según Analysys Mason (2021), estos puntos intermedios son clave para escalar a “decenas de miles” de ubicaciones a nivel país.



**Borde metropolitano (*near- o metro-edge*):** Puntos de presencia metropolitanos o regionales, a  $\sim 100$ -1.000 km del usuario, con latencias de  $\sim 10$ -20 ms. A menudo se ubican en centros de datos “en país” y alcanzan capacidades de hasta megavatios ( $\approx 1$ -5 MW), sirviendo como primer nivel de agregación para aplicaciones de mayor huella o para entregas de contenidos con requisitos de soberanía. Según la Comisión Europea, esta capa hace de puente natural hacia la nube regional/nacional.

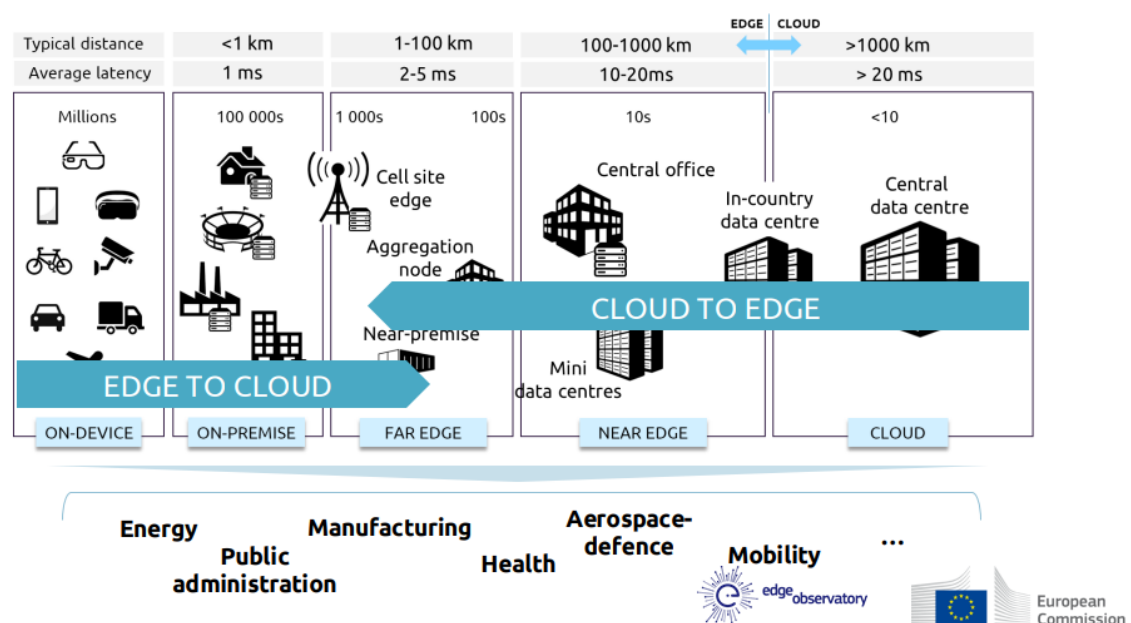
Tabla 1: Categorías del despliegue del edge computing

| Category |             | Type                           | Deployment                                                                        | Performance Features                                         |                     |
|----------|-------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------|
|          |             |                                |                                                                                   | Power Capacity                                               | Latency             |
| Cloud    |             | In-country data centres        |  | Between 5MW and 10MW                                         | Up to 20ms          |
| Edge     | Metro-edge  | In-country data centres (edge) |  | Up to 5MW                                                    | Between 10 and 20ms |
|          | Medium-edge | Near Edge                      |  | Up to 1MW                                                    | <10ms               |
|          |             | Far Edge                       |  | Up to 200kW                                                  | <5ms                |
|          |             | On-premise (small scale)       |  | Up to 30kW                                                   | <3ms                |
|          | Micro-edge  | On-premise (micro scale)       |  | Up to 1kW                                                    | ~1ms                |
|          | Device edge | On device                      |  | N/A (widely depending on the specific objective or function) | <1ms                |

Fuente: Edge Observatory for the Digital Decade, European Comission

En el extremo del continuo se sitúa la **nube** (centros de datos nacionales o internacionales) con latencias superiores a 20 ms y potencias de múltiplos de megavatio (≈5–10 MW por sitio). Su función es complementar al **edge** con elasticidad masiva, almacenamiento a gran escala y entrenamiento de modelos, dentro de arquitecturas *cloud-to-edge* y *edge-to-cloud* bidireccionales.

Ilustración 7: Composición y características de los centros de datos e infraestructura edge.



Fuente: Edge Observatory for the Digital Decade, European Comission

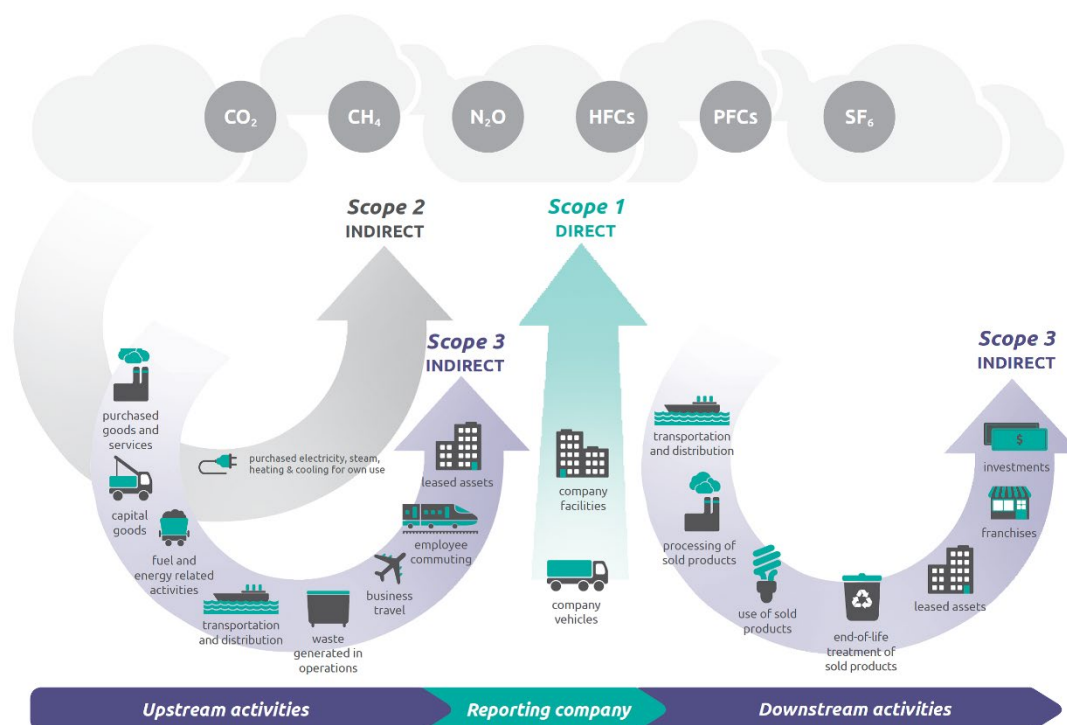
## 5.4. Computación sostenible en el borde

El Observatorio para la Década Digital de la UE fija el siguiente objetivo para 2030: desplegar 10.000 nodos de borde altamente seguros y climáticamente neutros en territorio europeo, distribuidos de forma que garanticen latencias de pocos milisegundos allí donde operan las empresas, con al menos un nodo cada 100 km. Aquí, “climáticamente neutro” significa avanzar hacia emisiones netas nulas de GEI. Esto es, las emisiones liberadas deben equilibrarse con las que se eliminan o compensan, de modo que el balance resulte igual o inferior a cero.

Para orientar la descarbonización, la Comisión Europea adopta la taxonomía del protocolo para los gases de efecto invernadero y propone actuar sobre tres alcances:

| Alcance          | Tipo      | Descripción                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Alcance 1</b> | directo   | emisiones procedentes de fuentes propias o controladas por la organización (por ejemplo, combustión in situ, flotas, refrigerantes en salas IT).                                                                                |
| <b>Alcance 2</b> | indirecto | emisiones asociadas a la electricidad, vapor, calefacción y refrigeración adquiridos y consumidos por la organización.                                                                                                          |
| <b>Alcance 3</b> | indirecto | emisiones a lo largo de la cadena de valor que no es de propiedad ni control de la empresa (bienes y servicios adquiridos, transporte, uso de productos, etapa de declive de los productos, arrendamientos, inversiones, etc.). |

Ilustración 8: Clasificación de los gases de efecto invernadero en tres categorías (alcances)



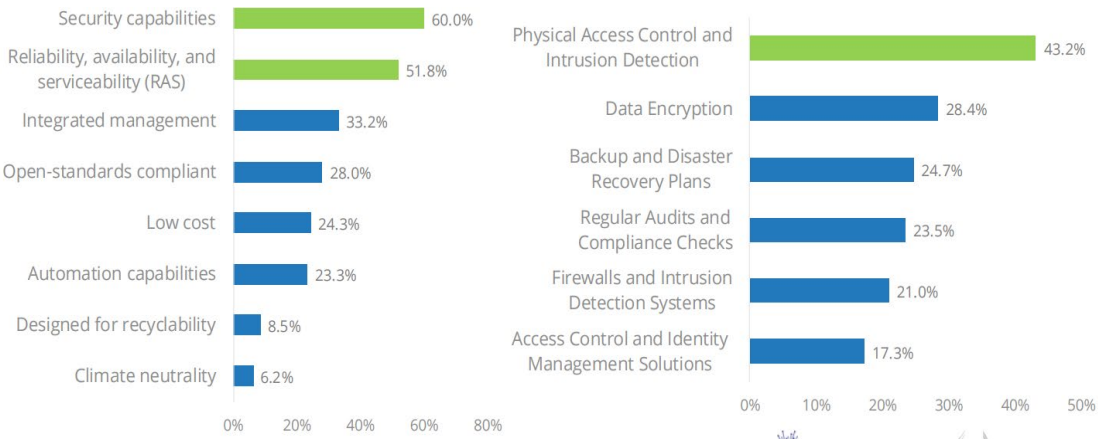
Fuente: [WRI/WBCSD Corporate Value Chain \(Scope 3\) Accounting and Reporting Standard](#)

Para lograr nodos de borde climáticamente neutros, la Comisión Europea destaca las siguientes medidas:

- **Mejorar la eficiencia operativa** y energética, alineándose con la Directiva de Eficiencia Energética de la UE (EED): enfriamiento natural (*free-cooling*) donde sea viable, contención de pasillos (barrera que separa el aire frío que entra en los equipos de TI del aire caliente que sale de ellos), PUE y WUE estrictos (indicadores de eficiencia energética y uso de agua para la refrigeración), dimensionar bien la instalación y concentrar tareas en menos equipos, apagado dinámico, y políticas de gestión de capacidad que eviten el sobreaprovisionamiento.
- **Habilitar una cadena de suministro sostenible:** comprar con criterios que certifiquen la huella ambiental desde la fabricación hasta el fin de uso, fijar compromisos de reducción de emisiones con los proveedores, exigir circularidad del hardware y usar electricidad con garantía de origen renovable.
- **Mejorar la gestión de residuos:** segregación en origen, reciclaje de metales críticos, recuperación de calor residual hacia edificios cercanos, y planes de fin de vida de los equipos conforme a la normativa europea de residuos RAEE.
- **Utilizar materiales de baja huella** en obras y reformas: elegir hormigón y acero con menores emisiones en su fabricación, emplear refrigerantes con bajo potencial de calentamiento global, priorizar módulos y revestimientos con contenido reciclado para el acondicionamiento interior del centro.

