



ESTRATEGIA DE ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO

ESPAÑA
PUEDE.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



AGENDA
2030

MARCO ESTRATÉGICO DE ENERGÍA Y CLIMA

▶ RESUMEN EJECUTIVO	3
▶ I. MARCO DE LA ESTRATEGIA	6
1.1. Contexto internacional	7
1.2. Marco nacional	10
▶ 2. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA	13
2.1. Sistemas mecánicos	14
2.2. Sistemas electroquímicos	16
2.3. Sistemas químicos	17
2.4. Sistemas de almacenamiento de energía térmica	18
2.5. Sistemas eléctricos	20
2.6. Caracterización de las distintas tecnologías	20
2.7. El almacenamiento en la transición energética	22
▶ 3. LA CADENA DE VALOR DEL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA	24
▶ 4. DIAGNOSIS DEL ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO: RETOS	28
4.1. Retos regulatorios y de mercado	30
4.2. Retos económicos y relativos al modelo de negocio	32
4.3. Retos relativos a la normalización y necesidad de estándares de interoperabilidad	33
4.4. Ciberseguridad	33
4.5. Retos relativos a la integración sectorial	34
4.6. Retos relativos a la investigación y desarrollo de tecnologías de almacenamiento	34
4.7. Retos relativos al comportamiento, falta de información o percepción del riesgo	35
4.8. Retos sociales y medioambientales	35
4.9. Materiales críticos y estratégicos	37
▶ 5. LÍNEAS DE ACCIÓN DE LA ESTRATEGIA	38
5.1. Marco regulatorio	39
5.2. Participación en los mercados	45
5.3. Modelo de negocio	48
5.4. Integración sectorial	56
5.5. La ciudadanía en el centro	58
5.6. Las palancas del desarrollo tecnológico	64
5.7. Sostenibilidad	69
5.8. Necesidades en los sistemas insulares y aislados	72
5.9. Gobernanza	73
5.10. Análisis prospectivo	74
▶ 6. OPORTUNIDADES DEL ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO	76
▶ 7. POTENCIALES NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO EN LA SENDA HACIA LA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA	83
▶ A. MECANISMOS DE FINANCIACIÓN	86
▶ B. PARTICIPACIÓN PÚBLICA	102

RESUMEN EJECUTIVO

La transición hacia la neutralidad climática supone una profunda transformación del sistema energético, que pasará a estar alimentado, fundamentalmente, por recursos renovables. El carácter variable y estocástico de algunas de estas fuentes energéticas hace necesario contar con diversas herramientas que confieran flexibilidad al sistema, entre las que se encuentra el almacenamiento energético.

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) prevé el desarrollo del almacenamiento como una de las herramientas clave para otorgar flexibilidad al sistema eléctrico de cara a dar apoyo al crecimiento significativo de generación renovable, así como contribuir a la gestión de las redes eléctricas, la participación de la ciudadanía en el cambio de modelo energético, y una mayor competencia e integración en el mercado eléctrico. Con el fin de desarrollar lo previsto en el PNIEC, esta Estrategia aborda el análisis técnico de las distintas alternativas de generación, la diagnosis de los retos actuales del almacenamiento energético, las líneas de acción para avanzar en el cumplimiento de los objetivos previstos y las oportunidades que supone el almacenamiento para el sistema energético y para el país.

Existe una amplia variedad de tecnologías de almacenamiento con diferentes aplicaciones y características que son complementarias a la hora de otorgar flexibilidad al sistema energético, ya sea por su aplicación en el sector eléctrico y su relación con la electrificación de la economía, o bien, en los distintos usos finales, como el almacenamiento de energía térmica.

Durante la elaboración de la Estrategia ya se han dado los primeros pasos para transformar, en consonancia con las directivas europeas, el marco regulatorio, que necesitará reformularse para integrar el almacenamiento energético, tanto a gran escala como detrás del contador. Sin embargo, aún será necesario adaptar la regulación a las nuevas características implícitas a estas tecnologías para el desarrollo de este nuevo agente del sector energético. Una de las cuestiones clave vendrá también determinada por la apertura y consolidación de la participación del almacenamiento a los existentes y futuros mecanismos de mercado.

En la Estrategia se presentan diversas oportunidades para el desarrollo del almacenamiento a lo largo de toda la cadena de valor, en donde la puesta en marcha de nuevos modelos de negocio supone una oportunidad en términos de empleo, fortalecimiento de la industria nacional y reducción de la dependencia de materiales críticos del exterior. Por un lado, mantener el liderazgo ya existente a nivel nacional en determinados sectores es clave, al tiempo que se abren un sinnúmero de oportunidades en el desarrollo de tecnologías que serán fundamentales en el futuro. El aprovechamiento de esta ventana de oportunidad puede suponer obtener un liderazgo tecnológico e industrial que sirva como palanca en la recuperación del país.

Los nuevos nichos de negocio vinculados al almacenamiento podrán desarrollarse a lo largo de todos los sectores de uso final. Existen aplicaciones para el almacenamiento en la movilidad, con el vehículo eléctrico, que ofrece un abanico de nuevos productos y servicios; en el sector de la edificación, a través del autoconsumo eléctrico y con aplicaciones de almacenamiento de energía térmica integradas en la edificación y en sus componentes; en el caso del sector industrial, que presenta un fuerte potencial de autoconsumo con almacenamiento energético, así como la integración energética y la descarbonización de procesos que utilizan energía térmica, tanto frío como calor; y, por último, en el resto de sectores, mediante aplicaciones de autoconsumo.

Las palancas de investigación, desarrollo e innovación serán necesarias para, por un lado, acelerar el desarrollo tecnológico necesario para el despliegue del almacenamiento energético, y, por otro, profundizar en el liderazgo tecnológico en tecnologías renovables.

El cambio de paradigma del sector energético implica también otorgar un papel central a la ciudadanía en el nuevo diseño del sistema energético. Para ello, el almacenamiento crea una coyuntura propicia para la participación ciudadana, la creación de empleo de calidad, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora del medio ambiente, así como para la igualdad efectiva entre mujeres y hombres.

El despliegue de las tecnologías de almacenamiento se realizará con un enfoque integral en la sostenibilidad, analizando sus potenciales impactos a lo largo de todo el ciclo de vida de las tecnologías, incluyendo impacto medioambiental y la huella de carbono, y minimizándolos.

Las necesidades mínimas de almacenamiento para España, derivadas de los objetivos del PNIEC y de la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP) 2050, se han cuantificado en esta Estrategia, pasando de los 8,3 GW disponibles en la actualidad a un valor de alrededor de 20 GW en 2030 y 30 GW en 2050 de potencia de almacenamiento total disponible en esos años. Esta cuantificación incluye el almacenamiento a gran escala diario y semanal, almacenamiento detrás del contador y almacenamiento estacional, según el estado actual de la tecnología.

La Estrategia de Almacenamiento Energético establece las bases para dar respuesta a estas necesidades, actuando como herramienta impulsora del despliegue del almacenamiento de energía en España, y estando alineada y complementando el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia España Puede, aprobado por el Gobierno el pasado 7 de octubre, como guía de ejecución de los fondos procedentes del instrumento europeo Next Generation EU.

Las necesidades mínimas de almacenamiento para España, derivadas de los objetivos del PNIEC y de la ELP, se han cuantificado en esta Estrategia, pasando de los 8,3 GW disponibles en la actualidad a un valor de alrededor de 20 GW en 2030 y 30 GW en 2050 de potencia de almacenamiento total disponible en esos años.

La transformación del sistema energético es uno de los factores clave para alcanzar la neutralidad climática antes del año 2050. Este cambio de paradigma requiere un sistema basado en fuentes renovables, que tienen un carácter estocástico y variable, por lo que la tradicional visión de sistema energético centralizado y basado en centrales gestionables será reemplazada por la de un sistema descentralizado y flexible que permita integrar adecuadamente la provisión de energía a través de tecnologías renovables.

En este contexto de transición energética, el almacenamiento es uno de los retos que afrontar en el futuro para permitir una plena descarbonización del sistema energético y una efectiva integración de las tecnologías renovables. La parcial predictibilidad de estas tecnologías, así como su variabilidad, hace necesario contar con sistemas que hagan frente a las brechas instantáneas existentes entre generación y demanda, almacenando energía en los períodos de superávit de generación, de manera que esté disponible cuando existan déficits.

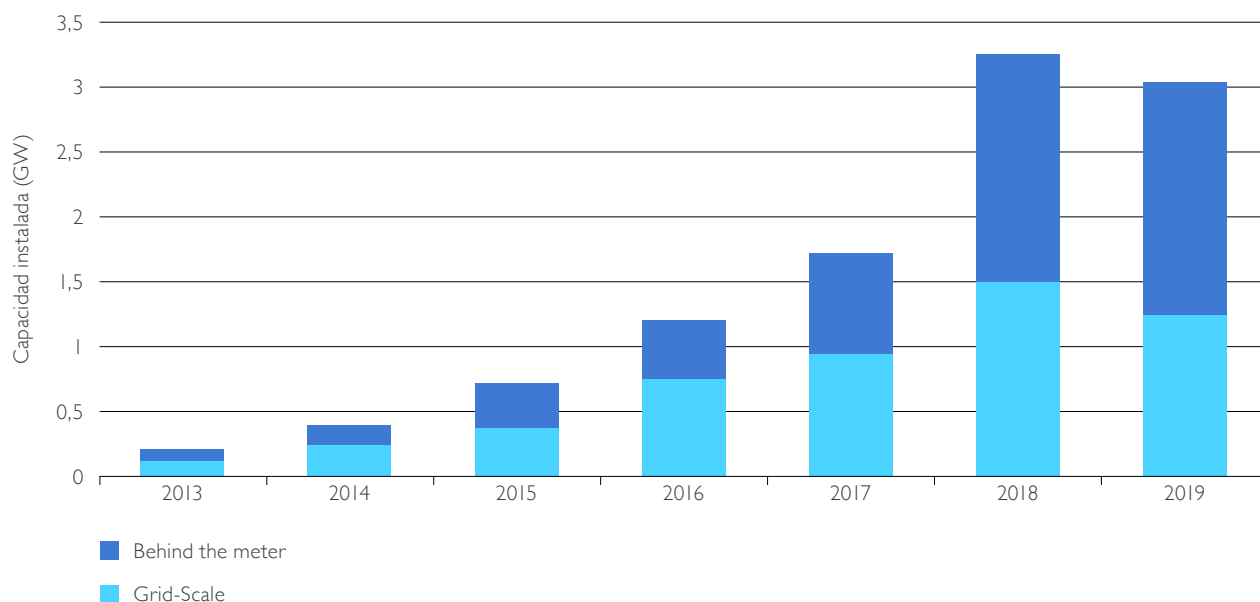
En esta Estrategia se identifican los principales retos para el despliegue del almacenamiento y una visión que supone un nuevo paradigma del sistema energético, cuyo objetivo es la neutralidad climática y el aprovechamiento de las oportunidades que conlleva este cambio de modelo. La futura provisión de energía provendrá fundamentalmente de fuentes renovables en muchos casos intermitentes y no gestionables. Las nuevas necesidades de flexibilidad vendrán, por tanto, de diversos ámbitos. El almacenamiento de energía será uno de los principales elementos que proporcione flexibilidad al sistema energético. En esta Estrategia se identifican las medidas necesarias para un despliegue efectivo del almacenamiento energético, elemento clave para conseguir la neutralidad climática.

El almacenamiento de energía será uno de los principales elementos que proporcione flexibilidad al sistema energético. En esta Estrategia se identifican las medidas necesarias para un despliegue efectivo del almacenamiento energético, elemento clave para conseguir la neutralidad climática.

I.1. CONTEXTO INTERNACIONAL

En los últimos años, se han desarrollado diferentes soluciones tecnológicas para facilitar la integración de renovables de generación variable, con diversas características técnicas y que son capaces de proveer un variado abanico de servicios. Según datos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), los sistemas de almacenamiento han aumentado considerablemente su capacidad instalada. En el siguiente gráfico se muestra la evolución de nueva potencia instalada, que durante 2019 incrementó la capacidad en 2,9 GW a nivel mundial, incluyendo tanto el almacenamiento a gran escala como el almacenamiento detrás del contador. Sin embargo, este crecimiento ha supuesto una reducción del incremento interanual de casi el 30% con respecto al año pasado. A nivel mundial, el almacenamiento asciende a unos 160 GW, según indican los referidos datos de la AIE.

FIGURA I. Evolución anual de la nueva potencia instalada mundialmente



Fuente: Agencia Internacional de la Energía, 2020.

El objetivo de la Unión Europea para el año 2050 es alcanzar la neutralidad climática, lo que supone la asunción del compromiso de aumentar la acción climática global en línea con el **Acuerdo de París**, adoptado en diciembre de 2015 por las partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, y ratificado por España en 2017.

Las conclusiones del Consejo Europeo del 12 de diciembre de 2019 suponen el acuerdo formal por parte de la Unión Europea de la adopción del compromiso de la neutralidad climática. Esta meta se materializa en los distintos escenarios incluidos en el estudio realizado para la elaboración de la Comunicación de la Comisión de noviembre de 2018, **«Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra»**. En diciembre de 2020, habida cuenta de la necesidad de aumentar la ambición en materia climática, también conforme al Acuerdo de París, el Consejo Europeo refrendó un nuevo objetivo de reducción de emisiones para 2030 de al menos un 55% con respecto a los valores de 1990. En las distintas opciones de descarbonización incluidas se contempla la necesidad de disponer de almacenamiento energético en sus diversas formas.

El **Pacto Verde Europeo** lanzado en diciembre de 2019 presenta una hoja de ruta para alcanzar una economía sostenible en la Unión Europea. Dentro de la línea «Suministro de energía limpia, asequible y segura», coincidente con el objetivo de desarrollo sostenible 7, de la Agenda 2030 aprobada por Naciones Unidas, se plantea un marco que supone acelerar el despliegue de tecnologías e infraestructuras innovadoras, como el almacenamiento energético, incluyendo el necesario desarrollo de tecnologías de vanguardia en estos sectores industriales clave.

El reciente acuerdo a nivel europeo en relación con el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia, para cuya aplicación se ha presentado en España el **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia**, supondrá un impulso a la recuperación económica tras la crisis derivada de la pandemia ocasionada por la Covid-19, además de una aceleración de la transición energética en la próxima década, a través de inversiones verdes, entre las que se encuentran las tecnologías de almacenamiento energético. Dentro de las áreas emblemáticas que se han presentado en el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia, cabe destacar el área Power up, que contempla la aceleración del desarrollo renovable, incluyendo el almacenamiento energético. En la implementación del Plan español se contemplarán los mecanismos necesarios y adecuados para ayudar al despliegue de las soluciones de almacenamiento al ritmo necesario y de la manera más económicamente eficiente y sostenible.

A nivel legislativo, el **Paquete de Energía Limpia para todos** incluye diversas disposiciones legislativas que regulan el almacenamiento energético en la UE: la Directiva (UE) 2019/944¹, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad, y el Reglamento 2019/943², relativo al mercado interior de la electricidad, establecen los principios de una nueva configuración del mercado de la electricidad que incentivarán los servicios de flexibilidad y las señales de precio adecuadas para la transición energética. El cliente activo, la respuesta de la demanda y el almacenamiento pasan a ser elementos clave del nuevo marco normativo. En la Directiva (UE) 2018/2001³, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, se hace referencia al uso del almacenamiento energético en relación con la energía procedente de fuentes renovables.

Adicionalmente, existen diversas iniciativas europeas encaminadas al desarrollo específico de tecnologías de almacenamiento energético, tales como el lanzamiento en 2017 de la **Alianza Europea por las Baterías**. Esta iniciativa pretende impulsar el liderazgo europeo a lo largo de la cadena de valor de estos sistemas de almacenamiento energético, de manera que se elimine la dependencia tecnológica, al tiempo que se capitalizan el empleo, el crecimiento y las inversiones europeas, creando un ecosistema de baterías sostenible, innovador y competitivo. En 2019, se presentó el informe de la Comisión sobre la ejecución del Plan de acción estratégico para las baterías: creación de una cadena de valor estratégica para las baterías en Europa (COM [2019] 176 final).

Actualmente se encuentra en revisión la Directiva 2006/66/CE⁴, relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores, para adecuar los requerimientos medioambientales y el fin de vida de los sistemas de almacenamiento al potencial crecimiento y actual penetración. Una de las cuestiones que introducirá la reforma será precisamente la posibilidad de nuevos modelos de negocio derivados de la segunda vida de las baterías.

La **Iniciativa del Hidrógeno**, lanzada por el Consejo Europeo de ministros de Energía en Linz en septiembre de 2018, suscrita por los Estados miembros de la UE y la Comisión Europea, tiene el objetivo de poner el foco en el potencial del hidrógeno para la descarbonización de múltiples sectores, el sistema energético y la seguridad de suministro a largo plazo.

En marzo de 2018, se creó el Foro Estratégico de Proyectos Importantes de Interés Común Europeo (**IPCEI, Important Projects of Common European Interest**), recogidos en el artículo 107.3 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea, como proyectos innovadores que conllevan riesgos en su desarrollo y requieren de un trabajo conjunto e inversiones a nivel transnacional. El objetivo de esta figura es incentivar y facilitar el desarrollo de proyectos de innovación, dentro del marco específico de ayudas del Estado. En 2019 se identificaron seis nuevas cadenas de valor entre las que se encuentra la de tecnologías y sistemas de hidrógeno.

En julio de 2020, se lanzó la **Estrategia Europea del Hidrógeno (EU Hydrogen Strategy)**, que tiene como objetivo el desarrollo del hidrógeno limpio para contribuir a la descarbonización, dibujando una hoja de ruta para el despliegue del hidrógeno a nivel de la UE. Esta Estrategia se lanzó conjuntamente con la **Alianza europea por un hidrógeno limpio**.

La **Estrategia Europea para la Integración del Sistema Energético**, publicada por la Comisión Europea en julio de 2020, proporciona el marco necesario para la transición verde, planteando una nueva visión integral en la planificación del sistema energético que tenga en cuenta las interrelaciones existentes entre los distintos vectores energéticos, con el objetivo de diseñar un sistema energético descentralizado, flexible y optimizado que explote los muchos beneficios de las tecnologías limpias e innovadoras. Dentro de los sistemas para proporcionar esa flexibilidad se incluye el almacenamiento en sus diversas formas, diario, semanal o estacional.

¹ Directiva (UE) 2019/944 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE.

² Reglamento (UE) 2019/943 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, relativo al mercado interior de la electricidad.

³ Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

⁴ Directiva 2006/66/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de septiembre de 2006, relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores y por la que se deroga la Directiva 91/157/CEE.

I.2. MARCO NACIONAL

El Marco Estratégico de Energía y Clima contiene diversos elementos estratégicos y legislativos que tienen como objeto marcar las principales líneas de acción en la senda hacia la neutralidad climática. Está compuesto de un conjunto de documentos, entre los que se encuentran:

- ▶ Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.
- ▶ Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP) 2050.
- ▶ Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética.
- ▶ Estrategia de Transición Justa.

El **PNIEC** prevé alcanzar un 42% de penetración renovable en el uso final de la energía en el horizonte 2030, llegando al 74% renovable en el sector eléctrico. Para ello, incluye diversas tecnologías de almacenamiento energético, por un valor de 6 GW nuevos instalados en dicho horizonte. En el modelo utilizado tanto para el sistema energético como en los análisis realizados para el sistema eléctrico peninsular se consideraron 3,5 GW de almacenamiento estacional, así como 2,5 GW de almacenamiento diario de gran escala. Adicionalmente, se contemplan otros tipos de almacenamiento:

- ▶ Almacenamiento distribuido, proporcionado por el parque de vehículos eléctricos («Medida 3.10. El potencial del vehículo eléctrico como elemento de flexibilidad»), así como otras formas de proveer flexibilidad, tales como la gestión de la demanda.
- ▶ Almacenamiento térmico, en particular, acoplado a centrales solares termoeléctricas.
- ▶ Almacenamiento químico en forma de hidrógeno renovable.

En el PNIEC, en concreto, en la «Medida 1.2. Gestión de la demanda, almacenamiento y flexibilidad», se establecen algunas de las líneas de actuación en lo referente a los cambios regulatorios que implementar para un desarrollo efectivo del almacenamiento energético. Esta medida contempla un desarrollo normativo tanto para la gestión de la demanda como para el almacenamiento energético.

Además de esta medida, donde el almacenamiento tiene un papel central, el despliegue del almacenamiento está presente a lo largo de todo el PNIEC. En la «Medida 1.3. Adaptación de redes eléctricas para la integración de renovables», se contempla la consideración del papel del almacenamiento en la integración de la energía de origen renovable. En lo referente al almacenamiento detrás del contador y su despliegue, la «Medida 1.4. Desarrollo del autoconsumo con renovables y la generación distribuida» aborda el despliegue de las instalaciones de autoconsumo, que en algunos casos incluirán sistemas de almacenamiento energético. Esta medida también incluye el desarrollo de la Estrategia Nacional de Autoconsumo.

Desde el punto de vista de la integración del sistema energético, en la «Medida 1.8. Promoción de gases renovables» se aborda la posibilidad de acumulación energética a través de la transformación en gases renovables.

También se contempla la inclusión de almacenamiento en los territorios no peninsulares como tractores en la «Medida 1.12. Proyectos singulares y estrategia para la energía sostenible en las islas». Por último, en relación con la participación ciudadana, las comunidades energéticas futuras serán uno de los elementos de dinamización del sistema energético que incluirán la posibilidad de almacenamiento de energía.

Por su parte, y partiendo del PNIEC, la **ELP** dibuja la trayectoria de transformación del sistema energético para los años 2030 a 2050, trazando la evolución hacia la neutralidad climática antes de ese último año. Uno de los vectores energéticos fundamentales para la descarbonización es el hidrógeno renovable, generado a partir de electricidad renovable, que se sitúa como pieza clave para la integración de recursos renovables en los diferentes sectores, incluyendo la industria y el transporte, desplazando el uso tanto de materias primas industriales como de fuentes de energía de origen fósil. Por su

parte, la ELP incluye la necesidad de almacenamiento diario, semanal y estacional para el período considerado. Es de especial relevancia la necesidad de almacenamiento para el sector eléctrico, que será 100% renovable para el año 2050.

Por su parte, la **Hoja de Ruta del Hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable**⁵, aprobada por Consejo de Ministros el 6 de octubre de 2020, reconoce al hidrógeno renovable como una herramienta clave para la integración de los diferentes sectores energéticos, favoreciendo la seguridad, disponibilidad y flexibilidad energéticas, así como una mayor eficiencia y rentabilidad en la transición energética, contribuyendo a la descarbonización de la economía. Entre los diferentes roles que ha de asumir este hidrógeno renovable, la Hoja de Ruta destaca su relevancia como mecanismo de almacenamiento energético, incluyendo entre sus medidas actuaciones destinadas a impulsar la investigación para el progreso de este.

La Hoja de Ruta del Hidrógeno prevé la instalación de 4 GW de potencia de electrolizadores en el horizonte 2030, y una contribución mínima del 25% de hidrógeno renovable respecto del total consumido en la industria para ese año. Adicionalmente, contempla una serie de hitos en ese horizonte: una flota de, al menos, 150-200 autobuses y 5.000-7.500 vehículos ligeros y pesados impulsados por hidrógeno, trenes de hidrógeno en al menos dos líneas no electrificadas, al menos 100-150 hidrogeneras de acceso público para repostaje y la introducción de maquinaria de *handling* que utilice pilas de combustible de hidrógeno renovable en los cinco primeros puertos/aeropuertos en volumen de mercancías/pasajeros. En el largo plazo, se espera que esta tecnología haya alcanzado un nivel de madurez suficiente que permita su despliegue a gran escala.

En cuanto al marco normativo, el **Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética** es el instrumento que incorpora los objetivos en energía y clima a 2030 y 2050 y proporciona un marco institucional estable para ello. El proyecto de ley incluye algunas disposiciones clave para el desarrollo del almacenamiento energético, habiendo sido la primera propuesta legislativa que incluye algunas de las consideraciones del Paquete de Energía Limpia para todos los europeos en esta materia.

Por su parte, el Real Decreto ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica, adelanta ya medidas urgentes con rango legal que suponen un importante hito en la introducción del almacenamiento en la regulación nacional y en el desarrollo de nuevos modelos de negocio. En la citada disposición se incluyen las figuras de almacenamiento e hibridación en la Ley del Sector Eléctrico. Adicionalmente, se incorporan a la ley la agregación, junto con la figura de agregador independiente, y las comunidades de energías renovables. Esta última figura facilitará, por un lado, la participación ciudadana en el sistema energético, al tiempo que abre la posibilidad de incorporar proyectos de almacenamiento a los sistemas distribuidos.

Adicionalmente, se crea un procedimiento especial de autorización para proyectos piloto y de demostración a través de los bancos de pruebas regulatorios, que podrá ser aplicado para la puesta en marcha de ensayos para el futuro diseño del marco normativo del almacenamiento energético. Por último, el real decreto ley es un paso para el desarrollo de los puntos de recarga ultrarrápida necesarios para el despliegue del vehículo eléctrico de acuerdo con los objetivos establecidos en el PNIEC.

El marco estratégico se completa con la **Estrategia de Transición Justa**, que articula los mecanismos de acompañamiento urgente para las comarcas y regiones afectadas por el cierre de instalaciones térmicas para no dejar a nadie atrás, y en el desarrollo de la cual se prevé la inclusión de proyectos de almacenamiento con reaprovechamiento de las plantas ya existentes como palanca tractora de actividad e inversión en dichas zonas, y con la **Estrategia Nacional de lucha contra la Pobreza Energética**, que si bien no prevé un desarrollo específico del almacenamiento energético, requiere del desarrollo de un sistema energético competitivo y asequible que garantice la calidad y accesibilidad del suministro energético. En este sentido, además, existen soluciones como la introducción de sistemas de autoconsumo que integren equipos de almacenamiento en edificios de consumidores vulnerables, que ayudarían a reducir la factura, sirviendo de medida estructural indirecta contra la pobreza energética.

⁵ https://www.miteco.gob.es/images/es/hojarutadelhidrogeno_tcm30-513830.pdf

Por todo lo anteriormente expuesto, el **objetivo principal de la Estrategia de Almacenamiento Energético** es asegurar el despliegue efectivo del almacenamiento entendido como elemento habilitador de la transición energética hacia la neutralidad climática, según los preceptos establecidos en el PNIEC y en la ELP. En un sistema con una participación del 74% en 2030 de las energías renovables en la generación eléctrica y un 100% en el año 2050, la flexibilidad será fundamental para poder operar con seguridad. En este sentido, es esencial llevar a cabo un diseño efectivo de mecanismos de mercado para proporcionar la flexibilidad necesaria al sistema. Estos mecanismos no estarán orientados exclusivamente a la contribución de los generadores de energía eléctrica. De manera complementaria, se abrirá la participación a todas las formas de flexibilidad y almacenamiento distribuido, haciendo hincapié en la implicación de la demanda, en particular de la ciudadanía, en el diseño de los citados mecanismos.

El objetivo principal de la Estrategia de Almacenamiento Energético es asegurar el despliegue efectivo del almacenamiento entendido como elemento habilitador de la transición energética hacia la neutralidad climática, según los preceptos establecidos en el PNIEC y en la ELP.

Por lo tanto, para proveer las necesidades de flexibilidad del sistema energético, serán necesarias distintas soluciones desde el lado de la oferta y de la demanda. Entre ellas, debe contarse con un amplio abanico de soluciones de almacenamiento energético, con distintas tecnologías y prestaciones, y diversa ubicación en el sistema energético, tanto delante como detrás del contador.

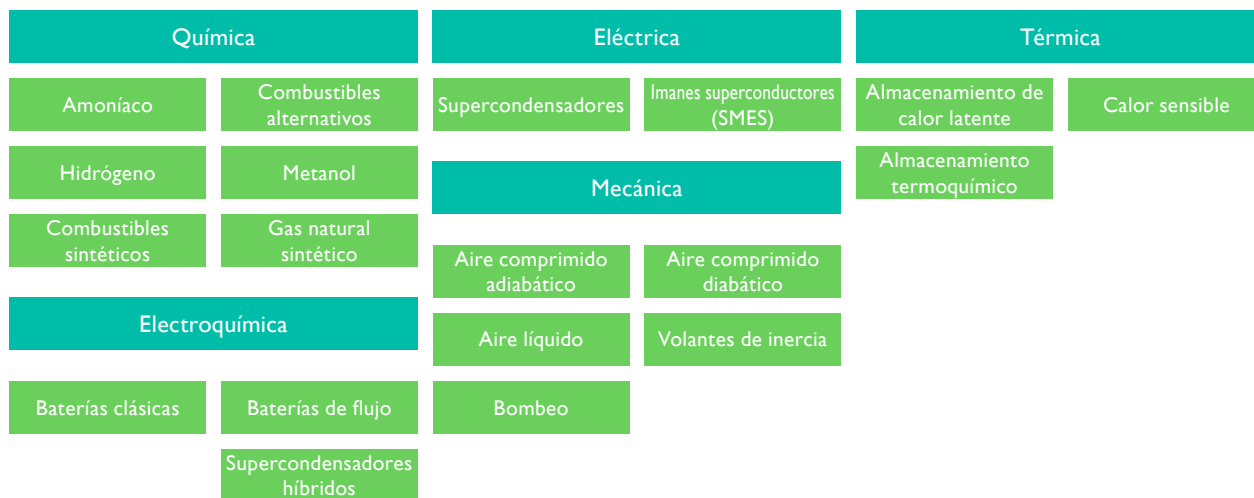
La evolución tecnológica, que en este momento introduce cierto grado de incertidumbre en el diseño de los sistemas futuros, marcará la consolidación de las distintas alternativas para el almacenamiento energético. Debido a las distintas aplicaciones energéticas, usos finales eléctricos o energía térmica, a las características temporales del almacenamiento energético, así como otros parámetros técnicos o ambientales, las tecnologías de almacenamiento proporcionan distintas prestaciones que no son excluyentes sino complementarias.

Actualmente se encuentran en elaboración también la Estrategia Nacional de Autoconsumo, la Hoja de Ruta del Biogás, y la Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Eólica Marina y las Energías del Mar en España. Todas ellas son complementarias a esta Estrategia, ya sea por su relación con la integración del sistema energético o por su papel en el despliegue del almacenamiento detrás del contador.

Por último, en octubre de 2020, el Gobierno presentó el **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia**, un proyecto de país que orienta la modernización de la economía española, la recuperación del crecimiento económico y la creación de empleo, la reconstrucción sólida, inclusiva y resiliente tras la crisis ocasionada por la pandemia de covid-19. Este Plan guiará la ejecución de los fondos derivados del instrumento europeo Next Generation EU, principal instrumento europeo de recuperación de la citada crisis, cuyo objetivo es mitigar el impacto social y económico de esta, contribuyendo a la recuperación y mejora de la resiliencia de los Estados miembros. La transición ecológica es uno de los pilares que vertebran el Plan, y para su logro, son claves herramientas como el despliegue de energías renovables, la eficiencia energética o las redes inteligentes, así como elementos que doten de flexibilidad al sistema energético, como son las soluciones de almacenamiento energético. Específicamente, la política palanca «Transición energética justa e inclusiva del citado Plan», incluye entre sus objetivos el despliegue de las tecnologías de almacenamiento, siendo esta Estrategia clave para su implementación.

En términos generales, el almacenamiento de energía es el conjunto de métodos, sistemas y tecnologías que permiten transformar y conservar la energía para su uso posterior. El almacenamiento de energía se basa actualmente en un conjunto amplio de tecnologías, muchas de las cuales cuentan ya con un amplio recorrido y un sólido estado de madurez, existiendo otras menos consolidadas, que requieren avanzar en algunos aspectos y mejorar prestaciones, coste y competitividad. Con carácter general, este espectro de tecnologías, descritas a continuación, puede clasificarse según el siguiente cuadro:

FIGURA 2. Clasificación de las tecnologías de almacenamiento energético



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021. Adaptación de European Association for Storage of Energy (EASE).

2.1. SISTEMAS MECÁNICOS

2.1.1. Las centrales hidráulicas de bombeo

Las plantas de bombeo almacenan energía en forma de energía potencial gravitacional del agua, elevando agua desde un depósito inferior a uno a mayor altura. Durante los períodos de alta demanda, el agua almacenada en el embalse superior se libera mediante turbinas hacia un depósito inferior para producir electricidad, mientras que en períodos de baja demanda el agua se bombea de vuelta al embalse superior y se almacena de nuevo. Aunque en general se trata de reservas superficiales (embalses, depósitos, etc.), también pueden utilizarse el mar o cavernas subterráneas como reserva inferior.

El almacenamiento de energía mediante bombeo es una de las tecnologías de almacenamiento más maduras y, gracias a su eficiencia y flexibilidad, está implantada a gran escala en toda Europa. Actualmente supone más del 90% de la potencia de almacenamiento instalada a nivel europeo.

Las plantas de bombeo requieren condiciones de emplazamiento muy específicas para ser viables, como una conformación adecuada del terreno, la diferencia de elevación entre los embalses y la disponibilidad de agua para la operación. Adicionalmente, la obra civil que requieren puede presentar un elevado impacto ambiental. Por ello, existe un gran potencial de reaprovechamiento de instalaciones hidroeléctricas, mediante la agregación de sistemas bombeo, y también existe la posibilidad de ampliación de centrales de bombeo existentes, mediante la incorporación de nuevos grupos con las mismas infraestructuras hidráulicas de embalses o depósito.

Otra opción que se plantea como palanca de generación de empleo en el medio rural y rehabilitación del espacio natural afectado por las explotaciones mineras es la utilización de aguas procedentes del drenaje de las minas para producción

de energía eléctrica mediante una central depuradora reversible, permitiendo la regeneración de entornos mineros. Se trata del aprovechamiento de las aguas provenientes de las minas abandonadas a lo largo de los años que, al tratarse de lixiviados de las propias minas, son contaminantes, lo que solucionaría adicionalmente el problema medioambiental que suponen estos vertidos a las diferentes cuencas hidrográficas. Tienen en común la utilización de cielos abiertos y escombreras como balsas de almacenamiento dentro de las minas, concretamente como depósitos de acumulación inferior y superior. Por tanto, esta tecnología presentaría beneficios adicionales al encontrarse en zonas de transición justa y cerca de centrales térmicas cerradas o en proceso de cierre.

Dentro de los proyectos de bombeo innovadores se encuentra el bombeo con agua marina, en el que uno de los depósitos es precisamente el mar. Existen proyectos en los que el agua utilizada requiere de un proceso de desalación, mientras que en otros proyectos singulares se hace un uso directo del agua marina.

2.1.2. Aire comprimido diabático y adiabático

Conocido también como CAES, por sus siglas en inglés (*compressed air energy storage*), se trata de un sistema en el cual la energía eléctrica se almacena en forma de aire comprimido a alta presión y se extrae mediante su expansión a través de turbinas, aportando calor al aire. Para el almacenamiento del aire es necesario contar con localizaciones geológicas apropiadas o depósitos aptos para esa función. El almacenamiento mediante aire comprimido será diabático o adiabático en función de que se transfiera calor o no con el entorno, siendo generalmente superior el rendimiento en los sistemas adiabáticos. En estos últimos sistemas, se utiliza el calor capturado previamente en otras fases del proceso.

En general, una instalación de aire comprimido integra componentes, dispositivos y procesos variados, siendo comunes a todos ellos los compresores, expansores y depósitos de almacenamiento de aire. El resto de componentes varían en función de la estructura y los principios de operación del sistema.

2.1.3. Aire líquido

También conocido como LAES (*liquid air energy storage*), este sistema emplea el aire líquido como vector energético y puede integrarse en procesos de calor y frío residuales industriales. El proceso se lleva a cabo en una planta de licuefacción de aire industrial que emplea energía eléctrica para enfriar el aire ambiente, hasta producir aire líquido (criogénico) que se almacena en un tanque aislado a baja presión. Cuando se requiere energía, el aire líquido es presurizado, regasificado y expandido en una turbina para generar electricidad.

Este almacenamiento puede acompañarse de dos sistemas de almacenamiento térmico asociados a cada uno de los procesos de compresión y expansión de aire (foco frío y caliente). La implementación de estos sistemas permite incrementar la eficiencia de la conversión.

2.1.4. Volantes de inercia

Los volantes de inercia son dispositivos mecánicos capaces de almacenar energía cinética mediante un disco de inercia que gira mecánicamente acoplado a una máquina eléctrica que opera o como motor o como generador, controlada mediante electrónica de potencia, y que se conecta en consecuencia o a la red eléctrica o a la carga. Durante la carga la máquina eléctrica opera como motor: la energía proporcionada por la red provoca el movimiento del rotor del volante hasta alcanzar su velocidad nominal, almacenando de esa manera una determinada energía cinética. En la descarga la máquina eléctrica operaría como generador, transformando la energía mecánica almacenada en energía eléctrica devuelta a la red y frenando el dispositivo hasta su velocidad mínima de diseño.

Esta tecnología goza de una alta penetración en el mercado industrial por su alta capacidad de respuesta dinámica, potencia y densidad energética, así como por las oportunidades que brinda para desacoplar potencia y energía en el rango de diseño, con un alto número de ciclos de vida y facilidad de instalación.

2.2. SISTEMAS ELECTROQUÍMICOS

El almacenamiento electroquímico de energía convierte energía eléctrica en energía química para ser almacenada, generalmente mediante el uso de baterías o condensadores electroquímicos. Las baterías están compuestas de celdas, que almacenan energía mediante procesos de oxidación y reducción.

Si bien existen diferentes tipos de baterías, descritas a continuación, se trata de un sistema maduro en general, muy útil como sistema de almacenamiento a corto plazo que requiera cargas y descargas frecuentes. Su cadena de valor es compleja y requiere de la colaboración de los suministradores de la materia prima y de los materiales críticos y avanzados, de los fabricantes de celdas, de los suministradores del *pack* de batería y de los integradores en las redes de almacenamiento de sus instalaciones.

Los principales objetivos a corto y medio plazo de la mayoría de las tecnologías dentro del almacenamiento electroquímico son la reducción de costes y el aumento de la vida útil de los sistemas, así como favorecer la reutilización y reciclaje de los dispositivos, una vez agotada.

2.2.1. Baterías convencionales

Las baterías electroquímicas clásicas contienen dos o más celdas electroquímicas que utilizan reacciones químicas para crear un flujo de electrones en un circuito externo, es decir, corriente eléctrica. Los elementos primarios de la celda incluyen un contenedor, dos electrodos (ánodo y cátodo), un material electrolito líquido o sólido y una membrana permeable que permite un flujo iónico entre los electrodos a la vez que evita cortocircuitos entre estos. El electrolito está en contacto con los electrodos, de manera que la corriente se genera por las reacciones de oxidación y reducción entre el electrolito y los electrodos de la celda. Cuando la batería se conecta a carga, el electrolito próximo a uno de los electrodos provoca la liberación de electrones (oxidación). Mientras tanto los iones próximos al otro electrodo aceptan los electrones (reducción) y completan el proceso de descarga. Revirtiendo dicho proceso la batería se cargaría.

Su configuración en celdas les confiere un carácter altamente modular y apto para su manufactura, pudiendo ser dispositivos reversibles, además de combinarse en serie hasta alcanzar tensiones muy elevadas y en paralelo para conseguir la potencia necesaria. Es conveniente evitar corrientes elevadas y bajas temperaturas para impedir degradaciones a causa de reacciones químicas no deseadas.

Las baterías clásicas presentan densidades de potencia muy atractivas y la eficiencia de su ciclo está en rangos del 60-80% en función de las condiciones de carga y descarga, por lo cual esta tecnología se encuentra ya ampliamente extendida a nivel mundial y conectada a la red. Con una gran variedad de materiales posibles (base litio, alta temperatura o base sodio, plomo níquel, metal aire, o níquel), sus perspectivas de crecimiento en el futuro son muy prometedoras.

