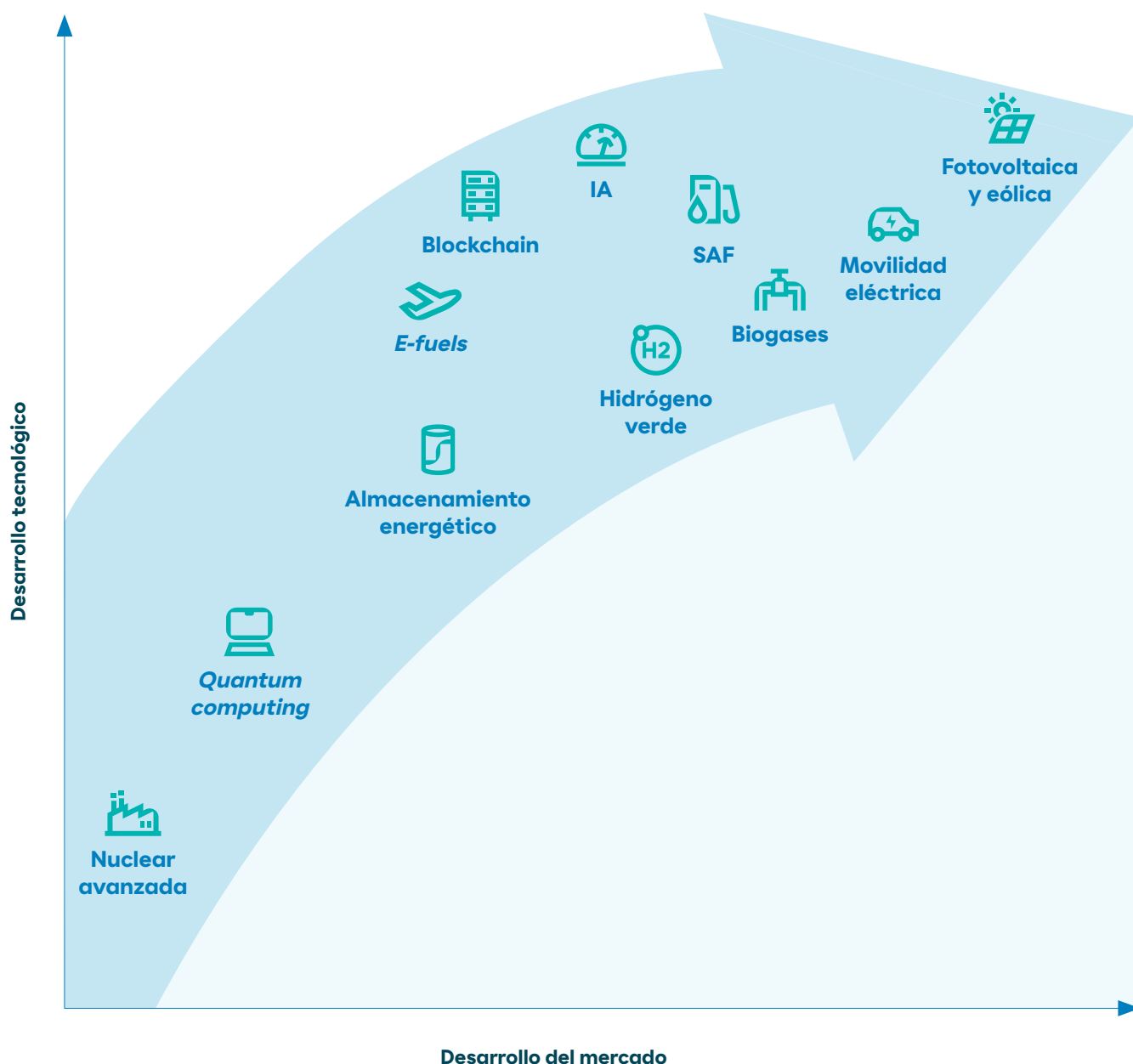


¿En qué estado de madurez se encuentran las tecnologías para la transición energética?

- La **transición energética** configura un ecosistema tecnológico heterogéneo, en el que conviven **soluciones ya maduras y competitivas** como la energía solar fotovoltaica con **tecnologías emergentes** como el hidrógeno renovable.
- La **madurez tecnológica** de una solución no es, por sí misma, **garantía de éxito**. Su implantación depende también de factores como la **viabilidad económica**, la **infraestructura de apoyo** disponible, el **impulso institucional** o la **demanda real** del mercado.
- Es fundamental que el **marco regulatorio** se acomode a la **innovación tecnológica** para responder a las necesidades de la transición energética, asegurando la **competitividad** mediante la **colaboración público-privada** y la innovación abierta.



