



BORRADOR DE LA ESTRATEGIA DE ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO

Octubre de 2020



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	5
1. MARCO DE LA ESTRATEGIA	7
1.1. CONTEXTO INTERNACIONAL.....	7
1.2. MARCO NACIONAL	10
2. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA	14
2.1. SISTEMAS MECÁNICOS	14
2.2. SISTEMAS ELECTROQUÍMICOS.....	16
2.3. SISTEMAS QUÍMICOS.....	18
2.4. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA TÉRMICA.....	19
2.5. SISTEMAS ELÉCTRICOS.....	21
2.6. CARACTERIZACIÓN DE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS.....	22
2.7. EL ALMACENAMIENTO PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA.....	23
3. LA CADENA DE VALOR DEL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA	25
4. DIAGNOSIS DEL ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO: RETOS	28
4.1. RETOS REGULATORIOS Y DE MERCADO.....	29
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 A LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO.....	35
4.7. RETOS RELATIVOS AL COMPORTAMIENTO, FALTA DE INFORMACIÓN O PERCEPCIÓN DEL RIESGO	36
4.8. RETOS SOCIALES Y MEDIOAMBIENTALES.....	36
4.9. MATERIALES CRÍTICOS Y ESTRATÉGICOS	37
5. LÍNEAS DE ACCIÓN DE LA ESTRATEGIA	39
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.....	68
5.8.	NECESIDADES EN LOS SISTEMAS INSULARES Y AISLADOS.....	70
5.9.	GOBERNANZA	71
5.10.	ANÁLISIS PROSPECTIVO.....	72
6.	OPORTUNIDADES DEL ALMACENAMIENTO	74
7.	POTENCIALES NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO EN LA SENDA HACIA LA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA.....	78
A.	MECANISMOS DE FINANCIACIÓN	81
B.	PARTICIPACIÓN PÚBLICA	95

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Evolución anual de la nueva potencia instalada mundialmente. Fuente: AIE.....	8
FIGURA 2. Clasificación de las tecnologías de almacenamiento.....	14
FIGURA 3: Parámetros de funcionamiento de las tecnologías de almacenamiento	22
FIGURA 4. Aplicaciones de las tecnologías de almacenamiento.....	23
FIGURA 5. Principales servicios del almacenamiento al sistema eléctrico	24
FIGURA 6. La cadena de valor del almacenamiento de energía	27
FIGURA 7. Retos del almacenamiento	29
FIGURA 8. Líneas de actuación de la Estrategia de Almacenamiento Energético	39
FIGURA 9. Líneas de actuación: marco regulatorio y participación en los mercados.....	48
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.....	70
FIGURA 15. Oportunidades del almacenamiento de energía	74
FIGURA 16. Previsión de necesidades de almacenamiento	78

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.

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 en 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 térmico.

Durante la elaboración de esta 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, 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 de la participación del almacenamiento a los existentes y futuros mecanismos de mercado.

Se presentan diversas oportunidades en el desarrollo del almacenamiento a lo largo de toda la cadena de valor. El desarrollo de nuevos modelos de negocio supone una oportunidad en términos de empleo, creación y fortalecimiento de una industria nacional y reducción de la dependencia de materiales críticos del exterior. Mantener el liderazgo ya existente a nivel nacional es clave, a la vez que se abren un sinfín 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 integrados en la edificación y en sus componentes; en el caso del sector industrial, que presenta un fuerte potencial de autoconsumo con almacenamiento, integración energética y

descarbonización de procesos que utilizan energía térmica, tanto frío como calor; así como 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 masivo del almacenamiento, y, por otro, profundizar en el liderazgo tecnológico en tecnologías bajas en carbono.

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, y la mejora del medioambiente.

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

Las necesidades mínimas de almacenamiento para España, derivadas de los objetivos del PNIEC y del borrador 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 ese año. 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.

1. MARCO DE LA ESTRATEGIA

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 reemplazado por 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 a 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, hacen necesario contar con sistemas que hagan frente a las brechas instantáneas existentes en generación y demanda, almacenando energía en los periodos 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, de manera que este elemento sea clave para conseguir la neutralidad climática.

1.1. 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.

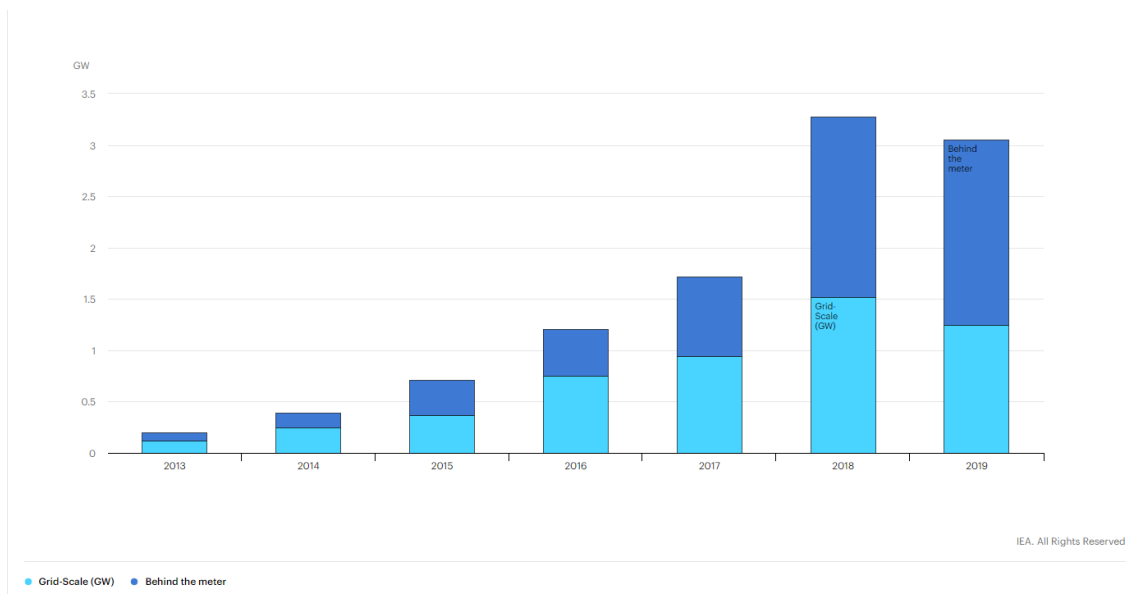


FIGURA 1. Evolución anual de la nueva potencia instalada mundialmente. Fuente: AIE

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 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, este marco 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 **Plan de Recuperación** supondrá un impulso a la recuperación económica tras la crisis derivada de la pandemia ocasionada por la COVID-19, a través de inversiones verdes, entre las que se encuentran las tecnologías de almacenamiento.

A nivel legislativo, el **Paquete de “Energía Limpia para todos”**, incluye diversas disposiciones legislativas que regulan el almacenamiento energético en la UE: la Directiva 2019/944 sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y el Reglamento 2019/943 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 claves del nuevo marco normativo. En la Directiva 2018/2001 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, 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 las baterías, de manera que se elimine la dependencia tecnológica, al tiempo que se capitaliza 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/CE, 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 **IPCEIs (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 de 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 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 portadores 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.

1.2. 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 diversos documentos:

- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.
- Borrador de la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050.
- Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética.
- Estrategia de Transición Justa.
- Estrategia Nacional de lucha contra la Pobreza Energética

El **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030** 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, 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.

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 a implementar para un desarrollo efectivo del almacenamiento. Esta medida contempla un desarrollo normativo tanto para la gestión de la demanda como para el almacenamiento.

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.

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, el borrador de la **Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050** (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 portadores energéticos fundamentales para la descarbonización es el hidrógeno verde, 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, el borrador de la ELP incluye la necesidad de almacenamiento diario, semanal y estacional para el periodo 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**¹, aprobada por Consejo de Ministros el 7 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 energética, 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 verde, la Hoja de Ruta destaca su relevancia como mecanismo del almacenamiento energético estacional, incluyendo entre sus medidas actuaciones destinadas a impulsar la investigación para el progreso del mismo.

La Hoja de Ruta del Hidrógeno prevé la instalación de 4GW de potencia de electrolizadores en el horizonte 2030, y una contribución mínima del 25% de hidrógeno renovable respecto del total consumido para ese año. Adicionalmente, contempla una serie de hitos en ese horizonte: una flota de unos 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, horizonte 2050, 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 con rango legal 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, habiendo sido la primera propuesta legislativa que incluye algunas de las consideraciones del Paquete de Energía Limpia para todos los europeos en esta materia.

¹ https://www.miteco.gob.es/images/es/hojarutadelhidrogeno_tcm30-513830.pdf

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. Por último, el Real Decreto-Ley es un paso para el desarrollo de los puntos de recarga ultrarápida necesarios para el despliegue del vehículo eléctrico de acuerdo a 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 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, 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.

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 2021-2030 y en el borrador de la ELP 2050. 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.

Por lo tanto, para proveer las necesidades de flexibilidad del sistema energético, serán necesarias distintas soluciones desde el lado de oferta y de la demanda. Entre ellos, debe contarse con un amplio abanico de soluciones de almacenamiento, con distintas tecnologías y

prestaciones, y diversa ubicación en el sistema energético, tanto delante como detrás del contador.

La evolución tecnológica, que a estas alturas introduce un 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, 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 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.

2. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

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:

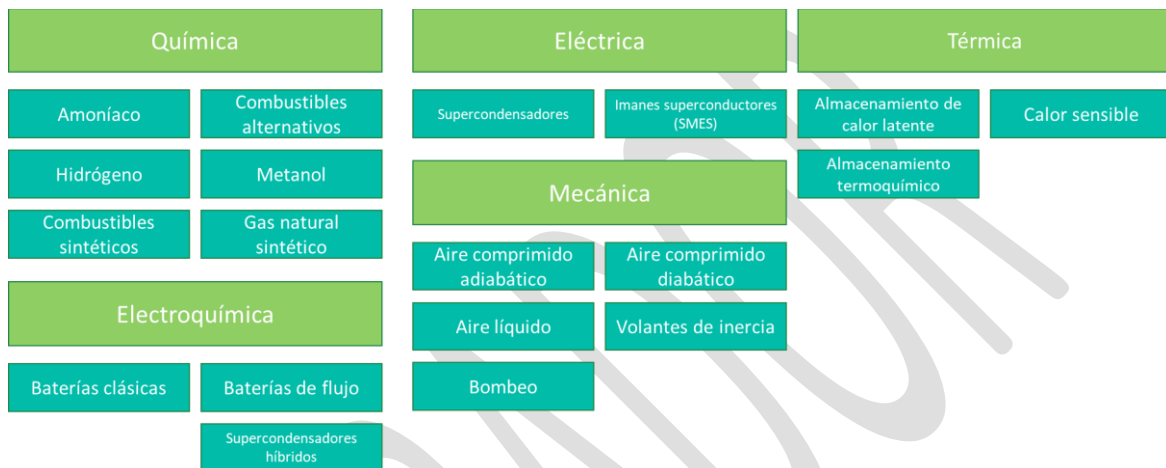


FIGURA 2. Clasificación de las tecnologías de almacenamiento.

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 periodos de alta demanda, el agua almacenada en el embalse superior se libera mediante turbinas hacia un depósito inferior para producir electricidad, mientras que en periodos 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 puede 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. 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 residual 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, controladas 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.

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 los mismos. 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) por disolución del material del electrodo. 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 composición en celdas les confiere un carácter altamente modular y apto para su manufactura, pudiendo 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 evitar 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 60-70% 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 emplean dos reactivos que al entrar en contacto se transforman en otro compuesto, produciendo energía eléctrica. En este caso emplean dos electrolitos (líquidos o combinación de líquido y gas), uno en elevado estado de oxidación y otro en bajo estado de oxidación, de manera que actúen como portadores energéticos. Los electrolitos se dividen mediante un separador, generalmente una membrana ión-selectiva, que en condiciones de carga y descarga permite que ciertos iones seleccionados puedan traspasarla y completar las reacciones químicas a nivel de celda.