2.2.2. Baterías de flujo

Las baterías de flujo redox son un tipo de celdas electroquímicas que combinan las características de las baterías convencionales y las pilas de combustible. Su propiedad más importante es la capacidad de separar en el diseño de la celda su energía y potencia nominales. La energía no se almacena en los materiales de electrodo sino en los electrolitos, que se conservan en dos tanques separados, uno para el electrolito positivo y otro para el negativo. Los electrolitos se bombean hacia la semicelda correspondiente de la batería, separadas estas por una membrana de intercambio iónico. Los electrodos actúan como superficies electrocatalíticas sobre las cuales se transforman los electrolitos siguiendo reacciones redox reversibles. El tamaño de los depósitos de electrolito determina la energía que se puede almacenar en la batería. La potencia de la celda depende del tamaño de los electrodos y de su actividad electrocatalítica.

Esta tecnología presenta una amplia variedad de combinaciones de electrolitos, si bien las más desarrolladas son las basadas en química del vanadio (VRFB), con gran rapidez de respuesta de carga/descarga y con número de ciclos de carga/descarga muy superior a otros tipos de baterías. También destacan las de zinc-bromo (Zn-Br). Para evitar la dependencia de

materiales críticos como el vanadio, se están intentando desarrollar otras químicas, basadas en hierro o también compuestos orgánicos. Gracias a su modularidad, las configuraciones de la potencia (kW) y la capacidad (kWh) están desacopladas. Específicamente, la potencia de la batería queda determinada por el área total de la superficie de la membrana, mientras que la capacidad depende de los volúmenes de material activo. Su nivel de madurez es inferior al de las baterías clásicas.

2.2.3. Supercondensadores híbridos

Los supercondensadores almacenan la carga eléctrica en una doble capa eléctrica en la interfaz entre un electrodo de carbono y un electrolito. Se trata de un mecanismo altamente reversible, tal y como sucede con los condensadores convencionales, lo cual permite su rápida carga y descarga, suministrando elevada potencia. En comparación con las baterías su densidad energética es más baja, mientras que su potencia específica es superior. Sus prestaciones se verían multiplicadas si se combinan con baterías de ion litio.

Todavía en fases iniciales de investigación y desarrollo, y en algunos casos de demostración de prototipos, este sistema combina las virtudes de ambas tecnologías y reviste un alto potencial.

2.3. SISTEMAS QUÍMICOS

Los sistemas de almacenamiento químico se basan en la transformación de energía eléctrica en energía de enlaces químicos de determinadas moléculas, para ser extraída cuando sea requerida, o bien para emplear estas moléculas en procesos industriales.

Estos sistemas permiten un intercambio de energía entre los diferentes vectores energéticos, estableciendo conexiones transversales entre el sector eléctrico y los sectores del gas, petroquímico y químico. La denominación *Power to X* (P2X) agrupa un rango de tecnologías genéricas que convierten la electricidad en diversos portadores energéticos, con la posibilidad de combinarlo con CO₂ para sintetizar gases y líquidos ricos energéticamente (power to gas y power to liquid) que se pueden emplear como combustibles o combinarse con nitrógeno para generar químicos como el amoníaco. Mediante el empleo de electricidad totalmente renovable se lograrán combustibles renovables.

Los sistemas de almacenamiento químicos que se detallan a continuación se describen con mayor profundidad en la citada Hoja de Ruta del Hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable⁶, destinada a identificar los retos y oportunidades para el pleno desarrollo del hidrógeno renovable en España. Esta Hoja de Ruta busca contribuir en la reducción de las emisiones contaminantes locales y de los gases de efecto invernadero generados durante el ciclo de producción de hidrógeno, al tiempo que se aprovecha la energía renovable excedentaria generada en las horas de menor consumo eléctrico, permitiendo la gestionabilidad y la continuidad en el suministro renovable mediante su capacidad de almacenamiento de energía.

2.3.1. Hidrógeno

El hidrógeno no es una fuente de energía primaria sino un vector energético, esto es, un producto que requiere de una aportación de energía para ser obtenido y que es capaz de almacenar energía en sus enlaces, que, posteriormente, puede ser liberada cuando sea requerida. Su densidad energética por unidad de volumen es inferior a la de otros combustibles, mientras que su alta densidad energética por unidad de masa es su propiedad más significativa (33,3 kWh/kg [LHV] de energía).

El hidrógeno se clasifica comúnmente en verde, gris o azul en función de las materias primas o energías empleadas para su producción y las emisiones asociadas al proceso. Cuando el proceso de producción de hidrógeno conlleva unas emisiones de GEI elevadas, el hidrógeno resultante se denomina gris (siendo el método más común el reformado con

⁶ https://www.miteco.gob.es/images/es/hojarutadelhidrogeno_tcm30-513830.pdf

vapor de gas natural). El hidrógeno azul (o bajo en carbono) se refiere al producido a partir de combustibles fósiles en procesos en los que se han incorporado sistemas de almacenamiento y captura de CO₂.

Por su parte, el hidrógeno renovable se puede obtener mediante electrólisis, consumiendo electricidad procedente de energías renovables. El proceso consiste en disociar la molécula de agua en oxígeno e hidrógeno en estado gaseoso por medio de una corriente eléctrica continua. Existen varios tipos de electrolizadores según la tecnología empleada, siendo los más comunes actualmente los alcalinos y los de tipo PEM (*proton exchange membrane*), utilizados en la mayoría de aplicaciones. Asimismo, destacan los electrolizadores de óxido sólido (SOEC), aún en desarrollo, por su eficiencia y capacidad para convertir el hidrógeno generado en electricidad nuevamente mediante el empleo de dispositivos reversibles. El hidrógeno producido se puede almacenar mediante el uso de métodos físicos como hidrógeno comprimido (CGH₂), hidrógeno licuado (LH₂) o hidrógeno crio comprimido, y mediante métodos químicos a través de líquidos orgánicos (LOCH), e hidruros metálicos (M-H).

Debido a su condición de vector energético, el hidrógeno proporciona un amplio abanico de opciones para su aplicación en diferentes usos finales, especialmente en movilidad, mediante el uso de pilas de combustible, y dentro de la industria, tanto por su empleo como materia prima en el sector del refino y la industria química como por su aplicación energética en la industria metalúrgica. Con respecto a sus aplicaciones energéticas, el hidrógeno tiene un importante potencial futuro para los procesos de calor de media y alta temperatura.

2.3.2. Amoníaco, metanol y combustibles alternativos

Para incrementar la densidad energética volumétrica y aprovechar otras infraestructuras ya existentes, el hidrógeno puede incorporarse a moléculas mayores como amoníaco o líquidos orgánicos portadores de hidrógeno. Así, el hidrógeno puede utilizarse en la síntesis de sustancias líquidas fácilmente transportables empleando las actuales redes de suministro, tales como alcoholes sintéticos, el metanol, el octano, el amoníaco o los derivados amónicos, entre otras. De entre ellas, destaca el amoníaco, al contar con una infraestructura propia desarrollada que favorecería su almacenamiento energético. Este compuesto no contiene carbono; sin embargo, posee nitrógeno y sus emisiones contribuyen a la formación de aerosoles de sulfato amónico y nitrato amónico, que deterioran la calidad del aire.

2.3.3. Combustibles sintéticos

El hidrógeno, combinado con monóxido de carbono (gas de síntesis), puede ser utilizado para producir combustibles con propiedades similares a los combustibles fósiles. A partir del gas de síntesis (hidrógeno y monóxido de carbono), mediante el proceso Fischer-Tropsch, es posible sintetizar combustibles líquidos de origen renovable, tales como el dimetiléter (DME), el diésel o el queroseno. Estos combustibles de origen no fósil no solo permiten el almacenamiento energético a gran escala y de larga duración, de manera similar al almacenamiento de combustibles fósiles, sino que, además, contribuyen a la neutralidad de carbono del combustible, esencial para la descarbonización del sector del transporte, siendo esta posible si también tiene un origen neutro (gasificación de biomasa y reformado de biocombustibles como el biogás). A partir de hidrógeno, puede obtenerse también metano sintético con CO₂ o biomasa. Esta opción también permite la utilización de las infraestructuras de la red gasista para su almacenamiento y transporte. Asimismo, los bioalcoholes (bioetanol, biometanol) ofrecen una excelente oportunidad como fácil almacenamiento y simple transformación en hidrógeno mediante su reformado con vapor.

2.4. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA TÉRMICA

El almacenamiento de energía térmica, en forma de frío o calor, es una tecnología transversal que contribuye de distintas maneras al futuro sistema energético: incrementa el porcentaje de energías renovables, aprovechando los vertidos de energía eléctrica para producir calor o frío para su uso posterior; presenta un gran potencial de hibridación con otras tecnologías energéticas; agrega flexibilidad a la operación de plantas energéticas y procesos industriales; favorece la

recuperación de calor residual procedente de los procesos industriales, y mejora el rendimiento energético en los procesos industriales y en la edificación.

Adicionalmente, en muchos ámbitos y aplicaciones es necesario el uso de energía térmica, como, por ejemplo, en las instalaciones de frío y/o calor para usos industriales o para climatización. En ese sentido, la combinación con otras tecnologías, como la bomba de calor con tanques de almacenamiento energético, ya sea en forma de almacenamiento de agua caliente (calor sensible) o con tanques de cambio de fase (calor latente), permite la integración de electricidad y energía térmica a diversas escalas.

2.4.1. Almacenamiento de calor sensible

Es la tecnología de almacenamiento térmico más utilizada en aplicaciones de escala residencial e industrial. Su funcionamiento se basa en aumentar o disminuir la temperatura de un material líquido o sólido con una elevada capacidad calorífica (aceites, agua o sales fundidas) con el objetivo de almacenar y liberar la energía térmica para aplicaciones de baja temperatura.

Para bajas temperaturas (hasta 120 °C) se recurre al agua como medio eficaz y de muy bajo coste, usualmente en tanques pequeños, bien aislados, que por su rango de temperaturas permite emplear energía solar térmica. En caso de que se requieran volúmenes superiores se recurre a almacenamientos subterráneos de muy diversa índole (cavernas, pozos, incluso versiones híbridas que combinen varias soluciones). En el ámbito residencial, es muy habitual el uso del termo de agua caliente sanitaria (ACS). Estos dispositivos, integrados en sistemas de autoconsumo, permiten aprovechar los excedentes de generación renovable. Además, en caso de añadir sistemas de control inteligente, estos dispositivos pueden gestionarse de manera agregada para dar servicios de flexibilidad a la red.

El almacenamiento térmico subterráneo en acuíferos, ATEs, por sus siglas en inglés (*aquifer thermal energy storage*) es otra de las soluciones para contribuir a la descarbonización de la climatización urbana, tanto de calor como de frío. Las propiedades hidrotérmicas de los acuíferos permiten mantener focos de temperatura estacionarios durante un ciclo anual. El sistema ATEs puede funcionar en ciclo semi cerrado, en un proceso retroalimentado, para crear un foco caliente y otro frío dentro de un mismo acuífero. En invierno se bombea agua del acuífero para alimentar una bomba de calor, el agua fría resultante del intercambio se inyecta en un foco frío, lejano. En verano el ciclo se invierte, se bombea del foco frío y el agua caliente del intercambio se inyecta en el otro extremo para crear un foco caliente para el invierno siguiente.

Para altas temperaturas, el fluido más habitual son las sales fundidas, por su excelente relación entre la capacidad de almacenamiento y el coste. Además, las elevadas temperaturas de operación son compatibles con aplicaciones tales como los ciclos de vapor, que permiten devolver la electricidad a la red. Se trata en este caso de una tecnología madura y comercialmente disponible.

Adicionalmente, existen soluciones de almacenamiento en materiales sólidos, en las que el calor se transfiere de manera directa desde un medio gaseoso a materiales tales como ladrillos cerámicos, hormigón, o piedras naturales, como las volcánicas y el cuarzo, pudiendo alcanzar temperaturas por encima de 700 °C y teóricamente hasta los 1.000 °C.

2.4.2. Almacenamiento de calor latente

Los materiales de almacenamiento de calor latente, o PCM, por sus siglas en inglés (*phase change material*), transfieren la energía absorbida o liberada durante su cambio de fase, que se produce a temperatura constante, presentando una mayor densidad energética que la tecnología de calor sensible.

La selección de los materiales se efectúa de acuerdo con el rango de temperaturas que se requiera: soluciones de sal acuosa o hielo si la temperatura es inferior a 0 °C, siendo ya habitual su presencia a gran escala; ácidos grasos, hidratos de sal o alcoholes si la temperatura oscila entre 90 °C y 200 °C, y metales y carbonatos a partir de los 400 °C. Cabe mencionar también las tecnologías en desarrollo para almacenar el calor latente de fusión del silicio. Son sistemas que operan a 1410 °C, la temperatura de fusión de este.

2.4.3. Almacenamiento de calor termoquímico

Estos sistemas emplean la energía térmica para disociar los compuestos en dos productos reactivos que almacenan calor de manera separada. Una posterior recombinación de los reactantes genera una reacción exotérmica que libera el calor almacenado. Las reacciones pueden ser gas-gas o gas-sólido. Estas últimas tienen lugar a una temperatura constante, lo cual permite seleccionar los reactantes a medida para cada aplicación concreta, además de desacoplar potencia y capacidad.

Pueden operar mediante reacciones químicas reversibles, mediante procesos de absorción y disolución de un material, o mediante reacciones de adsorción, en las que los reactantes se separan durante la carga de energía y el calor de la reacción se libera tras la recombinación.

Pese a su potencial, estos sistemas, en general, no son aún una alternativa madura a gran escala en el mercado, salvo algunas aplicaciones como las máquinas de absorción de amoníaco-agua o de bromuro de litio-agua, que poseen una cierta implantación en el sector industrial. Es necesario aún mejorar ciertos aspectos como las propiedades de los materiales para lograr una mayor estabilidad del sistema, así como en relación con su coste.

2.5. SISTEMAS ELÉCTRICOS

2.5.1. Supercondensadores

Los supercondensadores son componentes electrónicos pasivos que permiten el almacenamiento de energía en pequeños períodos de tiempo gracias a la acumulación de carga eléctrica en una doble capa eléctrica en la interfaz entre un electrodo de carbono y un líquido electrolito. Se trata de un mecanismo altamente reversible, tal y como sucede en los condensadores convencionales, lo cual permite su carga y descarga a elevadas ratios de potencia. La distribución y tamaño de los poros y el área de superficie del electrodo determinan la capacidad de almacenamiento de estos dispositivos, muy superior a la de los condensadores convencionales. Su densidad energética es más baja que la de las baterías, mientras que su potencia específica es superior; por lo cual sus prestaciones se ven multiplicadas cuando se combinan con baterías. La investigación actual está orientada a aumentar la capacidad de los electrolitos al tiempo que se mitiga su toxicidad.

2.5.2 Imanes superconductores

Los imanes superconductores (SMES) almacenan la energía en campos magnéticos generados por una corriente eléctrica en bobinas superconductoras. Estos sistemas necesitan temperaturas criogénicas para su funcionamiento, permitiendo el almacenamiento de energía con mínimas pérdidas eléctricas debido a la despreciable resistencia del material, así como una entrega rápida y muy eficiente de potencias elevadas.

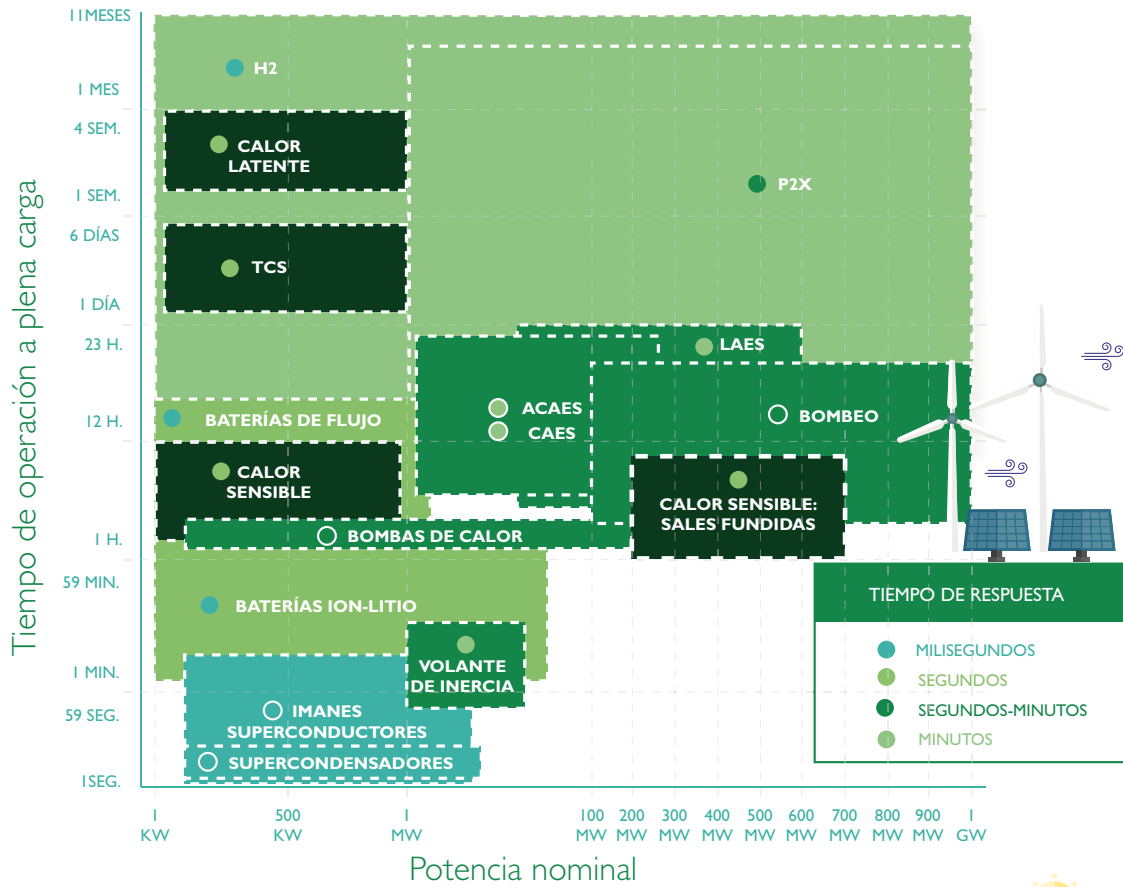
Los elementos básicos de los SMES son una bobina superconductora, un sistema criogénico, un sistema electrónico de control de la bobina y la electrónica de potencia para almacenar la energía proveniente de la red y retornarla.

La combinación de superconductores con baterías puede proporcionar sistemas con densidades de energía y potencia elevadas, capacidad de carga y descarga total y una vida útil dilatada con virtualmente ninguna limitación en el número de ciclos. Su principal inconveniente, el alto coste de la infraestructura criogénica, se está mitigando gracias a la mejora en el rango de temperaturas de operación. Las investigaciones actuales se orientan hacia un sistema híbrido que combine los SMES con hidrógeno licuado (LIQHYSMES) o con sistemas CAES.

2.6. CARACTERIZACIÓN DE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS

Las prestaciones que ofrecen las distintas tecnologías de almacenamiento varían en función de características tales como su potencia nominal o su tiempo de respuesta. En la gráfica a continuación se representan las diferentes tecnologías descritas en los apartados anteriores, en función de estos parámetros, recogiendo en una tabla los rangos típicos de otras características relevantes, como son su capacidad, su eficiencia o el nivel de madurez.

FIGURA 3. Parámetros de funcionamiento de las tecnologías de almacenamiento energético



TECNOLOGÍA	CAPACIDAD ENERGÉTICA	EFICIENCIA DE CICLO COMPLETO	NIVEL DE MADUREZ
MECÁNICA	Bombeo (PHS)	1-100 GWh	80%
	Bombas de calor (PHES)	500 kWh - 1 GWh	70 - 75%
	Aire comprimido adiabático (ACAES)	10 MWh - 10 GWh	> 70%
	Aire comprimido (CAES)	10 MWh - 10 GWh	45 - 60%
	Aire líquido (LAES)	10 MWh - 8 GWh	50 - 100%
ELECTROQUÍMICA	Volante de inercia	5 - 10 kWh	85%
	Baterías ion-litio	< 10 MWh	86%
ELÉCTRICA	Baterías de flujo (V, Zn, Fe, Zn Br)	< 100 MWh	70%
	Imanes superconductores (SMES)	1 - 10 kWh	> 90%
QUÍMICA	Supercondensadores	1 - 5 kWh	90%
	Power to gas (H2)	Hasta 100 GWh	20 - 40%
TÉRMICA	Power to X (P2X)	1 MWh - varios GWh	50%
	Calor sensible: sales fundidas	100 MWh - 10 GWh	40 - 60%
	Calor sensible	10 - 50 kWh	50 - 90%
	Calor latente (PCM)	50 - 150 kWh	75 - 90%
	Termoquímico (TCS)	12 - 250 kWh	75 - 100%

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

2.7. EL ALMACENAMIENTO EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

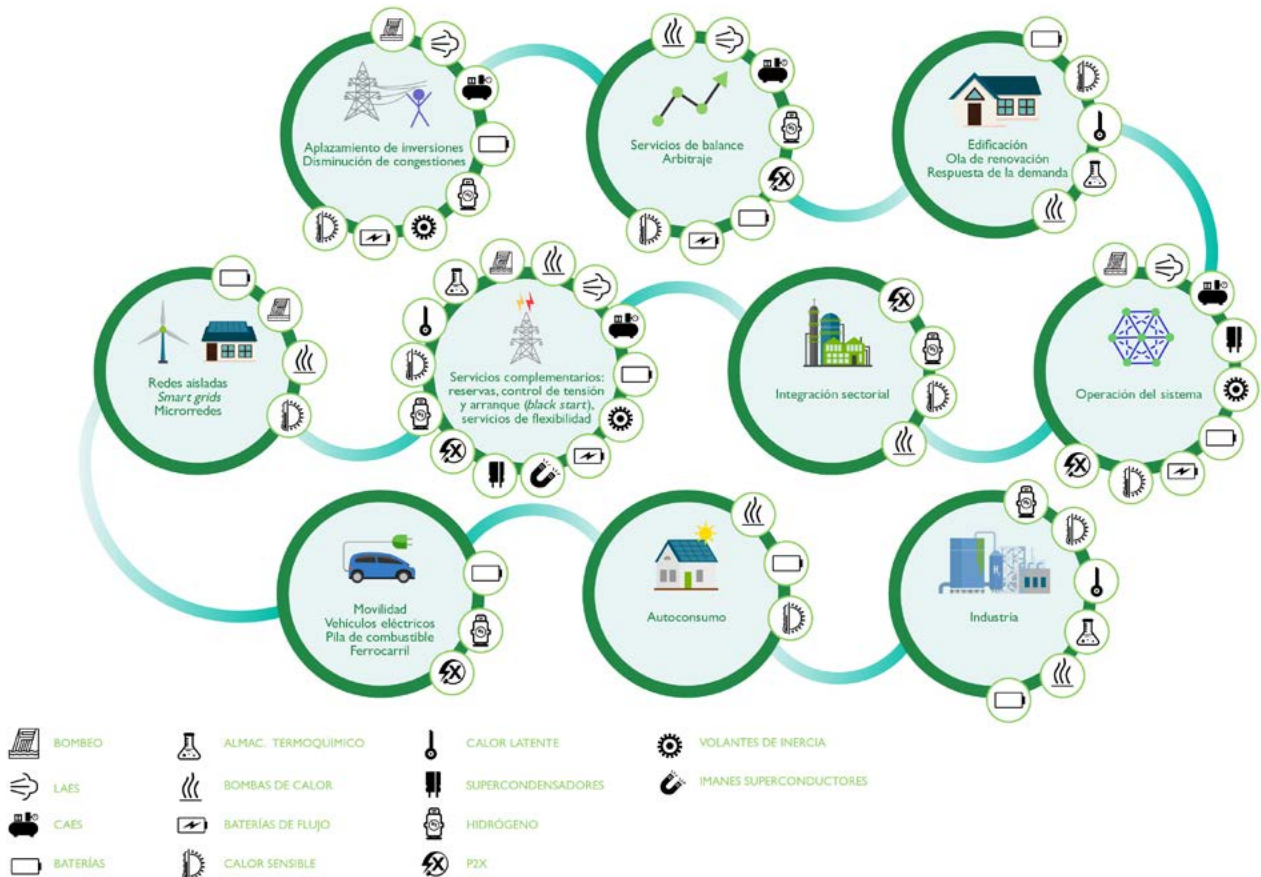
En función de las distintas características técnicas, las prestaciones, el tiempo de descarga o las aplicaciones en uso final de la energía, el amplio abanico de tecnologías de almacenamiento existente puede contribuir de manera combinada a aportar la flexibilidad que el sistema requiere para su paulatina descarbonización, hasta lograr la neutralidad climática.

El amplio abanico de tecnologías de almacenamiento existente puede contribuir de manera combinada a aportar la flexibilidad que el sistema requiere para su paulatina descarbonización, hasta lograr la neutralidad climática.

En concreto, el almacenamiento sincrónico permite reducir la dependencia de combustibles fósiles devolviendo determinadas características de las centrales térmicas, tales como la inercia sincrónica, el control de tensión sincrónico y el suministro instantáneo de corriente reactiva, todo ello para garantizar un sistema de energía renovable y libre de gases de efecto invernadero.

Según las distintas tipologías de almacenamiento descritas anteriormente, el almacenamiento energético tiene diversas aplicaciones, y, en consecuencia, tiene la capacidad de proveer una amplia gama de servicios orientados a diversos usos finales. Pueden verse algunas de ellas en la siguiente figura:

FIGURA 4. Aplicaciones de las tecnologías de almacenamiento: usos y tecnologías asociadas

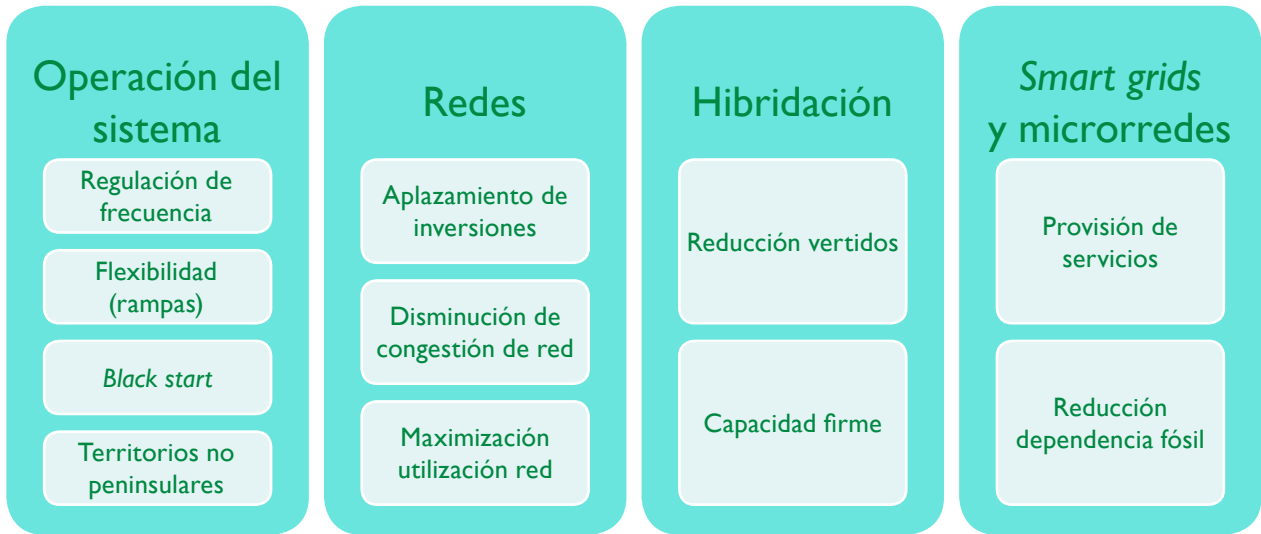


Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

En función de las diferentes aplicaciones, se contará con sistemas de almacenamiento con un dimensionamiento diferente, ya sea almacenamiento a gran escala, o *in-front of the meter*, o bien almacenamiento a pequeña escala o en sistemas distribuidos, denominados *behind the meter*.

De manera específica, en el sector eléctrico, la presencia del almacenamiento será creciente en el corto y medio plazo, debido, fundamentalmente, a la creciente presencia de fuentes renovables. En concreto, en este sector, los servicios en los que potencialmente podrían participar los sistemas de almacenamiento energético pueden resumirse en la siguiente figura:

FIGURA 5. Principales servicios del almacenamiento al sistema eléctrico



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

LA CADENA DE
VALOR DEL
ALMACENAMIENTO
DE ENERGÍA

La cadena de valor del almacenamiento de energía se compone de varias fases, existiendo a lo largo de todas ellas gran cabida para el impulso de la industria nacional, abriéndose la oportunidad de reforzar su liderazgo a nivel internacional. En este sentido, es fundamental disponer de fabricantes y proveedores nacionales que generen alto valor añadido e impulsen la innovación y la competitividad en el sector; desde la provisión de materias primas y componentes básicos, pasando por la fabricación y desarrollo de tecnologías, hasta la prestación de todo tipo de servicios mediante los nuevos modelos de negocio asociados al almacenamiento energético.

La cadena de valor del almacenamiento de energía se compone de varias fases, existiendo a lo largo de todas ellas gran cabida para el impulso de la industria nacional, abriéndose la oportunidad de reforzar su liderazgo a nivel internacional. En este sentido, es fundamental disponer de fabricantes y proveedores nacionales que generen alto valor añadido e impulsen la innovación y la competitividad en el sector.

Por otro lado, la economía circular ha logrado que las cadenas de valor industriales pasen de tener un carácter lineal, basado en la extracción, transformación, uso y desecho de los sistemas, a un modelo circular en el que la reutilización y el reciclaje adoptan un papel muy relevante, reduciendo al máximo las entradas y salidas de elementos dentro de dicha cadena y cerrando el ciclo de vida de los productos.

En términos generales, la cadena de valor de la industria del almacenamiento energético se compone de las siguientes fases o eslabones:

Suministro de materiales y componentes

Esta fase incluye proveedores de materias primas y fabricantes de piezas y componentes electrónicos necesarios para la producción de los sistemas de almacenamiento energético. En línea con la economía circular, muchos de estos componentes y materias primas procederán, en su caso, de otros sistemas que han alcanzado el final de su vida útil. El detalle de las industrias integradas en esta fase de la cadena varía con la tecnología de almacenamiento energético. En el caso de almacenamiento electroquímico mediante baterías, por ejemplo, se descompone, a su vez, en extracción de materias primas y/o recuperación de materiales de sistemas en desuso, obtención de materiales activos y fabricación de celdas para su posterior uso en la producción de baterías.

Producción de los sistemas de almacenamiento

Esta etapa contempla la fabricación de los diferentes dispositivos para el almacenamiento energético, según la tecnología, mediante el ensamblaje de los diferentes componentes, constituyendo los sistemas principales y los auxiliares. Retomando el ejemplo de la fabricación de baterías, esta fase estaría integrada por la producción de módulos y packs de baterías a partir de las celdas, así como los sistemas de gestión asociados.

Integración y desarrollo

Los dispositivos fabricados en la fase anterior son dotados de los componentes electrónicos necesarios para satisfacer los requerimientos de su aplicación final, así como el desarrollo de soluciones integradas y aplicaciones para la operación y gestión de los sistemas de almacenamiento en todas sus aplicaciones sectoriales.

Servicios al usuario final

Esta fase integra a los prestadores de los diferentes servicios relacionados con el almacenamiento y la gestión de la energía, abarcando desde la comercialización e instaladores de sistemas hasta la operación y mantenimiento de estos, teniendo en cuenta, además, a los propios consumidores, que actualmente están adoptando un rol cada vez más activo, implicándose directamente en diversas tareas relativas al almacenamiento de la energía. En esta fase de la

cadena de valor el espectro de aplicaciones es muy amplio y el tipo de servicio varía con la tecnología y el uso final, englobando servicios que van desde la integración de sistemas de almacenamiento a gran escala para aportar servicios de flexibilidad a la red de transporte, sistemas hibridados con plantas de generación renovable, y sistemas integrados en las redes de distribución, hasta otros servicios orientados al uso en instalaciones de autoconsumo, redes inteligentes o movilidad, entre otros. En esta etapa, además, tienen cabida multitud de nuevos modelos de negocio, tales como son los agregadores independientes o las comunidades de energías renovables, y permiten, a su vez, impulsar el papel activo de los consumidores, participando directamente en la gestión de su energía.

Gestión y valorización de residuos, reciclaje y segunda vida

Esta etapa cierra el ciclo de vida de los sistemas de almacenamiento energético. Cada componente, en función de sus características, seguirá una vía de gestión distinta. El modelo actual, basado en la economía circular, prioriza la reutilización de estos si es viable. De no serlo, se tratará de reciclar o, en su caso, gestionar como desecho sin uso previsto, maximizando en todo caso los recursos reutilizables procedentes de este. Nuevamente haciendo uso del ejemplo de las baterías, existe un gran potencial en el desarrollo de modelos de negocio relacionados con la segunda vida de estos sistemas. En el caso de las sales fundidas empleadas como sistema de almacenamiento térmico en las plantas termosolares, entre otras, tras su vida útil se pueden utilizar para la elaboración de fertilizantes para uso agrícola, contribuyendo a un menor impacto medioambiental tras el desmantelamiento de dichas plantas.

En relación también con el almacenamiento térmico, hay tecnologías pioneras donde se reutilizan escorias de acería, dotándolas de una segunda vida. Estos sistemas ya están en plantas piloto a escala relevante. Por otro lado, se están desarrollando materiales de almacenamiento térmico de cambio de fase provenientes de residuos de la industria de alimentación.

A gran escala, el modelo de reutilización se puede trasladar a grandes instalaciones en desuso, para su transformación en infraestructuras relacionadas con el almacenamiento de energía. En este sentido, existe un gran potencial de reconversión de, por ejemplo, antiguas centrales de generación basadas en combustibles fósiles, que han cesado su operación para dar paso a tecnologías más limpias y que pueden ser reaprovechadas, al menos parcialmente, abriendo nuevas oportunidades derivadas de la transición energética y acercando sus beneficios a las regiones donde se ubican.

Aspectos transversales en la cadena de valor

Adicionalmente, la cadena de valor está integrada por otras actividades de carácter transversal. En primer lugar, las actividades relativas a la investigación y desarrollo tecnológico, la innovación y la competitividad adquieren especial relevancia a lo largo de todas las etapas, así como de los procesos que las componen, como herramientas imprescindibles para alcanzar las mejores soluciones tecnológicas a todos los niveles.

Por su parte, en un sector cada vez más integrado e interconectado, la normalización y la interoperabilidad juegan un papel fundamental y han de ser consideradas en toda la cadena. En este sentido, la penetración de redes y tecnologías inteligentes y el manejo y transmisión masiva de datos que ello conlleva otorgan un papel protagonista a la ciberseguridad, necesaria para garantizar la integridad de las infraestructuras y la protección de los datos y los usuarios. Como ejemplo, la puesta en marcha de proyectos tractores colaborativos de interés común a nivel nacional para coordinar actividades de I+D+i relacionadas con el almacenamiento de energía para la movilidad y el transporte, como sistemas escalables para aplicaciones concretas, con los dispositivos auxiliares de gestión eléctrica y térmica y para la monitorización del estado de carga y de salud de la batería, puede ser esencial para mejorar sus prestaciones y vida en uso.

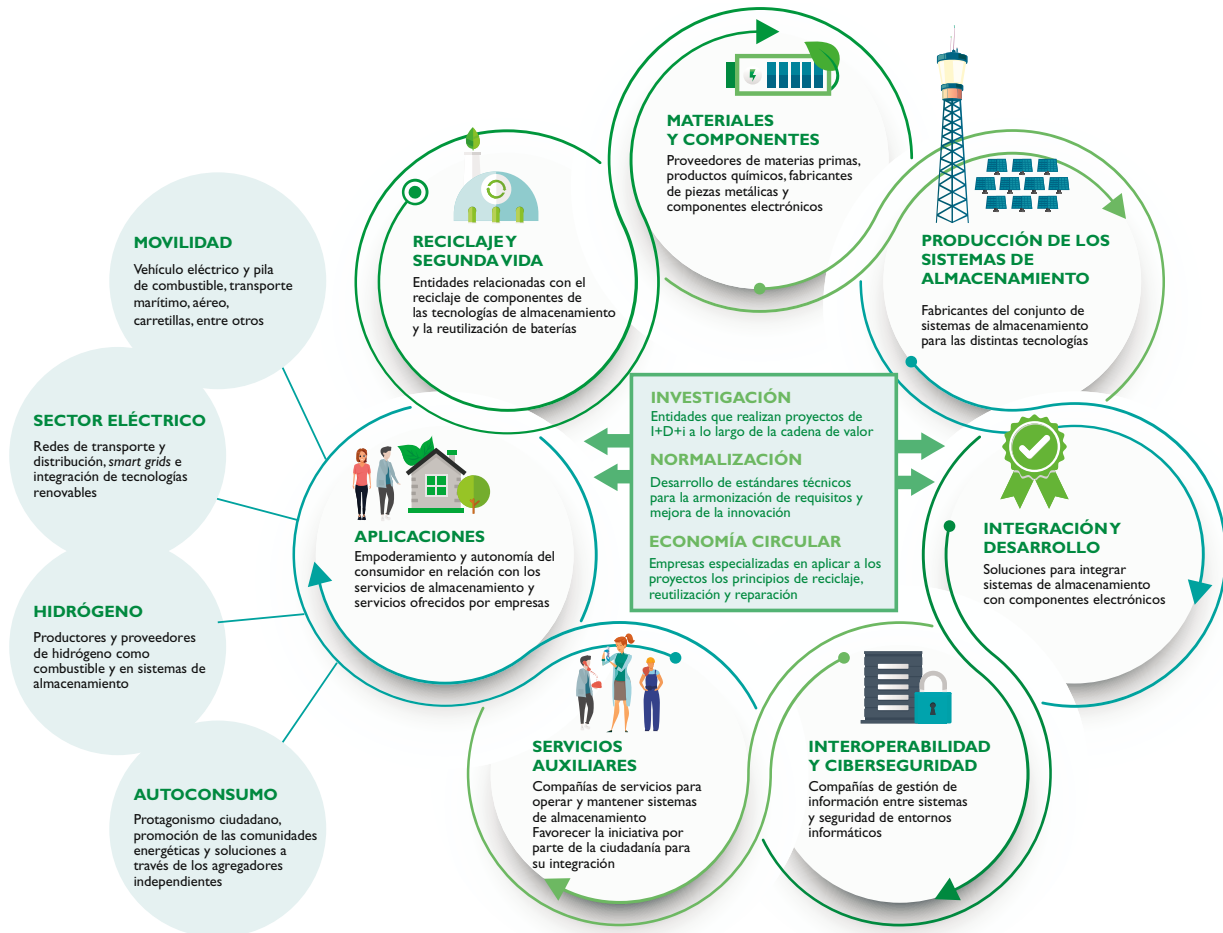
Existe, además, una oportunidad de negocio en la búsqueda de soluciones de normalización para los distintos ámbitos de la cadena de valor. Una de las ventanas que se abren radica en los nuevos modelos de negocio, tales como la definición de estándares en la segunda vida de las baterías.

Además de lo mencionado, el desarrollo de la cadena de valor del almacenamiento puede impulsar sinergias con otras industrias. Así, por ejemplo, el desarrollo y fabricación de sistemas de almacenamiento para movilidad ofrece

oportunidades no solo al sector de fabricantes de componentes de automoción, sino también a sectores relacionados con los nuevos materiales para baterías, sensores para monitorizar el estado de carga y salud de la batería, sistemas de refrigeración, cargadores y electrónica de potencia, sistemas de comunicación, y el desmontaje, reciclado y reprocesado de los materiales al final de su vida útil.

En definitiva, un análisis exhaustivo de la cadena de valor de los sistemas de almacenamiento de energía pone de manifiesto la variedad de actividades que la integran, lo que se traduce en múltiples oportunidades para el desarrollo de nuevos modelos de negocio y para el impulso de una industria nacional competitiva, innovadora, que aporte alto valor añadido en todos los eslabones y que alcance una posición de liderazgo internacional en el sector.

FIGURA 6. La cadena de valor del almacenamiento de energía



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

Los retos a los que se enfrenta el almacenamiento llevan siendo estudiados desde hace años por la Comisión Europea⁷ (CE), en estudios donde se identificaron una serie de problemas con políticas existentes y las barreras resultantes en diversas áreas, como el diseño de los mercados de energía, de los servicios auxiliares y de los mecanismos de capacidad, así como prácticas específicas de almacenamiento energético, como los peajes de la red. Más recientemente, en marzo de 2020, la CE ha publicado un estudio⁸ en el que se analiza en profundidad los retos y las oportunidades de los sistemas de almacenamiento energético. En dicho estudio, se recopilan datos sobre diferentes políticas de almacenamiento de energía de Estados miembros de la UE.