¿En qué estado de madurez se encuentran las principales tecnologías?

TECNOLOGÍAS APLICABLES A ESCALA INDUSTRIAL



FOTOVOLTAICA Y EÓLICA: Su alto grado de **madurez** las ha posicionado como las **principales tecnologías limpias de la transición**. La capacidad mundial de ambas creció un **11% en 2025**, hasta alcanzar los **4,9 TW** ^[1]. Hoy en día, **el 80% de la generación global** con estas tecnologías es **más barata** que la **generación fósil** ^[2].



BIOGASES: El biogás y el biometano han alcanzado la **madurez tecnológica necesaria** para un **despliegue a gran escala**, con un crecimiento anual del 20%. Los gases de origen orgánico se han consolidado como soluciones estratégicas para **impulsar la descarbonización y reforzar la independencia energética** ^[3].

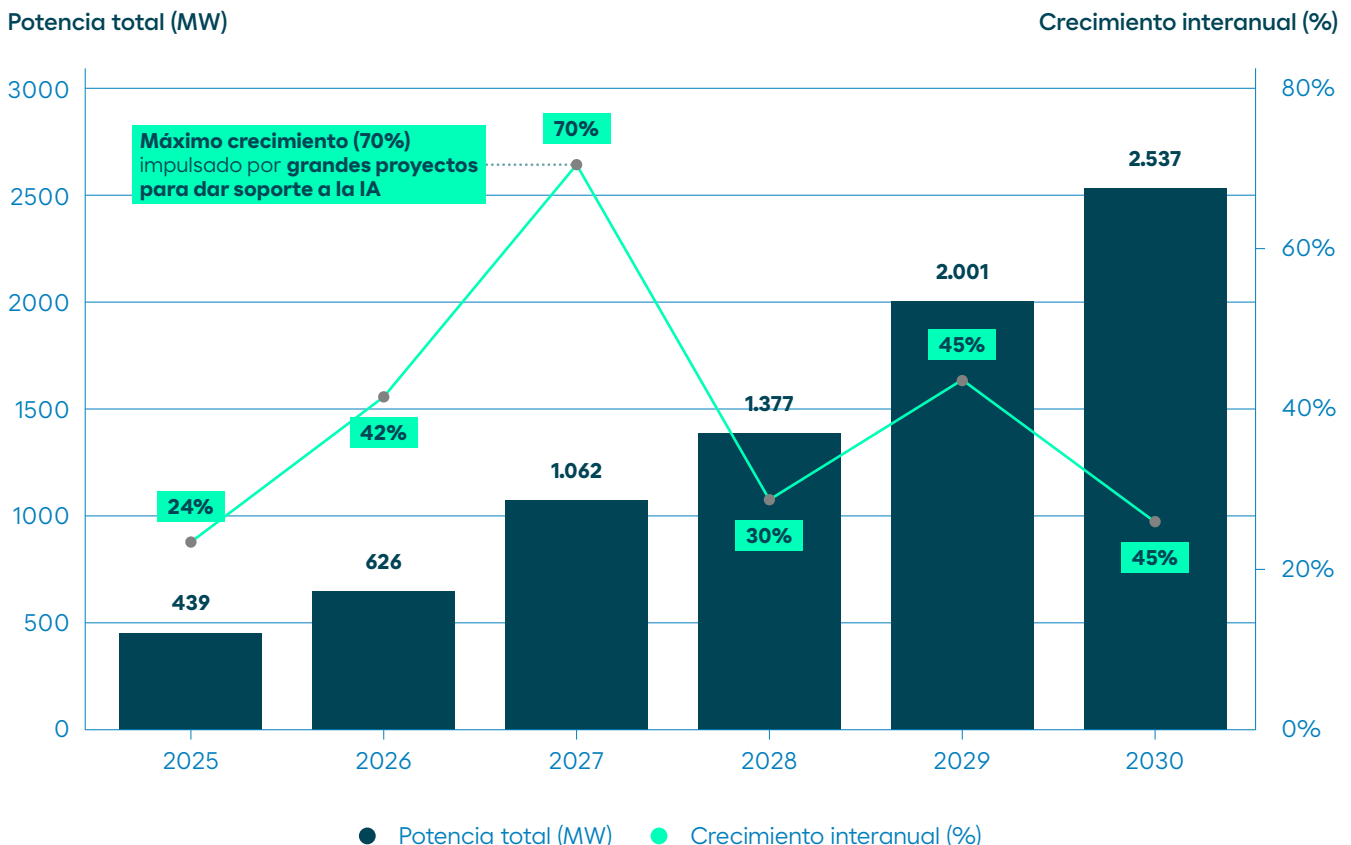


MOVILIDAD ELÉCTRICA: Los avances en **carga ultrarrápida** y el aumento en la **densidad energética de las celdas** han facilitado que los vehículos eléctricos representen el **25% del total** de automóviles vendidos en 2025 ^[4]. El impulso global está anclado en grandes mercados como China, Europa y EE. UU ^[5].



INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA): Se ha consolidado como una tecnología clave para optimizar procesos y la toma de decisiones basada en datos, con alto potencial para **mejorar la eficiencia y sostenibilidad industrial**. ^[9, 10] Cerca del **20% de las empresas en España** ya la integran y su expansión es el **principal motor del crecimiento en el consumo eléctrico de los centros de datos** a nivel global, que podría más que duplicarse hasta los 945 TWh en 2030 ^[7, 8].

Proyección de la demanda eléctrica de los centros de datos en España (2025-2030) ^[6]



TECNOLOGÍAS EN FASE DE ESCALADO INDUSTRIAL



E-FUELS: Su desarrollo se ha visto impulsado por la **madurez tecnológica y la creciente demanda del mercado**, apoyada en un **notable impulso normativo**. En el sector marítimo, más de **100 buques operan ya con metanol** y más de **40 barcos de amoniaco** están en construcción ^[2].

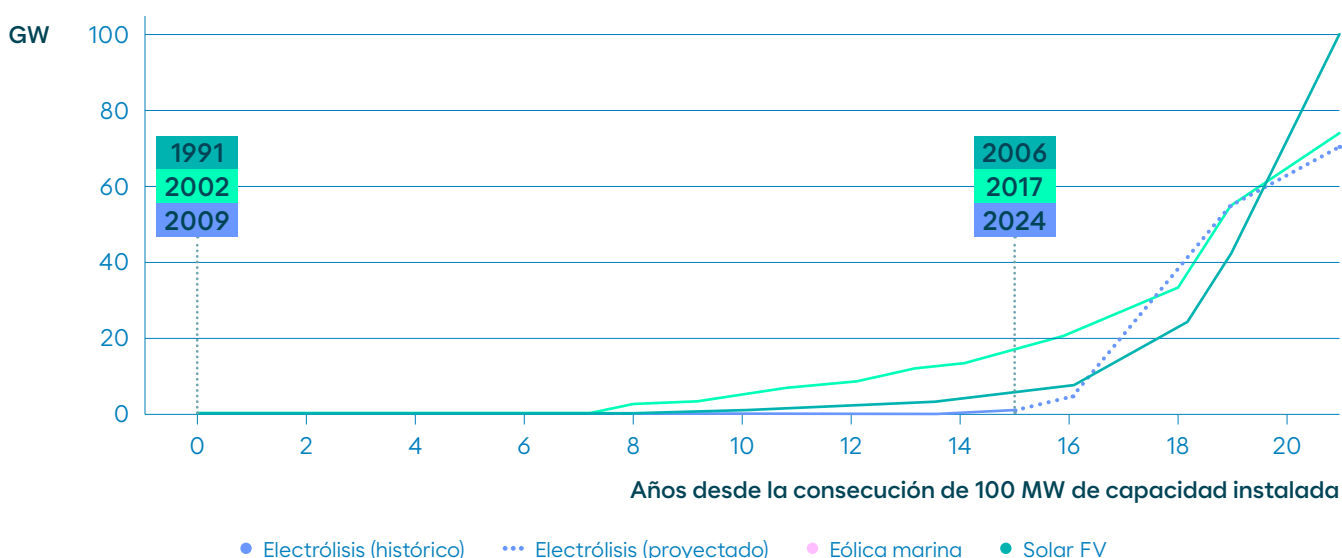


ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO: Aunque su **desarrollo tecnológico es amplio**, su despliegue comercial a gran escala sigue sin resolverse. El sector captó **71.000 millones de dólares de inversión global** en 2025, pero su lento despliegue perpetúa **riesgos de congestión y vertidos** en las redes ^[12].



HIDRÓGENO VERDE: La capacidad mundial de **electrolizadores** se acercó a **5GW a finales de 2025**, con un **ritmo de despliegue similar** al observado en las primeras etapas de desarrollo de otras tecnologías, como la **solar fotovoltaica** o la **eólica marina**. Ya existen **más de 500 proyectos de hidrógeno verde** en el mundo **en construcción o con la decisión final de inversión tomada** ^[2, 12].