Esta tecnología presenta una amplia variedad de combinaciones de electrolitos, algunos de ellos todavía en investigación. Comercialmente destacan las baterías de Vanadio (VRB), de gran rapidez de respuesta de carga/descarga, con un número de ciclos de carga/descarga muy superior a otros tipos de baterías y habitualmente empleadas para calidad de energía y huecos de tensión, y las de Zinc-Bromo (Zn-Br).

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 carbón y un líquido electrolito. Se trata de un mecanismo altamente reversible, tal y como sucede con los condensadores convencionales, lo cual permite su carga y descarga a elevados ratios de 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 sintetizarse en 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 renovable², 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 los gases de efecto invernadero generados durante el ciclo de producción, al tiempo que se aprovecha la energía renovable de uso directo, o bien, 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 gradualmente cuando sea requerida. Su densidad energética es inferior a la de otros combustibles.

El hidrógeno se clasifica comúnmente entre verde, gris o azul en función de su origen. El hidrógeno gris requiere gas natural u otros gases ligeros para su producción, mientras que el azul se produce a partir de gas natural con sistemas de captura y almacenaje de CO₂. Por su parte, el hidrógeno verde 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

² https://www.miteco.gob.es/images/es/hojarutadelhidrogeno_tcm30-513830.pdf

nuevamente mediante el empleo de dispositivos reversibles. Adicionalmente, puede obtenerse hidrógeno mediante otros métodos, como la fotocatalisis o la termólisis, en un estado aún bajo de madurez tecnológica.

Debido a su condición de vector energético, el hidrógeno proporciona un amplio abanico de opciones para su aplicación en sus 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 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 dar lugar mediante síntesis a sustancias líquidas fácilmente transportables empleando las actuales redes de suministro, tales como el metanol, el octano, el amoníaco o los derivados amónicos. De entre ellos, destaca el amoníaco, al contar con una infraestructura propia desarrollada que favorecería su almacenamiento. Este compuesto no contiene carbono en su molécula, aunque, 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 dar lugar a combustibles con propiedades similares a los combustibles fósiles. A partir del gas de síntesis (hidrógeno y monóxido de carbono), mediante un proceso Fischer-Tropsch, es posible sintetizar hidrocarburos, obteniendo combustibles líquidos sintéticos de origen renovable tales como el éter dimetilo (DME), el diésel o el queroseno sintéticos. Estos combustibles de origen no fósil no sólo 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. 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.

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 y bajas en carbono, 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, 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.

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 las aplicaciones tales como los ciclos de valor, que permiten devolver la electricidad a la red.

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 o piedras naturales, como las volcánicas.

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 y 200°C; y metales y carbonatos a partir de los 400°C.

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 aun 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 periodos de tiempo gracias a la acumulación de carga eléctrica en una doble capa eléctrica en la interfaz entre un electrodo de carbón 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 elevados 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 de ion litio. La investigación actual está orientada a aumentar la capacidad de los electrolitos al tiempo que se mitiga su toxicidad.

2.5.2 Imanes superconductores (SMES)

Los superconductores 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.

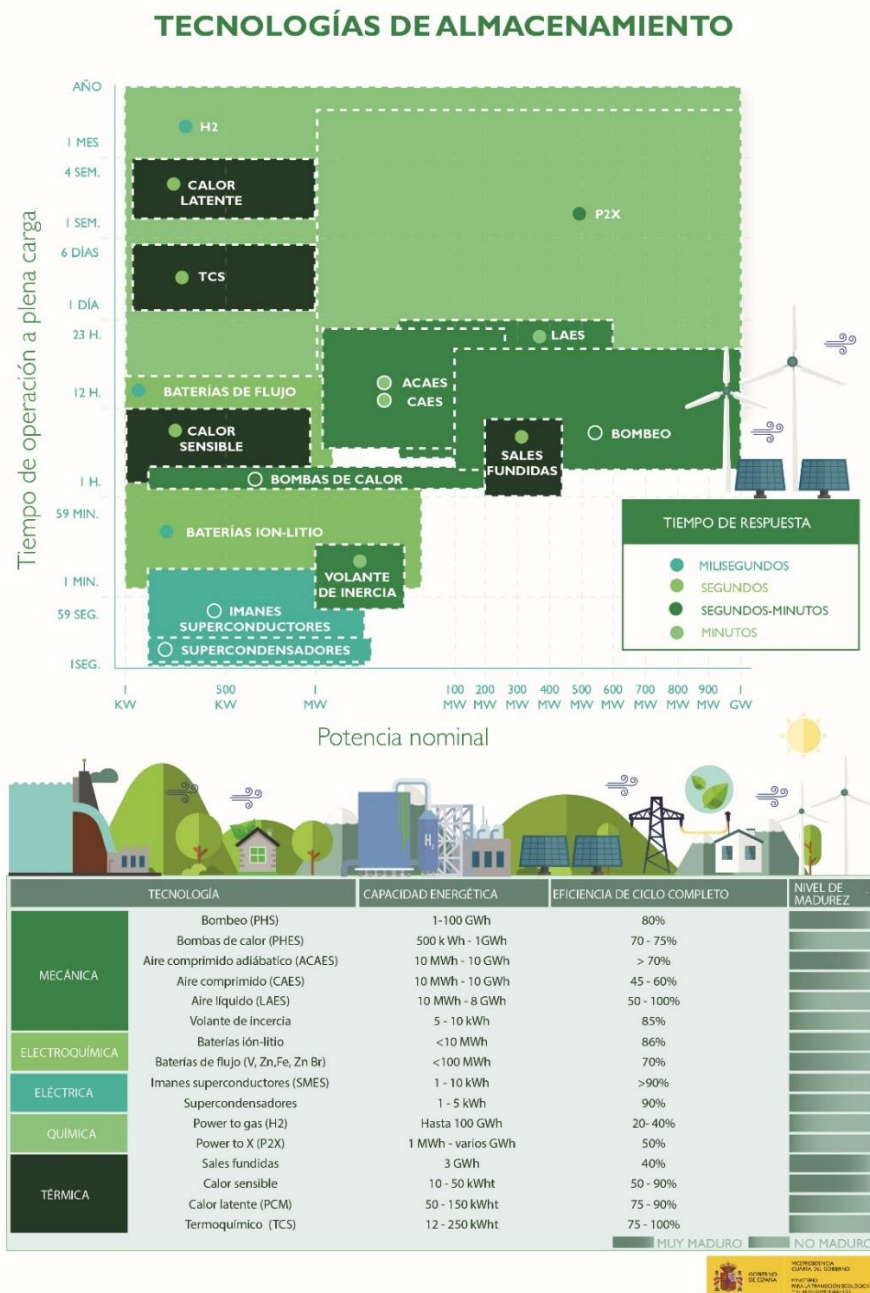


FIGURA 3: Parámetros de funcionamiento de las tecnologías de almacenamiento

2.7. El almacenamiento para 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. 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:

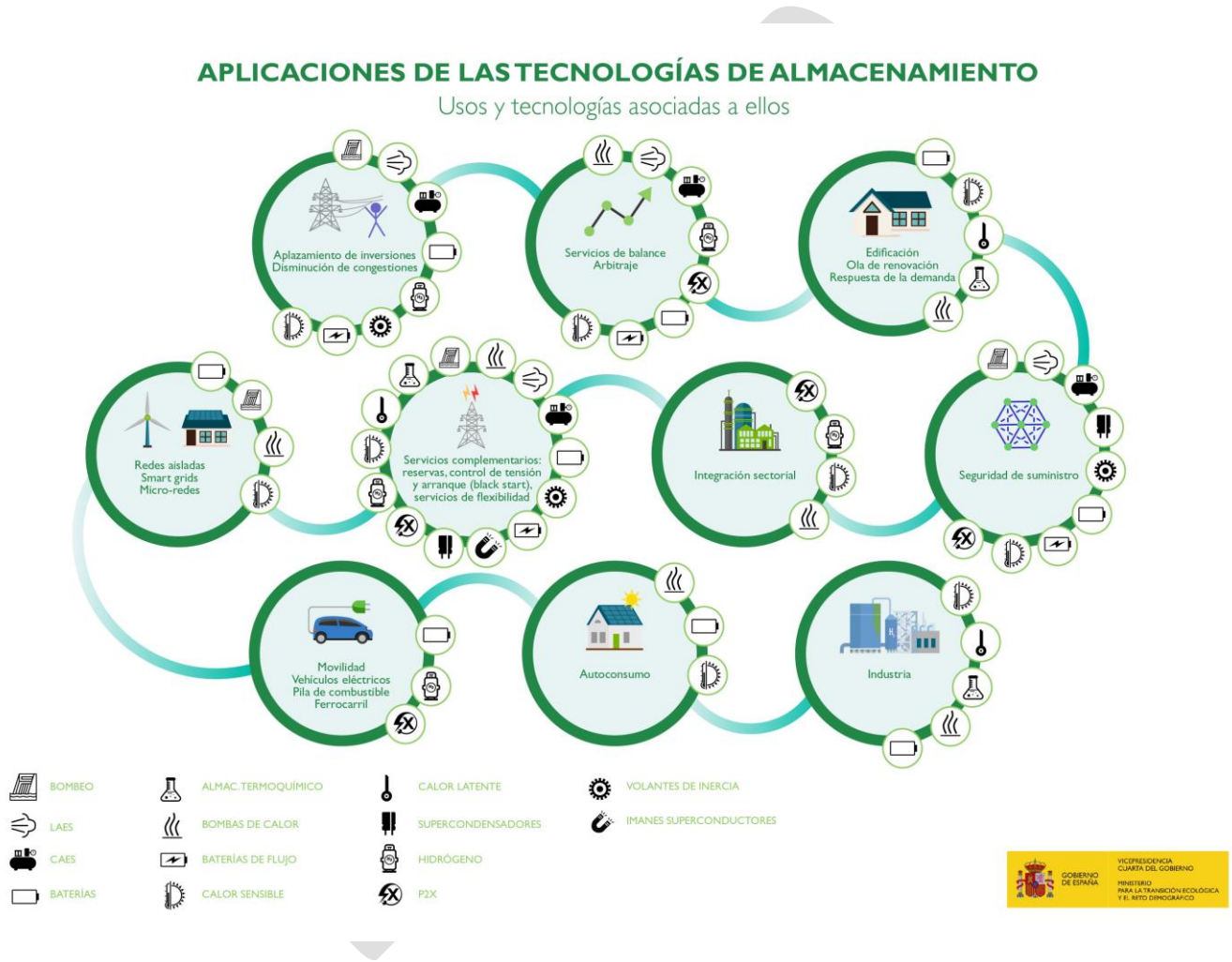


FIGURA 4. Aplicaciones de las tecnologías de almacenamiento

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, pueden resumirse en la siguiente figura:

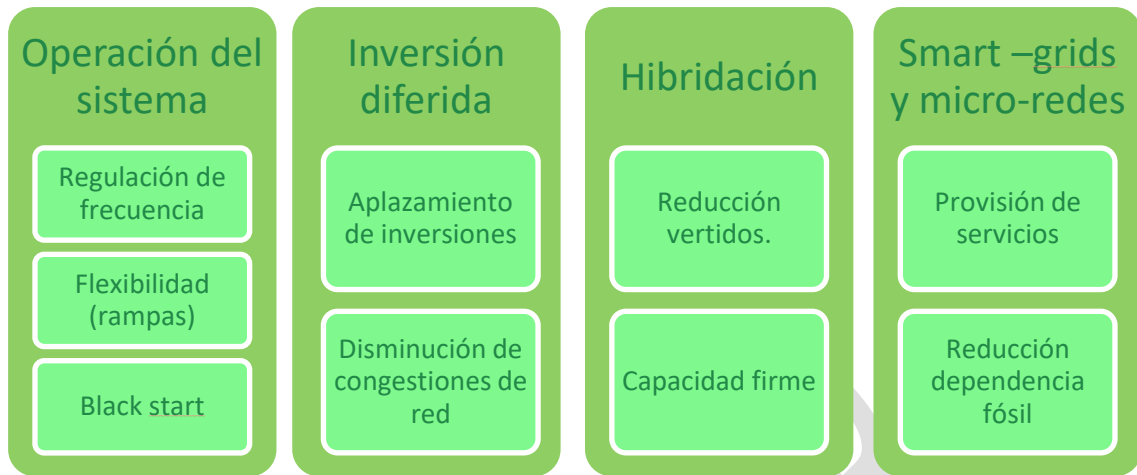


FIGURA 5. Principales servicios del almacenamiento al sistema eléctrico

3. 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 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.

