

Hoja de Ruta del Hidrógeno en Andalucía

Programa de trabajo en el marco de la
Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde

febrero de 2024

Índice

Introducción	2
Análisis de la situación actual	6
1. Marco normativo de referencia.....	7
1.1. Marco regulatorio europeo.....	7
1.2. Marco regulatorio nacional	11
1.3. Marco regulatorio andaluz	15
2. Programas públicos de apoyo.....	19
3. Caracterización de la cadena de valor del hidrógeno en Andalucía.....	23
2.1. Procesos involucrados en la cadena de valor del hidrógeno.....	24
2.2. Infraestructuras y capacidades industriales existentes	30
2.3. Tendencias globales y regionales.....	40
4. Análisis DAFO del hidrógeno en Andalucía.....	44
Objetivos y líneas de acción de la Hoja de Ruta.....	61
1. Objetivos.....	61
2. Líneas de acción.....	62
3. Encuadramiento en las políticas andaluzas.....	80
3.1. Estrategia Energética de Andalucía 2030	80
3.2. Estrategia de Especialización Inteligente para la Sostenibilidad de Andalucía 2021-2027, S4 Andalucía	83
3.3. Política Industrial de Andalucía	86
Roadmap y escenarios para el seguimiento	89
1. Escenarios para el seguimiento	90
2. Hoja de ruta para el impulso del hidrógeno.....	96
3. Modelo de gobierno	102

Introducción

En Andalucía la unión de industria, energías renovables e hidrógeno¹ nos brinda una oportunidad excelente para contribuir a descarbonizar la economía andaluza y a reforzar la posición de su industria como uno de los pilares de la Revolución Verde de Andalucía.

El panorama actual muestra un escenario energético en constante evolución marcado por la transición energética hacia fuentes de energía renovables para fomentar la descarbonización de la sociedad y la economía en su conjunto. Ante esta situación, el hidrógeno¹ se presenta como una alternativa competitiva para cumplir con los requisitos de sostenibilidad, de cara a la consecución de los objetivos de descarbonización españoles y europeos y a la mitigación de los efectos del cambio climático.

Desde Andalucía, en línea con los compromisos adoptados a nivel europeo y nacional, se toma como referencia el objetivo universal de reducir las emisiones de GEI², con el fin último de lograr una economía competitiva, moderna y neutra desde el punto de vista climático para el año 2050.

Andalucía cuenta con los medios para abordar los objetivos de descarbonización puesto que dispone de recursos renovables, el compromiso público y privado hacia la descarbonización y el compromiso con la sostenibilidad, con la aspiración de constituirse como uno de los agentes principales para acometer dicho proceso de cambio y para impulsar la evolución del hidrógeno en el marco regional, nacional y europeo.

La producción de hidrógeno supone una extraordinaria ventaja para Andalucía configurándose como una solución indispensable en la transición hacia un sistema energético sostenible. Supone igualmente una oportunidad para el desarrollo socioeconómico, industrial y tecnológico de la región ya que multiplica las opciones de aprovechamiento de las energías limpias: la situación geográfica y orografía de Andalucía nos hacen disponer de un elevado potencial de aprovechamiento de energías renovables y

¹ Bajo el nombre de “Hidrógeno”, se hace referencia al hidrógeno renovable, asociado exclusivamente al proceso de electrólisis del agua, al hidrógeno procedente de fuentes renovables, asociado al reformado de biogás, y a sus derivados (el amoníaco verde, el metanol verde y el resto de los líquidos orgánicos portadores de hidrógeno)

² Gases de efecto invernadero

dibuja un nuevo escenario energético para nuestra región que se reforzará gracias al desarrollo de la economía del hidrógeno.

No obstante, bajo dicho contexto, resulta indispensable la definición de una hoja de ruta que guíe las actuaciones en el corto, medio y largo plazo fomentando un impulso ordenador y sistemático para aprovechar esas oportunidades tecnológicas, industriales y sociales que aparecen ligadas al crecimiento en la generación, distribución y uso de dicho vector energético.

Otro de los elementos fundamentales que posicionan a Andalucía en el sector del hidrógeno es el consenso existente entre los agentes económicos y sociales más representativos en Andalucía (Confederación de Empresarios de Andalucía CEA y las organizaciones sindicales UGT Andalucía y CCOO Andalucía), los cuales mostraron su compromiso en el impulso compartido con la Junta de Andalucía a través del Acuerdo de 13 de marzo de 2023 denominado «Pacto Social y Económico por el Impulso de Andalucía» en el cual se incluyó el compromiso de aprobar la Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde.

Finalmente, con el objetivo de contextualizar el presente documento y la posterior definición de los ámbitos operativos, se plantean los siguientes objetivos para el desarrollo de la Hoja de Ruta del Hidrógeno en Andalucía:

- Disponer de un marco operativo de referencia en este ámbito para la industria andaluza.

La creación de un marco de referencia que permita identificar oportunidades de mejora y de desarrollo en torno al hidrógeno resulta fundamental para el crecimiento de éste, especialmente en las industrias de difícil electrificación, en la minería, el transporte pesado de largas distancias o para el suministro de calor tanto en edificios como en aplicaciones industriales. Como marco operativo podrá ser objeto de actualización, a tenor del conocimiento y experiencia adquiridas por parte de los diferentes actores del ecosistema industrial del hidrógeno, incluidas las organizaciones y entidades participantes.

- Mostrar el compromiso de la región con y para el desarrollo de este sector

Si bien Andalucía cuenta actualmente con una serie de documentos estratégicos y medidas de actuación en aras del impulso energético, el impulso empresarial e industrial y de la defensa y protección del medio ambiente, como la Estrategia Energética, la Estrategia de Especialización Inteligente o la nueva política industrial andaluza a través del «Plan de Acción CRECE Industria en Andalucía», mediante la presente hoja de ruta se pretende

reforzar su compromiso hacia un futuro sostenible a través de un documento que refuerce el impulso a la transición energética de la región y su huella industrial, a través del desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno en la comunidad.

- Contar con un programa alineado con los objetivos nacionales y europeos en este ámbito

Haciendo referencia al documento “A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe” por parte de la Comisión Europea, así como a la Hoja de Ruta del Hidrógeno presentada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través del presente documento la comunidad autónoma de Andalucía pone de manifiesto y muestra su alineamiento con los objetivos y líneas de acción definidas a nivel europeo y nacional, demostrando el vínculo de la región a dicho contexto de transición y a la contribución de los objetivos marcados en los horizontes 2030 y 2050.

- Fomentar la cantidad y calidad, capacitación, capacidad de adaptación y género del empleo industrial.

Como elemento fundamental de la lógica de intervención del Plan de acción CRECE Industria en Andalucía, que busca la diferenciación de Andalucía como región industrial, basándose esta diferenciación, entre otros extremos, en el empleo de calidad con capital humano especializado y con la incorporación de jóvenes y mujeres a la formación y la certificación profesional y académica alineada con las necesidades/demandas que correspondan sectorialmente en el marco de las relaciones laborales.

- Aumentar la visibilidad de Andalucía en relación con las oportunidades industriales del hidrógeno como motor económico y social.

La hoja de ruta se presenta como un pilar fundamental para la identificación de oportunidades relacionadas con el hidrógeno, no solo en la consecución de objetivos de carácter sostenible, sino en el progreso económico, industrial y social de la región, abarcando en consecuencia a todo el panorama socioeconómico, desde instituciones públicas con los agentes económicos y sociales hasta el tejido empresarial andaluz y pasando por asociaciones sectoriales, clústeres, centros de investigación y la ciudadanía en su conjunto.

Análisis de la situación actual

El paradigma energético global está experimentando una transición significativa hacia fuentes más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. En este contexto, el hidrógeno emerge como una solución potencialmente transformadora, capaz de desempeñar un papel vital en la consecución de objetivos de descarbonización y en la mitigación del cambio climático.

Diversas naciones y sus regiones están comprometidas con los objetivos de descarbonización y reducción de emisiones, indicados con anterioridad, con la mira puesta en lograr la neutralidad climática para el año 2050. En este sentido, Andalucía se posiciona como una de las potenciales potencias energéticas en Europa gracias a sus recursos renovables, su ubicación estratégica para las relaciones comerciales y su compromiso público y privado por la sostenibilidad y la descarbonización de la economía y la sociedad en su conjunto. Al mismo tiempo que se aborda la sostenibilidad medioambiental deben también cubrirse los retos de sostenibilidad económica y social, con el horizonte que marcan los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS.

El objetivo del presente apartado será abordar la normativa que regula el sector del hidrógeno en Europa, España y Andalucía, destacando las leyes y directrices principales que influyen en la cadena de valor del hidrógeno, así como los programas de apoyo e incentivos disponibles. Bajo el marco normativo de aplicación en el ámbito europeo, nacional y autonómico de Andalucía, se llevará a cabo una caracterización de la cadena de valor del hidrógeno, estudiando en términos globales los procesos involucrados y las capacidades industriales actuales en la región tanto para la generación de energía renovable y para el abastecimiento de agua como para la propia producción, almacenamiento, distribución y consumo de hidrógeno. En línea con dicha caracterización se prestará especial atención a las tendencias que guiarán el crecimiento y la evolución del sector en el medio largo plazo.

Finalmente, dicho análisis resultará en la realización de un análisis DAFO que permita exponer aquellos factores impulsores o ralentizadores del desarrollo del hidrógeno, tanto desde el punto de vista interno como externo, fomentando la posterior definición de un programa de trabajo específico para Andalucía y sus necesidades sectoriales y regionales, que dará forma a la presente hoja de ruta.

1. Marco normativo de referencia

1.1. Marco regulatorio europeo

En primer lugar, con el fin de facilitar la visión general y el entendimiento del alcance de las medidas que se han adoptado desde la Unión Europea, se presenta un cuadro resumen del marco normativo vigente a nivel europeo, encuadrando la normativa asociada con su ámbito específico de aplicación, tratándose de un marco meramente tecnológico y financiero que no tiene como finalidad abordar otros aspectos de gran importancia, como son los aspectos sociales o laborales:

		ÁMBITO DE APLICACIÓN			
		Infraestructuras energéticas	Descarbonización de la industria y el transporte	Medidas de apoyo a la transición	Mercado energético y relaciones comerciales
NORMATIVA Y REGLAMENTOS	Objetivo 55	Propuestas dirigidas a proyectos energéticos para dar cumplimiento a las políticas de la UE	Incluye objetivos de obligatorio cumplimiento en relación con los incentivos para la descarbonización	Establecimiento de programas de incentivos, asociados a los objetivos de descarbonización	Establecimiento de régimen de comercio de derechos de emisión de la UE
	Taxonomía verde europea		Inclusión de determinadas actividades nucleares y gasísticas consideradas transitorias		Definición de la etiqueta de sostenibilidad como herramienta de diferenciación para empresas e inversores Define la obligatoriedad de aportar información sobre su actividad a los participantes en los mercados financieros
	Reglamento RTE – E	Orientación sobre las infraestructuras energéticas transeuropeas Criterios de sostenibilidad para nuevas infraestructuras	Finalización de las ayudas y el apoyo a los potenciales proyectos de gas natural y petróleo	Clasificación en proyectos de interés común (PCI) o de interés mutuo (PMI)	
	Directiva 2018/2021	Requisitos para considerar el hidrógeno de carácter renovable, incluido el sistema de garantía de origen Establece que el combustible producido deberá seguir una correlación horario			Establece el marco común sobre la cuota de energía procedente de renovables que recae sobre el consumo final de energía en la UE
	Banco Europeo del Hidrógeno			Realización de benchmarks para la coordinación y transparencia en el mercado Coordinación de la financiación existente en el marco europeo	Creación de mercado doméstico del hidrógeno a través de subastas organizadas por Innovation Fund Importaciones de hidrógeno a la UE para la cobertura de gaps en el coste
	Reglamento 2023/435	Orientación hacia las infraestructuras de repostaje de hidrógeno Establecimiento de objetivos en términos de número mínimo de infraestructuras y de capacidad		Establecimiento de requisitos y obligaciones para los operadores de puntos de repostaje de hidrógeno	Establecimiento de criterios sobre los precios aplicados al repostaje

Con la publicación en 2020 del informe “A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe” , la Comisión Europea puso de manifiesto la relevancia del papel que juega el hidrógeno renovable para la descarbonización de procesos industriales y los sectores económicos donde resulta compleja pero ineludible la reducción de las emisiones de carbono. De esta forma, se adoptó una Estrategia del Hidrógeno que determina la visión necesaria para la creación de un ecosistema para el hidrógeno que abarca desde la producción e infraestructuras necesarias, hasta la investigación y la innovación, pasando por el desarrollo de los mercados internacionales en este vector o el desarrollo normativo.

Por su parte, el paquete de medidas “**Objetivo 55**” , adoptado en julio del 2021, incluye diferentes incentivos para su adopción, en el que se incluyen objetivos obligatorios para los sectores industriales y del transporte. Este instrumento persigue como objetivo climático principal la reducción de, al menos, un 55% de las emisiones netas de gases de efecto invernadero en el marco de la UE para el año 2030, respecto de los niveles registrados en 1990, de manera que se logre hacer realidad el Pacto Verde Europeo.

Para su consecución, establece una serie de propuestas entre las que se encuentran el régimen de comercio de derechos de la emisión de la UE (RCDE) que pone precio al carbono y disminuye el límite máximo de emisiones de determinados sectores. Asimismo, los Estados miembros deberán aprovechar el total de los ingresos procedentes del comercio de derechos de emisión en programas que mantengan relación con la energía, además de contener múltiples propuestas dirigidas a proyectos energéticos que abarcan las principales políticas climáticas de la Unión Europea y diversas leyes relacionadas con el transporte, la energía y la fiscalidad (como Red III, Régimen Comunitario de Comercio de Derechos de Emisión, Mecanismo de Ajuste en la Frontera del Carbono), que afectan, por tanto, a aquellas actuaciones relacionadas con el hidrógeno.

En línea con las iniciativas del Pacto Verde Europeo o el compromiso de neutralidad del Carbono, la “**taxonomía verde europea**” se presenta como herramienta para que inversores y empresas puedan diferenciar qué proyectos se pueden considerar sostenibles y amigables con el medioambiente. Esto se traduce en una clasificación, basada en el conocimiento de expertos y científicos en la materia, estableciendo la obligatoriedad a las empresas y participantes en los mercados financieros de aportar información acerca de las actividades que desarrollan, que permite la diferenciación de estas actividades desde una perspectiva de sostenibilidad.

Estas actuaciones empresariales solo pueden ser etiquetadas bajo la Taxonomía Sostenible de la Unión Europea si colaboran de forma sustancial con alguno de los objetivos ambientales incluidos en el Reglamento de Taxonomía y, a su vez, no causen perjuicios significativos a ninguno de los restantes objetivos ambientales y sociales.

En enero de 2023, la Comisión complementó la taxonomía mediante la inclusión de determinadas actividades nucleares y gasísticas consideradas transitorias, ya que por el momento no pueden ser reemplazadas por alternativas hipocarbónicas por impedimentos de carácter tecnológico o económico, pero que en cierta manera contribuyen a la mitigación del cambio climático y cumplen con un papel esencial en la transición hacia una economía climáticamente neutra. Todo esto, sin abandonar la inversión en energías renovables.

En cualquier caso, la taxonomía se presenta como una herramienta informativa, dirigida a fomentar la transparencia en los mercados de cara a la inversión sostenible, si bien los Estados siguen siendo responsables y competentes para tomar decisiones en el ámbito energético, en consonancia con su compromiso con la descarbonización y la neutralidad climática.

Asimismo, resulta de especial interés el **Reglamento de las Redes Transeuropeas (Reglamento RTE-E)**, en vigor desde el 23 de junio de 2022, que tiene por objeto determinar disposiciones para el desarrollo e interoperabilidad de los corredores y áreas prioritarias de infraestructura energética a nivel europeo.

Con este reglamento, finalizan las ayudas y el apoyo a los potenciales proyectos de gas natural y petróleo e incorpora criterios de sostenibilidad para los nuevos proyectos, distinguiendo entre proyectos de interés común y proyectos de interés mutuo. Estos proyectos son listados y promocionados por la UE a través de ayudas financieras, así como la aplicación de normas de distribución transfronteriza de los costes e incentivos.

Los proyectos de interés común (PCI) son proyectos orientados al desarrollo de los corredores y áreas prioritarias de infraestructura energética, mientras que los proyectos de interés mutuo (PMI) son aquellos realizados en cooperación con terceros países que pueden optar a recibir ayudas europeas si manifiestan algún beneficio en el marco de la Unión Europea y son sostenibles, de forma que contribuyan con los objetivos de descarbonización de los terceros países son coherentes con el Acuerdo de París.

Desde otra perspectiva, y ante el estallido de la guerra en Ucrania y su impacto en los mercados energéticos, en febrero de 2023 se publicó el Reglamento europeo 2023/435 que

supuso la creación del **Fondo REPowerEU** que, con la finalidad de acelerar la independencia respecto de los combustibles fósiles de Rusia, busca la mejora de las infraestructuras energéticas, la descarbonización de la industria, el aumento de la producción y utilización del hidrógeno renovable, situándolo como vector clave para el reemplazamiento del gas natural, el carbón y el petróleo en las industrias y transportes difíciles de descarbonizar.

Por su parte, la **Directiva (UE) 2018/2021 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables**, establece un marco común cuyo objetivo principal recae sobre la cuota de energía procedente de fuentes renovables sobre el consumo final de energía en el ámbito de la Unión Europea. A esta directiva se le incorporaron una serie de modificaciones en 2023 para incluir la definición de hidrógeno bajo en carbono³, los requisitos que necesariamente deben cumplirse para que el hidrógeno producido sea considerado renovables (esencialmente, que sea producido a partir de energía renovable y se asegure el origen de la energía) y establece que a partir del 1 de enero de 2023⁴ el combustible producido deberá seguir una correlación horaria.

Adicionalmente, en marzo de 2023 se comunicó la creación de un **Banco Europeo del Hidrógeno** que incluirá actuaciones en torno a 4 pilares:

1. Coordinación y la transparencia frente al mercado a través de benchmarks, recopilación de información sobre la oferta y la demanda, precios, monitorización de acuerdos, etc.
2. Coordinación de la financiación existente, investigando las posibles oportunidades de gestión (pooling) de la financiación actual y la posibilidad de implicarse en la inversión y ayuda a terceros países.
3. Creación de mercado doméstico del hidrógeno a través de subastas organizadas por el Innovation Fund con la finalidad de reducir la diferencia que existe entre los costes de producir hidrógeno renovable y fósil. Sobre un presupuesto de 800 millones de

³ Se define hidrógeno bajo en carbono como el hidrógeno derivado de fuentes no renovables que cumpla un umbral de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del 70%

⁴ O a partir del 1 de julio de 2017 los Estados miembros que así lo establezcan, previa notificación a la Comisión

euros, se lanzó el 23 de noviembre del 2023 hasta el 8 de febrero de 2024 la primera subasta doméstica para que los productores de hidrógeno pujen por la retribución mínima que están dispuestos a recibir.

4. Importaciones de hidrógeno a la UE de manera que también se cubra el gap entre el coste del hidrógeno renovable producido en terceros países e importando frente al hidrógeno y los combustibles fósiles que este pueda reemplazar dentro de la UE.

Otro de los principales ejes y retos del hidrógeno es su aplicación en los vehículos; por lo que se lanza el **Reglamento de Infraestructuras alternativas de combustibles** con el objetivo de contar con infraestructuras de repostaje de hidrógeno suficientes para facilitar la utilización de vehículos de carretera movidos por hidrógeno. En este sentido, a más tardar el 31 de diciembre de 2030, se deberán implantar un número mínimo de estaciones de repostaje público con una capacidad mínima acumulativa de 1 t/día y equipadas con al menos un dispensador de 700 bares, situadas a una distancia máxima de 200 km entre ellas, a lo largo de la red básica de la RTE-T en todos los Estados miembros.

Además, los Estados velarán por que no se supere la distancia máxima de 200 km en los tramos transfronterizos de la red básica de la RTE-T.

Paralelamente, el operador de puntos de repostaje de hidrógeno deberá ofrecer al usuario final, la posibilidad de repostar de manera puntual en los puntos de acceso público que explote, mediante la utilización de un instrumento de pago de uso generalizado en la Unión.

Los precios aplicados deberán ser razonables, fácil y claramente comparables, transparentes y no discriminatorios.

1.2. Marco regulatorio nacional

De forma análoga a las iniciativas regulatorias en el marco de la UE, se presenta el cuadro resumen de las medidas regulatorias vigentes en España, atendiendo a su implicación o efecto en la cadena de valor del hidrógeno, tratándose de un marco meramente tecnológico y técnico que no tiene como finalidad abordar otros aspectos de gran importancia, como son los aspectos sociales o laborales:

	ÁMBITO DE APLICACIÓN				
	Infraestructuras energéticas	Descarbonización de la industria y el transporte	Medidas de apoyo a la transición	Mercado energético y relaciones comerciales	
NORMATIVA Y REGLAMENTOS	Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico	Establece la normativa para la puesta en marcha de instalaciones de energía eléctrica renovable (acceso, conexión, ocupación de suelos, autorizaciones, licencias, etc.)			
	Real Decreto-Ley 6/2022		Modificación de la Ley de Hidrocarburos para establecer un régimen jurídico a las redes de gaseoductos		
	Real Decreto 376/2022	Registro de instalaciones de producción de gas procedente de fuentes renovables	Regulación de criterios de sostenibilidad y de reducción de emisiones GEI	Establece el sistema de garantías de origen de gases renovables	
	Orden TED/1026/2022			Procedimiento de gestión del sistema de garantías de origen para el gas renovable	
	Real Decreto-Ley 18/2022				Elimina la prohibición del establecimiento de líneas directas entre productores y consumidores de grupos empresariales diferentes
	Real Decreto 445/2023	Regula la evaluación ambiental para electrolizadores y sistemas de almacenamiento energético		Modificación de los anexos de la Ley 21/2013 para la introducción del procedimiento de evaluación ambiental en tecnologías de hidrógeno	
	Real Decreto Legislativo 1/2001	Regula la obtención de concesiones administrativas para el abastecimiento de agua		Aprobación del texto refundido de la Ley de Agua	
	Real Decreto 639/2016	Medidas para la creación de una infraestructura para combustibles de hidrógeno	Especificaciones técnicas de aplicación para los puntos de repostaje de hidrógeno		

El hidrógeno renovable se presenta como una solución clave para la sostenibilidad, la descarbonización y el cumplimiento de los objetivos de lograr una economía climáticamente neutra. En consecuencia, en octubre de 2020 el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico publicó la «**Hoja de Ruta del Hidrógeno**», de cara a posicionar a España como uno de los principales referentes en la producción y exportación de hidrógeno renovable en Europa.

Estratégicamente, se podría lograr gracias a la capacidad en España de generar electricidad renovable a bajo coste, la superficie disponible en el territorio para la instalación de plantas de producción y almacenamiento de energía, la existente red de distribución de gas que podría adaptarse y reaprovecharse y su disposición geográfica.

España tiene la oportunidad de crear un entorno favorable para el desarrollo del hidrógeno y liderar proyectos que impulsen la cadena de valor del hidrógeno mediante la creación de clústeres tecnológicos, proyectos piloto a nivel regional, la innovación industrial, el apoyo a las zonas de transición justa, buscando la sostenibilidad económica, social y medioambiental, y la posibilidad de acceder a energías renovables con precios accesibles.

En línea con estos propósitos, se han aprobado diversas normativas que resultan relevantes para el desarrollo de las energías renovables y que, en consecuencia, viene afectando a la evolución y desarrollo del hidrógeno renovable a nivel nacional. En este sentido, se identifican:



1. el **Real Decreto Legislativo 1/2001**, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas. Resulta de aplicación lo dispuesto en esta norma puesto que la principal fuente de alimentación del electrolizador es el agua para cuyo uso es necesaria la obtención de una concesión administrativa.



2. **La Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico**, relevante para la construcción y puesta en marcha de instalaciones de energía eléctrica renovable que resultan esenciales para desarrollar el proceso de electrólisis que permita la producción de hidrógeno. En esta ley se recopilan múltiples requisitos como los títulos habilitantes para la obtención de permisos de acceso y conexión, la ocupación de suelos, autorizaciones administrativas y licencias municipales o la inscripción en los registros pertinentes.



3. El **Real Decreto 639/2016**, de 9 de diciembre, por el que se introducen medidas para la creación de una infraestructura para los combustibles alternativos, incluidos los

puntos de repostaje de hidrógeno junto con las especificaciones técnicas de aplicación: norma ISO/TS 20100 relativa al suministro de hidrógeno gaseoso, el grado de pureza del hidrógeno (norma ISO 14687-2) o las especificaciones para los conectores de los vehículos para el (norma ISO 17268).



4. el **Real Decreto-Ley 6/2022**, entre cuyas novedades se encuentra la modificación de la Ley de Hidrocarburos para establecer un régimen jurídico para las redes. Resulta de aplicación esta norma puesto que el transporte, distribución, comercialización y consumo de hidrógeno se asemeja al del gas natural, cuyas instalaciones y líneas se pueden aprovechar.



5. el **Real Decreto 376/2022**, cuyo objeto es la regulación de los criterios de sostenibilidad y de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como el sistema de garantías de origen de los gases renovables, entre los que se incluye el hidrógeno. Para demostrar dicha procedencia, a partir del sistema de garantías que ofrece la norma, se establece un Registro de instalaciones de producción de gas procedente de fuentes renovables.