Ahora bien, la realidad de adopción muestra tensiones entre sostenibilidad y prioridades operativas. Según la última encuesta recogida en el **Observatorio Edge de la Comisión Europea**, que recoge una muestra de 600 empresas del sector, la neutralidad climática (6,2%) y el diseño para reciclaje (8,5%) aún no figuran entre los primeros criterios para invertir en nodos en el borde. Predominan las capacidades de seguridad (60,0%) y la fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad -RAS- (51,8%). En un segundo nivel aparecen la gestión integrada (33,2%), el cumplimiento de estándares abiertos (28,0%), el bajo coste (24,3%) y las capacidades de automatización (23,3%).

Gráfico 13: Principales razones técnicas que motivan la selección de nodos en el borde (izquierda) y principales tipos de seguridad implementados en entornos periféricos (derecha)



Fuente: European Commission Custom Survey 2023 and 2024: Edge Computing (Waves 1 and 2), N=600

## 5.5. Diagnóstico: Comparativa a nivel internacional

Según este Observatorio Edge, que recoge datos de 2022, **la conectividad y el coste de la energía** (elegida por el 73% de la muestra) es el desafío principal para las organizaciones de TI/TIC de España, seguido por privacidad/seguridad de los datos (60%); y la gestión y automatización (50%). Otros problemas de menor peso: seguridad física (40%), coste de adquisición (37%), plataformas incompatibles (37%), falta de habilidades (37%), fiabilidad/servicio físico (30%) y caso de negocio/ROI poco claro (27%).

El 40% de las organizaciones de TI/TIC en España muestra una preferencia notable por nodos o instalaciones *edge* privadas y optimizadas, mientras que el 37% presenta una preferencia por centros de datos privados *on-premises*, lo que subraya su disposición a invertir en infraestructura localizada e intensiva en costes dentro de su ámbito operativo inmediato. Finalmente, un 30% se decanta, por su parte, por centros o servicios ofrecidos por operadores de telecomunicaciones.

Los casos de uso prioritarios confirman esa orientación práctica: **acceso a datos integrados en tiempo real, automatización y orquestación de procesos, y gestión dinámica de cargas de trabajo para situar cada tarea en el punto más conveniente en función de la demanda, la latencia o el coste**. En las ediciones generales de la encuesta (con datos de 2023 y 2024), la Comisión Europea ofrece información más detallada sobre los usos de esta estructura por parte de las empresas europeas: sus despliegues de *edge* se concentran en soluciones para mejorar la experiencia del cliente y del trabajador; soluciones de inspección visual para comprobar la calidad e integridad; y en usos industriales (como la automatización y optimización de procesos empresariales, y la monitorización de activos y prevención automatizada).

Gráfico 14: Principales destinos de los despliegues de nodos en el borde



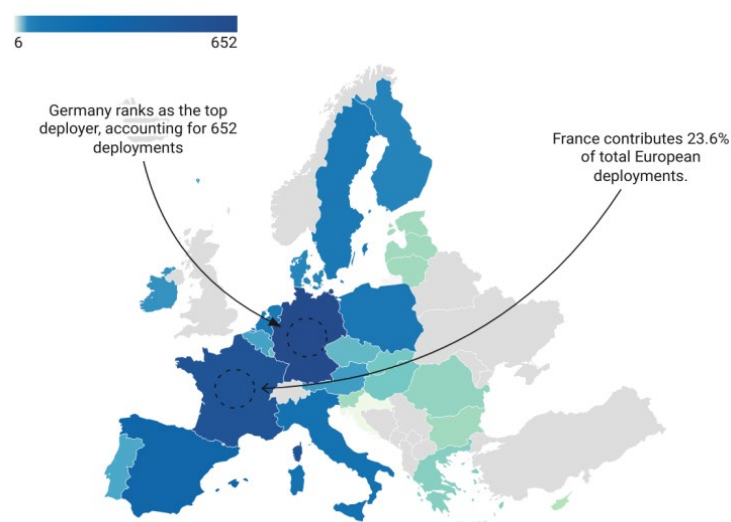
Fuente: European Commission Custom Survey 2023 and 2024: Edge Computing (Waves 1 and 2), N=600

Muchas de estas iniciativas en España permanecen aún en fase de preproducción, esto es, en un estadio previo a la puesta en marcha plena. A escala internacional el reparto entre preproducción y producción es, en promedio, más maduro, lo que sugiere que el mercado español dispone de margen para acelerar la transición hacia operaciones estables en los próximos ciclos presupuestarios.

En materia de inversión, España es más optimista que muchos países europeos. Un 23% de las organizaciones espera incrementos presupuestarios iguales o superiores al 10%, frente al 15% global. Para aumentos menores, por debajo del 10%, la cifra española se alinea con la media internacional (23%). Al mismo tiempo, un 47% prevé mantener sus inversiones en esta infraestructura sin cambios, frente el 38% global. Es decir, conviven expectativas de crecimiento significativo con una cautela comprensible en un entorno macro y energético exigente.

El despliegue del edge computing en Europa está liderado por Alemania (652 despliegues en 2024), Francia (532) y España (301), seguida a distancia por Italia (29), como muestra el gráfico adjunto. En el caso español, el ritmo ha sido ágil y se prevé que continúe creciendo a medio plazo, si bien con incrementos más moderados que los de algunos países pares, como Italia. Para 2030, la CE prevé que Francia haya realizado 2.405 despliegues, Alemania 2.148, España 956 e Italia 946 (Comisión Europea, 2024).

*Ilustración 9: Ilustración gráfica del número de despliegues de nodos en el borde en los países de la Unión Europea (2024)*



*Fuente: European Commission Custom Survey 2023 and 2024: Edge Computing (Waves 1 and 2), N=600*

En las ediciones de 2023 y 2024 de la encuesta sobre *edge computing* realizada por la Comisión Europea, las empresas señalan que las políticas más eficaces para acelerar el despliegue de nodos son, por este orden, las orientadas a mejorar la conectividad (31,8%) y la infraestructura (31,7%), seguidas de las medidas específicas para empresas (20,5%) y el impulso a la producción de chips (16,0%).

Las motivaciones que impulsan el despliegue de *edge* en España en el medio plazo sitúan la ciberseguridad en primer lugar (63%), seguida de mejoras del rendimiento (57%) y, como rasgo distintivo respecto a otros países, de la mejora de la experiencia del cliente (50%). A nivel europeo (ediciones de 2023 y 2024), las empresas ponen énfasis en la importancia de la confianza para el despliegue de estas infraestructuras. En una muestra de 600 empresas, el 49,0% opinaba que la inversión en *edge* despegaba cuando hay garantías creíbles de seguridad y privacidad; y un 46,8% seleccionaba las competencias adecuadas—internas o vía un socio—para simplificar el camino para desarrollar soluciones *edge* como factor principal de inversión. En un segundo plano, pero todavía relevantes, aparecen un mejor entendimiento de los beneficios del *edge*

(38,2%) y la evidencia de impacto positivo en resultados (35,8%) como impulsores adicionales de la inversión.

La forma prevista del despliegue también aporta pistas valiosas. En el horizonte de unos dos años, se espera que la proporción de organizaciones con menos de diez ubicaciones *edge* pase del 33% al 70%, mientras que los despliegues medianos (entre 10 y 99 ubicaciones) caerían del 50% al 23%. Los proyectos con cien o más emplazamientos seguirán siendo minoritarios. Aun con esta concentración en clústeres pequeños por organización, el volumen y el ritmo agregados de nodos en España se proyectan por encima de la media de la UE-27, impulsados por una base de conectividad sólida y por programas europeos que reducen barreras de interoperabilidad.

Finalmente, el contexto nacional ofrece ventajas estructurales. La combinación de redes 5G y fibra con cobertura superior al 92% de la población garantiza el ancho de banda y la latencia que requieren los servicios distribuidos. Iniciativas como el proyecto IPCEI-CIS facilitan, además, el despliegue coordinado y la compatibilidad a escala europea.

En este marco, destaca el proyecto anunciado por Telefónica (2026) para el despliegue de una red inicial de 17 nodos *edge* ubicados en centralitas de telecomunicaciones, con el objetivo de que los proveedores compartan interfaces y queden garantizadas la interoperabilidad, la compatibilidad y la portabilidad, reduciendo latencia y mejorando la resiliencia de los servicios, con claras ventajas para los futuros clientes.

## 5.6. Ventajas y retos del *edge computing*

### 5.6.1. Principales ventajas del *edge computing*

El *edge computing* ofrece una serie de ventajas en comparación con otras infraestructuras: Según el Observatorio para la Década Digital (Comisión Europea, 2024) y la consultora Capgemini (2024), el uso de esta infraestructura puede mejorar lo siguiente:



**Eficiencia energética y reducir la huella de carbono:** Acercar el cómputo a la fuente reduce el tráfico de *backhaul* y, con ello, el consumo asociado al transporte y al procesado en núcleos lejanos. Un borde descentralizado puede recortar el consumo energético hasta un 30%, precisamente porque minimiza pérdidas en transmisión y evita mover datos innecesarios a la nube. Esto cobra relevancia en un contexto donde los centros de datos podrían alcanzar hasta el 8% del suministro mundial de electricidad en 2030.