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. 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. 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, 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 instaladores de sistemas hasta la operación y mantenimiento de los mismos, además de los propios consumidores, que en esta fase están adoptando un rol cada vez más activo, implicándose directamente en diversas tareas relativas a la misma. El espectro de aplicaciones es muy amplio y el tipo de servicio varía con la tecnología y el uso final, englobando desde 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, sistemas integrados en las redes de distribución hasta sistemas para 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. 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 los mismos 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 del mismo. 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.

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, aprovechando las oportunidades 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 considerada 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.

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.

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 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

4. DIAGNOSIS DEL ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO: RETOS

Los retos a los que se enfrenta el almacenamiento llevan siendo estudiados desde hace años por la Comisión Europea³ (CE), en estudios donde se identificaron una serie de problemas con políticas existentes y las barreras resultantes en diversas áreas, tales como el diseño de los mercados de energía, de los servicios auxiliares y de los mecanismos de capacidad, así como prácticas específicas de almacenamiento, como los peajes de la red. Más recientemente, en marzo de 2020, la CE ha publicado, un estudio,⁴ en el que se estudia en profundidad los retos y las oportunidades de los sistemas de almacenamiento. 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:

- 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.
- De comportamiento, falta de información o aversión al riesgo.
- Sociales y medioambientales.
- Materiales críticos.

³ El documento de trabajo *"The future role and challenges of Energy Storage"* de la Comisión Europea del año 2013, 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.

⁴ *"Study on energy storage – Contribution to the security of the electricity supply in Europe"*

LOS RETOS DEL ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO

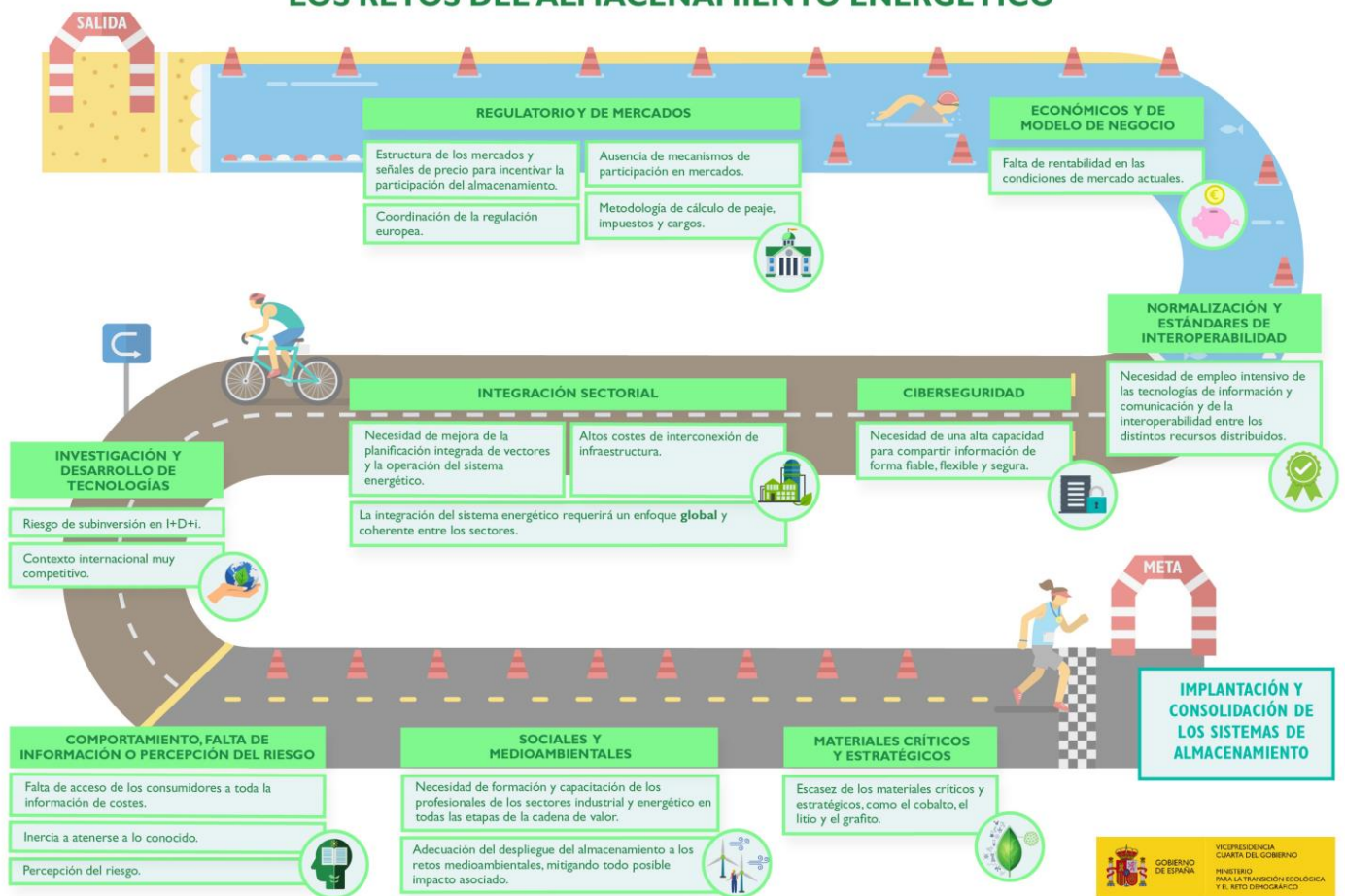


FIGURA 7. Retos del almacenamiento

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, 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. En general, los procesos de cambio que requieren adaptación de marcos regulatorios generan incertidumbre, dificultando la planificación y dañando las expectativas financieras de los inversores. Por ello, garantizar la igualdad de condiciones para todos los usuarios y aplicaciones y aumentar la seguridad de los inversores 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 son los productores, consumidores o titulares de redes eléctricas, pueden utilizar también instalaciones de almacenamiento. A partir de esta definición, es necesario además 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 limitaciones que establece la Directiva (UE) 2019/944 sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad. Así mismo, 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.

Adicionalmente, es necesario definir el proceso a seguir a la hora de tramitar los permisos correspondientes para los sistemas de almacenamiento, y de un sistema que permita dar visibilidad a las instalaciones de almacenamiento que se van desarrollando. Se deberá, por tanto, concretar el proceso de solicitud de acceso y conexión de las instalaciones de almacenamiento, ya sean nuevas o plantas existentes que incorporan un sistema de almacenamiento, así como el resto de trámites a los que, en su caso, deban someterse. El próximo Real Decreto de acceso y conexión, ya en un estado muy avanzado de tramitación, regulará el acceso para las instalaciones de almacenamiento que inyecten energía a la red.

Acceso a mercados de las tecnologías de almacenamiento

Actualmente el almacenamiento no tiene definidos los mecanismos para participar en los mercados de energía y servicios auxiliares, con algunas excepciones para el almacenamiento hidroeléctrico por bombeo y el almacenamiento térmico asociado con las plantas de energía solar térmica.

En España, tras la resolución de la CNMC del pasado 11 de diciembre de 2019, 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, se abre la puerta a la posibilidad de que el almacenamiento participe en los servicios de balance. En la línea de esta disposición, se están modificando los procedimientos de operación que elabora el Operador del Sistema para que se materialice la participación del almacenamiento. La propuesta de modificación ya ha sido sometida a consulta pública, incluyendo disposiciones relativas al almacenamiento.

Actualmente, se encuentra en tramitación la Orden por la que se crea la reserva estratégica de respuesta rápida para el respaldo de los servicios de acceso del sistema eléctrico, que incluye la participación de las instalaciones de almacenamiento de energía, suponiendo la participación de estas instalaciones en esta nueva modalidad de servicios de ajuste.

Por otro lado, el almacenamiento puede aportar otros servicios como los de control de tensión y arranque (*black start*). Sin embargo, a día de hoy no está regulada su participación en servicios

de ajuste como las restricciones técnicas, reduciéndose las opciones disponibles en lo referente a mercados para el almacenamiento.

Por último, también será necesario desarrollar de qué forma el almacenamiento (y otros recursos distribuidos) podrían dar servicios de flexibilidad remunerados 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.) permiten a los usuarios beneficiarse de mejores precios de mercado debido a su flexibilidad y gestión, favoreciendo la integración de las energías renovables y empoderamiento del consumidor.

El propio diseño del mercado incide en la rentabilidad de estas instalaciones. Las señales de mercado deben ser las adecuadas para incentivar la construcción de capacidad de almacenamiento y provisión de servicios de almacenamiento. Una diferencia significativa entre zonas como California, Italia y España es el modelo de diseño del mercado y la resolución geográfica de las señales de precios. A diferencia de España, que aplica un modelo de zona de precio único, California tiene un marginal de ubicación en un sistema con precios en una resolución nodal. Por otro lado, Italia sería un caso intermedio, ya que tiene varias zonas de ofertas. En principio, los incentivos para los sistemas de almacenamiento de energía son mayores cuanto más granulares son. Esto se debe a una mayor volatilidad en comparación con un "promedio" de precios si una zona de oferta es grande. Es un campo donde el desarrollo de proyectos de demostración regulatoria podría tener especial sentido.

Peajes, impuestos y cargos

La Circular 3/2020 de la 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 (antes mencionado) 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.

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 es necesario profundizar en el análisis sobre el tratamiento óptimo en cuanto a peajes y cargos de los sistemas de almacenamiento en los que se consume energía eléctrica pero posteriormente no se vierte energía eléctrica a la red (por ejemplo, cuando el producto final se destina a usos industriales) con respecto a los sistemas de almacenamiento en los que se consume y se vierte energía eléctrica a la red.

Coordinación de la regulación europea en materia de almacenamiento

A nivel europeo, el paquete legislativo “Energía Limpia para todos los europeos” supone un paso importante para el impulso del almacenamiento. Sin embargo, para un efectivo apoyo al despliegue de estas tecnologías, es también necesario adaptar el resto de legislación aplicable. Por ejemplo, en las actuales directrices sobre ayudas de estado en materia de medioambiente y energía no está contemplado el almacenamiento, por lo que en la revisión que está llevando a cabo la Comisión Europea, puede ser necesario incluir expresamente las tecnologías de almacenamiento como sistemas exentos de notificación (al menos bajo ciertas condiciones).

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. 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 éste puede suministrar y que el marco regulatorio favorezca su despliegue. A corto plazo, varias barreras aún obstaculizan el desarrollo del almacenamiento de energía en la UE y generan 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. 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), etc. 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 a explorar, para lo cual se analizará si se requieren cambios en el actual marco normativo.

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

- La existencia o no de esquemas de compensación por almacenamiento.
- 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) no es suficiente para hacer que el esquema de almacenamiento sea rentable; otros servicios remunerados (ej. frecuencia, tensión) son necesarios.

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

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

Los sistemas de apoyo para instalaciones de tamaño medio-grande como la realización de subastas para tecnologías gestionables, tal y como se describe en el proyecto de real decreto por el que se regula el régimen económico de energías renovables para instalaciones de producción de energía eléctrica, podrían suponer una forma de incentivar su desarrollo de una forma eficiente en costes. En el anexo de esta estrategia se incluye una relación de las diversas fuentes de financiación para los sistemas de almacenamiento.