6. la **Orden TED/1026/2022**, que aprueba el procedimiento de gestión del sistema de garantías de origen para el gas renovable.



7. el **Real Decreto-Ley 18/2022**, que elimina la prohibición del establecimiento de líneas directas entre productores y consumidores de grupos empresariales diferentes para las centrales eléctricas renovables. De esta manera, se consigue que el productor de hidrógeno se abastezca de energía renovable de terceros.



8. el **Real Decreto 445/2023**, que modifica algunos anexos de la Ley 21/2013⁵ por lo que introduce el procedimiento de evaluación ambiental para los electrolizadores de hidrógeno y el almacenamiento de energía.

Adicionalmente, es relevante mencionar la Manifestación de Interés no vinculante presentada por ENAGÁS (*Call for Interest*), disponible hasta el pasado 17 de noviembre de 2023, por el que se dimensiona el interés de los principales agentes del sector energético para el desarrollo de infraestructuras que permitan el transporte de hidrógeno. Para ello, se lanzó un primer test de análisis del mercado potencial de hidrógeno renovable en España, y

⁵ Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental

así definir una propuesta adaptada de infraestructuras de la futura Red Tronca Española de Hidrógeno. Esta consulta ha contado con gran participación y apoyo en el sector, con 206 empresas participantes, cuyos resultados han revelado que el escenario 2030 que muestra una producción de hidrógeno de unos 2,5 millones de toneladas por año, más de 23GW de capacidad de electrólisis y un consumo de 1 millón de toneladas (superior al consumo actual de hidrógeno gris de 600.000 Tn/año), son estimaciones acertadas y congruentes que confirman las necesidades de infraestructuras de transporte y almacenamiento necesarios, así como la identificación de zonas adicionales de agregación de producción y demanda.

El calendario presentado prevé que a partir de 2024 se inicie de recopilación de información adicional, además del diálogo con los participantes. Tras este paso, en 2025 se lanzaría la una fase (*open season*) vinculante, en base a las conclusiones de la fase anterior y en la que se adquirirían compromisos firmes para el uso de las infraestructuras.

A pesar de la aprobación de la normativa señalada, uno de los principales desafíos que se presentan en el mercado español es el de la creación de un *sandbox* regulatorio orientado a una regulación específica de aplicación al hidrógeno renovable que fomente la inversión en la cadena de valor de este vector en España.

1.3. Marco regulatorio andaluz

Tras la exposición del ámbito europeo y nacional, se procede a exponer el cuadro resumen del marco regulatorio en relación con el hidrógeno en el ámbito andaluz:

		ÁMBITO DE APLICACIÓN			
		Infraestructuras energéticas	Descarbonización de la industria y el transporte	Medidas de apoyo a la transición	Mercado energético y relaciones comerciales
NORMATIVA Y REGLAMENTOS	Estrategia Energética de Andalucía	Integración de las energías renovables en el sistema energético		Fortalecimiento de la cadena de valor (alianzas, hoja de ruta, colaboraciones...)	
	Plan de Acción CRECE Industria 2021 - 2022			Consolidación y desarrollo del tejido productivo (desarrollo tecnológico e industrial)	
	Ley 2/2007	Establece las competencias compartidas en relación a las instalaciones de producción, distribución y transporte de energía	Establece políticas para la utilización sostenible de los recursos energéticos, la suficiencia energética y el ahorro		
	Ley 7/2021	Establece la generación eléctrica en dominio público hidráulico	Puesta a disposición del público la información de los puntos de recarga eléctrica para vehículos de acceso público Legislación relativa a los operadores de puntos de recarga	Establece objetivos específicos para la reducción de emisiones GEI, energías renovables y eficiencia energética, con horizonte al año 2030	Aplicación de nuevos beneficios fiscales a productos energéticos
	Ley 8/2018			Creación de Comisión Interdepartamental de Cambio Climático, así como de la Oficina Andaluza de Cambio Climático Planificación regional y municipal en relación con la mitigación del Cambio Climático	Establecimiento de régimen sancionador y de medidas de ejecución forzosa

El documento “Directrices Energéticas de Andalucía, Horizonte 2023” tiene como misión la orientación política con relación a las estrategias de energías renovables, ahorro, eficiencia energética y desarrollo de las infraestructuras energéticas en Andalucía para los próximos 10 años. Estas directrices tienen el fin de progresar en la descarbonización de la

economía e impulsando el rol de la Administración pública como facilitadora de la transición energética.

En base a estas Directrices, y aprobada por el Consejo de Gobierno en junio de 2022, se publica la **Estrategia Energética de Andalucía 2030**, en la que se definen 6 objetivos principales con la mira puesta en la transición energética, que se traduce en 12 líneas estratégicas que será impulsadas desde la Junta de Andalucía.

Entre las líneas de actuación orientadas al impulso del hidrógeno podemos destacar el fortalecimiento de las cadenas de valor del almacenamiento energético, el hidrógeno y gases renovables a través de diferentes medidas como el establecimiento de una Alianza del Hidrógeno, la elaboración de la Hoja de Ruta o la colaboración con otras entidades públicas; la integración de las energías renovables en el sistema energético mediante el asesoramiento a empresas y organismos, el análisis normativo y regulatorio o el seguimiento de proyectos.

La comunidad autónoma de Andalucía busca fomentar las medidas orientadas a fomentar la economía del hidrógeno en la región mediante la Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde (A2H2V), de forma que elimina obstáculos para la inyección del hidrógeno en la red gasista existente e impulsa la formación en aspectos relacionados con el hidrógeno.

El Acuerdo de 3 de agosto de 2021, del Consejo de Gobierno de la Junta de Andalucía puso en marcha el denominado «**Plan de Acción CRECE Industria 2021 - 2022 para una nueva política industrial en Andalucía**», como primero de los tres planes cuya finalidad última sería la de aprovechar eficazmente los recursos regionales para impulsar el crecimiento de la industria, articulando la política de fomento industrial para la Comunidad Autónoma de Andalucía. Entre las medidas incluidas en el Plan de Acción, destaca el programa para la consolidación y desarrollo del tejido productivo que incluye el impulso a proyectos e iniciativas para el desarrollo tecnológico e industrial en materia de energías renovables e hidrógeno.

Esta política industrial proyecta la visión de aprovechar los extraordinarios recursos con que cuenta Andalucía, ya no solo como una gran oportunidad sino como una obligación ineludible. El capital humano, su tejido empresarial, la riqueza en materias primas y recursos naturales, los servicios avanzados de ingeniería, innovación y conocimiento, así como el gran mercado interior de bienes y servicios industriales y su proyección en los mercados

globales, son algunas de esas grandes fortalezas regionales sobre las que sustentar esta política industrial.

A través de su política industrial, Andalucía aspira a mejorar los factores de productividad de su sector industrial basándose en el desarrollo tecnológico y la innovación en productos y procesos, adoptando dinámicas de colaboración y de responsabilidad social empresarial, para afrontar los grandes retos de sostenibilidad (económica, social y medioambiental) y digitalización que se plantean a nivel europeo y mejor posicionada internacionalmente.

La Estrategia Energética de Andalucía 2030 supone pues la materialización de las Directrices Energéticas definidas por la Agencia Andaluza de la Energía. A su vez, en coherencia con la Ley 8/2018, de medidas frente al cambio climático y para la transición hacia un nuevo modelo energético en Andalucía, y el Plan Andaluz de Acción por el Clima 2021-2030.

En este contexto, las líneas estratégicas definidas se enfocan en la mitigación de emisiones y la transición energética en Andalucía que se estructuran en dos bloques: la descarbonización y el ahorro y eficiencia energética. Es en el primer bloque donde pone el foco, entre otras materias, en la penetración de las energías renovables al determinar cómo línea estratégica «potenciar la producción y el empleo de biocombustibles sostenibles conforme a la Directiva (UE) 2018/2001, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, así como de combustibles sintéticos, hidrógeno y otros gases renovables».

En este sentido, sobre el marco regulatorio de la comunidad autónoma de Andalucía se debe hacer mención a la **Ley 2/2007**, de 27 de marzo, de fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética de Andalucía, en la que hace referencia al hidrógeno como agente clave para el desarrollo e impulso a la transición energética, poniendo de relieve las prestaciones energéticas y ambientales que le caracterizan; **la Ley 7/2021**, de 1 de diciembre, de impulso para la sostenibilidad del territorio de Andalucía (LISTA), que determina como uno de sus objetivos el impulso de la transición energética y el fomento de las energías renovables (destacan la preferencia de instalaciones de energía renovable en construcciones e instalaciones, garantiza el acceso a las fuentes de energía renovable o la ejecución y fomento de actuaciones públicas y privadas en el desarrollo de instalaciones de energía renovable); o la **Ley 8/2018**, de 8 de octubre, de medidas frente al cambio climático y para la transición hacia un nuevo modelo energético en Andalucía, tiene como objeto la lucha contra el cambio climático y la conversión eficiente del modelo energético en

Andalucía, a partir de la reducción de la emisión de GEI, del consumo de combustibles fósiles y el fomento de la transición energética. Como consecuencia de esta última ley mencionada, tuvo su origen el Plan Andaluz de Acción por el Clima, como instrumento de planificación general en materia de cambio climático y energía.

De esta manera, alineada con la política industrial andaluza y nuestro liderazgo en energías renovables, el desarrollo de la economía del hidrógeno constituye un ámbito de especial interés para Andalucía por contar con unas condiciones excepcionales para la aplicación de su tecnología que se sustenta en la elevada demanda de hidrógeno para uso industrial, su potencial de uso para el transporte marítimo y por carretera habida cuenta de la posición geográfica de nuestra Comunidad, su potencial exportador y las infraestructuras en las que esta se soporta, y sobre todo se sustenta sobre los extraordinarios recursos de que disponemos, recursos naturales y de conocimiento.

2. Programas públicos de apoyo

Con el objetivo de fomentar una alternativa energética que, a diferencia del hidrógeno convencional o “hidrógeno gris”, sea sostenible y contribuya a la mitigación de GEI, las instituciones públicas ponen a disposición recursos económicos y establecen incentivos para el desarrollo de proyectos de hidrógeno renovable, de forma que ofrezcan un respaldo a los desafíos que este vector presenta.

En primer lugar, en el ámbito de la Unión Europea se presenta el Next Generation-EU (NGEU). Se trata de fondos económicos que el Consejo Europeo acordó poner a disposición de los Estados Miembros con el objetivo último de mitigar el impacto social y económico derivado de la crisis sanitaria de 2020, de forma que pueden utilizarse para conceder préstamos reembolsables por un volumen de 360.000 millones de euros y no reembolsables por una cantidad de 390.000 millones de euros.

Estos fondos se materializaron en España, por un lado, en el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia (MRR) con 672.500 millones de euros, de los cuales España recibió 140.000 millones, que constituye el núcleo del Fondo de Recuperación, para apoyar las inversiones y reformas de cara a una recuperación sostenible con el foco puesto en las prioridades ecológicas y tecnológicas de la UE, y por otro, en el Fondo REACT-UE con 47.500 millones de euros, que promueven la recuperación sostenible, tecnológica y resiliente de la economía de una forma más flexible y ágil.

Next Generation EU también aportará fondos adicionales a otros programas o fondos europeos, como el Fondo Europeo Agrario de Desarrollo Rural (FEADER) y el Fondo de Transición Justa (FTJ).

Con el foco puesto sobre las palancas y componentes del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), se determinaron 4 ejes transversales para la distribución de los fondos europeos (transición ecológica, transformación digital, cohesión social y territorial e igualdad de género) que se proyectan en 31 componentes en los que se articulan los proyectos de inversiones y reformas.

Específicamente, destaca el componente 9 «Hoja de ruta del hidrógeno renovable y su integración sectorial», con un total de 1.555 millones de euros, el cual desempeña un papel fundamental en la transición hacia la sostenibilidad económica, social y medioambiental, y la implementación del Marco Estratégico de Energía y Clima, identificando al hidrógeno renovable como elemento nacional clave para descarbonizar diversos sectores económicos.

Contribuye a una de las recomendaciones de la UE para España: centrar la inversión en la transición ecológica y digital, especialmente en la investigación e innovación en la producción y utilización de fuentes de energía limpias y eficientes, en infraestructura energética, la gestión de recursos hídricos y de residuos, así como el transporte sostenible.

Se persigue además el estímulo sostenible del empleo y la actividad económica a consecuencia de la implicación directa en la cadena de valor del hidrógeno, estructurando las medidas en cuatro líneas diferentes:

1. Medidas de apoyo a las pymes y los centros tecnológicos.
2. Integración sectorial que concentre espacialmente la producción, transformación y consumo a gran escala.
3. Desarrollo de proyectos pioneros.
4. Integración de la cadena de valor nacional en la cadena de valor comunitaria.

En el mismo sentido y bajo el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, se encuentra el PERTE⁶ de energías renovables, hidrógeno renovable y almacenamiento

⁶ Proyectos estratégicos para la recuperación y transformación económica (PERTE)

(PERTE ERHA), como instrumento de colaboración público-privada que tiene como finalidad consolidar las áreas asociadas a la transición energética en la que España está bien posicionada, así como reforzar aquellas en las que tiene menor incidencia.

Asimismo, en el ámbito del hidrógeno, se encuentran a disposición otros instrumentos de financiación como son:

1. **European Green Deal Call**, para proyectos de investigación e innovación que respondan a la crisis climática y ayudan a la salvaguarda del ecosistema y la biodiversidad europea).
2. **Horizon Europe**, como instrumento fundamental de I+D+i de la UE.
3. **Clean Hydrogen Alliance**, lanzado en 2020 para apoyar el despliegue de tecnologías relacionadas con el hidrógeno limpio a gran escala para 2030.
4. **InnovFin Energy Demonstration Projects**, programa de financiación impulsado por la Comisión Europea, permite al Banco Europeo de Inversiones (BEI) financiar demostrativos de proyectos innovadores que se encuentren en una fase pre-comercial y contribuyan a la transición energética.
5. **Connecting Europe Facility**, programa de financiación para la implantación de políticas y redes energéticas transeuropeas.
6. **Invest EU**, fondos europeos para la contribución al estímulo de inversiones clave para el crecimiento económico, con foco en la sostenibilidad, las pymes y la innovación

Los recursos aportados en el marco de la Unión Europea resultan fundamentales para abordar asuntos especialmente decisivos para el desarrollo de una economía sostenible y el estímulo de la innovación y la resiliencia. En este sentido, el CDTI Innovación⁷, entidad pública encargada de la canalización de solicitudes de apoyos y ayudas a los proyectos de I+D de empresas españolas, gestiona diferentes programas relacionados con las energías renovables, hidrógenos y el almacenamiento de la energía como la llamada del Korea Spain

⁷ Entidad perteneciente al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades

Strategic Programme (KSSP) para la concesión de subvenciones para financiar proyectos de cooperación tecnológica internacional.

El CDTI ofrece también el programa INNVIERTE para la promoción de innovación empresarial a través de la inversión en empresas tecnológicas e innovadoras españolas o los Proyectos CIEN, que consiste en subvenciones, sin restricciones en cuanto al sector o tecnología a desarrollar, dirigidas al apoyo de proyectos de I+D liderados por empresas, de forma que se fomenta la cooperación público-privada.

Más allá de recursos financieros, España dispone de una serie de incentivos fiscales diseñados para impulsar, no sólo la investigación y desarrollo en el ámbito del hidrógeno, sino también para captar inversiones, impulsar el establecimiento de infraestructuras y promover el uso del hidrógeno en áreas clave como el transporte, la industria y la generación eléctrica.

En este sentido, las empresas que se dedican a actividades de investigación, desarrollo e investigación (I+D+i) tienen la posibilidad de acceder a significativas **deducciones fiscales en el Impuesto sobre Sociedades**. Estos incentivos son particularmente valiosos para las empresas que trabajan en el avance de tecnologías de hidrógeno y pilas de combustible.

Además, varias comunidades autónomas han tomado la iniciativa, desarrollando estrategias propias, como es el caso de Andalucía. A pesar de las medidas adoptadas, resulta palpable la necesidad de desplegar nuevos estímulos económicos y medioambientales que impulsen el desarrollo de proyectos relacionados con el hidrógeno renovable.

3. Caracterización de la cadena de valor del hidrógeno en Andalucía

Bajo el contexto de regulatorio, estratégico y de apoyo a la descarbonización de los sectores productivos y de la sociedad en general, el hidrógeno surge como una de las principales vías portadoras de energía cero-emisiones para superar los desafíos planteados por dicha transición energética hacia un escenario más sostenible y basado en una menor incidencia de los combustibles fósiles en el mix energético nacional. Esta relevancia del hidrógeno en la transición energética se basa principalmente en el carácter intermitente y estacional de las fuentes de energía renovable, por lo que el sistema eléctrico español requiere de una vía de almacenamiento de energía a gran escala y durante largos períodos de tiempo como el hidrógeno para adquirir una mayor penetración de las energías renovables en el sistema.

En este sentido, el hidrógeno se constituye como uno de los principales vectores energéticos actuales para almacenar energía y liberarla posteriormente de forma controlada. Además, dada la alta aplicabilidad de las tecnologías de hidrógeno y de las pilas de combustible, el hidrógeno permitirá una distribución más sencilla de la energía, una amortiguación de los desfases entre oferta y demanda, su utilización como materia prima para combustibles y la descarbonización del transporte, la industria y la descarbonización de la energía en los hogares, entre otros aspectos.

Partiendo desde el inicio, el hidrógeno es un elemento abundante que para su obtención requiere de determinados procesos para separarlo de los elementos por los que se encuentra acompañado, siendo el tipo de energía empleada en dichos procesos el factor determinante para determinar el color que se le otorga. En este sentido, el hidrógeno se posiciona como la solución de mayor eficacia para favorecer la descarbonización de los sectores, por su generación a partir de agua por el proceso de la electrólisis y utilizando únicamente en su obtención electricidad procedente de energías exclusivamente renovables. Este se diferencia de otras tipologías ampliamente conocidas de hidrógeno como el amarillo o el gris que se obtienen de fuentes mixtas o de gas natural, respectivamente, o del hidrógeno azul que genera emisiones de CO₂ que se capturan posteriormente para ser almacenadas o reutilizadas. Estas otras tipologías están experimentando en los últimos años una tendencia decreciente de uso por la generación de emisiones de CO₂ o por el bajo índice de utilización de energías renovables, constituyéndose

el hidrógeno como la principal oportunidad para la consecución de los objetivos planteados en el PNIEC⁸.

Bajo dicha oportunidad derivada de la utilización del hidrógeno, es de especial relevancia conocer la situación actual del hidrógeno en Andalucía, identificando su situación actual en términos de infraestructuras, producción, inversión y tendencias, entre otros aspectos.

2.1. Procesos involucrados en la cadena de valor del hidrógeno

Con el objetivo de llevar a cabo un análisis alineado con las nuevas políticas industriales transformadoras enmarcadas en el Plan CRECE⁹, a continuación, se procede a exponer la caracterización de la cadena de valor del hidrógeno en Andalucía a partir de los eslabones definidos en dicho plan de acción:



Fuente: Plan de acción CRECE Industria 2021 – 2022 para una nueva política industrial en Andalucía. Agosto 2021

⁸ [Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030](#)

⁹ [Plan de acción CRECE Industria 2021 – 2022 para una nueva política industrial en Andalucía](#)

A raíz de dicha desagregación de las cadenas de valor industriales, a continuación, se procede a exponer los procesos involucrados en cada uno de los eslabones:



Extracción y/o suministro de materias primas

El hidrógeno no es una materia prima en sí misma, dicho vector energético es el resultado de una reacción química derivada de un proceso de electrólisis. Por este motivo, las materias primas fundamentales para llevar a cabo el proceso de electrólisis y, por tanto, la generación de hidrógeno, serán el agua con un alto grado de pureza y los recursos naturales que permiten la obtención de energía eléctrica renovable. En este sentido, el presente eslabón no se considera de aplicación directa a la cadena de valor del hidrógeno. Sin embargo, las actividades contempladas en la generación de energía renovable y en la obtención de agua dulce deberán ser contempladas de forma transversal en el alcance del presente proyecto tractor, contemplando la influencia de estas sobre la cadena de valor del hidrógeno.



Transformación de las materias primas

En línea con el eslabón anterior, el hidrógeno no es una materia prima existente en la naturaleza sobre la que se pueda llevar a cabo el proceso pertinente de transformación. En este sentido, la transformación pertinente se deberá hacer sobre el agua (adecuándola a las condiciones de trabajo permitidas por los electrolizadores en términos de pureza y eliminación de sólidos en suspensión) y sobre los recursos naturales necesarios para la obtención de energía eléctrica renovable, principalmente eólica y solar. De esta forma, el presente eslabón no se considera de aplicación directa a la cadena de valor del hidrógeno, sin restar importancia al papel de dichos procesos transformadores para la cadena de valor del hidrógeno.



I+D+i y concepto de producto

Este eslabón engloba todas las actividades relacionadas con la investigación, tanto a nivel tecnológico y de digitalización como de soluciones sostenibles para mejorar la eficiencia. La especial relevancia de este eslabón en la cadena de valor del hidrógeno reside en el grado de desarrollo actual de los equipamientos de producción, distribución y almacenamiento, así como en la necesidad de adaptación de las infraestructuras al consumo de dicho vector energético. Dentro de este eslabón se encuentran instituciones académicas, centros tecnológicos y laboratorios de investigación, así como empresas de carácter innovador que puedan desempeñar un papel crucial para el impulso y el desarrollo de los equipamientos involucrados en toda la cadena de valor del hidrógeno. En la actualidad, este eslabón constituye un papel crucial dado que de él dependerá la capacidad de evolución y la adaptación de Andalucía a las nuevas tendencias del mercado, pilar fundamental para impulsar el crecimiento del sector y el posicionamiento de Andalucía en el marco nacional y europeo.



Componentes

Se trata de uno de los elementos de mayor valor añadido y uno de los elementos de la cadena de valor en el que se concentran inversiones en I+D+i. El eslabón abarca las actividades dedicadas a la fabricación de los electrolizadores, indispensables para la producción de dicho vector energético. Además, se contemplarán aquellas actividades asociadas a la fabricación de equipamientos y sistemas eléctricos y electrónicos que sean indispensables para el control de dicha producción (reguladores, válvulas de control, medidores de condiciones de trabajo, sistemas de seguridad, etc.). Este eslabón engloba desde empresas dedicadas a la ingeniería de sistemas y sistemas eléctricos, hasta los fabricantes especializados de electrolizadores.

En este sentido, más allá de la investigación y desarrollo de las tecnologías, la relevancia de este eslabón residirá en la necesidad de un tejido empresarial y competitivo que permita fabricar los componentes necesarios y la introducción de dichas tecnologías en las actividades energéticas, industriales y productivas de Andalucía.



Materiales para la fabricación o transformación

Entendida la fabricación como la producción de hidrógeno en la presente cadena de valor, el presente eslabón se enfocará en aquellas actividades mencionadas anteriormente en relación con la obtención de agua dulce y de energía eléctrica renovable. En este sentido, en este punto se abarcarán las empresas dedicadas a la producción de energía solar o eólica, principalmente, junto con otras empresas que permitan fomentar la obtención de las materias primas necesarias para el proceso productivo del hidrógeno.

El eslabón de materiales para la fabricación es esencial para garantizar un suministro sostenible de hidrógeno y la resiliencia en el tiempo de dicho vector energético como alternativa energética en la industria local y regional, aspirando a satisfacer mercados exteriores de hidrogeno, es decir, desarrollar la capacidad de exportar. A pesar del carácter indirecto de dichas actividades respecto a la cadena de valor del hidrógeno, es importante impulsar dichas actividades para garantizar el abastecimiento de los electrolizadores y los niveles de producción demandados por la industria y el transporte.



Ensamblaje, fabricación o transformación

En línea con el esquema previamente expuesto de la cadena de valor del hidrógeno, en el presente eslabón se encuentran las actividades de generación de hidrógeno en las plantas de producción. El eslabón estará conformado por aquellas empresas que dispongan o tengan planificada la instalación de electrolizadores y, por tanto, la puesta en marcha de plantas productoras de hidrógeno o el desarrollo de proyectos de producción de hidrógeno.

En línea con la relevancia de la fabricación de los equipamientos necesarios para la producción de hidrógeno, se debe tener en consideración la especial necesidad de un tejido empresarial dispuesto a llevar a cabo la instalación de los equipos y el desarrollo de proyectos productivos específicos. Este constituirá uno de los eslabones más importantes de la cadena de valor del hidrógeno al contemplar la propia producción del hidrógeno y, en consecuencia, al generar un alto grado de dependencia de las actividades subsiguientes de almacenamiento, distribución y consumo.



Distribución y comercialización

El eslabón de distribución y comercialización engloba las actividades que abarcan desde el almacenamiento del hidrógeno hasta su distribución por medios terrestres, marítimos o por medio de gaseoductos. En este proceso, se encontrarán las empresas de transporte y logística que puedan acometer el almacenamiento necesario, así como la distribución del hidrógeno desde el punto de generación hasta el de consumo (bajo las condiciones de rentabilidad, competitividad y seguridad necesarias).

El eslabón de distribución y comercialización será otro pilar fundamental dentro de la cadena de valor del hidrógeno, ya que garantizará su almacenamiento y su transporte desde el lugar de producción hasta el punto de consumo, permitiendo la desvinculación entre la generación y el consumo. En este sentido, será especialmente relevante la implantación de prácticas sostenibles y el impulso de los LOHC como combustible, con el objetivo de garantizar la sostenibilidad en el transporte y, en consecuencia, en toda la cadena de valor, incluso con capacidad de exportación.