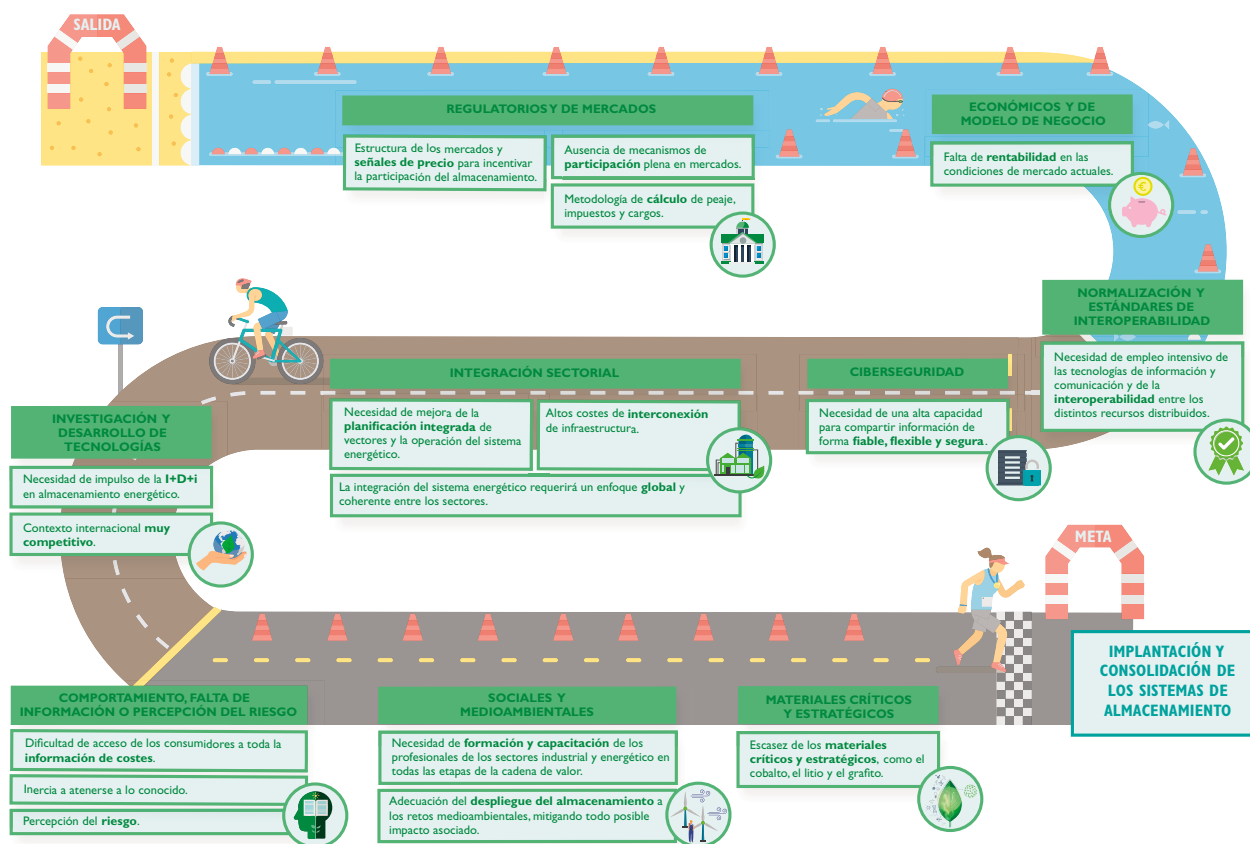
Con base en estos estudios previos, el conocimiento de la casuística específica (normativa, de mercado, etc.) del caso español, y de la información recogida en el marco de elaboración de esta Estrategia, se clasifican los principales retos en los siguientes nueve grupos, que se recogen en la figura 7:

- ▶ Regulatorios y de mercado.
- ▶ Económicos y relativos al modelo de negocio.
- ▶ Relativos a la normalización y necesidad de estándares de interoperabilidad.
- ▶ Ciberseguridad.
- ▶ Integración sectorial.
- ▶ Investigación y desarrollo de tecnologías de almacenamiento energético.
- ▶ De comportamiento, falta de información o percepción del riesgo.
- ▶ Sociales y medioambientales.
- ▶ Materiales críticos y estratégicos.

⁷ El documento de trabajo *The future role and challenges of Energy Storage* de la Comisión Europea, del año 2013, y el libro blanco *Almacenamiento de energía: el papel de la electricidad* del año 2017, relacionado con el Paquete de Energía Limpia y el diseño de un nuevo mercado de electricidad.

⁸ *Study on energy storage – Contribution to the security of the electricity supply in Europe*, Comisión Europea (2020).

FIGURA 7. Retos del almacenamiento energético



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

4.1. RETOS REGULATORIOS Y DE MERCADO

En el contexto de un mercado eléctrico y su regulación, diseñados originalmente para una generación principalmente térmica convencional, gestionable y centralizada, sin grandes necesidades de almacenamiento energético, existe cierta dificultad inherente para las instalaciones de almacenamiento a la hora de participar en los mercados de electricidad, lo cual podría dificultar su rentabilidad. Por ello, garantizar la igualdad de condiciones para todos los usuarios y aplicaciones, mediante la creación de un marco normativo estable, es crucial para facilitar las inversiones y conseguir un sistema energético competitivo, máxime teniendo en cuenta que la normativa europea aboga por una apertura de todos los mercados a recursos como el almacenamiento o la gestión de la demanda.

A continuación, se profundiza en este grupo de retos.

Adaptación de la legislación actual al almacenamiento

Se ha dado un primer paso muy relevante mediante el Real Decreto Ley 23/2020, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica, donde por primera vez se introduce en la Ley del Sector Eléctrico una definición del «titular de la instalación de almacenamiento» como sujeto en sí mismo, a la vez que se reconoce que el resto de agentes, como los productores, consumidores o titulares de redes eléctricas, pueden utilizar también instalaciones de almacenamiento energético. A partir de esta definición, se está trabajando, además, en definir

aspectos adicionales, como sus derechos y obligaciones y el papel que van a jugar las distribuidoras y el operador del sistema, teniendo en cuenta las consideraciones que establece la Directiva (UE) 2019/944, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad. Asimismo, el mencionado real decreto ley incluye en la Ley del Sector Eléctrico la figura del «agregador independiente», con una redacción basada en la de la citada Directiva (UE) 2019/944.

El desarrollo del marco regulatorio ha de basarse en principios como la neutralidad tecnológica, la promoción de la innovación y los modelos de negocio, la sostenibilidad de las tecnologías de almacenamiento a través de la reciclabilidad y las emisiones indirectas, teniendo en cuenta la contribución a la seguridad y calidad del suministro.

Otro paso remarcable ha sido la aprobación del Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica, que regula el acceso para las instalaciones de almacenamiento que inyecten energía a la red.

Acceso a mercados de las tecnologías de almacenamiento

Actualmente, la participación del almacenamiento en los mercados de energía y servicios de ajuste se reduce al almacenamiento hidroeléctrico por bombeo y al almacenamiento térmico asociado a las plantas de energía solar termoeléctrica. No obstante, se ha ido avanzando en los últimos meses en la definición de mecanismos para la participación del almacenamiento en los mercados. Como primeros pasos, la modificación de los procedimientos de operación 3.3, 7.2 y 7.3 y la publicación del Real Decreto 1183/2020, 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica, suponen avances significativos para facilitar que el almacenamiento pueda participar, cuando se culmine el desarrollo reglamentario correspondiente, en los servicios de ajuste del sistema.

Adicionalmente, se evaluarán otros posibles servicios que puede proporcionar el almacenamiento, como los de control de tensión y arranque (*black start*), así como la forma en que el almacenamiento (y otros recursos distribuidos) podría dar servicios de flexibilidad a los operadores de la red de distribución (tal y como recoge el artículo 32 de la Directiva [UE] 2019/944).

Estructura de los mercados y señales de precio

Avanzando en la evolución de la estructura de los mercados, el desarrollo e integración de los mercados locales de electricidad constituye un reto y una necesidad en el proceso de la transición energética, donde el almacenamiento puede jugar un papel fundamental. Estos mercados de instalaciones de producción renovable y de consumo en las redes de distribución (gestión del consumo, instalaciones de producción en los edificios, baterías, gestión de la carga del vehículo eléctrico, etc.) permitirían a los usuarios beneficiarse de mejores precios de mercado debido a su flexibilidad y gestión, favoreciendo la integración de las energías renovables y el empoderamiento de los consumidores.

El propio diseño de los mercados incide en la rentabilidad de las instalaciones de almacenamiento. Las señales de mercado deben ser las adecuadas para incentivar la construcción de capacidad de almacenamiento y provisión de servicios de almacenamiento energético. En el caso de los mercados locales, existen múltiples configuraciones en función de su diseño y la resolución geográfica de las señales de precios. En algunos países se aplica un modelo de zona de precio único, mientras que en otros se forma un marginal de precio en función de la ubicación, constituyendo un sistema de precios con resolución nodal. También existen casos intermedios compuestos por varias zonas de ofertas. En principio, los incentivos para los sistemas de almacenamiento de energía son mayores cuanto más granulares son los mercados. Esto se debe a una mayor volatilidad en comparación con un promedio de precios si una zona de oferta es grande. Es un campo que explorar dentro de los bancos de pruebas regulatorios.

Peajes, impuestos y cargos

La Circular 3/2020 de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) ya exime del pago de peajes de conexión a la red a baterías conectadas a la red de transporte y de distribución. Sin embargo, de acuerdo con el estudio europeo (*Study on energy storage – Contribution to the security of the electricity supply in Europe, 2020*), la doble imposición persiste a escala europea, aplicándose impuestos tanto sobre la electricidad absorbida como sobre la inyectada.

Por su parte, el Proyecto de Real Decreto por el que se establece la metodología de cálculo de los cargos del sistema eléctrico excluye del pago de cargos a los sistemas de almacenamiento y a los bombeos.

Las tarifas han de ir evolucionando hacia modelos de tarifa inteligentes, donde cargos y peajes reflejen el coste de oportunidad de la red, altos cuando está saturada y bajos el resto del tiempo. Además, otro paso importante ha sido la presentación del anteproyecto de ley para la creación del Fondo Nacional para la Sostenibilidad del Sistema Eléctrico, que financiará los costes asociados al régimen retributivo específico de las renovables, cogeneración y residuos, que dejarán de ser soportados exclusivamente por el recibo eléctrico, repartiendo los cargos entre todos los vectores energéticos. En dicha propuesta, con el fin de evitar una doble contribución, se exime de la contribución al fondo a los consumos de electricidad destinados a sistemas de almacenamiento.

En lo relativo a alternativas de almacenamiento químico, como el hidrógeno procedente de electrolisis, el coste de la electricidad es uno de los principales componentes del coste del producto final. A este respecto se está profundizando en el análisis sobre el tratamiento óptimo en cuanto a peajes y cargos de los sistemas de almacenamiento, ubicados tanto delante como detrás del contador.

4.2. RETOS ECONÓMICOS Y RELATIVOS AL MODELO DE NEGOCIO

La barrera más importante para el desarrollo del almacenamiento es la escasez de referencias de casos comerciales viables en determinadas tecnologías. Con el objetivo de hacer factibles las inversiones en almacenamiento, y con ellas, el cumplimiento de los objetivos fijados, es deseable que los distintos mercados valoren adecuadamente la aportación y servicios que este puede suministrar y que el marco regulatorio favorezca su despliegue. A corto plazo, existen retos que superar para el desarrollo del almacenamiento de energía en la UE, que pueden generar incertidumbre sobre los flujos de ingresos para cubrir los costes y riesgos del proyecto.

A continuación, se describen algunos de estos retos en mayor profundidad.

Lograr rentabilidad en las condiciones de mercado actuales

Determinadas tecnologías aún no son rentables para ciertos perfiles de consumidores. Sin embargo, los beneficios del almacenamiento en el medio y el largo plazo generarán una riqueza económica y medioambiental que, con mucho, superará las diferencias de rentabilidad actuales. Es el caso de algunas de las instalaciones detrás del contador (*behind-the-meter*), como las baterías, que será necesario fomentar en desarrollos de modelos de negocio que faciliten su penetración (programas piloto, programas de ayudas, etc.), asociadas con comunidades energéticas, con hibridación de tecnologías, por ejemplo, fotovoltaica con baterías. Como ejemplo, existen diversas referencias a nivel europeo de *virtual power plants* (grupo de instalaciones generadoras distribuidas que permiten que sistemas de almacenamiento participen en distintos mercados o cumpliendo varias funciones simultáneamente, controladas colectivamente) que muestran que podría ser un modelo de negocio que explorar, para lo cual se analizará si se requieren cambios en el actual marco normativo.

Las siguientes incertidumbres afectan a la evaluación económica del almacenamiento de energía:

- ▶ La existencia o no de esquemas de compensación por almacenamiento energético.

- El potencial para desarrollar modelos comerciales nuevos e innovadores, y la aparición de nuevos agentes, como los agregadores independientes. En varios de los estudios de almacenamiento de energía mencionados se muestra que la provisión de un solo servicio (por ejemplo, arbitraje de precios) puede no ser suficiente para hacer que el esquema de almacenamiento sea rentable, siendo necesaria la percepción de otros ingresos adicionales.

Necesidad de políticas industriales que incentiven la financiación en sistemas de almacenamiento

Se trabajará en desarrollar medidas que incentiven el desarrollo de la cadena de valor industrial y la inversión en este tipo de sistemas en el mercado, hasta que los sistemas de almacenamiento sean económicamente rentables y maduros.

Los sistemas de apoyo para instalaciones como la realización de subastas para tecnologías gestionables, tal y como se describe en el Real Decreto 960/2020, de 3 de noviembre, por el que se regula el Régimen Económico de Energías Renovables para instalaciones de producción de energía eléctrica, suponen una forma de incentivar su desarrollo de una forma eficiente en costes.

Adicionalmente, en el anexo de esta Estrategia se incluye una relación de las diversas fuentes de financiación para los sistemas de almacenamiento energético.

4.3. RETOS RELATIVOS A LA NORMALIZACIÓN Y NECESIDAD DE ESTÁNDARES DE INTEROPERABILIDAD

Se prevé un gran desarrollo de nuevos modelos de negocio gracias al empleo intensivo de las tecnologías de información y comunicación, permitiendo, entre otros aspectos, la agregación de recursos distribuidos, tales como el almacenamiento energético, la gestión de la demanda y el vehículo eléctrico. En concreto, el vehículo eléctrico podría utilizarse para suministrar energía al usuario en su ámbito doméstico en períodos de escasez (V2H, *vehicle to home*), así como almacenarla y aportar servicios auxiliares al sistema, mediante aplicaciones de vehículo a red (V2G, *vehicle to grid*) en esquemas bidireccionales de interacción.

En este contexto, se profundizará en el desarrollo de estándares de interoperabilidad para la comunicación y el control entre los distintos recursos distribuidos (por ejemplo, entre las diferentes marcas de vehículos eléctricos, así como las estaciones y sistemas de carga). Será muy relevante en este ámbito el acto delegado en materia de interoperabilidad que publique la CE, en aplicación de lo dispuesto en la Directiva (UE) 2019/944.

Además de la necesidad de interoperabilidad entre los distintos recursos distribuidos, un desarrollo pleno de este modelo de negocio podría necesitar del acompañamiento de medidas complementarias relacionadas con la infraestructura de carga y los sistemas de control, y facilitar el viaje transfronterizo de vehículos eléctricos (*e-roaming*). Adicionalmente, estas aplicaciones V2G supondrán herramientas para mejorar la eficiencia energética.

4.4. CIBERSEGURIDAD

Buena parte de las infraestructuras existentes fueron diseñadas contemplando aspectos como la integridad física de las redes, pero sin considerar otras cuestiones surgidas en la actualidad, como la digitalización y la hiperconectividad, que requieren una alta capacidad para compartir información de forma fiable y flexible, con las consiguientes dificultades de adaptación a los nuevos requerimientos de ciberseguridad. Por ello, es necesario impulsar una respuesta proactiva en materia de ciberseguridad por parte de todos los actores, en una materia cuyo carácter dinámico obliga a la actualización y revisión constante de sus procedimientos. De esta manera se podrán encontrar y aportar soluciones robustas, creativas y en armonía con las futuras exigencias de protección de las infraestructuras y de la información, y de los datos de los

usuarios, ya que el intercambio de su información con el exterior presenta retos en materia de ciberseguridad para los no especializados (domésticos o de otros sectores).

4.5. RETOS RELATIVOS A LA INTEGRACIÓN SECTORIAL

La descarbonización del sistema energético implica un cambio de paradigma en el diseño de este, en el que se pasará de una estructura compuesta por relaciones unidireccionales entre los vectores energéticos y los consumos finales hacia una visión del sistema como un «todo» con un entramado de interacciones multidireccionales. La necesidad de una mayor electrificación del sistema energético, situar la eficiencia energética en el centro, la transformación del rol tradicional en un papel activo por parte de los consumidores, la digitalización ya mencionada o el uso de vectores energéticos renovables como el hidrógeno renovable son necesarios para la descarbonización de algunos sectores como el transporte o la industria. Esta transformación llevará asociada la necesidad de un amplio despliegue de sistemas de almacenamiento para hacer frente a las nuevas necesidades de flexibilidad del sistema energético con el objeto de garantizar la seguridad y calidad de suministro.

En ese sentido, la integración del sistema energético requerirá un enfoque que aborde de forma global y coherente los distintos sectores energéticos, y aproveche las sinergias entre la electricidad, el calor y el gas, si bien esto supone un proceso largo y complejo. Los documentos de referencia, además de esta Estrategia, son la Hoja de Ruta del Hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable, y las futuras Hoja de Ruta del Biogás y Estrategia Nacional de Autoconsumo. Estas sinergias son potenciadas por las nuevas tecnologías y la mayor participación de los consumidores en los mercados energéticos. En los escenarios a 2050, se plantea un incremento de la electrificación y la utilización de electrolizadores para producción de hidrógeno renovable, así como el uso de otros gases renovables. Gracias a la flexibilidad en el lado de uso final y al almacenamiento de hidrógeno renovable, la gestión operativa de los electrolizadores podría adaptarse a las condiciones del sistema.

Sin embargo, la integración sectorial, y en particular el *power to X*, se enfrenta a algunos retos específicos:

- ▶ La desventaja del pionero: los desarrolladores de tecnologías de acoplamiento de sectores y gases renovables generalmente enfrentan altos costes de inversión.
- ▶ Los estándares de calidad y seguridad: los estándares desarrollados en un contexto en el que el único tipo de gas era el gas natural actualmente imponen condiciones o límites y el mercado enfrenta incertidumbre sobre la inyección segura para varios tipos de gases renovables. En este sentido, cabe mencionar que la regulación actual permite una concentración en mezcla al 5% en volumen de hidrógeno procedente de fuentes no convencionales para su inyección en la red gasista.

4.6. RETOS RELATIVOS A LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO

Las tecnologías de almacenamiento presentan una serie de externalidades positivas para los desarrolladores y para la sociedad, que habitualmente no están suficientemente internalizadas en los proyectos. En consecuencia, las inversiones en investigación y desarrollo se configuran como un factor imprescindible por su alto valor añadido, especialmente cuando existe la oportunidad de ejercer un liderazgo tecnológico global en un contexto internacional muy competitivo. La falta de internalización de las externalidades positivas puede conducir a una situación de subinversión en I+D+i que será necesario compensar para disponer de estas tecnologías en el futuro.

En este sentido, el Real Decreto Ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica, introduce una disposición adicional en la Ley 24/2013, del Sector Eléctrico, que permite el establecimiento de bancos de pruebas regulatorios para el desarrollo de proyectos piloto con el fin de

facilitar la investigación e innovación en el ámbito del sector eléctrico. Asimismo, el real decreto ley establece, modificando el artículo 53 de la Ley del Sector Eléctrico, la posibilidad de crear un régimen de autorizaciones específico para instalaciones cuyo objeto sea la investigación y el desarrollo tecnológico, de modo que estas no deban someterse al procedimiento ordinario de tramitación.

Adicionalmente, el almacenamiento energético se incluye dentro de una de las acciones estratégicas del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación (PEICTI) 2021-2023, que es el principal instrumento de la Administración para el desarrollo y consecución de los objetivos de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2021-2027.

4.7. RETOS RELATIVOS AL COMPORTAMIENTO, FALTA DE INFORMACIÓN O PERCEPCIÓN DEL RIESGO

Los cambios asociados a una transición de un modelo tradicional a otro más sostenible producen en ocasiones cierta reticencia, tanto a nivel social como en lo relativo a la cultura empresarial de diversas organizaciones. El despliegue del autoconsumo o el aprovechamiento de las oportunidades de los nuevos modelos de negocio asociados al almacenamiento de energía pueden verse obstaculizados por esta renuencia que generalmente acompaña a los procesos de cambio.

En lo que atañe al almacenamiento de menor escala y distribuido, las preferencias y decisiones de inversión y consumo de los usuarios domésticos se orientan de forma diferente a otros actores y suponen retos específicos:

- ▶ Acceso a información: con respecto a la información de costes, es clave poder comparar correctamente los costes de las diferentes opciones tecnológicas. Por ejemplo, existe una barrera de información si los componentes de la factura no son comparables.
- ▶ Percepción de riesgo: se ha identificado como relevante el que determinados perfiles de consumidores tienen la percepción de que el almacenamiento puede no estar disponible, o que no dispondrán de capacidad suficiente para la cantidad de energía que necesitan. También existe un riesgo percibido sobre la evolución de costes de adquisición, operación o mantenimiento.
- ▶ Percepción de seguridad y sostenibilidad por el consumidor: pueden tener el potencial de aumentar la predisposición de este a aceptar y cambiar de tecnología. Sin embargo, esta información podría estar disponible de forma incompleta para los consumidores.
- ▶ Comportamiento o inercia: los consumidores pueden abstenerse de incorporar un nuevo elemento a sus instalaciones (incluso aunque sea rentable) porque prefieren atenerse a lo conocido, detrayéndoles de posibles decisiones más racionales (económicamente) en el largo plazo (por ejemplo, unos costes iniciales de inversión altos frente a unos gastos operativos menores).

Asimismo, se plantea otro importante reto en relación con la resistencia al cambio de cultura empresarial. Numerosas organizaciones relacionadas con el sector energético se enfrentan a un nuevo entorno caracterizado por la hiperconectividad y la digitalización, al que deberán adaptarse adecuadamente. Este proceso de adaptación será más eficaz si se dispone de herramientas que faciliten un cambio de modelo de forma progresiva, sobre la base de experiencias exitosas, proporcionando las garantías necesarias para aportar certeza y seguridad a todos los agentes implicados.

4.8. RETOS SOCIALES Y MEDIOAMBIENTALES

Recientemente, ha surgido cierto debate relativo a la aceptación social en relación con el almacenamiento de energía. Concretamente, se han detectado casos puntuales de oposición a proyectos de almacenamiento de energía en baterías, cuestionando aspectos relacionados con la seguridad de estas. Estos sistemas, como cualquier otra tecnología, dan riguroso

cumplimiento a la normativa en materia de calidad y seguridad industrial aplicable, la cual aporta el marco necesario para que ambos aspectos estén garantizados.

Por otro lado, determinadas tecnologías de almacenamiento conllevan impactos ambientales asociados que es necesario comprender y mitigar. Por ejemplo, las baterías pueden requerir acceso a recursos naturales limitados durante la etapa de producción, cuya extracción, esencial para el desarrollo de estas tecnologías, tendrá que tener en cuenta los potenciales efectos ambientales con el objeto de trabajar para mitigar y reducir al máximo estos. En ese sentido, la corrección de los impactos asociados es una parte intrínseca de todo proyecto extractivo.

Por su parte, la construcción de nuevos proyectos de bombeo puede tener impactos significativos en el medio ambiente por la alteración del régimen hídrico y del paisaje, si bien están sujetos a la legislación medioambiental, cuyo objeto es garantizar un elevado nivel de protección ambiental, asegurando alternativas medioambientalmente viables y previniendo, corrigiendo y, en su caso, compensando los efectos adversos.

Otra de las cuestiones que tener en cuenta en el caso de una implementación del almacenamiento está relacionada con el posterior reciclaje y tratamiento de sus componentes. Actualmente, los grados de reciclabilidad de las tecnologías de almacenamiento pueden ser mejorados, tomando una mayor importancia a medida que se avance en la implantación a gran escala de estos sistemas. En ese sentido, será necesario prestar atención a los potenciales usos de los sistemas de almacenamiento al final de su vida útil. La segunda vida de las baterías y otros equipo y el reciclado de parte de sus materiales para la fabricación de nuevos componentes presentan un reto al tiempo que una oportunidad de nuevos modelos de negocio.

El despliegue tecnológico del almacenamiento requerirá de un elevado número de profesionales para el diseño, instalación, operación y mantenimiento de los sistemas. Uno de los retos es contar con una adecuada formación, capacitación y reciclaje formativo de profesionales de los sectores industrial y energético en todas las etapas de la cadena de valor, incluyendo provisión de componentes, fabricación de equipos, prestación de todo tipo de servicios relativos al almacenamiento energético, así como en las etapas asociadas al fin del ciclo de vida, donde se requiere disponer de profesionales cualificados en el campo de la preparación para la reutilización y reciclaje de los sistemas. Adicionalmente, será necesario actualizar los planes de formación actuales para cubrir las nuevas necesidades de los futuros profesionales a lo largo de todos los niveles de formación, grado universitario, máster y formación profesional, de manera que se garantice una adecuada cualificación profesional.

La igualdad de género como factor transversal en la transición ecológica

La participación de las mujeres en el sector energético es inferior que la participación en el mercado de trabajo global y la presencia en otros sectores económicos. Según el informe de IRENA⁹ sobre perspectiva de género en el sector de las renovables del año 2019, las mujeres ocupan el 32% de los empleos en renovables en el mundo, cifras que son todavía inferiores en sectores como los de petróleo y gas (28% de presencia de mujeres).

Se debe, por tanto, potenciar el impacto de género positivo en la transición hacia una economía climáticamente neutra, prestando especial atención a cuestiones como lograr una representación equilibrada entre mujeres y hombres y su participación plena, igualitaria y significativa a todos los niveles en la transición energética.

Asimismo, es clave la integración de la dimensión de género en el análisis de los distintos patrones de inversión, investigación e innovación, producción, consumo, almacenamiento, movilidad, aceptación social, participación ciudadana, etc., que se relacionan con la energía, y en particular con las energías renovables, para adecuar las políticas públicas y hacerlas más efectivas y eficientes, potenciando sinergias que aceleren a la vez impactos positivos hacia el almacenamiento energético asequible, fiable y sostenible y hacia la igualdad de género. Todo ello con especial interés por garantizar el acceso a la

⁹ https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/IRENA_Gender_perspective_2019.pdf

energía limpia, que es necesaria para el cuidado de todas las personas en los distintos tipos de hogares, incluidos los afectados por la pobreza energética y los que se encuentran en entornos rurales.

4.9. MATERIALES CRÍTICOS Y ESTRATÉGICOS

Uno de los retos que tener en cuenta en la transición energética es precisamente la escasez de los denominados materiales críticos (CRM, *critical raw materials*) y estratégicos. Estos elementos son necesarios para algunas de las tecnologías imprescindibles para acometer la transición hacia un sistema energético climáticamente neutro, ya que las tecnologías de energía limpia necesitan una mayor cantidad de materiales que las convencionales.

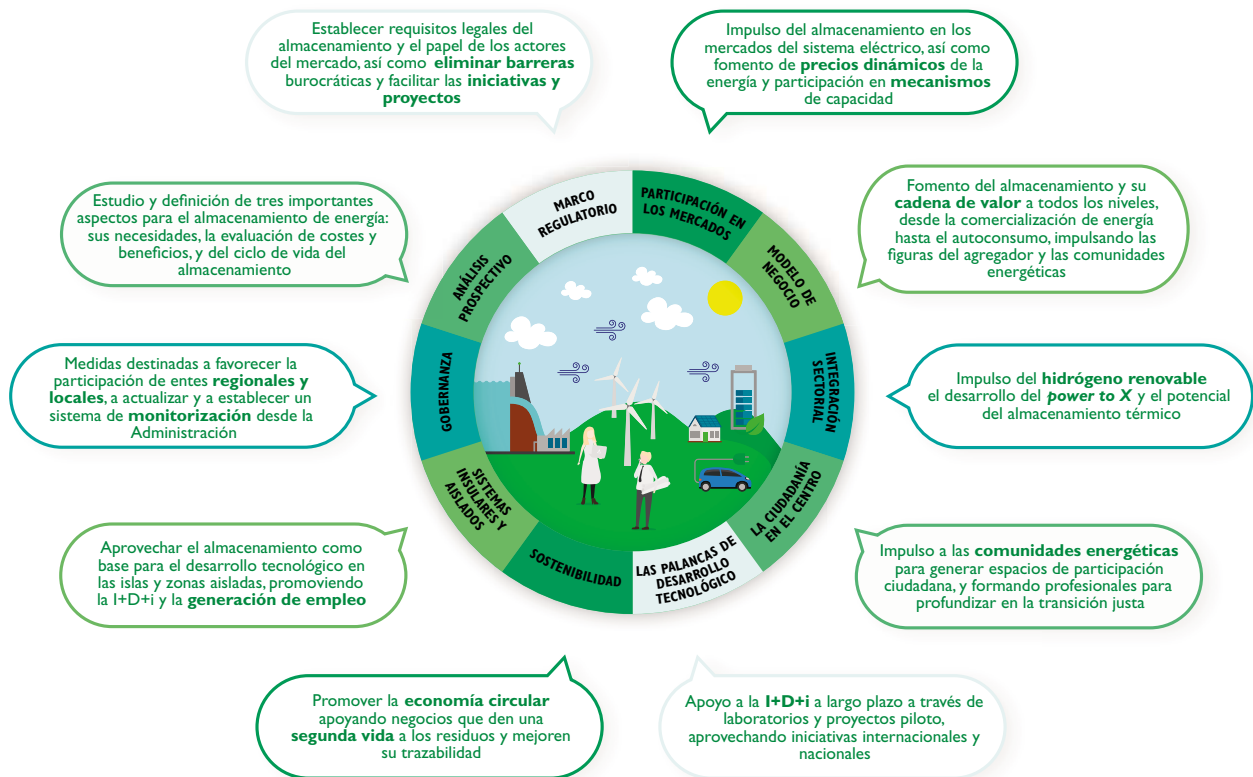
En el documento del Banco Mundial *Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition* se analiza el consumo de minerales necesario para satisfacer la demanda de las tecnologías asociadas a la transición energética con el horizonte temporal del año 2050, incluyendo las tecnologías de almacenamiento energético, que tendrán una demanda significativa de materiales como el cobalto, el litio o el grafito en el caso de las baterías. En conclusión, será necesario prestar atención a las necesidades de sustancias minerales, teniendo en cuenta la reducción de uso de materiales para unas mismas prestaciones a medida que se produzcan evoluciones tecnológicas y comercialicen aplicaciones innovadoras, así como la reutilización y reciclaje de estos componentes. Además, está en desarrollo la Hoja de Ruta para la gestión sostenible de las materias primas minerales, que tiene como objetivo sentar las bases para impulsar el suministro de materias primas minerales autóctonas en España de una forma más sostenible y eficiente.

La Comisión Europea ha actualizado la lista de materias primas críticas (COM [2020] 474 - *Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability*) y publicado el estudio *Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU - A Foresight Study*, que ha analizado las cadenas de suministro de las nueve tecnologías que se utilizan en los tres sectores estratégicos de la energía renovable, movilidad eléctrica, defensa y aeroespacial.

A lo largo de este capítulo se presentan las medidas¹⁰ diseñadas en esta Estrategia para asegurar la participación del almacenamiento en el sistema energético del futuro. Para ello, en esta Estrategia se han contemplado sesenta y seis medidas estructuradas en torno a diez líneas de acción que se presentan, de manera resumida, en la figura 8.

5.1 MARCO REGULATORIO

FIGURA 8. Líneas de acción de la Estrategia de Almacenamiento Energético



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

Régimen jurídico del almacenamiento

Para el desarrollo de las medidas incluidas en esta Estrategia se asegurará la necesaria coordinación entre el Gobierno y la CNMC, a efectos de dar coherencia a la necesaria regulación dentro de los correspondientes ámbitos competenciales.

Se ha dado el primer paso con la introducción en el marco nacional de la figura del almacenamiento energético, mediante la incorporación en la Ley 24/2013, del Sector Eléctrico, de la definición del titular de instalaciones de almacenamiento, a través del Real Decreto Ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.

¹⁰ Todas las medidas incluidas en esta Estrategia han de ser compatibles con el principio «Do no significant harm» o «No producir daño significativo», recogido en el conocido como Reglamento de Taxonomía (Reglamento UE 2020/852) e introducido por el Reglamento 2019/2088, sobre sostenibilidad en el sector financiero, como principio con el que han de ser coherentes las inversiones sostenibles. Este principio implica que el objeto de la financiación considerada como sostenible, y en línea con ello, cualquier política o medida sostenible sobre la que se apoyen inversiones de cualquier tipo, no puede perjudicar significativamente objetivos climáticos, ambientales ni sociales.

El Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica, regula el acceso para las instalaciones de almacenamiento que inyecten energía a la red, tratándolas como si fuesen plantas de producción y permitiendo la hibridación de plantas de producción nuevas o existentes con sistemas de almacenamiento. Por su parte, el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, ya permite la instalación de elementos de almacenamiento. Adicionalmente, la Circular 1/2021, de 20 de enero, de la CNMC, 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 producción de energía eléctrica, incluye en su alcance las instalaciones de almacenamiento en los términos previstos en el artículo 6.3 del Real Decreto 1183/2020.

MEDIDA 1.1. Definición del almacenamiento en el marco legal nacional

Se ha incorporado la figura del almacenamiento en el régimen jurídico nacional. A partir de esa base, se adaptará el resto de regulación derivada para desarrollar todos los aspectos relativos a esta figura, así como los servicios asociados a esta, en lo relativo, entre otros aspectos, a derechos y obligaciones, así como registros.

Para ello, se examinarán las oportunidades que brinda el almacenamiento energético, identificando las necesidades de adaptación normativa, y se analizarán los posibles cambios necesarios que efectuar en las normas, productos y modelos de mercado existentes. Adicionalmente, se evaluarán el potencial y la necesidad de definir servicios de ajuste del sistema y productos a nivel de red de distribución.

MEDIDA 1.2. Definir el papel de los titulares de instalaciones de almacenamiento y los servicios que podrán prestar los distintos agentes

Establecer el rol y las responsabilidades de las figuras asociadas a la titularidad y operación de instalaciones de almacenamiento energético.

Adicionalmente, y de acuerdo con las disposiciones contenidas en la Directiva (UE) 2019/944, se requiere definir los servicios que podrán prestar, en relación con esta figura, tanto los agentes regulados (gestor de la red de transporte, gestor de la red de distribución) como los no regulados, en especial, aquellas figuras de reciente creación, como son el agregador independiente o las comunidades energéticas, que cuentan con un gran potencial de desempeñar un papel relevante en este sentido, y de las que se requiere desarrollar normativamente ciertos aspectos, tales como sus derechos y obligaciones, o su participación en los mercados.

MEDIDA 1.3. Definir los servicios de flexibilidad a nivel de la red de distribución

Se analizará el marco regulatorio para permitir e incentivar que los gestores de la red de distribución obtengan servicios de flexibilidad, así como definir los requisitos y obligaciones adaptados a activos de almacenamiento distribuidos, entre los que se incluyen los activos detrás del contador (*behind the meter*), como, por ejemplo, almacenamiento y generación por parte de clientes activos o prosumidores, vehículo eléctrico, o relacionados con la gestión de la demanda. Este marco debe contemplar la posibilidad de que los sistemas de almacenamiento provean varios servicios simultáneamente, estableciendo la regulación en este sentido.

El artículo 32 de la Directiva (UE) 2019/944 emplaza a los Estados miembros a proporcionar el marco jurídico necesario para incentivar el uso de la flexibilidad en las redes de distribución. Específicamente, los apartados 3 y 4 del artículo 32 de la Directiva (UE) 2019/944 recogen elementos encaminados a aumentar la transparencia de la necesidad de servicios de flexibilidad por parte de las empresas distribuidoras.

MEDIDA 1.4. Modificar los procedimientos de operación para incorporar la participación del almacenamiento

El 24 de diciembre de 2020 se publicó en el BOE la Resolución de 10 de diciembre de la CNMC por la que se aprueba la adaptación de los procedimientos de operación del sistema a las condiciones relativas al balance aprobadas por Resolución de 11 de diciembre de 2019. Esta modificación incluye, entre otros:

- ▶ Se incorporan en los procedimientos todos los cambios para la participación de la demanda y el almacenamiento, en los términos reglamentariamente establecidos o que se establezcan, en los servicios de balance.
- ▶ Para la participación del almacenamiento en los mercados de balance, se constituyen para estas tecnologías unidades de programación diferenciadas para las entregas y las tomas de energía.
- ▶ Se elabora un nuevo procedimiento de operación específico (PO 3.8) que incluye, entre otras, las pruebas de habilitación para la participación en los mercados de balance, para las unidades de programación de generación, demanda y almacenamiento.
- ▶ Participación de los servicios de almacenamiento en restricciones técnicas, reservas de sustitución, regulación secundaria y terciaria.
- ▶ Definición de los procesos de habilitación técnica de los sistemas de almacenamiento conectados a red y de los criterios específicos para realizar las verificaciones de calidad de la telemida de las unidades físicas de almacenamiento energético

A medida que se desarrolle la nueva normativa, se trabajará en la posterior revisión de los procedimientos de operación en el caso de que fuese necesario para adaptarlos a las características del almacenamiento energético.

Reducción de barreras administrativas

Una de las barreras identificadas para el despliegue efectivo de los sistemas de almacenamiento está relacionada con las posibles cargas que pueden llevar aparejados determinados trámites administrativos. La necesidad de eliminar este tipo de barreras ya ha sido prevista en el Real Decreto Ley 23/2020, en el que se han incluido varias disposiciones encaminadas a mejorar y simplificar, entre otros, los procedimientos de autorización de la construcción, ampliación, modificación y explotación de las instalaciones eléctricas de producción, transporte y distribución.

Adicionalmente, con el objetivo de impulsar la innovación y la competitividad, dicho real decreto ley introduce una simplificación en la tramitación administrativa de aquellas instalaciones que sean consideradas proyectos de I+D+i. En esa misma línea, el referido real decreto ley prevé la creación de bancos de pruebas regulatorios, o *sandboxes*, en los que se desarrollen proyectos piloto con el fin de facilitar la investigación e innovación en el ámbito del sector eléctrico.

El Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica, exime de tramitar los permisos de acceso y conexión a las instalaciones de autoconsumo sin excedentes y a aquellas que tengan potencias inferiores a 15 kilovatios (kW), que se ubiquen en suelo urbanizado que cuente con las dotaciones y servicios requeridos por la legislación urbanística.

MEDIDA 1.5. Simplificación de trámites y reducción de carga administrativa

Se ha trabajado en la eliminación de las barreras administrativas mediante la simplificación, con carácter general, de determinados procedimientos relativos a instalaciones de energía eléctrica. En este sentido, el marco regulatorio del almacenamiento definirá, entre otras cuestiones, los procedimientos que servirán de cauce para las tramitaciones administrativas de este tipo de instalaciones, y que se desarrollarán sobre esta misma base de simplificación y reducción de cargas.

Adicionalmente, la simplificación de trámites para instalaciones de I+D+i supondrá un impulso a este tipo de iniciativas, y la creación de bancos de prueba regulatorios, explicada en detalle en la **Medida 1.9**, permitirá la introducción de novedades, excepciones o salvaguardias regulatorias que contribuyan a facilitar la investigación e innovación en el ámbito del almacenamiento energético.

Por último, se impulsarán las modificaciones regulatorias y otras medidas, en el ámbito de las diferentes Administraciones públicas, para facilitar la gestión y obtención de ayudas, permisos y licencias.