4.3. Retos relativos a la normalización y necesidad de estándares de interoperabilidad

Se van a desarrollar 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, 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 bi-direccionales de interacción.

En este contexto, es necesario desarrollar 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 antes de que acabe el año 2020, 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 harán más compleja la gestión energética en edificios y supondrán herramientas para mejorar la eficiencia.

4.4. Ciberseguridad

Buena parte de las infraestructuras instaladas 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 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 podría suponer riesgos 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 éste, 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 portadores energéticos renovables como el hidrógeno verde, 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 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 aprovechar las sinergias entre la electricidad, el calor y el gas, si bien esto supone un proceso largo y complejo. 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, así como la utilización de electrolizadores. Gracias a la flexibilidad en el lado de uso final y al almacenamiento de gas renovable dedicado (hidrógeno y otros), la gestión operativa de los electrolizadores podría adaptarse a las condiciones del sistema. Las instalaciones de almacenamiento y transporte ya existentes podrían necesitar adaptaciones para gases como el biometano o el hidrógeno. Convendría por tanto avanzar en soluciones para el transporte de gases renovables más allá de la propia red de gas natural existente.

Por otro lado, hay espacio para mejorar la planificación integrada de vectores y la operación del sistema energético. Debe mejorarse la consideración de las interconexiones electricidad-gas-calor en las planificaciones sectoriales (ej. de expansión de redes).

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

- La desventaja del *first-mover*: los desarrolladores de tecnologías de acoplamiento de sectores y gases renovables generalmente enfrentan altos costes de conexión de infraestructura.
- 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 y bajos en carbono. 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. No obstante, se ha demostrado que a volúmenes ligeramente superiores, la inyección del hidrógeno en la red no presenta consecuencias negativas, la inyección del hidrógeno en la red no presenta consecuencias negativas, siendo únicamente necesario adaptar los quemadores y las válvulas para adecuarlas a las características del gas.

4.6. Retos 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 en general, que habitualmente no están suficientemente internalizadas. 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. Como resultado de lo anterior, aunque los costes a cargo del desarrollador pueden ser más bajos que el beneficio para la sociedad, es probable que sean más altos que el suyo propio. Esto puede conducir a una situación de subinversión en I+D+i.

Los prototipos y los proyectos piloto enfrentan los mismos requisitos de permisos que los proyectos a gran escala plenamente maduros y consolidados. No obstante, cumplir con los requisitos de permisos convencionales puede suponer una barrera para los proyectos de demostración, debido, entre otros aspectos, a la falta de estándares existentes para tecnologías en desarrollo, lo que se puede traducir en una pérdida de competitividad. Por ello, se considera que los proyectos piloto y de demostración precisan de procesos de permisos específicos y simplificados que aceleren y reduzcan los costes del ciclo de desarrollo, con el objetivo de que actúen como un catalizador para acometer proyectos avanzados de una forma más eficiente que aceleren el aprendizaje de todas las partes interesadas.

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 éstas no deban someterse al procedimiento ordinario de tramitación.

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 físico adecuado 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 su predisposición a aceptar y cambiar de tecnología. Sin embargo, esta información a menudo solo está 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 eléctrico 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 las mismas. 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. No obstante, habida cuenta de esta realidad, será necesario emplear las herramientas necesarias para trasladar estas garantías al usuario final.

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, tiene también consecuencias ambientales relevantes. No obstante, 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 a tener en cuenta en el caso de una implementación masiva 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 o el reciclaje de parte de sus materiales para la fabricación de nuevos componentes presentan un reto al tiempo que una oportunidad de nuevos modelos de negocio.

Por otro lado, 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 los 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, así como en las etapas asociadas al fin del ciclo de vida, donde se requiere disponer de profesionales cualificados en el campo de 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.

4.9. Materiales críticos y estratégicos

En relación con el epígrafe anterior, uno de los retos a tener en cuenta en la transición energética es precisamente la escasez de los denominados materiales críticos (CRM, *Critical Raw Materials*) y los denominados estratégicos. Estos elementos son necesarios para algunas de las tecnologías

imprescindibles para acometer la transición hacia un sistema energético bajo en carbono, 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, 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.

5. LÍNEAS DE ACCIÓN DE LA ESTRATEGIA

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA: LÍNEAS DE ACTUACIÓN

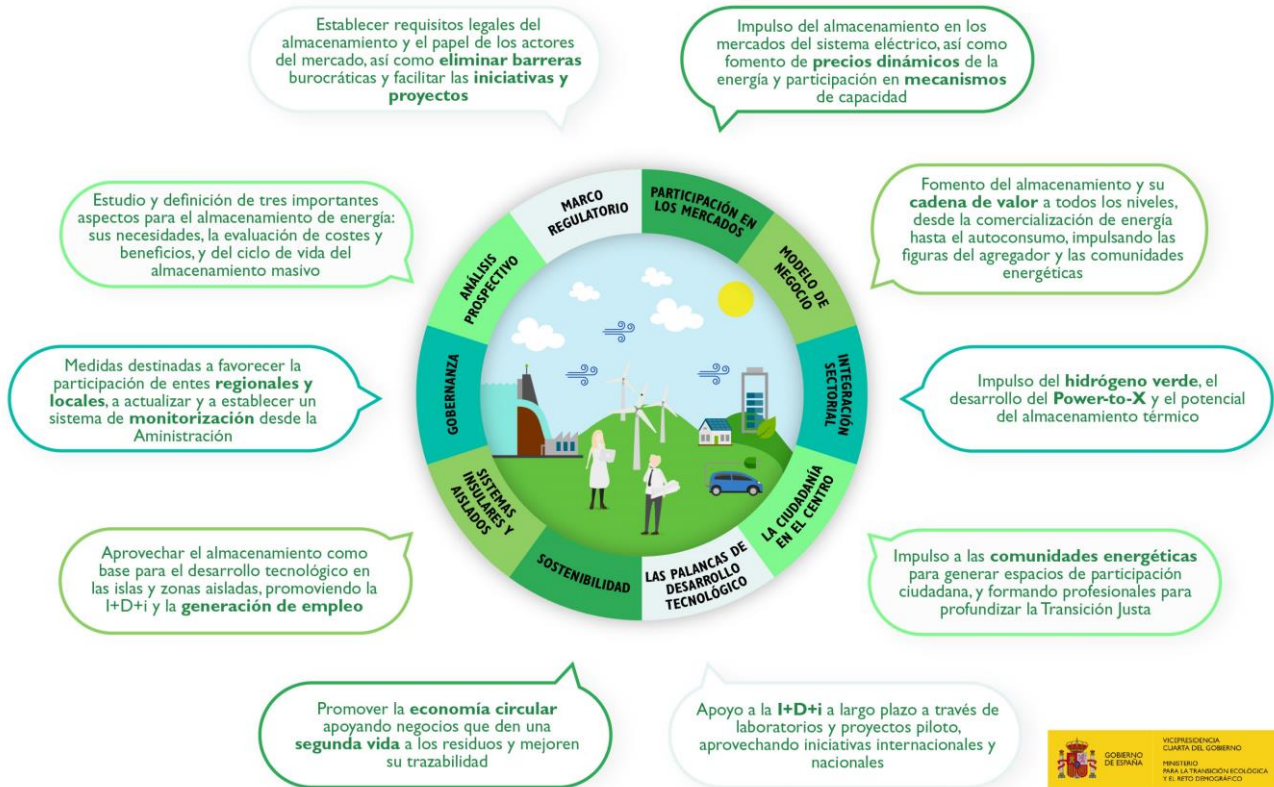


FIGURA 8. Líneas de actuación de la Estrategia de Almacenamiento Energético

5.1. Marco regulatorio

Régimen jurídico del almacenamiento⁵

Se ha dado el primer paso con la introducción en el marco nacional de la figura del almacenamiento, 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.

⁵ Para el desarrollo de las medidas incluidas en esta Estrategia se asegurará la necesaria coordinación entre el Gobierno y la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, a efectos de dar coherencia a la necesaria regulación dentro de los correspondientes ámbitos competenciales.

Medida 1.1. Definición coherente del almacenamiento en el marco legal nacional

Se ha puesto la primera piedra en el camino para la incorporación de la figura del almacenamiento en el régimen jurídico nacional. A partir de esa base, es necesario adaptar el resto de regulación derivada para desarrollar todos los aspectos relativos a esta figura, así como los servicios asociados a la misma.

Para ello, se examinarán las oportunidades que brinda el almacenamiento, identificado los vacíos normativos que puedan suponer una barrera para su despliegue, y se analizarán los posibles cambios necesarios a efectuar en las normas y en los 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, evitando que estas figuras sean penalizadas al tener que asimilarse a las existentes.

Adicionalmente, y de acuerdo con las disposiciones contenidas en la Directiva 2019/944, se requiere definir los servicios que podrán prestar, en relación con esta figura, tanto los agentes regulados (TSO, DSO) como los no regulados, y en especial aquellas figuras de reciente creación, como son el agregador independiente o las comunidades energéticas, y que cuentan con un gran potencial de desempeñar un papel muy relevante en este sentido.

El artículo 32 de la Directiva 2019/944 emplaza a los Estados Miembros (EEMM) a proporcionar el marco jurídico necesario para incentivar el uso de la flexibilidad en las redes de distribución.

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

Será necesario modificar el marco regulatorio para permitir e incentivar que los recursos distribuidos puedan ofrecer servicios de flexibilidad a los operadores de la red de distribución, 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 *prosumidores*, vehículo eléctrico o relacionados con la demanda gestionable. Este marco debe contemplar la posibilidad de que los sistemas de almacenamiento provean varios servicios simultáneamente, estableciendo regulación en este sentido.

Los apartados 3 y 4 del artículo 32 de la directiva 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

Actualmente se están introduciendo cambios en los Procedimientos de Operación para integrar los activos de almacenamiento. Entre otros:

- Inclusión del término almacenamiento.
- En tanto no se desarrolle completamente el marco regulatorio para el almacenamiento, su tratamiento en el sistema de medidas será similar al de las instalaciones de generación.
- Participación de las unidades de almacenamiento en los servicios de balance en igualdad de condiciones que las unidades de programación de generación y consumo de bombeo.
- Organización de las unidades de programación (consumo e inyección) agregando los requisitos de comunicación de indisponibilidades que afecten a sus unidades físicas.
- Tratamiento de las congestiones identificadas en la evacuación de generación con unidades de programación de almacenamiento presentes en el mismo nodo.
- Definición clara 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 telemedida de las unidades físicas de almacenamiento.
- Evaluar la creación de nuevos procedimientos administrativos para unidades de capacidad reducida.

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.

Medida 1.5. Simplificación de trámites y reducción de carga administrativa

Se han dado los primeros pasos hacia 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 desarrollará 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.

Por último, se deberán impulsar las modificaciones regulatorias y cualesquiera otras medidas que sean necesarias, 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 2019/943.

En la misma línea, durante el mes de julio de 2020 se ha sometido 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.

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, es necesario 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 los mismos.

Asimismo, se evaluará la posibilidad de definir una herramienta que promueva la eficiencia del almacenamiento ya que éste permite aprovechar excedentes y tiene un rendimiento en sí mismo.

Planificación de la red de transporte

La Ley 24/2013 otorga carácter vinculante a la planificación de todos los activos de la red de transporte, 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 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

Sopesar a nivel nacional las inversiones en activos que supongan una mejora de la red, considerando distintas formas de flexibilidad procedente de diferentes recursos, y agregando la seguridad de suministro a los requisitos a evaluar cuando se considere el almacenamiento como alternativa, definiendo 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 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.

El proyecto de Real Decreto 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 que determinadas tecnologías renovables puede inducir. Dentro de su ámbito de aplicación se incluyen instalaciones renovables con almacenamiento, por lo que se puede constituir como un elemento más de impulso al almacenamiento.

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.