Aplicación o uso

El eslabón de aplicación o uso se relaciona directamente con el consumo del hidrógeno generado a través de los procesos productivos. En este sentido, el presente eslabón englobará los sectores de actividad con mayor potencial de aplicación o uso del hidrógeno como combustible renovable para el desarrollo de sus actividades. Deberá contemplarse tanto el tejido empresarial de carácter endógeno a Andalucía, que podría ser potencial consumidor de dicho vector energético para la descarbonización de sus actividades económicas, como el potencial carácter exportador del hidrógeno, fomentando el posicionamiento de Andalucía como productora y la generación de nuevos mercados energéticos.

El eslabón de aplicación o uso representa la aplicación final del hidrógeno como combustible para la descarbonización de las actividades productivas. No es un eslabón integro de la cadena de valor del sector ya que las actividades del sector se centran en la generación del hidrógeno y otros vectores energéticos. Sin embargo, el consumo, aplicación y uso deberán ser factores a tener en consideración con el objetivo de ligar la producción al desarrollo de un mercado competitivo, resiliente y que demande dicho vector energético.



Servicios de operación y mantenimiento

El eslabón de operación y mantenimiento engloba actividades dedicadas al mantenimiento, reparación y operación de las instalaciones e infraestructuras asociadas con la producción, almacenamiento y la distribución del hidrógeno. Entre las actividades se encuentra la supervisión e inspección de las infraestructuras y el mantenimiento de equipo y maquinaria, especialmente los electrolizadores por su rol ineludible en la producción de hidrógeno. El eslabón de operación y mantenimiento tendrá un carácter transversal a la cadena de valor del hidrógeno, con el objetivo de garantizar la operabilidad, seguridad y el pleno funcionamiento de los equipamientos e infraestructuras en la cadena de valor del hidrógeno. Además, dada la escala industrial proyectada para la producción de hidrógeno, el mantenimiento adquiere relevancia para planificar las paradas y revisiones pertinentes que permitan a los electrolizadores funcionar ininterrumpidamente durante largos períodos de tiempo. Junto con el de investigación y desarrollo de componentes, para la especialización debemos considerarlo como un espacio clave y que ofrece posibilidades de desarrollar capacidades que sean de referencia para otros productores. La capacitación y cualificación profesional son fundamentales para convertir a Andalucía como referente en este campo.



Gestión final de la vida útil

En el caso del hidrógeno, la gestión de la vida útil estará directamente asociada a los electrolizadores y a las pilas de combustible, especialmente estas últimas dada su relación con las aplicaciones y usos del vector energético en la sociedad. En este sentido, la gestión de la vida útil adquirirá una importancia determinante en aplicaciones como la movilidad, marcada por la relación directa y cotidiana con la población y por la existencia de alternativas competitivas (baterías de electromovilidad) a raíz del impulso del coche eléctrico de pila de combustible (coche de hidrógeno) en el contexto actual de descarbonización. Además, en términos de competitividad, al igual que la rentabilidad económica, la gestión de la vida útil será un factor determinante para el posicionamiento del hidrógeno en dicho contexto de transición energética. La reposición de los electrolizadores y de las pilas de combustibles al final de su vida útil, así como el tratamiento de los residuos derivados de dicha reposición, será crucial para mantener el carácter renovable en toda la cadena de valor.

2.2. Infraestructuras y capacidades industriales existentes

A raíz de los procesos involucrados en la cadena de valor del hidrógeno, con el objetivo de evaluar las infraestructuras y capacidades industriales existentes en Andalucía, se procede a evaluar los proyectos de hidrógeno en operación, construcción y planificación, así como la generación de energía renovable en la región y la disponibilidad de agua para el abastecimiento de los electrolizadores:

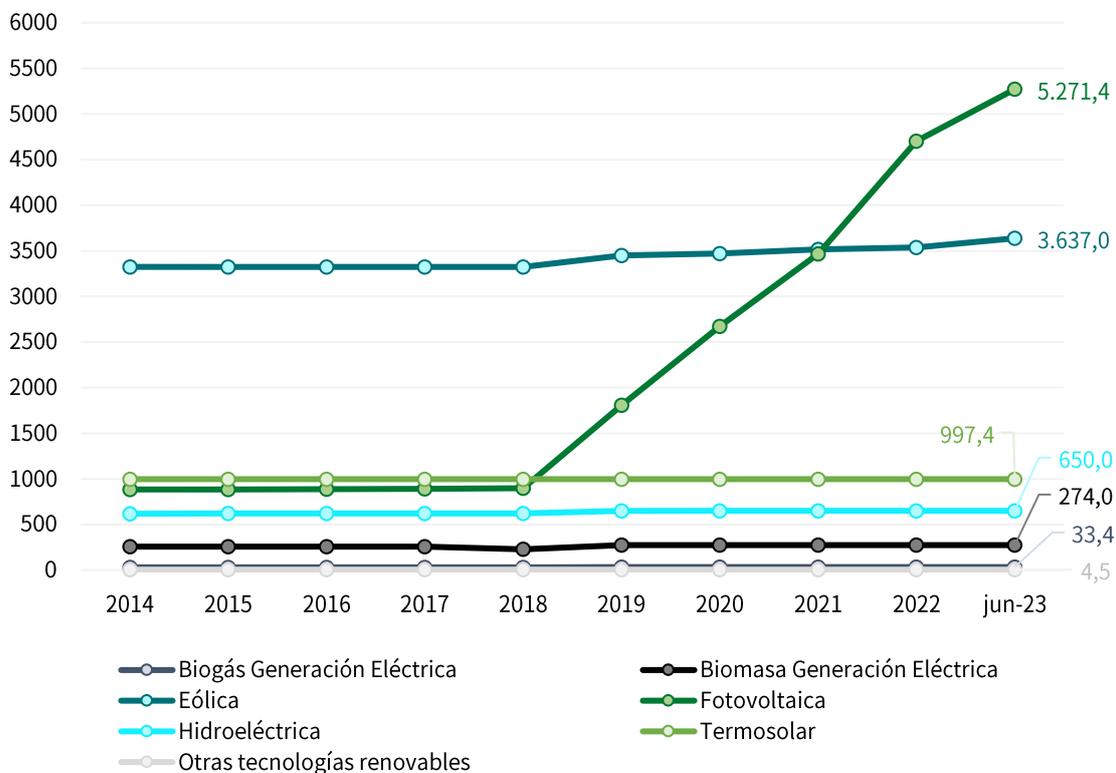
2.2.1. Generación de energía renovable

Como se comenta anteriormente, el hidrógeno procede de energías limpias, sin impacto negativo en el medioambiente y sin emisiones de carbono. En línea con dicho condicionante y de forma previa al análisis de la potencia planificada de electrolizadores para la producción de hidrógeno, será de especial relevancia evaluar el mix energético existente en la región y la capacidad generadora de energía renovable para abastecer dicha producción. En este sentido debemos remitirnos a los informes de «Datos Energéticos» que anualmente publica en su portal Web la Agencia Andaluza de la Energía.

En este sentido, con el objetivo de evaluar la disponibilidad de dicha energía para el abastecimiento de los electrolizadores, se procede a evaluar la generación eléctrica renovable en la región, así como la desagregación de la potencia por tipología de fuente energética. Dada la necesidad de corriente eléctrica para la separación de las moléculas de agua y para la obtención del hidrógeno y el oxígeno como resultado de la reacción química, se analizará exclusivamente la generación de energía eléctrica, dejando al margen la generación de energía térmica renovable.

Teniendo en consideración la potencia instalada de origen renovable en Andalucía de 10.982 MW a diciembre de 2023 (el 58% aproximadamente de la potencia total instalada en la región), a continuación, se procede a exponer la potencia eléctrica anual generada por tipología de fuente de energía renovable desde el año 2014:

Evolución anual de la potencia eléctrica renovable en Andalucía (MW)



Fuente: Elaboración propia a partir del Informe de Infraestructuras Energéticas Andalucía. Junio 2023

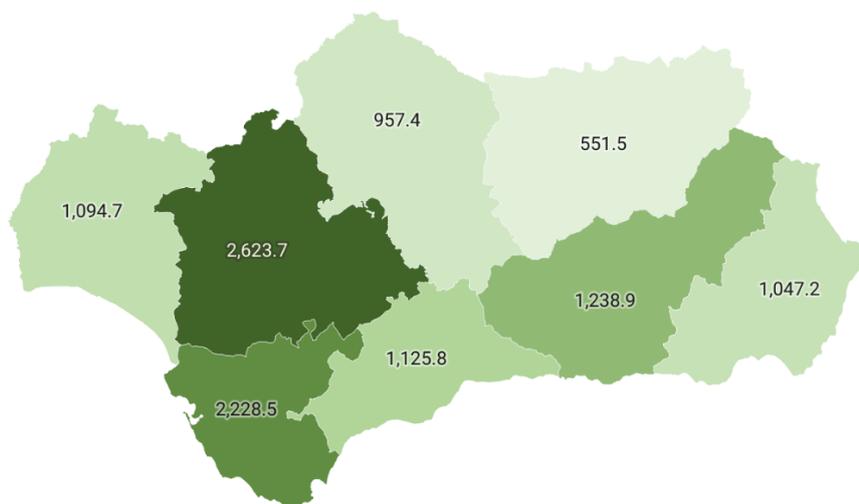
Bajo este contexto, las principales fuentes de energía renovables proyectadas para la producción de hidrógeno son la energía solar y la energía eólica, por su alto grado de desarrollo tecnológico actual respecto a otras tipologías de generación energética y por su creciente utilización en el sector eléctrico en la actualidad, entre otros factores. Por un lado, la energía eólica experimentó un amplio crecimiento desde el 2003 hasta el 2013, consolidándose como la principal fuente de energía renovable en la región. Sin embargo, en la energía fotovoltaica entre 2018 y 2022 se ha quintuplicado la potencia instalada como resultado del empuje del sector energético y de la administración autonómica, manteniendo un crecimiento medio anual de más del 35% a partir del 2019 y ocupando la primera posición en la región a partir del año 2021. En la actualidad, dichas fuentes ocupan el 82% de la generación eléctrica renovable en la región.

Además del potencial expuesto para el abastecimiento de los electrolizadores respecto a otras fuentes, la idoneidad de estas fuentes de energía renovables para la producción de hidrógeno viene marcada especialmente por las debilidades existentes en dichas tecnologías. A pesar del enorme crecimiento experimentado en cuanto a potencia instalada

renovable en los últimos años, dichas fuentes de energía renovables presentan una complicada predicción y gestión de los recursos naturales a causa de su intermitencia y de su dependencia a los cambios climáticos. En este sentido, el hidrógeno se constituye como una oportunidad para cubrir dicha variabilidad y otorgar de almacenamiento renovable a la energía generada, usando la corriente eléctrica en la producción y evitando la pérdida del excedente. Además de la generación aislada, el hidrógeno constituye una opción de almacenamiento a gran escala altamente competitiva respecto a otras tecnologías de almacenamiento extendidas en la actualidad como las baterías de ion litio.

Una vez evaluada dicha desagregación en la generación de energía eléctrica renovable se procede a evaluar su distribución territorial en Andalucía:

Datos provinciales de la potencia eléctrica renovable (MW)

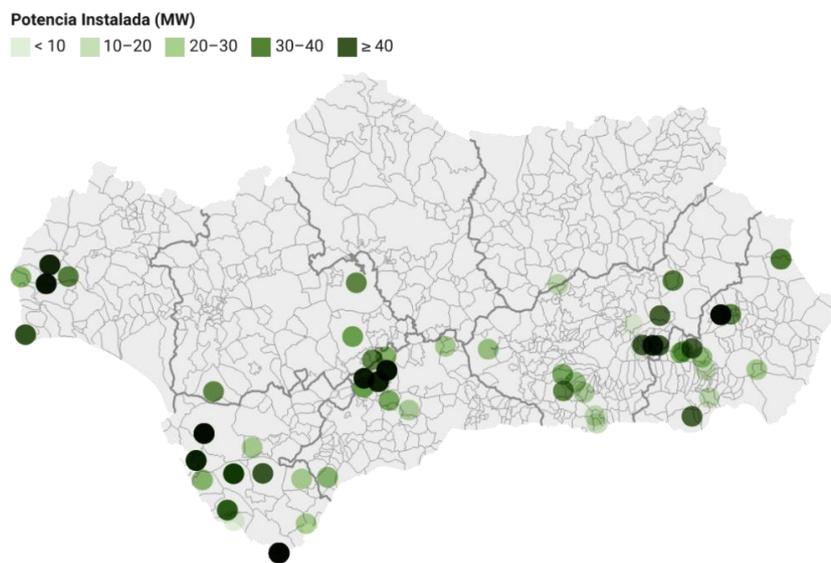


Fuente: Elaboración propia a partir del Informe de Infraestructuras Energéticas Andalucía. Junio 2023

En este sentido, se puede observar un mayor grado de generación de energía eléctrica renovable en Sevilla y Cádiz respecto al resto de provincias, denotando la menor incidencia de dichas fuentes en Jaén y Córdoba. Adicionalmente a la disponibilidad de terreno para la construcción de campos fotovoltaicos y parques de aerogeneradores, este aspecto constituirá un condicionante a la hora de definir las ubicaciones asociadas a los proyectos de producción de hidrógeno, con el objetivo de abastecer a los electrolizadores instalados y de reducir las pérdidas energéticas derivadas de la distancia desde la generación hasta el punto de consumo.

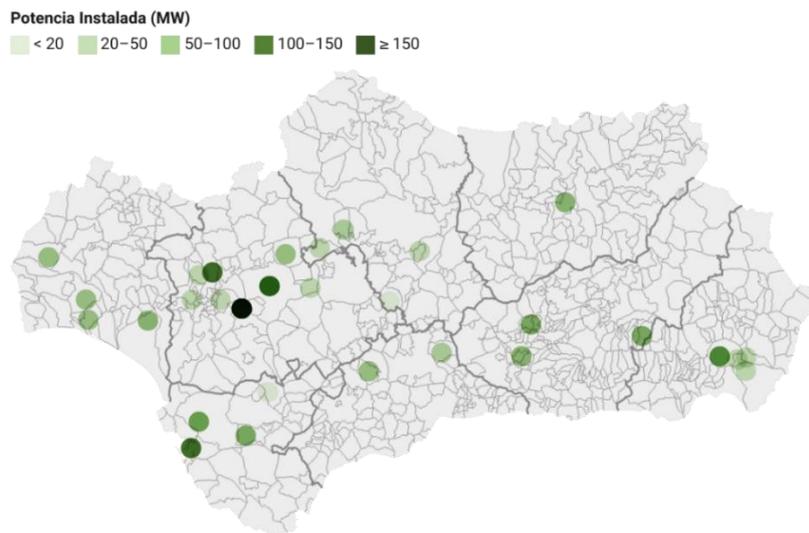
De forma adicional a los datos provinciales de la potencia eléctrica renovable, con el objetivo de estudiar en profundidad las infraestructuras de las principales fuentes de energía proyectadas para la producción de hidrógeno, a continuación, se procede a exponer de forma desagregada los parques eólicos existentes en la región, así como las plantas fotovoltaicas con una potencia instalada mayor de 10 MW (sin incluir las instalaciones de autoconsumo):

Parques eólicos en Andalucía



Fuente: Elaboración propia a partir del Informe de Infraestructuras Energéticas Andalucía. Junio 2023

Plantas fotovoltaicas con una potencia instalada mayor de 10 MW en Andalucía



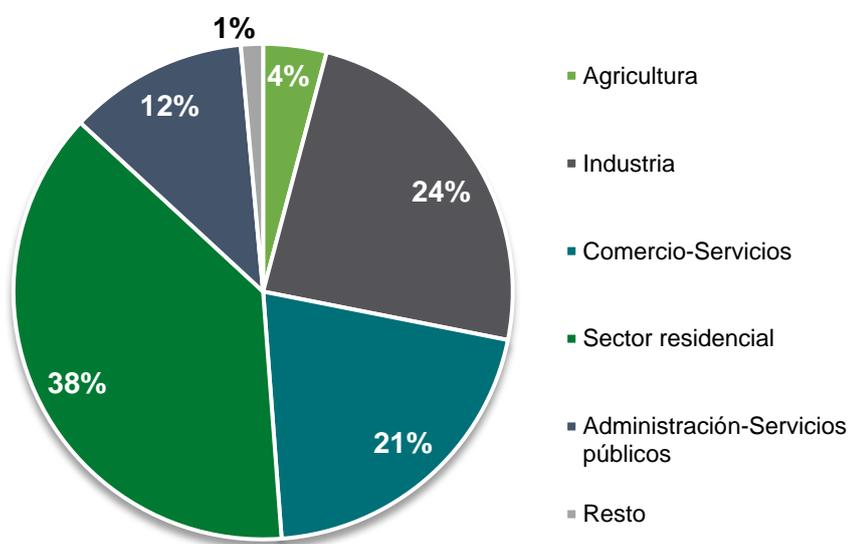
Fuente: Elaboración propia a partir del Informe de Infraestructuras Energéticas Andalucía. Junio 2023

En este sentido, en Andalucía, se identifican un total de 161 parques eólicos con una potencia máxima instalada de 50 MW y un total de 74 plantas fotovoltaicas con una potencia máxima instalada de 182,5 MW. Mientras que las plantas fotovoltaicas se encuentran repartidas por la totalidad del territorio andaluz, dadas las condiciones naturales existentes, los parques eólicos se reparten casi en su totalidad por las provincias costeras para aprovechar las condiciones de viento.

De forma complementaria al análisis de la potencia eléctrica renovable instalada, es preciso considerar el consumo de energía eléctrica, con el objetivo de evaluar la capacidad en la región de abastecer la demanda energética de los diferentes sectores, así como de abastecer la demanda futura derivada del consumo del hidrógeno para la descarbonización.

Teniendo en consideración el consumo total de energía eléctrica en Andalucía de 32.683.560 MWh, a continuación, se procede a exponer dicho consumo de forma desagregada según los diferentes sectores:

Consumo de energía eléctrica por sectores (MWh)



Fuente: Elaboración propia a partir del Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía. 2022

Como se puede observar, el sector industrial ocupa la segunda posición en términos de consumo, con un 24% del total y un valor de 7.852.256 MWh de energía eléctrica, únicamente superado por la demanda de la población en el sector residencial con un 38% del consumo. Además, dicho consumo industrial no es homogéneo en todo el territorio andaluz, sino que muestra una gran variación entre las provincias andaluzas, acumulando el 71,2% del consumo industrial total en tres provincias específicas: Huelva (28,3%), Cádiz (21,8%) y

Sevilla (21,1%). Este aspecto denota una mayor necesidad de energía eléctrica para el abastecimiento del sector industrial en dichas provincias, requiriendo en consecuencia una mayor incidencia del hidrógeno para la descarbonización de dichos sectores como combustible y vector energético en las actividades productivas. Además, el desfase entre generación renovable y la necesidad energética en provincias como Huelva requiere de un sistema de almacenamiento energético como el hidrógeno que promueva el abastecimiento energético y fomente la desvinculación entre generación y consumo de energía. En el ámbito del sector residencial, Málaga y Sevilla muestran un consumo del 24,5% y un 22,5% respectivamente, suponiendo una acumulación de casi la mitad del consumo residencial en dichas provincias.

2.2.2. Proyectos de hidrógeno

Una vez evaluada la generación de energía eléctrica renovable en la región, es preciso obtener una radiografía de la situación actual del hidrógeno en Andalucía, en términos de infraestructuras y capacidades industriales existentes, con el objetivo de evaluar:

- Los diferentes proyectos en operación, en construcción y planificados en relación con el hidrógeno. Esta radiografía sectorial permitirá identificar aquellas capacidades industriales más desarrolladas en la cadena de valor del hidrógeno, así como los eslabones con menor grado de incidencia en la región. Estos proyectos marcarán tanto el consumo regional de dicho vector energético como las posibles aplicaciones futuras.
- Una comparativa entre la potencia instalada y planificada de electrolizadores en Andalucía y los objetivos planteados para el año 2030 a través del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 y según la Hoja de Ruta del Hidrógeno de España. Esta visión permitirá evaluar el papel de Andalucía dentro de la estrategia nacional, así como las necesidades para cumplir con las perspectivas regionales.
- Una comparativa entre la capacidad andaluza para la generación de energía eléctrica renovable y la potencia demandada por los electrolizadores, según el escenario proyectado en la actualidad y analizado a través de los proyectos mencionados, teniendo en cuenta la reducción de la dependencia energética de Andalucía, tanto eléctrica como de hidrógeno.

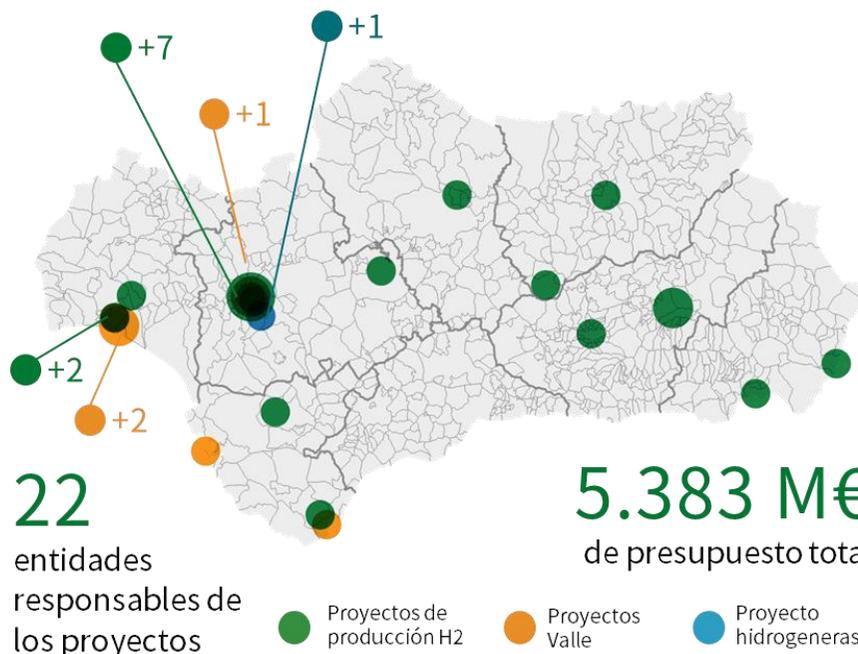
Con el objetivo de evaluar dichos puntos de análisis, se procede a exponer la situación actual del hidrógeno en Andalucía a raíz de una radiografía de los proyectos existentes en operación, construcción y planificados:



La **Hoja de Ruta del Hidrógeno en España** prevé la instalación de al menos **11 GW** de electrolizadores en España para 2030, y entre 300 y 600 MW para 2024.

+ 3,7 GW

de potencia proyectada de electrolizadores, lo que supone el **33,6%** del objetivo nacional



El estado actual de los proyectos de hidrógeno verde en Andalucía...



En planificación



En construcción



19

Proyectos de producción de hidrógeno verde



6

Proyectos de valles de hidrógeno verde



1

Proyecto de hidrogeneras

Los datos contemplados representan una estimación derivada de los proyectos recogidos en el Censo de Proyectos de la Asociación Española del Hidrógeno y en las convocatorias del Programa de Incentivos a proyectos pioneros y singulares de hidrógeno renovable del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)

2.2.3. Recurso hídrico

En el proceso de electrólisis, además de energía eléctrica renovable, se requiere de agua para la obtención de hidrógeno.

Aunque los procesos son altamente eficientes en el uso del agua, el recurso hídrico resulta imprescindible para la generación de hidrógeno mediante electrólisis, por lo que su acceso en volumen y calidad resulta de especial relevancia para el desarrollo de los procesos, dada la presión hídrica existente en gran parte del territorio andaluz.