**Privacidad y soberanía de datos:** Procesar y almacenar localmente (*on-premise, far/near edge*) limita la exposición de datos sensibles y facilita el cumplimiento de normativas locales de residencia y gobernanza. Mantener flujos acotados entre el borde y la nube reduce riesgos de fuga, audita flujos (acota qué datos salen y hacia dónde) y alinea a las organizaciones con exigencias crecientes de soberanía digital.



**Tiempo real y menor latencia:** La proximidad física permite respuesta en milisegundos y decisiones casi instantáneas para control industrial, visión por computador, vehículos conectados o experiencias inmersivas. Al reducir la distancia recorrida por la señal (de cientos o miles de km en arquitecturas solo de nube a pocos km), situando la latencia típica entre <1 ms y ~20 ms, permite eliminar viajes completos a la nube y aumentar la rapidez de las operaciones.



**Fiabilidad y continuidad de servicio:** Una malla distribuida de nodos *edge* aísla fallos y mantiene operaciones bajo conectividad degradada. Si un nodo o el enlace WAN caen, otros pueden asumir cargas críticas (y garantizar un almacenamiento temporal y control local). Para el Internet de las cosas, esto implica menos ancho de banda requerido y funcionamiento normal incluso con servicios nube afectados. A su vez, significa menos tiempo de inactividad y mejor experiencia de usuario.



**Escalabilidad elástica:** El *edge* escala “horizontalmente” añadiendo nodos cerca de la demanda y “verticalmente” descargando cómputo hacia la nube cuando conviene. Orquestadores distribuyen cargas dependiendo de los objetivos de desempeño (SLO) basados en latencia, coste y energía, conectando miles de dispositivos a una plataforma central con actualizaciones sincronizadas. Este modelo permite empezar pequeño (*on-device / micro-edge*) y crecer a *far/near edge* o en la nube sin rediseñar toda la arquitectura.



**Costes totales más reducidos:** El menor tráfico hacia los centros de datos centrales significa menos ancho de banda y salida de datos hacia una ubicación externa, menores requisitos de almacenamiento central y la posibilidad de sustituir parte del procesamiento por soluciones *edge* cercanas a la aplicación. En muchos casos, esto reduce los gastos en capital y los gastos operativos.



**Confidencialidad del dato y su localización:** La mayor seguridad de los datos que ofrece el *edge* es uno de sus principales atractivos. Las preocupaciones sobre la privacidad de los datos, las vulnerabilidades de la cadena de suministro y la incertidumbre sobre dónde se almacenan y procesan los datos críticos en la nube están llevando a muchos países a tratar la soberanía digital como una cuestión normativa, de responsabilidad y de reputación. El *edge* es una forma de ayudar a las empresas a cumplir las normativas de protección de datos, ya que restringe el intercambio de datos a través de la nube para requisitos específicos y entre servidores limitados, todo ello con el consentimiento del usuario. Además, mantener los datos sensibles en las instalaciones es un factor crucial, especialmente desde una perspectiva industrial.

### 5.6.2. Principales retos del *edge computing*

Aunque el *edge computing* aporta velocidad y ahorro de recursos, introduce nuevos riesgos por su naturaleza distribuida: más puntos vulnerables, mayor complejidad de operación y dudas sobre responsabilidades ante fallos o filtraciones. Según el instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (2024):

#### **SUPERFICIE DE ATAQUE Y LA SEGURIDAD DEL ENDPOINT**



- Los dispositivos *edge* e *IoT* suelen estar limitados en recursos (CPU, memoria, energía) y no pueden ejecutar mecanismos de seguridad o cifrado avanzados. Esto los hace más vulnerables a ataques.
- La topología distribuida y jerárquica de las arquitecturas *edge* es una “arma de doble filo”: por un lado, distribuir datos y procesamiento entre nodos reduce los puntos únicos de fallo; por otro lado, más nodos e interfaces significan más superficies de ataque potenciales (comunicaciones entre dispositivos finales, nodos de borde y la nube).
- La interconexión de dispositivos (redes entre pares, redes malladas) podría permitir que el malware o las intrusiones se propaguen entre dispositivos.
- Los ataques habituales a nivel de red siguen siendo relevantes: ataques de intermediario (MITM), escuchas, manipulación, denegación de servicio (DoS), etc.
- La autenticación es más compleja porque el sistema abarca múltiples dominios.

Se proponen mitigaciones como cifrado ligero, uso de *blockchain*/contratos inteligentes (para identidad, control de acceso, consentimiento) en el borde, y virtualización/contenedores<sup>15</sup> ligeros para aislar cargas de trabajo.

---

<sup>15</sup> Estos contenedores son un tipo de software que comparten el acceso al núcleo de un sistema operativo sin la necesidad tradicional de máquinas virtuales, y permiten empaquetar y aislar virtualmente aplicaciones para su implementación.

## PRIVACIDAD FÍSICA



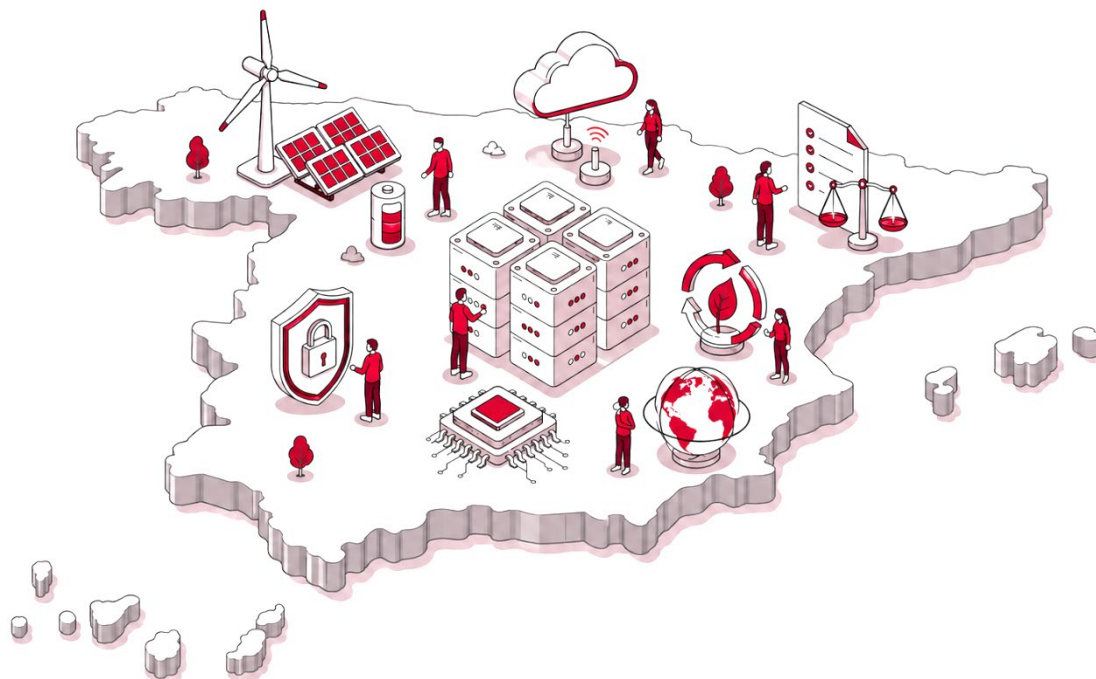
- Como los dispositivos *edge* están más cerca de los usuarios y a menudo incrustados en su entorno (hogar inteligente, dispositivos portables, ciudad inteligente), los riesgos de privacidad aumentan: por ejemplo, seguimiento de ubicación, compromiso del dispositivo, sensores ocultos o filtraciones de datos.
- Los sistemas biométricos presentan riesgos adicionales (por ejemplo, suplantación, *deepfakes*) cuando se implementan en el borde.
- Los servicios basados en localización (LBS) en entornos *edge* pueden filtrar información privada o ser falsificados, poniendo a los usuarios en riesgo.

## REGULACIÓN Y GOBERNANZA



- La naturaleza distribuida de los sistemas *edge/IoT* complica el cumplimiento con las normativas existentes de protección de datos (por ejemplo, el Reglamento General de Protección de Datos en la UE), que a menudo asumen modelos centralizados de controladores de datos.
- Además, dado que la auditoría y el control son más débiles en el borde, las brechas pueden pasar desapercibidas durante más tiempo, o afectar a muchos dispositivos locales antes de ser resueltas.

## 6. RECOMENDACIONES

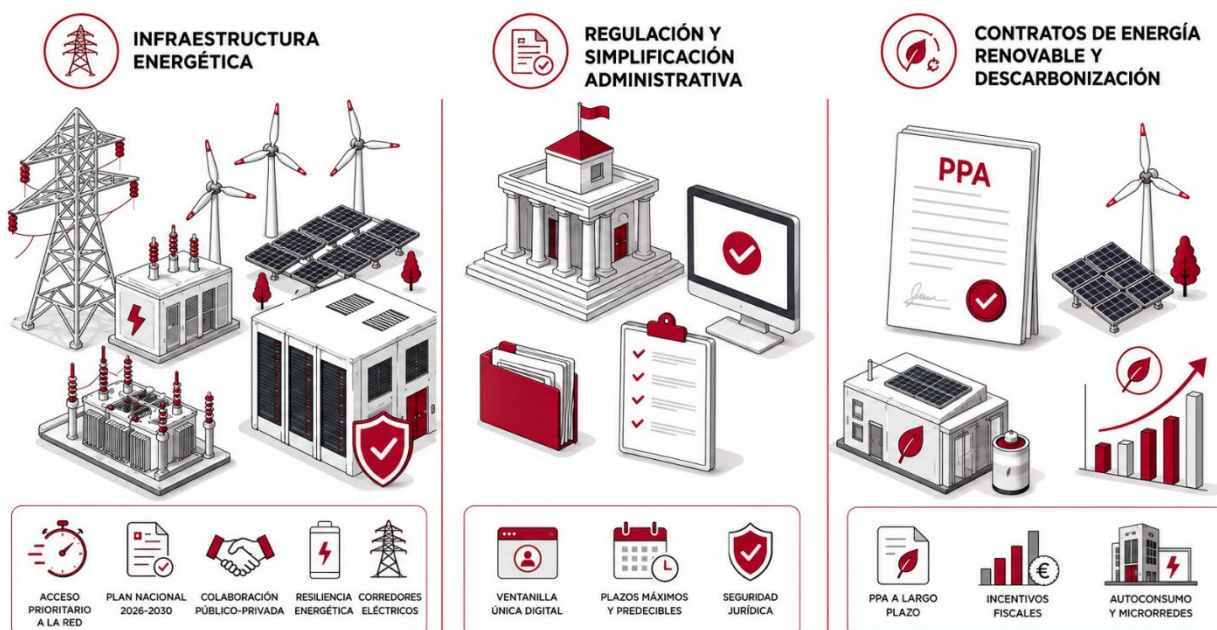


España tiene ante sí una oportunidad estratégica para consolidarse como el principal *hub* digital del sur de Europa, aprovechando sus ventajas estructurales en generación de energía renovable, conectividad internacional y posición geográfica. La materialización de este potencial requiere, sin embargo, la adopción de medidas concretas en materia regulatoria, energética, de talento, de soberanía tecnológica y de ciberseguridad.