Por ello, es conveniente desarrollar y adaptar las disposiciones regulatorias necesarias para el desarrollo de instalaciones híbridas con almacenamiento, 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.

El Proyecto de Real Decreto por el que se regula el Régimen Económico de Energías Renovables para instalaciones de producción de energía eléctrica, 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.

Adicionalmente, al objeto de favorecer la previsibilidad de las subastas, el proyecto de Real Decreto contempla que se establezca un calendario previsto de celebración de subastas -actualizable al menos anualmente y orientado a la consecución de los objetivos del PNIEC 2021-2030-, que comprenderá un periodo mínimo de cinco años y que incluirá plazos indicativos, la frecuencia de las subastas, la capacidad esperada y las tecnologías previstas, en su caso.

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

Sandboxes 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 del sector eléctrico.

Medida 1.9. Bancos de pruebas regulatorios para sistemas de almacenamiento

Los bancos 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* tecnológicos al otorgarles una oportunidad para comprobar sus modelos de negocio. Asimismo, la regulación debe introducir 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.

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 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, haciendo posible el cumplimiento de los objetivos de almacenamiento e integración de energías renovables establecidos en el PNIEC y en el borrador de 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 adaptarán las disposiciones regulatorias necesarias para la adecuación de los distintos mercados a la participación de las instalaciones de almacenamiento, de manera que puedan participar en los Mercados Diario, Sesiones de Intradiario, Mercado Intradiario Continuo, y eventualmente, 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.

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, a medida que estos vayan siendo necesarios.

Tal y como establece el artículo 32 de la Directiva 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.

Una vez creada la figura de titulares de instalaciones de almacenamiento por habilitación legal (RD-Ley 23/2020, de 23 de junio), se adaptarán los Procedimientos de Operación, en línea con la Medida 1.4., y las Reglas de Mercado para la integración efectiva del almacenamiento en los mecanismos citados anteriormente.

Actualmente, la metodología para llevar a cabo el análisis de cobertura se encuentra en fase de aprobación. Será el resultado que arroje dicha metodología el que, a posteriori, permita a un Estado miembro articular un mecanismo de capacidad.

Medida 2.2. Mecanismos de capacidad

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

Medida 2.3. Participación en los servicios de balance

Adaptar la regulación para el cumplimiento de las condiciones relativas a la Resolución de 11 de diciembre de 2019, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, 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.

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.

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 2019/944 es mediante la implementación de mercados locales gestionados por el operador del mercado eléctrico 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 (que deberían quedar plasmadas en los planes de desarrollo mencionados en la **medida 1.3**).

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 darán las señales de inversión que sean necesarias, en el momento adecuado, tanto a presente como a futuro, para cubrir en plazo, al menos, los objetivos/necesidades definidos en el PNIEC.

Se evaluará la necesidad de integración en la normativa de Territorios No Peninsulares (Real Decreto 738/2015, de 31 de julio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica y el procedimiento de despacho en los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares), si llega a definirse un marco general para subastas de almacenamiento, o de tecnologías de generación combinadas con almacenamiento.

EL MARCO REGULATORIO Y LA PARTICIPACIÓN EN LOS MERCADOS

Medidas para desarrollar la Estrategia de Almacenamiento

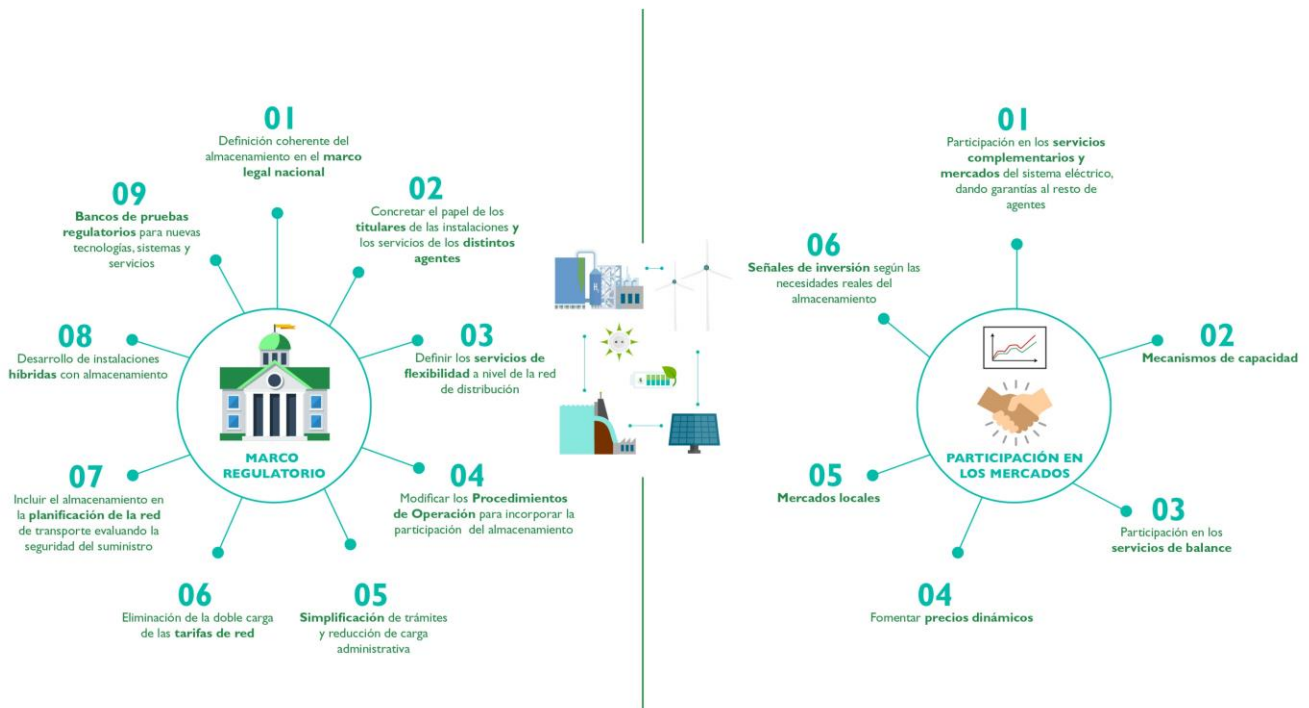


FIGURA 9. Líneas de actuación: marco regulatorio y participación en los mercados

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, es necesario un marco normativo actualizado y abierto que permita e incentive esta innovación.

Un ejemplo es la participación del almacenamiento en conjunción con sistemas de generación y consumo para ofrecer servicios más complejos o combinaciones de servicios a través de la agregación. En este sentido, Directiva 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 3.1. Promover la figura del agregador independiente

Adicionalmente a las últimas modificaciones legislativas será necesario determinar las funciones del agregador de servicios, sus responsabilidades y participación de la demanda, así como incentivar sistemas distribuidos de particulares que participen en los distintos mercados.

La figura del agregador independiente contemplará centros de almacenamiento, gestores de energía y 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, que ha demostrado ser un cuello de botella en otros Estados Miembros.

Es necesario contemplar el potencial de la industria de sistemas de almacenamiento 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 baja en carbono, es clave disponer de fabricantes nacionales en toda la cadena de valor para los distintos sistemas de almacenamiento, 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. Este proceso debe ir de la mano de la promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico.

España tiene, en particular, una incuestionable posición de liderazgo en materia de almacenamiento térmico en sus plantas de generación termoeléctrica y un amplio potencial de crecimiento en ese sentido, de manera que es fundamental sacar provecho de esta competitividad y reforzar el desarrollo de esta tecnología, con el objeto de mantener el liderazgo industrial existente en el sector de generación eléctrica, así como en las distintas aplicaciones que brinda el almacenamiento térmico. Asimismo, se promoverá el mantenimiento del liderazgo en el sector de electrónica de potencia y el desarrollo de sistemas de bombeo hidráulico.

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 potenciar el auto-abastecimiento 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.

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 recogido en la Directiva vigente.

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

Se espera un incremento significativo del número de baterías a 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 a 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. El desarrollo de este sector presenta importantes potenciales de liderazgo para la industria nacional.

Esta medida guarda estrecha relación con la **Medida 8.3. Estrategia de Economía circular**.

Los sistemas de almacenamiento se hallan contemplados 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.
- 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, especialmente baterías, a nivel doméstico. Esto tiene que ir acompañado de medidas de seguridad garanticen una protección adecuada a los usuarios, así como medidas de fomentar la eficiencia energética.

Para ello, entre otras cuestiones, se debe 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 debe promover 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 a 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 micro redes.

Esto hace necesario estandarizar protocolos de seguridad en software y hardware, desarrollando normativas de calidad específica 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 Protección 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 deberá impulsar:

- 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, 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:

- 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*, 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, tal que estén cifrados y autenticados y permitan comunicar con diferentes tipos de datos, de manera que los distintos protocolos sean compatibles y garanticen la ciberseguridad, de acuerdo con los requisitos de certificación de la ciberseguridad estipulados en el Reglamento (UE) 2019/881, relativo a la certificación de la ciberseguridad de las tecnologías de la información y la comunicación.

Asimismo, es necesario estandarizar protocolos de seguridad en software y hardware, desarrollando normativas de calidad específica para los sistemas conectados que contemple 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 micro redes.

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, 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.

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), Mission Innovation, etc.*, 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 IPCEI (Proyecto Importante de Interés Común Europeo), donde resulta de gran interés la participación española.

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

El marco de negocio que se genere debe 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.

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 deben incluir algoritmos de predicción de la generación y de la demanda y 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, que 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, para lo que será necesario diseñar códigos de red, incentivos de mercado y políticas de apoyo para permitir la conformación de la carga. La aplicación de sistemas de almacenamiento *On-Board* 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 es necesario dotar de una infraestructura de recarga suficiente para el despliegue masivo de esta tecnología en aplicaciones de movilidad. En este sentido, las medidas a adoptar deben incluir el desarrollo de la recarga inteligente bidireccional del vehículo eléctrico. Asimismo, existe la necesidad de agilizar las tramitaciones de las solicitudes y permisos en la instalación de los puntos de recarga.

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. Para ello, será necesario establecer 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 al uso 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 el uso de las tecnologías para almacenar calor ambiental o procedente de fuentes renovables, mediante la utilización de las masas térmicas de los propios edificios, 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.

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, es necesario aprovechar el potencial del que dispone el parque de edificios públicos para la instalación y pruebas de sistemas de almacenamiento, 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 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 Estrategia de autoconsumo tendrá en cuenta la peculiaridad de estas instalaciones, prestando atención a aquéllas que incluyan tecnologías de almacenamiento.



FIGURA 10. Líneas de acción: modelo de negocio

5.4. Integración sectorial

Medida 4.1. Fomentar el hidrógeno renovable o verde

El hidrógeno verde 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 vector energético 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 renovable⁶ incluye medidas específicas para el fomento de este combustible y su contribución a la mitigación del cambio climático de emisiones de gases de efecto invernadero.

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

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, contribuir a la descarbonización en el ámbito de las empresas que lo conformen.

Este clúster tiene además el potencial de abrirse 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 la generación de hidrógeno mediante electrólisis para su uso posterior en la industria, o para la producción de gas natural sintético a partir de dicho hidrógeno y CO₂, que a su vez puede ser inyectado en las redes de gas natural para empleo en generación de calor, para transporte, o para su reconversión en electricidad. El proceso de electrólisis hace uso o bien de los excedentes de generación eléctrica, o bien de instalaciones específicas dedicadas a su producción mediante generación renovable.

Esta tecnología, aunque incipiente, presenta un gran potencial para favorecer la integración sectorial. Es por ello que se ha convertido en una de las grandes apuestas energéticas del futuro, siendo necesario impulsar su desarrollo para extraer el máximo provecho de las

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

oportunidades que ofrece, analizando las principales barreras a las que su despliegue deberá hacer frente.

Como clave para fomentar el desarrollo de hidrógeno verde mediante sistemas *Power-to-X* destaca 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.