Con el objetivo de llevar a cabo el análisis pertinente para la región de Andalucía, a continuación, se procede a identificar las cuencas hidrográficas existentes en la región:

Delimitación territorial de las cuencas hidrográficas en Andalucía

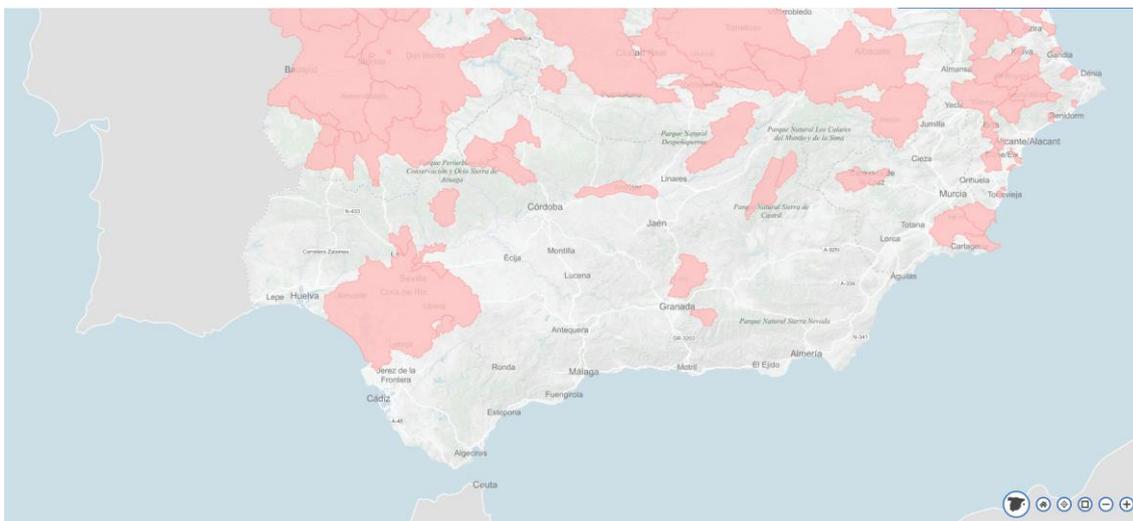


Fuente: GeoPortal del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Además, dado que las sales disueltas y la materia orgánica existente en el agua resultan altamente corrosivas para los electrolizadores, es crucial que se lleve a cabo la eliminación de impurezas y su desalinización antes de la producción de hidrógeno. A pesar de que este proceso únicamente dependerá del agua utilizada para el proceso de electrólisis, dada la limitación del agua como recurso industrial y de generación de energía es necesario analizar la obtención de agua desalinizada, con el objetivo de poder aprovechar agua salada y otras aguas con impurezas para la producción de vectores energéticos renovables. En este sentido, según la Resolución de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente de 23 de febrero de 2023, se establece la delimitación de las zonas de captación de zonas sensibles en cuencas intercomunitarias. A continuación, con el objetivo de evaluar las zonas de disponibilidad de agua e identificar las zonas sensibles existentes dentro de las cuencas

hidrográficas de Andalucía que requieren de medidas de protección y purificación adicionales, se expone la siguiente distribución territorial:

Zonas de captación de zonas sensibles en cuencas intercomunitarias



Fuente: GeoPortal del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Una vez expuesta dicha distribución territorial y bajo el fin último de evaluar la disponibilidad de dicho recurso hídrico en la región, es de gran relevancia evaluar la demanda frente a la capacidad actual, identificando posibles necesidades y futuras vulnerabilidades para el abastecimiento continuo de los electrolizadores. En este sentido, se debe considerar que el consumo de agua para la producción de hidrógeno renovable no debe ser superior al consumo de agua para la producción de hidrógeno no renovable, y que el objetivo perseguido inicialmente se basa fundamentalmente es que el nuevo hidrógeno renovable desplace al actual.

Según el «Diagnóstico sobre las necesidades de agua de Andalucía» elaborado por CESUR en el año 2021, en Andalucía se consumen unos 4.750 hm³/año para atender a las demandas básicas, distribuyendo un 77% de dicha cantidad al riego de cultivos, un 18% al consumo por parte de la población, un 3% a las aplicaciones industriales, un 1% al turismo y ocio y el 1% restante al sector ganadero.

Por otro lado, teniendo en consideración los datos nacionales del Boletín Hidrológico semanal del MITECO, a fecha de enero de 2024, las reservas de agua se encuentran al 45% aproximadamente de su capacidad en el marco nacional, con un total de 25.356 hm³/año frente al consumo nacional estimado de 29.000 hm³/año. Según dichos datos, prestando

especial atención al caso particular de Andalucía y sus cuencas hidrográficas, se obtiene la siguiente situación hidrológica:

Embalses de uso consuntivo	Capacidad total (hm³)	Reserva total (hm³)	Proporción de reserva frente a la capacidad
Guadiana	9.538	3.068	32%
Tinto, Odiel y Piedras	229	161	70%
Guadalete-Barbate	1.651	241	15%
Guadalquivir	8.028	1.688	21%
Cuenca Mediterránea Andaluza	1.174	215	18%
Segura	1.140	210	18%
Total Regional	21.760	5.583	26%

2.3. Tendencias globales y regionales

Teniendo en consideración la perspectiva que emana de las políticas europeas, nacionales y regionales de descarbonización de la economía, así como la caracterización realizada de la cadena de valor del hidrógeno, resulta esencial adentrarse en el análisis de las tendencias que darán forma al futuro del hidrógeno como vector energético clave.

En este sentido, a continuación, se presentan las principales tendencias que impactan de forma directa en los distintos aspectos clave del sector, desde la producción hasta la demanda, distribución y almacenamiento de hidrógeno. De esta forma, estas tendencias abarcarán desde el alto crecimiento de la demanda a nivel mundial hasta los avances tecnológicos que están influyendo sobre la forma en que se produce y se utiliza el hidrógeno:

Ámbito	Tendencias identificadas
Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento de la producción mundial de hidrógeno. Según los datos de la International Energy Agency, la producción mundial del hidrógeno aumentó en 2022 un 3% respecto al año anterior, alcanzando casi 95 Mt. Sin embargo, la producción de hidrógeno de bajas emisiones representó únicamente el 0,7% de la producción global, muy similar a la del año anterior y casi en su totalidad a partir de combustibles fósiles. • Crecimiento de la producción de hidrógeno por electrólisis del agua. A pesar de representar un volumen muy reducido en 2022 respecto a la producción de hidrógeno previamente mencionada, con menos de 100 ktH₂, la producción de hidrógeno por electrólisis registró un crecimiento del 35% respecto al año anterior.
Mercado	<ul style="list-style-type: none"> • Baja variabilidad del coste de energía renovable. A raíz de los avances tecnológicos, la reducción de costes de materias primas, las mejoras de eficiencia en la producción y el desarrollo de nuevos compuestos, la energía solar y la energía eólica están

**Tecnología y
Avances en
Investigación**

experimentando una disminución constante de sus costes. En esta línea, se espera que los costes de producción de hidrógeno disminuyan a medida que las operaciones continúen avanzando.

- Disminución de costes de electrolizadores. El precio de los electrolizadores ha disminuido aproximadamente a la mitad en comparación con su valor hace 5 años debido a la inversión en investigación. En este sentido, se espera que dicha tendencia de reducción continúe hasta el año 2030.
- Evolución económica del mercado del hidrógeno. Según los datos de Polaris Market Research, el valor del mercado del hidrógeno en el año 2022 fue de 642 millones de euros. En este sentido, la reducción de costes en la producción de energía renovable, el avance en las tecnologías de electrólisis y la alta demanda proveniente de los vehículos de pila de combustible de hidrógeno (FCEV) y la industria eléctrica proyectan un crecimiento del mercado que alcance hasta los 6.948 millones de euros en 2027.
- Evolución de la demanda en los principales sectores. El mercado del hidrógeno se está viendo altamente influenciado por la actividad en diferentes sectores. El transporte, la generación de energía, las aplicaciones industriales (industria química, metalúrgica, textil...) y la generación de calor a nivel residencial son algunos de los sectores productivos que se beneficiarán de su empleo y que verán reforzadas sus aplicaciones en el futuro a través del avance en la operación y en el desarrollo tecnológico de dicho vector energético.
- Next-level Fuel Cell H2. El empleo de la pila de combustible para acercar el uso del H2 está en auge, siendo esta opción la que está concentrando la mayor parte de los esfuerzos en investigación, debido a que resuelve los problemas de respuesta de la demanda al actuar como fuente de energía. En el marco nacional, se prevé

una inversión pública y privada de más de 200M€ en relación con el desarrollo de vehículos híbridos y eléctricos de pila de combustible.

- **Electrolizadores made-to-measure.** El desarrollo de tecnologías avanzadas de electrólisis facilita una mayor escalabilidad en las unidades de producción de hidrógeno, aumentando, por este motivo, la instalación de electrolizadores modulares made-to-measure a los nuevos proyectos de producción de H2.
- **AIoT para acelerar la transición.** Uso conjunto de AI e IoT para, entre otros, modelar diseños y escenarios, incluyendo variables como la volatilidad de la demanda de los compradores y la infraestructura local, optimizando cada diseño para maximizar el retorno y minimizar el riesgo asociados al proyecto de H2. El uso de este tipo de tecnologías es fundamental para trazar el flujo completo del H2, permitiendo esto las certificaciones de origen de AENOR.
- **Readaptación de gaseoductos.** Las dificultades de transporte del H2 en sus diferentes estados, unido al incremento repentino de la producción, ha desembocado en una tendencia asociada a la adaptación de gasoductos para convertirlos en hidroductos, permitiendo esto dar continuidad al consumo del H2. Enagás ha identificado ya un 30% del total de la red de tramos de gasoducto que se pueden reconvertir en ductos de hidrógeno. Además, en el caso particular de Andalucía, empresas del Campo de Gibraltar ya han iniciado proyectos piloto de adaptación de infraestructuras para el blending de hidrógeno, con el objetivo de reducir progresivamente el alto nivel de consumo y la dependencia al gas natural en sus actividades productivas.
- **Fomento de la creación de centros e infraestructuras de investigación.** En el camino hacia la consolidación del hidrógeno, la investigación y el desarrollo desempeñan un papel esencial. España se está capacitando por medio de infraestructuras de

**Crecimiento
Regional**

investigación que les permita posicionarse como pioneros en el desarrollo de proyectos de hidrógeno rentable, por medio de la optimización de determinados puntos de la cadena de valor. En este sentido, se está fomentando la creación de centros e infraestructuras de investigación, con el objetivo de crear conocimiento y conciencia dentro de la ciudadanía por medio de la capilarización de esta temática en temas universitarios, por ejemplo.

- Posicionamiento europeo. Europa en su conjunto está trabajando en aumentar la capacidad de producción poniendo en funcionamiento electrolizadores de entre 50 MW y 100 MW, frente al año 2019 en el que los electrolizadores más grandes rondaban los 7 MW. En este sentido, la comunicación REPowerEU ha fijado un ambicioso objetivo de producción de hidrógeno renovable para 2030 de 10 Mt, mostrando el posicionamiento europeo en el marco global. Esto es más que la demanda actual de hidrógeno de 8,7 Mt y se acerca a la capacidad total actual de producción de hidrógeno desarrollada durante varias décadas.
- Capacidad y consumo potenciales de hidrógeno en la UE. El consumo previsto para España (10,5 GW) está muy por encima del hito de capacidad marcado (4 GW). Sin embargo, la cartera de proyectos planificados recogida en el Censo de la Asociación Española de Hidrógeno muestra un panorama más optimista. La potencia instalada planificada en 2024 sería de aproximadamente 8 GW y a partir de 2026 de casi 11 GW. De ejecutarse todos estos proyectos, España podría superar los objetivos marcados en la Hoja de Ruta respecto a capacidad de producción de hidrógeno instalada.
- Barreras para la inversión. El mercado europeo del hidrógeno se enfrenta a cuatro retos de inversión: aumentar la capacidad de fabricación de electrolizadores, incluidos los de gran potencia,

ampliar nuevas capacidades de producción de hidrógeno, abrir nuevos sectores de demanda de hidrógeno renovable y con bajas emisiones de carbono y desarrollo de hidrógeno dedicado a infraestructura.

- Volumen de inversión. En el ámbito europeo, las inversiones en categorías clave de infraestructura de hidrógeno hasta 2030 se sitúan en un rango de entre 50.000 y 75.000 millones de euros para electrolizadores, entre 28.000 y 38.000 millones de euros para la construcción de oleoductos internos dentro de la Unión Europea, y entre 6.000 y 11.000 millones de euros para sistemas de almacenamiento. Por su parte, dentro del territorio español, la Hoja de Ruta del Hidrógeno elaborada establece que, para alcanzar los objetivos que se plantean, será necesario atraer una inversión estimada de 8.900 millones de euros en el período de 2020 a 2030. Estas estimaciones de inversión se han cotejado con los datos provenientes de los 123 proyectos participantes en el Censo de proyectos de la Asociación Española del Hidrógeno, los cuales proyectan una inversión conjunta cercana a los 21.000 millones de euros, si bien, podría ser mayor dado el carácter confidencial de algunos proyectos. Según el tipo de actividad proyectada, el 72% de la inversión estará destinada a la producción de hidrógeno, mientras que el 14% se dirigirá a la distribución y el 14% restante a otros usos.

4. Análisis DAFO del hidrógeno en Andalucía

El desarrollo de la Hoja de Ruta para Andalucía precisa del análisis y diagnóstico, a través de un DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y debilidades), que recoja las características internas propias de la cadena de valor del hidrógeno, así como los factores externos que impactan directamente sobre su desarrollo, crecimiento y resiliencia. En esta línea, el análisis DAFO se basará en el análisis realizado de la situación actual a través del presente documento, a través del marco normativo asociado, la caracterización de la cadena de valor,

las capacidades existentes y las perspectivas identificadas en el sector de cara al corto y largo plazo.

Con esta herramienta, se pretende obtener un mapa donde se despliegue la situación actual en la que se encuentra la cadena de valor del hidrógeno, así como, de forma transversal, las implicaciones estratégicas, tecnológicas, normativas, de mercado e incluso sociales, que podrían afectar potencialmente a la estrategia que se establezca sobre el hidrógeno y a las líneas de acción definidas en consecuencia.

Este análisis se fundamentará en la obtención de una radiografía de las necesidades, oportunidades y otros elementos que permitan definir un programa de trabajo efectivo para el impulso del vector energético en la región, así como su materialización en un plan de acción.

Como ámbito incluido en la industria andaluza, no se puede obviar el análisis realizado en el marco del Plan de acción CRECE Industria en Andalucía, consensado con los agentes económicos y sociales más representativos, en el marco del Comité de Codecisión, Seguimiento y Evaluación de dicho plan, que señala como fortalezas de mayor relevancia en el ámbito objeto de la presente Hoja de Ruta, la alta capacidad y de adaptación laboral, compromiso y talento de las personas, la presencia de organizaciones de investigación de gran experiencia y prestigio, así como de servicios avanzados de ingeniería y conocimiento, con agentes destacados como Cámaras, colegios profesionales, universidades o la propia Corporación Tecnológica Andalucía CTA. Asimismo, se destaca como fortaleza la existencia de infraestructuras de comunicaciones y transporte, con instalaciones portuarias de referencia internacional, espacios industriales y disponibilidad de suelo para el desarrollo de nuevas actividades, sin perjuicio de la necesidad de ampliación de red logística y del corredor mediterráneo.

En lo referente a las debilidades, se encuentra una menor intensidad en los principales factores que impulsan la productividad: intensidad de I+D+i, peso de la gran empresa y capital productivo, la tasa de temporalidad, que aun su reducción se mantiene por encima de la industria nacional, la aun escasa conexión entre centros de conocimiento y de formación con la industria, con gran margen de desarrollo de la FP dual por aprovechar, el menor tamaño de la industria y por tanto reducido gasto privado en investigación, el bajo peso relativo en la economía regional, con un mayor peso de las actividades industriales de baja y media-baja tecnología, así como aun baja presencia de la mujer en la industria, aunque claro incremento en el porcentaje de mujeres directivas.

Igualmente, se destaca como debilidad la falta de finalización de infraestructuras fundamentales para el desarrollo industrial como son los grandes corredores de comunicación a su paso por Andalucía (corredores ferroviarios central y mediterráneo y su conexión adecuada con las grandes áreas industriales y con los puertos andaluces, en especial Puerto Bahía de Algeciras) o las redes de transporte de energía eléctrica (sobre todo en la zona oriental de Andalucía).

En cuanto a las oportunidades y amenazas, destacan por un lado la nueva política industrial europea que centra su atención en los ecosistemas industriales, teniendo en cuenta a todos los actores de las cadenas de valor, el cambio en el modelo energético, basándose en las energías renovables, la eficiencia energética y la construcción y movilidad sostenible o la extraordinaria dotación de fondos comunitarios para la recuperación económica que requerirá un importante esfuerzo institucional y empresarial de la gestión regional, como fortalezas. Y la incertidumbre de la respuesta de la industria en Andalucía ante las principales amenazas globales derivadas de la guerra de Ucrania, los efectos de una sequía agravada por el Cambio Climático, que incide especialmente en la agroindustria y de fertilizantes, el éxodo de talento a otros territorios en busca de oportunidades laborales o fuera del sector industrial o un Índice de Competitividad Regional (RCI) inferior al nacional y europeo que puede dificultar el necesario crecimiento de la inversión extranjera, así como una imagen social, que no responde ni se adecua con las características de la industria moderna y sostenible, y plantea a veces rechazos a la instalación de actividades industriales, como principales amenazas de aplicación más directa.

Bajo dichas premisas y con la idea de reflejar la situación actual andaluza, se procede a exponer una visión general del análisis DAFO realizado, en lo referido específicamente al del hidrógeno en Andalucía:

Debilidades		
D1	Mercado incipiente	La cadena de valor se encuentra en una fase inicial, con lo que el mercado requiere de preparación y de una operación consolidada y competitiva. En este sentido, en la actualidad, Andalucía cuenta con un reducido número de proyectos en marcha respecto a la demanda global de hidrógeno no renovable, como para tener la capacidad de abastecer la

		potencial demanda en el sector industrial y logístico o en las aplicaciones de movilidad, entre otros.
D2	Inversión y costes de producción elevados	En la actualidad, dado el grado actual de desarrollo tecnológico, de producción a escala industrial en Andalucía y del consumo de hidrógeno renovable, en términos generales, los costes de generación de dicho vector energético son muy elevados respecto a la producción de hidrógeno gris u otras tipologías procedentes de fuentes no renovables. Además, los costes de inversión iniciales para la puesta en marcha de plantas productoras son muy elevados, especialmente si se proyectan como instalaciones aisladas de otros combustibles y gases (por ejemplo, para salvar la problemática de asegurar la garantía de origen renovable por la mezcla con gas natural).
D3	Ausencia de economías de escala para la producción	Puesto que el número de proyectos dedicados al hidrógeno es reducido respecto a la demanda de hidrógeno no renovable en sectores como la industria o la logística, aún no se ha obtenido un grado de desarrollo suficiente para aprovechar las ventajas de las economías de escala y lograr la producción de hidrógeno a precios competitivos. En este sentido, el funcionamiento de los electrolizadores debe maximizarse, reduciendo el grado de paradas temporales, de mantenimiento preventivo y de reparación, con el objetivo de garantizar la rentabilidad y la viabilidad económica de la producción. En este sentido, la producción de hidrógeno condicionará en un mayor grado a los procesos industriales, a su gestión y eficiencia

		respecto a otras aplicaciones industriales más consolidadas en el mercado.
D4	Falta de madurez en componentes tecnológicos	Las diferentes tecnologías involucradas en la cadena de valor del hidrógeno aún se encuentran en fase de desarrollo, requiriendo de un carácter innovador para su puesta en marcha y llevándose a cabo las primeras versiones para la producción de hidrógeno. Este aspecto implica un bajo grado de comercialización y de disponibilidad en el mercado energético a costes competitivos y, en consecuencia, una ralentización del crecimiento sectorial. Sin el impulso de innovación regional, este aspecto podría generar una fuerte dependencia a otros países para la importación de electrolizadores y otras tecnologías.
D5	Escasez de fabricantes de componentes	En línea con la debilidad previamente mencionada, la industria regional de fabricación de electrolizadores y sus componentes electrónicos es muy reducida, lo que obliga a mirar al mercado internacional en la búsqueda de dichas tecnologías, especialmente en China y en países específicos de Europa como Alemania o Países Bajos, donde las aplicaciones y usos finales están generando un mercado en crecimiento.
D6	Dificultad para determinar las garantías de origen	Uno de los requisitos esenciales para la producción del hidrógeno es la garantía del origen de la energía renovable utilizada en los procesos de electrólisis. Este aspecto ineludible resulta difícil de gestionar al disponer de redes eléctricas que incluyen energías provenientes de combustibles fósiles, requiriendo la necesidad de establecer mecanismos que permitan verificar y determinar

		dicha garantía, así como el establecimiento de contratos seguros de Power Purchase Agreement.
D7	Bajo nivel de reserva de agua en la región	La gestión del agua es un foco relevante en Andalucía por la insuficiencia de recursos hídricos ante la demanda de agua y los problemas de sequía, lo que deriva en la necesidad de un cuidado exhaustivo de las cuencas hidrográficas de la región.
D8	Bajo grado de especialización en el tejido empresarial auxiliar	La instalación de los electrolizadores y de las tecnologías para la producción de hidrógeno requiere de industria auxiliar, como la industria electro intensiva y el montaje industrial. En este sentido, la región dispone de un bajo grado de pymes y de un tejido empresarial consolidado en este tipo de tecnologías. Además, los profesionales actualmente empleados en dicha industria auxiliar y en los sectores objeto de descarbonización requerirán de formación y capacitación específica en las tecnologías de hidrógeno, para promover la integración y la aplicación de dicho vector energético. En esta línea, cabe destacar el potencial crecimiento de la vinculación entre los centros de conocimiento y de formación en la industria, donde se percibe un margen en el desarrollo de la formación profesional.
D9	Necesidad de mayor reconocimiento profesional y atracción y retención del talento	En la búsqueda de la diferenciación de Andalucía como región industrial, resulta esencial avanzar en el reconocimiento de capacidades y cualificaciones profesionales, así como abordar la dificultad para atraer y conservar talento. En este sentido, la lógica de intervención del Plan de acción CRECE Industria en Andalucía, basa la

		referida diferenciación, entre otros extremos, en el empleo de calidad con capital humano especializado y con la incorporación de jóvenes y mujeres a la formación y la certificación profesional y académica alineada con las necesidades/demandas que correspondan sectorialmente en el marco de las relaciones laborales.
--	--	--

Amenazas		
A1	Riesgos comerciales	En la actualidad, las aplicaciones industriales dependientes del gas natural o de otras fuentes de energía no renovables se encuentran en progreso de adaptación de sus infraestructuras para el consumo de hidrógeno. Además, en términos de movilidad, en la actualidad no se identifica un alto grado de vehículos impulsados por hidrógeno. En este sentido, la producción de hidrógeno se encuentra con un alto nivel de incertidumbre en relación con las aplicaciones que dispondrán una mayor demanda, la periodicidad de consumo o la cantidad requerida, entre otros factores. Este aspecto requerirá del establecimiento de canales y de medidas de ayuda a la identificación de potenciales consumidores que fomenten el contacto productor-consumidor.
A2	Incertidumbre normativa	Si bien encontramos normativa de aplicación a las energías renovables y, por ende, aplicables parcialmente al hidrógeno, lo cierto es que no existe un marco regulatorio específico y

		homogéneo, aplicable directamente al hidrógeno, que favorezca su impulso.
A3	Falta de estandarización de procedimientos	En la actualidad, no se identifican en la región criterios específicos para la producción, almacenamiento, distribución y utilización segura del hidrógeno a partir de estándares y procedimientos diferenciados de los existentes para el hidrógeno gris o para otras tecnologías de producción y almacenamiento de energía.
A4	Dependencia energética eléctrica, si no se amplía la capacidad	El Desarrollo del hidrógeno requiere de la adaptación y desarrollo de la red eléctrica para la gestión de la energía eléctrica renovable en la región, en tanto que resulta necesario evacuar la energía eléctrica renovable excedente de las plantas asociadas a la producción de hidrógeno, así como asegurar una línea de abastecimiento adicional y complementaria a la potencia instalada en la región de generación de energía renovable.
A5	Inestabilidad del mercado eléctrico	El mercado eléctrico se caracteriza por la volatilidad de sus precios, que siguen una tendencia creciente, si bien la producción a partir energías renovables podría paliar esta volatilidad, lo que favorecería la fijación de precios. No obstante, las compras de energía (PPA – Purchase Price Agreement) podrían verse perjudicadas como consecuencia del traslado de costes asociados a la potencial inestabilidad del mercado de la electricidad, como consecuencia del contexto económico, social y político en el que se encuentre.