Evitar duplicidad de peajes y cargos

En la Circular 3/2020 de la CNMC, de 15 de enero, por la que se establece la metodología para el cálculo de los peajes de transporte y distribución de electricidad, se eliminan los peajes para las baterías de almacenamiento de energía conectadas a la red de transporte o distribución, adaptándose al Reglamento (UE) 2019/943.

En la misma línea, durante el mes de julio de 2020 se sometió a participación pública el proyecto de Real Decreto por el que se establece la metodología de cálculo de los cargos del sistema eléctrico, en el que se excluyen de forma específica del pago de cargos a las tecnologías de almacenamiento energético.

MEDIDA 1.6. Eliminación de la doble carga de las tarifas de red

Se está llevando a cabo un proceso de revisión del sistema de tarifas aplicables al almacenamiento con el objeto de identificar vacíos o debilidades. En concreto, se trabajará para evitar que la actividad esté sometida a doble imposición o duplicación del pago de peajes y cargos, de manera que no se apliquen tanto al almacenar la energía procedente de la red como al devolverla.

Adicionalmente, ante el incremento de la integración del sistema energético, será preciso analizar la necesidad de homogeneizar las cargas entre distintos sectores, con objeto de evitar distorsiones en cuanto al coste de la descarbonización de cada uno de ellos y favoreciendo las sinergias entre estos.

Asimismo, se evaluará la posibilidad de definir una herramienta que promueva la eficiencia del almacenamiento, ya que este permite aprovechar excedentes, y debido a su rendimiento intrínseco tiene asociadas una pérdidas energéticas.

Planificación de la red de transporte de electricidad

La Ley 24/2013 otorga carácter vinculante a la planificación de todos los activos de la red de transporte de electricidad, por lo que las instalaciones de almacenamiento que, en su caso, estén integradas en ella deberán estar incluidas en dicha planificación. Adicionalmente, dicha planificación deberá tener en cuenta las estimaciones de generación y demanda previstas en el PNIEC.

En concreto, en el desarrollo actual de la Planificación de la Red de transporte de electricidad 2021-2026 se está analizando el uso del almacenamiento como una opción para minimizar las inversiones en la red cuando esta tecnología suponga una opción que reduzca el coste.

MEDIDA 1.7. Incluir el almacenamiento en la planificación de la red de transporte de electricidad

Analizar a nivel nacional las inversiones en activos que supongan una mejora de la red, considerando distintas formas de flexibilidad procedente de diferentes recursos, así como la seguridad de suministro, entre los requisitos que evaluar cuando se considere el almacenamiento como alternativa. Asimismo, definir las necesidades de almacenamiento ligadas a la consecución de los objetivos establecidos en el PNIEC.

La propiedad, desarrollo, gestión y explotación de las instalaciones de almacenamiento conectadas a la red de transporte deberá cumplir las condiciones establecidas en el artículo 54 de la Directiva (UE) 2019/944.

Hibridación y Régimen Económico de Energías Renovables

El Real Decreto Ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica, establece la posibilidad de hibridación de las instalaciones de generación con tecnologías de almacenamiento energético.

El Real Decreto 960/2020, de 3 de noviembre, por el que se regula el Régimen Económico de Energías Renovables para instalaciones de Producción de Energía Eléctrica, tiene como principal objetivo el fomento del desarrollo de las energías renovables para avanzar en el cumplimiento de los objetivos del PNIEC y trasladar directamente a los consumidores la reducción de costes inducidos por las tecnologías renovables. Dentro de su ámbito de aplicación se incluyen instalaciones renovables con almacenamiento energético, por lo que se puede constituir como un elemento más de impulso al almacenamiento energético.

El referido Real Decreto 960/2020, sobre la base del Real Decreto Ley 23/2020, contempla el lanzamiento de convocatorias de subasta para el otorgamiento del régimen económico mediante procedimientos de concurrencia competitiva. Estas subastas podrán distinguir, entre otros aspectos, entre distintas tecnologías de generación, niveles de gestionabilidad, madurez tecnológica y aquellos otros que garanticen la transición hacia una economía descarbonizada.

La primera de estas subastas se resolvió el pasado 26 de enero de 2021, mediante Resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se resuelve la primera subasta celebrada para el otorgamiento del régimen económico de energías renovables al amparo de lo dispuesto en la orden TED/1161/2020, de 4 de diciembre, otorgando 3.034 MW de generación renovable.

MEDIDA 1.8. Desarrollo de instalaciones híbridas con almacenamiento

La hibridación de sistemas de almacenamiento con tecnologías de generación renovable permite aumentar la eficiencia de las instalaciones para un aprovechamiento óptimo del recurso renovable. Asimismo, la posibilidad de arbitraje puede mejorar la participación en el mercado de las tecnologías renovables en el caso de hibridarse con el almacenamiento energético.

El Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica, regula en su artículo 27 la hibridación de instalaciones (tanto en instalaciones de generación de electricidad con permisos de acceso y de conexión ya concedidos como en las que no los tienen).

Por otro lado, es conveniente desarrollar y adaptar las disposiciones regulatorias necesarias para el desarrollo de instalaciones híbridas con almacenamiento energético, para lo cual será necesario clarificar, entre otras cuestiones, los peajes y cargos aplicables a los casos donde el almacenamiento de energía se combina con generadores renovables que perciben un régimen retributivo específico.

Adicionalmente, al objeto de favorecer la previsibilidad de las subastas, el citado Real Decreto 960/2020 contempla un calendario de celebración de subastas –actualizable, al menos anualmente, y orientado a la consecución de los objetivos del PNIEC–, que comprende un período de cinco años y que incluye plazos indicativos, la frecuencia de las subastas, la capacidad esperada y las tecnologías previstas.

Dentro del calendario de subastas se han incorporado específicamente aquellas destinadas a nuevas instalaciones, o repotenciaciones de existentes, con tecnologías gestionables o con almacenamiento energético, como elemento incentivador de la incorporación de los equipos asociados que permitan proveer de los servicios necesarios para el sistema eléctrico durante su operación.

Bancos de pruebas regulatorios

Como se ha indicado anteriormente, el Real Decreto Ley 23/2020 prevé la creación de bancos de pruebas regulatorios, o *sandboxes*, en los que se desarrollen proyectos piloto con el fin de facilitar la investigación e innovación en el ámbito regulatorio del sector eléctrico.

MEDIDA 1.9. Bancos de pruebas regulatorios para sistemas de almacenamiento

Los bancos de pruebas regulatorios tienen por objeto permitir el testeo por parte de la industria de nuevas tecnologías, sistemas y servicios de almacenamiento en un espacio seguro y propicio donde las partes interesadas puedan experimentar sus soluciones innovadoras sin estar sujetas a los requisitos regulatorios prevalentes.

Estos mecanismos, además, pueden proporcionar un diálogo regulatorio de dos vías entre la Administración y el regulador, de manera que se agilice la revisión de las regulaciones existentes y se ajusten según sea apropiado para permitir la entrada de nuevos agentes al mercado, alentando la creación de *start-ups* tecnológicas al otorgarles una oportunidad para comprobar sus modelos de negocio. Asimismo, se estimularán las medidas oportunas y proporcionadas para apoyar la innovación en la industria.

Será necesario proceder al desarrollo normativo de esta figura. Para ello se proveerá de las medidas y salvaguardas necesarias para proteger a los consumidores y al mercado energético, tales como la limitación en su duración, imputación de costes incurridos o número máximo de consumidores participantes, así como al objeto de incluir criterios de evaluación de los resultados obtenidos. El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia podrá suponer una vía de incentivo a los *sandboxes* o proyectos piloto regulatorios.

5.2. PARTICIPACIÓN EN LOS MERCADOS

Con el fin de asegurar la adecuada instalación y utilización de las diferentes tecnologías de almacenamiento a medida que son necesarias, es fundamental asegurar que las instalaciones de almacenamiento puedan participar activamente en los diferentes mecanismos de mercado existentes.

En el Reglamento (UE) 2019/943 se establecen determinados preceptos para facilitar la participación de los agentes que aporten flexibilidad al sistema, y que esta sea efectiva, incluyendo, entre otras cuestiones, la reducción del tamaño de los productos (artículo 8).

Esta participación incentivará la inversión en almacenamiento energético, haciendo posible el cumplimiento de los objetivos de almacenamiento e integración de energías renovables establecidos en el PNIEC y en la ELP, siempre de acuerdo con los análisis de compatibilidad con el marco regulatorio de la UE.

MEDIDA 2.1. Participación del almacenamiento en los servicios complementarios y mercados del sistema eléctrico

Se trabajará para la adecuación de los distintos mercados a la participación de las instalaciones de almacenamiento energético, de manera que puedan participar en los mercados diario, sesiones de intradiario, mercado intradiario continuo, y, cuando se regulen, en los mercados locales, así como en los diferentes servicios complementarios (regulación secundaria, terciaria y gestión de desvíos), al tiempo que se garantiza una competitividad justa y efectiva con los agentes ya existentes en el mercado, sin discriminar a tecnologías propias del almacenamiento que puedan desarrollarse y aún no existan si sus características técnicas las habilitan para poder participar.

En general, los incentivos para los sistemas de almacenamiento de energía son mayores cuanto mayor sea la granularidad temporal y espacial en los mercados eléctricos. En ese sentido, se impulsará la provisión de señales de mercado adecuadas para incentivar la construcción de capacidad y provisión de servicios de almacenamiento energético, a medida que estos vayan siendo necesarios.

Tal y como establece el artículo 32 de la Directiva (UE) 2019/944, se diseñarán mecanismos de flexibilidad, especificando los servicios que se regularán por un mecanismo de mercado y permitiendo la participación amplia de todos los agentes, incluyendo el almacenamiento energético.

Una vez creada la figura de titulares de instalaciones de almacenamiento por habilitación legal (RD Ley 23/2020, de 23 de junio), se adaptarán las reglas de mercado para la integración efectiva del almacenamiento en los mecanismos citados anteriormente.

MEDIDA 2.2. Mecanismos de capacidad

Tras la aprobación de la metodología para llevar a cabo el análisis de cobertura a nivel europeo (aprobado por ACER el 2 de octubre de 2020), los Estados miembros deberán implementarlo a fin de conocer el nivel de seguridad de suministro existente en sus respectivos sistemas eléctricos. Si, del resultado de dicho análisis, se desprendiera un posible riesgo en la seguridad de suministro de energía eléctrica, y previa aprobación por parte de la Comisión Europea, podría valorarse y justificarse la articulación de un mecanismo de capacidad que aporte firmeza al sistema eléctrico nacional.

Previa evaluación de las medidas alternativas de acuerdo con la normativa europea, se valorará desarrollar, en su caso, mecanismos de capacidad adecuados para la participación del almacenamiento energético, de manera que incentiven un despliegue efectivo del almacenamiento compatible con el cumplimiento de los objetivos establecidos en el PNIEC.

La Resolución de 11 de diciembre de 2019 de la CNMC, por la que se aprueban las condiciones relativas al balance para los proveedores de servicios de balance y los sujetos de liquidación responsables del balance en el sistema eléctrico peninsular español, ha supuesto el punto de partida en la penetración de estas tecnologías en los mercados de balance, al reconocer a los titulares de instalaciones de almacenamiento como un participante más en estos mercados. Esta regulación se ha completado a través de la modificación de determinados procedimientos de operación del sistema introducida por la Resolución de 10 de diciembre de 2020 de la CNMC.

MEDIDA 2.3. Participación en los servicios de balance

La Resolución de 10 de diciembre de 2020 de la CNMC adapta determinados procedimientos de operación a las condiciones relativas al balance (permitiendo la participación del almacenamiento en mercados de regulación secundaria, terciaria, reservas de sustitución y restricciones técnicas). El despliegue progresivo de estas tecnologías permitirá que su participación en mercado se convierta en una realidad.

En concreto, se permitirá a los propietarios de unidades de almacenamiento de energía convertirse en proveedores de servicios de balance, así como la agregación de instalaciones de demanda, instalaciones de almacenamiento de energía e instalaciones de generación de electricidad en una zona de programación para ofrecer servicios de balance.

La resolución produce efectos desde el pasado 26 de enero de 2021, habiéndose comenzado con las pruebas para la participación de la demanda regidas por el nuevo PO3.8, «Pruebas para la participación de las instalaciones en los procesos y servicios gestionados por el operador del sistema».

MEDIDA 2.4. Fomentar precios dinámicos de electricidad y tarifas de red en función de su tiempo de uso

Si bien a día de hoy el precio voluntario para el pequeño consumidor (PVPC) ya es un precio dinámico, en el marco de transposición de la Directiva (UE) 2019/944, de 5 de junio de 2019, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad, se estudiará la adopción de medidas para fomentar la implantación por parte de las empresas comercializadoras de precios dinámicos, esto es, que el precio varíe horariamente, si dichas empresas no llegan a ofrecerlos por sí mismas, con objeto de incentivar el almacenamiento detrás del contador.

MEDIDA 2.5. Mercados locales

Una forma de llevar a la práctica el artículo 32 de la Directiva (UE) 2019/944 es mediante la implementación de mercados locales en los que, ante la existencia o previsión de una congestión, el gestor de la red de distribución tenga la posibilidad de obtener los servicios de flexibilidad descritos en la **Medida 1.3**.

En el caso de resolución de congestiones puntuales, el funcionamiento de estos mercados sería similar al del mercado mayorista existente, con ofertas de energía y precio por parte de los proveedores de flexibilidad (ej.: agregadores). En el caso de congestiones persistentes, podría valorarse la creación de servicios de flexibilidad específicos entre el gestor de la red de distribución y los proveedores de flexibilidad. En ambos casos, será necesaria una coordinación reforzada entre los gestores de la red de distribución y el operador del sistema.

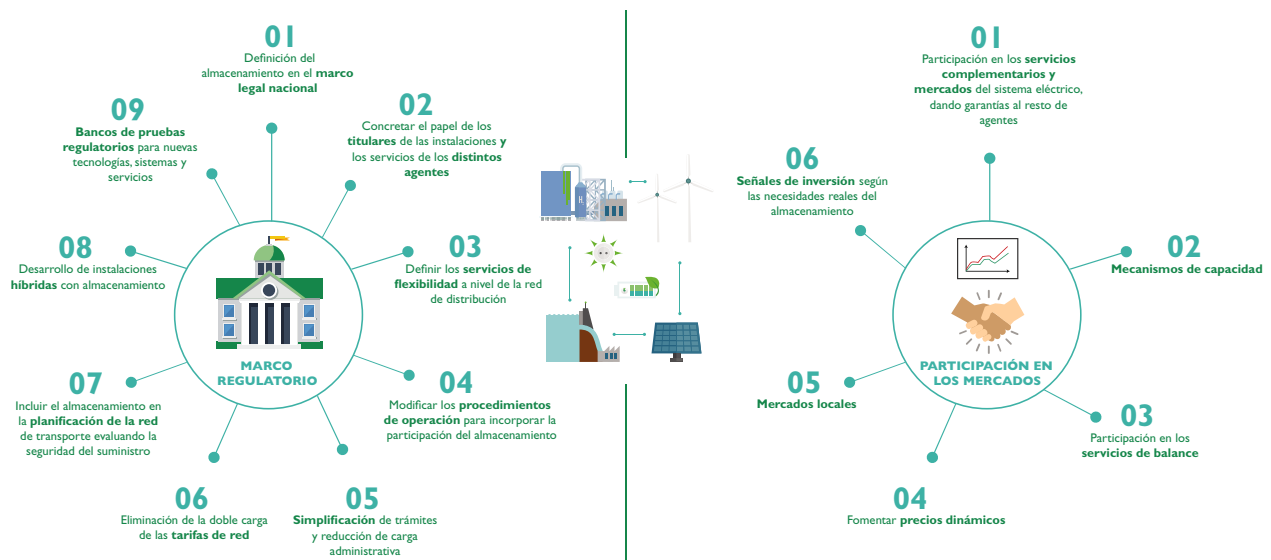
En este contexto, se analizará el rol potencial del almacenamiento distribuido en los mercados locales, así como la necesidad de que exista una visibilidad, tanto de los recursos distribuidos dispuestos a participar en estos mercados locales (con la posibilidad de crear un registro de recursos distribuidos) como de las necesidades de flexibilidad de los gestores de las redes de distribución.

MEDIDA 2.6. Señales de inversión para los sistemas de almacenamiento

Las diferentes señales de inversión para el almacenamiento deberán establecerse con base en el análisis de las necesidades reales de capacidades/servicios de almacenamiento para los distintos horizontes temporales (corto, medio, largo plazo), y siempre de acuerdo con los análisis de compatibilidad con el marco regulatorio de la UE.

Se trabajará para fomentar las señales de inversión que sean necesarias, en el momento adecuado, tanto a presente como a futuro, para cumplir los objetivos del PNIEC. Se evaluará la necesidad de integración en la normativa de territorios no peninsulares en materia de almacenamiento de estas señales, en caso necesario.

FIGURA 9. Líneas de acción: marco regulatorio y participación en los mercados. Medidas para desarrollar la Estrategia de Almacenamiento Energético



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

5.3. MODELO DE NEGOCIO

Más allá de garantizar la participación en igualdad de condiciones del almacenamiento en los distintos mercados y servicios existentes en los que es susceptible de tener una aportación, las características del almacenamiento permiten que sea, a su vez, un catalizador para el impulso de nuevos modelos de negocio, que faciliten su despliegue y añadan valor añadido en los distintos elementos de la transición energética. Para ello, se trabajará en un marco normativo actualizado y abierto que permita e incentive esta innovación.

Las características del almacenamiento permiten que sea, a su vez, un catalizador para el impulso de nuevos modelos de negocio, que faciliten su despliegue y añadan valor añadido en los distintos elementos de la transición energética.

Un ejemplo es la participación del almacenamiento, en conjunción con sistemas de generación y consumo, de manera que ofrezcan servicios más complejos, o combinaciones de servicios, a través de la agregación. En este sentido, la Directiva (UE) 2019/944 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad, y el Reglamento (UE) 2019/943 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, relativo al mercado interior de la electricidad, recogen la definición de la agregación, mediante la combinación de múltiples consumos y de la participación en el mercado mediante la figura del agregador independiente.

Por su parte, en el marco nacional el Real Decreto Ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica, introduce en el marco jurídico nacional la figura de agregador independiente.

MEDIDA 3.I. Promover la figura del agregador independiente

Adicionalmente a las últimas modificaciones legislativas, será necesario determinar las funciones del agregador de servicios, sus responsabilidades y su papel en la participación de la demanda, así como incentivar sistemas distribuidos de particulares que participen en los distintos mercados a través de, por ejemplo, plataformas agregadoras de recursos de almacenamiento distribuido.

La figura del agregador independiente contemplará distintos servicios de flexibilidad, tales como el almacenamiento energético, la gestión de la energía y el uso de sistemas integrados sectorialmente. En ese sentido, permitirá maximizar el aprovechamiento de los recursos distribuidos de energía y de las sinergias derivadas de aplicar la integración sectorial, así como prestar una eficaz respuesta de la demanda que se acomode a la variabilidad renovable.

Entre otras cuestiones, la regulación de esta figura determinará la relación entre comercializadora y agregador.

El potencial de la industria de sistemas de almacenamiento se analizará desde un prisma muy amplio, considerando todo el abanico de aplicaciones posibles, con especial énfasis en la integración de estas tecnologías en todos los sectores y su interrelación, atendiendo especialmente a la integración sectorial.

MEDIDA 3.2. Fortalecer y promover la industria nacional de almacenamiento para su uso en todas las aplicaciones posibles

Para el despliegue del almacenamiento energético, necesario en la transición hacia una economía climáticamente neutra, es clave disponer de fabricantes nacionales en toda la cadena de valor para los distintos sistemas de almacenamiento energético, tanto delante como detrás del contador, con el objeto de crear economías de escala que sean capaces de reducir paulatinamente los costes de fabricación, al tiempo que aportan valor añadido. El objetivo es capturar el máximo potencial en cuanto a generación de desarrollo económico y empleo industrial derivados de la transición energética. Este proceso debe ir de la mano de la promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico y la formación.

España tiene, en particular, una incuestionable posición de liderazgo en materia de almacenamiento térmico tanto en sus plantas de generación termoeléctrica como en toda la cadena de valor asociada a esta tecnología, y un amplio potencial de crecimiento en este sentido. Asimismo, se promoverá el mantenimiento del liderazgo en el sector de electrónica de potencia, en el desarrollo de sistemas de bombeo hidráulico y en otras tecnologías.

Adicionalmente, se pueden generar liderazgos en nuevos nichos de oportunidad: nuevos modelos de negocio vinculados al hidrógeno renovable y nuevas generaciones de baterías.

Es necesaria la atracción y retención del talento con una perspectiva interseccional de género en los sectores implicados en la cadena de valor del almacenamiento energético (incluidos, entre otros, la investigación e innovación, la industria, y la economía circular), a través de políticas de igualdad de género para mejorar la empleabilidad, las condiciones laborales, el desarrollo profesional y la participación en órganos colegiados y directivos.

MEDIDA 3.3. Fomento del autoabastecimiento nacional de las materias primas o componentes básicos

Algunas de las materias primas utilizadas en la industria nacional de fabricación de sistemas de almacenamiento dependen del aprovisionamiento exterior de materias primas y compuestos. En algunos casos, estos elementos se encuentran dentro de los denominados minerales críticos. Esto hace necesario apoyar el fortalecimiento de un tejido de suministros nacionales, de alto valor añadido, proyección internacional y alta capacidad generadora de empleo.

En el caso de los recursos naturales minerales, mediante la explotación sostenible de yacimientos de los más de 70 minerales y rocas que se pueden encontrar en el país, y, en particular, del litio o las tierras raras, será posible, por ejemplo, la fabricación de baterías para el vehículo eléctrico o la digitalización de la economía. Para ello se ha comenzado la elaboración de la Hoja de Ruta para la gestión sostenible de las materias primas minerales.

Para potenciar el autoabastecimiento sostenible, se perseguirá poner en valor los recursos de rocas y minerales del país, reduciendo la dependencia de terceros países, contribuyendo al mantenimiento de la población y la actividad en áreas rurales con problemas de despoblamiento y favoreciendo un uso racional del suelo, principalmente en el medio rural. Este abastecimiento procederá, asimismo, de la obtención de materias primas a través de su gestión sostenible, un incremento de la economía circular, aumentando las tasas de recuperación y reutilización de los componentes presentes en los sistemas actuales al final de su vida útil.

Este autoabastecimiento debe complementarse con el fomento de la investigación para desarrollar nuevos materiales que sustituyan a los actuales.

MEDIDA 3.4. Impulsar el modelo de negocio de segunda vida de las baterías

Se espera un incremento significativo del número de baterías que utilizar en segunda vida. Se emplearán en sectores donde la reducción de las prestaciones y eficiencia de la batería no sean un obstáculo para alcanzar una rentabilidad aceptable. El potencial de uso de estos sistemas puede encontrarse en diversas aplicaciones, tales como riego y ganadería, servicios de refuerzo de la red, especialmente para la demanda de carga rápida para cubrir el pico de arranque, montacargas o aplicaciones en el sector terciario.

Uno de los retos que abordar en lo referente a la segunda vida de las baterías es la creación de normas para el ensayo y caracterización de las baterías en su segunda vida, fomentando aquellos diseños que cumplan con el requisito de estar preparados para ser reciclados o utilizados en segunda vida, contemplando, llegado el caso, la elaboración de una normativa *ad hoc* para la evaluación de la segunda vida de baterías equivalente a otras existentes (por ejemplo, ANSI/CAN/UL 1974:2018 *Standard for evaluation for repurposing batteries*). El desarrollo de este sector presenta importantes potenciales de liderazgo para la industria nacional. Los elementos clave serán los siguientes:

- ▶ La definición de todas las obligaciones de las baterías de segunda vida según la legislación vigente.
- ▶ La regulación de la responsabilidad ampliada del fabricante en cuanto a las baterías de segunda vida para cada actor de la cadena de valor.
- ▶ El fomento del uso de baterías con altos componentes de reutilización y reciclabilidad en producto, con unos requisitos mínimos de seguridad, sostenibilidad y trazabilidad.

Esta medida guarda estrecha relación con la MEDIDA 7.3. Estrategia de Economía Circular.

Actualmente está en proceso la modificación de la Directiva 2006/66/CE, relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores. Una de las cuestiones que está bajo revisión es la posibilidad de dar una segunda vida a las baterías, que no está recogida en la directiva vigente.

Los sistemas de almacenamiento se hallan incluidos en diferentes estándares técnicos UNE; contemplados, al menos, en los siguientes Comités Técnicos de Normalización:

- ▶ CTN 218: sistemas de almacenamiento de energía eléctrica, enfocado a los sistemas integrados de almacenamiento de energía eléctrica en la red y en la interacción entre sistemas de energía eléctrica y de almacenamiento energético.
- ▶ CTN 203/SC 21 y CTN 206/SC 105: normalización e innovación de acumuladores y pilas de combustible.

MEDIDA 3.5. Impulsar el desarrollo de estándares nacionales para los sistemas de almacenamiento

La evolución de las diferentes tecnologías de almacenamiento requerirá adecuar los estándares técnicos y de seguridad de los diferentes sistemas, impulsando el desarrollo de normas técnicas que favorezcan la prestación de una amplia gama de servicios a diferentes usuarios.

Adicionalmente, se prevé un fuerte crecimiento en el uso de tecnologías de almacenamiento energético, especialmente baterías, a nivel doméstico. Esto tiene que ir acompañado de medidas de seguridad que garanticen una protección adecuada a los usuarios, así como medidas para fomentar la eficiencia energética. Los estándares nacionales tendrán que contemplar el concepto de inteligencia, es decir, que los activos de almacenamiento tengan la capacidad de comunicar a los gestores del sistema eléctrico los datos e información adecuada para impulsar correctamente la tecnología de almacenamiento.

Para ello, entre otras cuestiones, se trabajará en asegurar la participación española en las iniciativas de normalización internacionales que se están llevando a cabo en este ámbito, así como fomentar la participación de profesionales, tanto del sector público como del sector privado, en programas de formación en normalización.

Asimismo, se promoverá la adopción y utilización de normas en apoyo a la reglamentación y en la contratación pública.

La Recomendación (UE) 2019/553 de la Comisión, de 3 de abril de 2019, sobre la ciberseguridad en el sector de la energía, propone las principales acciones que llevar a cabo en las tres grandes cuestiones relacionadas con la ciberseguridad en el sector energético: requisito de tiempo real, efectos en cascada y combinación de tecnologías tradicionales y de vanguardia. Asimismo, insta a los Estados miembros a animar a las partes interesadas a que adquieran conocimientos y competencias relacionados con la ciberseguridad en el sector. En consecuencia, estas recomendaciones deben estar incorporadas al marco nacional de ciberseguridad que afecta al almacenamiento energético.

MEDIDA 3.6. La ciberseguridad en los sistemas de almacenamiento

La evolución de las diferentes tecnologías de almacenamiento requerirá adecuar los estándares de seguridad de los distintos sistemas y garantizar una protección adecuada a los usuarios y a sus datos.

Será preciso adaptar aquellas infraestructuras ya instaladas cuyo diseño original contemplase solamente la integridad física de las redes a los nuevos requisitos de seguridad derivados de la digitalización y la hiperconectividad, garantizando el mismo nivel de seguridad y protección de datos para grandes redes y microrredes.

Esto hace necesario estandarizar protocolos de seguridad en *software* y *hardware*, desarrollando normativas de calidad específicas para los sistemas conectados que contemplen la ciberseguridad como parámetro de diseño en las instalaciones y aplicaciones, a nivel de *hardware* y *software*.

Se promoverán sistemas de certificación en materia de ciberseguridad tal y como se estipula en el Reglamento (UE) 2019/881, relativo a la certificación de la ciberseguridad de las tecnologías de la información y la comunicación, así como futuras certificaciones relacionadas con el Esquema de Certificación de Infraestructuras Críticas y Servicios Esenciales (ECPICSE).

El carácter dinámico de la ciberseguridad obliga a una respuesta proactiva por parte de todos los actores que vaya más allá del mero cumplimiento de la normativa actual. Se deberán impulsar:

- ▶ La definición de todas las obligaciones de las baterías de segunda vida según la legislación vigente.

- ▶ La búsqueda de soluciones robustas, creativas y en armonía con las futuras exigencias de protección de las infraestructuras y de la información, y de los datos de los usuarios. Un ejemplo de dichas exigencias son las recomendaciones de la Comisión Europea relativas a ciberseguridad de las redes 5G.
- ▶ La revisión constante y la actualización de los procedimientos y normas de ciberseguridad que sean aplicables.
- ▶ La participación española en las iniciativas internacionales relacionadas con la materia.

Se incluirá también formación en ciberseguridad dentro de los planes de formación académica y profesional relacionados con los sistemas de almacenamiento energético, con el fin de resolver el riesgo de escasez de recursos humanos capaces de cubrir estos servicios.

Las principales normas de referencia en materia de ciberseguridad son las siguientes:

- ▶ UNE-EN ISO/IEC 27019:2020, Tecnología de la información. Técnicas de seguridad. Controles de seguridad de la información para la industria de servicios de energía.
- ▶ Serie UNE-EN IEC 61850, Sistemas y redes de comunicación para automatización de las instalaciones de generación.
- ▶ Serie UNE-EN IEC 62351, Gestión de sistemas de potencia e intercambio de información asociada. Seguridad de datos y comunicaciones.
- ▶ Serie UNE-EN IEC 62443, Seguridad para los sistemas de automatización y control industrial.

MEDIDA 3.7. Garantizar la interoperabilidad de los recursos flexibles y el acceso a la información

Se considera que en la interoperabilidad reside la clave para equilibrar el potencial de almacenamiento de vehículos eléctricos y sistemas detrás del contador, para lo cual se requieren estándares armonizados de operación de sistema y comunicación de equipos, como, por ejemplo, empleo de tecnologías *vehicle to grid*, o los protocolos de comunicación en las infraestructuras cruzadas de carga de vehículos eléctricos, entre otros.

Para ello, se requiere revisar y determinar la aplicabilidad, el alcance y la coherencia de los requisitos de certificación de protocolos y sistemas de comunicaciones del almacenamiento de energía. Los protocolos deben estar cifrados, autenticados, de manera que sean compatibles y garanticen la ciberseguridad, de acuerdo con los requisitos estipulados en el Reglamento (UE) 2019/881, relativo a la certificación de la ciberseguridad de las tecnologías de la información y la comunicación.

Asimismo, se trabajará para estandarizar protocolos de seguridad en *software* y *hardware*, desarrollando normativas de calidad específicas para los sistemas conectados que contemplen la ciberseguridad como parámetro de diseño en las instalaciones y aplicaciones, a nivel de *hardware* y *software*.

Por otro lado, se debe garantizar el mismo nivel de seguridad y protección de datos para grandes redes y microrredes.

Adicionalmente, será necesario establecer normas y estándares para electrodomésticos inteligentes y otros dispositivos en el ámbito del IoT (*Internet of Things*) con el fin de asegurar su interoperabilidad y mantener la privacidad y la ciberseguridad.

MEDIDA 3.8. Favorecer y apoyar la participación en foros internacionales de la industria nacional

El desarrollo de los sistemas de almacenamiento otorga la oportunidad a las empresas nacionales de ejercer un nuevo liderazgo a nivel internacional. Una de las claves de la internacionalización será la participación de las organizaciones y asociaciones en los principales foros internacionales y europeos, para lo cual la cooperación entre compañías es clave.

Existen numerosas iniciativas internacionales relevantes vinculadas al sector del almacenamiento donde existe un gran potencial de participación de la industria española; entre otras, las nuevas Public Private Partnership (Clean Hydrogen, Batteries, 2Zero, Clean Sky, Clean Energy Transition Partnership, Driving Urban Transition to a Sustainable Future, Built4People, etc.), así como iniciativas tales como la European Batteries Alliance (EBA250), o Mission Innovation, por citar algunas.

Especial relevancia para el despliegue de grandes proyectos relacionados con el almacenamiento a gran escala o con el hidrógeno renovable tiene la iniciativa Proyectos Importantes de Interés Común Europeo (IPCEI), donde resulta de gran interés la participación española. En este marco, recientemente se ha aprobado un proyecto paneuropeo con participación española, llamado Innovación Europea en Baterías, financiado con 2.900 millones de euros por parte de doce Estados miembros, para la investigación e innovación a lo largo de toda la cadena de valor de las baterías.

MEDIDA 3.9. Aprovechar el potencial del almacenamiento en la gestión inteligente de la energía

Los nuevos modelos de negocio pueden favorecer el despliegue de sistemas de gestión de energía inteligentes, que permitan optimizar la generación renovable y la participación activa en la red y en los mercados energéticos, aprovechando al máximo el potencial del almacenamiento energético.

El uso de las redes inteligentes, o *smart grids* y el Internet de las cosas (IoT), permite la conexión de diferentes elementos en red, ofreciendo una serie de ventajas, como mejora de la eficiencia en la utilización de energía por parte de los equipos conectados de manera autónoma y automatizada.

La integración de sistemas avanzados de control energético permite realizar una eficaz gestión del conjunto de elementos de la instalación (p. e., sistemas avanzados de control y automatización en edificios y sus servicios técnicos). Estos sistemas pueden incluir algoritmos de predicción de la generación y de la demanda o algoritmos de optimización de la gestión de los elementos controlables.

Por su parte, existe un gran potencial asociado a las tecnologías como el *blockchain*, que permiten salvaguardar el tratamiento masivo y seguro de los datos necesarios, actuando como garantía para la participación de los recursos distribuidos en mercados agregados. El *blockchain*, a su vez, puede vehicular atributos intrínsecos en cuanto a la energía consumida, almacenada o generada por el usuario en sus transacciones (por ejemplo, entre pares *peer-to-peer*) y el origen renovable.

Vehículo eléctrico

La existencia de un parque de vehículos eléctricos permite hacer uso de un sistema de almacenamiento móvil y distribuido, que, de manera agregada, supone un importante potencial como elemento de flexibilidad, y optimizado, reducirá las necesidades de otros elementos que provean al sistema eléctrico de flexibilidad.

MEDIDA 3.10. El potencial del vehículo eléctrico como elemento de flexibilidad

Habilitar el uso del parque de vehículos eléctricos como recurso de almacenamiento energético, para lo que será necesario diseñar códigos de red, evaluar incentivos de mercado y políticas de apoyo para permitir la conformación de la carga. La aplicación de sistemas de almacenamiento a bordo de los vehículos eléctricos ofrecerá otra serie de servicios, mediante las tecnologías de *smart charging* y *vehicle to grid* (*mobility to grid* y *mobility to home*).

Adicionalmente se trabajará para dotar de una infraestructura de recarga suficiente para el despliegue de esta tecnología en aplicaciones de movilidad. En este sentido, las medidas que adoptar deben incluir el desarrollo de la recarga inteligente bidireccional del vehículo eléctrico. Asimismo, se están tomando medidas para agilizar las tramitaciones de las solicitudes y permisos en la instalación de los puntos de recarga, entre las que tiene especial relevancia el RD 23/2020.

Favorecer la participación ciudadana en la gestión inteligente del sistema eléctrico mediante el vehículo eléctrico es una de las claves para el eficaz aprovechamiento de este recurso de almacenamiento energético. Para ello, se trabajará en el establecimiento de normas y estándares en los sistemas de carga de vehículos eléctricos para que los consumidores puedan participar en la gestión inteligente del sistema eléctrico y aprovechar las ventajas tarifarias en la carga de los vehículos y del *vehicle to grid*.

MEDIDA 3.11. Aprovechar la «ola de renovación» para que el almacenamiento esté presente en el sector de edificación

Las inversiones asociadas a la renovación y modernización del parque de edificios existente abren la puerta a la utilización y agregación de distintos usos del almacenamiento presentes en los edificios. Además del uso de baterías y vehículos eléctricos, existen numerosas tecnologías disponibles para extender el almacenamiento distribuido, tales como las tecnologías para almacenar calor ambiental o procedente de fuentes renovables, mediante la utilización de las masas térmicas de los propios edificios, y el empleo del recurso geotérmico, mecanismos de almacenamiento de calor sensible y latente (termos eléctricos, bombas de calor, refrigeración con almacenamiento en hielo, etc.), que permiten explorar métodos alternativos de almacenamiento distribuido y presentan oportunidades para descarbonizar el parque existente, al tiempo que ofrecen soluciones de flexibilidad a las redes mediante la agregación y la gestión integral del edificio, facilitando la gestión activa de la demanda.

Adicionalmente, en edificios de nueva construcción se perseguirá realizar un enfoque conceptual de los proyectos para integrar, desde el diseño, y promover, las tecnologías más eficientes y limpias, incluyendo el almacenamiento de energía. La Administración General del Estado ha venido jugando un papel ejemplarizante, impulsando medidas relativas a la rehabilitación y mejora de la eficiencia energética de sus edificios y a la integración de tecnologías renovables y altamente eficientes para dotarles de energía. En este sentido, se trabajará para aprovechar el potencial del que dispone el parque de edificios públicos para la instalación y pruebas de sistemas de almacenamiento energético, equipos pilotos o sistemas de autoconsumo, haciendo uso de mecanismos como la compra pública innovadora.

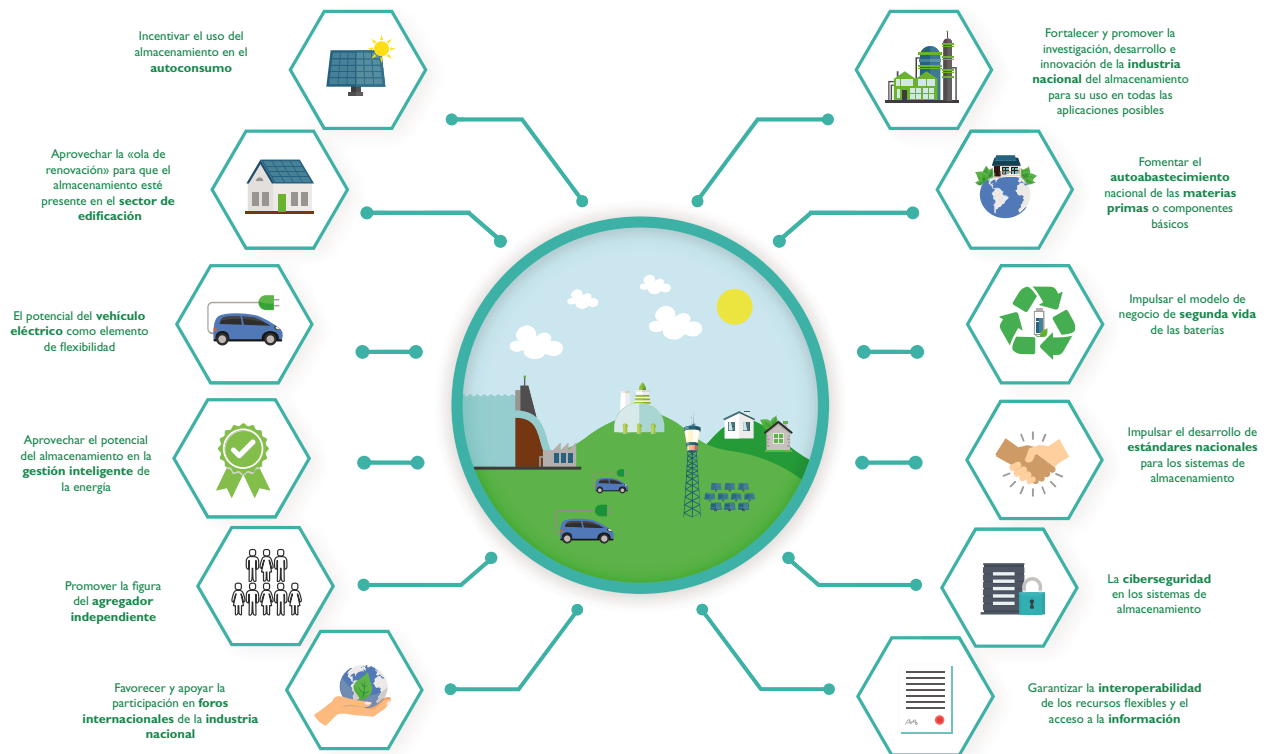
La revisión del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), la Estrategia de Renovación a Largo Plazo para la Rehabilitación Energética de Edificios y el desarrollo del indicador de preparación para aplicaciones inteligentes en edificios (conocido como SRI, por sus siglas en inglés: *smart readiness indicator*) que introduce la Directiva (UE) 2018/844 jugarán un papel relevante a la hora de facilitar la rehabilitación y modernización del parque edificatorio.