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, 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.

LA INTEGRACIÓN SECTORIAL

Medidas para desarrollar la Estrategia de Almacenamiento

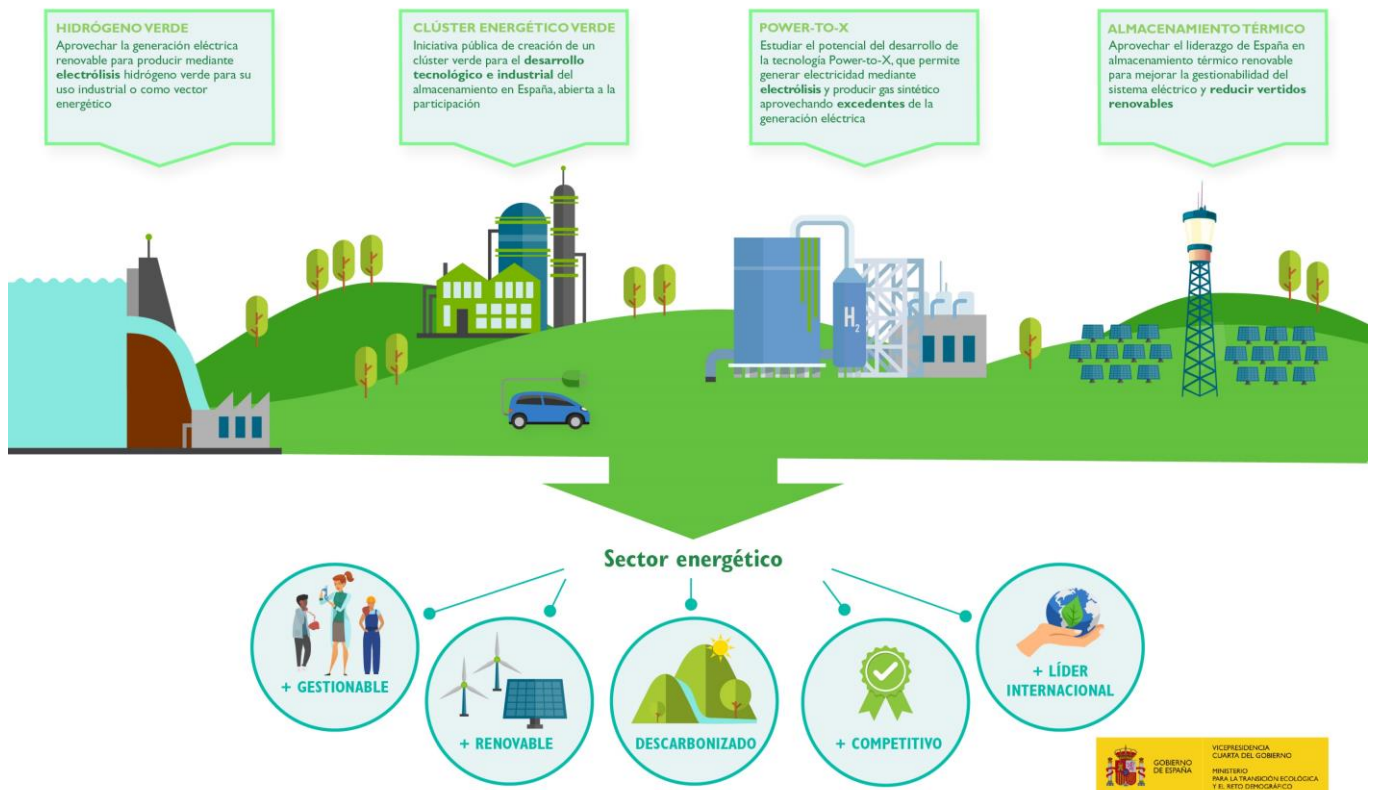


FIGURA 11. Líneas de acción: integración sectorial

5.5. La ciudadanía en el centro



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

El paquete de medidas “Energía limpia para todos los europeos” incluye las Directivas 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.

Con el mismo objetivo de facilitar la participación de ciudadanos, pymes y entidades locales en la transición energética, el PNIEC 2021-2030 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. Ésta podría incluir diversos sistemas de almacenamiento, identificando y posibilitando modelos de negocio y de financiación viables para las distintas tipologías de proyectos, que permitan su desarrollo a gran escala, así como su acercamiento a la ciudadanía.

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 controladas 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 una participación ciudadana mayor en la transición energética.

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 es necesario asegurar 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 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 aportaría a las mismas, pudiendo contribuir a la reducción de la pobreza energética.

Las comunidades de energías renovables y las comunidades ciudadanas de energía ofrecen también la oportunidad de promover la participación ciudadana en modelos de financiación no tradicionales de sistemas locales y mixtos de renovables y almacenamiento detrás del contador. 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 co-participación 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 impulsores activos de estos nuevos modelos pero también como inversores "pioneros" en sistemas distribuidos de almacenamiento, 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.

Formación

El proyecto de Ley Orgánica de Modificación de la Ley Orgánica de Educación (LOMLOE), aprobado en el Consejo de Ministros del 15 de febrero de 2019 y actualmente en tramitación, ya contiene 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 los profesionales implicados 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 2021-2030, 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, permitirá el desarrollo de conocimientos, habilidades y aptitudes relacionadas 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.

La especial incidencia del almacenamiento en los sectores de ingeniería y arquitectura, especialmente 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 la tecnología, la inclusión de estos estándares de competencia en los planes de estudio es fundamental para abordar la brecha tecnológica a reducir para hacer frente a los retos del futuro.

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, IoT (Internet de las Cosas) 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, será necesario trabajar 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 los administradores 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 2021-2030, 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.

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, 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, con el objetivo de explotar al máximo sus virtudes y ventajas.

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

De acuerdo a los preceptos establecidos en los artículos 23 y 24 de la Directiva 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 tres elementos fundamentales que, junto con el Anteproyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética y el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC), configuran 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 energética, a fin de que nadie se quede atrás en un contexto de crecimiento de las energías renovables y cierre de centrales térmicas, minería del carbón y centrales nucleares.

Esta estrategia se ha materializado en el desarrollo de los Convenios de Transición Justa; el Acuerdo por una transición energética justa para centrales térmicas en cierre; la puesta en marcha de Bolsas de Trabajo de la minería y centrales; la elaboración de líneas de ayuda para proyectos empresariales y ayuntamientos en zonas afectadas por los cierres; o los Reales Decretos Ley 17/2019 y 23/2020 sobre procedimientos para la concesión de permisos de acceso y conexión en nudos de transición justa y la concesión de aguas en el área geográfica de la instalación; entre otras líneas de actuación para garantizar una transición justa.

Estas actuaciones se ven reforzadas por el Mecanismo para una Transición Justa de la Unión Europea, que persigue contribuir a movilizar un mínimo de 100.000 millones de euros durante el período 2021-2027 en las regiones europeas más afectadas, 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, F.S.P., 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, F.S.P., 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 eléctricas de las zonas de Transición Justa y las líneas de actuación de la Estrategia

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

5.6. Las palancas del desarrollo tecnológico

LAS PALANCAS DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO

Medidas para desarrollar la Estrategia de Almacenamiento

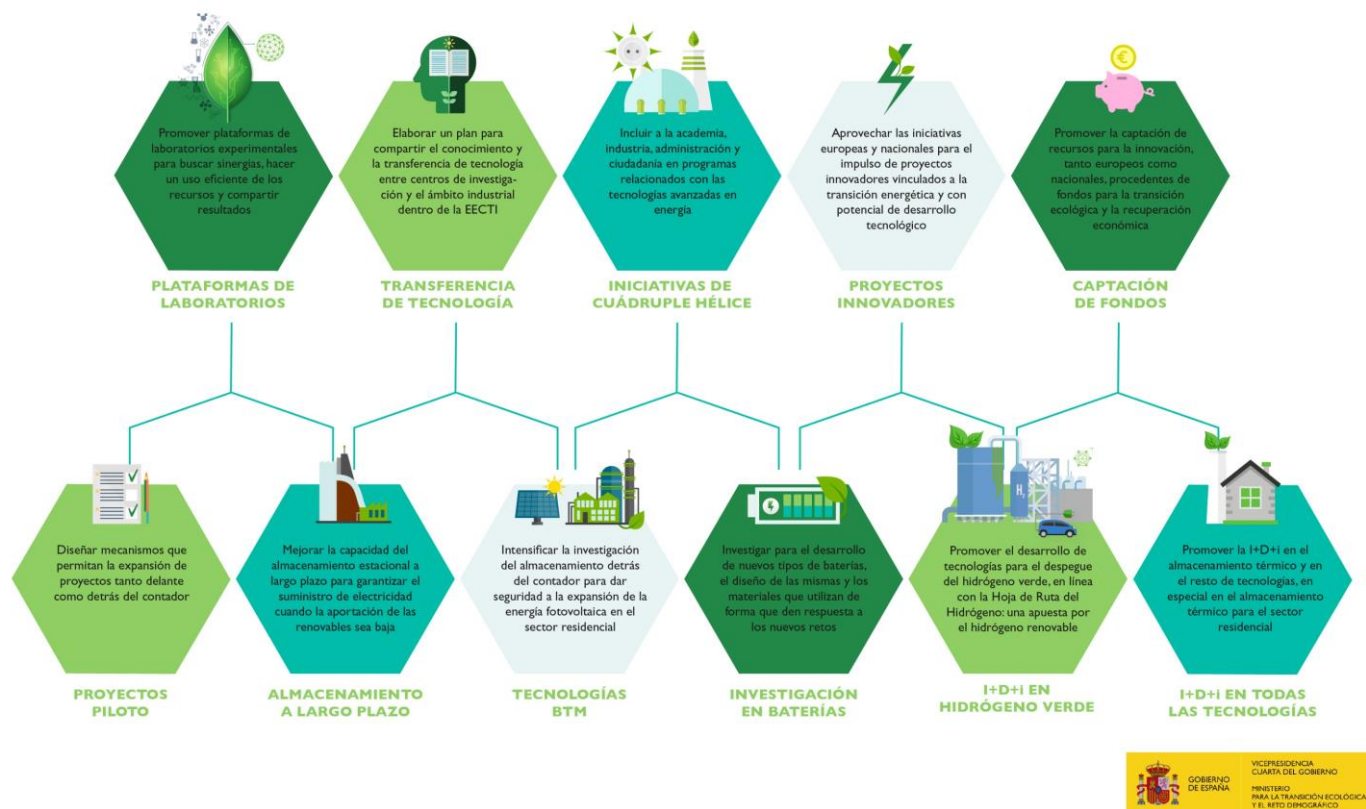


FIGURA 13. Líneas de acción: las palancas de desarrollo tecnológico

Mejorar enfoques, capacidades y conocimiento

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 cree sinergias, permita un uso eficiente de recursos y facilite 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.

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, es necesario fomentar la creación de empresas y reforzar sus enlaces con los centros de investigación.

Por su parte, la **Hoja de Ruta de Hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable**⁷ 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.

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).

Medida 6.3 Iniciativas de cuádruple hélice

La implementación de programas cuádruple hélice, que incluyen a la academia, industria, administración y ciudadanía, permiten 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. Estas iniciativas promueven la generación de conocimiento, de manera que permiten el despliegue de los sistemas de almacenamiento en la industria, transporte, 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.

⁷ https://www.miteco.gob.es/images/es/hojarutadelhidrogeno_tcm30-513830.pdf

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.

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 tales como Clean Hydrogen, Batteries, 2Zero, Clean Sky, Clean Energy Transition Partnership, Driving Urban Transition to a Sustainable Future o Built4People, entre otras.