A6	Competencia elevada	<p>Dado el contexto actual de transición energética y de descarbonización, las regiones y países del mundo se están orientando en el desarrollo de alternativas energéticas sostenibles, entre las que se encuentra el hidrógeno. En este sentido, Andalucía se encuentra en un alto contexto competitivo en la carrera por posicionarse como referente europeo y mundial en la producción de hidrógeno y en su consumo. Además, en el ámbito tecnológico, el hidrógeno se constituye como una de las principales alternativas para acometer dicha descarbonización. Sin embargo, en la actualidad, se están desarrollando otras alternativas altamente competitivas como las baterías de electromovilidad, la biomasa o el metanol verde, que podrían influir en el desarrollo futuro de dicho vector energético.</p>
A7	Desinformación de la ciudadanía	<p>El cambio climático es un factor que está influyendo en la economía, en la percepción social e incluso en los hábitos y costumbres cotidianas. No obstante, existe un bajo grado de conocimiento e información acerca de las alternativas y soluciones renovables como el hidrógeno y sus posibles aplicaciones en la sociedad. El impulso de dicho conocimiento será un factor crucial para el impulso de dicho vector energético en la región, fomentando la visión de conjunto y la movilización de los sectores hacia un mismo objetivo.</p>

A8	<p>Baja disponibilidad de recursos para la realización de iniciativas industriales de gran inversión</p>	<p>El alto coste de inversión y producción mencionado previamente en las debilidades requiere de un alto grado de recursos disponibles para la ejecución de proyectos relacionados con el hidrógeno. En este sentido y ante la limitación de recursos existente, las empresas de la región, especialmente las pequeñas y medianas empresas, requieren de incentivos y subvenciones para acometer nuevos proyectos industriales o para la adaptación de sus infraestructuras al consumo de hidrógeno.</p>
A9	<p>Incertidumbres en el desarrollo futuro del hidrógeno como vector energético alternativo</p>	<p>Dado el grado de desarrollo actual y la necesidad de fuentes energéticas alternativas a las fósiles, con alta disponibilidad a precios asequibles, así como la tendencia que se apunta en los próximos años, se requerirá una alta intensidad de innovación e inversión para que las tecnologías de hidrógeno satisfagan las condiciones del mercado energético e industrial.</p>
A10	<p>Desarrollo de la producción de hidrógeno con baja huella industrial en Andalucía</p>	<p>Andalucía no solo aspira a convertirse en un referente en la producción de energía limpia sino en un referente para la industrialización de los componentes de su cadena de valor. En este sentido, la innovación debe jugar un papel esencial para el desarrollo tecnológico e industrial ligado a los electrolizadores, tanques de almacenamiento, redes de distribución, pilas de combustible y todos aquellos componentes involucrados en la cadena de valor del hidrógeno.</p>

Fortalezas		
F1	Disponibilidad de recursos para la generación de energía renovable	<p>Andalucía es una región que se caracteriza por su abundancia en recursos naturales que pueden ser aprovechados para la energía fotovoltaica y la energía eólica. En este sentido, la región dispone de una posición privilegiada para el abastecimiento de los electrolizadores, frente a otros países europeos con una menor incidencia de luz solar, por ejemplo. Además, este aspecto podría fomentar ante un grado de desarrollo futuro un nivel de producción competitivo de cara a la generación de hidrógeno regional y a la exportación del excedente a países con condiciones menos competitivas para la generación de energía renovable.</p> <p>Adicionalmente, Andalucía cuenta con infraestructuras de comunicaciones y transporte, con instalaciones y espacios industriales para el desarrollo de nuevas actividades.</p>
F2	Estabilidad de costes de energía renovable	<p>A diferencia del mercado de la electricidad, los precios que ofrecen las energías renovables son más estables ante el contexto actual (post pandemia, guerras, subidas del precio del petróleo, etc.) lo que puede considerarse como una ventaja de cara a la producción de hidrógeno a partir de fuentes de energía renovables y a su viabilidad económica en el mercado energético.</p>
F3	Disponibilidad de zonas intermedias entre poblaciones para la	<p>Frente a otras regiones de España, Andalucía cuenta con una gran extensión territorial, siendo la comunidad autónoma de mayor superficie en el marco nacional. En este sentido, Andalucía</p>

	generación de energía renovable	muestra una fortaleza respecto a otras regiones para la generación de energía renovable, dada la existencia de áreas remanentes para el montaje de plantas fotovoltaicas y parques eólicos sin afectar al sector residenciales o a las diferentes actividades productivas.
F4	Múltiples centros de investigación	En Andalucía hay presentes diversas instituciones dedicadas al I+D+i. En este sentido, se identifican una amplia variedad de grupos de investigación incluidos en el Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación (PAIDI) que están fomentando la innovación y el desarrollo en relación con el hidrógeno. Además, Andalucía cuenta con un alto grado de parques tecnológicos de gran relevancia local y regional o asociaciones empresariales para el impulso del sector energético.
F5	Colaboración público-privada para el impulso del hidrógeno	Andalucía cuenta con diversas iniciativas específicamente relacionadas con el hidrógeno para fomentar la colaboración público-privada y el impulso de dicho vector energético. En este sentido, la Junta de Andalucía impulsó la Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde, una iniciativa compuesta por 150 entidades públicas y privadas con el objetivo de aprovechar las oportunidades existentes y de dar respuesta a las necesidades del tejido productivo andaluz. Además, con el objetivo de promover centros neurálgicos de apoyo al sector, la Junta de Andalucía está impulsando la constitución de tres ‘Hubs’ de hidrógeno en el Campo de Gibraltar, Huelva y Almería.

F6	Disponibilidad de órganos para la aceleración de iniciativas industriales	El Gobierno de la Junta de Andalucía ha creado una Unidad Aceleradora de Proyectos (UAP) para la agilización de proyectos estratégicos e industriales a través de un equipo multidisciplinar de funcionarios de los cuerpos superior de la Junta. De esta forma, la administración regional dispone de un órgano ejecutor específico para acelerar y simplificar la tramitación administrativa y fomentar el desarrollo de nuevos proyectos de hidrógeno en la región y la atracción de inversión externa derivada de la reducción burocrática.
F7	Versatilidad de las aplicaciones	Como se menciona anteriormente, el hidrógeno se encuentra en un contexto de alta competitividad tecnológica, en la carrera por posicionarse como la alternativa y el vector energético para la descarbonización de la economía. Sin embargo, este vector presenta una fortaleza fundamental: la versatilidad de las aplicaciones proyectadas. En este sentido, mientras otras alternativas se basan en aplicaciones particulares y únicas, el uso del hidrógeno se proyecta de forma transversal, con aplicaciones en la industria, el transporte, el sector residencial, el sector servicios, aplicaciones públicas...
F8	Disponibilidad de materias primas minerales para la fabricación de componentes	Andalucía es la principal región productora mineral de España, alcanzando hasta un 40% del total nacional. Adicionalmente, dentro de dicha producción mineral, destacan las extracciones metálicas con el 90% del valor total nacional, principalmente enfocadas en el cobre. El cobre es una materia prima transversal en las tecnologías para la producción de hidrógeno, interviniente en

		la fabricación de componentes electrónicos, conexiones en los paneles fotovoltaicos, sistemas electrónicos de los electrolizadores... En este sentido, Andalucía presenta una fortaleza frente a otras regiones del marco nacional en términos de disponibilidad de dicha materia prima, así como de otros minerales, para el desarrollo de las tecnologías involucradas
F9	Amplio grado de especialización profesional	Andalucía cuenta con un alto nivel de interés y de titulaciones en grados universitarios y ciclos formativos relacionados con el carácter técnico y especializado de la industria y sus actividades económicas particulares. En este sentido, ante la transición y la necesidad de capacitación hacia el impulso de nuevas tecnologías para la descarbonización, Andalucía cuenta con un amplio número de profesionales formados y con un cierto nivel de especialización técnico para impulsar dichos proyectos en la región y, más allá de las altas capacidades profesionales, destaca por la capacidad de adaptación laboral, el compromiso y talento así como la presencia tanto de organizaciones de investigación como de servicios avanzados de ingeniería y conocimiento.

Oportunidades		
O1	Fuerte potencial de desarrollo	Como consecuencia de la reducción progresiva de los costes de producción, las inversiones en I+D+i, el progreso de las capacidades tecnológicas y la creciente demanda potencial, así como la industria eléctrica, se espera que el valor de la producción de hidrógeno crezca exponencialmente en los

		<p>próximos años. Bajo este contexto de impulso global y europeo, Andalucía deberá aprovechar y explotar las oportunidades existentes derivadas del crecimiento del sector en Europa, en términos de regulaciones específicas de la Comisión Europea, convocatorias de subvenciones para el desarrollo de proyectos en el territorio europeo, proyectos de I+D+i que puedan servir de inspiración y referencia para su aplicación en Andalucía.</p>
<p>02</p>	<p>Planificación estratégica para el impulso del hidrógeno</p>	<p>En la sección dedicada al marco regulatorio y apoyos públicos, se observa que Europa se ha posicionado claramente a favor del desarrollo del hidrógeno con la publicación de diferentes directivas, comunicados, políticas y programas de apoyo. En este sentido, España también está apostando por su desarrollo particular del sector, compromiso que se ve reforzado con la publicación de la Hoja de Ruta del Hidrógeno en España y el impulso de la inversión público-privada a través del PERTE ERHA. Bajo este contexto, además de las iniciativas de colaboración público-privada propuestas, Andalucía deberá aprovechar el marco estratégico para la realización de una estrategia específica, de impulso regional y alineada con los objetivos proyectados por España y la UE.</p>
<p>03</p>	<p>Posicionamiento de Andalucía como potencia en energía eléctrica renovable europea</p>	<p>Tal y como se menciona anteriormente, Andalucía cuenta con recursos naturales que lo posicionan como una región estratégica para el desarrollo de este vector clave y para la generación de energía renovable. Este aspecto se refleja en el gran número de proyectos de hidrógeno planificados</p>

		<p>respecto a otras regiones del marco nacional. Además, el posicionamiento estratégico para constituirse como potencia energética reside en su ubicación geográfica, como punto de conexión directo entre el continente africano y la Unión Europea y como punto idóneo para la exportación de energía al resto de Europa a través de su amplia zona costera y el transporte por vía marítima.</p>
04	Atracción empresarial	<p>En consonancia con la tendencia al alza de las inversiones y el impulso creciente en los países de la Unión Europea, cada vez son más los agentes interesados en aprovechar las oportunidades derivadas del hidrógeno, desde la industria, agentes públicos, actores del sector energético, del sector transporte... Además, su posible posicionamiento en el mercado energético está fomentando que agentes clave de otras industrias energéticas o de otros sectores de actividad estén transformando sus modelos de negocio para producir o consumir hidrógeno. En este sentido, dicho contexto, el hidrógeno constituye una oportunidad para impulsar medidas que fomenten la atracción de inversión extranjera y la atracción de empresas a la región, en búsqueda de territorios con una alta disponibilidad de recursos para la generación de energía renovable, bajo grado de tramitación burocrática o incentivos fiscales.</p>
05	Disminución de costes de electrolizadores	<p>En línea con las tendencias previamente identificadas, el precio de los electrolizadores se ha visto reducido aproximadamente a la mitad en los últimos cinco años como consecuencia de las inversiones en I+D, tendencia que se espera continúe durante esta década. Esta disminución de</p>

		costes derivada del contexto global promueve la aparición oportunidades para definir el marco regional de trabajo idóneo que permita el impulso y la aceleración creciente de los proyectos de hidrógeno en la región y establecer los mecanismos para garantizar su competitividad económica en el medio y largo plazo.
06	El hidrógeno como vía de generación y mantenimiento de empleo de calidad	El impulso del hidrógeno a lo largo de la cadena de valor supondría un impulso a la economía andaluza, fundamentado en el desarrollo de cada eslabón como vía de desarrollo de negocio y de ampliación de las capacidades productivas, implicando en consecuencia necesidades de recursos tecnológicos, procedimentales, normativos y, especialmente, de capital humano con capacidades específicas para el hidrógeno. En este sentido, los proyectos de hidrógeno se constituyen como una vía generadora de empleo y de competitividad de la economía regional.
07	Menor incertidumbre para certificar la garantía de origen	Dada la alta disponibilidad de recursos naturales para la producción de energía renovable, Andalucía cuenta con un menor grado de incertidumbre para la certificación de la garantía de origen en la energía eléctrica renovable producida respecto a otras regiones del marco regional y a otros países de la Unión Europea. Este aspecto podría fomentar e impulsar el establecimiento de relaciones comerciales y la potenciación de Andalucía como región exportadora de hidrógeno y de energía eléctrica renovable.

Objetivos y líneas de acción de la Hoja de Ruta

La Hoja de Ruta del Hidrógeno en Andalucía tiene como objetivo constituir la guía fundamental para definir y establecer las líneas de acción a corto, medio y largo plazo para el desarrollo de dicho vector energético y de su sector en la región.

Como instrumento orientado a la acción, la hoja de ruta se articulará mediante 12 objetivos, en consonancia con las conclusiones extraídas del análisis de la situación actual de la industria andaluza incluidas en el «Plan de acción CRECE Industria en Andalucía a 2027», así como con la planificación estratégica establecida en el marco de la Unión Europea en el documento «A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe» y a nivel nacional con la publicación de la «Hoja de Ruta del Hidrógeno en España».

A su vez, con el objetivo de definir las líneas de trabajo para el desarrollo del hidrógeno en Andalucía, estos 12 objetivos se traducirán y tangibilizarán en 6 ejes de actuación principales, sobre los que emanarán las 17 líneas de actuación definidas y sus 34 medidas específicas para la consecución de los objetivos establecidos.

1. Objetivos

Se plantean los siguientes objetivos de los que emanarán las líneas de acción y cada una de las medidas específicas asociadas:

- O1. Posicionar a Andalucía como potencia energética europea y como referente global en la producción de hidrógeno y el desarrollo tecnológico e industrial asociado.
- O2. Posicionar el hidrógeno en Andalucía, como elemento que contribuya efectivamente a la descarbonización de los sectores de actividad, y en particular como combustible alternativo y sostenible económica, social y medioambientalmente.
- O3. Impulsar el hidrógeno como motor de cohesión social y territorial, a través del impulso a las personas trabajadoras mediante el crecimiento del empleo en cantidad, calidad, capacitación, reconocimiento, capacidad de adaptación y género del empleo industrial.

- O4. Facilitar la transición, adaptación y creación de infraestructuras y capacidades industriales para el consumo del hidrógeno como combustible y la transformación del consumo actual en consumo de hidrógeno no renovable.
- O5. Asegurar la eficiencia y sostenibilidad de los recursos necesarios para el funcionamiento de los electrolizadores en la región.
- O6. Desarrollar la capacidad industrial en relación los componentes de la cadena de valor del hidrógeno.
- O7. Potenciar la colaboración público-privada para el desarrollo de proyectos de hidrógeno en Andalucía.
- O8. Fomentar la demanda del hidrógeno a través de la generación de un mercado resiliente y competitivo.
- O9. Fomentar la atracción de inversión y de empresas a Andalucía para la ejecución de proyectos de hidrógeno y fortalecer la capacidad industrial, como proveedora de soluciones y como consumidora de hidrógeno y sus derivados como materia prima o fuente de energía para su funcionamiento.
- O10. Fomentar la innovación y el desarrollo de forma transversal en la cadena de valor del hidrógeno, especialmente en lo referente a las actividades de mayor valor añadido.
- O11. Facilitar un marco regulatorio específico para el desarrollo de proyectos de hidrógeno en la región.
- O12. Posibilitar el desarrollo de proyectos de captura de CO₂ biogénico para la producción de derivados del hidrógeno.

2. Líneas de acción

Con el objetivo de alcanzar la consecución de los objetivos expuestos y de abordar su cumplimiento desde las diferentes perspectivas existentes, a continuación, se procede a definir las líneas de acción y las medidas específicas para el impulso del hidrógeno en Andalucía. Bajo la idea de agrupar las líneas de acción por ámbito de desarrollo y fomentar la visión de conjunto, dichas líneas de acción se estructurarán en los siguientes ejes:

- E.1. Desarrollo de proyectos de hidrógeno
- E.2. Adaptación y desarrollo de nuevas infraestructuras

- E.3. Innovación, desarrollo y generación de la capacidad industrial de la cadena de valor
- E.4. Impulso a la demanda¹⁰
- E.5. Desarrollo de una economía de hidrógeno basada en las personas ¹¹
- E.6. Instrumentos regulatorios y de apoyo institucional

Bajo dicha estructura, se procede a exponer el esquema general de las líneas de acción y las medidas específicas que se proponen como guía de la Hoja de Ruta del Hidrógeno en Andalucía:

E.1. Desarrollo de proyectos de hidrógeno

L.1.1. Impulso a la puesta en marcha de nuevos proyectos de producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno

M.1.1.1 Impulsar la instalación de electrolizadores para la producción de hidrógeno en la región

Con el objetivo estratégico de posicionar el hidrógeno en Andalucía como elemento clave para la descarbonización de la industria, se requiere, en primer lugar, de la disposición de infraestructuras suficientes que permitan llevar a cabo los procesos de producción que permitan abastecer la demanda de las aplicaciones industriales, de movilidad y residenciales. A través de esta medida, se pretende incrementar gradualmente la instalación de electrolizadores en el panorama regional, a través de la ejecución de proyectos piloto que sirvan como referencia a la constitución de nuevos proyectos y a través del impulso y agilización de grandes proyectos industriales que incrementen considerablemente la producción y potencia instalada de electrolizadores en Andalucía.

M.1.1.2 Impulsar la creación de proyectos valle de hidrógeno

¹⁰ Incluye la transformación de la demanda

¹¹ Incluye el fomento de un empleo de calidad

Más allá de la producción de volúmenes masivos para la descarbonización de sectores industriales y para la integración sectorial del hidrógeno, hay determinadas zonas específicas donde confluyen un gran conglomerado de empresas y entidades. Los valles de hidrógeno se constituyen como ecosistemas estructurados donde se encuentran empresas e instalaciones para facilitar la producción, transformación y consumo del hidrógeno mediante el desarrollo de tecnologías dedicadas a la producción de este, así como el desarrollo de proyectos de consumo de hidrógeno. En este sentido, esta medida específica tendrá como objetivo impulsar la realización de proyectos de valles de hidrógeno que permitan la descarbonización de polígonos industriales, espacios productivos y otras áreas del ámbito local de especial relevancia para la región.

M.1.1.3 Facilitar la identificación y desarrollo de sitios estratégicos para la instalación de plantas de producción de hidrógeno

En la actualidad, dado el punto incipiente del mercado, en Andalucía se está llevando a cabo la planificación y construcción de proyectos individualizados impulsados por diferentes entidades responsables. En este sentido, con el objetivo de impulsar una visión de conjunto al sector del hidrógeno en el panorama nacional, se estima necesario llevar a cabo la identificación de sitios estratégicos para la instalación de plantas productoras de hidrógeno y la identificación de sitios de interés estratégico por su interrelación con otros proyectos. En este sentido, la medida estará orientada a generar un banco de datos centralizado que permita la toma de decisiones estratégica a través de datos de consumo de hidrógeno, cercanía productor-consumidor, volumen de emisiones GEI en las industrias colindantes, calidad y disponibilidad del abastecimiento de agua, cercanía a plantas generadoras de energía eléctrica renovable, etc.

M.1.1.4 Fomentar la colaboración público-privada para el desarrollo de proyectos de interés estratégico

A través de la presente medida, se proyecta el impulso de fórmulas de colaboración público-privada con el objetivo de aportar a la inversión privada, la visión pública estratégica y de interés regional y europeo. Estas fórmulas de colaboración tendrán como finalidad última el alineamiento y la definición en

consecuencia de proyectos estratégicos que sean susceptibles de financiación europea, incentivos regionales y la dotación de recursos para la consecución de sus objetivos.

L.1.2. Impulso al desarrollo de proyectos de movilidad

Producción de amoníaco verde y metanol verde para la sustitución de combustibles fósiles en el transporte, especialmente en los vehículos pesados

M.1.2.1

Al igual que la producción de hidrógeno y su relevancia para la descarbonización de la industria, el amoníaco verde y el metanol verde se constituyen como una de las principales opciones para la descarbonización del transporte y las aplicaciones de movilidad en su conjunto. En este sentido, de forma simultánea, se deberán impulsar el desarrollo de plantas que sean capaces de producir hidrógeno y utilizar dicho vector energético para la producción de dichos compuestos químicos renovables.

M.1.2.2

Fomentar la instalación de estaciones de carga de hidrógeno para vehículos en puntos estratégicos de la región

La disponibilidad de puntos de carga accesibles para los usuarios de vehículos propulsados por hidrógeno, tanto de carácter ciudadano como pertenecientes al sector logístico, es un requisito indispensable para el fomento y desarrollo de este vector en movilidad. Aprovechando las fuentes de datos públicas y privadas de tránsito de personas y movilidad en la región, se ha de realizar un estudio de las ubicaciones estratégicas para su instalación, bajo el fundamento de minimizar los recursos necesarios y maximizar el área de influencia en el territorio andaluz, tanto en los núcleos urbanos como en las zonas rurales del interior. Además, bajo el objetivo de establecer dichas ubicaciones estratégicas, se prestará especial atención a las Redes Transeuropeas de Transporte (TEN-T), desarrolladas para conectar las regiones de la Unión y que comprenden las infraestructuras de transporte lineales y nodales para reforzar la cohesión económica, social y territorial. Bajo ambas perspectivas, se establecerán de forma estratégica hidrogeneras en las infraestructuras lineales (como las carreteras, trazados ferroviarios, corredores marítimos, etc.) con el objetivo de

abastecer las vías principales y los largos trayectos y, de forma complementaria, estaciones de servicio en las infraestructuras nodales (nodos urbanos, aeropuertos, puertos, plataformas logísticas, etc.) que permitan abastecer el transporte urbano en la media y corta distancia, desde el transporte público hasta las modalidades pesadas de movilidad.

L.1.3. Impulso de proyectos de energías renovables

M.1.3.1 **Desarrollo de plantas de energías renovables específicamente destinadas al abastecimiento de electrolizadores**

Dada su ubicación geográfica y las condiciones naturales existentes en la región, Andalucía posee un gran potencial para alcanzar y mantener el nivel de producción de energía eléctrica renovable necesario que permita abastecer la potencia planificada en términos de electrolizadores. A través de la presente medida, se proyecta el impulso de la construcción de nuevos proyectos de generación de energía renovable, con el objetivo de mantener e incluso superar el crecimiento registrado en los últimos años, especialmente en régimen de autoabastecimiento que permita el incremento de la capacidad eléctrica renovable.

M.1.3.2 **Fomento de la eficiencia y del grado de autoabastecimiento energético de los proyectos de generación de hidrógeno**

Bajo el objetivo de incrementar la eficiencia y el grado de autoabastecimiento de las plantas productoras de hidrógeno, a través de la presente medida, se impulsarán aquellas iniciativas de generación de energía eléctrica renovable que permitan fomentar la cercanía entre los puntos de generación y de producción de hidrógeno y la independencia entre la red eléctrica y el abastecimiento de los electrolizadores. En este sentido, se proyecta el incremento de la cercanía como vía para superar las limitaciones de las redes eléctricas a gran escala, fomentando el aprovechamiento de la energía y mitigando las pérdidas en las redes de transporte y distribución de electricidad. Por otro lado, la realización de proyectos de generación de energía renovable independientes de la red eléctrica permitirá fomentar el autoabastecimiento,

desvinculando la generación de energía de las necesidades de consumo y posibilitando la continuidad en la producción de hidrógeno.

L.1.4. Fomentar la disponibilidad de los recursos hídricos en la región

M.1.4.1 Desarrollo de proyectos para la gestión integrada y eficiente del agua

Bajo la presente medida se proyecta el impulso de iniciativas específicamente orientadas al aprovechamiento del agua procedente de tratamientos terciarios, incluidos los tratamientos avanzados, fomentando la reutilización de los recursos hídricos y la obtención de agua por vías alternativas. En este sentido, se contemplarán iniciativas relacionadas con el tratamiento de aguas residuales procedentes de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDARs), el tratamiento de agua marina para su desalinización o la purificación de agua utilizada en procesos industriales a través de sistemas de ósmosis inversa, entre otras alternativas. De esta forma, se dispone como objetivo asegurar la disponibilidad de agua para el abastecimiento de electrolizadores sin menoscabo de los recursos hídricos necesarios en otras aplicaciones y actividades económicas.

E.2. Adaptación y desarrollo de nuevas infraestructuras

L.2.1. Adaptación y desarrollo de la red eléctrica para abastecimiento y evacuación de energía eléctrica renovable

M.2.1.1 Adaptación y desarrollo de la red eléctrica para la gestión de la energía eléctrica renovable en la región

Con el objetivo de poder evacuar la energía eléctrica renovable excedente de las plantas asociadas a la producción de hidrógeno, así como para asegurar una línea de abastecimiento adicional y complementaria a la potencia instalada en la región de generación de energía renovable, a través de la presente medida, se prevé promover la adaptación de la red eléctrica existente a través de los mecanismos de planificación competencia de los órganos correspondientes, con el objetivo del reforzamiento y crecimiento de la red una energía eléctrica que garantice el abastecimiento de los electrolizadores y la evacuación de la energía producida, incluso mejorando el balance energético en Andalucía.

L.2.2. Adaptación y desarrollo de plantas industriales para el consumo de hidrógeno**M.2.2.1 Reconversión de espacios productivos y desarrollo de polos industriales con disponibilidad de hidrógeno**

En Andalucía, se viene promoviendo la modernización de sus espacios productivos, así como su adaptación a las necesidades de la industria, entre las que destaca la de contar con el suministro de energía limpia y asequible, por lo que el despliegue de instalaciones de suministro de hidrógeno supondrá una oportunidad para avanzar en el sentido señalado. Asimismo, en los últimos años, se ha llevado a cabo el cierre de determinadas centrales térmicas y de carbón en determinadas ubicaciones del territorio andaluz. De esta forma, la presente medida específica tendrá como objetivo fundamental impulsar la reconversión de las infraestructuras, polos químicos y espacios productivos existentes a las tecnologías de hidrógeno, bajo el objetivo de reaprovechar las capacidades industriales disponibles, adaptar las instalaciones existentes al consumo del vector energético y constituir una red propia de hidrógeno que permita una línea de abastecimiento continua e independiente para las empresas y entidades existentes en dichas áreas.

M.2.2.2 Desarrollo de proyectos de blending progresivo de hidrógeno para la descarbonización de grandes industrias

Esta medida específica estará orientada a impulsar el consumo industrial del hidrógeno para la descarbonización del sector industrial. En este sentido, se apoyarán e incentivarán la realización de proyectos de blending progresivo de hidrógeno, garantizando el abastecimiento híbrido para descarbonizar gradualmente la industria a través del hidrógeno y satisfacer la gran demanda energética de las aplicaciones industriales a través del gas natural. La medida tendrá como objetivo aumentar gradualmente el porcentaje de hidrógeno, impulsando la reducción de emisiones hasta alcanzar la sostenibilidad en los procesos industriales.