Los países competidores están implementando políticas activas de atracción de inversión digital. España debe responder con mejora y estabilidad regulatoria, visión estratégica y colaboración público-privada. Las decisiones de los próximos meses determinarán la posición de España en la economía digital europea de la próxima década.

Para ello, el presente apartado consolida las recomendaciones formuladas por la Comisión de Digitalización de la Cámara de Comercio de España en los siguientes puntos:

## 1. INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA



El 83,4% de los nodos de la red de distribución eléctrica española se encuentran en situación de saturación, lo que impide la conexión de nuevos proyectos de alta demanda. Superar esta limitación estructural exige actuar de forma simultánea sobre la capacidad de red, los mecanismos de acceso y el modelo de relación entre operadores e infraestructura eléctrica. Para ello, consideramos conveniente:

### 1.1 MECANISMO DE ACCESO PRIORITARIO A LA RED

- Establecer un mecanismo de vía rápida (*fast-track*) para proyectos de centros de datos que demuestren contribución significativa a la demanda de energía renovable y a la estabilización de red, garantizando plazos de respuesta no superiores a seis meses para el acceso a la red de transporte. La experiencia internacional<sup>16</sup> demuestra que los procedimientos acelerados atraen inversiones que de otro modo se dirigen a jurisdicciones competidoras.
- Los mecanismos de acceso a la red deben preservar un enfoque no discriminatorio basado en criterios técnicos y de seguridad del sistema, evitando condicionar la conexión eléctrica al cumplimiento de requisitos medioambientales o de sostenibilidad que no se exigen a otras industrias intensivas en energía. En zonas con congestión de red, cualquier priorización basada en criterios de eficiencia energética debería integrarse dentro de los mecanismos de licitación existentes, sin crear barreras específicas para el sector de centros de datos que puedan disuadir la inversión o fragmentar el mercado único.
- Acelerar la ejecución de los Planes Quinquenales de Red, reduciendo su duración efectiva mediante procedimientos de tramitación paralela.

<sup>16</sup> Países como Irlanda y Países Bajos han demostrado que la planificación anticipada de capacidad eléctrica genera beneficios tanto para el sector digital como para el sistema eléctrico, facilitando la integración de renovables y aportando flexibilidad a la red.

- Establecer, revisar y reforzar corredores eléctricos en zonas estratégicas de desarrollo de centros de datos.
- Fomentar soluciones in situ de resiliencia energética, incluyendo generación distribuida, almacenamiento, hidrógeno verde para respaldo y acuerdos de flexibilidad con operadores del sistema.

## **1.2 PLAN NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA PARA LA ECONOMÍA DIGITAL 2026-2030**

- Elaborar un plan que reserve capacidad específica en la red de transporte, establezca criterios objetivos y transparentes de priorización y coordine actuaciones entre Red Eléctrica, distribuidoras y administraciones autonómicas. Si bien existen iniciativas en curso en esta dirección, resulta crítico acelerar su implementación y asegurar que el plan incorpore mecanismos vinculantes de asignación de capacidad con plazos definidos.
- Alinear la planificación energética con la industrial, garantizando que las inversiones en red acompañen al desarrollo de los polos de cómputo e inteligencia artificial, con participación efectiva de los actores del sector en la toma de decisiones.
- Explorar modelos de colaboración público-privada en los que los operadores de centros de datos contribuyan a la estabilidad de la red, cofinancien ampliaciones de subestaciones, desarrollen microrredes con generación renovable dedicada y participen en proyectos de almacenamiento energético. La inversión privada en infraestructura eléctrica asociada a centros de datos puede acelerar la transición energética al garantizar demanda estable para proyectos renovables.

## **1.3 CONTRATOS DE ENERGÍA RENOVABLE Y DESCARBONIZACIÓN**

- Impulsar marcos normativos que faciliten la firma de Acuerdos de Compra de Energía (PPA) a largo plazo entre operadores de centros de datos y generadores de energía renovable, garantizando precios estables, menor dependencia de combustibles fósiles y trazabilidad del origen verde de la energía.
- Establecer incentivos fiscales vinculados a la suscripción de contratos PPA a largo plazo, como herramienta de descarbonización sectorial y de atracción de inversión.
- Promover acuerdos de autoconsumo compartido y microrredes en parques tecnológicos y campus industriales.

## 2. REGULACIÓN Y SIMPLIFICACIÓN ADMINISTRATIVA



La complejidad administrativa y la fragmentación regulatoria entre comunidades autónomas constituyen barreras significativas para la inversión en infraestructura digital. La simplificación no implica reducir las garantías ambientales o urbanísticas, sino establecer marcos ágiles, predecibles y no discriminatorios. A tal efecto, sugerimos:

### 2.1 VENTANILLA ÚNICA Y COORDINACIÓN INTERADMINISTRATIVA

- Desarrollar un modelo de Procedimiento Único Digital (PUD) cohesionado entre la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas, que centralice todas las consultas y requerimientos documentales de los procesos administrativos relacionados con centros de datos, y que acelere las revisiones y aprobaciones en todas las autoridades concernidas.
- Establecer plazos máximos vinculantes y predecibles para la tramitación de proyectos de infraestructura digital de gran escala, en línea con las mejores prácticas internacionales, incluyendo la experiencia de Irlanda y Estonia.
- Fomentar la seguridad jurídica mediante marcos regulatorios estables, con mecanismos de auditoría y régimen sancionador que eviten la sobreinversión especulativa.

### 2.2 ARMONIZACIÓN DE ESTÁNDARES REGULATORIOS

Establecer estándares mínimos comunes en materia de consumo de agua, criterios de calificación de suelo industrial, evaluaciones de impacto ambiental y bonificaciones fiscales, respetando el marco competencial autonómico, pero garantizando seguridad jurídica y previniendo distorsiones del mercado único. La armonización debe extenderse a las definiciones técnicas empleadas en la normativa nacional, evitando la introducción de conceptos o métricas específicos por país que se desvíen de los estándares internacionales reconocidos. La coherencia

terminológica con el resto de Estados miembros es esencial para que los operadores con presencia en múltiples jurisdicciones europeas puedan cumplir con un marco único y comparable, sin incurrir en costes adicionales de adaptación a definiciones nacionales divergentes que fragmenten el mercado interior.

Armonizar la interpretación autonómica de los requisitos de *reporting*, eficiencia energética y sostenibilidad, alineándola con el marco europeo de la Directiva UE 2023/1791 y el Reglamento Delegado UE 2024/1364, evitando la introducción de obligaciones de divulgación adicionales (como indicadores socioeconómicos de empleo, cohesión territorial o impacto fiscal) que excedan el ámbito de la eficiencia energética y generen asimetrías competitivas.

### **2.3 PLAN NACIONAL DE SUELO APTO PARA CENTROS DE DATOS**

- Elaborar un catálogo nacional de parcelas “*datacenter-ready*”, con potencia disponible, previsión de conectividad viable y preevaluación ambiental realizada, considerando proximidad a infraestructura eléctrica, redes de fibra y disponibilidad hídrica.
- Establecer procedimientos acelerados de recalificación de suelo industrial estratégico, con criterios de priorización objetivos, transparentes y no discriminatorios basados en capacidades técnicas verificables, compromisos de sostenibilidad y generación de empleo cualificado.
- Establecer un Plan Director de Infraestructuras Digitales 2030 que sincronice energía, conectividad, suelo, talento y normativa en una visión integrada.

### 3. TALENTO Y CAPACITACIÓN ESPECIALIZADA



El desarrollo de la infraestructura digital requerirá en los próximos años miles de técnicos cualificados para operaciones de centros de datos, además de especialistas en construcción avanzada, ciberseguridad y arquitecturas *cloud*. La escasez de talento especializado constituye uno de los principales factores limitantes para el crecimiento del sector en Europa. Para ello, consideramos conveniente:

#### 3.1 PLAN NACIONAL DE TALENTO PARA INFRAESTRUCTURAS DIGITALES

- Articular un plan nacional de talento entre el Gobierno, universidades, centros de Formación Profesional, operadores, grandes proveedores de servicios *cloud* y asociaciones sectoriales, con visión integral de las competencias más demandadas a 2030.
- Impulsar programas duales de FP y universidad orientados a perfiles de operación de centros de datos, refrigeración avanzada, sistemas eléctricos de alta disponibilidad, ciberseguridad de infraestructuras estratégicas y arquitecturas *cloud/edge*.
- Incentivar la recualificación de profesionales con experiencia en sectores afines como energía, climatización y logística técnica, aprovechando competencias transferibles.