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

Es necesario sacar el máximo provecho de iniciativas europeas tales como *SET Plan*, *Mission Innovation* o *EBA 250*, descritas anteriormente, concebidas para impulsar proyectos innovadores vinculados a la transición energética, y que 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 suficiente 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, tanto a nivel 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, 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 madurez de la tecnología (avanzar en TRLs)

Dado el grado de madurez de algunas de las tecnologías de almacenamiento, 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 tanto a nivel europeo como nacional (como la convocatoria gestionada por IDAE recogida en el apartado 3.1. 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 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 IDAE participen directamente en proyectos piloto y en proyectos singulares (*flagship projects*) relacionados con almacenamiento.

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

Mejorar las capacidades de almacenamiento estacional a largo plazo es necesario para garantizar la seguridad del suministro de electricidad en períodos con baja aportación de energías renovables no gestionables.

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 detrás del contador, ya que existe incertidumbre sobre cómo la expansión masiva de la energía solar fotovoltaica en el sector residencial puede afectar a la seguridad del sistema a nivel de la red de baja tensión 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. Desarrollar nuevos diseños de baterías que proporcionen altas prestaciones en cuanto a vida útil, mejorando, entre otros aspectos, el rendimiento térmico de las mismas. Investigar en nuevos materiales sustitutivos, 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

Promover la I+D+i en el almacenamiento de energía térmica y en el resto de tecnologías. En concreto, el almacenamiento de energía térmica en el sector residencial 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), por ejemplo, tecnologías que utilizan materiales de cambio de fase o termoquímica en entornos edificatorios domésticos.

Medida 6.11. Apoyo a la I+D+i de las tecnologías de la cadena de valor del hidrógeno renovable

Promover el desarrollo de tecnologías para el despegue del hidrógeno verde, en línea con la Hoja de Ruta del Hidrógeno: una apuesta por el Hidrógeno Renovable⁸, que incluye 9 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 7.1. Trazabilidad de origen de los proveedores y de fin de vida de los residuos

Establecer normas sobre el origen de proveedores 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 el equivalente a un sistema de Responsabilidad Social Corporativo para los proveedores, de manera que tenga impacto en el análisis del ciclo de vida, e impulse la competitividad de la industria nacional.

En el ámbito de la Administración General del Estado ya ha empezado a extenderse el concepto de compra verde. En los pliegos de contratación público 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

Medida 7.2. Mejorar la gestión de residuos de baterías gastadas

De cara a una gestión eficaz y segura de las baterías gastadas, es necesario avanzar en la definición e implementación de un sistema de notificación, verificación y validación de las mismas.

Adicionalmente, es necesario mejorar los flujos de recogida y reciclaje de residuos, estableciendo sistemas de trazabilidad fiables e indicadores de seguimiento.

⁸ https://www.miteco.gob.es/images/es/hojarutadelhidrogeno_tcm30-513830.pdf

A nivel europeo se está trabajando en revisar y actualizar la legislación aplicable a las baterías, integrando el eco-diseño, 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.

Economía circular

Medida 7.3. Estrategia de Economía circular

Trabajar en la mejora de procesos de recogida de residuos mediante la realización de planes de reciclado de materiales y de reutilización de sistemas (segunda vida de baterías), para incrementar las tasas de recogida y de reciclaje. Estos desarrollos se implementarán en coordinación con el Plan de acción derivado de la Estrategia de Economía circular.

Fomentar 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

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

Materiales críticos

Medida 7.5. Materiales críticos

El despliegue de los sistemas de almacenamiento 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 el 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 (ej. Litio, Vanadio, Níquel, Cobalto, Grafito y Tierras Raras).

SOSTENIBILIDAD

Medidas para desarrollar la Estrategia de Almacenamiento



FIGURA 14. Líneas de acción: sostenibilidad

5.8. Necesidades en los sistemas insulares y aislados

Los sistemas insulares tienen unas necesidades singulares de almacenamiento debido a su aislamiento energético y baja interconexión, por lo que las soluciones de almacenamiento son más acuciantes 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 2021-2030 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 SOLCAN⁹, por IDAE para promover el despliegue de las tecnologías renovables fotovoltaicas en las islas. En estas convocatorias se destinarán 60

⁹ <https://www.boe.es/boe/dias/2020/07/02/pdfs/BOE-B-2020-19901.pdf>

millones de euros a impulsar este tipo de instalaciones, y entre sus criterios de valoración se encuentra disponer de sistemas de almacenamiento.

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

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

En zonas de bajo nivel de interconexión se incentivará la creación de mecanismos de llamadas de oferta para operadores intermitentes de energía renovable que integren al tiempo sistemas de almacenamiento 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 como fuente de desarrollo tecnológico e industrial

Favorecer un entorno industrial y tecnológico especializado en el almacenamiento 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 (CCAA, 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 en el transcurso del tiempo, así como las medidas a actualizar y a desarrollar para un despliegue efectivo del almacenamiento.

Para todo ello, CIUDEN se configura como herramienta de la Administración que permitirá canalizar el seguimiento del desarrollo tecnológico relacionado con el almacenamiento,

sirviendo de punto de contacto entre la industria, los centros tecnológicos y la propia Administración.

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, la Estrategia de Almacenamiento Energético se monitorizará y actualizará en coordinación con las actualizaciones del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima, 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, 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.

5.10. Análisis prospectivo

Medida 10.1. Definir las necesidades de almacenamiento

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

Al objeto de evaluar tales necesidades y definir cómo el almacenamiento 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, 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

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 de almacenamiento masivo

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

La investigación y el uso de nuevos materiales y materiales críticos lleva 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 una implantación masiva de sistemas de almacenamiento. 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. Para ello es necesario 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, 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.

6. OPORTUNIDADES DEL ALMACENAMIENTO

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.

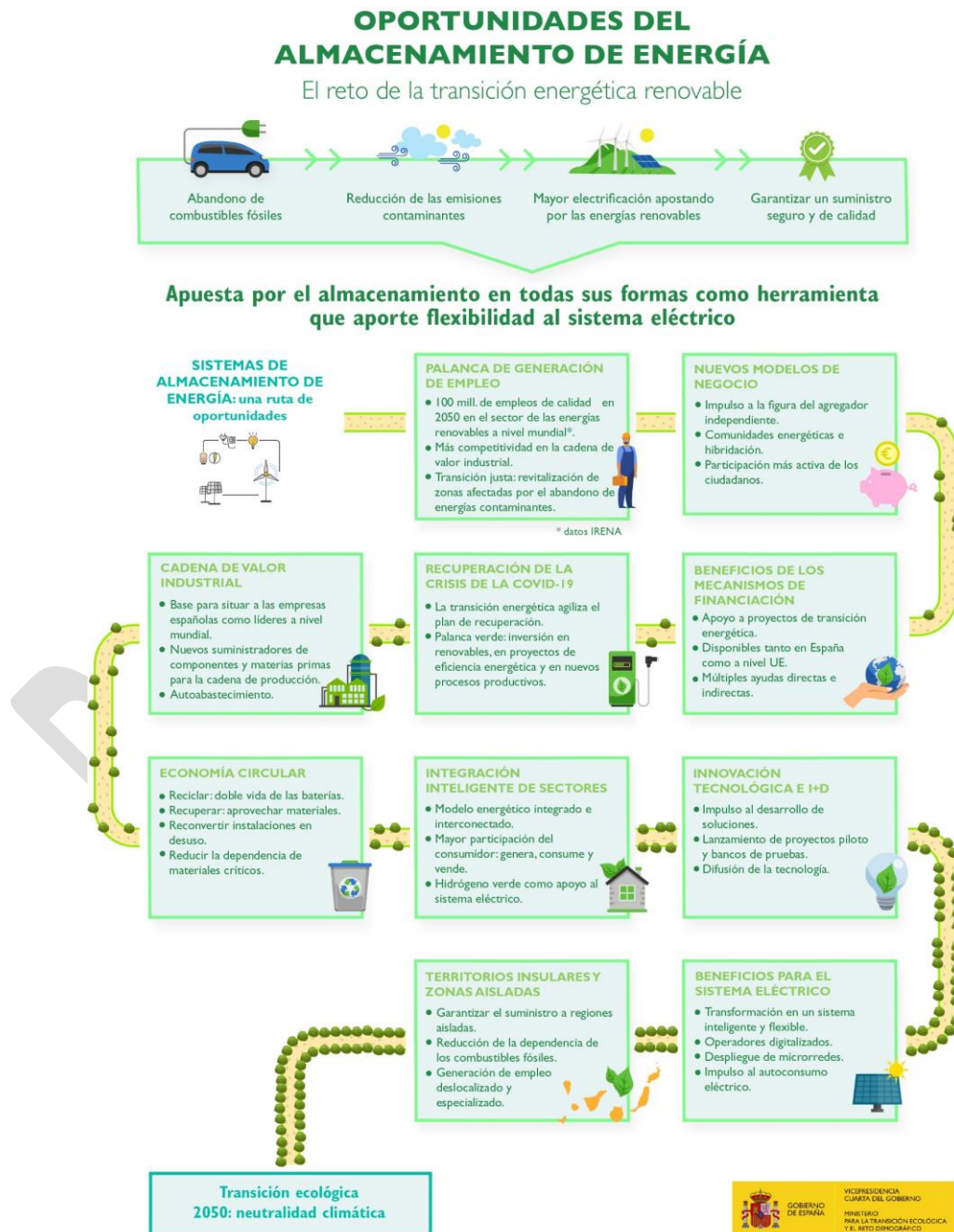


FIGURA 15. Oportunidades del almacenamiento de energía

Palanca de generación de empleo

En términos generales, según datos de IRENA¹⁰, 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 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.

Esto redundará 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 del mismo, 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, 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.

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 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 almacenamiento detrás del contador modificarán sustancialmente la gestión energética en los edificios, que se convertirán en 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 (ESEs). Además, estas nuevas posibilidades en la gestión de la energía supondrán herramientas para mejorar la eficiencia energética.

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 sólo agregando grandes consumos (como por ejemplo los del sector

¹⁰ IRENA (2020), The post-COVID recovery: An agenda for resilience, development and equality, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi

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, tanto a nivel 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.

Recuperación de la crisis COVID-19

La transición energética va a ser vector clave en la recuperación del impacto derivado de la pandemia internacional declarada por la Organización Mundial de la Salud en marzo de 2020. Como respuesta a dicha crisis, es necesario impulsar y acelerar la agenda de descarbonización y la transición energética, como vector de recuperación económica con nuevas oportunidades para las economías locales. 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.

Cadena de valor industrial

Es necesario aprovechar el impulso de la transición energética para fortalecer la industria nacional entorno a las tecnologías de almacenamiento 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, 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, la recuperación de materiales y entorno 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.

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 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 tiene un papel clave, por su carácter transversal a los distintos sectores y por posibilitar desacoplar generación y consumo.

En conjunto con los sistemas de almacenamiento, uno de los grandes habilitadores de la plena integración de sectores es el hidrógeno verde 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 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.

Beneficios para el sistema eléctrico

El despliegue de soluciones de almacenamiento aportará importantes beneficios a la gestión del sistema eléctrico. Esto se extiende más allá del apoyo a las infraestructuras de transporte, generación y distribución. Supone también un consistente soporte para el despliegue de micro redes 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 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 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.

7. POTENCIALES NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO EN LA SENDA HACIA LA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA

En los escenarios marcados en el PNIEC y en el borrador de la ELP, el almacenamiento 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, 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 se muestran las necesidades mínimas de almacenamiento previstas para los periodos temporales considerados. Para cubrirlos se estima pasar 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 ese año.