L.2.3. Adaptación de gaseoductos y desarrollo de redes de hidroductos para la distribución de hidrógeno

M.2.3.1 Reconversión de las redes de gaseoductos de gas natural y desarrollo de hidroductos para la distribución de hidrógeno

Con el objetivo de impulsar el transporte regional del hidrógeno y fomentar la capilaridad y el suministro de dicho vector energético por todo el territorio andaluz, se precisa de una gran red de gaseoductos e hidroductos que permitan llevar a cabo dicha distribución. En este sentido, la medida específica tendrá como objetivo fomentar y facilitar la ejecución de inversiones por parte de las entidades competentes para la adaptación de las infraestructuras existentes de gas natural que permitan garantizar las condiciones de presión, caudal, seguridad, resistencia a la fragilización por hidrógeno... para el transporte de dicho vector energético, así como el desarrollo de nuevas redes de hidroductos. En este sentido, el Campo de Gibraltar en particular, se constituye como una de las zonas de referencia en el territorio andaluz para la ejecución de las actuaciones mencionadas, con el objetivo de abastecer la creciente demanda industrial y de reducir el alto grado de dependencia del gas natural y de otros combustibles fósiles. Es por ello, por lo que, dada la alta demanda energética, y la capacidad de generación de hidrógeno, existente en el Campo de Gibraltar, la presente medida busca el desarrollo y extensión de las redes de hidrógeno especialmente en esta Comarca, en tanto que ello representa una oportunidad para su competitividad y el desarrollo de nuevas actividades industriales limpias. Asimismo, la medida abarca el desarrollo de la red de gaseoductos e hidroductos en Huelva y Palos de la Frontera como puntos neurálgicos en la generación y uso de hidrógeno verde.

E.3. Innovación, desarrollo y generación de la capacidad industrial de la cadena de valor

L.3.1. Impulso de la innovación en las tecnologías involucradas en la producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno

M.3.1.1 Innovación e industrialización de los componentes involucrados en la cadena de valor del hidrógeno

Dado el grado de desarrollo actual y alto nivel de producción y demanda planificado en los próximos años, Andalucía debe posicionarse como un

referente a nivel europeo en las tecnologías de hidrógeno. En este sentido, la innovación se deberá enfocar en el desarrollo de los electrolizadores, tanques de almacenamiento, redes de distribución, pilas de combustible y todos aquellos componentes involucrados en la cadena de valor del hidrógeno, con el objetivo de adaptar la cadena de suministro andaluza del hidrógeno a las tendencias sectoriales, fomentar la competitividad de los proyectos andaluces e impulsar el know-how regional en tecnologías de hidrógeno.

L.3.2. Desarrollo de actuaciones generadoras de conocimiento

M.3.2.1 Impulso de una red de conocimiento basada en la innovación y desarrollo en la cadena de valor del hidrógeno

En la actualidad, en Andalucía, existen un creciente número de centros de investigación y desarrollo específicamente enfocados y especializados en el hidrógeno, con el objetivo de impulsar el conocimiento y el desarrollo tecnológico para la producción, distribución, almacenamiento y consumo del hidrógeno en la región. Algunos de estos centros son verdaderamente pioneros y cuentan con un reconocido prestigio. Además, se identifican un amplio número de iniciativas de hidrógeno en planificación y en construcción en la región, que pueden contribuir de manera relevante al crecimiento del sector. Bajo este contexto, la presente medida tiene como objetivo impulsar una red de entidades que permita fomentar la colaboración y coordinación de los centros de investigación existentes, promoviendo el intercambio de conocimiento, el alineamiento de las iniciativas planificadas hacia los objetivos comunes de la región y el apoyo a la cadena de valor industrial para el desarrollo de proyectos de hidrógeno.

L3.3. Economía circular y reutilización de recursos

M.3.3.1 Fomento de la economía circular y de la gestión de la vida útil de los componentes involucrados en la cadena de valor del hidrógeno

Con el objetivo de fomentar la sostenibilidad y la descarbonización en la totalidad de la cadena de valor, así como el aprovechamiento de los recursos, la presente medida presenta una serie de actuaciones basada en la siguiente dualidad: fomentar la utilización de los elementos generados durante la

producción de hidrógeno y fomentar la reutilización de los componentes tecnológicos involucrados. En primer lugar, en relación con los elementos generados durante la producción, la presente medida tendrá como objetivo fomentar el aprovechamiento del oxígeno resultante del proceso de electrólisis en diversos usos industriales como el tratamiento de residuos en las EDAR; la utilización del oxígeno como comburente, la fundición de metales o el uso en lanzas de corte de piedra en la industria metalúrgica; la protección y conservación en la industria alimentaria; la fabricación de vidrio; o las aplicaciones médicas, entre otras. Además, la presente medida estará orientada al impulso de iniciativas para la gestión de la vida útil de los componentes involucrados en la producción, distribución, almacenamiento y consumo del hidrógeno, fomentando el reaprovechamiento tanto de las materias primas como de los productos manufacturados en aplicaciones futuras tanto de hidrógeno como de otras actividades productivas. En este sentido, Huelva destaca por su especialización en la innovación y el desarrollo de proyectos en la materia, y se configura como territorio de referencia.

E.4. Impulso a la demanda

L.4.1. Exportación del excedente producido en la región

M.4.1.1 Exportación de amoníaco verde y metanol verde

Con el objetivo de impulsar la demanda y la constitución de un mercado resiliente y consolidado en la región, Andalucía debe posicionarse en el marco nacional y europeo como una región productora de hidrógeno y de derivados del hidrógeno (amoníaco verde, metanol verde y combustibles SAF principalmente), aprovechando el excedente del abastecimiento local hacia otros países europeos con mayores exigencias de demanda en las industrias de difícil electrificación como la industria metalúrgica, la aviación, el transporte marítimo o la minería, entre otros. De esta forma, haciendo uso de su ubicación geográfica, Andalucía podrá establecer nuevas relaciones comerciales, posicionarse como país referente en dichos vectores energéticos y generar un nuevo mercado en el ámbito de la descarbonización y la integración sectorial, fomentando el diseño, la innovación y el desarrollo de dichas aplicaciones industriales en el ámbito local, basadas en el hidrógeno y sus derivados como

combustible para las actividades productivas. Además, a través de la presente medida, se contemplarán actuaciones basadas en la producción de otros líquidos orgánicos portadores de hidrógeno (LOHC) que permitan actuar como ‘carriers’ y fomentar el transporte de hidrógeno con una mayor versatilidad y rentabilidad exportadora.

M.4.1.2 Establecimiento de acuerdos comerciales internacionales para la exportación de hidrógeno

En línea con la medida específica anterior y con el objetivo de consolidar el mercado internacional de hidrógeno, Andalucía debe llevar a cabo el establecimiento de acuerdos comerciales con países específicos de la Unión Europea y, posteriormente, del ámbito global. Esta actuación permite garantizar la demanda en las fases iniciales del mercado andaluz del hidrógeno, suministrándolo a regiones con proyectos de mayor grado de consolidación y mitigando relativamente las incertidumbres de demanda para la ejecución de nuevos proyectos en la región.

M.4.1.3 Modernización y optimización de las infraestructuras para la exportación

Las entidades y autoridades competentes de los puertos, aeropuertos y plataformas logísticas serán un componente fundamental para el despliegue y la exportación del hidrógeno en Europa. En este sentido, dichas infraestructuras nodales deberán disponer de las instalaciones necesarias para su transmisión, almacenamiento, conversión y suministro a los usuarios finales, impactando en la planificación espacial actual y en los servicios actualmente ofertados para otorgar operaciones de bunkering, adaptación de los muelles de descarga, proyectos locales de fabricación de amoníaco verde, etc. En este sentido, la presente medida tendrá como objetivo abordar los retos regulatorios, de innovación y de seguridad para la modernización y optimización de dichas infraestructuras.

L.4.2. Impulso de la descarbonización de industrias de difícil electrificación

M.4.2.1 Apoyo a la descarbonización de industrias de difícil electrificación en Andalucía

A pesar de que el hidrógeno, en muchas ocasiones con carácter no renovable, se utiliza en la actualidad como combustible en la industria o en aplicaciones de movilidad ligeras, dicho vector energético posee un gran potencial para la descarbonización de industrias de difícil electrificación como la industria metalúrgica, la minería o el transporte de media y larga distancia a través de vehículos pesados. En este sentido, más allá del establecimiento de las infraestructuras necesarias para la producción de hidrógeno, Andalucía debe enfocar sus pasos al impulso del hidrógeno como combustible alternativo para la descarbonización de las industrias de difícil electrificación, fomentando la sustitución de los combustibles fósiles para la realización de sus actividades industriales y fomentando el desarrollo y la utilización de pilas de hidrógeno en las aplicaciones de movilidad. Bajo dicho objetivo, la medida específica tendrá como finalidad fomentar y facilitar la ejecución de inversiones por parte de las entidades competentes para el desarrollo de proyectos piloto en la región, así como para la ejecución de adaptaciones en las tecnologías actuales.

M.4.2.2 **Impulso del hidrógeno en el sector de la minería metálica andaluza**

Una de las bases de desarrollo que la Estrategia para una Minería Sostenible en Andalucía 2030 contempla de manera específica es el favorecimiento de la optimización de la eficiencia energética y la promoción de la autosuficiencia energética de las instalaciones. Considerando que la industria minera depende fuertemente de la compra de energía eléctrica dentro de sus insumos más estratégicos y que, por otro lado, la industria energética está cada vez más volcada hacia la generación de energías renovables (para las que son imprescindibles los minerales críticos y estratégicos), se establece un círculo virtuoso entre ambos sectores que precisa del desarrollo de otros mercados como son el de la gestión y reciclaje de los residuos y el de la producción de nuevos vectores energéticos, como el hidrógeno.

En esta medida se acoge, entre otras iniciativas, la de la oferta de incentivos económicos en relación con las actividades extractivas y de transformación de materias primas fundamentales, necesarias para el desarrollo de la industria del hidrógeno.

E.5. Desarrollo de una economía de hidrógeno basada en las personas

L.5.1. Impulso a la participación de la mujer en la industria del hidrógeno

M.5.1.1 Actuaciones para el fomento de la participación de la mujer en la industria del hidrógeno

Medidas de difusión e información específicamente orientadas a la atracción de la mujer hacia el sector del hidrógeno, incluido el impulso de la red de industrias por la igualdad de género entre las empresas de la cadena de valor del hidrógeno en Andalucía. Entre las medidas a impulsar se encuentran:

- Aplicación de herramientas ya desplegadas desde la Junta de Andalucía, con el objetivo de extender el uso entre las empresas del sector de las herramientas ya desplegadas desde la consejería competente en materia de igualdad, la actual Consejería de Inclusión Social, Juventud, Familias e Igualdad. Igualmente, en materia de incentivos, se contemplan los desplegados desde la consejería con competencia en materia de empleo para la elaboración de planes de igualdad en empresas de menos de 50 trabajadores.
- Promoción de la participación de la mujer en la industria local del hidrógeno.
- Inclusión del sector dentro de las iniciativas a desarrollar dentro de la «semana de la mujer en la industria andaluza».
- Desarrollo en las empresas del sector de la iniciativa «Red de industrias comprometidas con la igualdad».

L.5.2. Cantidad, calidad y seguridad del empleo

M.5.2.1 Impulso de iniciativas con alto volumen de nuevas oportunidades laborales

Con el objetivo de fomentar el empleo en ámbitos de alta tecnología y especialización, se promoverán proyectos intensivos en tecnología y empleo, en los que el talento, la capacidad y compromiso de las personas, sea un referente para alentar a través de un empleo de calidad, una industria del hidrógeno que sea motor de más y mejor empleo en Andalucía.

M.5.2.2 Iniciativas para el seguimiento de la calidad del empleo, y específicamente dirigidas a la reducción de la siniestralidad

En línea con el compromiso del Pacto Social y Económico de Andalucía, en el seno del Consejo Andaluz de Prevención de Riesgos Laborales se ha llevado a cabo el diseño de una batería de medidas que complementarán el desarrollo del III Plan de Actuación 2022 - 2023 derivado de la Estrategia Andaluza de Seguridad y Salud en el Trabajo 2017 - 2022. De esta manera, se ha puesto en marcha un «Plan de Choque contra la siniestralidad laboral en Andalucía», formalizado en agosto de 2023, mediante Acuerdo suscrito entre la Consejería de Empleo, Empresa y Trabajo Autónomo y los agentes económicos y sociales más representativos. Este plan permitirá seguir avanzando en seguridad y salud laboral, a través de acciones de sensibilización, formación e información, que pueden abarcar a todas las iniciativas relacionadas con la Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde, buscando la participación de los agentes económicos y sociales en las distintas fases de estas.

E.6. Instrumentos regulatorios y de apoyo institucional

L.6.1. Establecimiento de programas de incentivos

M.6.1.1 **Dotación de incentivos para la oferta del hidrógeno en Andalucía**

Con el objetivo de dotar de recursos a las empresas y entidades orientadas a la producción del hidrógeno y a desarrollar la oferta de dicho vector energético, se establecerán programas de incentivos que permitan fomentar las actuaciones de producción, distribución y almacenamiento del hidrógeno en la región. Dichos programas de incentivos serán de aplicación directa a la puesta en marcha de las instalaciones de hidrógeno, contemplando desde la dotación de recursos hasta la concesión de autorizaciones administrativas simplificadas para la aceleración de los proyectos y su implantación en el territorio.

M.6.1.2 **Dotación de incentivos para la demanda del hidrógeno en Andalucía**

Desarrollar programas de incentivos específicos para dotar a las empresas de los recursos necesarios para acometer los procesos de transformación necesarios para el consumo de hidrógeno. En este sentido, el programa de incentivos tendrá como objetivo fomentar aquellas actuaciones orientadas a la descarbonización de la industria, especialmente aquellas industrias objeto de descarbonización y con un alto grado de dependencia de combustibles fósiles,

gas natural u otras fuentes no renovables. El programa deberá contemplar la adaptación de hidroductos para la distribución y consumo de hidrógeno, proyectos de blending progresivo de hidrógeno, proyectos de generación de amoníaco a raíz de hidrógeno, proyectos de bunkering de hidrógeno, etc. Asimismo, se tendrá en consideración la necesidad del fomento de nuevos sistemas de mercado y de balance de energía, tales como agregadores de demanda, contratos tipo PPA (Power Purchase Agreements) o servicios energéticos, que puedan repercutir en la factura energética de las empresas del sector u otros recursos para mitigar el impacto del coste de la energía.

M.6.1.3 Dotación de incentivos para la investigación, el desarrollo y la innovación

Se impulsarán proyectos en las empresas industriales y servindustriales de investigación y desarrollo, y en concreto a través de la investigación industrial y el desarrollo experimental, pudiéndose buscar igualmente el apoyo para la realización de estudios de viabilidad previos a las actividades de investigación. Asimismo, se fomentará la innovación en las pymes a través de las posibilidades que se ofrecen en los regímenes de ayudas de estado vigentes. En esta misma línea, las Agrupaciones Empresariales Innovadoras (AEI) y sus entidades adscritas, surgen como una oportunidad para impulsar la demanda del hidrógeno en las diferentes aplicaciones industriales, a través de la sensibilización, la formación y el aglutinamiento empresarial para la ejecución de iniciativas. En este sentido, de forma complementaria a las actuaciones previamente mencionadas, el programa de incentivos irá orientado a la dotación de recursos a aquellos proyectos, iniciativas y actuaciones realizadas por dichas agrupaciones empresariales, así como por otras entidades, que permitan el establecimiento de sinergias y la realización de actuaciones conjuntas de comunicación y sensibilización para el impulso de la demanda y la aceptación social del hidrógeno en Andalucía.

L.6.2. Facilitar el desarrollo y aplicación del marco regulatorio específico del hidrógeno

M.6.2.1 Facilitar el desarrollo de trámites específicos para la puesta en marcha de proyectos de hidrógeno

La presente medida tiene como objetivo garantizar el impulso del marco regulatorio específico que permita abordar la puesta en marcha de plantas productoras, el acceso y conexión a las redes de transporte y los hitos relativos a la admisión a trámite de las autorizaciones administrativas de forma particular para el hidrógeno, así como estándares homogéneos a nivel de condiciones y medidas de seguridad, de calidad de los gases producidos y de criterios para la consideración y determinación de garantías de procesos sostenibles. Esta medida específica tendrá como objetivo fortalecer la seguridad jurídica en la región, otorgando al hidrógeno y sus proyectos un marco específico de actuación. Bajo dicha premisa, la Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde surge como una oportunidad para la ejecución de la presente medida, contemplando entre sus actuaciones la identificación de mejoras regulatorias o normativas orientadas a eliminar obstáculos y facilitar el desarrollo del sector.

M.6.2.2 Aceleración de la puesta en marcha de los proyectos industriales de hidrógeno en la región a través de la Unidad Aceleradora de Proyectos (UAP) de la Junta de Andalucía

De forma adicional a la dificultad derivada de la puesta en marcha de grandes proyectos industriales y, especialmente, en sectores y mercados incipientes, con frecuencia dichos proyectos se ven ralentizados por los trámites administrativos y por la ralentización derivada los procesos administrativos de verificación y validación documental, informes de impacto ambiental, etc. En este sentido, la UAP se constituye como una oportunidad particular de Andalucía para la aceleración de los proyectos estratégicos de hidrógeno, fomentando la prioridad estratégica de grandes proyectos tractores y proyectos de interés regional que permitan fomentar la producción y consumo de dicho hidrógeno en Andalucía.

M.6.2.3 Definición de documentación de guía para la tramitación de proyectos de hidrógeno en la región

En línea con la medida anterior, la puesta en marcha de proyectos se ven ralentizados por itinerarios difusos de tramitación administrativa y por la incertidumbre de los pasos a seguir para la puesta en marcha de los proyectos, según la normativa de aplicación. En este sentido, se proyecta como medida

específica la elaboración de una guía y documentación de soporte que exponga las pautas y la legislación asociada para la puesta en marcha de proyectos, facilitando la tramitación administrativa y fomentando el atractivo de Andalucía para la inversión interior y exterior.

L.6.3. Concienciación, sensibilización y formación

M.6.3.1 **Desarrollo de campañas de concienciación y promoción para fomentar el uso del vector energético**

En la actualidad, se deben fortalecer los conocimientos en relación con el hidrógeno y sus potenciales beneficios, así como en cuestiones de seguridad y eficiencia en las aplicaciones. En este sentido, se deben desarrollar campañas de concienciación y promoción que permitan visualizar los beneficios derivados de la introducción del hidrógeno en los diferentes sectores de actividad, más allá del ámbito de sostenibilidad, y que impulsen y fomenten el uso de dicho vector energético.

M.6.3.2 **Desarrollo de itinerarios formativos reconocidos oficialmente basados en el hidrógeno y sus tecnologías**

En la actualidad, en la formación universitaria y de capacitación profesional de carácter público, se imparten másteres y cursos formativos en energías renovables y, particularmente, en el hidrógeno y en sus tecnologías asociadas. En este sentido, a través de la presente medida, se contemplará la introducción de formaciones complementarias y de itinerarios formativos específicos que permitan incrementar el conocimiento sobre el hidrógeno, las tecnologías involucradas en la cadena de valor, los últimos avances tecnológicos y las potenciales aplicaciones en los diversos sectores de actividad. Además, se contemplará la introducción de contenidos particulares en los itinerarios formativos de los sectores energéticos involucrados en la cadena de valor del hidrógeno, de las industrias auxiliares y de los sectores objeto de descarbonización, fomentando una visión general y el conocimiento fundamental en el ecosistema empresarial relacionado.

M.6.3.3 **Formación, reconocimiento y acreditación de las personas trabajadoras**

Impulso a la relación de proyectos de formación profesional dual, formación profesional para el empleo, los grados duales universitarios, y a través del fomento de acuerdos con empresas. Asimismo, se promoverá la acreditación profesional, y el reconocimiento de las capacidades y acreditaciones profesionales. Resulta conveniente partir de un análisis detallado de las necesidades profesionales y de formación que permitan la identificación de perfiles que potencialmente puede tener una alta demanda en el sector. Así, en el marco de la presente medida, se llevará a cabo la identificación de los perfiles demandados y del mapa de competencias necesarias para la competitividad de las personas trabajadoras en el sector del hidrógeno, con el objetivo de impulsar la formación de las personas en Andalucía y garantizar la disponibilidad de perfiles para el desarrollo del hidrógeno y sus componentes en la región.

M.6.3.4 Establecimiento de un punto común de información sobre los proyectos de hidrógeno y avances tecnológicos en la región

En línea con el impulso de una red de conocimiento y de innovación y desarrollo y bajo el objetivo de fomentar la recopilación centralizada de la información relacionada con los proyectos de hidrógeno en la región, de los avances tecnológicos en relación con dicho vector energético y de buenas prácticas identificadas en las provincias andaluzas, se proyecta la necesidad de disponer de elementos de difusión y coordinación de los actores implicadas, tales como el mapeo del sector ya desarrollado u otros similares. Esta medida tendrá como finalidad fundamental favorecer la interacción entre las empresas impulsoras de proyectos de hidrógeno, difundir el conocimiento y los avances regionales y otorgar proyectos de referencia de Andalucía para su ejecución en otras ubicaciones aplicables de la región.

3. Encuadramiento en las políticas andaluzas

Bajo el objetivo de evaluar el encuadramiento de la presente hoja de ruta con las políticas definidas en Andalucía en relación con la sostenibilidad, la industria, la energía, la transformación digital y la innovación, entre otros factores relevantes y de aplicación a la cadena de valor del hidrógeno, se procede al análisis del siguiente marco estratégico:

- Estrategia Energética de Andalucía 2030
- Estrategia de Especialización Inteligente para la Sostenibilidad de Andalucía 2021-2027, S4 Andalucía
- Política Industrial de Andalucía con horizonte 2030

Para el encuadramiento entre las líneas de acción de la presente hoja de ruta y los objetivos definidos en cada una de las estrategias regionales, se han definido tres niveles relacionales diferentes: alto, medio o bajo. En consecuencia, se considerará como nivel alto si la línea de actuación definida incide de forma directa y contribuye a la totalidad de las metas establecidas para el objetivo; nivel medio si la línea de actuación incide de forma indirecta o contribuye parcialmente a la consecución del objetivo; y nivel bajo si la línea de acción definida no representa relación con el objetivo en cuestión.

Siguiendo dichas directrices, se procede a la realización del análisis y encuadramiento de cada una de las estrategias regionales mencionadas:

3.1. Estrategia Energética de Andalucía 2030

La Estrategia Energética de Andalucía 2030 supone el instrumento fundamental de planificación autonómica en materia energética para la próxima década en línea con el marco de referencia definido por la Unión Europea, dirigido a lograr un nivel de cero emisiones de gases de efecto invernadero para 2050. Bajo dicha premisa, la estrategia energética trata de dar respuesta a las necesidades relacionadas con la sostenibilidad climática identificadas en Andalucía, materializadas en el documento estratégico a través de seis objetivos principales.

Según los niveles previamente definidos para el análisis, a continuación, se expone el encuadramiento entre las líneas de acción de la Hoja de Ruta del Hidrógeno en Andalucía y los objetivos de la Estrategia Energética de Andalucía 2030:

		1. Descarbonización del consumo de energía	2. Reducción del consumo tendencial	3. Reducción de la dependencia del petróleo	4. Disponer de infraestructura suficiente para renovables y un suministro de calidad	5. Mejorar la eficacia y eficiencia administrativa para facilitar la transición	6. Fortalecer el tejido empresarial e industrial energético
E.1. Desarrollo de proyectos de hidrógeno	L.1.1. Impulso a la puesta en marcha de nuevos proyectos de producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno	■	■	■	■	■	■
	L.1.2. Impulso del desarrollo de proyectos de movilidad	■	■	■	■	■	■
	L.1.3. Impulso de proyectos de energías renovables	■	■	■	■	■	■
	L.1.4. Fomentar la disponibilidad de recursos hídricos en la región	■	■	■	■	■	■
E.2. Adaptación y desarrollo de nuevas infraestructuras	L.2.1. Adaptación y desarrollo de la red eléctrica para el abastecimiento y evacuación de energía eléctrica renovable	■	■	■	■	■	■
	L.2.2. Adaptación y desarrollo de plantas industriales para el consumo de hidrógeno	■	■	■	■	■	■
	L.2.3. Adaptación de gaseoductos y desarrollo de redes de hidroductos para la distribución de hidrógeno	■	■	■	■	■	■
E.3. Innovación, desarrollo y generación de la capacidad industrial de la cadena de valor	L.3.1. Impulso de la innovación en las tecnologías involucradas en la producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno	■	■	■	■	■	■
	L.3.2. Desarrollo de actuaciones generadoras de conocimiento	■	■	■	■	■	■
	L.3.3. Economía circular y reutilización de recursos	■	■	■	■	■	■

■ Impacto bajo ■ Impacto medio ■ Impacto alto

		1. Descarbonización del consumo de energía	2. Reducción del consumo tendencial	3. Reducción de la dependencia del petróleo	4. Disponer de infraestructura suficiente para renovables y un suministro de calidad	5. Mejorar la eficacia y eficiencia administrativa para facilitar la transición	6. Fortalecer el tejido empresarial e industrial energético
E.4. Impulso a la demanda	L.4.1. Exportación del excedente producido en la región	Impacto medio	Impacto medio	Impacto medio	Impacto bajo	Impacto bajo	Impacto bajo
	L.4.2. Impulso de la descarbonización de industrias de difícil electrificación	Impacto alto	Impacto medio	Impacto alto	Impacto alto	Impacto bajo	Impacto medio
E.5. Desarrollo de una economía de hidrógeno basada en las personas	L.5.1. Impulso a la participación de la mujer en la industria del hidrógeno	Impacto bajo	Impacto bajo	Impacto bajo	Impacto bajo	Impacto alto	Impacto alto
	L.5.2. Cantidad, calidad y seguridad del empleo	Impacto medio	Impacto bajo	Impacto bajo	Impacto bajo	Impacto bajo	Impacto alto
E.6. Instrumentos regulatorios y de apoyo institucional	L.6.1. Establecimiento de programas de incentivos	Impacto alto	Impacto medio	Impacto alto	Impacto alto	Impacto bajo	Impacto medio
	L.6.2. Facilitar el desarrollo y aplicación del marco regulatorio específico del hidrógeno	Impacto medio	Impacto medio	Impacto medio	Impacto alto	Impacto alto	Impacto medio
	L.6.3. Concienciación, sensibilización y formación	Impacto medio	Impacto alto	Impacto bajo	Impacto medio	Impacto alto	Impacto medio

Impacto bajo Impacto medio Impacto alto

3.2. Estrategia de Especialización Inteligente para la Sostenibilidad de Andalucía 2021-2027, S4 Andalucía

Es el instrumento impulsado por la Consejería de Universidad, Investigación e Innovación a través de la Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía (IDEA) con el fin de organizar la planificación y las actuaciones públicas en Andalucía en materia de investigación, innovación y transición industrial, con una perspectiva transversal de mitigación del cambio climático. Dicho documento estratégico además dispone como objetivo el impulso de los principales sectores económicos de la región de forma inteligente y competitiva, contribuyendo, además, a la reducción de la brecha de género en I+D+i.