MEDIDA 3.12. Incentivar el uso del almacenamiento en el autoconsumo

El autoconsumo tiene gran potencial para el desarrollo de los sistemas de almacenamiento distribuidos. Por ello, el desarrollo del autoconsumo en todos los sectores podría resultar en un fuerte impulso al almacenamiento en el conjunto del sistema eléctrico. La futura Estrategia Nacional de Autoconsumo tendrá en cuenta la peculiaridad de estas instalaciones, prestando atención a aquellas que incluyan tecnologías de almacenamiento energético.

A continuación, en la figura 10 , se recogen las doce medidas contempladas dentro de la línea «Nuevos Modelos de Negocio».

FIGURA 10. Líneas de acción: modelo de negocio. Medidas para desarrollar la Estrategia de Almacenamiento



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

5.4 INTEGRACIÓN SECTORIAL

MEDIDA 4.1. Fomentar el hidrógeno renovable

El hidrógeno renovable permite emplear la energía eléctrica procedente de fuentes renovables para la producción de hidrógeno limpio a través del proceso de electrólisis. Posteriormente, el hidrógeno renovable podrá emplearse en usos finales o como vector energético. En consecuencia, este producto puede contribuir potencialmente a reducir vertidos de tecnologías de generación no gestionables y a dotar de flexibilidad al sistema, al tiempo que aporta valor añadido a aquellas industrias intensivas en consumo de hidrógeno, reduciendo las emisiones asociadas al uso del hidrógeno procedente de reformado de gas natural (o también denominado hidrógeno gris).

Identificando los grandes consumidores de hidrógeno, focalizados principalmente en el sector industrial, y facilitando el abastecimiento progresivo de hidrógeno de origen renovable, se fomentaría su descarbonización paulatina, al tiempo que se permite la maduración de la tecnología de electrólisis, hasta alcanzar una mayor eficiencia energética y un menor coste de instalación y operación.

La Hoja de Ruta del Hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable incluye medidas específicas para el fomento de este combustible y su contribución a la mitigación del cambio climático.

Otra de las cuestiones en las que se está trabajando es el desarrollo del marco normativo para otros gases renovables como el biogás, mediante el diseño de su hoja de ruta.

MEDIDA 4.2. Iniciativa pública de creación de un clúster verde para el desarrollo tecnológico e industrial del almacenamiento en España

El clúster estará abierto a la participación y con el objetivo de integrar a diferentes empresas de la cadena de valor del sector energético, dando un impulso a la competitividad del tejido industrial y permitiendo, a través del uso de energías renovables y el almacenamiento energético, contribuir a la descarbonización en el ámbito de las empresas que lo conformen.

Este clúster tiene, además, el potencial de abrirse a los centros de investigación, a la academia, la Administración y el tejido empresarial para aunar sinergias y responder a los retos de mercado, así como a entidades regionales que faciliten la integración de pymes locales. Adicionalmente, a industrias intensivas en energía, incorporándolas en su actividad, aprovechando sinergias y maximizando los beneficios asociados a la integración sectorial.

MEDIDA 4.3. El potencial del desarrollo del *power to X*

Los sistemas *power-to-x* (*power to gas* y *power to liquid*) permiten producir, a partir de electricidad, otros vectores energéticos en forma de gas o líquido donde se almacena la energía. Por ejemplo, la generación de hidrógeno renovable mediante electrólisis para su uso posterior en la industria, o para la producción de gas de síntesis, que a su vez puede ser empleado en usos térmicos, para transporte, o para su reconversión en electricidad. El proceso de electrólisis hace uso de instalaciones específicas dedicadas a su producción mediante generación renovable.

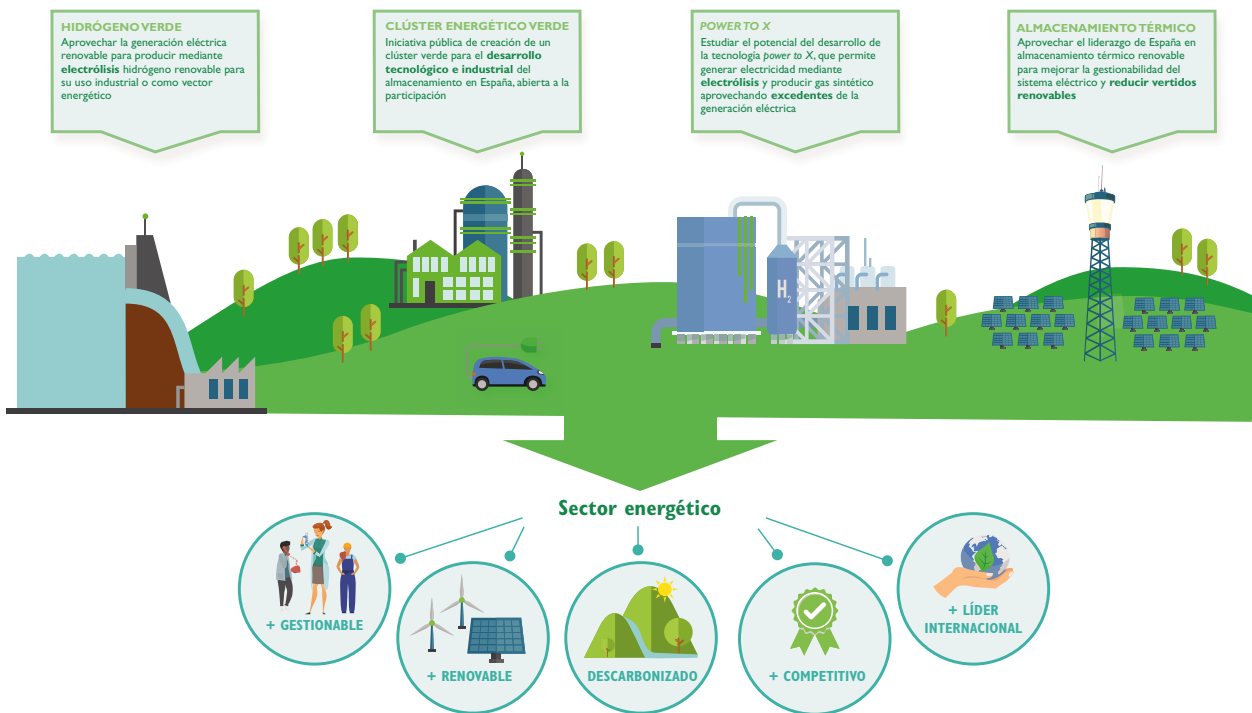
¹¹ https://www.miteco.gob.es/images/es/hojarutadelhidrogeno_tcm30-513830.pdf

Esta tecnología, aunque incipiente, presenta un gran potencial para favorecer la integración sectorial. Es por ello que se ha convertido en una apuesta de futuro.

Como claves para fomentar el desarrollo de hidrógeno renovable mediante sistemas *power to X* destacan medidas como el establecimiento de un sistema de garantías de origen, ya que el hidrógeno puede producirse a partir de fuentes renovables y no renovables, con emisiones de gases de efecto invernadero muy variadas. A nivel europeo, el Proyecto *CertifHy* sirve como referencia en trazabilidad del hidrógeno renovable.

A continuación, en la figura 11, se resumen las principales consideraciones de la línea de acción de integración sectorial, así como los principales rasgos de la futura transformación del sistema energético.

FIGURA 11. Líneas de acción: integración sectorial. Medidas para desarrollar la Estrategia de Almacenamiento



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

MEDIDA 4.4. Aprovechar el liderazgo en almacenamiento térmico

Actualmente, existe en las centrales termosolares una capacidad de almacenamiento renovable en tanques de sales fundidas que contribuye a la gestionabilidad del sistema eléctrico y a la reducción de los vertidos renovables. Esta tecnología de almacenamiento energético, en la que España cuenta con un gran liderazgo, tiene diversas aplicaciones de integración sectorial, tales como el aprovechamiento del calor para la industria o para las redes de calor y frío, y se prevé un importante crecimiento de esta tecnología por su potencial en cuanto a los servicios que puede aportar. Los sistemas *power to heat* también pueden tener un papel considerable en la integración sectorial, conectando el sector eléctrico con industrias o distritos consumidores de calor.

El liderazgo de España en este ámbito ha generado un mercado interno para las tecnologías de almacenamiento térmico, no obstante, otras tecnologías de almacenamiento térmico diferentes de las sales fundidas podrían ser identificadas como idóneas para ciertos casos, pudiendo utilizar un amplio abanico de materiales.

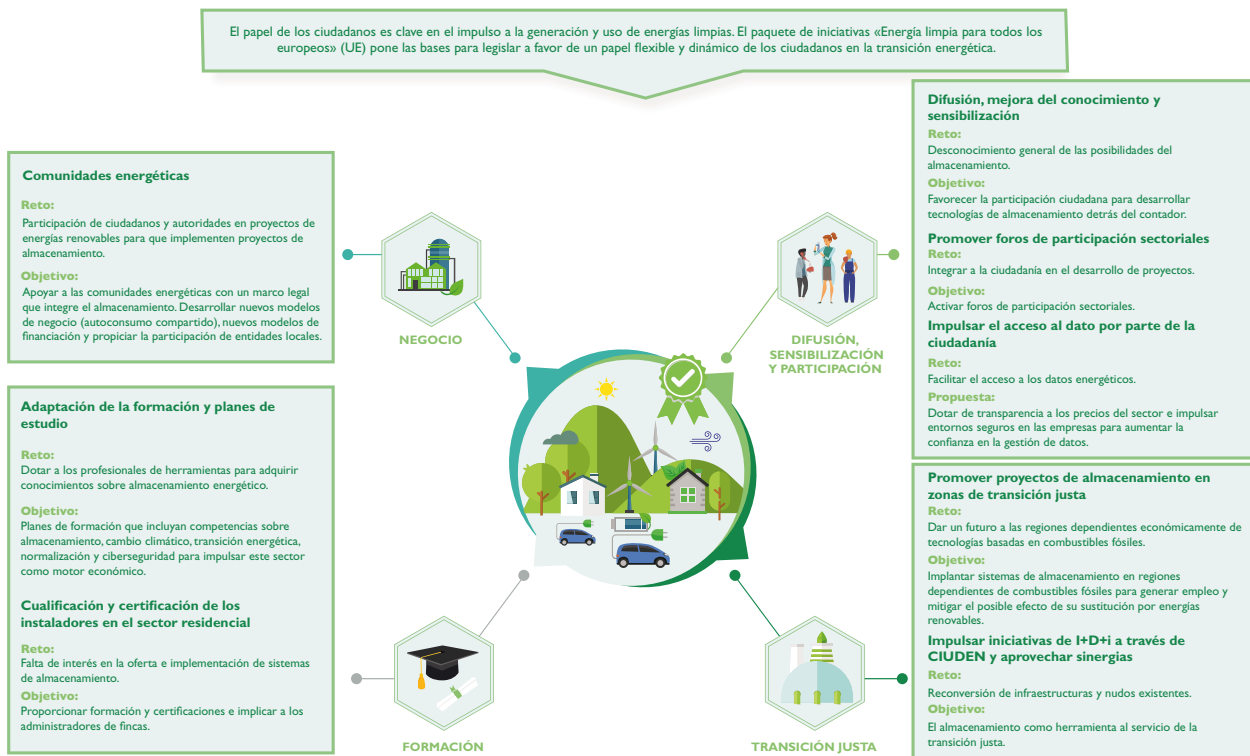
Por su parte, en la industria, una parte relevante del consumo energético se destina a la producción de calor. El almacenamiento térmico tiene gran potencial, asimismo, como forma de aprovechamiento del calor residual de procesos industriales, jugando un papel fundamental en la integración sectorial, en la descarbonización de la industria consumidora de calor y en las redes de calor y frío de distrito.

5.5. LA CIUDADANÍA EN EL CENTRO

El paquete de medidas «Energía limpia para todos los europeos» incluye la Directiva (UE) 2019/944 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad, y el Reglamento (UE) 2019/943 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, relativo al mercado interior de la electricidad. Estas normas, entre otros muchos aspectos, colocan en el centro a la ciudadanía, como elemento fundamental en la transición energética, impulsando su participación de una manera flexible y dinámica a través de las figuras del agregador independiente o las comunidades energéticas.

En la siguiente figura se presentan las distintas dimensiones de esta línea de acción, especificando el reto asociado y el objetivo que alcanzar con el desarrollo de las medidas propuestas.

FIGURA 12. Líneas de acción: la ciudadanía en el centro



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

Con el mismo objetivo de facilitar la participación de la ciudadanía, pymes y entidades locales en la transición energética, el PNIEC incluye la «Medida 1.13 Comunidades energéticas locales», que introduce entre sus mecanismos de actuación la promoción de proyectos de demostración de comunidades energéticas locales que cubran una casuística lo más amplia posible. Estos proyectos podrían incluir diversos sistemas de almacenamiento energético, posibilitando la creación de modelos de negocio viables en torno a las distintas tipologías de proyectos, que permitan su desarrollo, así como su acercamiento a la ciudadanía.

El PNIEC incluye la Medida 1.13, destinada específicamente a las comunidades energéticas locales, que introduce entre sus mecanismos de actuación la promoción de proyectos de demostración de comunidades energéticas locales que cubran una casuística lo más amplia posible. Estos proyectos podrían incluir soluciones de almacenamiento energético, posibilitando modelos de negocio viables en torno a las distintas tipologías de proyectos.

Por su parte, el Real Decreto Ley 23/2020 incorpora a la Ley 24/2013, del Sector Eléctrico, la figura de las comunidades de energías renovables, definidas como entidades basadas en la participación abierta y voluntaria, autónoma y efectivamente controlada por socios o miembros que están situados en las proximidades de los proyectos de energías renovables que sean propiedad de dichas entidades jurídicas. Esta figura tiene como fin, por tanto, la participación de la ciudadanía y autoridades locales en los proyectos de energías renovables, lo que permitirá una mayor aceptación local de estas energías y asegurar la participación ciudadana en la transición energética.

En el posicionamiento de la ciudadanía en el centro de la transición energética, las entidades regionales y locales, y, en especial, las agencias regionales de energía, son elementos fundamentales y pueden actuar como habilitadores, aportando las consideraciones particulares de cada territorio dentro de un mensaje global e impulsando el desarrollo de esta actividad debido a su neutralidad, cercanía a los territorios y percepción social.

MEDIDA 5.1. Comunidades de energías renovables

Sobre la base de la definición de las comunidades de energías renovables y la Medida 1.13 del PNIEC se trabajará en el desarrollo de un marco regulatorio para que dichas comunidades integren el almacenamiento de energía.

Estas agrupaciones brindan múltiples oportunidades. Entre otras cuestiones, permitirán aprovechar la digitalización de redes para implementar nuevos modelos de negocio relacionados con el autoconsumo colectivo compartido, o realizar otros aprovechamientos energéticos más allá del consumo eléctrico, como es la generación de biogás en las propias comunidades a partir de residuos, con los evidentes beneficios que esto les aportaría, pudiendo contribuir a la reducción de la pobreza energética y contribuyendo a alcanzar los objetivos de la Hoja de Ruta de Biogás.

Las comunidades energéticas ofrecen también la oportunidad de promover la participación ciudadana en modelos de financiación no tradicionales. En concreto, será posible el desarrollo de nuevas propuestas de esquemas de apoyo financiero vía *crowdfunding/crowdlending* o modelos de propiedad/financiación colectiva, con potencial coparticipación de poderes públicos locales e impulso de otras formas de comunidades ciudadanas.

En lo referente a la participación de las entidades locales, esta medida se aprovecharía de las sinergias de la línea de acción de «Gobernanza» incluida en esta Estrategia, y el papel de las entidades de carácter municipal, como impulsoras activas de estos nuevos modelos pero también como inversores «pioneros» en sistemas distribuidos de almacenamiento energético, comunidades energéticas y otros modelos aún por desarrollar, de forma que estos proyectos adopten un papel demostrativo que arrastre al resto de la sociedad a implementarlos.

Por otro lado, las comunidades energéticas son un instrumento que permitirá y promoverá la participación ciudadana en el sistema energético, de manera que se promueva la igualdad efectiva entre mujeres y hombres, teniendo, por tanto, un impacto positivo por razón de género.

Formación

La Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE), ya incluye el concepto de desarrollo sostenible, junto con la educación para la transición ecológica.

No obstante, uno de los retos para habilitar el despliegue del almacenamiento energético está relacionado con dotar a las y los profesionales del sistema educativo de las herramientas necesarias para asegurar un adecuado conocimiento a lo largo de todo el sistema formativo y educativo.

En este sentido, la Medida 1.17 del PNIEC, relativa a la «Formación de profesionales en el sector de las energías renovables», en previsión de la implantación de nuevas tecnologías de descarbonización —como las relativas al almacenamiento—, contempla la necesidad de anticiparse a las demandas del mercado y promover una formación continua en los cinco niveles de cualificación profesional homologada, teniendo en cuenta que el mercado único europeo demanda la formación en habilidades profesionales que faciliten la movilidad en la UE.

MEDIDA 5.2. Adaptación de la formación y planes de estudio

Adaptar, transformar y crear planes de formación a todos los niveles, desde formación profesional hasta universidades, que contengan estándares de competencia relacionados con el almacenamiento energético.

Adicionalmente, la inclusión de la dimensión del cambio climático y la transición energética, junto con el conocimiento básico asociado a los sistemas de almacenamiento energético, permitirá el desarrollo de conocimientos, habilidades y aptitudes relacionados con la transición ecológica.

El objetivo de esta adaptación curricular será la selección de los sectores prioritarios que puedan ser un motor económico para el país, entre los que se encuentra el desarrollo y despliegue de sistemas de almacenamiento energético.

La incidencia del almacenamiento en los sectores de ingeniería y arquitectura, sobre todo en lo asociado con el sector de edificación y su auditoría energética, hace especialmente relevante la consideración de la inclusión de materias relacionadas con el almacenamiento en sus planes de estudio.

Análogamente, en el caso de las titulaciones superiores relacionadas con ciencia y tecnología, la inclusión de estos estándares de competencia en los planes de estudios es fundamental para abordar la brecha tecnológica que reducir para hacer frente a los retos del futuro.

Se trata, en concreto, del desarrollo y mejora de programas de estudios en distintos niveles educativos, junto con impulso a otras actividades formativas, divulgativas, de mentorazgo, etc., que se orienten a atraer el interés de niñas y mujeres (en territorios rurales y urbanos) por desarrollar estudios y profesiones en ámbitos relacionados con la cadena de valor del almacenamiento energético (destacando, por ejemplo, para ello su contribución a la sostenibilidad ambiental, visibilizando referentes de éxito, etc.), así como a reforzar sus competencias empresariales y de liderazgo.

Esta acción se acompañará del fomento de la participación de profesionales, tanto del sector público como del sector privado, en programas de formación en normalización, de manera que puedan maximizar el aprovechamiento de las posibilidades que ofrece el desarrollar una estrategia en normalización dentro de la estrategia global de las organizaciones.

Debido a su creciente relevancia en el ámbito del almacenamiento energético, es esencial vincular las medidas anteriores con una formación en ciberseguridad, *blockchain*, Internet de las cosas (IoT) e inteligencia artificial que permita resolver el riesgo de escasez de recursos humanos capaces de cubrir estos servicios en el almacenamiento energético.

MEDIDA 5.3. Cualificación y certificación de los instaladores en el sector residencial

El despliegue del almacenamiento en el sector residencial precisa de una formación adaptada a las necesidades formativas de los instaladores de este tipo de tecnologías. Para ello, será necesario trabajar de la mano del sector para aprovechar al máximo las oportunidades que supone para suplir las necesidades de capacitación del sector.

De manera complementaria, se trabajará en la disposición y accesibilidad de estos servicios por parte de clientes que habitan en zonas remotas y de baja accesibilidad por razones geográficas.

Por su parte, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), actualmente en revisión, tiene un grupo de trabajo específico relativo al colectivo de los instaladores en el sector residencial, donde se acogen debates, diálogo y propuestas de mejora en este sentido.

Adicionalmente, también resultaría de interés considerar a otros colectivos profesionales, tales como profesionales de administración de fincas, como nexo directo con las comunidades de propietarios.

Difusión, sensibilización y participación

Otra de las cuestiones clave para el despliegue efectivo del almacenamiento y la aceptación social radica en promover una adecuada difusión, sensibilización y participación en relación con el almacenamiento energético, de manera alineada con el PNIEC, en la «Medida 1.14. Promoción del papel proactivo de la ciudadanía en la descarbonización». En ese sentido, se abordarán los objetivos de empoderar a la ciudadanía, mejorar sus capacidades de elección, movilizar y encauzar a la transición energética renovable los fondos disponibles y promover la participación ciudadana en la definición de las políticas energéticas locales, regionales y nacionales.

La sensibilización y formación incorporarán una perspectiva de género en las dimensiones económica, social y ambiental del desarrollo sostenible, y, en especial, en el despliegue del almacenamiento energético; de manera que se aproveche el potencial de la tecnología y la innovación para mejorar la vida de las mujeres y las niñas y cerrar la brecha de desarrollo y la brecha digital.

MEDIDA 5.4. Difusión, mejora del conocimiento y sensibilización

Dar a conocer al público en general el potencial del almacenamiento en un sentido amplio.

Favorecer la participación de la ciudadanía en el despliegue de las tecnologías de almacenamiento energético, especialmente detrás del contador, que dispone de un gran potencial para ello.

MEDIDA 5.5. Promover foros de participación sectoriales

Promover foros de participación sectoriales para el desarrollo del almacenamiento energético, con el objetivo de explotar al máximo su potencial y ventajas.

MEDIDA 5.6. Impulsar el acceso al dato por parte de la ciudadanía

De acuerdo con las disposiciones establecidas en los artículos 23 y 24 de la Directiva (UE) 2019/944, se promoverá el acceso a los datos energéticos por parte de la ciudadanía, garantizando la protección de sus datos de acuerdo con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

En línea con ello, se velará por lograr la máxima transparencia en lo que se refiere a consulta y conocimiento de precios.

Asimismo, se impulsará que los entornos de todas las compañías con datos personales de usuarios sean entornos seguros.

En este sentido, la Medida 4.6 del PNIEC contempla una serie de mecanismos de actuación para lograr este fin.

Transición Justa

La Estrategia de Transición Justa es uno de los elementos fundamentales que, junto con el Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética, el PNIEC 2021-2030 y la Estrategia a Largo Plazo, entre otros, configura el Marco Estratégico de Energía y Clima, presentado en febrero de 2019 por el Gobierno español. Su objetivo es establecer una estrategia de acompañamiento solidario para asegurar que las personas y las regiones aprovechen al máximo las oportunidades de la transición ecológica y energética, a fin de que nadie se quede atrás. La Estrategia de Transición Justa incorpora un Plan de Acción Urgente para un contexto de crecimiento de las energías renovables y cierre de centrales térmicas, minería del carbón y centrales nucleares.

Las medidas que se están desarrollando son la elaboración de los convenios de transición justa; los acuerdos con empresas y sindicatos afectados para garantizar la protección de los trabajadores, la puesta en marcha de bolsas de trabajo de la minería y centrales y los programas de formación profesional en zonas afectadas, las ayudas a pymes y emprendedores para la diversificación económica de las zonas y el apoyo a infraestructuras municipales, de carácter ambiental o social, para luchar contra la despoblación en zonas afectadas por los cierres. Además, los reales decretos leyes 17/2019 y 23/2020, sobre procedimientos para la concesión de permisos de acceso y conexión en nudos de transición justa, significan una herramienta innovadora en política energética para garantizar la transición justa.

Estas actuaciones se ven reforzadas por la incorporación de un componente de transición justa en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y por el Mecanismo para una Transición Justa de la Unión Europea, a través de tres mecanismos de financiación: el Fondo de Transición Justa, el Régimen de transición específico con cargo a InvestEU y un mecanismo de préstamos al sector público del Banco Europeo de Inversiones.

En este mismo contexto de transición energética, el PNIEC establece el desarrollo del almacenamiento energético como objetivo clave para integrar la generación renovable a gran escala en el sistema eléctrico. Además de sus beneficios de flexibilidad y gestionabilidad, el almacenamiento implica generación de empleo, actividad económica e innovación en los territorios donde es implementado, planteando sinergias con las necesidades de las zonas de proceso de transición justa. Es patente, por lo tanto, el vínculo entre la Estrategia de Almacenamiento Energético y la Estrategia de Transición Justa.

MEDIDA 5.7. Promover proyectos de almacenamiento en zonas de transición justa

Se promoverá la realización de proyectos de almacenamiento en las zonas de transición justa, aprovechando los recursos endógenos del territorio.

De este modo, la generación de empleo, actividad económica e innovación que traerán al territorio estos proyectos contribuirá a reducir el impacto socioeconómico de los cierres de centrales térmicas, minería del carbón o centrales nucleares en estas zonas, en el contexto de la transición energética.

Además, en el desarrollo de estos proyectos, se fomentará y animará el acceso a las bolsas de trabajo de la minería y centrales térmicas puestas en marcha por el Instituto para la Transición Justa, con el objetivo de maximizar el impacto positivo de estas actuaciones en la empleabilidad de los trabajadores afectados por el cierre de minas y centrales de carbón. El objetivo principal es generar impactos socio económicos positivos, que no provoquen rechazo social, con importantes mejoras medioambientales y que a la vez fijen población en estas zonas.

La Fundación Ciudad de la Energía – CIUDEN, FSP, adscrita al Instituto para la Transición Justa, es una fundación del sector público estatal, dependiente de la Secretaría de Estado de Energía del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, concebida para ejecutar programas de I+D+i relacionados con la energía. CIUDEN supone una potente herramienta para la implementación de proyectos piloto encaminados a dar apoyo a la consecución de los objetivos del PNIEC, actuando como plataforma para el desarrollo de tecnologías de almacenamiento de energía.

En concreto, sus líneas de trabajo se centran en el análisis de la cadena completa del almacenamiento energético, la evaluación de soluciones de flexibilidad, el análisis del papel del almacenamiento en la integración de sectores, el desarrollo de sistemas avanzados de gestión energética, el estudio de sistemas híbridos y el escalado, validación e integración de sistemas en entornos reales de operación.

MEDIDA 5.8. Impulsar iniciativas de I+D+i en zonas de transición justa a través de CIUDEN

La Fundación Ciudad de la Energía – CIUDEN, FSP, adscrita al Instituto para la Transición Justa, podrá impulsar iniciativas de investigación, desarrollo e innovación en almacenamiento energético en zonas de transición justa, con el fin de impulsar soluciones innovadoras en torno a las tecnologías de almacenamiento al tiempo que se actúa de palanca tecnológica para las áreas afectadas por los cierres.

Estas iniciativas, además, podrán actuar como herramienta al servicio de la transición justa, favoreciendo la reconversión de instalaciones energéticas en desuso anteriormente vinculadas a la generación térmica con carbón o promoviendo proyectos de almacenamiento en las zonas afectadas por los cierres, atrayendo importantes beneficios a estas regiones.

MEDIDA 5.9. Sinergias entre las infraestructuras energéticas de las zonas de transición justa y las líneas de actuación de la Estrategia

Se estudiará cómo el aprovechamiento de los nudos u otras infraestructuras del sistema eléctrico en zonas de transición justa puede contribuir al mejor desarrollo de las líneas de actuación de la Estrategia de Almacenamiento Energético para satisfacer las necesidades de almacenamiento y gestionabilidad de España y las regiones afectadas por los cierres.

5.6. LAS PALANCAS DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO

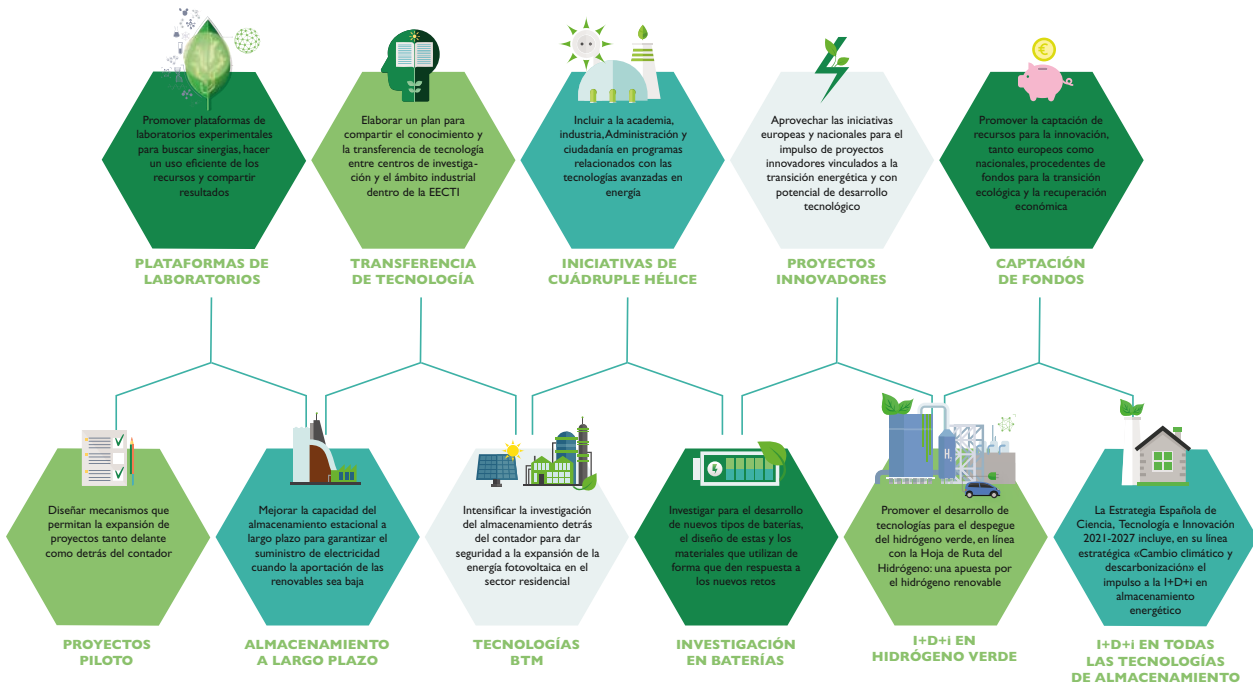
La transición energética supone un cambio de paradigma y, como tal, abre una gran ventana al desarrollo tecnológico, a la innovación y a la investigación, cruciales para lograr nuevas soluciones que permitan avanzar en la senda hacia la neutralidad climática.

En la figura 13 se muestran las medidas relacionadas a la investigación, desarrollo e innovación, que se han estructurado en torno a dos ejes. Por un lado, se han contemplado las medidas orientadas a la mejora de los enfoques, capacidades y conocimiento, es decir, aquellas que se dirigen a fortalecer el ecosistema de investigación e innovación. Por su parte, el segundo eje se articula en torno al desarrollo de proyectos de tecnologías de almacenamiento para avanzar en su madurez tecnológica, o los niveles de madurez de la tecnología (TRL, *Technology Readiness Level*).

La Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027 (EECTI 2021-2027) es el instrumento de base para consolidar y reforzar el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTI) en los próximos siete años. La EECTI 2021-2027 está específicamente diseñada para facilitar la articulación de nuestra política de I+D+i con las políticas de la Unión Europea, teniendo en cuenta los reglamentos aprobados o en curso, para así poder aprovechar de la mejor manera posible las sinergias entre los programas. La Estrategia identifica como una oportunidad del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación su participación en el Pacto Verde y el Marco Estratégico de Energía y Clima, de modo que orienta la planificación de sus programas de I+D+i hacia clústeres temáticos que incluyen «Clima, energía y movilidad» una de sus áreas de priorización estratégica.

El almacenamiento de energía ya es una de las tecnologías identificadas como clave en la descarbonización de la economía, y así se recoge en la citada EECTI 2021-2027, estando incluido en su línea estratégica «Cambio climático y descarbonización».

FIGURA 13. Líneas de acción: las palancas de desarrollo tecnológico. Medidas para desarrollar la Estrategia de Almacenamiento



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

Mejorar enfoques, capacidades y conocimiento

Desde el Ministerio de Ciencia e Innovación se han priorizado medidas de inversión específicas que asumen un compromiso de I+D+i para hacer del almacenamiento una opción estratégica nacional en el proceso de transición energética. Estas medidas han sido incluidas en la componente 17, «Reforma institucional y fortalecimiento de las capacidades del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación» del Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

MEDIDA 6.1. Promover la creación de plataformas de laboratorios experimentales y de investigación que aprovechen sinergias

La existencia de un tejido disperso de laboratorios hace necesario posibilitar el mutualizar los medios de ensayo a través de plataformas experimentales y tecnológicas, abiertas al conjunto de actores del sector, que creen sinergias, permitan un uso eficiente de recursos y faciliten la distribución y aprovechamiento de los resultados. En este sentido, en España ya se dispone de iniciativas como la Plataforma Tecnológica Española de Almacenamiento de Energía – BatteryPlat, cuyo objetivo general es consolidar a los principales actores españoles que trabajan en todas las tecnologías de almacenamiento energético, para potenciar una visión común y elaborar una agenda estratégica de investigación y así acelerar el desarrollo innovador del sector para situarlo en la vanguardia a nivel mundial. Otro ejemplo es la plataforma multidisciplinar PTI FLOWBAT del CSIC, donde se integran todas sus capacidades para el desarrollo de baterías de flujo redox.

Entre otros beneficios, estas iniciativas pueden resultar en un importante fortalecimiento de la industria española en toda la cadena de valor; mediante el impulso de la transferencia de tecnología, permitiendo traer a España la fabricación y ensamblaje de piezas y componentes clave en estos sistemas. Para ello, se fomentará la creación de empresas y se reforzarán sus enlaces con los centros de investigación.

Es importante llevar a cabo un mapa de capacidades de agentes científico-tecnológicos (públicos y privados) para establecer sinergias, fortalezas y optimizar los recursos.

Por su parte, la **Hoja de Ruta de Hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable**¹² incluye una medida que contempla la creación, en el medio plazo, de un centro de excelencia para la investigación en almacenamiento energético, con especial énfasis en el almacenamiento mediante hidrógeno renovable.

Por otro lado, se desarrollará un nuevo centro de I+D+i de almacenamiento de energía verde, el nuevo **Centro Nacional de Investigación en Almacenamiento Energético (CNIAE)**. El CNIAE situará a España en una posición estratégica en cuanto al ciclo completo del desarrollo de capacidades e implementación de tecnologías para la producción, almacenamiento y distribución de energía verde, cubriendo los retos relacionados con la gestionabilidad de la energía, fortaleciendo la colaboración entre el sector público y privado a nivel nacional e internacional. El nuevo centro parte de una colaboración del Ministerio de Ciencia e Innovación y el CIEMAT con el Gobierno de Extremadura. Se coordinará con centros nacionales de Energías Renovables o el Centro Nacional del Hidrógeno e iniciativas estatales y regionales en Castilla-La Mancha y Asturias y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

MEDIDA 6.2. Mejora de la transferencia de tecnología

Existen brechas importantes entre los centros de conocimiento y tecnológicos y el ámbito industrial, que ha de ser reducido mediante la elaboración de un plan que favorezca el traslado del conocimiento y la transferencia de tecnología, en el marco de la EECTI (Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación).

¹² https://www.miteco.gob.es/images/es/hojarutadelhidrogeno_tcm30-513830.pdf

MEDIDA 6.3. Iniciativas de cuádruple hélice

La implementación de programas de cuádruple hélice, que incluyen a la academia, industria, Administración y ciudadanía, permite anticiparse y dotar de capacitación profesional antes de que surja la necesidad de implantación de las tecnologías. Para ello, se planificará una comunicación estable y fluida con centros formativos y de excelencia sobre tecnologías avanzadas en energía, así como con la industria e instituciones educativas, que incorpore todos los nuevos desarrollos en almacenamiento existentes y previstos a corto plazo. Estas iniciativas promueven la generación de conocimiento, de manera que permiten el despliegue de los sistemas de almacenamiento en la industria, transporte y edificación, entre otros sectores.

Iniciativas europeas para el desarrollo de tecnologías de almacenamiento

Existen en la actualidad numerosas iniciativas, tanto nacionales como a nivel europeo, que tienen un gran potencial de actuar como palancas de desarrollo tecnológico y que permitirán el impulso de proyectos innovadores.

Entre otras iniciativas, el SET Plan (European Strategic Technology Plan) es un instrumento clave para el desarrollo de tecnologías bajas en carbono que faciliten la transición hacia un sistema energético climáticamente neutro. Su propósito es habilitar la mejora de estas tecnologías, reduciendo costes a través de la coordinación de los esfuerzos nacionales, promoviendo la cooperación entre países, compañías, centros de investigación, etc.

Otro instrumento relevante en este sentido es Mission Innovation, iniciativa global concebida para impulsar la innovación en energía limpia. Se apoya en la idea de que la innovación, acompañada de inversión pública sostenible integrada con un elevado liderazgo empresarial, permite transformar ideas en mecanismos viables, capaces de lograr un sistema energético asequible y sostenible.

Asimismo, la Alianza Europea por las Baterías (EBA250), constituida como un conjunto de acciones encaminadas a lograr una industria europea de desarrollo y producción de baterías, competitiva, innovadora y sostenible a lo largo de toda la cadena de valor. En el marco de la EBA250, se ha creado una plataforma tecnológica europea de innovación (ETIP-European Technological Innovation Platform) en baterías, denominada ETIP-BATTERIES EUROPE, que supone el marco de colaboración, o *marketplace*, entre todos los diferentes *stakeholders* europeos en el área de baterías, cubriendo toda la cadena de valor de la investigación e innovación en este sector.

Por último, conviene citar las nuevas Public Private Partnership y otras iniciativas tales como Clean Hydrogen Alliance, The Batteries European Partnership Association, 2Zero, Clean Sky, Clean Energy Transition Partnership, Driving Urban Transition to a Sustainable Future, the European Raw Materials Alliance o Built4People, entre otras.

MEDIDA 6.4. Aprovechar las iniciativas europeas y nacionales que funcionen como palanca de impulso a proyectos innovadores

Iniciativas europeas tales como SET Plan, Mission Innovation o EBA250, descritas anteriormente, presentan oportunidades como palancas tractoras para el desarrollo tecnológico. Dichas iniciativas están concebidas para impulsar proyectos innovadores vinculados a la transición energética, y disponen de un gran potencial para actuar como palanca de desarrollo tecnológico. A nivel nacional, se dispone ya de soluciones tecnológicas punteras al servicio de la industria. Existen, entre otras, iniciativas vinculadas al vehículo eléctrico con *packs* de baterías de diseño propio que actúan como caldo de cultivo para posicionar la industria española en el mapa internacional.

MEDIDA 6.5. Promover la captación de fondos europeos para la innovación

Los ingresos obtenidos a partir de la participación en los mercados podrían no resultar suficientes para amortizar las inversiones en este tipo de proyectos, muy intensivos en capital, por lo que su viabilidad puede requerir apoyo adicional. Es por ello que existen, o están en fase de desarrollo, numerosos instrumentos de financiación, a nivel tanto europeo como nacional, procedentes de los fondos disponibles para la transición ecológica y para la recuperación económica, que pueden ser utilizados para la implementación de tecnologías de almacenamiento energético, ya sea de forma aislada o en combinación con tecnologías de generación renovable. El anexo A de este documento recoge una breve descripción de algunos de ellos.

Acciones específicas para acelerar la madurez de la tecnología

La escala de nivel de madurez de la tecnología (TRL, *Technology Readiness Level*) mide el nivel de madurez de las diferentes tecnologías. Consta de nueve niveles que abarcan desde los principios básicos observados y reportados de la nueva tecnología (TRL 1) hasta alcanzar las pruebas con éxito en un entorno real (TRL 9).

Dado el grado de madurez de algunas de las tecnologías de almacenamiento energético, a día de hoy es necesario contar con líneas de ayudas que permitan cubrir el *gap* con las condiciones de mercado y posibiliten el desarrollo de este tipo de proyectos. En el anexo A de este documento se recoge una serie de instrumentos a nivel tanto europeo como nacional (como la convocatoria gestionada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía —IDAE— recogida en el apartado 2.4. del anexo A sobre ayudas a la inversión en instalaciones de generación de energía eléctrica o térmica con fuentes de energía renovable, susceptibles de ser cofinanciadas con fondos comunitarios FEDER).