Curva de crecimiento de la capacidad instalada de solar FV, eólica marina y electrólisis



TECNOLOGÍAS EMERGENTES



BLOCKCHAIN: Esta tecnología **aún no se ha integrado en la cadena de valor industrial** pese al progreso de los proyectos piloto. Su avance se ve limitado por importantes barreras como la **incertidumbre regulatoria** o su **compleja escalabilidad** ^[15].



QUANTUM COMPUTING: Aunque su aplicación continúa **limitada** a la **investigación y experimentación**, estas tecnologías podrían desarrollar **catalizadores** que reduzcan el consumo energético en la producción de fertilizantes, responsables del **3-5% del consumo de gas natural mundial** ^[16, 17].



NUCLEAR AVANZADA: La fusión nuclear está impulsada por la **seguridad energética** y la demanda de los **centros de datos**. A pesar de alcanzar una **inversión de 11.000 millones de dólares** en 2025, su despliegue depende de una **mayor flexibilidad normativa** y de la **ejecución de los proyectos piloto** ^[2].

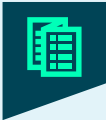
¿Qué factores determinan el éxito o el estancamiento tecnológico?



IMPULSO TECNOLÓGICO (TECH DRIVEN): El éxito tecnológico depende de **superar barreras técnicas** mediante la **innovación** para dotar a las tecnologías de **nuevas capacidades operativas**. Por ejemplo, la **eólica marina flotante**, cuyo desarrollo ha superado las limitaciones de profundidad, ha desbloqueado un **gran potencial de generación**.



IMPULSO DE MERCADO (MARKET DRIVEN): El salto a escala comercial responde a las **dinámicas de precios** y a la **demanda real** de los clientes. Estas exigencias explican el fuerte crecimiento actual de **tecnologías emergentes** (como la fusión nuclear o la geotermia) para dar respuesta a la creciente demanda de los **centros de datos**.



IMPULSO REGULATORIO: La **fijación de objetivos** y un **marco jurídico predecible** son determinantes para atraer capital privado hacia tecnologías emergentes. **Su ausencia estanca el desarrollo** de nuevas soluciones tecnológicas, mientras que normativas como *ReFuelEU* han logrado triplicar el consumo de SAF en un año. ^[1]

¿A qué retos y oportunidades nos enfrentamos?



RETOS

- **DESLOCALIZACIÓN POR ASIMETRÍA REGULATORIA:** La **rigidez burocrática** europea y la **falta de incentivos competitivos** frente a otros mercados provocan la **fuga de inversiones estratégicas** a mercados extranjeros como Estados Unidos y China. ^[2]
- **CUELLOS DE BOTELLA EN INFRAESTRUCTURAS:** Las **limitaciones de la propia red eléctrica** y la escasez global de grandes transformadores de potencia retrasan la expansión del sistema. Además, la **falta de almacenamiento de larga duración a gran escala** frena la integración de la generación renovable. ^[2]
- **BRECHA EN LA IMPLANTACIÓN INDUSTRIAL:** Tecnologías emergentes como el **blockchain** no logran integrarse en la cadena de valor porque existe un **desajuste** entre su **madurez técnica** y su **viabilidad sistémica**. Esta inmadurez comercial las mantiene en fases piloto **sin generar todavía impacto ni beneficio económico real**.



OPORTUNIDADES

- **ESCALABILIDAD DE LOS BIOGASES:** El biometano aprovecha la **infraestructura existente** y permite **descarbonizar sectores difíciles de electrificar**. España dispone del **cuarto mayor potencial de Europa**, con más de **100 TWh anuales**, y prevé casi duplicar el número de plantas operativas, pasando de 25 en 2025 a **46 en 2026**. ^[18]
- **EXPANSIÓN DE LOS CENTROS DE DATOS:** España alcanzó una capacidad instalada de **439 MW** en **centros de datos** en 2025 y se prevé escalar a los **2.537 MW en 2030**. Este crecimiento podría movilizar **66.900 millones de euros en inversiones**, aportar 7.300 millones de euros anuales al PIB y generar alrededor de **16.000 puestos de trabajo**. ^[6]
- **MODELOS IMPULSADOS POR LA DEMANDA:** La inversión está priorizando soluciones innovadoras ya **validadas comercialmente por el usuario final**. Este enfoque orienta el capital hacia tecnologías que, como la IA, comienzan a desplegarse de manera estructural en las operaciones, y **responden a la demanda real** del mercado.