En este contexto, se definieron una serie de objetivos estratégicos que dieran respuesta a los retos existentes en términos de investigación y desarrollo, la transición industrial y la especialización de los diferentes sectores de actividad hacia la transición energética. Bajo dicho contexto, se expone el encuadramiento entre las líneas de acción de la Hoja de Ruta del Hidrógeno en Andalucía y los objetivos de la Estrategia de Especialización Inteligente:

		1. Incrementar la investigación y la innovación	2. Elevar los niveles de transferencia y aplicación/generación de conocimiento y tecnologías	3. Ampliar la integración en la economía digital	4. Acelerar y ampliar la Transición	5. Elevar la sostenibilidad y circularidad de la producción, distribución y el consumo a través de la innovación	6. Acrecentar la capacitación y el emprendimiento innovador	7. Aumentar la colaboración y la cooperación para la innovación	8. Reducción de las brechas de género y de otras brechas sociales en la innovación
E.1. Desarrollo de proyectos de hidrógeno	L.1.1. Impulso a la puesta en marcha de nuevos proyectos de producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno	■	■	■	■	■	■	■	■
	L.1.2. Impulso del desarrollo de proyectos de movilidad	■	■	■	■	■	■	■	■
	L.1.3. Impulso de proyectos de energías renovables	■	■	■	■	■	■	■	■
	L.1.4. Fomentar la disponibilidad de recursos hídricos en la región	■	■	■	■	■	■	■	■
E.2. Adaptación y desarrollo de nuevas infraestructuras	L.2.1. Adaptación y desarrollo de la red eléctrica para el abastecimiento y evacuación de energía eléctrica renovable	■	■	■	■	■	■	■	■
	L.2.2. Adaptación y desarrollo de plantas industriales para el consumo de hidrógeno	■	■	■	■	■	■	■	■
	L.2.3. Adaptación de gaseoductos y desarrollo de redes de hidrodutos para la distribución de hidrógeno	■	■	■	■	■	■	■	■
E.3. Innovación, desarrollo y generación de la capacidad industrial de la cadena de valor	L.3.1. Impulso de la innovación en las tecnologías involucradas en la producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno	■	■	■	■	■	■	■	■
	L.3.2. Desarrollo de actuaciones generadoras de conocimiento	■	■	■	■	■	■	■	■
	L.3.3. Economía circular y reutilización de recursos	■	■	■	■	■	■	■	■

■ Impacto bajo ■ Impacto medio ■ Impacto alto

		1. Incrementar la investigación y la innovación	2. Elevar los niveles de transferencia/ aplicación/ generación de conocimiento y tecnologías	3. Ampliar la integración en la economía digital	4. Acelerar y ampliar la Transición	5. Elevar la sostenibilidad y circularidad de la producción, distribución y el consumo a través de la innovación	6. Acrecentar la capacitación y el emprendimiento innovador	7. Aumentar la colaboración y la cooperación para la innovación	8. Reducción de las brechas de género y de otras brechas sociales en la innovación
E.4. Impulso a la demanda	L.4.1. Exportación del excedente producido en la región	Impacto bajo	Impacto medio	Impacto bajo	Impacto alto	Impacto alto	Impacto medio	Impacto medio	Impacto medio
	L.4.2. Impulso de la descarbonización de industrias de difícil electrificación	Impacto medio	Impacto alto	Impacto bajo	Impacto alto	Impacto medio	Impacto medio	Impacto medio	Impacto bajo
E.5. Desarrollo de una economía de hidrógeno basada en las personas	L.5.1. Impulso a la participación de la mujer en la industria del hidrógeno	Impacto medio	Impacto alto	Impacto medio	Impacto medio	Impacto medio	Impacto alto	Impacto medio	Impacto alto
	L.5.2. Cantidad, calidad y seguridad del empleo	Impacto alto	Impacto alto	Impacto medio	Impacto medio	Impacto medio	Impacto alto	Impacto medio	Impacto alto
E.6. Instrumentos regulatorios y de apoyo institucional	L.6.1 Establecimiento de programas de incentivos	Impacto alto	Impacto alto	Impacto medio	Impacto alto	Impacto alto	Impacto medio	Impacto alto	Impacto alto
	L.6.2. Facilitar el desarrollo y aplicación del marco regulatorio específico del hidrógeno	Impacto alto	Impacto alto	Impacto bajo	Impacto alto	Impacto alto	Impacto medio	Impacto alto	Impacto alto
	L.6.3. Concienciación, sensibilización y formación	Impacto alto	Impacto alto	Impacto medio	Impacto medio	Impacto alto	Impacto alto	Impacto alto	Impacto alto

Impacto bajo Impacto medio Impacto alto

3.3. Política Industrial de Andalucía

En 2020 se acordó en Consejo de Gobierno el inicio de una nueva política industrial en Andalucía, caracterizada por la colaboración público-privada y la colaboración entre entidades y con el objetivo último de articular un plan autonómico de impulso a los diversos sectores industriales de la región, fomentando su adaptación al contexto de transición actual, su competitividad y su resiliencia en el tiempo.

De esta forma, bajo el objetivo de contemplar diferentes fases de acción y desarrollo, la estrategia de planificación industrial se articula en tres planes de fomento, el primero con aplicación hasta 2022 y seguido de dos planes más con aplicación hasta 2025 y 2030, respectivamente. En este sentido, el Plan de acción CRECE Industria 2021-2022 supuso el arranque de la nueva política industrial andaluza, con la mira puesta en la diferenciación de la industria a nivel regional, así como el incremento de la solvencia, la dimensión, calidad y valor para la sociedad.

A través de dicha política industrial se dispone la contribución directa de Andalucía a los objetivos establecidos en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible: «Industria, innovación e infraestructura que persigue construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación» (ODS9) y «Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos» (ODS8).

Por su parte, bajo el fundamento de impulsar los diferentes sectores de actividad industrial de forma adaptada y particular, la política industrial de Andalucía se materializa en diferentes planes de acción de la cadena de valor industriales. Tomando como referencia el Plan Crece Industria 2021-2022, así como los planes de acción específicos que contemplan el hidrógeno entre sus posibilidades de desarrollo, se procede a determinar el encuadramiento existente entre las directrices de la nueva política industrial andaluza y los objetivos, ejes y líneas de acción definidas a través de la presente hoja de ruta.

En primer lugar, los objetivos definidos en la hoja de ruta muestran una alta vinculación al impulso de la industria andaluza y de su competitividad, mostrando dicho fundamento de forma directa en los siguientes: «Posicionar a Andalucía como potencia energética europea y como referente global en la producción de hidrógeno» (O1), «Desarrollar la capacidad industrial en relación a los componentes de la cadena de valor del hidrógeno» (O6), «Fomentar la atracción de inversión y de empresas en Andalucía para la ejecución de

proyectos de hidrógeno y fortalecer la capacidad industrial» (O9) y «Fomentar la innovación y el desarrollo de forma transversal en la cadena de valor del hidrógeno» (O10). Adicionalmente, otros objetivos como el impulso del mercado o la generación de empleo sostenible y competitivo también incidirán de forma indirecta en el desarrollo de la industria andaluza en su conjunto.

Esta vinculación se ve materializada tanto en las líneas de acción definidas como en sus medidas específicas, donde el impulso de los proyectos de hidrógeno y el impulso de los proyectos de energía renovable pretenden posicionar Andalucía como potencia energética europea, adaptando las actividades económicas en la región y el sector industrial energético en su conjunto. Más allá de dicho aspecto fundamental, a través de la descarbonización de las aplicaciones industriales, la adaptación de gaseoductos, la adaptación de la red eléctrica o el establecimiento de programas de incentivos para la demanda de hidrógeno, la hoja de ruta pretende descarbonizar el sector en su conjunto, adaptando a la transición energética a las industrias más tradicionales de la región, fomentando su resiliencia en el tiempo y satisfaciendo su demanda energética sin decrecer su capacidad productiva ni de empleo de calidad. Finalmente, la aceleración pública a los proyectos industriales o el impulso de la investigación, la innovación y el desarrollo pretende promover una cultura industrial, que constituya la tecnología local y andaluza como vía de desarrollo y que permita la mejora no solo del hidrógeno, sino de las industrias auxiliares y actividades complementarias en su conjunto.

Además, es especialmente relevante considerar en el marco del presente encuadramiento el plan de acción industrial para incrementar la huella industrial de las tecnologías energéticas, es decir, el «Plan de cadena de valor CRECE Industrial de la Energía, frío y climatización 2023-2027». En este sentido, a raíz de las consideraciones previamente mencionadas, se proceden a exponer los bloques que enmarcan los objetivos generales del plan, fomentando el alineamiento de las actuaciones proyectadas y el entendimiento de las líneas de acción definidas en el marco de la política industrial andaluza:

- Crecimiento del ecosistema industrial en base a la colaboración de las empresas y la atracción de inversores, de forma que Andalucía prese una oferta energética favorable para la promoción de energía, desarrollando el mercado andaluz, el capital productivo y el conocimiento.
- La innovación como factor clave para anticiparse a las necesidades del mercado y mejorar la competitividad de Andalucía en los mercados internacionales.

- El incremento de la productividad en base a una optimización de los procesos productivos, organizativos y logísticos gracias a la innovación, la implantación de tecnologías, la digitalización del sector y la captación y fomento de recursos humanos.
- La expansión comercial.

En este mismo plano de importancia, se debe situar al fomento del empleo de calidad. Y ello con el objetivo de conservar y atraer talento mediante una oferta de empleo de calidad, que fomente la igualdad de género y con condiciones de trabajo que se correspondan con las características del sector. En este sentido, se promoverá la búsqueda de una transición justa del conjunto del sector, acompañado de su seguimiento.

Roadmap y escenarios de seguimiento

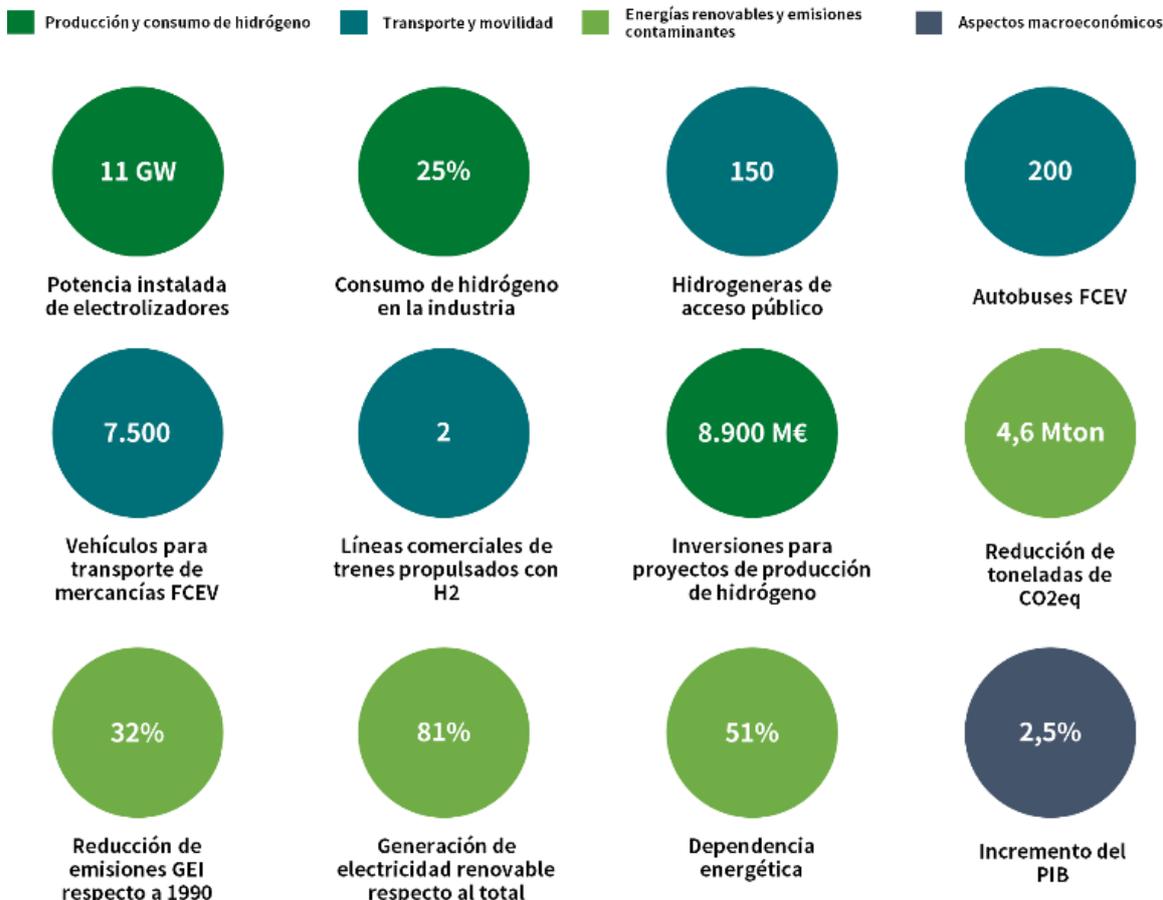
Con el objetivo de garantizar la implantación y ejecución de las líneas de acción y medidas definidas anteriormente, es necesario el establecimiento de un mecanismo de seguimiento y control pertinente para evaluar la situación actual, el porcentaje de ejecución respecto a la planificación nacional y europea, y cómo se contribuye desde la región andaluza, adelantándose a posibles desviaciones respecto a la situación planificada.

En este sentido, la hoja de ruta contempla los objetivos de la Estrategia Europea del Hidrógeno (EU Hydrogen Strategy), especialmente fundamentados en la producción de hidrógeno, así como los objetivos de la Hoja de Ruta del Hidrógeno de España y del PNIEC 2021-2030, ambas en proceso de revisión, asociados a las diferentes áreas de actividad donde se ha identificado el mayor potencial de crecimiento en la demanda de hidrógeno.

Por un lado, la Estrategia Europea del Hidrógeno plantea los siguientes escenarios:

- Primera fase 2020-2024: Instalación de al menos 6 GW de electrolizadores en la UE y la producción de hasta 1 millón de toneladas de hidrógeno renovable.
- Segunda fase 2025-2030: Instalación de 40 GW de electrolizadores para 2030 y la producción de hasta 10 millones de toneladas de hidrógeno renovable en la UE.

Por otro lado, con el objetivo de contemplar el marco nacional en su conjunto, a través de la Hoja de Ruta del Hidrógeno de España y el PNIEC 2021-2030 se plantean los siguientes objetivos de país:



A raíz de dicho contexto, se procede a exponer los mecanismos propios de seguimiento de en Andalucía, que permitan evaluar el avance hacia el desarrollo del hidrógeno en la región y que, en consecuencia, permitan evaluar el grado de contribución de Andalucía a los objetivos nacionales y europeos en el horizonte temporal establecido.

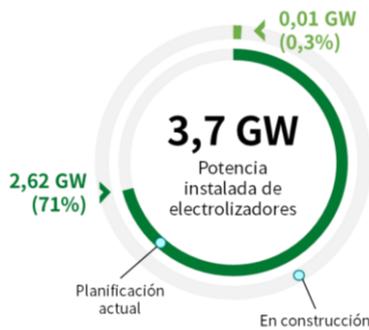
1. Definición de los escenarios para el seguimiento

En línea con las perspectivas europeas y nacionales previamente mencionadas, a continuación, se procede a exponer los escenarios de seguimiento que se plantea de forma específica para Andalucía, según las líneas de acción definidas a través del presente documento, y centrándose en la generación de hidrógeno, su uso en el transporte y movilidad, así como en la inversión asociada. De esta forma, se plantea una primera visión asociada al horizonte temporal hasta 2030, seguida de una visión complementaria y más asociada al largo plazo con un horizonte temporal hasta 2050.

1.1. Visión 2030

Con el objetivo de evaluar los avances de desarrollo futuro de Andalucía de cara al año 2030, se plantean los siguientes ámbitos de seguimiento:

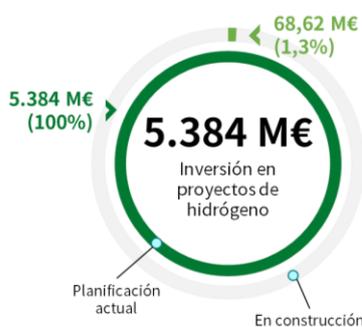
Seguimiento del desarrollo de los proyectos de hidrógeno



El objetivo podrá ser revisado en función del desarrollo de las políticas de estímulo previstas para aspirar, al menos a la proporción de la participación andaluza en el consumo de hidrógeno.

A raíz del grado de planificación actual de proyectos de producción de hidrógeno y considerando la necesidad del desarrollo de las redes eléctricas para la evacuación y suministro energético, así como de las infraestructuras hídricas pertinentes, se realizará un seguimiento de los proyectos que permitan la disponibilidad de 3,7 GW de potencia instalada de electrolizadores para el año 2030. Dicho objetivo supone más de una tercera parte de la potencia proyectada en el marco nacional para dicho año (11 GW), poniendo en relevancia la región de Andalucía como pilar fundamental para la consecución de dicho objetivo y aprovechando el amplio número de proyectos planificados respecto a otras regiones.

Seguimiento del desarrollo de la inversión



En línea con los proyectos planificados en la actualidad y el importe actual de inversión proyectado, se realizará un seguimiento específico de la inversión, tomando como referencia el importe de 5.384 millones de euros en inversiones para proyectos de hidrógeno, en línea con el crecimiento fijado de potencia instalada en la región para el año 2030 y con la planificación consolidada en la actualidad, y ello con una visión de impulso de la cadena de valor del hidrógeno en su conjunto más allá del ámbito productivo.

Otros elementos que serán objeto de seguimiento se refieren a:

- En línea con el objetivo planteado por el MITECO a nivel nacional de disponer de 100-150 hidrogeneras de acceso público en el año 2030, desde Andalucía se impulsará y vigilará su evolución en el territorio andaluz, mostrando su compromiso con la movilidad sostenible y con la constitución de la infraestructura necesaria para descarbonizar el transporte en el marco regional, nacional y europeo.
- Bajo la Hoja de Ruta del Hidrógeno de España, se plantea como objetivo de cara al año 2030 la descarbonización del 25% del consumo de hidrógeno en la industria española. En la actualidad, en España se consumen aproximadamente 500.000 toneladas al año de hidrógeno, mayoritariamente a través de instalaciones de reformado con vapor de gas natural. Andalucía por su parte actualmente consume aproximadamente el 40% de dicho hidrógeno.

1.2. Visión 2050

En línea con la visión 2030 previamente expuesta, de forma análoga, será necesaria la definición de una visión 2050 que posibilite el desarrollo futuro del sector y su consolidación en el largo plazo. En este sentido, el presente escenario de desarrollo tendrá en consideración el inicio de las economías de escala, la consolidación de determinados proyectos de hidrógeno en la región tras años de operación, el avance de la innovación y el desarrollo tecnológico en la cadena de valor y el aumento en el grado de consumo del hidrógeno en las aplicaciones industriales dependientes de combustibles fósiles.

Bajo dicha perspectiva, a continuación, se definen las siguientes palancas de desarrollo de cara al año 2050, según los ámbitos previamente definidos para la definición de la visión 2030, sujetas a revisiones de esta hoja de ruta:

Desarrollo de proyectos de hidrógeno

- **Consolidación de la fabricación de componentes con marca andaluza.** A raíz de los esfuerzos realizados en el pasado y en la actualidad en la región, Andalucía busca impulsar su posicionamiento como referente en la investigación, innovación y

desarrollo de las tecnologías y componentes relacionados con el hidrógeno. De esta manera, junto con el objetivo de garantizar la competitividad de la región en el marco nacional y europeo, Andalucía deberá priorizar en el corto plazo diferentes actuaciones que permitan el desarrollo del vector energético en la región, así como su implementación para la descarbonización de las actividades productivas, acompañado de un gradual crecimiento de la cadena de valor que proyecte a largo plazo la consolidación de un escenario de fabricación local de electrolizadores y otros componentes de la cadena de valor para el desarrollo de proyectos de producción, distribución, almacenamiento y consumo de hidrógeno.

Consumo de hidrógeno

- **Descarbonización de sectores de difícil electrificación.** En la actualidad, existen diferentes sectores como la industria siderúrgica, la industria química, la minería o el transporte pesado que cuentan con un bajo grado de electrificación y que requieren de combustibles alternativos y renovables para la descarbonización de sus actividades productivas actuales, altamente dependientes de los combustibles fósiles. Sin embargo, la gran demanda energética requerida para el desarrollo de dichas actividades provoca un freno hacia la descarbonización en el corto plazo, imposibilitando la transición inmediata hacia dicho vector energético a causa de la adaptación de infraestructuras necesaria y de la necesidad de producción de hidrógeno a gran escala para abastecer la demanda energética existente, sin repercutir en la capacidad productiva. En este sentido, la descarbonización de dichos sectores constituirá un proceso gradual, en el que el hidrógeno se irá introduciendo cada vez en mayores cantidades en las actividades industriales, permitiendo una desvinculación progresiva de los combustibles fósiles. De esta forma, dado el grado de adaptación incipiente en el entorno empresarial y en el desarrollo de las infraestructuras necesarias, la descarbonización de los sectores de difícil electrificación se proyecta de cara al año 2050, estableciendo como objetivo la mayor introducción del hidrógeno como combustible para el desarrollo industrial sostenible y competitivo.
- **Desarrollo de aplicaciones más ambiciosas en el corto plazo.** Dado el desarrollo tecnológico actual, la ausencia de economías de escala, la ausencia de demanda local en aplicaciones de movilidad, la escasa experiencia y regulación en materia de hidrógeno verde como nuevo vector energético o la falta de infraestructura de red para

el abastecimiento necesario de energía eléctrica en ciertas zonas de la región, son factores que suponen un freno en la actualidad para el desarrollo de proyectos de hidrógeno, especialmente ciertas aplicaciones específicas con mayor alcance y condicionantes específicos. En este sentido, más allá de las actuaciones que se están llevando en la actualidad para mitigar y eliminar dichos frenos, el propio desarrollo del sector y la experiencia durante los años de operación posibilitará el desarrollo de aplicaciones cada vez más complejas, incrementando el ámbito de aplicación del hidrógeno en las actividades productivas e incrementando los márgenes de rentabilidad asociados. En este sentido, de cara al año 2050, se proyecta la consecución de proyectos y aplicaciones de difícil ejecución en la actualidad en el marco regional, como el desarrollo de modos de transporte de larga distancia basados en hidrógeno, los sistemas de almacenamiento a gran escala, procesos de electrólisis basados en AIoT, consolidación de la generación eléctrica distribuida o la consolidación de cadenas de suministro completas en el ámbito local, entre otros aspectos.

- **Desarrollo de soluciones propias de movilidad.** En línea con la premisa anterior de desarrollo tecnológico incipiente y de la aun escasa presencia de productores locales, a pesar de las actividades de bunkering desarrolladas en la región y de la planificación actual de proyectos para la producción tanto de hidrógeno como de amoníaco y metanol verdes, en la actualidad Andalucía no dispone de una amplia gama de vehículos ligeros y pesados impulsados mediante hidrógeno, únicamente la existencia de proyectos piloto y de aplicaciones puntuales de movilidad. En este sentido, se proyecta en el largo plazo la fabricación y adquisición de flotas logísticas de vehículos, embarcaciones y trenes que permitan la descarbonización de las aplicaciones de movilidad en el ámbito regional, proyectando en el corto y en el medio plazo la exportación del excedente producido a países con un mayor grado de desarrollo.

Aspectos transversales

- **Posicionamiento como región productora y exportadora de hidrógeno.** Dado el carácter prematuro del mercado del hidrógeno en términos renovables respecto a la producción global de hidrógeno, las diferentes regiones se encuentran en una carrera competitiva por desarrollar sus cadenas de valor y el posicionamiento del vector energético. En este sentido, dados los recursos naturales y la posición geográfica

estratégica de Andalucía, ante la consolidación del mercado en el tiempo, se proyecta el posicionamiento de Andalucía como referente en el medio y largo plazo.