MEDIDA 6.6. Medidas de apoyo para el desarrollo de proyectos piloto

En línea con lo recogido en la Medida 1.2 del PNIEC, diseñar mecanismos que permitan la expansión de soluciones tanto detrás como delante del contador. El almacenamiento energético puede jugar un papel relevante en determinado perfil de bancos de pruebas regulatorios tal y como los define el Real Decreto Ley 23/2020 o en proyectos de demostración regulatoria, tal y como los define la Circular 3/2019 de la CNMC.

Se promoverá que entidades públicas como el IDAE participen directamente en proyectos piloto y en proyectos singulares (*flagship projects*) relacionados con almacenamiento energético.

Será importante valorar las características de cada proyecto piloto, como el aprovechamiento de activos ya existentes, la capacidad de generación de empleo, su impacto sobre la igualdad efectiva entre mujeres y hombres, su impacto macroeconómico o el efecto en la cadena de valor industrial española.

MEDIDA 6.7. Intensificar la I+D+i en almacenamiento a largo plazo

Se prevé que el objetivo establecido en la ELP de lograr un sistema eléctrico 100% renovable en 2050 requiera soluciones de almacenamiento estacional a largo plazo que garanticen la seguridad y calidad del suministro de electricidad en períodos con baja aportación de energías renovables no gestionables. El desarrollo de soluciones maduras, viables, sostenibles y coste-eficientes requiere intensificar los esfuerzos en I+D+i en este tipo de tecnologías desde este momento.

De acuerdo con ello, la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027 incluye, en su línea estratégica «Cambio climático y descarbonización», promover la I+D+i en almacenamiento energético, incluyendo específicamente el almacenamiento estacional, y así se reflejará en los sucesivos planes estatales de Investigación Científico Técnico y de Innovación.

MEDIDA 6.8. Fortalecer la investigación en tecnologías detrás del contador y su impacto en el sistema

Intensificar la investigación para comprender el papel que puede jugar el almacenamiento energético detrás del contador, ya que existe incertidumbre sobre cómo la expansión de la energía solar fotovoltaica en los sectores residencial, industrial, terciario y primario puede afectar a la seguridad del sistema a nivel de las redes de distribución y en qué medida el almacenamiento puede suponer una solución y convertir una potencial amenaza en un servicio de flexibilidad que, agregando múltiples equipos, permita resolver situaciones de congestión.

MEDIDA 6.9. Investigación avanzada de baterías

La Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027 incluye entre sus ámbitos de intervención la investigación en baterías.

Investigar y desarrollar nuevos tipos de baterías, diseños y materiales para responder a los nuevos retos (carga XFC o *extreme fast charging*, mejora del rendimiento térmico, etc.).

Intensificar la investigación avanzada en baterías de iones de litio de próxima generación y en baterías de ion sodio, de flujo redox y de estado sólido.

Desarrollar nuevos diseños de baterías que proporcionen altas prestaciones en cuanto a vida útil, mejorando, entre otros aspectos, el rendimiento térmico de estas. Investigar en nuevos materiales sustitutos, por ejemplo, aplicando herramientas avanzadas de apoyo tales como la inteligencia artificial, técnicas de *machine learning* o aceleración computacional para descubrir nuevos materiales u optimización de los existentes.

MEDIDA 6.10. Promover la I+D+i en todas las tecnologías

La Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027 contempla, en su línea estratégica «Cambio climático y descarbonización», promover la I+D+i en todas las tecnologías de almacenamiento energético.

Además de la investigación en baterías y en el hidrógeno renovable, será necesario contemplar el resto de tecnologías existentes y potenciales que puedan jugar un papel en el futuro del almacenamiento energético. Entre otros, el almacenamiento de energía térmica en los sectores residencial, industrial, terciario y primario será clave, dado que es una tecnología de bajo coste con amplio recorrido para mejorar la densidad energética, que puede funcionar como batería térmica acoplada a una bomba de calor o como parte estructural del edificio (suelos o paredes), empleando, por ejemplo, tecnologías que utilizan materiales de cambio de fase o termoquímica en entornos edificatorios domésticos. También será necesario apostar por la innovación de tecnologías como el bombeo hidráulico o los sistemas de electrónica de potencia asociados al almacenamiento energético.

MEDIDA 6.II. Apoyo a la I+D+i de las tecnologías de la cadena de valor del hidrógeno renovable

Promover el desarrollo de tecnologías para el despliegue del hidrógeno renovable, en línea con la Hoja de Ruta del Hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable¹³, que incluye nueve medidas enfocadas a dar impulso a la I+D+i de las tecnologías del hidrógeno renovable a lo largo de toda su cadena de valor.

En este sentido, y dado que tanto el almacenamiento energético como el hidrógeno renovable son pilares fundamentales de la integración sectorial y, en términos generales, de la descarbonización de la economía, se coordinará la I+D+i en ambas tecnologías, buscando sinergias y maximizando resultados y efectos positivos en términos de competitividad, innovación e internacionalización.

5.7 SOSTENIBILIDAD

Trazabilidad: enfoque de sostenibilidad a lo largo de todo el ciclo de vida

MEDIDA 7.I. Trazabilidad de origen de los proveedores y de fin de vida de los residuos

Se evaluará la posibilidad de establecer normas sobre el origen de proveedores y de fin de vida de los residuos para garantizar el cumplimiento de los requisitos medioambientales, geoestratégicos y de justicia social.

Estudiar la posibilidad de implementar normas en relación con los criterios mínimos que deben cumplirse en determinados ámbitos (medioambiental, social, laboral, etc.) para los proveedores de materias primas y componentes críticos. Estudiar la implementación del equivalente a un sistema de responsabilidad social corporativa para los proveedores, de manera que tenga impacto en el análisis del ciclo de vida, e impulse la competitividad de la industria nacional.

Por otro lado, analizar y monitorizar la huella de carbono a lo largo de la vida útil podría favorecer el desarrollo de cadenas de valor industriales locales, que se beneficiarían de la cercanía geográfica a los mercados y del uso de recursos energéticos renovables que se espera que sean abundantes en España en los próximos años. Este proceso se podría impulsar a través del Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono.

En el ámbito de la Administración General del Estado ya ha empezado a extenderse el concepto de compra verde¹⁴. En los pliegos de contratación pública es cada vez más usual encontrar requisitos relativos a la implantación, por parte de los proveedores, de sistemas de gestión ambiental y de seguridad y salud en el trabajo.

El reciente Real Decreto 27/2021, de 19 de enero, por el que se modifican el Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos, y el Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, establece una nueva codificación de las pilas de ion litio y de níquel metal hidruro, que, vinculada a la aplicación de la normativa sobre traslado de residuos, redundará en una mayor trazabilidad y control de las nuevas pilas y baterías.

¹³ https://www.miteco.gob.es/images/es/hojarutadelhidrogeno_tcm30-513830.pdf

¹⁴ Orden PCI/86/2019, de 31 de enero, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 7 de diciembre de 2018, por el que se aprueba el Plan de Contratación Pública Ecológica de la Administración General del Estado, sus organismos autónomos y las entidades gestoras de la Seguridad Social (2018-2025).

MEDIDA 7.2. Mejorar la gestión de residuos de baterías gastadas

De cara a una gestión eficaz y segura de las baterías gastadas, se está avanzando en la definición e implementación de un sistema de notificación, verificación e información de estas.

Adicionalmente, se trabajará en mejorar los flujos de recogida y reciclaje de residuos, estableciendo sistemas de trazabilidad fiables e indicadores de seguimiento.

A nivel europeo se está trabajando en revisar y actualizar la legislación aplicable a las baterías, integrando el ecodiseño, mejorando aspectos tales como el incremento en las tasas de recogida, y, en términos generales, adaptando el marco jurídico al modelo actual, en el que se prevé un fuerte crecimiento en el sector de las baterías.

También a nivel europeo destaca la iniciativa europea del pasaporte de las baterías, como medida para reducir la huella de carbono de estas y promover el uso de tecnologías de menores emisiones de gases de efecto invernadero, más sostenibles y reciclables.

Economía circular**MEDIDA 7.3. Estrategia de Economía Circular**

Trabajar en la mejora cuantitativa y cualitativa de procesos de recogida de residuos de forma que pueda incrementarse la preparación para la reutilización de sistemas como, por ejemplo, la segunda vida de baterías o el reciclado mediante la reutilización de las sales recuperadas que se emplean en los sistemas de almacenamiento térmico como fertilizantes de uso agrícola, incrementando las tasas de recogida y de reciclado. Estos desarrollos se implementarán en coordinación con el Plan de acción derivado de la Estrategia Española de Economía Circular. Adicionalmente, se fomentará el uso prioritario de materiales secundarios para reducir la dependencia de materias primas del exterior.

MEDIDA 7.4. Promover modelos de negocio orientados a la valorización de los residuos procedentes de las tecnologías de almacenamiento energético

España a día de hoy necesita exportar sus residuos a otros países para que aborden su reciclado (por ejemplo, Li-ion, Cd, etc.). Esta es una oportunidad de revisar el modelo de negocio y generar un entorno favorable al desarrollo de un sector relacionado con la implementación de la economía circular.

Materiales críticos

Desde el Ministerio de Ciencia e Innovación se ha priorizado una medida de inversión específica dirigida a asegurar el abastecimiento de metales estratégicos críticos como aspecto clave nacional en el proceso de transición energética. Estas medidas han sido incluidas en la componente 17 «Reforma institucional y fortalecimiento de las capacidades del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación», del Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Como medida principal se desarrollará un estudio cuyo objetivo más importante es la identificación de áreas favorables para la explotación ambientalmente sostenible de materias primas de origen mineral críticas para la transición energética tanto en tierra como en el mar, incluyendo reaprovechamiento de «estériles» de antiguas explotaciones.

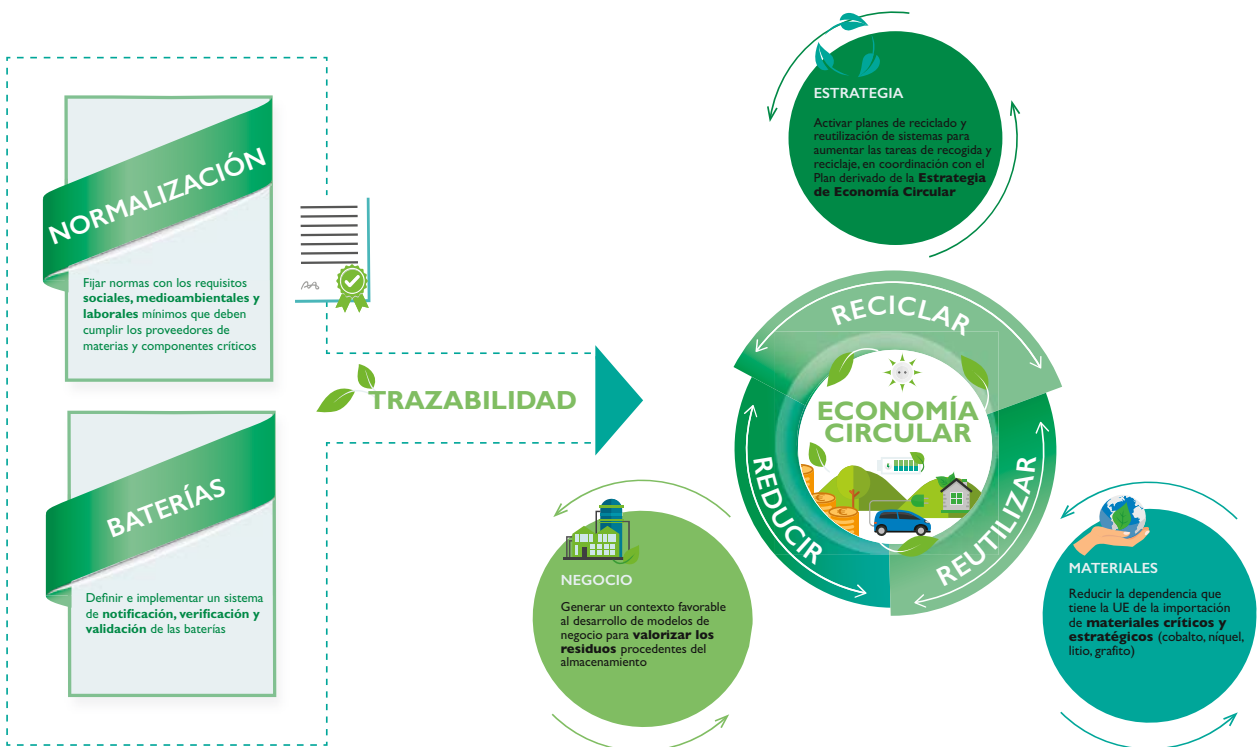
MEDIDA 7.5. Materiales críticos

El despliegue de los sistemas de almacenamiento energético tiene que afrontar el reto de reducir la dependencia de la importación de materias primas que sufre la Unión Europea. Las baterías contienen cinco materiales (cobalto, níquel, litio, grafito y vanadio) que son estratégicos, figurando litio, cobalto, grafito y vanadio en el listado de materias primas críticas establecido por la Comisión Europea por su importancia en la economía (volumen de usuario final y aportación de valor añadido) y el riesgo de suministro (concentración de proveedores y tipología de países proveedores).

En este contexto, España tiene el reto de investigar, desarrollar y favorecer la industria de baterías y la de las materias primas minerales imprescindibles para su fabricación, potenciando, en particular, los recursos propios (p. ej. litio, vanadio, níquel, cobalto, grafito y tierras raras), así como investigar nuevos materiales y la mejora de prestaciones de los existentes.

En la figura 14 se muestran los ejes de actuación de la línea de acción «Sostenibilidad», reseñando las principales cuestiones.

FIGURA 14. Líneas de acción: sostenibilidad. Medidas para desarrollar la Estrategia de Almacenamiento Energético



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

5.8. NECESIDADES EN LOS SISTEMAS INSULARES Y AISLADOS

Los sistemas insulares tienen unas necesidades singulares de almacenamiento de energía debido a su aislamiento energético y baja interconexión, por lo que las soluciones de almacenamiento energético son más acuciantes en estos sistemas que en la península para permitir una mayor integración de renovables en los sectores eléctricos y térmicos, tal y como contempla la Medida 1.12 del PNIEC, destinada a los «Proyectos singulares y estrategia para la energía sostenible en las islas».

Las soluciones de almacenamiento energético son más acuciantes en los sistemas insulares que en la península para permitir una mayor integración de renovables en los sectores eléctricos y térmicos, tal y como contempla la Medida 1.12 del PNIEC, destinada a los «Proyectos singulares y estrategia para la energía sostenible en las islas».

Esta situación también supone una oportunidad de poner a prueba las necesidades en términos de resiliencia para acometer una completa descarbonización del sistema energético a una escala menor.

Entre las iniciativas más recientes para dotar de almacenamiento energético a los sistemas insulares, destacan las convocatorias SOLBAL y SOLCAN, impulsadas por IDAE al objeto de promover el despliegue de las tecnologías renovables fotovoltaicas en las islas. En estas convocatorias, cuyo detalle se recoge en el anexo A de esta Estrategia, se destinarán más de 70 millones de euros a impulsar este tipo de instalaciones, y entre sus criterios de valoración se encuentra disponer de sistemas de almacenamiento energético. En diciembre de 2020 se publicó la segunda convocatoria de ayudas a instalaciones fotovoltaicas en Baleares (SOLBAL 2).

MEDIDA 8.1. Generar mecanismos incentivadores para el despliegue del almacenamiento energético en sistemas insulares y aislados

Definir mecanismos orientados al despliegue de recursos de flexibilidad que incluyan tecnologías de almacenamiento energético.

En zonas de bajo nivel de interconexión se evaluará cómo incentivar la creación de mecanismos de llamadas de oferta para operadores intermitentes de energía renovable que integren al tiempo sistemas de almacenamiento energético y de producción.

MEDIDA 8.2. I+D+i en zonas aisladas y de baja interconexión

Los territorios insulares son un terreno propicio de experimentación, al igual que aquellas zonas que tengan una interconexión limitada de red. Serán, entre otras, zonas prioritarias para la realización de proyectos piloto, tales como los bancos de pruebas regulatorios.

MEDIDA 8.3. Utilizar el almacenamiento energético como fuente de desarrollo tecnológico e industrial

Favorecer un entorno industrial y tecnológico especializado en el almacenamiento energético que relance el empleo, el desarrollo tecnológico y la industria de zonas insulares y aisladas.

5.9. GOBERNANZA

MEDIDA 9.1. Participación de entes regionales y locales

Fomentar la participación a lo largo de la implementación de la Estrategia de entes regionales y locales de diversa índole (CC. AA., ayuntamientos, etc.) para aportar una visión más próxima a la ciudadanía y trasladar los problemas que puedan surgir en ese sentido.

MEDIDA 9.2. Seguimiento del desarrollo de la Estrategia de Almacenamiento Energético

Monitorización de la Estrategia con la implicación de los diferentes agentes del sector en conjunto con los ministerios implicados con el objetivo de dar seguimiento a la implementación de la Estrategia, asegurar la coordinación con el resto de planes vigentes y detectar buenas prácticas y carencias que sirvan de base para la mejora continua en el proceso de transición energética.

Análisis de los retos y oportunidades que presenta el almacenamiento energético en el transcurso del tiempo, así como las medidas que actualizar y desarrollar para un despliegue efectivo del almacenamiento energético.

Para todo ello, CIUDEN se configura como herramienta de la Administración que permitirá canalizar el seguimiento del desarrollo tecnológico relacionado con el almacenamiento energético, sirviendo de punto de contacto entre la industria, los centros tecnológicos y la propia Administración, a través de, entre otros, el IDAE.

Incorporación de la dimensión transversal de género en la formulación, implementación, seguimiento y evaluación de las políticas, programas y proyectos en los distintos ámbitos sectoriales relacionados con la cadena de valor del almacenamiento energético, y en la evaluación de costes y beneficios del almacenamiento, para lo cual es clave garantizar que en dichos procesos participen representantes de distintos grupos de mujeres, organismos para la igualdad de género y personal investigador experto en estudios feministas y de género.

Y no menos importante, procurar con todo ello un acceso equitativo de mujeres y hombres a los recursos financieros y otros beneficios resultantes de la inversión en almacenamiento energético.

MEDIDA 9.3. Actualización de la Estrategia de Almacenamiento Energético

Con el objeto de hacer un adecuado seguimiento, así como actualizar las necesidades en materia de almacenamiento energético, la Estrategia de Almacenamiento Energético se monitorizará y actualizará en coordinación con las actualizaciones del PINEC, de acuerdo con el calendario establecido en el Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima.

MEDIDA 9.4. Sistema de monitorización y gestión de datos por parte de la Administración

Adecuación de los registros administrativos para la efectiva integración de las instalaciones de almacenamiento energético, con objeto de disponer de una base de datos consolidada, completa y fiable que permita hacer un correcto seguimiento de la evolución del despliegue de la capacidad de almacenamiento instalada y su tipología.

Evaluar los indicadores adecuados necesarios para un correcto seguimiento de la Estrategia.

Garantizar la disponibilidad de datos desagregados por sexo (y su intersección con factores relevantes tales como, por ejemplo, entornos rural/urbano, tipos de hogares, etc.), así como de otros indicadores de género, que puedan ser analizados periódicamente.

5.10. ANÁLISIS PROSPECTIVO

Los análisis prospectivos posibilitan, mediante la aplicación de diferentes herramientas científico-técnicas, prever y estudiar la evolución de los sistemas, permitiendo definir escenarios hacia los que es deseable encaminar dicha evolución, anticipándose a los acontecimientos venideros e influyendo de manera sistemática y planificada en estos. En un contexto de transición ecológica y de cambio de paradigma del modelo energético, es fundamental disponer de estas herramientas y aplicarlas para la correcta definición de escenarios objetivo realistas, sostenibles y alcanzables, basados en el conocimiento y diseñados sobre la base de las mejores técnicas disponibles.

MEDIDA 10.1. Definir las necesidades de almacenamiento energético

El almacenamiento energético debe satisfacer las necesidades operativas del sistema sobre la base de los escenarios previstos en el PNIEC, y en particular en lo referente a respuesta rápida, flexibilidad diaria, semanal y estacional.

Al objeto de evaluar tales necesidades y definir cómo el almacenamiento energético puede contribuir a satisfacerlas, se efectuarán diferentes estudios con diversos alcances. Entre otros:

- ▶ Estudio sobre los recursos de flexibilidad disponibles (vehículos eléctricos, sistemas térmicos en edificios o gestión de la demanda).
- ▶ Estudio sobre el impacto de los edificios interactivos (inteligentes) con inercia térmica sobre la demanda, y flexibilidad que aportan al sistema, a través de servicios de energía térmica (sistemas de almacenamiento virtual), incluyendo edificios comerciales, residenciales y otros.

En el marco de realización de estos estudios se definirán indicadores de diversa índole, tales como indicadores técnicos (vida útil, tiempo de respuesta, grado de fiabilidad, densidad de potencia, madurez de la tecnología, eficiencia, número de ciclos, entre otros), indicadores económicos, indicadores normativos, indicadores medioambientales e indicadores sociales.

MEDIDA 10.2. Evaluar el coste-beneficio del almacenamiento energético

La definición de una metodología común para identificar y evaluar los costes y beneficios del almacenamiento de energía en sus distintas aplicaciones servirá para apoyar la toma de decisiones en cuanto a emplear una u otra tecnología de almacenamiento de energía en las diferentes aplicaciones.

MEDIDA 10.3. Análisis del ciclo de vida: impacto medioambiental y social del almacenamiento energético

Realización de un análisis detallado del impacto medioambiental y social de la implantación de sistemas de almacenamiento energético en todo su ciclo de vida aplicando herramientas estandarizadas.

La investigación y el uso de nuevos materiales y materiales críticos llevan a emplear productos cuyos impactos no son totalmente conocidos. Por ello, se requiere una evaluación de impacto sanitario y medioambiental del conjunto de tecnologías desarrolladas con el fin de evaluar los riesgos que les son inherentes.

Adicionalmente al análisis de cada una de las tecnologías de manera individualizada, será necesario profundizar en los impactos derivados de la implantación de sistemas de almacenamiento energético. Para ello, es conveniente definir indicadores de sostenibilidad que incluyan aspectos tales como índice de reciclabilidad, emisiones indirectas, huella de carbono, uso de materiales, etc.

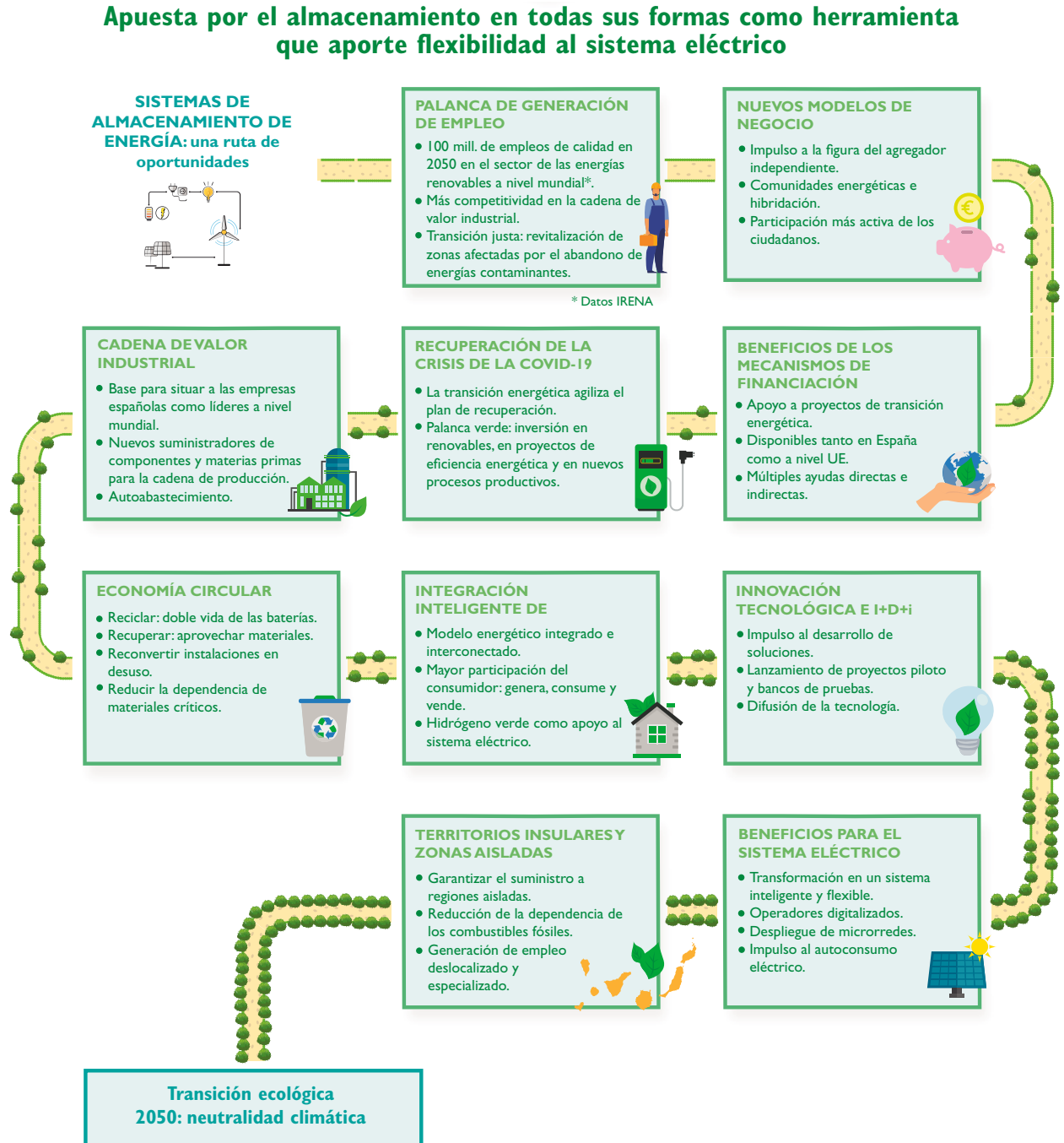
Es importante tener en cuenta que los usos finales de la energía almacenada van a determinar en gran medida la bondad ambiental de cada uno de los sistemas. Ello requiere comparar cada caso con el sistema convencional de provisión de cada uno de los usos energéticos considerados, sean estos electricidad, calor, movilidad, combustibles o productos químicos.

Por otro lado, es fundamental disponer de un procedimiento de cálculo de la huella de carbono de producto para las tecnologías y soluciones de almacenamiento energético, desde el principio de su cadena de valor hasta el final, de forma que puedan ser comparadas por su impacto de forma neutral y valorar la elección de una u otra.

OPORTUNIDADES DEL
ALMACENAMIENTO
ENERGÉTICO

Lograr una efectiva transición energética y la descarbonización de la economía conlleva, entre otros aspectos, la necesidad de incrementar la electrificación del sistema y requiere la integración de herramientas que aporten flexibilidad al sistema eléctrico para así garantizar la estabilidad de la red, minimizar los vertidos y mantener la seguridad, calidad y economía del suministro. En este escenario, el almacenamiento de energía, en todas sus formas, juega un papel crucial, y su despliegue tiene como consecuencia la aparición de múltiples oportunidades.

FIGURA 15. Oportunidades del almacenamiento de energía: el reto de la transición energética renovable



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021.

Palanca de generación de empleo

En términos generales, según datos de IRENA¹⁵, se estima que para 2050 se podrían alcanzar los 100 millones de empleos en el sector energético a nivel mundial; unos 40 millones más que hoy. Esto incluye hasta 42 millones de empleos en el sector de energía renovable, en comparación con los poco más de 11 millones existentes en 2018. IRENA estima que las energías renovables y la flexibilidad energética tienen una intensidad de más de 25 empleos por cada millón de dólares de inversión.

En concreto, el despliegue de sistemas de almacenamiento energético cuenta con un gran potencial como instrumento generador de empleo de calidad, impulsando la innovación y la competitividad a lo largo de toda la cadena de valor, y reforzando el liderazgo industrial de España en este sector. Entre las oportunidades de creación de empleo que aporta cada tecnología de almacenamiento energético podrían destacarse las siguientes:

- ▶ Creación de empleo cualificado durante la fase de desarrollo tecnológico, fase previa a la construcción, que genera empleos en los campos de la ingeniería y el diseño. En algunas tecnologías en las que España es líder, esta fase permite exportar conocimiento a otros países y consolidar una posición de liderazgo internacional.
- ▶ Creación de empleo durante las fases de construcción y operación del sistema de almacenamiento energético, tratándose, en general, de puestos de trabajo generados en la propia ubicación del sistema de almacenamiento energético, facilitando la industrialización de zonas aisladas. En esta fase existe un gran potencial de generación de empleo local deslocalizado, dado el carácter distribuido asociado a estas tecnologías.
- ▶ Creación de empleo en la cadena de suministro. El impulso de estas tecnologías favorecerá notablemente el desarrollo de la industria indirecta en España, actuando como tractoras de otras industrias de la cadena de valor. Esto cobrará especial relevancia en las tecnologías en las que España cuente con liderazgo internacional, favoreciendo las exportaciones y arrastrando los beneficios a lo largo de toda la cadena.

Este impulso a la generación de empleo redunda en otros beneficios sociales, tales como la igualdad de género, la inclusión social, la reducción de desempleo juvenil y la igualdad de oportunidades, entre otros. En particular, la creación de empleo impulsada por este despliegue, dado el carácter deslocalizado de este, tendrá un importante efecto en las regiones dependientes económicamente de las tecnologías basadas en combustibles fósiles.

Este impulso a la generación de empleo redunda en otros beneficios sociales, tales como la igualdad de género, la inclusión social, la reducción de desempleo juvenil y la igualdad de oportunidades, entre otros. En particular, la creación de empleo impulsada por este despliegue, dado el carácter deslocalizado de este, tendrá un importante efecto en las regiones dependientes económicamente de las tecnologías basadas en combustibles fósiles, mitigando el posible impacto que pudiera ocasionar el abandono de este tipo de tecnologías para dar paso a otras soluciones más limpias, tan necesarias para la descarbonización del sistema. En consecuencia, el almacenamiento de energía supone una importante oportunidad para la adecuación de ese proceso a una transición justa.

España ya cuenta con un gran liderazgo en diversas tecnologías de almacenamiento energético, entre las que se encuentra el almacenamiento térmico, producto del gran desarrollo y nivel de madurez alcanzado en dicha tecnología en las plantas termosolares españolas, la electrónica de potencia, las centrales de bombeo convencionales o las más innovadoras centrales depuradoras reversibles en antiguas minas, entre otras tecnologías.

¹⁵ IRENA (2020), *The post-COVID recovery: An agenda for resilience, development and equality*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Nuevos modelos de negocio

El nuevo paradigma derivado de la transición energética supone la aparición y el impulso de nuevos modelos de negocio gracias al surgimiento de nuevas figuras, como son los agregadores independientes, las comunidades de energías renovables, o la hibridación; figuras para las que el almacenamiento energético adoptará una gran relevancia. Los sistemas de almacenamiento pueden estar ubicados en diferentes puntos del sistema, ofreciendo propuestas de valor diferentes. Además, el autoconsumo compartido y el almacenamiento detrás del contador modificarán sustancialmente la gestión energética en los edificios, que se convertirán en clientes activos o prosumidores. La energía se intercambiará con el exterior de forma bidireccional y hará más compleja la gestión de los sistemas energéticos en los edificios, lo que impulsará, e incluso hará necesaria, la gestión por parte de empresas de servicios energéticos (ESE). Además, estas nuevas posibilidades en la gestión de la energía supondrán herramientas para mejorar la eficiencia energética.

El nuevo paradigma derivado de la transición energética supone la aparición y el impulso de nuevos modelos de negocio gracias al surgimiento de nuevas figuras, como son los agregadores independientes, las comunidades de energías renovables, o la hibridación; figuras para las que el almacenamiento energético adoptará una gran relevancia.

La figura de agregador independiente ofrecerá nuevos servicios a los consumidores y desarrollará nuevos modelos de negocio, basados en la oferta de servicios al sistema eléctrico. Esto será posible no solo agregando grandes consumos (como, por ejemplo, los del sector industrial), sino que la digitalización permitirá que también puedan ser agregados equipos de multitud de pequeños consumidores, facilitando así una participación más activa de los consumidores en el sistema eléctrico y habilitando la participación ciudadana en el nuevo diseño del sistema eléctrico.

Beneficio de diferentes mecanismos de financiación

Existen, o están en fase de desarrollo, diferentes mecanismos de financiación, a nivel tanto europeo como nacional, destinados a impulsar la transición energética y la descarbonización de la economía, para los que los proyectos relacionados con el almacenamiento de energía resultarían elegibles, dada la relevancia que presentan en dicho proceso. Estos mecanismos incluyen ayudas directas en forma de subvención o préstamos en condiciones ventajosas, ayudas indirectas, compra pública innovadora, participación en capital o garantías financieras, entre otros. El anexo A de este documento está dedicado a recoger los diferentes instrumentos disponibles o en fase de desarrollo. En este sentido, es fundamental procurar un acceso equitativo de mujeres y hombres a los recursos financieros y otros beneficios resultantes de la inversión en almacenamiento energético.

Recuperación de la crisis Covid-19

La transición energética va a ser un vector clave en la recuperación del impacto derivado de la pandemia internacional declarada por la Organización Mundial de la Salud en marzo de 2020. Dicha crisis ha puesto de manifiesto la necesidad de impulsar y **acelerar la agenda de descarbonización y la transición energética como vector de recuperación económica con nuevas oportunidades para las economías locales**. Adicionalmente, las empresas necesitan reducir sus costes energéticos para aumentar su competitividad, siendo el despliegue del almacenamiento energético una oportunidad para esta reducción. Las inversiones en energías renovables y su integración en la red, eficiencia energética y nuevos procesos productivos, con la actividad económica y el empleo que estas llevarán asociadas, actuarán como palanca verde para la recuperación de la economía española, contribuyendo, además, en la lucha contra la pobreza energética.

Como instrumento de recuperación, la UE ha lanzado **Next Generation EU**, dotado con 750.000 millones de euros. El pilar central de este instrumento es el **Mecanismo de Recuperación y Resiliencia**, dotado con 672.500 millones de euros, cuyo objetivo es mitigar el impacto social y económico de la crisis mediante el apoyo a la transición verde y a la transición digital, promoviendo la cohesión económica, social y territorial de la UE a través de la mejora de la resiliencia

de los Estados miembros, contribuyendo de esa manera a restablecer el potencial de crecimiento de las economías de la UE, impulsando la creación de empleo y el crecimiento sostenible. Este instrumento supondrá para España, según se prevé en el acuerdo del Consejo Europeo, unos 140.000 millones de euros en forma de transferencias y préstamos para el período 2021-2026.

Para la ejecución de los fondos europeos hasta 2023, el pasado 7 de octubre de 2020, el Gobierno aprobó el **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia España Puede**. Estos fondos suponen una gran oportunidad para el almacenamiento de energía, ya que, dentro de la política palanca «Transición Energética justa e inclusiva» del referido Plan, se contempla su despliegue como uno de los vectores de transformación clave, por su papel como elemento de flexibilidad del sistema energético para lograr una alta penetración de energías renovables y, por tanto, la neutralidad climática. En línea con ello, el almacenamiento energético está incluido como línea de actuación de la **componente 8** del referido Plan, «**Flexibilidad del sistema energético, infraestructura eléctrica y redes inteligentes y despliegue del almacenamiento energético**».

El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia España Puede supone una gran oportunidad para el almacenamiento de energía, ya que, dentro de la política palanca «Transición Energética justa e inclusiva» se contempla su despliegue como uno de los vectores de transformación clave, por su papel como elemento de flexibilidad del sistema energético para lograr una alta penetración de energías renovables.

En este marco, se ha creado una nueva figura de colaboración público-privada: los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE), siendo aquellos proyectos de carácter estratégico con gran capacidad de arrastre para el crecimiento económico, el empleo y la competitividad de la economía española. El objetivo es favorecer fórmulas más flexibles y adaptativas a los requerimientos de los proyectos financiables con el Instrumento Europeo de Recuperación.

Cadena de valor industrial

Aprovechar el impulso de la transición energética permitirá fortalecer la industria nacional en torno a las tecnologías de almacenamiento energético e impulsar el liderazgo de las empresas españolas a nivel internacional. Es fundamental disponer de fabricantes y proveedores nacionales que generen alto valor añadido a lo largo de toda la cadena de industrial: desde la provisión de materias primas y componentes básicos, donde es clave contar con un sólido tejido de suministradores nacionales que permita maximizar el autoabastecimiento, y pasando por toda la cadena industrial, a lo largo de la cual surgirán industrias especializadas que, mediante fabricación avanzada, proveerán de la tecnología necesaria para desplegar estos sistemas.

Economía circular

El refuerzo de la cadena de valor se extiende a todo el ciclo de vida de las soluciones tecnológicas gracias al impulso de la economía circular. En este sentido, surgirán oportunidades de especial relevancia entorno a la segunda vida de las baterías y la recuperación de materiales, y en torno a nuevos modelos de negocio dedicados a cerrar el ciclo de vida de los sistemas, orientados a la valorización de los residuos procedentes de las tecnologías de almacenamiento energético.

El refuerzo de la cadena de valor se extiende a todo el ciclo de vida de las soluciones tecnológicas gracias al impulso de la economía circular.

Esto permitirá reducir la dependencia existente de los denominados materiales críticos, al tiempo que se genera una oportunidad de negocio derivada de su reutilización y se reduce el impacto ambiental producido por la extracción de recursos.

A una mayor escala, el almacenamiento energético ofrece la oportunidad de reconvertir y reutilizar instalaciones energéticas en desuso que hayan sido sustituidas por tecnologías más limpias, fruto de la transición energética, lo que redundará en la reactivación económica de sus entornos.

Papel clave en la integración de sectores

En la transición de un modelo energético lineal a un modelo plenamente integrado e interconectado, donde el entramado de flujos de energía entre productores y consumidores de diferentes sectores permite maximizar la eficiencia económica y energética del sistema en su conjunto y optimizar su operación, el almacenamiento energético tiene un papel clave, por su carácter transversal a los distintos sectores y por posibilitar desacoplar generación y consumo.

En la transición de un modelo energético lineal a un modelo plenamente integrado e interconectado, el almacenamiento energético tiene un papel clave, por su carácter transversal a los distintos sectores y por posibilitar desacoplar generación y consumo.

De entre todas las formas de integración sectorial habilitadas por el almacenamiento energético, se puede citar como ejemplo la oportunidad que presenta el almacenamiento térmico para integrar sectores, incrementar la eficiencia energética y reducir las emisiones de CO₂ del sistema en su conjunto. Esto, además, no se restringe exclusivamente a sectores industriales. Por ejemplo, gran parte del consumo de la energía empleada en edificación para sistemas de calefacción, refrigeración o agua caliente sanitaria podría integrarse con sistemas de almacenamiento térmico a baja temperatura, procedente de procesos industriales geográficamente cercanos.

Adicionalmente, en conjunto con los sistemas de almacenamiento energético, uno de los grandes habilitadores de la plena integración de sectores es el hidrógeno renovable, que permite, mediante el uso de electrolizadores, dar apoyo a la operación del sistema eléctrico, y que tiene un papel clave en la descarbonización de la industria.

Innovación tecnológica e I+D

Un cambio de paradigma como el que supone la transición energética trae de la mano un fuerte impulso a la I+D tecnológica y a la innovación, claves en la búsqueda de las mejores soluciones que habiliten dicha transición. En particular, la necesidad de emprender proyectos piloto y bancos de pruebas regulatorios presenta interesantes oportunidades tanto en lo que se refiere a obtención de financiación como en lo relativo a la creación de *sandboxes* regulatorios, que permitan relajar determinadas medidas para aportar flexibilidad en este sentido. Adicionalmente, los proyectos demostrativos tienen una gran labor como instrumentos de difusión. Los cambios de modelo y la aparición de nuevas tecnologías presentan unas curvas de aceptación que pueden ser suavizadas gracias a este tipo de iniciativas.

Un cambio de paradigma como el que supone la transición energética trae de la mano un fuerte impulso a la I+D tecnológica y a la innovación, claves en la búsqueda de las mejores soluciones que habiliten dicha transición.