#### 3.2 CENTROS DE REFERENCIA Y FORMACIÓN CERTIFICADA

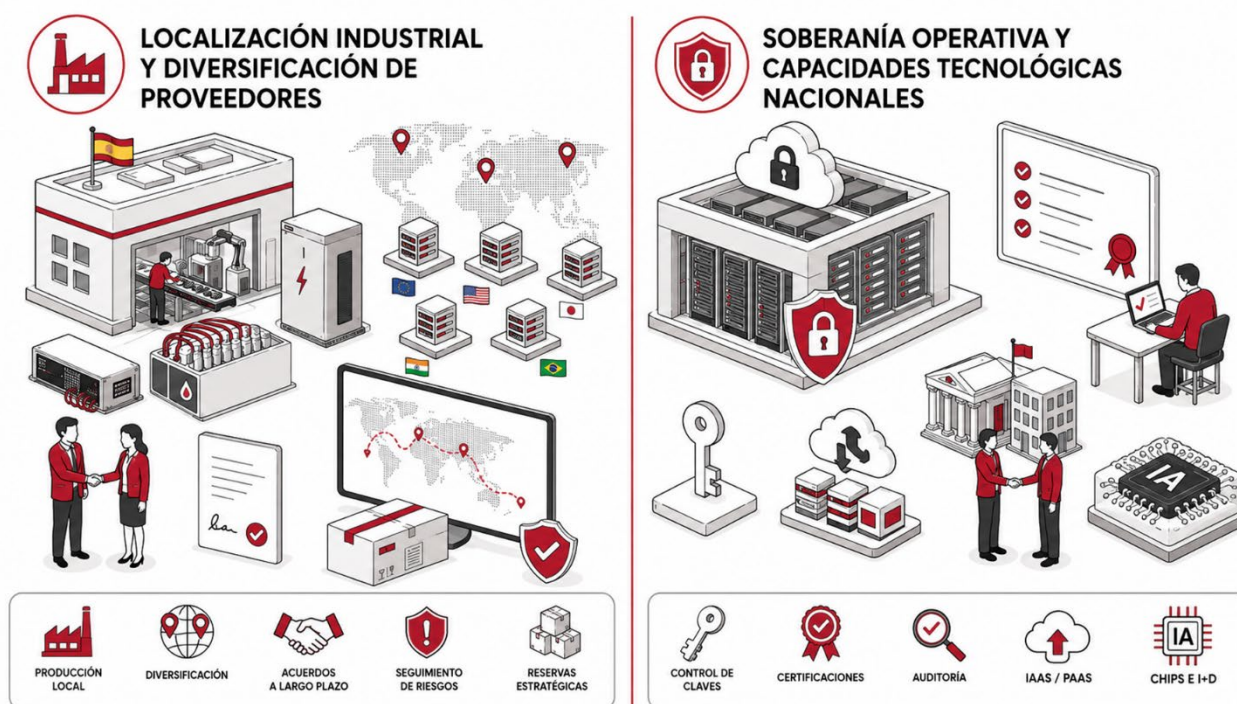
- Crear entre dos y tres centros de referencia nacional en regiones con alta concentración de infraestructura digital, que ofrezcan formación certificada con reconocimiento internacional, dispongan de laboratorios con equipamiento real, desarrollen programas de reciclaje profesional y colaboren en investigación aplicada a eficiencia energética.

- Acreditar centros formativos especializados alineados con certificaciones reconocidas (ISO, TIA, Uptime) y con las nuevas exigencias europeas, en coordinación con las administraciones autonómicas.
- Promover academias sectoriales impulsadas por grandes operadores del sector, que complementen la oferta pública con formación aplicada en infraestructuras avanzadas.
- Financiar centros demostradores de aplicación de inteligencia artificial, refrigeración líquida por inmersión, *free-cooling* avanzado y microrredes.

### **3.3 MOVILIDAD DE TALENTO INTERNACIONAL**

- Facilitar la movilidad de profesionales altamente cualificados mediante visados específicos para perfiles tecnológicos escasos, en particular en ciberseguridad, arquitecturas *cloud/edge* y operación crítica.
- Establecer incentivos fiscales para el retorno del talento español emigrado y medidas de integración para los núcleos familiares acompañantes.

## 4. CADENA DE SUMINISTRO Y SOBERANÍA TECNOLÓGICA



La dependencia europea de componentes críticos representa un riesgo estratégico que requiere una respuesta articulada en torno al concepto de autonomía estratégica abierta, que compatibilice la reducción de dependencias con la apertura a la diversificación internacional. A tal efecto, sugerimos:

### 4.1 LOCALIZACIÓN INDUSTRIAL Y DIVERSIFICACIÓN DE PROVEEDORES

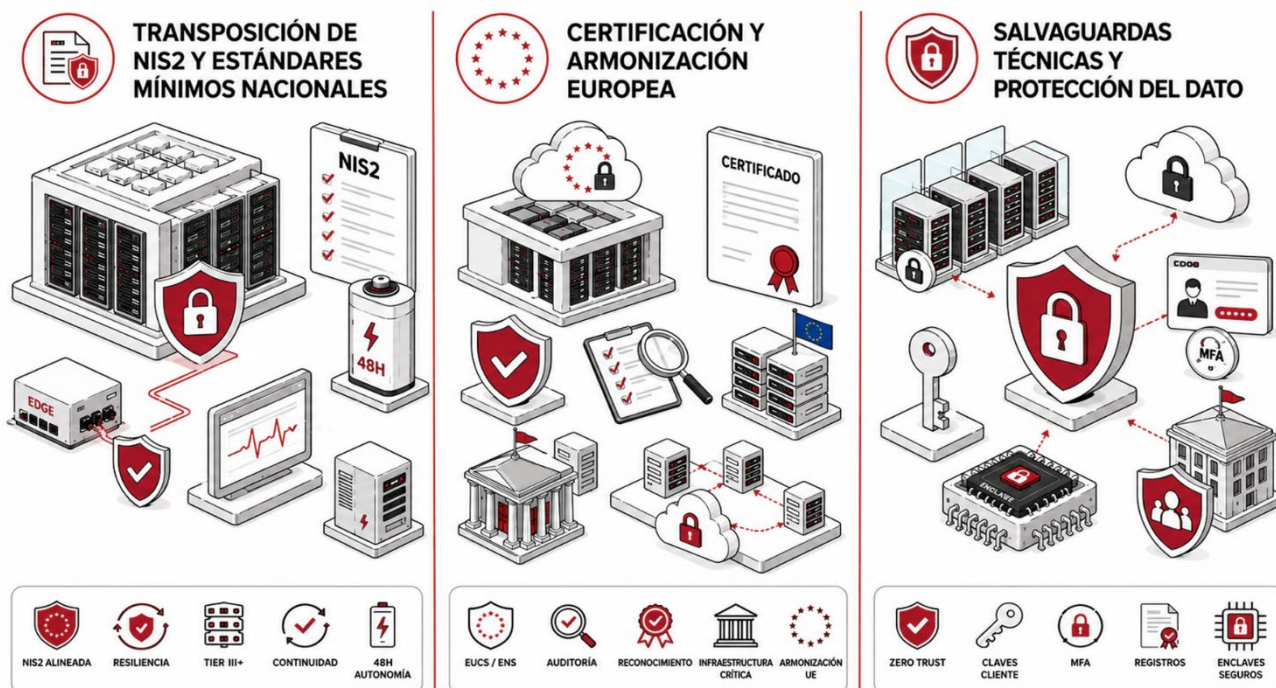
- Incentivar la instalación en España de unidades productivas de componentes críticos para centros de datos, incluyendo sistemas de alimentación ininterrumpida, equipos de refrigeración líquida, infraestructura de red y óptica avanzada, desarrollar reservas estratégicas mediante colaboración público-privada y establecer acuerdos marco con múltiples proveedores. No obstante, la apuesta de nuestro país ha de ser por una autonomía estratégica abierta ya que la diversificación geográfica reduce riesgos de interrupción de suministro y fortalece el poder de negociación.
- Promover acuerdos a largo plazo con fabricantes globales que garanticen previsibilidad en los plazos de entrega de equipamiento estratégico.
- Crear un mecanismo nacional de seguimiento de riesgos en la cadena de suministro (materiales críticos, equipos, logística internacional), coordinado con las directivas europeas de resiliencia industrial.

### 4.2 SOBERANÍA OPERATIVA Y CAPACIDADES TECNOLÓGICAS NACIONALES

- Distinguir entre soberanía de infraestructura física y soberanía operativa de datos. La soberanía efectiva se logra a través de capacidades técnicas de seguridad y control, no mediante restricciones basadas en la nacionalidad del proveedor.

- Promover soluciones que garanticen el control exclusivo del cliente sobre las claves de cifrado y la gestión de accesos, fomentar certificaciones reconocidas internacionalmente (ENS Alto, CCN-CPSTIC, EUCS, ISO 27001) y desarrollar marcos de auditoría transparentes.
- Movilizar inversión pública y privada, mediante modelos de colaboración, para desarrollar plataformas de Infraestructura como Servicio (IaaS) y Plataforma como Servicio (PaaS) de titularidad europea o bajo modelos de nube soberana, como contrapeso a la elevada cuota de mercado de proveedores extracomunitarios.
- Incentivar la investigación y desarrollo en hardware optimizado para inteligencia artificial, con foco en eficiencia energética, nuevos materiales y chips especializados.

## 5. CIBERSEGURIDAD, RESILIENCIA Y PROTECCIÓN DEL DATO



Los centros de datos que soportan servicios esenciales (administración pública, sanidad, servicios financieros y telecomunicaciones) desempeñan un papel crítico en la economía digital y requieren marcos de ciberseguridad y resiliencia de primer nivel. Para ello, consideramos conveniente:

### 5.1 TRANSPOSICIÓN DE NIS2 Y ESTÁNDARES MÍNIMOS NACIONALES

- Garantizar que la transposición española de la Directiva NIS2 se alinee con las implementaciones de otros Estados miembros para asegurar armonización europea y evitar cargas administrativas asimétricas.
- Establecer requisitos mínimos nacionales de ciberresiliencia aplicables a centros de datos, nodos *edge*, infraestructura de interconexión y proveedores estratégicos, incluyendo certificación Tier III o superior, redundancia N+1 mínima en sistemas críticos<sup>17</sup>, planes de continuidad auditados anualmente y capacidad de operación autónoma mínima de cuarenta y ocho horas ante cortes de suministros externos. La experiencia de incidentes recientes demuestra que la inversión en resiliencia resulta más económica que los costes de las interrupciones.
- Elaborar un manual nacional de centros de datos en España que integre capacidades de continuidad operativa, redundancia física, procedimientos de apagado seguro e integridad de datos desde la fase de diseño.