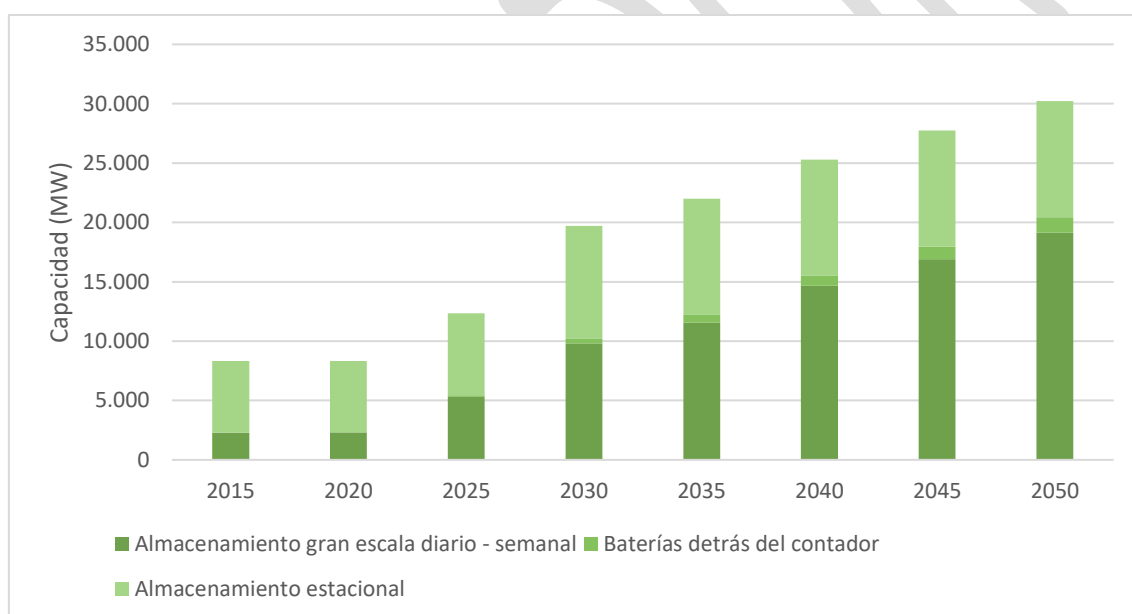


FIGURA 16. Previsión de necesidades de almacenamiento

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 de distinto tipo, incluyendo:

- 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 400MW).
- Almacenamiento de energía térmica, tales como los empleados en las centrales solares termoeléctricas.

En lo referente a otros sistemas de almacenamiento, 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 periodos 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 aplicarles 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 definitiva, el amplio espectro de soluciones y tecnologías de almacenamiento aportan una gran variedad de usos y aplicaciones, posibilitando la combinación de almacenamiento intradiario, 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 pueden requerir apoyo adicional. Es por ello que existen, o estarán próximamente disponibles, numerosos instrumentos de financiación, tanto a nivel europeo como 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.

1. 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:

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 promover la cohesión económica, social y territorial de la UE mediante la mejora de la resiliencia de los Estados miembros, mitigando el impacto social y económico de la crisis y apoyando la transición verde y la transición digital, 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 de euros 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, siendo la asignación prevista para España de 43.480 millones de euros.

Estos fondos serán susceptibles de financiar proyectos de almacenamiento de energía ya que entre sus objetivos se citan 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 *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>

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

En total, se estima que este Fondo maneje alrededor de 10.000 millones de euros en el periodo 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*.

Las ayudas se articularán en forma de subvenciones de hasta el 60% de los costes adicionales ligados a la innovación, mediante convocatorias anuales. La primera de ellas fue lanzada el 3 de julio de 2020 y finaliza en octubre de 2020. Está destinada a proyectos de gran escala (CAPEX > 7,5 millones de euros) de sectores elegibles, entre los que se encuentra el almacenamiento de energía, y está dotada de 1.000 millones de euros, más 8 millones de euros destinados a asistencia al desarrollo del proyecto.

Adicionalmente, existirá una línea específica para proyectos de pequeña escala, cuya inversión en capital (CAPEX) sea inferior a 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, además, 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.

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

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

3. Horizon 2020 y Horizon Europe

Horizon 2020 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 está 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, entorno 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 periodo 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 es el actual Programa Marco de Investigación e Innovación de la UE y fue lanzado para el periodo 2014-2020. Está en fase de desarrollo el próximo Programa Marco "*Horizon Europe*", para el periodo 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 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 6 *clusters*. El *clúster* 5 se denominada Clima, Energía y Movilidad, y en este *clúster* quedarán recogidos de forma mayoritaria las oportunidades de financiación para todos los sistemas de almacenamiento. En este *clúster* 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 *clúster* 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, permitirá 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 los mismos 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 periodo *Horizon Europe*. En este sentido, dentro del *clúster* 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 de almacenamiento. 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

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-green-deal-call.pdf

5. Acto de Ejecución sobre el mecanismo de financiación de energías renovables de la Unión Europea

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. El contenido de dicho acto de ejecución ya ha sido negociado entre los Estados miembros, la votación tuvo lugar en la segunda quincena de julio 2020, y la publicación en el DOUE se prevé para el último trimestre de 2020.

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 generen en las instalaciones, independientemente de donde se ubiquen físicamente éstas. 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 serán 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 tanto por parte de los Estados Miembros como de la propia Unión. El mecanismo está abierto a proyectos de cooperación con terceros países fuera de la UE.

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 13 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

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\(2020\)65144_4_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/651444/IPOL_STU(2020)65144_4_EN.pdf)

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 periodo 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 Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (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 periodo 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/

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, 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 pre-comercial, 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>

10. Connecting Europe Facility (CEF)

CEF es un instrumento de financiación para promover el desarrollo de infraestructuras para lograr redes trans-europeas 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>

11. 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 el 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

12. 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 genere 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/>

13. Programa Eurostars

Eurostars es un programa de apoyo a 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/>

14. 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 periodo 2021-2027) las iniciativas o programas de formación necesarias 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 estudio y la cualificación y certificación de los instaladores en el sector residencial.

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

	Descripción y características	Dotación	Tipo de ayudas	Convocatorias
Next Generation EU	<ul style="list-style-type: none"> Nuevo instrumento de recuperación de la crisis COVID-19. Mecanismo de Recuperación y Resiliencia es su principal instrumento Entre sus objetivos está el apoyo a la transición ecológica. 	NGEU: 750.000 M€ MRR: 672.500	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. Criterios de selección: <ol style="list-style-type: none"> Emisiones evitadas Grado de innovación Madurez del proyecto Escalabilidad Eficiencia en costes Convocatorias anuales. Línea específica para proyectos con CAPEX < 7,5M€ 	10.000 M€	Subvención. Hasta 60% de costes adicionales derivados de innovación	Julio 2020. 1000 M€
H2020	<ul style="list-style-type: none"> Mayor instrumento europeo de financiación de I+D+i Entre sus objetivos están: <ul style="list-style-type: none"> La transición a una economía baja en carbono La protección del medio ambiente La acción climática. 	80.000 M€. El programa 2018-2020 destina 3.400 M€ al clima.	Varios	Varios

	<ul style="list-style-type: none"> Actualmente es área prioritaria: "<i>Construyendo un futuro bajo en carbono y climáticamente resiliente</i>". 			
Horizon Europe	<ul style="list-style-type: none"> Próximo Programa Marco sucesor de H2020. Actualmente en fase de desarrollo <i>Cluster</i> destinado a <i>Clima, Energía y Movilidad</i> Incorporará partenariados <i>co-fund</i> 	En negociación. Estimados 75.900M€, 35% para cambio climático.	Varios	Enero 2021
European Green Deal	<p>11 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
Acto de ejecución sobre el mecanismo financiero de la Unión	<ul style="list-style-type: none"> Mecanismo de apoyo a nivel comunitario, que persigue que determinados EEMM 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 renovable y almacenamiento. Objetivo: reducir la brecha entre la demostración y la comercialización. 	Financiación entre de entre 7,5 y 75 M€.	<ul style="list-style-type: none"> Préstamos Garantías de préstamos Participación capital social 	Varios
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"> Marketplace que pone en contacto a diferentes agentes de la industria de las baterías y a inversores. Objetivo: lograr una industria europea de baterías, competitiva y sostenible a lo largo de toda la cadena de valor 	---	---	---
Eurostars	<ul style="list-style-type: none"> Programa de apoyo las PYMES intensivas en I+D en el desarrollo de proyectos transnacionales orientados al mercado. 	287M€ de H2020 + 800M€ 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

1. 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 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. 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.

2.1. Ayudas a la I+D

Entre 2017 y 2020 CDTI ha aportado cerca de 30 millones de euros en forma de ayudas a I+D relacionadas con el almacenamiento. 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 (Euribor 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 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 (Euribor 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, 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 5 líneas prioritarias o “misiones”, entre las que se encuentra “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

2.2. Compra pública innovadora

Se trata de la adquisición por parte del CDTI de prototipos de primeros productos o servicios en fase pre-comercial, 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 el mismo 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. INNVIERTE

Programa de coinversión con 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>

2.4. 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 Euribor + 0,2% y para amortización a 5 años, Euribor + 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>

3. INSTRUMENTOS DE AYUDA GESTIONADOS POR IDAE QUE PUEDEN INCLUIR SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

3.1. 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 Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) está desarrollando actualmente un programa de ayudas destinado 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) 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 (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. Puesto que estas ayudas se están definiendo en la actualidad, son susceptibles de presentar variaciones o incluir otro tipo de sistemas de almacenamiento o tecnologías a las previamente expuestas.

Las ayudas se articularán 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 las mismas arrancarán 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>

3.2. 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 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, y la convocatoria SolCan se lanzó mediante la Resolución de 24 de junio de 2020 de la Dirección General del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 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 las islas 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.

4. INSTRUMENTOS DE AYUDA A LA I+D 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>

Cuadro resumen

	Descripción y características	Dotación	Tipo de ayudas	Convocatorias
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"> Criterio económico Zona de transición justa Viabilidad administrativa Externalidades positivas Convocatorias puntuales y por CCAA. Se valorará positivamente participación en mercados locales y comunidades de energías renovables 	316 M€	Subvenciones de hasta 80% de costes elegibles dependiendo de actuación de comunidad autónoma	Septiembre 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
Instrumentos de ayuda a la I+D 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. Con carácter previo a su elaboración se mantuvieron reuniones bilaterales con múltiples organizaciones relacionadas con la energía, el sector eléctrico y el almacenamiento. Adicionalmente, se efectuó una consulta pública previa para la libre contribución de todas las personas interesadas en aportar, cuyos detalles se recogen a continuación. Durante el análisis de dicha consulta pública previa, se efectuó una consulta a actores, canalizada a través de cinco jornadas temáticas, descritas también en este anexo. Las aportaciones de ambas consultas fueron analizadas y, en su caso, incorporadas en la redacción de la Estrategia.

Tras la redacción del borrador de la Estrategia, éste será sometido a una consulta adicional, para recabar nuevamente observaciones por parte de las distintas organizaciones implicadas y del público general.

1. 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 Huta 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, 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, así como 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 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 en los casos en que no sean recuperados mediante la participación en los mismos.

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

En cuanto a las diferentes tecnologías de almacenamiento, 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 del 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.

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, 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, 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 éste, en relación a 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:

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

5ª.- 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, 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 las mismas, 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, medioambiente, 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 Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (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 Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (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.

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 relacionada con este vector energético. Tecnalia, centro tecnológico líder en España en investigación aplicada y desarrollo tecnológico, aportó una visión general de los retos de la I+D+i en almacenamiento, 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 encuentra las destinadas al almacenamiento, describió, además de sus proyectos, diversas iniciativas europeas relacionadas con la I+D+i tecnológica en materia de almacenamiento. La Universidad de Lérida centró la ponencia en el almacenamiento térmico y presentó la red española de almacenamiento térmico, integrada por varias universidades.

Por último, CIC energiGUNE, centro tecnológico en materia de electroquímico de energía y almacenamiento 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 a 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, 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 verde, 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 ecocombustibles, gases renovables e hidrógeno verde, 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. Celebrada el 14 de julio de 2020, y 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, describieron 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 energética.

2.2. Agendas de las sesiones

1ª 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

2ª 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: Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (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

3ª 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)
	UNIVERSIDAD DE LÉRIDA
	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

4ª 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
	ENAGAS
	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

5ª 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
	R2M
12:10 – 12:55	Preguntas y reflexiones por parte de los asistentes
12:55 – 13:00	Cierre