Beneficios para el sistema eléctrico

El despliegue de soluciones de almacenamiento energético aportará importantes beneficios a la gestión del sistema eléctrico. Esto se extiende más allá del apoyo a las infraestructuras de transporte, generación y distribución, ya que, además, favorecerá un importante ahorro en nuevas inversiones en las redes. Asimismo, supone también un consistente soporte para el despliegue de microrredes y presenta un gran potencial como mecanismo de impulso al autoconsumo solar. De esta manera, se dará un importante protagonismo a la ciudadanía, que adoptará un rol activo a través de este

tipo de tecnologías. De la misma manera, se dará un papel más activo a los operadores de las redes de distribución, cada vez más digitalizadas e inteligentes, donde el almacenamiento energético detrás del contador adquirirá gran relevancia.

Territorios insulares y zonas aisladas

España cuenta una posición de liderazgo a nivel mundial en lo que se refiere a la calidad de sus redes de distribución. No obstante, existen zonas que por sus particularidades orográficas presentan un mayor aislamiento, lo que, en conjunto con los territorios insulares, ha supuesto tradicionalmente un reto en la operación del sistema. En estos territorios el almacenamiento energético brinda enormes oportunidades como tecnología habilitadora de la descarbonización del sistema, permitiendo reducir la dependencia de combustibles fósiles, en el caso de los territorios insulares, y flexibilizando la operación de las redes de distribución en zonas aisladas. A esto se suman otros beneficios, como el acercamiento de empleo deslocalizado y especializado a estas regiones.

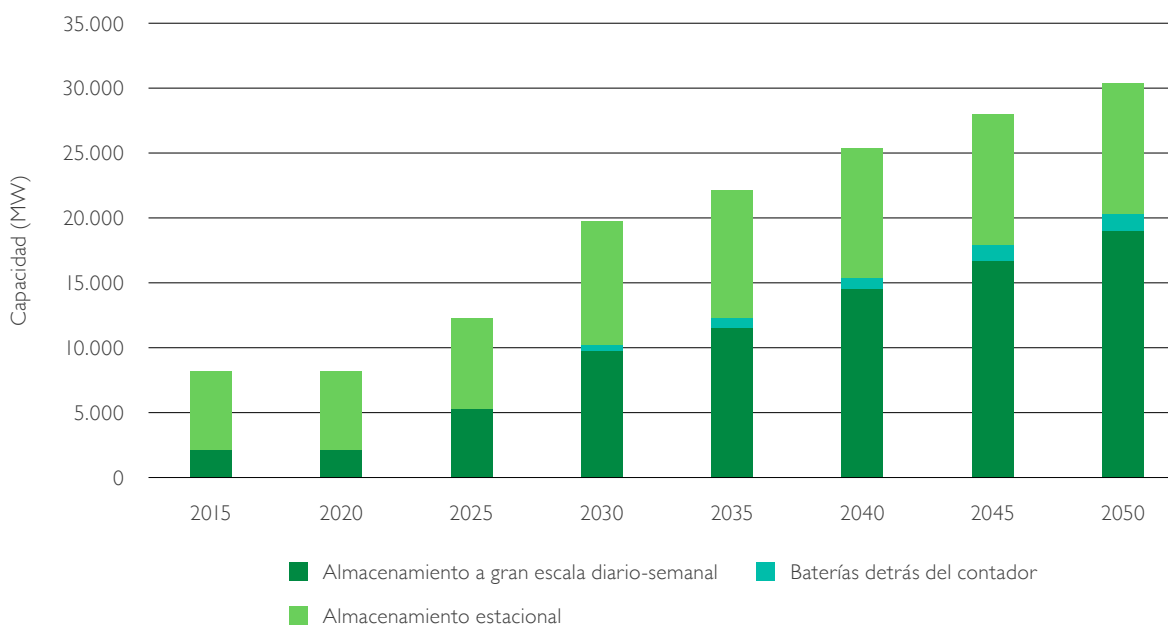
POTENCIALES
NECESIDADES DE
ALMACENAMIENTO
ENERGÉTICO EN LA
SENDA HACIA LA
NEUTRALIDAD
CLIMÁTICA

En los escenarios marcados en el PNIEC y en la ELP, el almacenamiento energético es uno de los elementos habilitadores de la consecución de la neutralidad climática. Dentro de las tecnologías que se incluyen en estos escenarios se encuentran distintas formas de almacenamiento de la energía, con aplicaciones tanto a gran escala como distribuidas.

En cuanto al alcance temporal del almacenamiento energético, es decir, la capacidad de los diferentes sistemas de conservar la energía para su uso en el corto, en el medio o en el largo plazo, también se marcan distintas necesidades.

En la figura 16 se muestran las necesidades mínimas de almacenamiento energético previstas para los períodos temporales considerados. Para cubrir las, se estima pasar de los 8,3 GW disponibles en la actualidad, aportados en su mayor parte por sistemas de bombeo y de almacenamiento térmico en centrales termosolares, a un valor de alrededor de 20 GW en 2030 y 30 GW en 2050 de potencia de almacenamiento energético total disponible en esos años, aportado por un amplio espectro de tecnologías.

FIGURA 16. Previsión de necesidades de almacenamiento energético



Esta cuantificación incluye el almacenamiento a gran escala diario y semanal, almacenamiento detrás del contador y almacenamiento estacional, según el estado actual de la tecnología, habiéndose considerado sistemas de almacenamiento energético de distinto tipo, incluidos las siguientes:

- ▶ Sistemas de bombeo hidráulico.
- ▶ Baterías y otros sistemas de almacenamiento a gran escala.
- ▶ Baterías detrás del contador (para el año 2030 se incluye un valor mínimo de 400 MW).
- ▶ Almacenamiento de energía térmica, tales como los empleados en las centrales solares termoeléctricas.

En lo referente a otros sistemas de almacenamiento energético, se realizan las siguientes observaciones:

- ▶ **Vehículo eléctrico.** Provisión de almacenamiento no estacionario distribuido haciendo uso de las baterías mediante la tecnología V2G. Se estima que el parque de vehículos eléctricos proporcionará en el año 2030 una energía de unos 26 GWh al año, que podrá emplearse en la provisión de servicios al sistema eléctrico. La capacidad de almacenamiento del vehículo eléctrico no estará plenamente disponible durante todos los períodos temporales

debido a las limitaciones inherentes al uso de los vehículos eléctricos, por lo que al valor total de la capacidad de baterías existentes habría que aplicarle un factor de disponibilidad dependiente del uso del vehículo.

- ▶ **Sistemas de almacenamiento estacional.** De cara a la descarbonización a largo plazo, se deberá disponer de almacenamiento estacional en 2050 para contar con un sistema eléctrico 100 % renovable. Estos sistemas estacionales, aún por desarrollar, no se han incluido en la gráfica anterior y serán objeto de estudio como uno de los trabajos desarrollados por la Estrategia.
- ▶ Existe un potencial en el **sector de edificación** de almacenamiento de energía térmica en diversas formas, ya sea mediante el uso de acumuladores, masas térmicas de los edificios, bombas de calor acopladas a acumuladores, u otras tecnologías de almacenamiento de frío y calor.
- ▶ En el caso concreto del almacenamiento térmico en el sector industrial, existe un potencial de aplicación en la mejora de su eficiencia y obtención de calor para los procesos, así como las amplias posibilidades de uso en *district heating*.

En definitiva, el amplio espectro de soluciones y tecnologías de almacenamiento energético aporta una gran variedad de usos y aplicaciones, posibilitando la combinación de almacenamiento intradiario y estacional y la participación de la demanda, lo cual es fundamental para garantizar la seguridad de suministro y aportar la flexibilidad que el sistema energético requiere para lograr su descarbonización.

ANEXOS: ESTRATEGIA DE ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO

A. MECANISMOS DE FINANCIACIÓN

Uno de los aspectos considerados en el proceso de definición del marco regulatorio y de participación en los mercados en el que se circunscribirá la actividad de almacenamiento de energía es que dicho marco resulte favorable a la inversión en este tipo tecnologías. No obstante, se trata de proyectos intensivos en capital y su viabilidad puede requerir apoyo adicional. Es por ello que existen, o estarán próximamente disponibles, numerosos instrumentos de financiación, tanto a nivel europeo como a nivel nacional, orientados total o parcialmente a favorecer el desarrollo de proyectos y tecnologías de almacenamiento de energía, como uno de los elementos clave en la transición energética y para la descarbonización de la economía.

I. INSTRUMENTOS EUROPEOS

En el marco de la Unión Europea (UE) los principales instrumentos financieros con potencial para apoyar proyectos de almacenamiento de energía son los siguientes:

I.1. Next Generation EU y Mecanismo de Recuperación y Resiliencia

Next Generation EU es un nuevo instrumento de recuperación de la crisis ocasionada por la pandemia de Covid-19, dotado con 750.000 millones de euros, de los cuales 390.000 millones se articularán mediante ayudas directas y 360.000 mediante préstamos.

El pilar central de este instrumento es el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia, cuyo objetivo es mitigar el impacto social y económico de la crisis a través de el apoyo a la transición verde y a la transición digital, promoviendo la cohesión económica, social y territorial de la UE mediante la mejora de la resiliencia de los Estados miembros, contribuyendo de esa manera a restablecer el potencial de crecimiento de las economías de la UE, impulsando la creación de empleo y el crecimiento sostenible.

El Mecanismo estará dotado con 672.500 millones de euros destinados a dar apoyo financiero a las reformas e inversiones, de los que 312.500 millones se proveerán en forma de subvenciones y 360.000 millones en forma de préstamos. Del importe destinado a subvenciones, el 70% está comprometido para los dos primeros años. Este instrumento supondrá para España unos 140.000 millones de euros en forma de transferencias y préstamos para el período 2021-2026. Para la ejecución de los fondos europeos hasta 2023, el pasado 7 de octubre de 2020, el Gobierno aprobó el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia España Puede, cuyo detalle se aborda en el apartado 2.1 de este anexo.

Estos fondos serán susceptibles de financiar proyectos de almacenamiento de energía ya que entre sus objetivos se cita el apoyo a la transición ecológica hacia una economía climáticamente neutra, y esta tecnología es fundamental para lograr una alta penetración de energías renovables y la descarbonización del sistema.

Adicionalmente, los fondos de Next Generation EU se desplegarán a través de otros nuevos mecanismos o mediante el refuerzo y aumento de la financiación de mecanismos existentes, tales como Horizon Europe, InvestEU o el Fondo de Transición Justa, recogidos, asimismo, en este anexo.

Más información:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1590732521013&uri=COM:2020:456:FIN>

<https://www.consilium.europa.eu/media/45124/210720-euco-final-conclusions-es.pdf>

https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_es#nextgenerationeu

I.2. Innovation Fund

El Innovation Fund se constituye como uno de los principales programas de financiación para proyectos de tecnologías innovadoras bajas en carbono que se encuentren en fase precomercial o comercial, estando entre ellas el almacenamiento de energía.

En total, se estima que este fondo maneje alrededor de 10.000 millones de euros en el período 2020-2030. Los ingresos provienen de la subasta de derechos de emisión bajo el régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE), así como de los fondos remanentes del programa NER300.

En la selección se aplicarán cinco criterios: 1) las emisiones evitadas, 2) el grado de innovación y 3) el estado de madurez del proyecto; en la segunda etapa se valorarán 4) la escalabilidad y 5) la eficiencia en costes.

- ▶ En el caso de proyectos a gran escala (CAPEX > 7,5 millones de euros), estos criterios se evaluarán en dos etapas: una expresión de interés, donde se evaluarán los tres primeros, de manera que los proyectos que los cumplan pasarán a una segunda fase donde se evaluarán los dos siguientes. Para este tipo de proyectos a gran escala, las ayudas se articularán en forma de subvenciones de hasta el 60% de los costes adicionales ligados a la innovación, mediante convocatorias anuales.
- ▶ Adicionalmente, existirá una línea específica para proyectos de pequeña escala (CAPEX < 7,5 millones de euros), que se basará en un procedimiento de selección abreviado en el que los cinco criterios se aplicarán en una sola etapa, empleando, además, una metodología de valoración más simplificada. En este caso, asimismo, el porcentaje de ayudas del 60% se aplicaría sobre el total del CAPEX, en lugar de solo sobre los costes adicionales derivados de la innovación.

La primera convocatoria, destinada a proyectos a gran escala, fue lanzada el 3 de julio de 2020 y finalizó en octubre de 2020, estando entre los sectores elegibles el almacenamiento de energía. Está dotada de 1.000 millones de euros, más 8 millones de euros destinados a asistencia al desarrollo del proyecto.

La convocatoria para proyectos de pequeña escala **se encuentra abierta desde el 1 de diciembre de 2020 y finaliza el 10 de marzo de 2021**, y está dotada de 100 millones de euros más asistencia para el desarrollo del proyecto. Entre los sectores elegibles se encuentra el almacenamiento de energía, y los proyectos han de suponer una inversión de entre 2,5 y 7,5 millones de euros.

Más información: https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund_es

Primera convocatoria: <https://ec.europa.eu/inea/en/innovation-fund/calls-proposal>

I.3. Horizon 2020 y Horizon Europe

Horizon 2020 (H2020) es el mayor instrumento de financiación de la investigación y la innovación a nivel europeo, dotado con cerca de 80.000 millones de euros. Entre sus objetivos están el de apoyar las políticas para la transición a una economía baja en carbono, la protección del medio ambiente y la acción climática. En términos generales, en torno a un 35% del programa está destinado a financiar proyectos de investigación e innovación relacionados con el cambio climático, entre los que se incluyen los encaminados a lograr una energía limpia, segura y eficiente.

Actualmente el programa para el período 2018-2020 contribuye a varias áreas focales, siendo una de ellas «Construyendo un futuro bajo en carbono y climáticamente resiliente», a la que se han destinado 3.400 millones de euros, y que cuenta con numerosas convocatorias para financiación de proyectos que desarrollen soluciones encaminadas a lograr la neutralidad climática y la resiliencia climática en Europa en la segunda mitad del siglo.

Horizon 2020 (H2020) es el actual Programa Marco de Investigación e Innovación de la UE y fue lanzado para el período 2014-2020. Está en fase de desarrollo el próximo Programa Marco Horizon Europe, para el período 2021-2027, que será el sucesor de Horizon 2020, y que estará dotado con 75.900 millones de euros, de los cuales se estima que un 35% irá

destinado a abordar los desafíos del cambio climático, apoyando políticas para la transición a una economía baja en carbono y la protección del medio ambiente.

El nuevo Horizon Europe incorpora como novedad el concepto de «misiones» para mejorar el impacto y la visibilidad de la investigación y desarrollo a la ciudadanía y sociedad en general, mediante el establecimiento de objetivos ambiciosos, claros y medibles, habiéndose definido cinco áreas de misiones, entre las que se incluye «Ciudades inteligentes y climáticamente neutras». Alcanzar el objetivo de dicha misión implicará oportunidades para distintos tipos de almacenamiento distribuido.

El programa Horizon Europe se va a estructurar en tres grandes pilares, el primero, dedicado a la Ciencia Excelente, el segundo, dedicado a Retos Globales y Competitividad Industrial Europea, y el tercero, a la Innovación Europea. Dentro del segundo pilar se han definido seis *clusters*. El *cluster* 5 se denominada Clima, Energía y Movilidad, y en este *cluster* quedarán recogidos de forma mayoritaria las oportunidades de financiación para todos los sistemas de almacenamiento energético. En este *cluster* se ubica el nuevo partenariado público-privado en baterías, que está en proceso de aprobación y definición de su agenda estratégica de investigación, y que estará alineado con el trabajo llevado a cabo en el marco de los grupos de trabajo de la plataforma tecnológica europea en baterías. Este partenariado identificará temas de interés para ser financiados a través del *cluster* 5 en ciertas áreas de la cadena de valor de las baterías.

El programa Horizon Europe incorpora también como novedad el concepto de partenariados *co-fund*, que, entre otros aspectos, permitirán dar continuidad a las conocidas *Eranets* del H2020, que son redes transnacionales de organismos públicos de financiación de la I+D+i cuyo objetivo es coordinar los programas de investigación nacionales y regionales de los Estados miembros de la Unión Europea y países asociados, así como preparar y ejecutar convocatorias conjuntas para impulsar proyectos transnacionales de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en temas estratégicos de alto valor añadido europeo. Los países se comprometen, además, a llevar a cabo actividades adicionales de interés para estos y para sus entidades industriales y académicas en un área determinada, para impulsar la investigación, la transferencia de conocimiento y la cooperación internacional hacia la construcción del Espacio Europeo de Investigación (ERA).

El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) y la Agencia Estatal de Investigación han participado en muchas de las *Eranets* lanzadas en Horizon 2020 como agencias de financiación nacionales, y está en estudio su participación en los nuevos instrumentos *co-fund* para el período Horizon Europe. En este sentido, dentro del *cluster* 5, están en fase de preparación y aprobación dos instrumentos *co-fund*, uno enfocado a la transición energética limpia, y otro a la transición urbana (ciudades). Ambos generarán oportunidades de proyectos transnacionales, entre otros, en el sector del almacenamiento energético. Los términos concretos de Horizon Europe aún se encuentran en fase de negociación y está previsto que las primeras convocatorias se lancen a inicios de 2021.

Más información:

- ▶ Horizon 2020: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>
- ▶ Horizon Europe: https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme_en

1.4. Pacto Verde Europeo (European Green Deal)

La convocatoria European Green Deal está enmarcada dentro del programa Horizon 2020, y ha sido recientemente lanzada (el plazo para presentación de propuestas abarca del 22 de septiembre de 2020 al 26 de enero de 2021). La convocatoria está dotada con 1.000 millones de euros y se compone de diez áreas (ocho de ellas temáticas y dos transversales), entre las que se encuentran: «Energía limpia, segura y asequible», «Industria para una economía circular y limpia», «Edificios eficientes en recursos y energía» o «Movilidad inteligente y sostenible». El objetivo de la convocatoria es movilizar la investigación y la innovación para dar respuesta a la crisis climática y ayudar a proteger los ecosistemas y la biodiversidad europeos.

Más información: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/green_deal/ec_rtd_factsheet-greendeal-call.pdf

1.5. Reglamento de Ejecución (UE) 2020/1294 de la Comisión, de 15 de septiembre de 2020, relativo al mecanismo de financiación de energías renovables de la Unión

El artículo 33 del Reglamento (UE) 2018/1999, sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima, establece que la Comisión Europea creará a más tardar el 1 de enero de 2021, mediante acto de ejecución, el mecanismo de financiación de energías renovables de la Unión. Dicho acto de ejecución ha sido aprobado mediante el Reglamento de Ejecución (UE) 2020/1294 de la Comisión, de 15 de septiembre de 2020, relativo al mecanismo de financiación de energías renovables de la Unión.

Este mecanismo tendrá dos finalidades. Por un lado, apoyará nuevos proyectos de energías renovables con el objetivo de subsanar un desfase en la trayectoria indicativa de la Unión. A este efecto, los Estados miembros podrán hacer una contribución económica voluntaria al mecanismo de financiación, contabilizándose con posterioridad de cara a sus objetivos parte de la energía que se genere en las instalaciones, independientemente de donde se ubiquen físicamente estas. Por otro lado, el mecanismo de financiación contribuirá al marco facilitador de energías renovables tal y como se define en el artículo 3, apartado 5, de la Directiva (UE) 2018/2001, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, con el objetivo de apoyar un despliegue ambicioso de energías renovables en la Unión.

Dentro del apoyo al marco facilitador de energías renovables, que podrá contar con fondos tanto de los Estados miembros como de la propia Unión, el acto de ejecución establece que, entre otros, se podrán desarrollar proyectos de integración de renovables en red, y recoge explícitamente en su preámbulo que el almacenamiento de energía puede ser elegible, siempre y cuando vaya acompañado de nueva capacidad de generación renovable.

La forma en que se harán llegar los recursos financieros a los proyectos será mediante convocatorias directamente organizadas por la Comisión o por alguna de sus agencias. El mecanismo más probable para la asignación será la subasta, definiéndose la opción de asignación de precio (*pay-as-bid*, *pay-as-clear*, etc.) en cada convocatoria. El acto de ejecución prevé realizar convocatorias anuales, siempre y cuando haya fondos disponibles por parte tanto de los Estados miembros como de la propia Unión. El mecanismo está abierto a proyectos de cooperación con terceros países fuera de la UE.

1.6. InvestEU

El programa InvestEU es un instrumento de la UE cuyo objetivo es movilizar financiación pública y privada para inversiones estratégicas en el marco de las políticas europeas. Cubrirá el período 2021-2027 y reunirá bajo un mismo paraguas al Fondo Europeo de Inversiones Estratégicas y otros trece instrumentos financieros de la UE actualmente existentes. Se prevé que genere una inversión adicional de al menos 650.000 millones de euros.

El fondo InvestEU pretende movilizar inversiones públicas y privadas mediante la concesión de una garantía del presupuesto de la UE a socios financieros como el Grupo del Banco Europeo de Inversiones (Grupo BEI), fortaleciendo su capacidad de absorción de riesgos.

Más información: https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/investment-plan-europe-juncker-plan/whats-next-investeu-programme-2021-2027_en#documents

1.7. Fondo de Transición Justa

Este mecanismo estará dotado de 7.500 millones de euros procedentes del objetivo de crecimiento y empleo, y 10.000 millones de euros adicionales procedentes del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia. El Fondo está destinado a apoyar la transición de las regiones más afectadas por la necesidad de abandonar un modelo económico basado en combustibles fósiles, y, por tanto, se dirige a las regiones que son más intensivas en carbono o más dependientes de los combustibles fósiles. Los criterios de elegibilidad y la tipología de los proyectos que serán financiados aún se están debatiendo, pero se

espera que ciertas regiones españolas vinculadas al carbón puedan resultar elegibles, siendo el almacenamiento de energía y la generación renovable una posible solución para la economía y el empleo de dichas regiones.

Más información: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/651444/IPOL_STU\(2020\)651444_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/651444/IPOL_STU(2020)651444_EN.pdf)

1.8. Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)

El FEDER tiene por objetivo fortalecer la cohesión socioeconómica dentro de la UE, corrigiendo los desequilibrios entre sus regiones. En el período 2014-2020 este Fondo ha incidido especialmente en cuatro áreas temáticas: investigación, desarrollo e innovación; programa digital y tecnologías de la información y la comunicación; apoyo a pymes, y economía de bajas emisiones en carbono. En España, las líneas de ayudas de esta última área temática, cuyo objetivo principal es favorecer el paso a una economía de bajo nivel de emisión de carbono, son gestionadas por el IDAE. En este marco, el IDAE ha puesto en marcha numerosos programas de ayudas para proyectos de ahorro y eficiencia energética y energías renovables, bien bajo la forma de subvenciones o bien mediante préstamos a bajo interés.

Para el próximo período presupuestario de la UE, al menos un 30% deberá dedicarse al objetivo político de «Una Europa más verde», que aplique el Acuerdo de París e invierta en transición energética, energías renovables y acción climática, donde se espera que tenga gran cabida el almacenamiento de energía.

Más información: https://ec.europa.eu/regional_policy/es/funding/erdf/

1.9. InnovFin Energy Demonstration Projects

InnovFin Energy Demonstration Projects es un mecanismo de financiación del Banco Europeo de Inversiones, consistente en préstamos, garantías de préstamos o financiación en forma de participación en el capital social de entre 7,5 y 75 millones de euros, para proyectos innovadores en el ámbito de la transformación del sistema energético, incluyendo tecnologías de energía renovable y almacenamiento de energía y cuyo propósito es reducir la brecha existente entre la demostración y la comercialización.

Para que un proyecto sea elegible para InnovFin Energy Demonstration Projects debe contribuir a la transición energética, particularmente en los campos de energías renovables, sistemas energéticos inteligentes, almacenamiento de energía y captura de carbono; ha de ser innovador, replicable, estar en una fase de demostración próxima al nivel precomercial, y ser atractivo a la inversión. Por su parte, los promotores han de estar dispuestos a cofinanciar de manera significativa el proyecto.

Más información: <https://www.eib.org/en/products/blending/innovfin/products/energy-demo-projects.htm>

1.10. Proyectos Importantes de Interés Común (IPCEI)

Los IPCEI son proyectos englobados dentro de esta iniciativa europea, mediante la cual un proyecto catalogado como tal puede optar a ayudas compatibles con el régimen de ayudas de Estado de la UE. Para ello, el proyecto ha de cumplir una serie de requisitos:

- ▶ El proyecto ha de contribuir, de manera concreta, clara e identificable a uno o más objetivos de la UE.
- ▶ Tener un impacto significativo en la competitividad, en el crecimiento sostenible y en la creación de valor en toda la Unión.
- ▶ Involucrar a varios Estados miembros que trabajan juntos para diseñar un gran proyecto integrado.
- ▶ Que exista cofinanciación por parte de los beneficiarios.

Los beneficios no se limitan a las empresas o sectores en cuestión, sino que se dirigen a toda la economía o sociedad europeas a través de efectos indirectos positivos

1.11. Connecting Europe Facility (CEF)

El CEF es un instrumento de financiación para promover el desarrollo de infraestructuras para lograr redes transeuropeas interconectadas, de alto rendimiento, eficientes y sostenibles en los campos del transporte, la energía y los servicios digitales. En concreto, en el sector de la energía, este mecanismo de financiación está directamente relacionado con los Proyectos de Interés Común de la Unión Europea (IPCEI), de manera que dichos proyectos resultan elegibles para este mecanismo de financiación.

La asignación presupuestaria prevista para el CEF en el horizonte 2021-2027 es de 28.396 millones de euros, de los que se espera que un 60% vaya destinado a alcanzar los objetivos climáticos. Los fondos se distribuirán entre los tres sectores, destinando 21.384 millones de euros al sector del transporte, 5.180 millones de euros al sector de la energía y 1.832 millones de euros al sector digital. La convocatoria del sector de la energía se espera que se celebre a lo largo de 2021.

Más información: <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility>

1.12. Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas (FEIE)

El FEIE funciona como una garantía del presupuesto de la UE, ofreciendo al Grupo BEI protección frente a la primera pérdida. Esto significa que el Grupo BEI puede proporcionar financiación a proyectos de mayor riesgo que el que normalmente asumiría. Un comité de inversión independiente aplica criterios estrictos para decidir si un proyecto puede optar a la ayuda del FEIE. No existen cuotas, ni por sector ni por país. La financiación se concede exclusivamente en función de la demanda.

El FEIE tiene como objetivo superar las fallas actuales del mercado, abordar las brechas del mercado y movilizar la inversión privada. Ayuda a financiar inversiones estratégicas en áreas clave, tales como infraestructura, investigación e innovación, educación, energías renovables y eficiencia energética, así como al financiamiento de riesgo para pymes.

A partir de 2021, el FEIE quedará integrado dentro de InvestEU.

Más información: https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/investment-plan-europe-juncker-plan/european-fund-strategic-investments-efsi_es

1.13. European Battery Alliance (EBA250)

La EBA250 se constituye en octubre del 2017 como un conjunto de acciones encaminadas a lograr una industria europea de desarrollo y producción de baterías competitiva, innovadora y sostenible a lo largo de toda la cadena de valor. Si bien no supone un mecanismo de financiación en sí mismo, su interés recae, entre otros aspectos, en que, en el marco de la EBA250, se ha creado una plataforma tecnológica europea de innovación (ETIP-European Technological Innovation Platform) en baterías, denominada ETIP-BATTERIES EUROPE, que supone el marco de colaboración, o *marketplace*, entre todos los diferentes *stakeholders* europeos en el área de baterías, cubriendo toda la cadena de valor de la investigación e innovación en este sector. La Alianza de Baterías Europea agrupa a la Comisión Europea, a los Estados miembros interesados, al Banco Europeo de Inversiones y a la industria.

Se estima que el mercado que se construya alcance un valor anual de 250 millones de euros en 2025, generando un tejido industrial que combine las competencias europeas más innovadoras, capacidad financiera y un enfoque que abarque toda la cadena de valor industrial.

La Alianza está gestionada por EIT InnoEnergy, a través de su comunidad de conocimiento e innovación (Kic – InnoEnergy) integrada en el European Institute of Innovation and Technology (EIT), organismo de la Unión Europea destinado a fortalecer las capacidades europeas en materia de innovación.

Más información: <https://www.eba250.com/>

I.14. Programa Eurostars

Eurostars es un programa de apoyo las pymes intensivas en I+D en el desarrollo de proyectos transnacionales orientados al mercado. Esta iniciativa se basa en el artículo 185 del Tratado de Funcionamiento de la UE, referente a la participación de la UE en programas conjuntos de investigación y desarrollo.

Actualmente cuenta con la participación de 25 Estados miembros de EUREKA y la UE, en un apoyo decidido a las pymes innovadoras europeas. Hasta 2020 la UE aportará 287 millones de euros provenientes del instrumento pyme de Horizon 2020, a los que se añadirán más de 800 millones de euros de los países signatarios.

En España, el Ministerio de Ciencia e Innovación, a través del CDTI, es responsable de la gestión del programa.

Más información: <https://www.eurostars-eureka.eu/>

I.15. Fondo Social Europeo + (FSE+)

El Fondo Social Europeo +, FSE+, es uno de los fondos de la política de cohesión y el principal instrumento con el que Europa apoya la creación de empleo, siendo la formación y la capacitación los principales mecanismos. Así, es posible financiar con FSE+ (FSE para el período 2021-2027) las iniciativas o programas de formación necesarios para el impulso del almacenamiento de energía.

El Fondo serviría para dar cumplimiento a los retos sociales y medioambientales mencionados en esta Estrategia, ya que uno de los retos es contar con una adecuada formación de los profesionales de los sectores industrial y energético en todas las etapas de la cadena de valor. También podría financiar la puesta en marcha de medidas relacionadas con la adaptación de la formación y planes de estudios y la cualificación y certificación de los instaladores en el sector residencial.

Más información: <https://ec.europa.eu/esf/home.jsp?langId=es>

TABLA I. Resumen de los instrumentos de financiación europeos

	Descripción y características	Dotación	Tipo de ayudas	Convocatorias
Next Generation EU	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Nuevo instrumento de recuperación de la crisis de la Covid-19. ▶ El Mecanismo de Recuperación y Resiliencia es su principal instrumento. ▶ Entre sus objetivos está el apoyo a la transición ecológica. 	<p>NGEU: 750.000 M€.</p> <p>MRR: 672.500.</p>	Subvenciones y préstamos.	—
Innovation fund	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Uno de los principales programas de financiación para tecnologías innovadoras bajas en carbono. ▶ Línea específica de almacenamiento energético. ▶ Criterios de selección: <ol style="list-style-type: none"> 1) Emisiones evitadas. 2) Grado de innovación. 3) Madurez del proyecto. 4) Escalabilidad. 5) Eficiencia en costes. ▶ Convocatorias anuales. ▶ Línea específica para proyectos con CAPEX < 7,5 M€. 	10.000 M€.	Subvención. Hasta 60% de costes adicionales derivados de innovación.	<p>Julio 2020. 1000 M€ para gran escala.</p> <p>Diciembre 2020. 100M€ para pequeña escala.</p>
H2020	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mayor instrumento europeo de financiación de I+D+i. ▶ Entre sus objetivos están los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> – La transición a una economía baja en carbono. – La protección del medio ambiente. – La acción climática. ▶ Actualmente es área prioritaria: «<i>Construyendo un futuro bajo en carbono y climáticamente resiliente</i>». 	<p>80.000 M€.</p> <p>El programa 2018-2020 destina 3.400 M€ al clima.</p>	Varios.	Varios.
Horizon Europe	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Próximo Programa Marco sucesor de H2020. ▶ Actualmente, en fase de desarrollo. ▶ Cluster destinado a «clima, energía y movilidad». ▶ Incorporará partenariados <i>co-fund</i>. 	<p>En negociación.</p> <p>Estimados 75.900 M€, 35% para cambio climático.</p>	Varios.	Enero 2021.
European Green Deal	<p>Once áreas, entre ellas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Energía limpia, segura y asequible. ▶ Industria para una economía circular y limpia. ▶ Edificios eficientes en recursos y energía. ▶ Movilidad inteligente y sostenible. 	1.000 M€.	Varios.	Septiembre 2020.

A. MECANISMOS DE FINANCIACIÓN

	Descripción y características	Dotación	Tipo de ayudas	Convocatorias
Reglamento de Ejecución (UE) 2020/1294 de la Comisión, de 15 de septiembre de 2020, relativo al mecanismo de financiación de energías renovables de la Unión	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mecanismo de apoyo a nivel comunitario, que persigue que determinados EE. MM. consigan sus objetivos de renovables y favorecer un desarrollo ambicioso de las renovables en la UE. ▶ Se contempla el almacenamiento (siempre y cuando vaya asociado a nueva generación renovable). ▶ Criterios de selección: <ul style="list-style-type: none"> – Precio, en el caso de subastas asociadas a la función de <i>gap filling</i> de los objetivos. – Por determinar en cada convocatoria, en el caso del marco facilitador. 	Sin determinar.	Para el caso de <i>gap filling</i> , el único criterio de adjudicación en la subasta será el precio. Para el caso del marco facilitador, se determinará en cada convocatoria.	La primera convocatoria se prevé en 2021. En caso de haber fondos disponibles, se realizarán convocatorias anuales.
InvestEU	Su objetivo es movilizar inversiones públicas y privadas mediante garantía a socios financieros como el Grupo del BEI.	2.800 M€ + flujos de instrumentos anteriores.	Garantía financiera.	2021.
Fondo de Transición Justa	Destinado a apoyar la transición de las regiones más afectadas por la necesidad de abandonar un modelo económico basado en combustibles fósiles.	7.500 M€.	Subvenciones.	2021.
FEDER	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Objetivo: corregir los desequilibrios entre las regiones. ▶ Centra sus inversiones en cuatro áreas temáticas, siendo una de ellas la economía de bajas emisiones de carbono. 	—	Subvenciones o préstamos.	Varias.
InnovFin	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Financiación de proyectos innovadores para transformación del sistema energético. Incluye energías renovables y almacenamiento energético. ▶ Objetivo: reducir la brecha entre la demostración y la comercialización. 	Financiación entre de entre 7,5 y 75 M€.	Préstamos. Garantías de préstamos. Participación capital social.	Varios.
IPECI	Los proyectos designados como tal podrán beneficiarse de mecanismos de financiación compatibles con el mercado interior, y por tanto no considerados ayudas de estado.	—	—	—
CEF	IPCEI resultan elegibles para este mecanismo de financiación.	43.000 M€. 60% para clima. 9.000 M€ para energía.	—	2021.
FEIE	Apoyo a inversiones estratégicas en áreas clave, entre las que se encuentran las energías limpias.	—	Garantía financiera.	En 2021, integrado en InvestEU.
European Battery Alliance EBA250	<ul style="list-style-type: none"> ▶ <i>Marketplace</i> que pone en contacto a diferentes agentes de la industria de las baterías y a agentes inversores. ▶ Objetivo: lograr una industria europea de baterías competitiva y sostenible a lo largo de toda la cadena de valor. 	—	—	—
Eurostars	▶ Programa de apoyo las pymes intensivas en I+D en el desarrollo de proyectos transnacionales orientados al mercado.	28 7M€ de H2020 + 800 M€ de países parte.	—	Varios.
FSE+	Apoyo a la creación de empleo, siendo la formación y la capacitación los principales mecanismos.	—	Subvenciones o préstamos.	Varios.

2. INSTRUMENTOS NACIONALES

2.1. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. España Puede

Para la ejecución de los fondos europeos procedentes del instrumento Next Generation EU hasta 2023, el pasado 7 de octubre de 2020, el Gobierno aprobó el **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia España Puede**. La transición ecológica es uno de los pilares que vertebran el Plan, y para su logro, son claves herramientas como el despliegue de energías renovables, la eficiencia energética o las redes inteligentes, así como elementos que doten de flexibilidad al sistema energético.

Específicamente, la política palanca «Transición energética justa e inclusiva» del citado Plan incluye entre sus objetivos el despliegue de las tecnologías de almacenamiento, siendo esta Estrategia clave para su implementación. En línea con ello, la **componente 8** del referido Plan, **«Flexibilidad del sistema energético, infraestructura eléctrica y redes inteligentes y despliegue del almacenamiento energético»**, dotada con **1.365 millones de euros**, abordará reformas e inversiones relativas a reforzar e impulsar dichas líneas de actuación; esto es, incrementar la flexibilidad del sistema energético, mejorar la infraestructura eléctrica, potenciar las redes inteligentes y favorecer el despliegue del almacenamiento energético.

Uno de los primeros pasos en el diseño de dicha componente ha sido el lanzamiento, el pasado 29 de enero de 2020, a través la web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, de una expresión de interés al objeto de recabar información sobre las distintas soluciones vinculadas a las referidas líneas que conforman la componente 8, de manera que se contribuya a la correcta definición de los instrumentos y mecanismos de actuación que integrarán dicha componente.

Más información: <https://energia.gob.es/es-es/Participacion/Paginas/DetalleParticipacionPublica.aspx?k=386>

2.2. Bonos verdes

En los últimos meses, aprovechando el impulso del Pacto Verde, han sido varias las iniciativas que se están impulsando en este ámbito. Una de ellas va encaminada a propiciar el desarrollo de mercados de «bonos verdes» para financiación pública y privada. Los bonos verdes son instrumentos de renta fija cuyo principal emitido se dedica a financiar o refinanciar proyectos de inversión de carácter medioambiental.

España podría beneficiarse del auge del mercado de finanzas sostenibles diversificando su base inversora, especialmente en Europa, donde se concentran la mayor parte de los agentes inversores sostenibles. Además, dado el apetito que existe en el mercado por este tipo de bonos, la emisión del bono verde podría llegar a suponer una ligera ventaja en costes. También podría generar externalidades positivas para el mercado de bonos verdes corporativos en España, al establecerse una referencia base para el mercado.

2.3. Instrumentos de ayuda a la I+D+i gestionados por CDTI

El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) es el agente gestor de las ayudas de la Administración General del Estado para la I+D+i empresarial. Para ello, el CDTI gestiona los diversos programas de ayuda, aplicables en función del nivel de madurez y cercanía al mercado del proyecto. A continuación, se recogen los diferentes instrumentos para los que podrían resultar elegibles los proyectos relacionados con el almacenamiento energético.

2.3.1. Ayudas a la I+D

Entre 2017 y 2020 el CDTI ha aportado cerca de 30 millones de euros en forma de ayudas a I+D relacionadas con el almacenamiento energético. Estas ayudas se articulan a través de dos mecanismos: ayudas parcialmente reembolsables y subvenciones.

► Ayudas parcialmente reembolsables:

• Proyectos CDTI de I+D:

Categorías de proyectos:

- **Proyectos CIEN:** grandes proyectos de I+D, desarrollados en colaboración efectiva por agrupaciones empresariales y orientados a la realización de una investigación planificada en áreas estratégicas de futuro y con potencial proyección internacional.
- **Proyectos I+D:** desarrollados por empresas y destinados a la creación y mejora significativa de procesos productivos, productos o servicios.

Convocatoria: abierta todo el año.

Características de la ayuda: financiación de hasta el 85% del presupuesto mediante préstamo a tipo de interés fijo (euríbor a 1 año), a devolver en entre 7 y 10 años, con una carencia de entre 2 y 3 años. Tramo no reembolsable: 33%.

Más información: <https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=802&MN=2>

• Proyectos Transferencia Cervera

Objeto: ayudas a proyectos individuales de I+D desarrollados por empresas que colaboren con centros tecnológicos de ámbito estatal en las tecnologías prioritarias Cervera, entre las que se encuentran: sistemas híbridos de generación, almacenamiento energético e hidrógeno.

Convocatoria: abierta todo el año.

Características de la ayuda: financiación de hasta el 85% del presupuesto mediante préstamo a tipo de interés fijo (euríbor a 1 año), a devolver en entre 7 y 10 años, con una carencia de entre 2 y 3 años. Tramo no reembolsable: 33%.

Más información: <https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=881&MN=2>

► Subvenciones:

- **Misiones ciencia e innovación:** el programa financia grandes iniciativas estratégicas e intensivas en Investigación industrial que incorporen las tendencias, desarrollos y retos científico-técnicos más recientes para identificar y resolver los desafíos a los que se enfrentan, en un futuro, sectores productivos críticos para la economía española y para la generación de empleo. Cuenta con cinco líneas prioritarias o «misiones», entre las que se encuentran «Energía segura, eficiente y limpia para el siglo XXI» y «Movilidad sostenible e inteligente».