<sup>17</sup> En la que, para cada componente crítico del sistema, debe existir al menos una unidad adicional de respaldo lista para asumir la carga si la principal falla.

## 5.2 CERTIFICACIÓN Y ARMONIZACIÓN EUROPEA

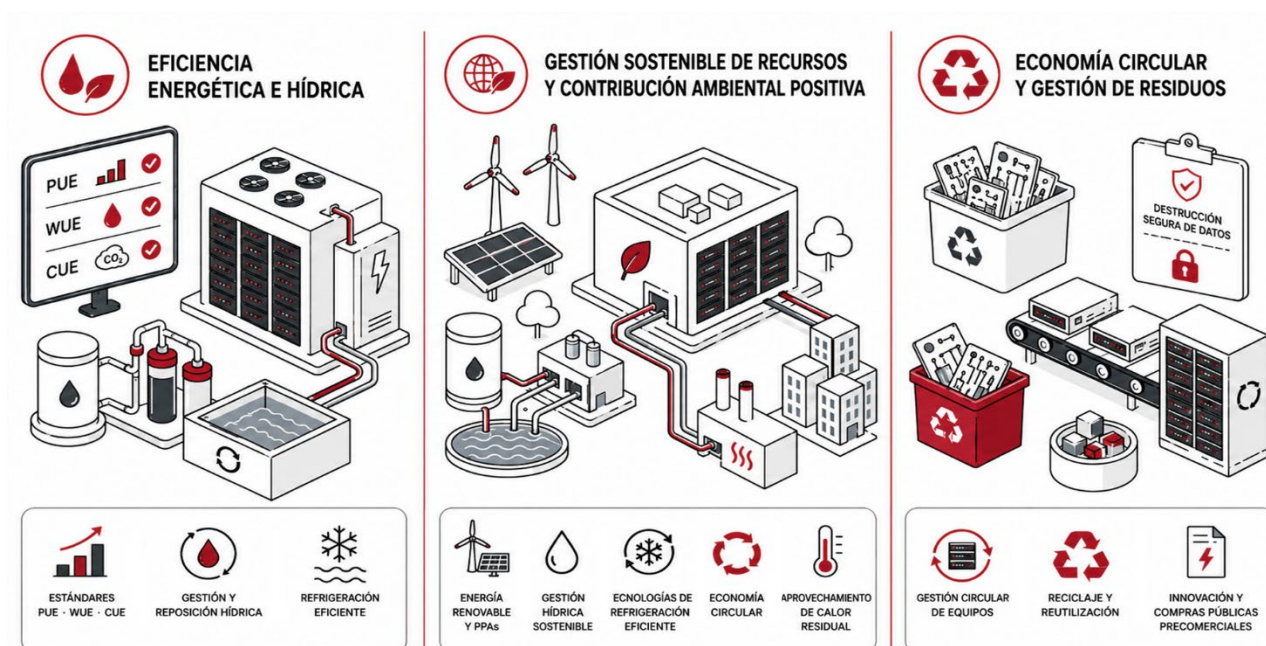
- Homologar el *European Cybersecurity Certification Scheme* (EUCS) para servicios *cloud*, desarrollado por ENISA en el marco de la Ley de Ciberseguridad de la UE, con las certificaciones nacionales existentes (el Esquema Nacional de Seguridad (ENS), SecNumCloud en Francia y C5 en Alemania) de modo que se establezca un marco de reconocimiento mutuo a escala europea. Esta homologación permitiría a las empresas españolas certificadas bajo el ENS operar en el mercado único digital sin duplicar procesos de acreditación, preservando el valor y la exigencia del marco nacional mientras se elimina la fragmentación regulatoria. Es crítico que este proceso de armonización no establezca requisitos que excedan los estándares técnicos necesarios para garantizar la seguridad, ya que criterios excesivamente restrictivos (como la imposición de requisitos de titularidad o sede social del proveedor) podrían limitar la competencia, restringir el acceso a servicios *cloud* avanzados y perjudicar la competitividad de las empresas europeas.
- Fomentar programas de certificación única para operadores críticos con auditorías periódicas basadas en ISO 27001 y 2230.
- Velar por que el proceso de armonización europea no establezca requisitos que excedan los estándares técnicos necesarios para garantizar la seguridad, evitando que criterios excesivamente restrictivos limiten la competencia o el acceso a servicios *cloud* avanzados.
- Reconocer legalmente los centros de datos como infraestructuras estratégicas para la economía digital, estableciendo un marco diferenciado y proporcionado que:
  - Reconozca y homologue las certificaciones de seguridad nacional o internacionalmente reconocidas por la industria (Por ejemplo, ISO 27001, SOC 2 Report, ENS nivel alto) como cumplimiento equivalente de los requisitos de protección, evitando duplicidades regulatorias que incrementen costes sin mejorar la seguridad efectiva.
  - Establezca mecanismos de coordinación con las autoridades competentes basados en protocolos de intercambio de información proporcionados y con garantías de confidencialidad comercial, reconociendo que los operadores de centros de datos ya mantienen estándares de seguridad física que frecuentemente superan los requisitos aplicables a otras infraestructuras estratégicas.
  - Garantice, como contrapartida al reconocimiento de criticidad, la priorización efectiva en el acceso a recursos esenciales (capacidad eléctrica, conectividad) y la agilización de trámites administrativos para ampliaciones y nuevos despliegues.
  - Alinee el marco español con las mejores prácticas europeas, evitando requisitos asimétricos que desincentiven la inversión en España frente a jurisdicciones competidoras.

## 5.3 SALVAGUARDAS TÉCNICAS Y PROTECCIÓN DEL DATO

- Fomentar la adopción de arquitecturas de confianza cero (*zero trust*), segmentación avanzada de redes y cifrado robusto extremo a extremo, especialmente en cargas de trabajo sensibles.

- Promover salvaguardas técnicas verificables como cifrado con claves gestionadas exclusivamente por el cliente, controles de acceso con autenticación multifactor, registros de auditoría inmutables y enclaves seguros basados en hardware.
- Crear un Centro Nacional de Resiliencia Digital del Dato que coordine la gestión de incidentes, recopile buenas prácticas, ofrezca guías sectoriales e impulse ejercicios de ciber crisis.
- Promover el uso de la identidad digital europea (eIDAS 2.0) y los espacios de datos sectoriales para reforzar la soberanía y el control de flujos de información sensible.

## 6. SOSTENIBILIDAD, EFICIENCIA DE RECURSOS Y ECONOMÍA CIRCULAR



La dimensión medioambiental del sector es inseparable de su viabilidad a largo plazo. Las exigencias del Pacto Verde Europeo, las obligaciones del Reglamento Delegado UE 2024/1364 y la presión social en torno al consumo hídrico y energético obligan a un enfoque proactivo en materia de sostenibilidad. A tal efecto, sugerimos:

### 6.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA E HÍDRICA

- Establecer estándares nacionales de PUE (*Power Usage Effectiveness*), WUE (*Water Usage Effectiveness*) y CUE (*Carbon Usage Effectiveness*) alineados con el Green Deal europeo y el Reglamento Delegado UE 2024/1364, con incentivos fiscales vinculados al cumplimiento de umbrales de eficiencia.
- Integrar la gestión y reposición hídrica como criterio de elegibilidad en los proyectos de nuevos centros de datos, exigiendo soluciones de tratamiento, reutilización avanzada y, preferiblemente, proyectos de reposición neta (*water replenishment*) en zonas de estrés hídrico.
- Impulsar licencias preferentes para instalaciones que utilicen refrigeración líquida, *free-cooling* o diseños híbridos que reduzcan el consumo de agua.

### 6.2 GESTIÓN SOSTENIBLE DE RECURSOS Y CONTRIBUCIÓN AMBIENTAL POSITIVA

- Establecer incentivos que reconozcan y fomenten el conjunto de contribuciones ambientales positivas de los centros de datos, incluyendo: la contratación de energía renovable a largo plazo mediante PPAs que viabilicen nuevos proyectos de generación limpia, la inversión en proyectos de gestión hídrica sostenible en las comunidades donde operan, la adopción de tecnologías de refrigeración de circuito cerrado con mínimo consumo de agua, y programas de economía circular para la extensión de vida útil de equipos y recuperación de materiales críticos.

- Promover, donde las condiciones técnicas y de mercado lo permitan (incluyendo la existencia de infraestructura de distribución térmica, demanda real verificada por parte de receptores a distancia viable y viabilidad económica demostrada mediante análisis coste-beneficio), la exploración de oportunidades de aprovechamiento del calor residual para redes de calefacción urbana, usos industriales o agrícolas, en línea con el marco establecido por la Directiva de Eficiencia Energética y su Reglamento Delegado. Estas obligaciones de evaluación deben aplicarse exclusivamente a instalaciones de nueva planta o a aquellas que se sometan a una renovación sustancial, sin que su resultado condicione la obtención de licencias de construcción o permisos de acceso a red, dado que la viabilidad del aprovechamiento térmico depende de factores externos al operador del centro de datos. El marco regulatorio debe contemplar disposiciones para situaciones de fuerza mayor, como el desistimiento de potenciales receptores de calor, que eximan al operador de obligaciones que resulten de imposible cumplimiento por causas ajenas a su voluntad.
- Incentivar la investigación aplicada, en colaboración con universidades y centros especializados, sobre el conjunto de tecnologías de sostenibilidad aplicables a infraestructuras digitales, incluyendo sistemas avanzados de refrigeración eficiente, reutilización de agua no potable, almacenamiento energético, integración de renovables in situ y, donde resulte viable, recuperación de calor residual.
- Reconocer como buenas prácticas de sostenibilidad los compromisos verificables de los operadores en materia de neutralidad de carbono, positividad hídrica y economía circular, valorándolos en los procesos de evaluación y autorización de nuevos proyectos.