En línea con las palancas de desarrollo expuestas, se puede observar como en el corto plazo de cara al año 2030 se proyecta una evolución relacionada principalmente con la producción de hidrógeno, el impulso de las energías renovables o la descarbonización, aspectos fundamentales para el desarrollo del sector en la región y que otorgaran el sustento necesario para las próximas actuaciones. Sin embargo, en línea con el tiempo necesario de desarrollo para la evolución del sector, las palancas de desarrollo en el horizonte 2050 se orientan principalmente hacia el consumo de dicho vector energético, iniciado con determinación en el período previo a 2030, considerando la consolidación del mercado y el impulso de la demanda en los próximos años.

2. Hoja de ruta para el impulso del hidrógeno

La hoja de ruta busca guiar las actuaciones y determinar la evaluación necesaria de los progresos, a través del seguimiento en el grado de ejecución con una mayor periodicidad a los horizontes planteados en el marco autonómico, que deriva del nacional y europeo. En este sentido, a través del presente apartado, se exponen los instrumentos que se usarán para realizar el seguimiento que permita evaluar los progresos y la detección anticipada de desviaciones para alcanzar los escenarios de desarrollo fijados a nivel nacional y europeo, maximizando la contribución que se realice desde Andalucía.

Además, para la ejecución de las líneas de acción definidas, será necesaria la coordinación y colaboración de las entidades públicas y privadas de la región hacia la consecución de los objetivos comunes. De esta forma, a través del presente apartado, se llevará a cabo la identificación de las alianzas y colaboradores necesarios para el cumplimiento de los hitos parciales, determinando sus ámbitos de actuación, así como su rol específico en la consecución de los escenarios proyectados y de los hitos parciales definidos.

2.1. Definición de hitos parciales

Una vez definidos los escenarios de desarrollo correspondientes, a continuación, se proceden a exponer los hitos parciales de cara a la consecución de la visión 2030. Estos hitos parciales se definirán a través la Comisión de Planificación y Seguimiento y el Comité de Participación, en relación asimismo con la denominada Mesa de la Economía del Hidrógeno. Por un lado, los períodos considerados deberán disponer de un mayor nivel de periodicidad, permitiendo desagregar los avances correspondientes para el año 2030 y permitiendo establecer períodos de plazo más reducido que fomenten la detección anticipada de desviaciones.

Los hitos parciales se definirán de manera apriorística y con el objetivo de contemplar los frenos existentes en cada momento y la aceleración gradual derivada de las actuaciones planificadas y del propio desarrollo del sector y el mercado. En este sentido, los hitos parciales que sean objeto de definición deberán someterse a revisión constante y estarán sujetos a modificación según las características endógenas de Andalucía, el entorno existente, los avances tecnológicos o el desarrollo del mercado en su conjunto, lo que no impide que se implanten de forma concreta para poder conocer, realizar el seguimiento y evaluar.

2.2. Indicadores de seguimiento

Los indicadores de seguimiento serán los propios del Plan de acción CRECE Industria, establecidos y concertados en el marco del Comité de Codecisión y Seguimiento de dicho plan, entre los que destacan los relativos al empleo, y la calidad del empleo. Asimismo, se buscará evaluar el impacto del empleo en la cadena de valor, incluida la denominada industria auxiliar, así como la evolución del objetivo de la consolidación y crecimiento de la fabricación de componentes con marca andaluza.

2.3. Identificación de alianzas y colaboradores necesarios

En línea con los escenarios de desarrollo y con las líneas de acción definidas a través del presente documento, a continuación, se procede a identificar aquellas alianzas y fórmulas de colaboración necesarias que permitan abordar eficazmente los diferentes ámbitos contemplados en la cadena de valor del hidrógeno:

- **Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde**

La Junta de Andalucía impulsó la Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde, una iniciativa compuesta por 150 entidades públicas y privadas con el objetivo de aprovechar las oportunidades existentes en términos de producción, almacenamiento, distribución y consumo de hidrógeno, así como de dar respuesta a las necesidades del tejido productivo andaluz.

En este sentido, la iniciativa se constituye como una de las fórmulas de colaboración cruciales entre las entidades relacionadas con los proyectos de hidrógeno y con el desarrollo del sector desde el punto de vista privado y las entidades y figuras del sector público involucradas en la planificación regional, la regulación del sector y la aceleración administrativa de las iniciativas propuestas. Dicha Alianza supone un factor crucial para el seguimiento de los proyectos y para el alineamiento de los esfuerzos y recursos hacia la consecución de los objetivos comunes que permitan el desarrollo y la resiliencia del sector.

Además, dados los diferentes ámbitos de aplicación comprendidos en las líneas de acción, el impulso del hidrógeno en la región requerirá de dicha Alianza para abordar los diferentes niveles de competencias y los ámbitos correspondientes a cada tipología de entidad, posibilitando la ejecución de actuaciones alineadas según aplique en los diferentes eslabones de la cadena de valor. De esta forma, la Alianza conformará una figura

estrictamente necesaria para la realización de las líneas de acción definidas y, en consecuencia, para la consecución de los escenarios de desarrollo planificados.

Bajo dichas premisas, la Alianza fomentará tanto la coordinación de los proyectos para la cobertura de las necesidades regionales, potenciando la identificación de las necesidades de las empresas durante la ejecución de las líneas de acción y, de forma simultánea, el conocimiento de dichas necesidades por parte de las entidades públicas, fomentando la comunicación y la aceleración del desarrollo bajo dicha coordinación.

- **Comité de Codecisión, Seguimiento y Evaluación del plan CRECE Industria**

Como expresa el Parlamento Europeo, la política industrial tiene un carácter horizontal y por tanto requiere de una correcta integración con otras políticas públicas, como las relacionadas con el comercio, el mercado interior, la investigación y la innovación, el empleo, la protección del medio ambiente y la salud.

En este sentido, se establece una conexión directa entre los mecanismos de gobernanza del Plan de acción CRECE Industria y los propios de la presente hoja de ruta, de tal manera que se buscará hacer partícipe de su seguimiento y evaluación al denominado Comité de Codecisión, Seguimiento y Evaluación de dicho plan, conformado por los agentes económicos y sociales más representativos (Confederación de Empresarios de Andalucía CEA y las organizaciones sindicales UGT Andalucía y CCOO Andalucía), complementando la participación en el propio marco de gobernanza de la Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde.

- **Colaboración público-privada para la innovación y desarrollo en la cadena de valor del hidrógeno**

Por un lado, los centros tecnológicos de apoyo empresarial, los centros de investigación e innovación y las universidades, conforman un grupo de entidades fundamental para la generación de conocimiento y para el desarrollo de las tecnologías y componentes involucrados en la cadena de valor del hidrógeno. Asimismo, el tejido empresarial conforma la cara ejecutora de dicho conocimiento, implantando y materializándose en proyectos específicos la investigación y la innovación realizada por los centros y entidades mencionadas.

En este sentido, la formalización de alianzas y la definición de acuerdos de colaboración específicos entre dichas entidades generadoras de conocimiento y el tejido empresarial será

crucial en la consecución de los objetivos y las actuaciones proyectadas, fomentando la competitividad tecnológica de los proyectos y la escalabilidad de los proyectos en la región hacia el ámbito productivo y comercial. Bajo dichas alianzas y acuerdos de colaboración, se impulsará la realización de proyectos piloto, así como la implantación real de soluciones innovadoras en proyectos de hidrógeno. Además, la combinación entre el tejido empresarial y las entidades generadoras de conocimiento permitirá la escalabilidad de los proyectos de hidrógeno, permitiendo realizar proyectos cada vez más ambiciosos en la región y cada vez más competitivos en términos productivos y exportadores.

Por otro lado, la colaboración entre dichas entidades y el tejido empresarial posibilitará una mayor eficiencia y eficacia en la definición de itinerarios formativos y de capacitación para las personas andaluzas, fomentando el conocimiento de los profesionales en tecnologías de hidrógeno y, especialmente, impulsando la cobertura de las necesidades empresariales en términos de personal y de recursos humanos en determinados sectores y actividades económicas involucradas con el desarrollo del hidrógeno.

Por último, pero no menos importante, la contribución de las personas formadas, capacitadas y cualificadas en las necesidades productivas del conjunto de las empresas de la cadena de valor será un elemento decisivo para el desarrollo del ecosistema industrial. El fomento del conocimiento de las personas profesionales en las tecnologías del hidrógeno y su cadena de valor debe fomentarse, teniendo en cuenta las necesidades estableciendo itinerarios formativos, debe ir aparejado junto con un reconocimiento adecuado, que venga a hacer del conjunto del sistema un atractivo para el desarrollo formativo, personal y profesional. El objetivo es generar, conservar y atraer talento como un elemento más que contribuirá a que esta tecnología y su entorno sea enriquecedora en su más amplio sentido, es decir, que a la vez debe promover la cohesión social y territorial de Andalucía.

- **Acuerdo de colaboración con los organismos autonómicos y nacionales con competencia en el ámbito educativo para la inclusión de actividades formativas**

En línea con los itinerarios formativos previamente mencionados, además de la interacción entre las entidades generadoras de conocimiento y el tejido empresarial pertinente, es crucial la participación de la Administración Pública, especialmente aquellas entidades sobre las que recaerían a nivel competencial la aprobación de dichos itinerarios y de las titulaciones y certificaciones correspondientes.

En este sentido y de forma complementaria a los itinerarios formativos ya definidos en el territorio en relación con el hidrógeno, dichos acuerdos de colaboración tendrán como objetivo fomentar tanto el conocimiento en las tecnologías de hidrógeno y la capacitación de profesionales en este ámbito como de los aspectos transversales necesarios para el impulso del sector, como la seguridad, la definición de estándares y los sistemas de garantía de origen renovable.

A medio plazo, gracias a la colaboración de las entidades públicas responsables a nivel competencial, las actuaciones de formación y capacitación resultarán en una alta disponibilidad regional de perfiles técnicos y formados para el impulso del sector, permitiendo acompañar y satisfacer la demanda futura de profesionales a raíz del crecimiento del sector.

Además, estas fórmulas de colaboración estarán especialmente orientadas en apoyar la empleabilidad de las personas que han perdido o puedan perder sus empleos a causa de los cierres de las centrales térmicas y de carbón en la región o de la disminución de la actividad de otras empresas energéticas que transformen sus actividades orientándolas al hidrógeno verde y sus derivados, si fuera el caso, intentando mantener las zonas afectadas con el mismo nivel de actividad industrial o incluso incrementarlo. En el mismo sentido debe promoverse la empleabilidad de la mujer y los jóvenes en el sector del hidrógeno, con las orientaciones que se desprenden de una transición justa.

- **La adhesión de las entidades públicas andaluzas relacionadas con la industria, la energía y el hidrógeno a otras alianzas en el ámbito nacional e internacionales**

En la actualidad, múltiples comunidades autónomas ya cuentan con su propia hoja de ruta o estrategia en el ámbito del hidrógeno, así como estrategias energéticas que contemplan el desarrollo de dicho vector energético. Además, tal y como se menciona anteriormente, a través de la Hoja de Ruta del Hidrógeno de España y del PNIEC 2021-2030 el Consejo de Ministros ha determinado un marco de trabajo común para el desarrollo del sector a nivel nacional, con la finalidad de definir aquellas directrices y objetivos que sirvan como orientación a las entidades públicas del ámbito local, regional y nacional.

En este sentido, es crucial fomentar la colaboración entre las administraciones regionales y la adhesión de las entidades públicas andaluzas a las alianzas y asociaciones establecidas a nivel nacional, con el objetivo de alinear los esfuerzos y recursos a la consecución de los objetivos nacionales, de fomentar la comunicación y la transparencia en relación con los

proyectos desarrollados en cada comunidad autónoma y de impulsar la implantación de buenas prácticas llevadas a cabo en otros territorios que pudieran ser idóneas y de aplicabilidad para Andalucía.

Además, dichas fórmulas de colaboración tendrán como objetivo potenciar una mejor gestión de los recursos y garantizar el abastecimiento a los proyectos de hidrógeno, mitigando posibles riesgos futuros y haciendo más eficiente la producción, la distribución y el consumo de dichos recursos para la producción de dicho vector energético.

- **Alianzas para la integración de agentes en la cadena de valor**

Dada la relativa incertidumbre en términos de capacidad productiva y de dimensionamiento del consumo de hidrógeno en el corto plazo, se constituye como pilar fundamental el establecimiento de alianzas y fórmulas de colaboración entre entidades privadas del ámbito productivo, las entidades públicas y privadas relacionadas con las redes de distribución y las entidades privadas asociadas al consumo de hidrógeno.

Dicha relación continua permitirá mitigar dicha incertidumbre en el corto plazo y fomentar una cadena de valor más coordinada y resiliente en el medio y largo plazo, fomentando la integración entre productores y consumidores y fomentando un mayor alineamiento entre los proyectos de producción de hidrógeno y las aplicaciones futuras de dicho vector energético. Dicho alineamiento, además, permitirá orientar la producción hacia las aplicaciones de mayor dificultad de electrificación, hacia aquellas áreas industriales de mayor demanda energética o hacia los sectores objeto de descarbonización, alineando los objetivos regionales y nacionales con la rentabilidad empresarial y la viabilidad sostenible (económica, social y medioambiental) que deben caracterizar a los proyectos de hidrógeno.

- **Fórmulas de colaboración para la sensibilización y el conocimiento general**

En la actualidad, dado el carácter incipiente del hidrógeno de carácter renovable a escala comercial y de su aplicación en los diferentes ámbitos de la sociedad, un amplio porcentaje de las personas no disponen de conocimiento suficiente o de un conocimiento reducido sobre dicho vector energético, sus tecnologías y los potenciales beneficios y aplicaciones derivados de su utilización en los sectores de actividad. Esto nos lleva a que lo desconocido pueda acarrear rechazo tanto en el ámbito laboral como en el ciudadano.

En este sentido, se constituirán fórmulas de colaboración con las organizaciones sindicales y las asociaciones de representación ciudadana que permitan fomentar el conocimiento

general y sensibilizar a la población sobre los potenciales beneficios del hidrógeno, fomentando el impulso de la demanda futura y mitigando las percepciones negativas o de rechazo en la sociedad.

3. Modelo de gobierno

En línea con la consecución de los objetivos y los escenarios de desarrollo planteados, la Hoja de Ruta del Hidrógeno en Andalucía requiere de un modelo de gobierno efectivo que permita coordinar, gestionar y adaptar la implementación de las líneas de acción definidas, así como sus medidas específicas, en aras de garantizar una transición exitosa hacia una economía basada en dicho vector energético, en la competitividad de la industria y en el impulso de las personas trabajadoras de la región.

En este sentido, el modelo de gobierno será el establecido para la propia Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde de Andalucía, que ha sido acordado en el seno de la Comisión de Planificación y Seguimiento y en el Comité de Participación, y que contempla las siguientes funciones fundamentales:

- **Fomentar la coordinación y la colaboración entre los agentes involucrados.** Un modelo de gobernanza bien estructurado debe facilitar la coordinación entre los diferentes actores involucrados y el alineamiento de sus actuaciones hacia la consecución de los objetivos comunes de la región. En este sentido, el modelo de gobernanza deberá incluir a las entidades públicas, las organizaciones económicas y sociales, el tejido empresarial directa e indirectamente relacionado con dicho vector energético, los centros de investigación y desarrollo y la ciudadanía en su conjunto, fomentando el impulso del sector desde todas las perspectivas. Dicha coordinación y colaboración constituirá el pilar fundamental para aprovechar sinergias, compartir recursos y minimizar la duplicidad de esfuerzos, entre otros factores.
- **Permitir la toma de decisiones estratégicas.** A través de la definición de una estructura organizativa específica basada en la diversidad de roles y responsabilidades, en la definición de las interrelaciones y en el establecimiento de objetivos a corto, mediano y largo plazo, el modelo de gobernanza deberá permitir y fomentar la toma de decisiones estratégicas. Dicha toma de decisiones estará fundamentada en la diversidad de puntos de vista y en la consideración de los impactos proyectados en el

ámbito económico, ambiental, industrial, tecnológico y social, gracias a la intervención de las diferentes tipologías de agentes involucradas.

- **Asignación de recursos.** La Hoja de Ruta del Hidrógeno en Andalucía contempla una amplia variedad de medidas específicas, orientadas hacia múltiples objetivos y ámbitos de acción. En este sentido, el modelo de gobernanza deberá fomentar el alineamiento de los esfuerzos y la dotación de recursos a las prioridades establecidas, garantizando la gestión eficiente de estos hacia la consecución de los objetivos.
- **Transparencia y control.** Bajo el objetivo de garantizar el control del sistema de seguimiento previamente definido, el modelo de gobernanza deberá fomentar la transparencia en la implementación y en el progreso de la Hoja de Ruta del Hidrógeno, poniendo a disposición de los agentes interesados la información pertinente y directamente relacionada con los KPIs referidos anteriormente. En este sentido, el modelo de gobernanza permitirá garantizar el cumplimiento de los compromisos establecidos en los diferentes ámbitos y ecosistemas y abordar las desviaciones identificadas de forma adecuada, anticipada y eficiente.
- **Adaptabilidad a los cambios.** El contexto de transición y de transformación basada en el hidrógeno puede experimentar la aparición de nuevos retos, desafíos y cambios en el entorno durante los próximos años. Con el objetivo de fomentar la adaptabilidad a los cambios, el modelo de gobernanza deberá contemplar una estructura y una organización flexible y adaptable que permita ajustar la Hoja de Ruta según las necesidades identificadas, mitigando la obsolescencia y fomentando su idoneidad en el tiempo.

Bajo dichas premisas fundamentales y con el objetivo de fomentar la puesta en marcha inmediata de la estructura organizativa correspondiente, el modelo de gobierno contemplará tanto los agentes como las figuras centrales establecidas para la constitución de la Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde, así como actores adicionales que permitan potenciar la implementación de la Hoja de Ruta del Hidrógeno de Andalucía.

A continuación, se procede a exponer los órganos de gobernanza contemplados:

COMITÉ DE PLANIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO

COMISIÓN DE PARTICIPACIÓN

Titular de la Viceconsejería de Industria, Energía y Minas

Titulares de las SG de Industria y Minas y de Energía

Responsable de la Agencia Andaluza de la Energía

Representantes de la Administración General del Estado

Representantes de la Administración Local

Representantes de las Consejerías de la Junta de Andalucía con incidencia en el sector del hidrógeno verde

Asociaciones empresariales de la cadena de valor del hidrógeno y de la industria consumidora en Andalucía

Representantes de organizaciones sindicales

Representantes de las universidades públicas andaluzas

GRUPOS DE TRABAJO

Grupos de trabajo para el desarrollo y planificación de acciones concretas

Hub en el Campo de Gibraltar

Hub en Huelva

Hub en Almería

Mecanismos de financiación

Normativa y regulación

Desarrollo tecnológico

Formación, capacitación y reconocimiento

MESA DE LA ECONOMÍA DEL HIDRÓGENO

3.1. Comité de Planificación y Seguimiento

Este Comité estará dirigido y presidido en primera instancia por el titular de la Consejería de Industria, Energía y Minas, siendo además integrado por la persona titular de la Viceconsejería, los titulares de las Secretarías Generales de Industria y Minas y de Energía, la persona responsable de la Agencia Andaluza de la Energía, las secretarías generales de UGT y CCOO Andalucía, así como el presidente de la Confederación de Empresarios de Andalucía CEA.

Entre las principales funciones de dicho Comité, se encuentra la planificación, evaluación y seguimiento de las actividades de la Alianza y, en consecuencia, de las actividades de la Hoja de Ruta del Hidrógeno de Andalucía, fomentando la coordinación entre las entidades adscritas a la Alianza, así como de dichas actividades con otros marcos e instrumentos de desarrollo regional. Con el objetivo de evaluar de forma continua el grado de desarrollo de las líneas de acción contempladas en la hoja de ruta, el Comité se reunirá con periodicidad semestral para trabajar de manera conjunta para planificar las acciones a implementar y proyectos a desarrollar, mediante una visión global sobre la dirección estratégica de los proyectos.

3.2. Comisión de Participación

El Comité estará presidido por la persona titular de la Viceconsejería de Industria, Energía y Minas, siendo además conformado por los titulares de las Secretarías Generales de Industria y Minas y de Energía, la persona responsable de la Agencia Andaluza de la Energía, por representantes de la Administración General del Estado y de la Administración Local, de las consejerías de la Junta con incidencia en el sector del hidrógeno, de asociaciones empresariales de la cadena de valor, de la industria consumidora, de las organizaciones sindicales y de las universidades. De esta forma, la Comisión de Participación tiene como objetivo complementar la visión estratégica y de dirección del Comité de Planificación y Seguimiento, contemplando entre sus integrantes representantes de los diferentes ámbitos de aplicación y de incidencia de la cadena de valor del hidrógeno, desde entidades públicas hasta entidades privadas relacionadas con el desarrollo de proyectos, el consumo, la formación, la innovación o la representación de la ciudadanía.

En este sentido, bajo una periodicidad bimestral de reuniones, el Comité se focalizará en identificar las principales necesidades y frenos y las oportunidades existentes para el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno en Andalucía, fomentando la implantación

de las actuaciones y proyectos planificados en el Comité de Planificación y Seguimiento desde los diferentes ámbitos y perspectivas de desarrollo. De esta forma, el Comité ostentará la responsabilidad de transmitir y asegurar el cumplimiento de las directrices estratégicas y de las actuaciones planificadas en sus respectivas entidades, así como en las entidades adscritas en el marco de la Alianza Andaluza del Hidrógeno Verde.

3.3. Grupos de Trabajo

Bajo la constitución de la Alianza Andaluza, se llevó a cabo la formación de grupos de trabajo diferentes en materia de mecanismos de financiación, normativa y regulación, tecnología y los distintos hubs en el Campo de Gibraltar, Almería y Huelva. A estos grupos se añadirá otro de carácter horizontal centrado en la formación, reconocimiento y capacitación profesional.

De esta forma, según las diferentes líneas de acción definidas en la presente hoja de ruta, los grupos de trabajo tendrán el objetivo fundamental de definir las acciones concretas a llevar a cabo para su implementación, abordando desde las diferentes perspectivas y ámbitos las actuaciones necesarias para su consecución. Según lo expuesto, este foro se conformará según las necesidades particulares de cada línea de acción y quedará segmentado en función de los diferentes actores implicados en cada uno de los ámbitos que se estimen necesarios, siempre fomentando la capilaridad territorial y la consideración de cada una de las perspectivas existentes en la definición y ejecución de las actuaciones.

En este sentido, además de los propios grupos de trabajo establecidos a través de la Alianza, se evaluará la constitución de nuevos grupos de trabajo en el marco de la hoja de ruta según las necesidades identificadas en cada línea de acción, citando a diferentes agentes según su pertinencia y el grado de implicación requerido para cada proyecto. La periodicidad de dichos grupos de trabajo dependerá de la planificación proyectada en los órganos de gobernanza previamente expuestos y del grado de participación requerido para la definición de las actuaciones, fomentando el carácter operativo y flexible necesario para la implantación de las acciones.

3.4. Mesa de la economía del hidrógeno

Grupo de trabajo eminentemente técnico integrado por las principales entidades regionales, nacionales o europeas con relación a la materia, representados por las personas que ostentan la presidencia de los clústeres o asociaciones de mayor representación regional y nacional, así como de entidad representante de la Unión Europea, ostentando su

secretaría técnica la Corporación Tecnológica de Andalucía CTA como entidad que busca potenciar la colaboración entre el tejido científico y el productivo. Además, en dicha Mesa se buscará la representación equilibrada de agentes económicos y sociales.

El principal cometido de la Mesa será el de establecer fundamentos para la evaluación, impulso y el seguimiento de la presente Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde en Andalucía, en coherencia con la Estrategia para la Transformación Económica de Andalucía - Horizonte 2027, y en el ámbito de las políticas energéticas e industrial de la Junta de Andalucía.

3.5. Observatorio para la Transición Justa

En las provincias de transición justa (Cádiz, Almería y Córdoba) se analizará la viabilidad de impulsar proyectos tractores centrados en el hidrógeno, articulándose los mismos bajo los elementos de gobierno previstos en el Decreto 19/2024, de 29 de enero, para una transición justa a través del impulso de ecosistemas industriales sostenibles en las provincias de Almería, Cádiz y Córdoba.

Entre estos elementos se encuentran la figura de la Comisión de Participación para cada una de las provincias de transición justa, como órganos colegiados de participación social con la finalidad de identificar y dar transparencia a las actuaciones a desarrollar, estando entre las funciones de estas comisiones las de facilitar la valoración de la evolución y evaluación del Programa del Fondo de Transición Justa de España 2021-2027 en la provincia correspondiente, especialmente en lo referente a las conclusiones de su funcionamiento, y a efectos de preparar los informes de ejecución acerca del mismo, así como valorar las actuaciones previstas y realizadas en el marco de los protocolos, y en su caso convenios, suscritos con el Ministerio con competencias en Transición Justa, la Federación Española de Municipios y Provincias, u otras entidades para el desarrollo económico y social de las zonas de transición justa.

De acuerdo con ello, las referidas comisiones de participación realizarán la labor de «Observatorio para la Transición Justa» en cada provincia, pudiéndose de esta manera incorporar esta figura dentro de la presente Hoja de Ruta.



**Consejería de Industria,
Energía y Minas**