Convocatorias: anuales. La última finalizó en julio de 2020.

Dotación: la última convocatoria contó con 95 millones de euros.

Más información: https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=902&MN=2&TR=C&IDR=2902&r=1252*783

2.3.2. Compra pública innovadora

Se trata de la adquisición por parte del CDTI de prototipos de primeros productos o servicios en fase precomercial, en forma de series de prueba, tecnológicamente innovadores y que satisfagan necesidades públicas. El prototipo que en su caso se desarrolle será cedido a la Administración pública española que esté interesada en este y pueda proporcionar el

entorno real necesario para validar la tecnología propuesta. El prototipo deberá utilizarse exclusivamente para validar tecnología, sin fines comerciales posteriores.

Más información: <https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=882&MN=2>

2.3.3. INNVIERTE

Programa de coinversión con agentes inversores privados en capital especializado cuyo objetivo es estimular la inversión en empresas tecnológicas e innovadoras españolas.

Más información: <https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=819&MN=2>

2.3.4. Ayudas a la innovación

Apoyo a proyectos de carácter aplicado, muy cercanos al mercado, con riesgo tecnológico medio/bajo y cortos períodos de recuperación de la inversión, que consigan mejorar la competitividad de la empresa mediante la incorporación de tecnologías emergentes.

Convocatoria: todo el año.

Características de la ayuda: la línea directa de innovación es ayuda parcialmente reembolsable en forma de préstamo sobre el 75% del presupuesto. El tipo de interés depende del plazo de amortización: para amortización a 3 años se aplica el euríbor + 0,2%, y para amortización a 5 años, euríbor + 1,2%. Tramo no reembolsable: 2% con carácter general y 5 % si está cofinanciado con FEDER.

Más información: <https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=812&MN=2>

2.4. Instrumentos de ayuda gestionados por IDAE que pueden incluir sistemas de almacenamiento energético

2.4.1. Ayudas a la inversión en instalaciones de generación de energía eléctrica o térmica con fuentes de energía renovable, susceptibles de ser cofinanciadas con fondos de la Unión Europea

El IDAE está desarrollando actualmente un programa de ayudas destinado a impulsar en todo el territorio nacional el desarrollo de proyectos innovadores que se adecúen a las nuevas exigencias de las directivas europeas para la integración de las energías renovables en la red eléctrica. En este sentido, el desarrollo de proyectos no solo se basa en el impulso de una tecnología renovable concreta, sino en la adecuación de las distintas tecnologías entre sí (pudiendo incluir actuaciones de inversión que mejoren la gestión y optimicen su producción mediante, por ejemplo, tecnologías de almacenamiento energético) y con sistemas novedosos de gestión de la demanda, como pueden ser las comunidades de energías renovables y la financiación colectiva de proyectos. Además, estas ayudas también pueden contribuir al desarrollo económico y a la cohesión social de aquellos territorios especialmente afectados por la transición energética.

A efectos de estas convocatorias de ayudas, se consideran diversos sistemas de almacenamiento energético (hidráulico, baterías, hidrógeno, almacenamiento de calor/frío, cambios de fase, sales fundidas, almacenamiento térmico en el subsuelo o en acuíferos...), asociados a distintas tecnologías renovables, tanto eléctricas (hidráulica, fotovoltaica, eólica) como térmicas (biomasa, solar térmica de concentración, geotérmica). El tipo de tecnología y el almacenamiento asociado varían dependiendo de la comunidad autónoma considerada.

Las ayudas se articulan en forma de subvenciones que cubrirán entre el 10% y el 80% de los costes elegibles, dependiendo de la actuación, mediante convocatorias en cada una de las comunidades autónomas correspondientes, estimándose el presupuesto total en 316 millones de euros, aunque parte de ellos se destinarán para programas existentes en territorios no peninsulares centrados en energía eólica y solar fotovoltaica. Las órdenes TED/766/2020 y TED/765/2020, de 3 de agosto de 2020, establecen las bases reguladoras, y las primeras convocatorias al amparo de estas arrancaron en septiembre

de 2020, habiéndose desarrollado específicamente para cada comunidad autónoma mediante grupos de trabajo bilaterales con el IDAE.

Más información: <http://www.idae.es>

2.4.2. SolCan 2020. Ayudas a la inversión en instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología solar fotovoltaica situadas en Canarias

La primera convocatoria de ayudas a la inversión en instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología solar fotovoltaica situadas en Canarias cofinanciadas con fondos comunitarios FEDER fue autorizada por el Consejo de Ministros del 23 de junio 2020, a propuesta del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Las bases se recogen en la Orden Ministerial TEC/I380/2018, de 20 de diciembre, por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión de ayudas a la inversión en instalaciones de producción de energía eléctrica con tecnologías eólica y fotovoltaica situadas en los territorios no peninsulares cofinanciadas con fondos comunitarios FEDER, y la convocatoria SolCan se lanzó mediante la Resolución de 24 de junio de 2020 de la Dirección General del IDAE, por la que se establece la Primera Convocatoria de ayudas a la inversión en instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología solar fotovoltaica situadas en Canarias cofinanciadas con fondos comunitarios FEDER (extracto publicado en el BOE núm. 182, de 2 de julio de 2020).

La convocatoria se dirige a las actividades de construcción y puesta en marcha de instalaciones de generación de energía eléctrica a partir de tecnología solar fotovoltaica de potencia nominal instalada de inversor o inversores trabajando en paralelo para un mismo titular superior a 100 kW situadas en Canarias. Las instalaciones deben estar conectadas a la red de distribución y/o transporte, se contemplan las instalaciones de autoconsumo y se premia el almacenamiento de energía.

2.4.3. EolCan 2. Ayudas a la inversión en instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología eólica situadas en Canarias

La convocatoria EolCan 2, sobre las bases recogidas en la citada Orden Ministerial TEC/I380/2018, de 20 de diciembre, por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión de ayudas a la inversión en instalaciones de producción de energía eléctrica con tecnologías eólica y fotovoltaica situadas en los territorios no peninsulares cofinanciadas con fondos comunitarios FEDER, se lanzó mediante la Resolución de 4 de diciembre de 2020 de la Dirección General del IDAE, por la que se regula la Segunda Convocatoria de ayudas a la inversión en instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología solar fotovoltaica situadas en Canarias cofinanciadas con fondos comunitarios FEDER.

Está destinada a actividades de construcción y puesta en marcha de instalaciones de generación de energía eléctrica a partir de tecnología eólica de potencia nominal instalada superior o igual a 700 kW. Las instalaciones deben estar conectadas a la red de distribución y/o transporte y se contemplan las instalaciones de autoconsumo. Se admiten repotenciaciones en instalaciones eólicas existentes, siempre y cuando la autorización de explotación definitiva de la instalación eólica existente hubiese tenido lugar con anterioridad al 30 de junio de 2002. El ámbito geográfico de los proyectos que opten a las ayudas que se concedan es el de Canarias. Se premia el almacenamiento de energía.

El plazo de presentación de solicitudes se inició el día 15 de diciembre de 2020, que corresponde al día hábil siguiente a la publicación del extracto de la convocatoria en el BOE, y finalizará a las 12:00 horas de Canarias (13:00 horas peninsulares) de la fecha en que se cumplan tres meses computados desde el día natural siguiente a la publicación de dicho extracto de convocatoria en el BOE¹⁶.

¹⁶ <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-instalaciones-de-produccion-de-energia-electrica-con-eolica-y/eolcan-2-ayudas-la-inversion-en-instalaciones-de-produccion-de-energia-electrica-de-tecnologia>

2.4.4. SolBal2. Ayudas a la inversión en instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología solar fotovoltaica situadas en Baleares

La convocatoria SolBal 2, sobre las bases recogidas en la citada Orden Ministerial TEC/1380/2018, de 20 de diciembre, por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión de ayudas a la inversión en instalaciones de producción de energía eléctrica con tecnologías eólica y fotovoltaica situadas en los territorios no peninsulares cofinanciadas con fondos comunitarios FEDER, se lanzó mediante la Resolución de 17 de diciembre de 2020 de la Dirección General del IDAE, por la que se establece la Segunda Convocatoria de ayudas a la inversión en instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología solar fotovoltaica situadas en Baleares.

Está destinada a actividades de construcción y puesta en marcha de instalaciones de generación de energía eléctrica a partir de tecnología solar fotovoltaica de potencia nominal instalada superior a 100 kW.

Las instalaciones deben estar conectadas a la red de distribución y/o transporte y ocupar una superficie igual o inferior a 20 hectáreas. La convocatoria contempla las instalaciones de generación para autoconsumo, y, en su caso, almacenamiento integrado en la instalación de generación. El ámbito geográfico de los proyectos que opten a las ayudas que se concedan es el de Baleares. Se premia el almacenamiento.

El plazo de presentación de solicitudes se inició el día 24 de diciembre, que corresponde al día hábil siguiente a la publicación del extracto de la convocatoria en el *BOE*, y finalizará a las 12:00 horas de la fecha en que se cumplan tres meses computados desde el día natural siguiente a la publicación de dicho extracto de convocatoria en el *BOE*¹⁷.

2.5. Instrumentos de ayuda a la I+D+i gestionados por la Agencia Española de Investigación (AEI)

La Agencia Estatal de Investigación es un instrumento para la financiación con fondos públicos de las actividades de I+D+i. Su finalidad es la promoción de la investigación científica y técnica en todas las áreas del saber mediante la asignación eficiente de los recursos públicos, el fomento de la colaboración entre los agentes del sistema de I+D+i y el apoyo a la generación de conocimientos de alto impacto científico y técnico, económico y social, incluidos los orientados a los retos de la sociedad y el seguimiento de las actividades financiadas.

El Plan Estatal es el principal instrumento de la Administración General del Estado para el desarrollo y consecución de los objetivos de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación e incluye las ayudas estatales destinadas a la I+D+i, que se otorgan preferentemente a través de convocatorias en régimen de concurrencia competitiva.

Más información: <https://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/aei>

¹⁷ <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-instalaciones-de-produccion-de-energia-electrica-con-eolica-y/solbal-2-ayudas-la-inversion-en-instalaciones-de-produccion-de-energia-electrica-de-tecnologia-solar>

Cuadro resumen

TABLA 2. Resumen de los instrumentos de financiación nacionales

	Descripción y características	Dotación	Tipo de ayudas	Convocatorias
Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia España Puede	La componente 8 del Plan contendrá mecanismos de actuación destinados a impulsar y mejorar la flexibilidad del sistema energético, las infraestructuras eléctricas y redes inteligentes y el despliegue del almacenamiento energético.	1.365 M€.	En fase de diseño.	En fase de diseño.
Programa de ayudas IDAE a generación eléctrica renovable innovadora	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Se contempla el almacenamiento si va asociado a nueva generación renovable. ▶ Criterios de selección: <ol style="list-style-type: none"> 1) Criterio económico. 2) Zona de transición justa. 3) Viabilidad administrativa. 4) Externalidades positivas. ▶ Convocatorias puntuales y por CC. AA. ▶ Se valorará positivamente participación en mercados locales y comunidades de energías renovables. 	316 M€.	Subvenciones de hasta el 80% de costes elegibles dependiendo de la actuación de comunidad autónoma.	A partir de septiembre de 2020.
SolCan 2020	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Construcción y puesta en marcha de instalaciones de generación de energía eléctrica a partir de tecnología solar fotovoltaica en Canarias. ▶ Se premia el almacenamiento. 	20 M€.	Subvención.	Julio 2020.
EolCan 2	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Construcción y puesta en marcha de instalaciones de generación de energía eléctrica a partir de tecnología eólica en Canarias. ▶ Se premia el almacenamiento. 	54 M€.	Subvención.	Diciembre 2020.
SolBal 2	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Construcción y puesta en marcha de instalaciones de generación de energía eléctrica a partir de tecnología solar fotovoltaica en Baleares. ▶ Se premia el almacenamiento. 	20 M€.	Subvención.	Diciembre 2020.
Instrumentos de ayuda a la I+D+i gestionados por la AEI	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Financiación con fondos públicos de las actividades de I+D+i. 	—	Subvención.	En elaboración nuevo Plan Estatal (diciembre de 2020).

B. PARTICIPACIÓN PÚBLICA

La elaboración de la Estrategia de Almacenamiento Energético se ha apoyado en un importante proceso de participación pública, brindando a los diferentes agentes implicados la oportunidad de contribuir a su elaboración. Esta participación pública se ha articulado a través de diferentes mecanismos. Por un lado, se efectuó una consulta a actores articulada a través de cinco jornadas temáticas en las que se contó con la participación de múltiples agentes vinculados a la energía, el sector eléctrico y el almacenamiento energético. Adicionalmente, se efectuó una consulta pública previa para la libre contribución de todas las personas interesadas en aportar, cuyos detalles se recogen a continuación. Tras la redacción del borrador de la Estrategia, este fue sometido a una consulta adicional, para recabar nuevamente observaciones por parte de las distintas organizaciones implicadas y del público general. Las aportaciones de estas consultas fueron analizadas y, en su caso, incorporadas en la redacción de la Estrategia.

I. CONSULTA PÚBLICA PREVIA

Entre el 8 de abril y el 19 de junio de 2020 se llevó a cabo el proceso de consulta pública previa para la elaboración de la Estrategia de Almacenamiento Energético, que tuvo lugar de manera simultánea con la efectuada para la elaboración de la Hoja de Ruta del Hidrógeno, con el objetivo de aprovechar las posibles sinergias entre ambas. La consulta se realizó a través del apartado de Participación Pública del portal web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, solicitando a los participantes a que contestasen a 14 preguntas publicadas en dicha sección.

En el proceso de la consulta han participado 86 entidades, la mayor parte de ellas empresas y asociaciones empresariales, vinculadas fundamentalmente a los sectores de la energía, la industria y el transporte. Adicionalmente se contó con la participación de Administraciones públicas, en su mayor parte ayuntamientos, y entidades vinculadas con la I+D+i, así como de particulares.

De las respuestas aportadas en la consulta se desprende un amplio consenso en cuanto a la necesidad del almacenamiento como elemento que favorezca la transición energética, por la flexibilidad que aporta al sistema, y en cuanto al gran potencial que posee para el desarrollo de industria nacional y generación de empleo.

En relación con los aspectos que, según los participantes, debería recoger la Estrategia, las respuestas a la consulta se centran en la necesidad de una definición clara del marco regulatorio, de manera que se reduzcan las incertidumbres relativas a la figura del almacenamiento energético, así como en el establecimiento de un marco regulatorio que evite la duplicidad de cargos y la doble imposición, estando estos dos aspectos identificados como uno de los mayores retos a los que hacer frente, junto con el de favorecer la creación de mercados flexibles y competitivos que incentiven la inversión en este tipo de tecnologías. En este sentido, se insta a que el nuevo marco regulatorio acoja a los distintos modelos de negocio que puedan surgir derivados de las oportunidades que brinde la transición energética.

Una de las principales preocupaciones que ha transmitido el sector está relacionada con la participación en los mercados, y, en concreto, cómo cubrir los costes de las tecnologías de almacenamiento energético en los casos en que no sean recuperados mediante la participación en estos.

Adicionalmente, se emplaza a que la Estrategia defina objetivos concretos y a que se cuantifiquen las necesidades de almacenamiento energético, con base en los escenarios recogidos en el PNIEC y en el gran despliegue de renovables que este prevé.

En cuanto a las diferentes tecnologías de almacenamiento energético, se hace hincapié en que la Estrategia se debe centrar en una regulación que favorezca la neutralidad tecnológica, de manera que todas las tecnologías compitan en igualdad de condiciones.

Como una de las oportunidades más señaladas, aparece la de reforzar la industria nacional a lo largo de toda la cadena de valor; impulsando la economía circular. En este sentido, se hace especial énfasis en la I+D+i como herramienta clave para posicionar a España como líder en tecnologías de almacenamiento energético.

Por último, otro de los grandes retos identificados es el de lograr una amplia participación ciudadana, cuya consecución pasa por el fomento del autoconsumo, la movilidad eléctrica y la implementación de sistemas de gestión de la demanda.

En todo caso, la principal conclusión del análisis de las contribuciones a la consulta pública previa es que es crucial la definición de un marco regulatorio que sirva de base y favorezca el desarrollo de la actividad de almacenamiento energético, tan necesaria para la descarbonización del sistema energético de nuestro país.

2. CONSULTA A ACTORES

La consulta a actores implicados se articuló a través de cinco jornadas en las que se trataron temáticas específicas relacionadas con el almacenamiento energético, mediante ponencias llevadas a cabo por organizaciones y agentes de elevado prestigio en el sector; seguidas de un espacio abierto al debate por parte de todos los asistentes.

Las jornadas se desarrollaron mediante sesiones semanales de tres horas de duración, celebradas entre los días 19 de junio y 14 de julio de 2020. Como particularidad, a causa del brote pandémico de covid-19 y los impedimentos derivados de este en relación con la celebración de reuniones de manera presencial, las cinco sesiones tuvieron lugar de manera telemática, lo que en ningún caso supuso un obstáculo para el diálogo.

Las jornadas, cuyas agendas se detallan al final de este anexo, abordaron las siguientes temáticas, todas ellas relativas al papel del almacenamiento en un sistema energético descarbonizado y flexible:

- 1.^a Almacenamiento a gran escala (delante del contador).
- 2.^a Almacenamiento distribuido.
- 3.^a Retos de desarrollo tecnológicos para el almacenamiento (I+D+i).
- 4.^a Integración inteligente de sectores.
- 5.^a Cuestiones transversales.

Todas las sesiones contaron con una alta participación, reuniendo a más de 60 asistentes por sesión, y alcanzando cerca de 80 en algunas de ellas. Se invitó a participar a representantes de diversos ámbitos relacionados con el almacenamiento energético, abarcando empresas del sector representativas de toda la cadena de valor, la Comisión Europea, asociaciones empresariales, organismos académicos y científico-tecnológicos, colegios profesionales, Administraciones públicas, consultorías, cooperativas y organizaciones sociales, entre otros agentes.

Para las ponencias, cuyo detalle se recoge más adelante en este documento, se escogieron actores que aportaran gran valor añadido a estas, derivado de su experiencia y conocimiento, bien en la industria del almacenamiento en concreto, bien en aspectos más generales relacionados con esta tecnología (regulación, sector eléctrico, I+D+i, hidrógeno renovable, medio ambiente, etc.).

Las ponencias se siguieron de un espacio de diálogo para la libre intervención de los diferentes participantes, donde podían exponer su visión sobre la materia y realizar las aportaciones que estimasen oportunas, con el objetivo de contribuir en la elaboración de la Estrategia de Almacenamiento Energético.

La iniciativa suscitó elevado interés y tuvo gran acogida. Con carácter posterior a las sesiones se recibieron numerosas propuestas de colaboración en la elaboración de la Estrategia, peticiones del material tratado en las ponencias y múltiples felicitaciones por la iniciativa, la calidad de las ponencias y las oportunidades de diálogo y colaboración surgidas a consecuencia de ella.

En total, se llevaron a cabo más de 30 ponencias, a las que se sumaron numerosas intervenciones y reflexiones por parte del resto de asistentes. El detalle de las diferentes sesiones se recoge a continuación.

2.1. Detalle del desarrollo de las sesiones

Sesión 1: Almacenamiento a gran escala (delante del contador)

La primera sesión, celebrada el 19 de junio de 2020, se centró en el almacenamiento de energía delante del contador. La moderación corrió a cargo de la Subdirección General de Prospectiva, Estrategia y Normativa en Materia de Energía, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Contó con ponencias por parte de la Comisión Europea, en la que se presentó el estudio de este organismo sobre almacenamiento de energía; Red Eléctrica de España (REE), en la que se expusieron los beneficios que el almacenamiento traerá al sistema eléctrico, en lo referente a su operación, flexibilidad y fiabilidad; la CNMC, en la que se trataron las diferentes cuestiones regulatorias del almacenamiento de energía; OMIE (Operador del Mercado Ibérico – Polo Español), en la que se abordaron aspectos relativos a la participación del almacenamiento en los mercados, y, por último, AEPIBAL, la asociación empresarial de pilas, baterías y almacenamiento de energía, en la que se aportó la visión del sector.

Sesión 2: Almacenamiento distribuido

La segunda de las jornadas tuvo lugar el 26 de junio de 2020 y abordó el almacenamiento detrás del contador. Fue moderada por el IDAE y contó con ponencias por parte de distintas organizaciones relacionadas con la materia.

Acciona Esco, empresa del grupo Acciona dedicada a la prestación y gestión de servicios energéticos, centró su ponencia en el papel del almacenamiento en la oferta de este tipo de servicios. AEDIVE (Asociación Empresarial para el Desarrollo e Impulso del Vehículo Eléctrico) analizó el potencial de los vehículos eléctricos como herramienta para aportar flexibilidad al sistema eléctrico mediante el uso de sus baterías. Aelec (Asociación de Empresas de Energía Eléctrica) aportó una visión general desde la perspectiva de las empresas eléctricas, centrándose en las oportunidades para el almacenamiento y aspectos regulatorios y tecnológicos, entre otros. Ampere Energy, empresa que ofrece servicios relacionados con el autoconsumo y la gestión inteligente de energía, centró su presentación en el papel del almacenamiento en el autoconsumo y las *virtual power plants* (VPP). APPA Renovables, asociación de empresas renovables, trató las comunidades energéticas y las VPP, describiendo casos de éxito implantados. Por último, AEE (Asociación Empresarial Eólica) trató el almacenamiento de energía en la generación eólica.

Sesión 3: Retos de desarrollo tecnológicos para el almacenamiento (I+D+i)

En la tercera sesión, celebrada el 2 de julio de 2020, se trataron retos y oportunidades del almacenamiento en materia de I+D+i tecnológico. La sesión fue moderada por la Secretaría General de Innovación, del Ministerio de Ciencia e Innovación. Las ponencias corrieron a cargo de diferentes plataformas y centros tecnológicos que cuentan con proyectos relacionados con el almacenamiento energético.

BatteryPlat, plataforma tecnológica española de almacenamiento de energía, integrada por múltiples organizaciones, trató diversos aspectos tecnológicos de las baterías. Ciemat realizó un análisis de los retos tecnológicos del almacenamiento por tecnología y por sector y expuso las líneas estratégicas de I+D+i en almacenamiento del Ciemat. El Centro Nacional del Hidrógeno centró su ponencia en el potencial y la tecnología relacionados con este vector energético. Tecnalia, centro líder en España en investigación aplicada y desarrollo tecnológico, aportó una visión general de los retos de la I+D+i en almacenamiento energético, destacando la importancia de desarrollar proyectos demostrativos.

El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) proporcionó información sobre los diferentes mecanismos de financiación a los que pueden recurrir los promotores de este tipo de proyectos. CIUDEN (Ciudad de la Energía), plataforma para el desarrollo de tecnologías de gestión de la energía, entre las que se encuentran las destinadas al almacenamiento energético, describió, además de sus proyectos, diversas iniciativas europeas relacionadas con la I+D+i tecnológica en materia de almacenamiento energético. El centro de investigación GREIA-Universidad de Lleida centró la ponencia en el almacenamiento térmico y presentó la red española de almacenamiento térmico, integrada por varias universidades.

Por último, CIC energiGUNE, centro de investigación cooperativa en materia de almacenamiento electroquímico térmico, expuso sus diferentes líneas de investigación situadas a lo largo de toda la cadena de valor, describió iniciativas europeas de referencia y propuso una serie de recomendaciones que considerar en la elaboración de la Estrategia, desde el punto de vista de su ámbito de trabajo.

Sesión 4: Integración inteligente de sectores

La cuarta jornada fue moderada por la Subdirección General de Hidrocarburos y Nuevos Combustibles, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Se celebró con fecha 9 de julio de 2020, un día después de la publicación por parte de la Comisión Europea de la Estrategia Europea para la Integración del Sistema Energético y la Estrategia Europea del Hidrógeno, y la sesión contó con un miembro de la Comisión que presentó ambas estrategias.

Posteriormente, tuvieron lugar ponencias relacionadas con la integración sectorial por parte de organizaciones procedentes de diferentes sectores. Protermosolar, la Asociación Española para la Promoción de la Industria Termosolar, abordó el potencial de esta tecnología, en la que España cuenta con un gran liderazgo, en la integración de sectores a través del almacenamiento de energía. Enagás, compañía de transporte de gas natural y Gestor Técnico del Sistema Gasista de España, abordó la oportunidad que supone el aprovechamiento de las redes gasistas para una efectiva integración sectorial, así como el potencial de emplear gases renovables como vector energético. En esta línea, la Asociación Española del Hidrógeno (AeH2) se centró en el potencial del hidrógeno renovable, describiendo, entre otros aspectos, diversas iniciativas europeas constituidas para su impulso.

La Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos expuso las posibilidades con que cuenta España en materia de producción de combustibles renovables, gases renovables e hidrógeno renovable, a través de sus refinerías, entre otras infraestructuras. Por último, IMDEA se centró en el almacenamiento como núcleo de interconexión entre los diferentes sectores, repasando diferentes tecnologías habilitadoras para la integración de sectores a través de la energía, ilustrando su potencial mediante un ejemplo de proyecto integrador en el que esta organización participa.

Sesión 5: Cuestiones transversales

La quinta sesión trató aspectos de carácter transversal relacionados con el almacenamiento, tales como la sostenibilidad, nuevos modelos de negocio, modelos de negocio alternativos, o la transición justa, entre otros. Se celebró el 14 de julio de 2020 y fue moderada por la Subdirección General de Prospectiva, Estrategia y Normativa en Materia de Energía.

En esta sesión, Greenpeace aportó su visión sobre la importancia del almacenamiento para la descarbonización del sistema, centrándose en aspectos medioambientales de este tipo de proyectos. RESCoop Eu, Federación Europea de Cooperativas de Energías Renovables, describió el papel de estas entidades en el sector energético, mientras que Unión Renovables, la Unión de Cooperativas de Consumidores y Usuarios de Energías Renovables, complementó esta visión con su ponencia en esa misma línea.

BeePlanet, empresa dedicada a la gestión integral de baterías de segunda vida, describió su modelo de negocio, consistente en la recuperación y nueva puesta en servicio de estos equipos.

Sarga, Sociedad instrumental de la Conserjería de Desarrollo Rural y Sostenible que desarrolla diversos proyectos destinados a mejorar el medio rural y el medio ambiente de la región, y que ha participado en un proyecto piloto de autoconsumo y almacenamiento del programa transnacional Interreg Med, programa destinado al desarrollo sostenible de países mediterráneos mediante proyectos innovadores, describió su experiencia durante dicho proyecto.

Por último, R2M Solutions, compañía especializada en ofrecer soluciones innovadoras en diferentes ámbitos, abordó las oportunidades de negocio derivadas de la creación de la figura de comunidades energéticas.

2.2. Agendas de las sesiones

TABLA 3. Agenda de la consulta a actores

1.ª SESIÓN. ALMACENAMIENTO A GRAN ESCALA (DELANTE DEL CONTADOR)	
HORARIO:	ACTIVIDAD
10:00-10:05	Apertura de la sesión e introducción
10:05-11:00	Presentaciones a cargo de los ponentes y preguntas Modera: Subdirección General de Prospectiva, Estrategia y Normativa en Materia de Energía (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico):
	COMISIÓN EUROPEA
	RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA
	CNMC
	OMIE
	AEPIBAL
11:00-11:35	Preguntas y reflexiones por parte de los asistentes
11:35-11:55	Descanso
11:55-12:55	Preguntas y reflexiones por parte de los asistentes
12:55-13:00	Cierre

2.ª SESIÓN. ALMACENAMIENTO DISTRIBUIDO (DETRÁS DEL CONTADOR)	
HORARIO:	ACTIVIDAD
10:00-10:05	Apertura de la sesión e introducción
10:05-11:00	Presentaciones a cargo de los ponentes y preguntas Modera: IDAE
	ACCIONA ESCO
	AEDIVE
	AELEC
	AMPERE ENERGY
	APPA RENOVABLES
	ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EÓLICA
11:00-11:35	Preguntas y reflexiones por parte de los asistentes
11:35-11:55	Descanso
11:55-12:55	Preguntas y reflexiones por parte de los asistentes
12:55-13:00	Cierre

3.ª SESIÓN. RETOS DE DESARROLLO TECNOLÓGICOS PARA EL ALMACENAMIENTO (I+D+i)	
HORARIO:	ACTIVIDAD
10:00-10:05	Apertura de la sesión e introducción
10:05-11:00	Presentaciones a cargo de los ponentes y preguntas Modera: Secretaría General de Innovación (Ministerio de Ciencia e Innovación)
	BATTERY PLAT
	CIEMAT
	CENTRO NACIONAL DEL HIDRÓGENO
	TECNALIA
	CDTI
	CIUDEN (Ciudad de la Energía)
	GREIA-UNIVERSIDAD DE LLEIDA
	CIC energiGUNE
11:00-11:35	Preguntas y reflexiones por parte de los asistentes
11:35-11:55	Descanso
11:55-12:55	Preguntas y reflexiones por parte de los asistentes
12:55-13:00	Cierre

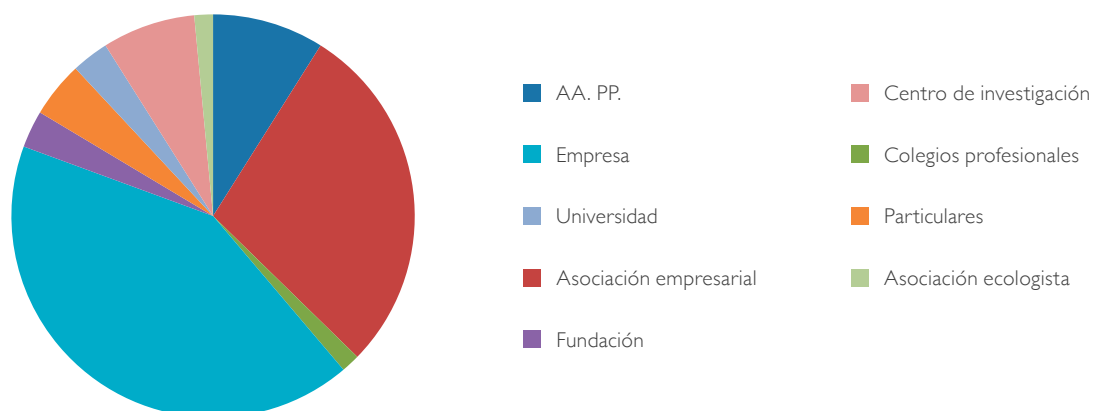
4.ª SESIÓN. INTEGRACIÓN INTELIGENTE DE SECTORES	
HORARIO:	ACTIVIDAD
10:00-10:05	Apertura de la sesión e introducción
10:05-11:00	Presentaciones a cargo de los ponentes y preguntas Modera: Subdirección General de Hidrocarburos y Nuevos Combustibles (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)
	COMISIÓN EUROPEA
	PROTERMOSOLAR
	ENAGÁS
	AEH2
	AOP
	IMDEA
11:00-11:35	Preguntas y reflexiones por parte de los asistentes
11:35-11:55	Descanso
11:55-12:55	Preguntas y reflexiones por parte de los asistentes
12:55-13:00	Cierre

5.ª SESIÓN. CUESTIONES TRANSVERSALES	
HORARIO:	ACTIVIDAD
11:00-11:05	Apertura de la sesión e introducción
11:05-12:10	Presentaciones a cargo de los ponentes y preguntas
	Modera: Subdirección General de Prospectiva, Estrategia y Normativa en Materia de Energía (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)
	GREENPEACE
	RESCOOP EU
	UNIÓN RENOVABLES
	BEEPLANET
	SARGA
12:10-12:55	Preguntas y reflexiones por parte de los asistentes
12:55-13:00	Cierre

3. CONSULTA PÚBLICA DEL BORRADOR DE LA ESTRATEGIA DE ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO

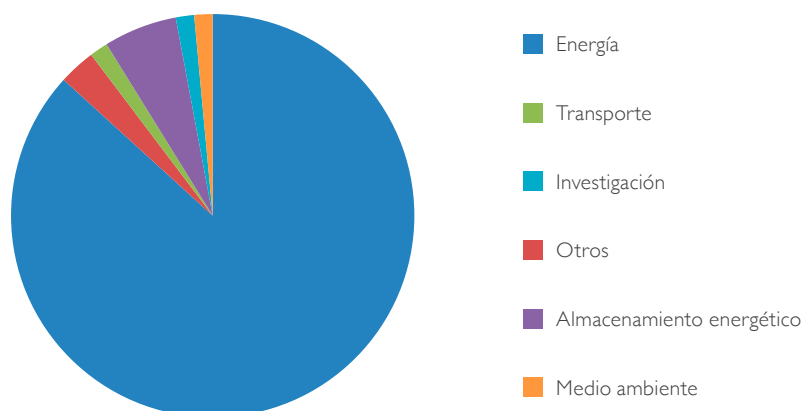
En el proceso de la consulta pública del borrador de la Estrategia de Almacenamiento Energético, llevado a cabo entre el 9 de octubre y el 9 de noviembre, han participado 67 entidades, la mayor parte de ellas empresas (con un total de 29) y asociaciones empresariales (19). Adicionalmente han participado 6 Administraciones públicas, 5 centros de investigación, 3 particulares, 2 universidades, 2 fundaciones, 1 asociación ecologista y 1 colegio profesional, como se muestra en la siguiente gráfica:

FIGURA 17. Tipología de los alegantes



En cuanto al ámbito o sector al que pertenecen los alegantes, la siguiente gráfica muestra el reparto. La mayor parte de las entidades están vinculadas al sector de la energía y algunas, concretamente, al almacenamiento energético. El término «Otros» hace referencia a Administraciones públicas no vinculadas a los sectores anteriores.

FIGURA 18. Ámbito de los alegantes



Análisis de alegaciones

Los participantes muestran un moderado nivel de diversidad, debido a la especificidad del ámbito de la Estrategia de Almacenamiento, estando muy enfocadas sus aportaciones en el sector energético principalmente. En su conjunto indican que la Estrategia planteada es, con carácter general, equilibrada en cuanto a los distintos ámbitos tecnológicos del almacenamiento, con buena acogida de las medidas planteadas para su efectivo despliegue y su plena integración en el sistema, así como a las oportunidades el desarrollo de su cadena de valor. Como contraparte, algunos de los alegantes reclaman más especificidad y grado de detalle en el desarrollo de las medidas.

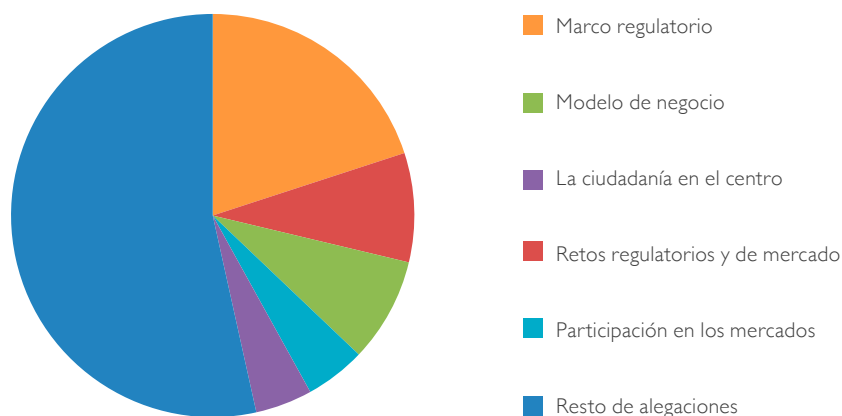
Las partes del documento que más interés han despertado son las siguientes:

TABLA 4. Principales menciones en la consulta pública a las partes de la Estrategia

Referencia Estrategia	
Marco regulatorio	210
Retos regulatorios y de mercado	92
Modelo de negocio	88
Participación en los mercados	51
La ciudadanía en el centro	48

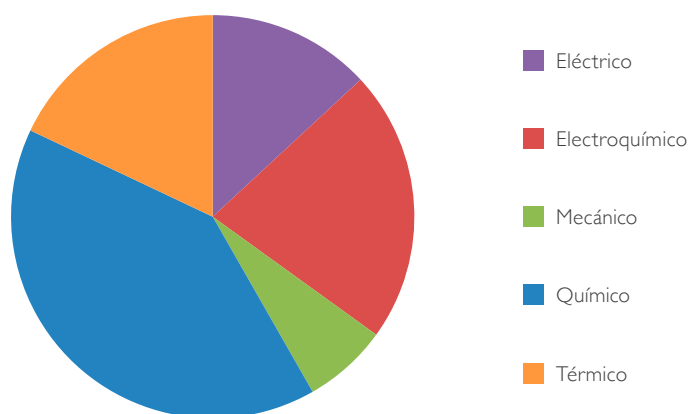
Se presenta también su peso sobre el total de las alegaciones recibidas:

FIGURA 19. Partes del documento referidas en las alegaciones



Asimismo, dentro de las alegaciones que hacen referencia a tecnologías concretas de almacenamiento, destaca el tipo químico (hidrógeno, amoníaco, metano y combustibles sintéticos y alternativos), reclamando una mayor mención a los combustibles sintéticos y más detalle en las tecnologías de generación y aplicaciones del hidrógeno, con el siguiente reparto:

FIGURA 20. Tipo de almacenamiento en las alegaciones



En relación con las propuestas incorporadas, cabe señalar que, aparte de la corrección de alguna errata y de mejoras aplicables a textos y gráficos, por lo general, se referían a ideas y propuestas ya recogidas en diferentes apartados de la Estrategia, pero su consideración ha permitido reforzarlas y extenderlas a otras partes del documento, para hacerlas más patentes.

Entre ellas:

- ▶ Añadir referencias a la Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable y a la futura Hoja de Ruta del Biogás en integración sectorial para que reforzar el papel de los gases renovables en el almacenamiento.
- ▶ Inclusión de un mayor detalle de la capacidad de almacenamiento actual disponible en España (en el apartado de 7, sobre necesidades).
- ▶ Insistir en la importancia de la transición digital y la gestión inteligente de las redes, incluyendo, además, mención al PEICTI 2021-2023 en I+D+i.
- ▶ Destacar la aceleración de la transición energética en el corto plazo gracias al Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la Economía española.
- ▶ Revisión del anexo de financiación (*Innovation Fund*).

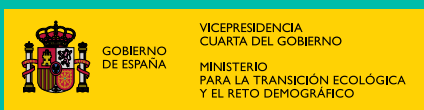
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Evolución anual de la nueva potencia instalada mundialmente	8
FIGURA 2. Clasificación de las tecnologías de almacenamiento energético	14
FIGURA 3. Parámetros de funcionamiento de las tecnologías de almacenamiento energético	21
FIGURA 4. Aplicaciones de las tecnologías de almacenamiento	22
FIGURA 5. Principales servicios del almacenamiento al sistema eléctrico	23
FIGURA 6. La cadena de valor del almacenamiento de energía	27
FIGURA 7. Retos del almacenamiento	30
FIGURA 8. Líneas de acción de la Estrategia de Almacenamiento Energético	39
FIGURA 9. Líneas de actuación: marco regulatorio y participación en los mercados	47
FIGURA 10. Líneas de acción: modelo de negocio	55
FIGURA 11. Líneas de acción: integración sectorial	57
FIGURA 12. Líneas de acción: la ciudadanía en el centro	58
FIGURA 13. Líneas de acción: las palancas de desarrollo tecnológico	64
FIGURA 14. Líneas de acción: sostenibilidad	71
FIGURA 15. Oportunidades del almacenamiento de energía	77
FIGURA 16. Previsión de necesidades de almacenamiento energético	84
FIGURA 17. Tipología de los alegantes	109
FIGURA 18. Ámbito de los alegantes	110
FIGURA 19. Partes del documento referidas en las alegaciones	111
FIGURA 20. Tipo de almacenamiento en las alegaciones	111

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Resumen de los instrumentos de financiación europeos	94
TABLA 2. Resumen de los instrumentos de financiación nacionales	101
TABLA 3. Agenda de la consulta a actores	107
TABLA 4. Principales menciones en la consulta pública a las partes de la Estrategia	110



MARCO ESTRATÉGICO DE ENERGÍA Y CLIMA