### **6.3 ECONOMÍA CIRCULAR Y GESTIÓN DE RESIDUOS**

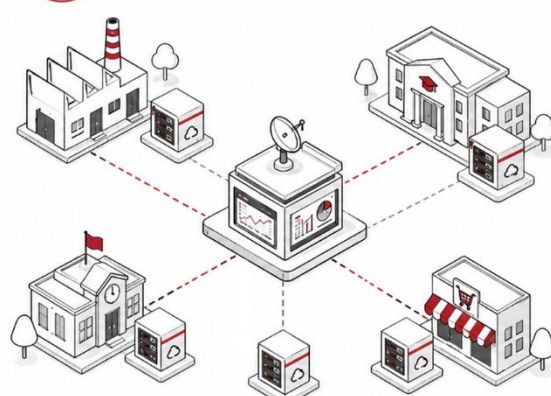
- Desarrollar programas de colaboración público-privada para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) generados por el sector, incluyendo certificación de destrucción segura de datos y reutilización de componentes.
- Establecer criterios estandarizados para la gestión circular de equipos de centros de datos, con programas de reacondicionamiento, reciclaje de componentes ópticos, recaptura de metales críticos y reconversión local.
- Desarrollar un programa de compras públicas precomerciales para tecnologías de refrigeración eficiente, química de refrigerantes sin PFAS y sistemas de almacenamiento energético.

## 7. CONECTIVIDAD, INTEGRACIÓN TERRITORIAL Y EDGE COMPUTING

### INFRAESTRUCTURA DE CONECTIVIDAD AVANZADA



### DESPLIEGUE DE EDGE COMPUTING Y EQUILIBRIO TERRITORIAL



La inteligencia artificial genera tráfico ascendente intensivo, procesamientos distribuidos y necesidades de capacidad que obligan a densificar las redes y a acercar la computación al origen del dato. El marco legislativo debe anticipar este nuevo paradigma y favorecer despliegues eficientes y compartidos. Para ello, consideramos conveniente:

#### 7.1 INFRAESTRUCTURA DE CONECTIVIDAD AVANZADA

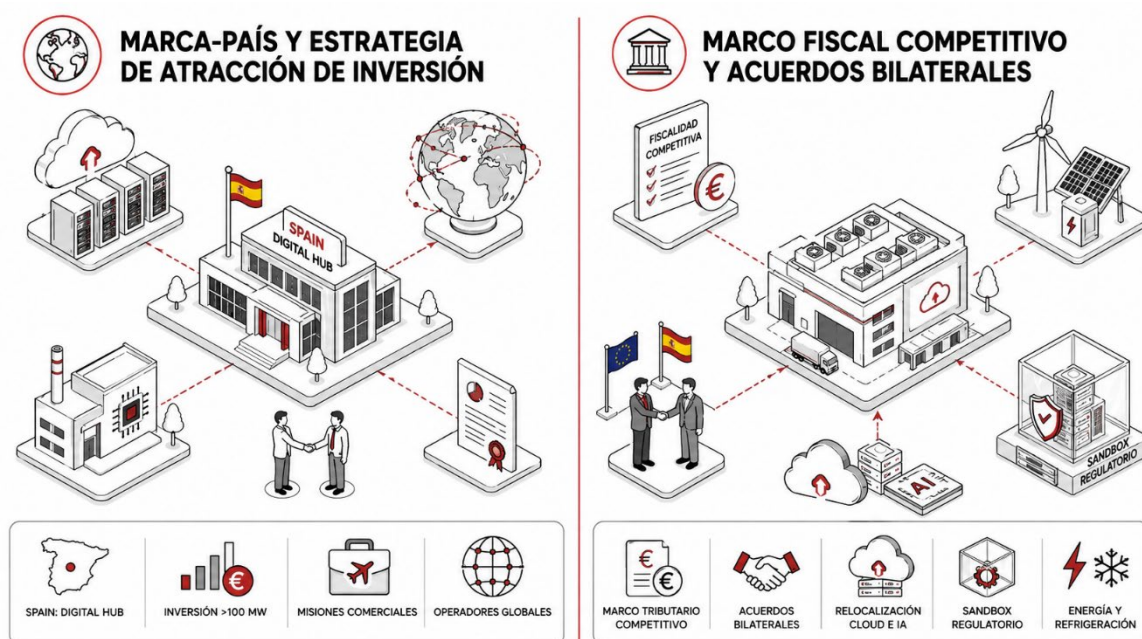
- Coordinar con operadores programas de conectividad dedicada (fibra oscura, anillos exclusivos, nodos de interconexión, *cross-connects*) que mejoren la resiliencia y redundancia a escala regional.
- Impulsar estaciones de aterrizaje de cables submarinos como polos de desarrollo industrial y de interconexión internacional.
- Promover la diversificación de las rutas de cableado terrestre hacia Europa, reduciendo concentraciones de riesgo en corredores únicos.
- Relajar las barreras regulatorias a la densificación de infraestructura de red (torres, fibra, *small cells*, *backhaul* avanzado) para dar soporte al crecimiento de la IA y el *edge computing*.

#### 7.2 DESPLIEGUE DE EDGE COMPUTING Y EQUILIBRIO TERRITORIAL

- Fomentar el despliegue de nodos *edge* y mini-centros de datos en todo el territorio nacional, con especial atención a provincias con menor densidad económica, para equilibrar oportunidades y acercar la capacidad de procesamiento al origen del dato.
- Crear un programa nacional de micro *edge labs* en colaboración con operadores, startups y universidades para experimentar con cargas distribuidas.
- Coordinar medidas con ayuntamientos para integrar centros de datos en suelo industrial mediante convenios urbanísticos ágiles.

- Establecer un centro de coordinación y observabilidad del desarrollo de centros de datos y nodos *edge* en el territorio español, con participación de actores privados y públicos.
- Articular compromisos de empleo local y planes de integración del tejido productivo próximo a las instalaciones.

## 8. POSICIONAMIENTO INTERNACIONAL Y ATRACCIÓN DE INVERSIÓN



Para materializar el potencial de España como *hub* digital de referencia, es necesario un posicionamiento activo en los mercados internacionales de inversión en infraestructura IT, con una estrategia de marca-país coherente y atractiva. A tal efecto, sugerimos:

### 8.1 MARCA-PAÍS Y ESTRATEGIA DE ATRACCIÓN DE INVERSIÓN

- Lanzar una estrategia de marca-país “Spain: Digital Hub”, similar a las desarrolladas con éxito por Irlanda, Países Bajos o Singapur, dirigida a grandes operadores *cloud*, fabricantes de semiconductores y operadores de infraestructura crítica digital.
- Crear un programa de incentivos a la inversión extranjera digital, orientado a proyectos de capacidad superior a 100 MW o a instalaciones avanzadas de refrigeración, óptica o semiconductores.
- Impulsar misiones comerciales específicas de infraestructuras estratégicas digitales, con participación de comunidades autónomas y operadores del sector.

### 8.2 MARCO FISCAL COMPETITIVO Y ACUERDOS BILATERALES

- Asegurar un marco tributario competitivo en materia de suelo industrial, amortización acelerada de activos digitales y fiscalidad de energías renovables asociadas a centros de datos.
- Establecer acuerdos bilaterales con operadores y actores globales relevantes para facilitar la relocalización de regiones *cloud* e IA en España.
- Desarrollar un *sandbox* regulatorio para infraestructuras digitales que permita a los operadores experimentar con nuevas configuraciones energéticas, de refrigeración o redundancia, en un entorno de supervisión flexible.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- AELEC. (2025). "La falta de red frena la reindustrialización y la vivienda en España". Obtenido de <https://aelec.es/la-falta-de-red-frena-la-reindustrializacion-y-la-vivienda-en-espana/>
- Analysys Mason. (2021). "What is edge computing and why is it important?".
- Capgemini. (2024). "Edge computing descentralizado". Obtenido de <https://www.capgemini.com/es-es/investigacion/perspectivas-de-expertos/edge-computing-descentralizado/>
- CBRE (2025). "Global Data Center Trends 2025"
- Colliers. (2025). "Snapshot, Data Centers - Iberian region (April 2025 - September 2025)".
- Comisión Europea. (2023). "Estudio sobre las Materias Primas Críticas para la UE — Informe final".
- Comisión Europea. (2024). "Observatorio Edge para la Década Digital".
- Comisión Europea. (2025a). "EU's strengths and weaknesses in the global semiconductor sector". Obtenido de JRC Publications: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC141323>
- Comisión Europea. (2025b). "Informe sobre el estado de la Unión de la Energía de 2025".
- Comisión Europea (2025c). "Estrategia de la Unión Europea de Datos"
- Connect Europe, E. (2025). "State of Digital Communications 2025".
- Cushman & Wakefield. (2025). "EMEA Data Centre Market Update H2 2024".
- DE-CIX. (2023). "The Iberian Peninsula: A next-generation regional mega hub".
- Deloitte. (2025a). "Centros de Datos en España: Oportunidad de desarrollo económico e integración en el sistema eléctrico".
- Deloitte. (2025b). "Conectando el futuro: redes eléctricas para una España más competitiva".
- DigitalES. (2025). "Jornada Futuro Conectado de España: Innovación, Regulación y Salud". Obtenido de <https://www.digitales.es/digitales-reune-al-sector-para-abordar-los-desafios-del-despliegue-de-redes-y-la-nueva-etapa-de-la-conectividad-en-espana/>
- Draghi, M. (2024). "The future of European competitiveness: A competitiveness strategy for Europe. European Commission".
- García Pérez, R. (2023). "España en la red global de cables submarinos". Documento IEEE 10/2023.
- Gartner. (2024). "Gartner Predicts Power Shortages Will Restrict 40% of AI Data Centers By 2027".
- Capgemini. (2024). "Edge computing descentralizado"
- IBM. (s.f.). "Cómo los modelos fundacionales y los almacenes de datos liberan el potencial empresarial de la IA generativa". Obtenido de <https://www.ibm.com/es-es/think/insights/foundation-model-advantages>
- IDC. (2024). "Worldwide Cloud System Software Market Shares, 2024".
- Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos. (2024). Obtenido de <https://technologyandsociety.org/edge-computing-and-iot-data-breaches-security-privacy-trust-and-regulation/>
- JLL. (2025). "2025 Global Data Center Outlook"
- JLL. (2026a). "2026 Global Data Center Market Outlook".
- JLL. (2026b). "EMEA year end data centre report 2025".
- McKinsey. (2024). "AI power: Expanding data center capacity to meet growing demand". Obtenido de <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/ai-power-expanding-data-center-capacity-to-meet-growing-demand>

McKinsey. (2025a). *"Opportunities in networking optics: Boosting supply for data centers"*.

McKinsey. (2025b). *"Scaling bigger, faster, cheaper data centers with smarter designs"*.

McKinsey. (2025c). *"Beyond compute: Infrastructure that powers and cools AI data centers"*.

Microsoft. (2024). *"Sustainable by design: Next-generation datacenters consume zero water for cooling"*. Obtenido de <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-cloud/blog/2024/12/09/sustainable-by-design-next-generation-datacenters-consume-zero-water-for-cooling/>

Microsoft. (2025). *"Inside the world's most powerful AI datacenter"*. Obtenido de <https://blogs.microsoft.com/blog/2025/09/18/inside-the-worlds-most-powerful-ai-datacenter/>

Ministerio Transformación Digital y Función Pública. (s.f.). *"Avance Digital"*. Obtenido de <https://avance.digital.gob.es/banda-ancha/cobertura/Paginas/informacion-cobertura.aspx>

OECD. (2020). *"The OECD Digital Government Policy Framework: Six dimensions of a Digital Government"*. OECD Public Governance Policy Papers, No. 2, OECD Publishing, Paris,.

OECD. (2024). *"2023 OECD Digital Government Index: Results and key findings"*. OECD Public Governance Policy Papers, No. 44, OECD Publishing, Paris.

Oracle. (2026). *"Closed-loop cooling in Oracle AI data centers"*. Obtenido de <https://www.oracle.com/news/announcement/blog/closed-loop-cooling-in-oracle-ai-data-centers-2026-02-09/>

Reuters. (2025). *"Power supply constraints slowing EMEA data centre rollout, report says"*. Reuters.

SpainDC. (2025a). *"Estudio de demanda e impacto de los centros de datos en España"*.

SpainDC. (2025b). *Informe del Sector - Data Center en España 2025 - post 2027*.

Telefónica. (2026). *"Telefónica despliega 17 nodos españoles dentro de un Plan Edge líder en Europa"*. Obtenido de <https://www.telefonica.es/es/sala-comunicacion/prensa/telefonica-despliega-17-nodos-espanoles-plan-edge-lider-europa/>

TeleGeography. (2026). *Submarine Cable Map*. Obtenido de <https://www.submarinecablemap.com/country/portugal>

Watson Farley & Williams. (2025). *"Data Centres: An International Legal and Regulatory Perspective"*.

WSTS. (2025). *"Global Semiconductor Market Approaches USD 1 Trillion in 2026"*. Obtenido de [https://www.wsts.org/esraCMS/extension/media/f/WST/7310/WSTS\\_FC-Release-2025\\_11.pdf](https://www.wsts.org/esraCMS/extension/media/f/WST/7310/WSTS_FC-Release-2025_11.pdf)

## 8. ANEXO I: MARCO REGULATORIO

A continuación, se indica un listado no exhaustivo de las principales normas vigentes, proyectos en tramitación y planes estratégicos que configuran el escenario regulatorio actual y futuro:

### Normativa vigente a nivel europeo

#### Eficiencia energética y sostenibilidad

1. 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).
2. Reglamento Delegado (UE) 2024/1364 de la Comisión de 14 de marzo de 2024 relativo a la primera fase del establecimiento de un régimen de evaluación común de la Unión para centros de datos.
3. Directiva (UE) 2023/2413 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023, por la que se modifican la Directiva (UE) 2018/2001, el Reglamento (UE) 2018/1999 y la Directiva 98/70/CE en lo que respecta a la promoción de la energía procedente de fuentes renovables y se deroga la Directiva (UE) 2015/652 del Consejo

#### Gobernanza y uso de datos

4. Reglamento (UE) 2023/2854 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2023, sobre normas armonizadas para un acceso justo a los datos y su utilización, y por el que se modifican el Reglamento (UE) 2017/2394 y la Directiva (UE) 2020/1828 (Reglamento de Datos)
5. Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos, RGPD)
6. Reglamento (UE) 2025/2518 del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de noviembre de 2025 por el que se establecen normas procedimentales adicionales sobre la garantía del cumplimiento del Reglamento (UE) 2016/679 (Reglamento General de Protección de Datos (GDPR))

#### Ciberseguridad y resiliencia digital

7. Directiva (UE) 2022/2555 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de diciembre de 2022, relativa a medidas para alcanzar un elevado nivel común de ciberseguridad en toda la Unión (Directiva NIS2) — y su transposición nacional
8. Reglamento (UE) 2022/2554 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de diciembre de 2022, sobre la resiliencia operativa digital del sector financiero DORA (Digital Operational Resilience Act)

#### Otros programas, estrategias, normas y guías relevantes

9. Década Digital para 2030
10. Programa de trabajo de la Comisión Europea para 2026
  - Incorpora varias iniciativas con impacto potencial en los centros de datos, al orientar la política digital y energética de la UE hacia infraestructuras más seguras, eficientes y con mayor capacidad de computación. Destaca, entre otras, *Cloud and AI Development Act*.
11. Estrategia de Datos de la UE
  - Articula sus propuestas en tres ámbitos prioritarios: ampliar el acceso a datos de calidad para la IA e innovación; simplificar la normativa de datos; reforzar la posición mundial de la Unión sobre los flujos internacionales de datos y salvaguardar su soberanía.
12. Reglamento (UE) 2024/1689 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de junio de 2024 por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.º 300/2008, (UE) n.º 167/2013, (UE) n.º 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1139 y (UE) 2019/2144 y las Directivas 2014/90/UE, (UE) 2016/797 y (UE) 2020/1828 (Reglamento de Inteligencia Artificial)

13. Paquete ómnibus VII: simplificación digital.
14. Plan de acción "Continente de IA" (AI Continent Action Plan)
  - Incluye entre sus principales medidas la construcción de una infraestructura informática de IA a gran escala a través, entre otros, de una propuesta de ley sobre el desarrollo de la nube y la IA que impulse la inversión privada en la nube y en los centros de datos. Su objetivo es, como mínimo, triplicar la capacidad de los centros de datos de la UE en los próximos 5 a 7 años, otorgando prioridad a los centros de datos sostenibles.
  - Reglamento para el Desarrollo de la Nube y la IA (CADA Act) – *propuesta legislativa presentada por la Comisión Europea en junio de 2026.*
15. Reglamento de Redes Digitales (DNA) - *propuesta legislativa presentada por la Comisión Europea en enero de 2026.*
16. Reglamento sobre la Ciberseguridad 2 – *propuesta legislativa presentada por la Comisión Europea en enero de 2026.*
17. Guía de las mejores prácticas 2025 para el código de conducta de la UE sobre eficiencia energética de los centros de datos (EU Code of Conduct for Data Centres (mejores prácticas y actualización 2025) — de carácter voluntario.
18. Normas certificaciones relevantes:
  - ISO 9001: Gestión de la Calidad, asegura procesos consistentes y satisfacción del cliente.
  - ISO 27001: Seguridad de la Información, para proteger la confidencialidad y disponibilidad de datos.
  - ISO 22301: Continuidad del Negocio, para planificar y responder ante interrupciones.
  - ISO 50001: Gestión de la Energía, para mejorar la eficiencia energética.
  - ISO 14001: Gestión Ambiental, enfocada en sostenibilidad y reducción del impacto.
  - ISO 20000-1: Gestión de Servicios de TI, garantiza la calidad de los servicios prestados.
  - La norma ISO/IEC 22237, "Tecnologías de la información - Infraestructura de centros de datos", es una serie de estándares internacionales que establecen los requisitos para el diseño, construcción, operación y gestión de centros de datos. Su objetivo principal es asegurar que los centros de datos sean fiables, eficientes, seguros y sostenibles.
  - TIA-942: Define niveles de redundancia (Rated 1-4) para la infraestructura de telecomunicaciones, crucial para la disponibilidad.
  - ISO 31000: Gestión de Riesgos
  - ISO 28000: Seguridad en la cadena de suministro.
  - ISO/IEC 30134-8 y 30134-9: Indicadores clave de rendimiento de los centros de datos, enfocados a la eficacia del uso de carbono (CUE) y del uso del agua (WUE).
  - SSAE 18 (SOC 1, SOC 2): Informes de auditoría sobre controles de servicios.
  - LEED: Para centros de datos ecológicos, enfocado en eficiencia.

#### Normativa vigente a nivel nacional

19. Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales (GDPR)
20. Ley 1/2019, de 20 de febrero, de Secretos Empresariales
21. Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica
22. Ley 11/2022, de 28 de junio, General de Telecomunicaciones
23. Real Decreto 640/2026, de 29 de julio, por el que se regulan los planes de inversión de las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.

#### Proyectos normativos en tramitación a nivel nacional

24. Anteproyecto de Ley de Coordinación y Gobernanza de la Ciberseguridad (transposición Directiva NIS2) (audiencia e información pública enero 2025)
25. Proyecto de Real Decreto por el que se regulan las redes de calor y frío y las garantías de origen térmico (audiencia e información pública septiembre 2025)
26. Proyecto de Real Decreto por el que se regulan los requisitos de sostenibilidad energética, medioambiental y de resiliencia y soberanía digital aplicables a los centros de datos (audiencia e información pública septiembre 2026)

#### Estrategias y planes a nivel nacional

27. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2023-2030)
28. España Digital 2025 y actualizaciones posteriores
29. Estrategia Nacional de Ciberseguridad 2019 y actualizaciones posteriores

#### Otras normas y guías relevantes

30. CNMC — Circular 1/2024, de 27 de septiembre, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, por la que se establece la metodología y condiciones del acceso y de la conexión a las redes de transporte y distribución de las instalaciones de demanda de energía eléctrica (y sucesivas)
31. Normas técnicas UNE-EN 50600-4: Tecnología de la información. Infraestructuras e instalaciones de centros de datos.
  - o Este conjunto de normas establece los requisitos y los principales indicadores clave de rendimiento para la evaluación de la sostenibilidad y eficiencia de los centros de datos, incluyendo la visión general y los requisitos generales (UNE-EN 50600-4-1:2016), la eficacia de la utilización de la energía (UNE-EN 50600-4-2:2016), el coeficiente de energía renovable (UNE-EN 50600-4-3:2016), el factor de reutilización de energía (UNE-EN 50600-4-6:2020), la relación de eficiencia de refrigeración (CER) (UNE-EN 50600-4-7:2020), la eficacia de la utilización del carbono (UNE-EN 50600-4-8:2022) y la eficacia de la utilización del agua (UNE-EN 50600-4-9:2022), todas ellas ratificadas.

